

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENERGETICKÝ POSUDEK

ENERGY ASSESSMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. JAN BŘEZINA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. PETR HORÁK, PH.D.

BRNO 2016



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. Jan Březina
Název	Energetický posudek
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Horák, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

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

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
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

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb
- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:
 - a) titulní list,
 - b) zadání VŠKP,
 - c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
 - d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
 - e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
 - f) poděkování (nepovinné),
 - g) obsah,
 - h) úvod,
 - i) vlastní text práce s touto osnovou:
 - A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran
 - B. Energetický posudek
v souladu s vyhláškou 480/2012 Sb.
Analýza spotřeby energie posuzovaného objektu
pro výchozí stav a nový stav
 - C) Experimentální část
obsahuje popis metodiky měření
zpracování a vyhodnocení výsledků měření
 - j) závěr,
 - k) seznam použitých zdrojů,
 - l) seznam použitých zkratk a symbolů,
 - m) seznam příloh,
 - n) přílohy – výkresy

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování 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

ABSTRAKT

Diplomová práce je v první části zaměřena na využití termovize pro diagnostiku vad a poruch ve stavebnictví. Je zde popsána historie, fyzikální podstata a podmínky po měření termokamerou. Pro ukázkou vad byly použity termosnímký objektu řešeného dále.

Ve druhé části je zpracován energetický posudek pro devíti podlažní panelový bytový dům. Pro dům je vypracováno celkem pět energeticky úsporných opatření, z toho jsou tři stavebního charakteru a dvě se týkají technického zařízení budov. Z opatření jsou sestaveny dvě varianty, z kterých je jedna doporučena a vyhodnocena.

V poslední experimentální části je provedeno měření vnitřního prostředí panelového domu (CO₂, teplota vzduchu, relativní vlhkost, rosný bod) a jeho posouzení s danou legislativou.

KLÍČOVÁ SLOVA

Termovize ve stavebnictví, termokamera, energetický posudek, panelový dům, energeticky úsporná opatření, vnitřní prostředí, koncentrace CO₂, operativní teplota.

ABSTRACT

The first part of the final thesis is focused on the use of thermovision for diagnosing defects and failures in building industry. Documented history, physical principles and conditions for the measuring of thermographic camera are described in this part. Thermal images of the object described below were used for demonstrating the defects.

The second part is dedicated to the elaborated energy assessment for a nine-storey slab block building. In total, there are five energy economic measures developed for the building. Three of those are of structural character and two of those are for building equipment. There are two variants designed based on the measures, one of which is recommended and evaluated.

The final section is focused on the measurement of slab block building indoor environment (CO₂, air temperature, relative humidity, dew point) and its assessment in concern with the current legislation.

KEY WORDS

Thermovision in building industry, thermographic camera, energy assessment, slab block building, energy economic measures, indoor climate, CO₂ concentration, operating temperature.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

BŘEZINA, Jan. *Energetický posudek*. Brno, 2016. 114 s., 68 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 zpracoval samostatně a uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2016

.....
podpis autora
Bc. Jan Březina

PODĚKOVÁNÍ:

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Petru Horákovi, Ph.D., za jeho vstřícný a ochotný přístup při konzultacích během tvorby práce, a také za profesionální rady, které mi během konzultace poskytnul.

OBSAH

ÚVOD	11
A. TERMOGRAFIE A JEJÍ VYUŽITÍ VE STAVEBNICTVÍ.....	13
A.1 ÚVOD DO TERMOGRAFIE	14
A.2 HISTORIE	14
A.2.1 POČÁTKY BĀDÁNÍ	14
A.2.2 PRVNÍ TERMOČLÁNEK	15
A.2.3 PRVNÍ TERMOGRAF	15
A.2.4 PRVNÍ BOLEROMETR	15
A.2.5 VÁLEČNÉ VÝZKUMY	16
A.2.6 PRVNÍ TERMOGRAFICKÝ SYSTÉM	17
A.3 PŘENOS TEPLA ZÁŘENÍM	17
A.3.1 TEPLTNÍ ZÁŘENÍ	17
A.3.2 INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ	17
A.3.3 ZÁKONY ZÁŘENÍ ČERNÉHO TĚLESA	18
A.3.4 ZÁŘENÍ REÁLNÝCH TĚLES.....	20
A.4 TERMOKAMERA A JEJÍ KONSTRUKCE	21
A.4.1 OPTIKA.....	21
A.4.2 DETEKTOR	21
A.4.3 ELEKTRONIKA PRO ZPRACOVÁNÍ A PREZENTACI OBRAZU	23
A.5 PARAMETRY TERMOKAMERY	23
A.5.1 TEPLTNÍ ROZSAH	23
A.5.2 SPEKTRÁLNÍ ROZSAH	23
A.5.3 PŘESNOST STANOVENÍ TEPLoty	23
A.5.4 TEPLTNÍ CITLIVOST	24
A.5.5 OPTICKÉ ROZLIŠENÍ.....	24
A.6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ MĚŘENÍ	24
A.6.1 ATMOSFÉRA.....	24
A.6.2 ODRAŽENÁ ZDÁNLIVÁ TEPLota.....	24
A.6.3 EMISIVITA.....	25
A.7 PODMÍNKY PRO SNÍMÁNÍ	26
A.8 MĚŘENÍ TERMOKAMEROU	27
A.8.1 PŘEDSTAVENÍ PROSTŘEDÍ	27
A.8.2 MĚŘICÍ PŘÍSTROJ TERMOKAMERA FLUKE TI40	27
A.9 DIAGNOSTIKA VAD A PORUCH VE STAVEBNICTVÍ.....	28
A.9.1 NEDOSTATEČNÁ TEPELNÁ IZOLACE OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ	29
A.9.2 KOUTY A OSTĚNÍ VÝPLNÍ OTVORŮ.....	32
A.9.3 NEDOSTATEČNÁ TEPELNÁ IZOLACE PODKROVÍ	34
A.9.4 NEDOSTATEČNÁ TEPELNÁ IZOLACE POTRUBÍ A ARMATUR.....	35
B. ENERGETICKÝ POSUDEK	39
B.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	40
B.1.1 ZPRACOVATEL ENERGETICKÉHO POSUDKU	40
B.1.2 PŘEDMĚT ENERGETICKÉHO POSUDKU	40
B.1.3 SITUAČNÍ PLÁN	40

B.1.4	ÚČEL ZPRACOVÁNÍ ENERGETICKÉHO POSUDKU	41
B.2	POPIS VÝCHOZÍHO STAVU	42
B.2.1	POPIS OBJEKTU ENERGETICKÉHO POSUDKU	42
B.2.2	POPIS KONSTRUKČNÍHO SYTÉMU BUDOVY	44
B.2.3	POPIS SYSTÉMU TZB	48
B.2.4	PŘEHLED HISTORIE SPOTŘEB ENERGIÍ	52
B.3	HODNOCENÍ VÝCHOZÍHO STAVU	53
B.3.1	ROZDĚLENÍ OBJEKTU PRO VÝPOČET SPOTŘEBY ENERGII	53
B.3.2	VÝPOČTOVÝ MODEL ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	54
B.3.3	ENERGETICKÁ BILANCE	55
B.3.4	DÍLČÍ TEPELNÉ TOKY JEDNOTLIVÝCH ZÓN A OBJEKTU	56
B.3.5	CELKOVÉ HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	57
B.3.6	BILANCE ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK – VÝCHOZÍ STAV	58
B.4	NÁVRH ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ	59
B.4.1	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ OPATŘENÍ	59
B.4.2	EKOLOGICKÉ HODNOCENÍ OPATŘENÍ	60
B.4.3	ZLEPŠENÍ TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ BUDOVY	61
B.4.4	ZVÝŠENÍ ÚČINNOSTI UŽITÍ ENERGIE	68
B.4.5	SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE	69
B.5	VARIANTY ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ	72
B.5.1	NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM 2015	72
B.5.2	VARIANTA I.	74
B.5.3	VARIANTA II.	77
B.6	ZÁVĚREČNÉ STANOVISKO	80
B.6.1	POROVNÁNÍ VARIANT	80
B.6.2	VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	80
B.6.3	ENERGETICKÉ BILANCE DOPORUČENÉ VARIANTY	81
B.6.4	PŘEHLED PARAMETRŮ DOPORUČENÉ VARIANTY	84
B.6.5	OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO DOSAŽENÍ PŘÍNOSŮ	85
B.7	EVIDENČNÍ LIST	86
C.	EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ	91
C.1	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ	92
C.1.1	PŘEDSTAVENÍ PROSTŘEDÍ	92
C.1.2	POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	93
C.1.3	MĚŘENÍ KONCENTRACE CO ₂ V OVZDUŠÍ	96
C.1.4	MĚŘENÍ TEPLoty A VLHKOSTI	100
C.1.5	KOMBINACE VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ	103
D.	ZÁVĚR	105
E.	POUŽITÉ ZDROJE	106
F.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ	109
G.	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	110
H.	SEZNAM PŘÍLOH	114

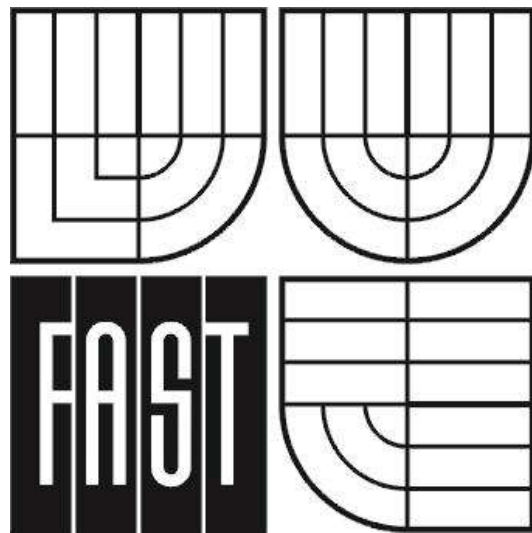
ÚVOD

Tato diplomová práce se v první části zabývá využitím termovize pro diagnostiku vad a poruch ve stavebnictví. Je zde popsána historie, fyzikální podstata, podmínky po měření a faktory ovlivňující měření. V rámci měření byly pořízeny termosnímky objektu, který bude posuzovaný v druhé části práce. Tyto snímky budou vyhodnoceny a popsány vady, které se zde vyskytly.

Druhá část práce bude zaměřena na energetické hodnocení zadané budovy, formou zpracování energetického posudku pro devíti podlažní panelový bytový dům typu T06-B-KDU, který je součástí rozsáhlejší bytové zástavby ve Žďáru nad Sázavou. Tento dům má jedno podzemní podlaží a osm nadzemních podlaží, nachází se v něm celkem čtyřicet osm bytů. Energetický posudek bude analyzovat budovu jako celek a jednotlivé toky energií uvnitř budovy. Po analyzování těchto toků budou navržena možná úsporná opatření tak, aby bylo docíleno snížení potřeby energií a tím i úspory provozních nákladů. Opatření budou rozdělena do několika kategorií a ty posléze budou zkombinovány do určitých variant, aby bylo nalezeno nejlepší možné řešení jak v rámci úspor, tak i možné proveditelnosti, ekonomické návratnosti a vlivu na životní prostředí.

Třetí, praktická, část bude obsahovat experimentální měření prováděná na posuzované budově. Bude provedeno měření vnitřního prostředí, kdy bude měřena teplota vzduchu, relativní vlhkost, rosný bod a koncentrace škodliviny oxidu uhličitého (CO₂). Tato měření budou analyzována a porovnána dle dané legislativy a doporučena případná opatření pro odstranění nedostatků.

A. TERMOGRAFIE A JEJÍ VYUŽITÍ VE STAVEBNICTVÍ



A.1 Úvod do termografie

Pojem termografie značí zobrazovací metodu, jež umožňuje analyzovat a graficky znázornit teplotu na povrchu sledovaného objektu. Rozvoj oboru přichází s masívním rozšířením infračervených kamer. Termografie bývá též označována slovem termovize, což vychází z názvu firmy Thermovision (dnes FLIR), výrobce prvních infračervených kamer.

Termogram se nazývá snímek pořízený infračervenou kamerou, někdy též označován jako termovizní snímek. Pro jeho zobrazení je užíváno standardních palet (duha, stupně šedi, železo). Termovizní snímky umožňují vypočítat teplotu povrchu tělesa s možností upravení základních parametrů (zdánlivá odražená teplota, emisivita). Na naměřenou hodnotu má kromě výše zmíněných parametrů vliv též teplotní citlivost a velikost obrazového bodu, tyto parametry budou rozebrány dále. [28]

Termovizní snímky jsou využívány pro bezkontaktní plošnou termodiagnostiku objektů ve stavebnictví. Pomocí těchto snímků dosáhneme rychlého určení problematických míst v obalových konstrukcích budov, ale i problémy v systémech technického zařízení budov. Pokud termovizní snímek odhalí poruchu, lze pomocí dlouhodobějšího měření přesněji určit její příčinu. Na základě podrobnější analýzy je potom možné určit příčinu poruchy a navrhnout způsob odstranění závady, ať již závada vznikla nesprávným návrhem při vypracování projektové dokumentace, nebo nesprávným provedením v období realizace stavby. [26]

A.2 Historie

A.2.1 Počátky bádání

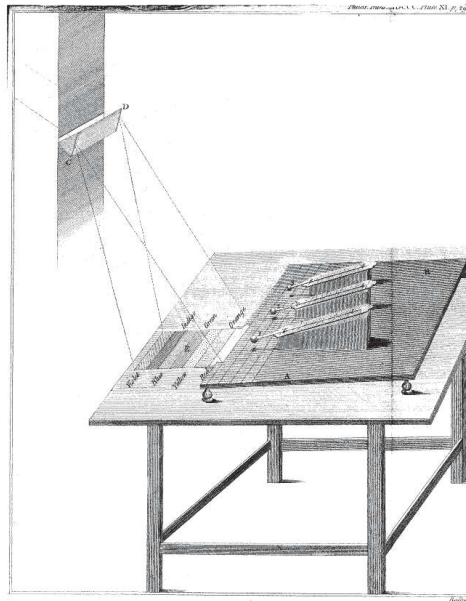
Infračervené záření jako druhu tepelného záření objevil badatel Sir William Herschel v roce 1800. Tento objev byl učiněn náhodně při hledání nového optického materiálu pro optický filtr, kterým by se při pozorování slunce snížil jas obrazu v dalekohledech. Při testování různých vzorků barevných skel, ho zaujala skutečnost, že některými skly procházelo pouze málo slunečního tepla, zatímco jinými skly procházelo tolik tepla, že hrozilo poškození zraku.

Provedl tedy systematický experiment s cílem nalezení materiálu, který by zajistil požadované snížení jasu a také maximálně omezil teplo. Nejprve inkoustem začernil baňku s citlivým rtuťovým teploměrem. Při pomalém přesouvání začerněného teploměru po barvách spektra hranolu vykazovaly zjištěné teploty stálý nárůst, od fialového konce po červený konec spektra. Herschel jako první rozpoznal, že musí existovat bod, v němž tepelný efekt dosáhne maxima. Tento bod našel poměrně daleko od červeného konce – v místě, kterému se dnes říká "infračervené vlnové pásmo".

Když Herschel zveřejnil svůj objev, nazval tuto část elektromagnetického spektra "termometrické spektrum". Samotné záření často označoval jako "tmavé teplo" nebo prostě "neviditelné paprsky". Kdo vytvořil termín "infračervený" není stále jasné.

V roce 1830 italský badatel Macedonio Melloni učinil převratný objev, že čočky a hranoly vyrobené z přírodní kamenné soli pozoruhodně propouští infračervené záření. Proto se až do roku

1930 stala kamenná sůl hlavním optickým materiálem pro infračervené spektrum, dokud nebyla v roce 1930 zvládnuta metoda výroby syntetických krystalů. [28]



Obr. A.1 Pokus Sira Fredericka Hersschela [33]

A.2.2 První termočlánek

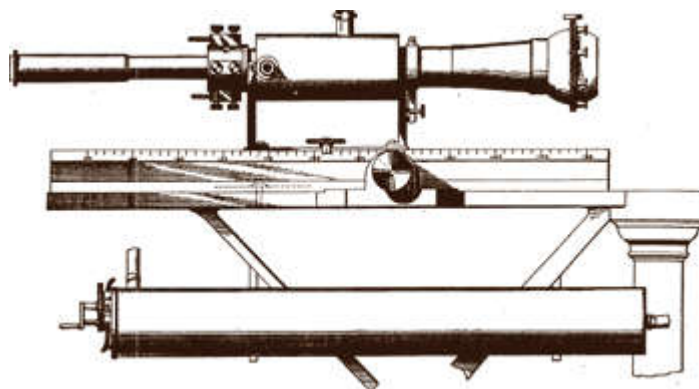
Teploměry se jako detektory záření používaly až do roku 1829, kdy Nobili vynalezl termočlánek. Poté došlo k převratné události, kdy Melloni připojil určitý počet termočláneků do série a vytvořil tak první termoelektrickou baterii. Toto nové zařízení bylo pro detekci tepelného záření přibližně 40krát citlivější než tehdejší nejlepší teploměr - bylo schopné detekovat teplo osoby stojící v třímetrové vzdálenosti. [28]

A.2.3 První termograf

V roce 1840 bylo možné díky synovi objevitele infračerveného záření Johna Herschela vytvořit první takzvaný "tepelný obraz" pomocí odpařování tenké vrstvy oleje vystavené tepelnému záření. Na tepelný obraz na olejové vrstvě zajistil, že obraz byl pro lidské oko viditelný. Sir John Herschel také vytvořil jednoduchý záznam teplotního obrazu na papír – tento obraz pak nazval "termograf". [28]

A.2.4 První bolometr

Další významný pokrok v roce 1880 učinil badatel Samuel P. Langley, když vynalezl bolometr. Tento primitivní bolometr se sestával z tenkého začerněného proužku platiny připojeného k jedné větvi nazvané Wheatstonův můstek, baterii a citlivému galvanometru. Na začerněný proužek platiny byl nasměrován paprsek infračerveného záření, v důsledku toho se ukazatel citlivého galvanometru vychyloval. O tomto zařízení se říká, že bylo schopno detekovat teplo krávy na vzdálenost 400 metrů. [28]



Obr. A.2 Schéma patentované konstrukce Bolometru S.P. Langleye [34]

A.2.5 Válečné výzkumy

Během první světové války existovaly výzkumné programy zaměřené na vojenské systémy využívající infračervené záření. Tyto systémy sloužily k detekci pronikání nepřítele, měření teploty na dálku navádění torpéd apod. Veškeré nejcitlivější systémy této doby vycházely z principu bolometru v různých jeho úpravách.

Veškeré nejcitlivější systémy této doby vycházely z principu bolometru v různých jeho úpravách. Významným skokem pro meziválečné období se stal vývoj dvou revolučních infračervených detektorů. Byl to konvertor obrazu a fotonový detektor. Zobrazování infračerveného záření pomocí konvertoru obrazu mělo však jisté nevýhody, detektor byl citlivý jen na krátké infračervené vlnové délky (SWIR). V důsledku toho museli být vzdálenější objekty, osvětlovány vyhledávacími infračervenými paprsky (aktivní systém). Díky této skutečnosti ztratila armáda o konvertor obrazu zájem, protože riziko odhalení pozorovatele bylo vysoké. Nicméně se tato skutečnost stala po 2. světové válce impulzem pro výzkum systému, bez použití vyhledávacích infračervených paprsků (pasivní systém).

Tento systém používal vysoce citlivý fotonový detektor. Výzkum pasivního systému byl tajný až do poloviny 50. let 20. století, kdy se tato technologie zpřístupnila pro civilní oblast

Významným skokem pro meziválečné období se stal vývoj dvou revolučních infračervených detektorů. Byl to konvertor obrazu a fotonový detektor. Zobrazování infračerveného záření pomocí konvertoru obrazu mělo však jisté nevýhody, detektor byl citlivý jen na krátké infračervené vlnové délky (SWIR). V důsledku toho museli být vzdálenější objekty, osvětlovány vyhledávacími infračervenými paprsky (aktivní systém). Díky této skutečnosti ztratila armáda o konvertor obrazu zájem, protože riziko odhalení pozorovatele bylo vysoké. Nicméně se tato skutečnost stala po 2. světové válce impulzem pro výzkum systému, bez použití vyhledávacích infračervených paprsků (pasivní systém).

Tento systém používal vysoce citlivý fotonový detektor. Výzkum pasivního systému byl tajný až do poloviny 50. let 20. století, kdy se tato technologie zpřístupnila pro civilní oblast. [23]

A.2.6 První termografický systém

V roce 1965 uvedla na trh první termovizní systém švédská firma AGA pod názvem AGA 750 s opticky – mechanickým rozkladem [Obr. A.3]. Další přirozenou vývojovou etapou se stalo ukončení produkce kamer s opticky/mechanickým rozkladem, a náběh výroby termovizních systémů s mozaikovým chlazením roku 1997. [23]



Obr. A.3 AGA 750 - První termografický systém [35]

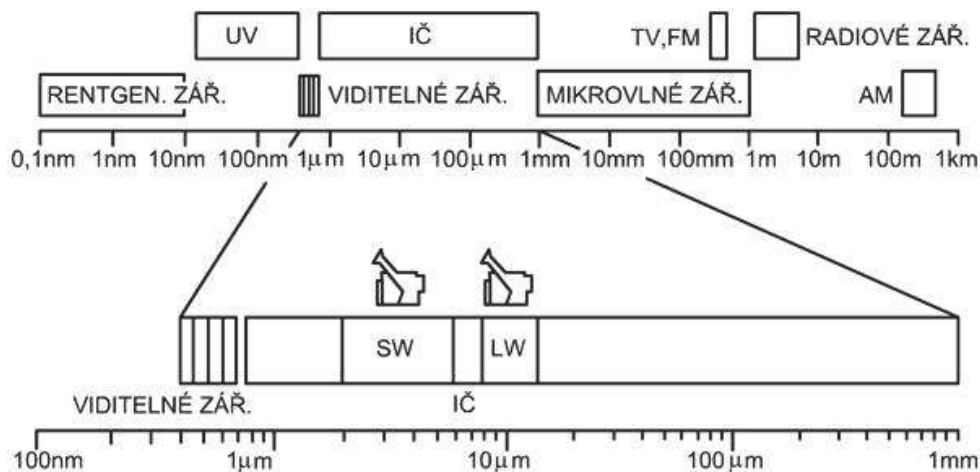
A.3 Přenos tepla zářením

A.3.1 Teplotní záření

Každé tuhé nebo kapalné těleso vysílá do svého okolí elektromagnetické vlnění. Jde o únik části vnitřní energie těles do okolí, tím se těleso ochlazuje. Proto takovému záření říkáme teplotní záření. Teplotní záření vydávají všechna tělesa, jejichž teplota je vyšší než 0 K, tedy všechna reálná tělesa. Je-li teplota zářícího tělesa vyšší než 525 °C (752.5 K), vnímáme teplotní záření okem jako světlo. [23]

A.3.2 Infračervené záření

Také nazývané IR (infra = pod, red = červený), je pásmo spektra elektromagnetického záření, jehož intervalový rozsah vlnové délky λ leží na hranici viditelného záření (760 nm) a mikrovlnného záření (0,1 mm). Interval infračerveného záření se, pro přesnější určení, dělí podle vlnových délek do dalších pásem, které mají rovněž stanovené hranice viz. [Obr. A.4]. [28]



Blízká oblast 0,75 μm - 2 μm NWIR (Near Wave IR)
 Krátká oblast 2 μm - 3 μm SWIR (Short Wave IR)
 Střední oblast 3 μm - 5 μm MWIR (Middle Wave IR)
 Vzdálená oblast 5 μm - 15 μm LWIR (Long Wave IR)
 Velmi vzdálená oblast 15 μm - 1 mm VLWIR (Very Long Wave IR)

Obr. A.4 Elektromagnetické spektrum záření [29]

A.3.3 Zákony záření černého tělesa

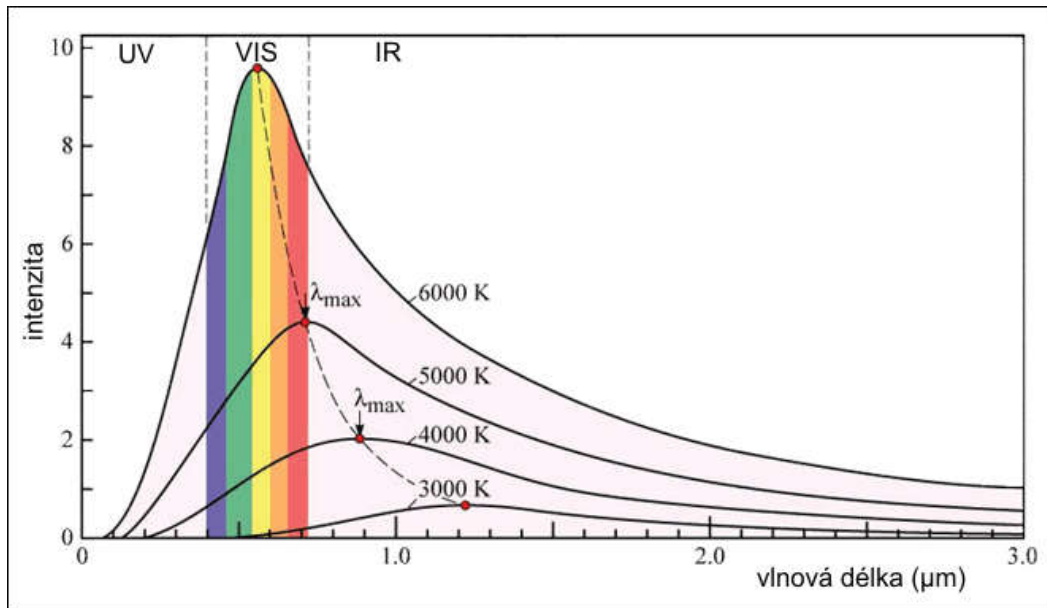
Absolutně černé těleso je ideální těleso, které pohlcuje veškeré záření a jeho vyzařovací charakteristika je přímo závislá na povrchové teplotě. Jedná se o ideální zářič, který veškerou tepelnou energii přemění na infračervené záření. Je charakterizován emisivitou $\varepsilon = 1$. Ideální černé těleso je pouze pojem, běžné předměty jsou od absolutně černého tělesa odlišné. [23]

A.3.3.1 Planckův vyzařovací zákon

Na počátku 20. st. odvodil německý fyzik Max Planck zákon o rozložení spektrálního vyzařování černého tělesa. Pro černé těleso je tato spektrální závislost funkcí pouze povrchové teploty, jak ukazuje následující graf [Obr. A.5] vyzařování pro černé těleso s různou povrchovou teplotou. Vidíme na něm, že se zvyšující se teplotou zářícího tělesa se křivka závislosti spektrální intenzity vyzařování na vlnové délce zužuje a její maximum se posouvá k nižším vlnovým délkám. [23, 28]

$$dI(\lambda, T) = \frac{2 \pi h c^3}{\lambda^5 (e^{\frac{hc}{\lambda k T}} - 1)} \cdot 10^{-6} [W/(m^2 \mu m)] \quad [A.3.1]$$

dI	spektrální hustota intenzity vyzařování černého tělesa při vlnové délce λ
c	rychlost světla $3 \cdot 10^8$ [m /sek]
h	Planckova konstanta = $6,6 \cdot 10^{-34}$ [J·sek]
k	Boltzmannova konstanta = $1,4 \cdot 10^{-23}$ [J/K]
T	absolutní teplota černého tělesa [K]
λ	vlnová délka [μm]



Obr. A.5 Planckův vyzařovací zákon [36]

A.3.3.2 Stefanův-Boltzmannův zákon

Integrací Planckova zákona od $\lambda = 0$ do $\lambda = \infty$, získáme celkové vyzařování černého tělesa:

$$I(T) = \sigma T^4 \text{ [W/m}^2\text{]} \quad [\text{A.3.2}]$$

σ	Stefanova-Boltzmannova konstanta = $5,6705 \cdot 10^{-8} \text{ [W/(m}^2\text{/K}^4\text{)]}$
T	absolutní teplota černého tělesa [K]

Tento vztah odvodil (Josef Stefan, Ludwig Boltzmann) a říká, že výsledný vyzařovaný výkon černého tělesa je úměrný čtvrté mocnině jeho absolutní teploty. Graficky je výkon I znázorněn plochou pod křivkou vytvořenou podle Planckova zákona pro určitou teplotu. [23, 28]

A.3.3.3 Wienův posunovací zákon

Zákon podle Wilhelma Wiena, který matematicky vyjadřuje, že při vzrůstu teplot zářiče se barvy mění od červené k oranžové či žluté. Říká, že při záření černého tělesa je maximální energie vyzařována na vlnové délce, která se s rostoucí termodynamickou teplotou snižuje [Obr. A.5]. [23, 28]

Diferenciací Planckova zákona se ohledem na λ a nalezení maxima získáme vztah:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} \text{ [\mu m]} \quad [\text{A.3.3}]$$

σ	Wienova konstanta = $2,898 \cdot 10^{-3} \text{ [m}\cdot\text{K]}$
T	absolutní teplota černého tělesa [K]

A.3.4 Záření reálných těles

Zákony záření černého tělesa lze s jistou úpravou použít i pro reálná tělesa, která se nechovají jako absolutně černá, tj. která nepohlcují veškeré záření, jež na ně dopadne. Musíme však zavést spektrální emisivitu $\varepsilon(\lambda) = \frac{dI'}{dI}$ = poměr mezi energií spektrálního zářiče objektu a energií černého tělesa při stejné teplotě a vlnové délce. Poměr mezi spektrálním vyzařováním obecného objektu a černého tělesa lze vyjádřit matematicky takto:

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{dI'}{dI} [-] \quad [A.3.4]$$

dI'	spektrální intenzita vyzařování reálného tělesa [W/(m ² μm)]
dI	spektrální intenzita absolutně černého tělesa [W/(m ² μm)]

Reálné (šedé) těleso vždy vyzařuje méně než absolutně černé, proto $\varepsilon < 1$. Známe-li spektrální emisivitu tělesa, můžeme určit jeho vyzařování rovnicí:

$$dI' = \varepsilon dI [-] \quad [A.3.5]$$

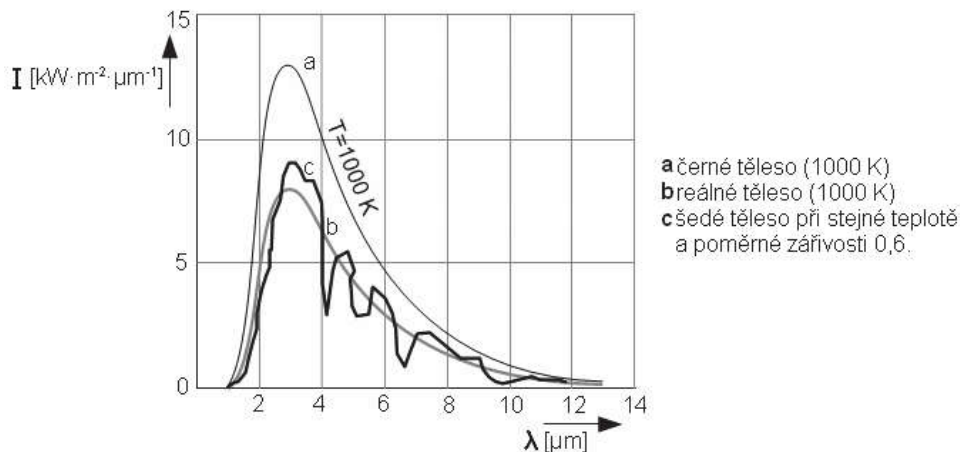
V hrubém přiblížení je spektrální emisivita tělesa rovna jeho spektrálnímu činiteli pohlcení, $\varepsilon(\lambda) \approx \alpha(\lambda)$. [28]

Pro šedý zářič platí potom Stefan-Boltzmannův vztah:

$$I(T) = \varepsilon \sigma T^4 [W/m^2] \quad [A.3.6]$$

σ	Stefanova-Boltzmannova konstanta = $5,6705 \cdot 10^{-8}$ [W/(m ² /K ⁴)]
T	absolutní teplota černého tělesa [K]

Znamená to tedy, že při stejných teplotách šedého zářiče a černého tělesa je výsledná energie vyzařovaná šedým zářičem, v porovnání s vyzařovanou energií černého tělesa, menší úměrně k hodnotě ε z šedého tělesa [Obr. A.6].



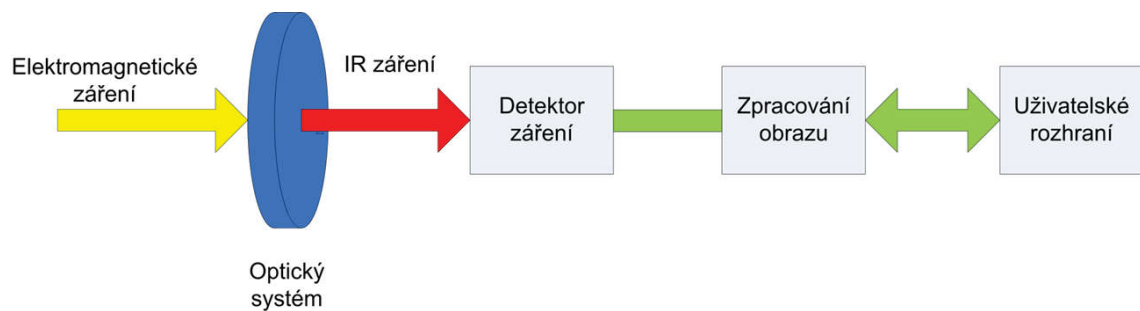
Obr. A.6 Rozložení zářivosti reálného tělesa a jeho nahrazení šedým tělesem [37]

A.4 Termokamera a její konstrukce

Konstrukce termokamery je analogická ke konstrukci videokamery, resp. digitálního fotoaparátu. Objektiv zobrazuje dopadající tepelné záření na čidlo, které vyhodnotí jeho intenzitu. Tyto hodnoty jsou následně digitalizovány a převedeny do obrazové podoby, na tzv. termogram. Termogram, podává informaci o povrchovém rozložení teploty měřeného objektu či objektů. [30]

Blokové schéma termokamery můžeme rozdělit na tyto tři části [Obr. A.7]:

- optika,
- detektor,
- elektronika pro zpracování a prezentaci obrazu.



Obr. A.7 Blokové schéma termokamery [30]

A.4.1 Optika

Optika se používá u systémů snímající teplotu bezkontaktní metodou k zaostření IR paprsků na detektor. Většinou se jedná o optiky s pevným ohniskem bez možnosti optického zoomu. Pro propuštění jen IR záření se používají čočky z Germánie, slouží tedy jako filtr elektromagnetického záření. Na povrchu čočky je nanesena antireflexní vrstva, která zabraňuje odrazu IR záření, tím je docílena až 90% propustnost.

Na blokovém schématu kamery si všimněme, že funguje zároveň i jako filtr. Na povrch čočky dopadá elektromagnetické záření všech vlnových délek (žlutá šipka) a optika propouští jen záření požadovaných vlnových délek. [30]

A.4.2 Detektor

Jádrem tohoto zařízení je detektor IR záření, který převádí dopadající infračervené záření na elektrický signál. Signál je zpracován další elektronikou převeden na výsledný termogram.

Z hlediska principu funkce rozlišujeme dva základní typy detektorů: **tepelné** a **fotonové**. Toto rozdělení vzniklo v důsledku rozdílné interakce fotonů s materiálem. [30]

A.4.2.1 Tepelné detektory

Fungují na principu změny elektrických vlastností v závislosti na intenzitě dopadajícího infračerveného záření. Velkou výhodou tepelných detektorů je pokojová provozní teplota, není třeba složitého chladičského aparátu. V závislosti na použité technologii se tepelné detektory dělí do tří skupin, a to na **termoelektrické**, **bolometrické** a **pyroelektrické**. [30]

a) Termoeletrické detektory

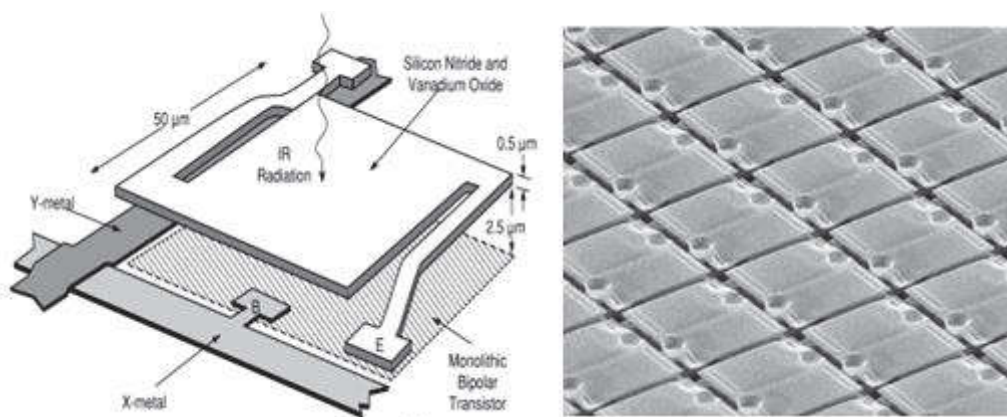
Jedná se o termoelektrické články (baterie), zapojené do série. Využívají princip tzv. tepelných jevů (Seebeckova, Peltienova, Thomsonova). [23, 25]

b) Bolometrické (mikrobolometrické) detektory

Postupnou integrací obvodů byl položen základ pro mikrobolometrické detektory. Snímač obsahuje matici miniaturních bolometrických detektorů (50 μ m) na bázi odporových materiálů z oxidů MgO, MnO, NiO, TiO₂, Ti₂SeAs₂Te₃ (chalkogenidové sklo). Využívá se elektrického odporu v závislosti na množství dopadajícího infračerveného záření.

Reakcí na intenzitu dopadajícího záření se mění v bolometru odpor, přičemž množství dopadajícího infračerveného záření je možné určit z těchto odporových změn. Z hlediska zachování relativně přímé úměry mezi absorbovaným infračerveným zářením a teplotou bolometru musí být celá soustava tepelně izolovaná od svého okolí. Obrazové rozlišení tepelného detektoru se odvíjí od počtu mikrobolometrů v matici.

Tento typ detektoru je nejčastěji využit u termokamer a setkáme se s ním minimálně v 95 % případů. Výjimkou jsou především nejdražší termokamery, používané pro výzkumné účely, kde může být osazen fotonový detektor za účelem zvýšení jeho citlivosti. [23, 25]



Obr. A.8 Mikrobolometr a sestava v matici [38]

c) Pyroelektrické detektory

Tyto detektory jsou založené na pyroelektrickém jevu, při kterém se za změny teploty spontánně mění polarizace. [25]

A.4.2.2 Fotonové detektory

Tyto detektory pracují, zjednodušeně řečeno, na principu počítání fotonů, tj. kvant elektronového záření. Jsou výrazně citlivější, než tepelné detektory, ale vyžadují chlazení. Termokamera s fotonovým detektorem je tedy mnohem těžší než s tepelným detektorem, právě z důvodu nutnosti chlazení detektoru.

Dalším důležitým rozdílem mezi termoelektrické detektory a fotonovými je spektrální citlivost. Zatímco tepelné detektory jsou širokopásmové, fotonové detektory jsou úzkopásmové a jsou schopny detekovat záření jen v úzkém rozsahu vlnových délek. [30]

V následující tabulce jsou shrnuty základní odlišnosti mezi tepelnými a fotonovými detektory:

VLASTNOST	TEPELNÝ DETEKTOR	FOTONOVÝ DETEKTOR
spektrální citlivost	široká	omezená
citlivost	nízká	vysoká
časová konstanta	střední (ms)	velmi krátká (cca μ s)
nejčastější typ	mikrobolometr	PtSi a InSb, QWIP
pracovní teplota	pokojová (lze chladit)	nízká (nutné chlazení)
cena	nízká	vysoká

Tab. A.1 Vlastnosti detektorů a jejich porovnání [30]

A.4.3 Elektronika pro zpracování a prezentaci obrazu

Dopadající infračervené záření vyvolává na detektoru záření elektrický signál. Například tak, že dojde vlivem oteplení ke změně elektrického odporu, jako v případě již zmiňovaného mikrobolometru. Změna elektrického odporu je dalšími obvody převedena na elektrický signál.

Pomocí výkonného mikroprocesoru, obvodů a složitých algoritmů dochází ke zpracování takto vzniklého signálu. Bez autokalibrace kamery, korekce obrazu apod., by výsledky měření nebyly prakticky použitelné. [30]

A.5 Parametry termokamery

Stejně jako ostatní měřicí přístroje, má i termokamera řadu parametrů, které ovlivňují její použitelnost pro danou aplikaci. Dále jsou uvedeny základní parametry všech termokamer, které musíme při výběru vhodného typu zvážit.

A.5.1 Teplotní rozsah

Teplotní rozsah termokamery udává, jakou nejnižší a jakou nejvyšší teplotu je termokamera schopna změřit. [30]

A.5.2 Spektrální rozsah

Spektrální rozsah kamery je rozsah vlnových délek, v rámci kterých je termokamera citlivá, tj. rozsah vlnových délek v němž termokamera zaznamenává infračervené záření. V praxi jsou spektrální rozsahy vyráběných termokamer omezeny útlumem atmosféry, který se projevuje především při měření na větší vzdálenosti. [30]

A.5.3 Přesnost stanovení teploty

Přesnost stanovení teploty je u termokamer téměř výhradně ± 2 °C nebo ± 2 % ze změřeného údaje, přičemž platí údaj, který je horší. Nejpřesnější termokamery jsou schopny měřit s přesností ± 1 °C nebo ± 1 %. Tuto nejistotu stanovení teploty je třeba vždy uvažovat při interpretaci výsledku měření. [30]

A.5.4 Teplotní citlivost

Teplotní citlivost termokamery je vyjádřena pomocí parametru NETD (noise equivalent temperature difference) a podstatným způsobem ovlivňuje kvalitu výsledného snímku. Čím menší je hodnota parametru NETD (tj. čím větší je teplotní citlivost), tím více jsou termogramy „zašuměné“. Dnes je standardem teplotní citlivost 50 mK, která poskytuje dostatečnou hodnotu pro většinu aplikací. [30]

A.5.5 Optické rozlišení

Optika (čočka) promítá infračervené záření na tzv. detektor. Ten se skládá z mnoha tzv. pixelů, což jsou samostatné detektory, které převádějí dopadající infračervené záření na elektrický signál a následně na teplotu. Počet pixelů výsledného obrazu je pak dán právě počtem pixelů tohoto detektoru. V současné době se u termokamer setkáváme běžně s rozlišením: 60×60, 80×80, 120×120, 160×120, 240×180, 320×240, 640×480 a 1024×768, výjimkou ale nejsou i jiná rozlišení.

Jak velká část prostoru bude na detektor promítnuta ovlivňuje zorné pole objektivu. Zorné pole je část prostoru, který je objektiv schopen zachytit a který následně promítne na detektor infračervého záření. Zorné pole se měří ve stupních rovinného úhlu a může být odlišné pro vertikální i horizontální směr. Čím větší je úhel zorného pole, tím větší část prostoru je promítnuta na detektor a tím, zjednodušeně řečeno, menší detaily jsou detektorem zachyceny. [30]

A.6 Faktory ovlivňující měření

Aby byly výsledky měření správné, je třeba správně stanovit a v termokameře nastavit emisivitu, odraženou zdánlivou teplotu a parametry atmosféry (relativní vlhkost, teplotu, tloušťku atmosférického sloupce). Tyto parametry musíme v menu termokamery před měřením nastavit. [30]

Z toho vyplývá, že výsledná přesnost měření termokamerou je ovlivněna:

- působením atmosféry,
- působením odražené zdánlivé teploty,
- přesností stanovení emisivity měřeného povrchu.

A.6.1 Atmosféra

Z těchto tří vlivů je asi nejméně problematická atmosféra, jejíž vliv (útlum tepelného záření, ale také vyzařování tepelného záření) lze s vysokou přesností kompenzovat po změření atmosférické teploty, atmosférické vlhkosti a vzdálenosti od měřeného objektu a zadáním těchto hodnot do termokamery či příslušného programového vybavení pro zpracování snímků. [30]

A.6.2 Odražená zdánlivá teplota

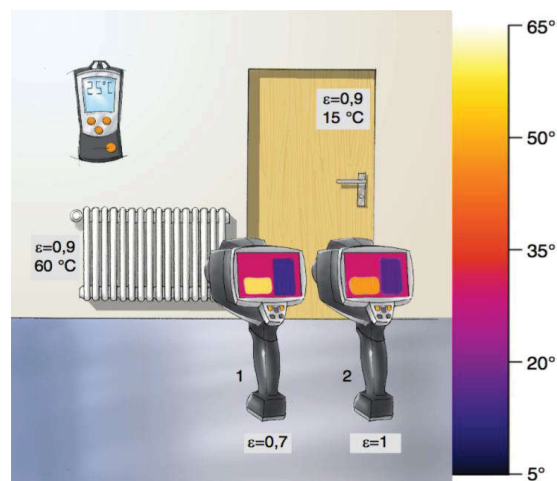
Tzv. odražená zdánlivá teplota je okolní tepelné záření, které se odráží od lesklého povrchu měřeného objektu a dopadá na detektor termokamery. Termokamera pak přirozeně není schopna rozlišit, zda jde o vlastní tepelné záření, nebo odražené tepelné záření. Odražené tepelné záření tedy musíme stanovit a zadat jeho hodnotu do termokamery, aby termokamera mohla jeho vliv opět kompenzovat. Vlastní měření se provádí pomocí IČ odražeče.

Je třeba zdůraznit, že vliv odražené zdánlivé teploty je tím větší, čím větší je odrazivost povrchu (samozřejmě v dané části vlnového pásma, kde je citlivá použitá termokamera). Odrazivost povrchu je tím menší, čím větší je emisivita (Kirchhoffův zákon). Proto platí, že čím je vyšší emisivita, tím je menší vliv odražené zdánlivé teploty. Při vysokých emisivitách (0,95 a vyšší) tedy v některých situacích stačí odraženou zdánlivou teplotu stanovit přibližně (odhadem a na základě zkušeností). Jde například o měření teploty na povrchu stavebních konstrukcí s vysokou emisivitou v interiéru (za podmínek nepřítomnosti zdroje tepelného záření o teplotě, která výrazně převyšuje atmosférickou teplotu v místnosti) při termografické diagnostice budov. [30]

A.6.3 Emisivita

Množství tepelného záření, které je z povrchu předmětu vyzářeno, závisí na jeho teplotě, ale i na emisivitě. Emisivita je tak v jistém smyslu efektivita vyzařování. Čím je emisivita vyšší a blíže 1, tím více tepelného záření povrch při dané teplotě vyzáří. Při emisivitě rovné 1 vyzáří povrch maximální množství tepelného záření, které je z fyzikálního hlediska možné vyzářit při dané povrchové teplotě černého tělesa. Jak je již uvedeno výše, tuto hodnotu emisivity má však pouze „ideální“ černé těleso a v praxi nejsme schopni této hodnoty dosáhnout.

Když při měření termokamera zaznamená tepelné záření z povrchu měřeného objektu (v případě bez vlivu odražené zdánlivé teploty) a v termokameře je nastavena vyšší hodnota emisivity, než je skutečná hodnota emisivity, potom termokamera při dané povrchové teplotě měřeného objektu bude očekávat více tepelného záření, ale protože naměří méně záření, stanoví, že povrchová teplota je ve skutečnosti nižší! Naopak, při nastavení vyšší hodnoty emisivity bude termokamera při dané povrchové teplotě očekávat více tepelného záření a proto nakonec vyhodnotí, že povrchová teplota měřeného objektu je nižší [Obr. A.9]. [30]

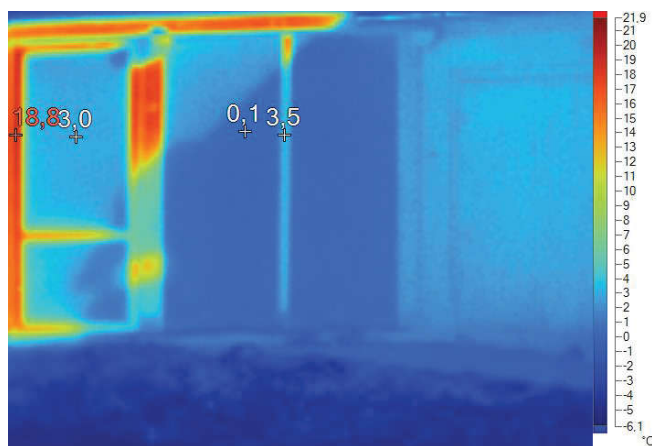


Obr. A.9 Vliv chybně nastavené emisivity při měření teploty [31]

Čím je větší rozdíl mezi teplotou měřeného objektu od teploty okolí a čím menší je emisivita, tím větší bude chyba měření. Tato chyba se při chybně nastavené emisivitě ještě zvětšuje. Jak moc velkou chybu způsobí nesprávné nastavení emisivity, závisí na řadě okolností. [31]

A.7 Podmínky pro snímání

Pořizování infračervených snímků stavebních konstrukcí je vhodné při dostatečném rozdílu teplot mezi interiérem a exteriérem. Minimální rozdíl je cca 10 °C, optimální 15 °C a více. Obecně platí, že vyšší je rozdíl těchto hodnot, tím je snímek jasnější a přesnější. Termovizní měření budov s klasickým tepelným tokem je vhodné provádět v zimním období, kdy teplota okolí nepřekračuje 5 °C. Naopak termovizní měření budov s obráceným tepelným tokem (např. chladírny) je vhodné provádět v letním období, resp. od dubna do října, kdy teplota okolí překračuje 15 °C. Podmínkou je, že budovy jsou v provozu, tedy vytápěny či chlazeny. Měl by se omezit také vliv sálání okolních budov a okolí. Teploty okolních objektů by měly být ustálené a měření by nemělo být ovlivněno slunečním zářením. Vlivem působení tepelného tohoto dojde k ohřevu fasády, tím ke zkreslení výsledků [Obr. A.10]. Přímé sluneční záření zabraňuje odhalení tepelných mostů, a proto se mu je třeba vyvarovat. Z těchto důvodů je vhodné pořizovat termovizní snímky v brzkých ranních či v pozdních nočních hodinách, kdy měření není ovlivněno akumulovanou sluneční energií v konstrukcích. Termovizní měření ve venkovním prostředí se neprovádí za husté mlhy, v hustém dešti či sněžení.



Obr. A.10 Vliv oslunění měřené konstrukce

Při snímání je nutné si uvědomit, že emisivita má směrovost a závisí na úhlu vyzařování. Obecně opět platí, že obvykle je emisivita přibližně konstantní v úhlu do 60° od kolmice, u většiny materiálů dokonce do 45°, pod většími úhly pak emisivita již výrazně klesá a těleso má zdánlivě nižší povrchovou teplotu. Na tuto vlastnost je potřeba dávat pozor zejména při měření dvou na sebe kolmých stěn a rohů stěn. Je třeba měřit z takové pozice, aby obě stěny svírali s měřícím paprskem stejný úhel, aby naměřené teploty stěn byly porovnatelné.

Optimální podmínky pro snímání

- stabilní klimatické podmínky bez deště, mlhy a sněžení,
- bezvětrí (do 3m/s),
- zatažená obloha bez přímého slunečního záření i před měřením,
- suché a volně přístupné plochy měřeného objektu,
- minimální rozdíl teplot mezi int. a ext. objektu 10 °C, doporučený rozdíl teplot min. 15 °C,
- bez rušivého záření v okolí měřeného objektu,
- zavřená všechna okna, ventilace, mikroventilace a dveře i před měřením.

A.8 Měření termokamerou

A.8.1 Představení prostředí

V rámci DP byla využita školní termokamera Fluke Ti40. Kamerou proběhla analýza objektu řešeného v energetickém posudku, další část snímků byla pořízena v rodinném domě. Měření probíhalo ve večerních a ranních hodinách zimního období v termínu od 29. 1. 2015 do 31. 1. 2015. Při měření v exteriéru se teplota venkovního vzduchu pohybovala okolo od -1 až -4 °C, emisivita byla pro většinu případů nastavena na hodnotu 0,95.

A.8.2 Měřicí přístroj Termokamera Fluke Ti40

Parametry:

- Rozměry (V × Š × H): 162 × 262 × 101 mm
- Paměť: 1 000 infračervených snímků
- Provozní teplota: -10 °C až +50 °C
- Provozní vlhkost: 10 až 95 %RV bez kondenzace
- Měřicí rozsah: Rozsah 1: -20 °C až +100 °C
Rozsah 2: -20 °C až +350 °C
- Přesnost: ±2 °C nebo 2 % (platí vyšší hodnota)
- Kvalita zobrazování: Objektiv 20mm; zorné pole (H x V) 23° x 17°
Min. vzdálenost ostření 0,15 m
Teplotní citlivost (NETD) ≤0,09 °C (90 mK) při 30 °C
- Typ detektoru: 160 × 120 ohniskový rovinný svazek,
nechlazený mikrobolometr s oxidem vanadu (VOx)
- Display: Barevný displej LCD; uhlopříčka 125 mm



Obr. A.11 Termokamera FLUKE Ti40 a její použití při měření

A.9 Diagnostika vad a poruch ve stavebnictví

V následujících odstavcích budou shrnuty typické tepelně technické vady, poruch na obalových konstrukcích a vady izolací rozvodů tepelné energie. U konstrukcí se jedná především o vady nízké vnitřní povrchové teploty na obalových konstrukcích, které jsou uvedeny v článku 5.1. v ČSN 73 0540-2:2011 [12] Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí – Požadavky. Naopak při snímkování stavebních objektů z venkovní strany se stejná kritická místa projevují vyšší povrchovou teplotou, ovšem bez požadavků na maximální teplotu. Je to celkem logické, zajímá nás pouze vnitřní povrchová teplota (z důvodu pobytu osob), protože je zde důležité zabránit povrchové kondenzaci a růstu plísní. [26]

U izolací rozvodů tepelné energie, jsou kladeny požadavky na součinitele prostupu tepelné izolace ve vyhlášce č. 193/2007 Sb. [7] kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.

V současné době je velmi aktuální snižování spotřeby energie na vytápění budov. Jedním z možností snížení energetické náročnosti budovy, respektive úspory energie na vytápění, je úprava stavebního řešení. Při správném tepelně technickém návrhu konstrukce nestačí jen zvyšovat tloušťku tepelné izolace, ale musíme se snažit eliminovat nebo optimalizovat tepelné mosty. Čím vyšší požadavky na tepelně izolační vlastnosti stavebních konstrukcí klademe, tím vyšší podíl na tepelných ztrátách budovy mají tepelné mosty. Tepelné mosty samy o sobě mohou zvýšit tepelnou ztrátu domu velmi znatelně. [26]

Požadavky, které lze tak prověřit dle ČSN 730540-2:2011 Tepelná ochrana budov:

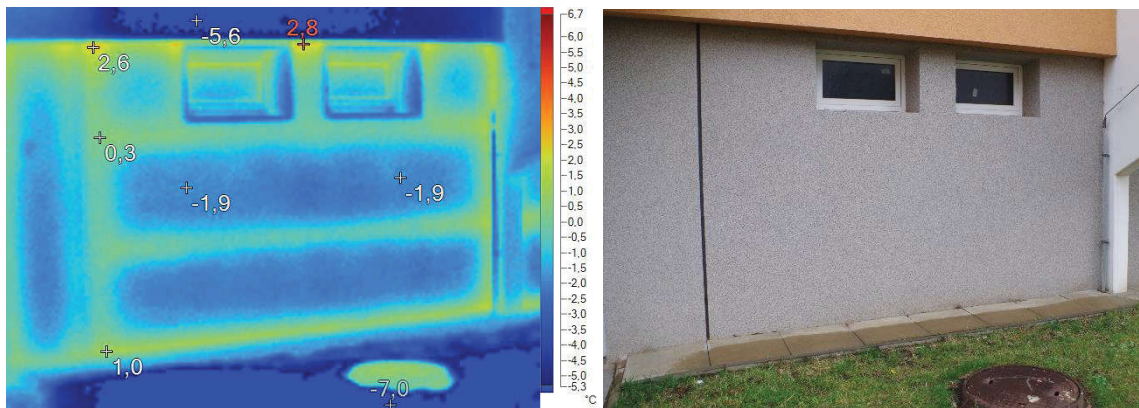
- nejnižší povrchová teplota (teplotní faktor),
- součinitel prostupu tepla (lokální zhoršení – tepelný most, vazba).

Dále dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. účinnost rozvodů energie:

- tepelná ztráta rozvodů (určující součinitel prostupu tepla, povrchová kondenzace).

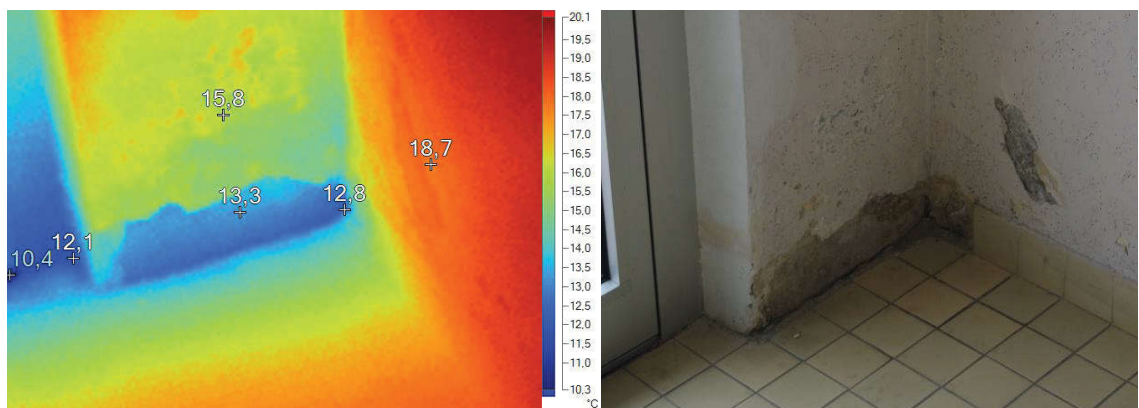
A.9.1 Nedostatečná tepelná izolace obvodových konstrukcí

Příkladem chybějící či nedostatečné tepelné izolace v obvodové stěně je typický panelový dům kdy při výrobě panelů docházelo k technologické nekázni a tepelná izolace nebyla přítomna rovnoměrně a v potřebné tloušťce [Obr. A.12]. Žlutá až oranžová barva znázorňuje vyšší vnější povrchovou teplotu a tím zvýšený únik tepla. V těchto místech může na vnitřní straně dojít ke kondenzaci vodní páry z důvodu nízké povrchové teploty [Obr. A.13]. Zobrazené vady mohou být v podobě absence izolantu nebo snížením jeho tloušťky. Tuto vadu nelze odstraňovat místně, lze ji odstranit pouze komplexním zateplením stěn. [26]



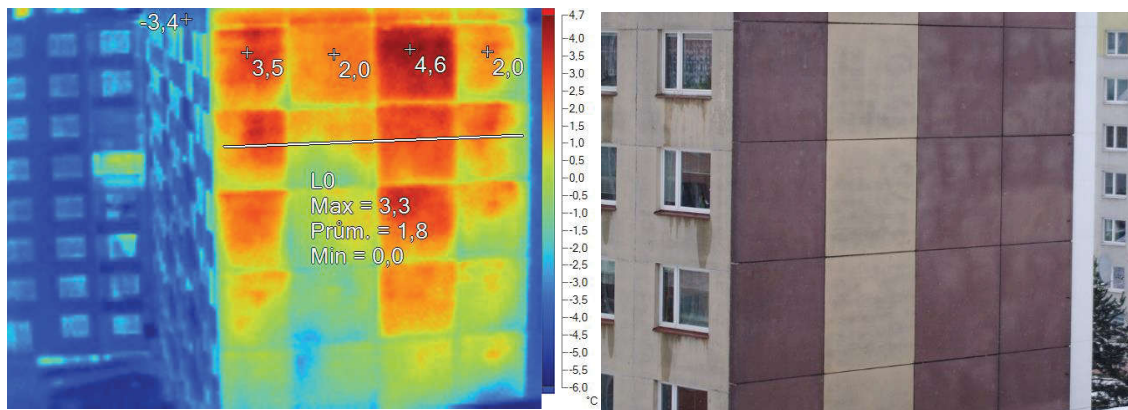
Obr. A.12 Termovizní snímek vady obvodové stěnové kce – nedostatečná tloušťka izolace

V interiéru takového panelového domu se v těchto místech objevují vlhké oblasti a plísně. Dlouhodobá kondenzace v konstrukci zároveň způsobuje degradaci materiálů a dochází k jejich rozpadu vlivem tvorby solí. Situaci zhoršuje fakt, že v tomto místě je z venkovní strany napojena mezipodesta venkovního vstupního schodiště, čímž vzniká výrazný tepelný most a vnitřní povrchová teplota nesplňuje požadavek normy. Po zateplení celého objektu se odstraní i tento problém. Tato vada může být taktéž způsobena zatékáním vody do konstrukce.

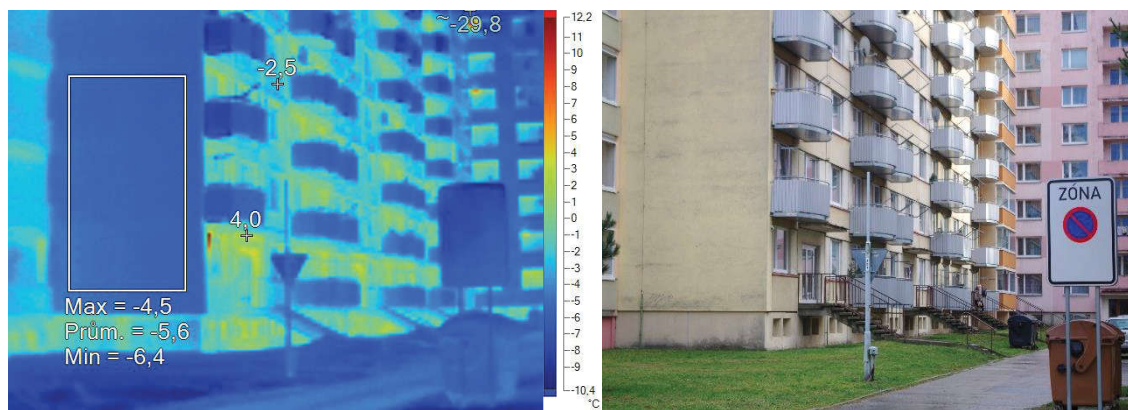


Obr. A.13 Povrchová kondenzace – vznik plísní a degradace materiálu

Na dalším termosnímku je zobrazena štítová stěna nezatepleného panelového domu [Obr. A.14], ze kterého je zřejmé, že tato konstrukce je nejslabším článkem s ohledem na tepelně technické vlastnosti. Konstrukce štítových stěn byla ve většině případů zateplena jako první, úpravou byly vady úspěšně odstraněny [Obr. A.15], avšak tloušťka tepelné izolace, která se při realizacích tohoto opatření pohybovala okolo 80 mm v dnešní době nevyhovuje požadavkům.

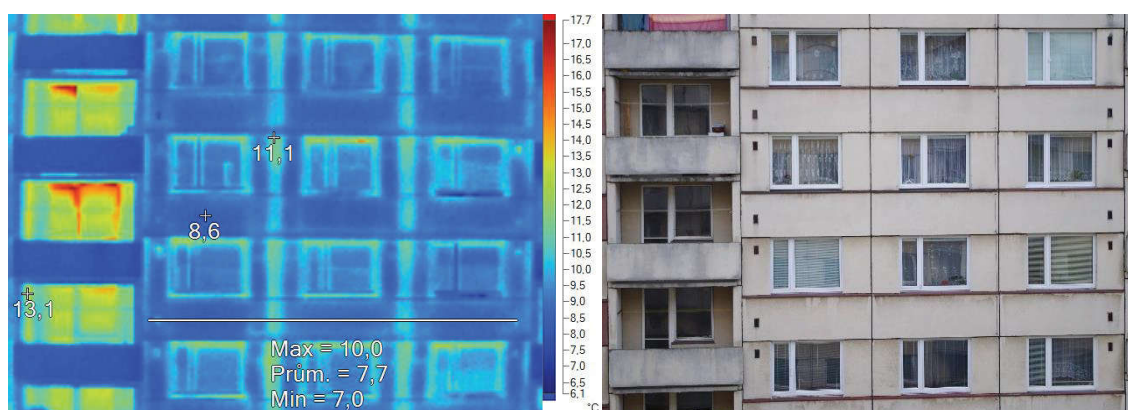


Obr. A.14 Termovizní snímek štítové obvodové stěny bez zateplení

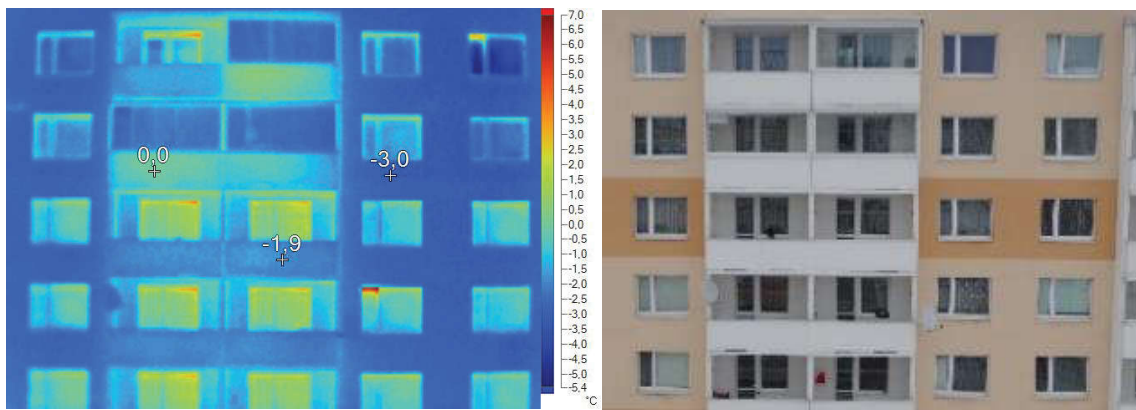


Obr. A.15 Termovizní snímek štítové obvodové stěny po zateplení

Vady v ploše průčelní fasády panelového domu jsou způsobeny napojením vnitřních příček a zároveň spojem průčelních panelů. Což svědčí o chybějící nebo nízké kvalitě provedení izolace v místě dilatačních spár při výstavbě domu.

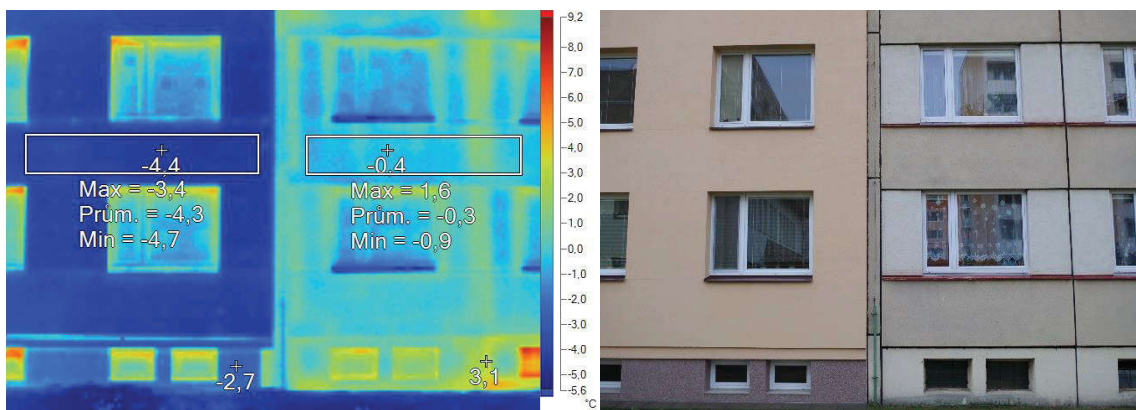


Obr. A.16 Průčelní obvodové stěna bez zateplení

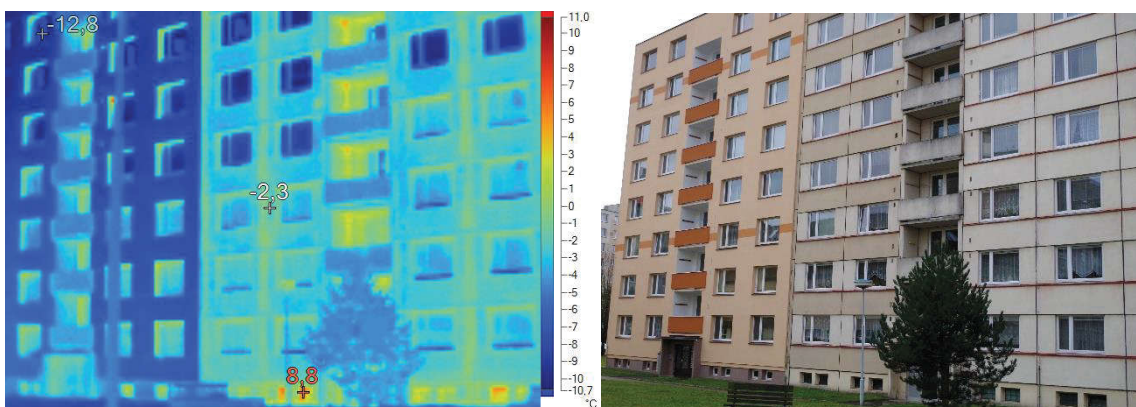


Obr. A.17 Průčelní obvodové stěna po zateplení

Na následujících snímcích můžeme zpozorovat zřetelný rozdíl povrchových teplot na části zateplené a nezateplené [Obr. A.18, Obr. A.19]. Snímky pořízené termokamerou jednoznačně ukazují na oprávněnost opatření, ke zvýšení tepelněizolačních vlastností obvodových plášťů budov dodatečným zateplením, výsledkem je zvýšení tepelného odporu tohoto pláště, eliminace tepelných mostů a vazeb, zlepšení vnitřního mikroklimatu obytných místností a významné úspory energie na vytápění.

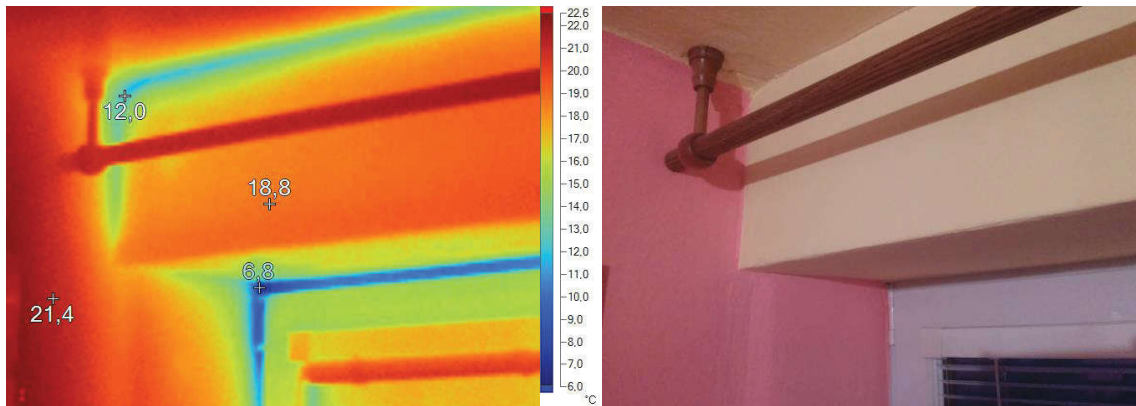


Obr. A.18 Porovnání teplot zateplené a nezateplené fasády obvodové stěny



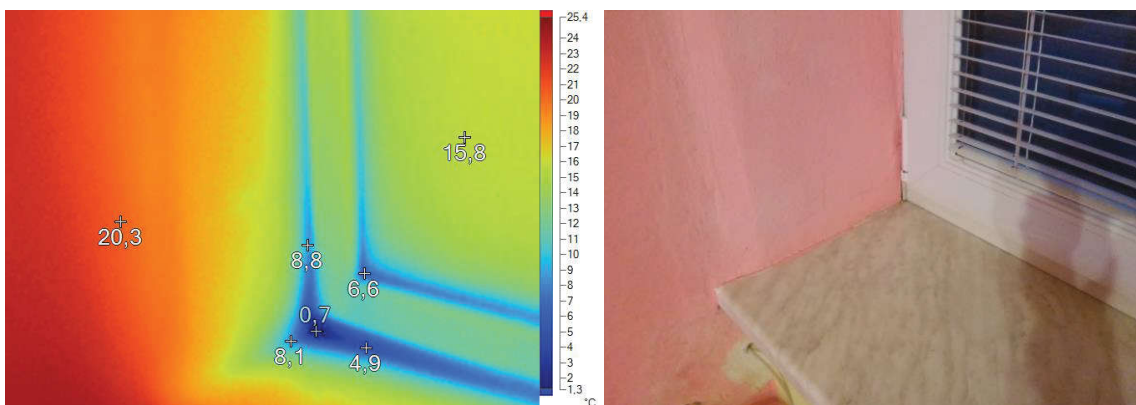
Obr. A.19 Pohled na zateplenou a nezateplenou budovu

V místě osazení několikrát užší výplně (okna, dveře) než je vlastní stěna, dochází k velkým tepelným mostům (vazbám). Tyto mosty (vazby) dokonce patří k nejvýraznějším ze všech popisovaných, protože dochází k často poklesu vnitřní povrchové teploty pod požadovanou normovou hodnotu. [26]



Obr. A.23 Nadpraží a horní část ostění okna RD

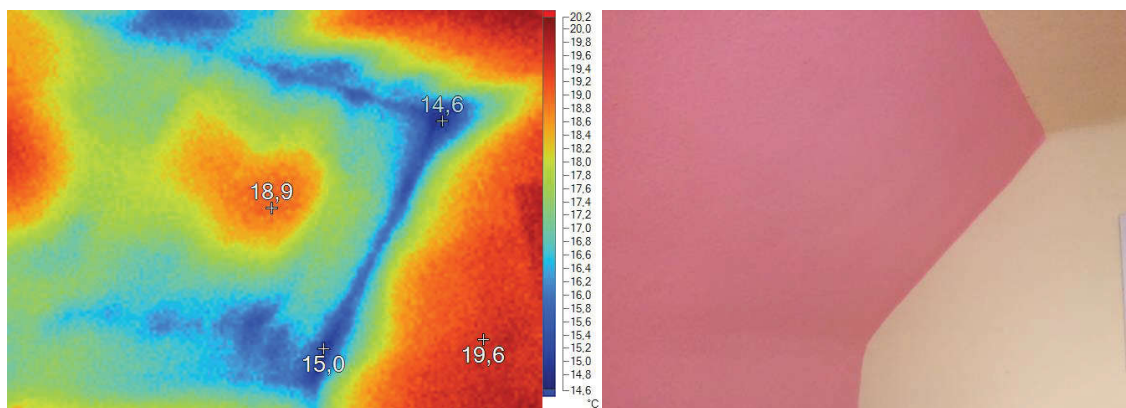
Následující termosnímky ostění, nadpraží a parapetu okna [Obr. A.23, Obr. A.24] byly pořízeny v rodinném domě, u kterého je zatepleno ostění a vnější obvodové stěny z interiéru místnosti. Zdivo je v tomto případě jednovrstvé z tradičních plných cihel pálených. Nejnižší vnitřní teplota povrchu je v dolním koutě, kde nedochází k cirkulaci vzduchu a není zde izolant pod parapetem. Teplota v tomto místě byla naměřena pouze 0,7 °C, je možné že zde docházelo k ochlazování rohu vlivem průvzdušnosti z exteriéru. Modrá až černá barva znázorňuje nižší povrchovou teplotu a tím vyšší únik tepla. Díky takto nízké teplotě dochází v koutě k povrchové kondenzaci a tvorbě plísní. Dle požadavků normy by nejnižší povrchová teplota při venkovní návrhové teplotě $t_e = -15^\circ\text{C}$, měla být 11,04 °C. Požadavek normy by při této návrhové teplotě nemohl být splněn, protože už při teplotě $t_e = -2^\circ\text{C}$ došlo k takto nízké povrchové teplotě.



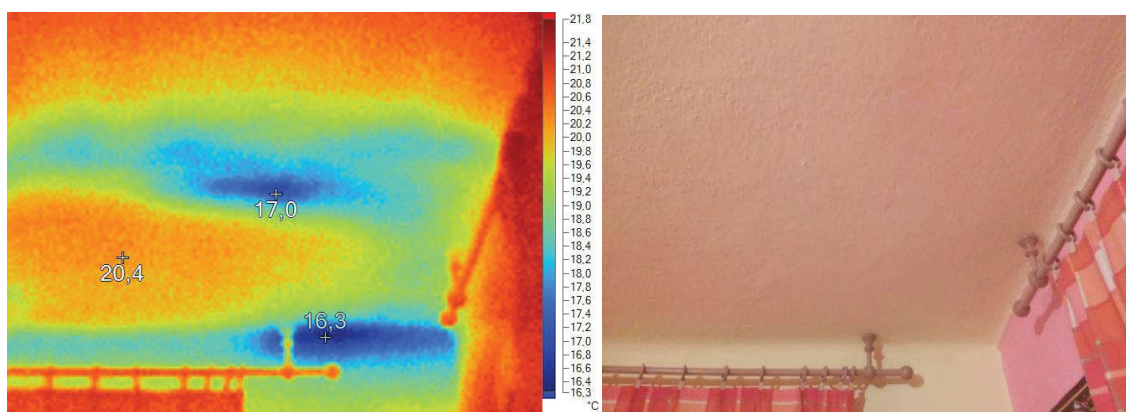
Obr. A.24 Spodní část ostění a parapet okna RD

A.9.3 Nedostatečná tepelná izolace podkroví

V případě podkroví se mnohdy stane z důvodu pracovní nekázně, že některá pole konstrukce mezi nosníky nejsou vyplněna požadovanou tepelnou izolací a vzniká tak tepelný most jako na obrázku [Obr. A.25, Obr. A.26]. Řešením je celkové zateplení střešní konstrukce a stropu mezi půdou a podkrovím.

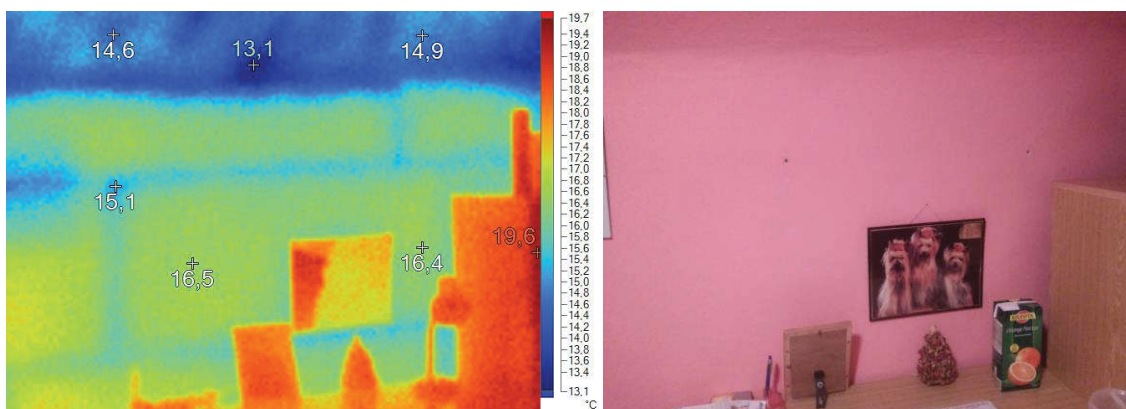


Obr. A.25 Chybějící tepelná izolace ve střešní konstrukci



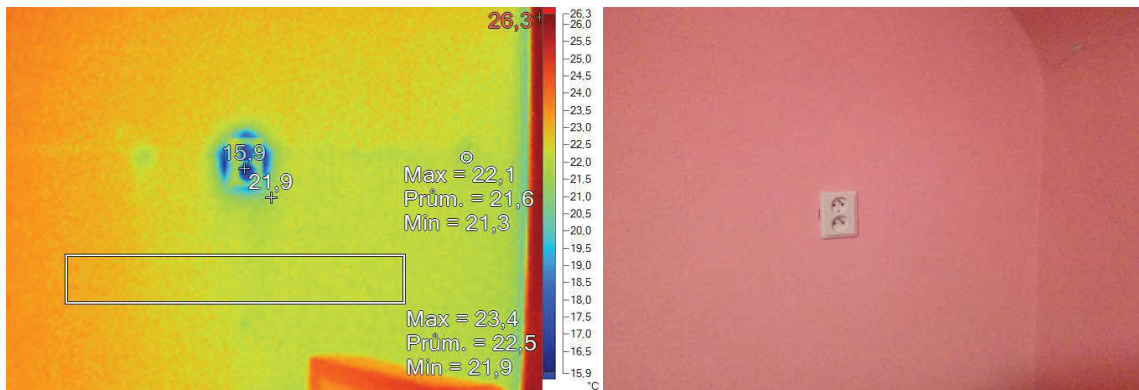
Obr. A.26 Chybějící tepelná izolace ve stropní konstrukci

Jak již bylo uvedeno výše, v tomto RD je provedeno dodatečné zateplení stěn z vnitřní strany. Tato stěna přiléhá k nevytápěnému půdnímu prostoru a je vyzděna pouze z dutých cihel na výšku. Na obrázku [Obr. A.27] jsou vidět špatně provedené spoje mezi deskami tepelné izolace při dodatečném zateplení této stěny. Šikmá střešní část nebyla dodatečně zaizolována, proto je její povrchová teplota ještě nižší.

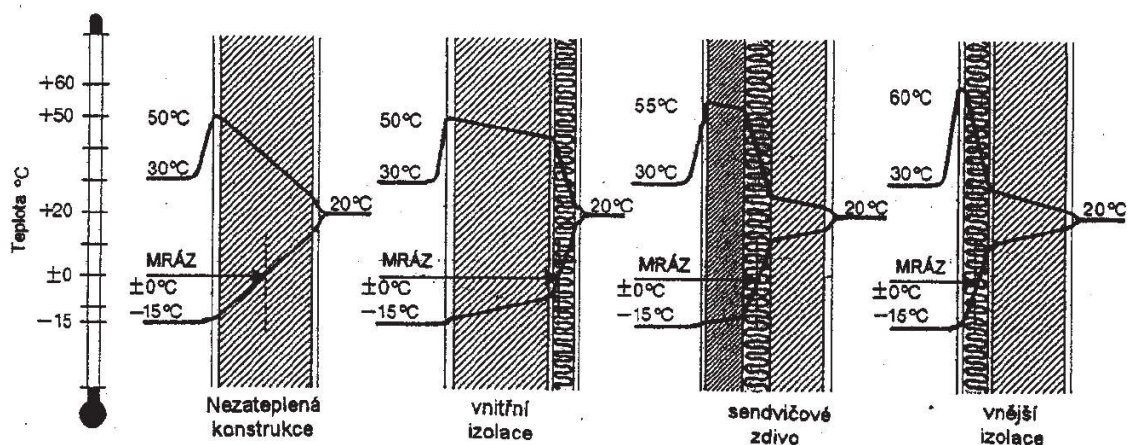


Obr. A.27 Chybně provedené spáry tepelné izolace

Při pohledu na zásuvku [Obr. A.28] v takto zateplené místnosti je zřejmá nevýhoda tohoto typu zateplování. Při aplikaci izolantu z interiéru dochází k většímu prochladnutí stěn, než kdyby byly tyto stěny bez jakékoliv tepelné izolace, protože nejsou tolik ohřívány díky vnitřní tepelné izolaci [Obr. A.29]. Zároveň má tato místnost malou schopnost akumulace tepla a dochází tak k rychlému vzestupu teploty po zátopu a zároveň k rychlému poklesu teploty při topné přestávce. Pro vnitřní komfort RD se tento typ zateplení nehodí. Vhodný je například u rekreačních objektů, kde je omezení akumulační schopnosti stěn žádoucí pro rychlý ohřev teploty v místnosti.



Obr. A.28 Ukázka nevýhody vnitřního zateplení stěn



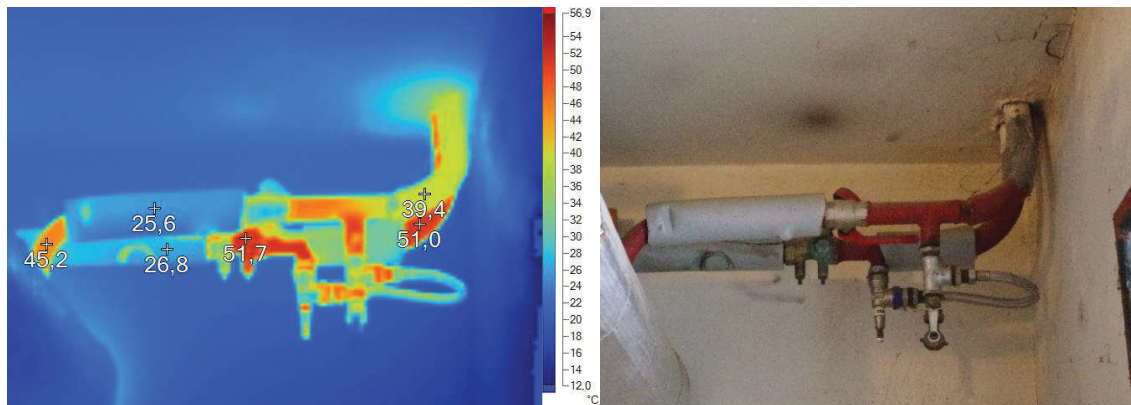
Obr. A.29 Průběhy teplot v obvodové stěně pro různé typy zateplení v průběhu roku [39]

A.9.4 Nedostatečná tepelná izolace potrubí a armatur

Ve všech tepelných soustavách je základním kritériem efektivity energetická účinnost. Její zisk se odvíjí jednak od účinnosti zdroje tepla a následně od schopnosti rozvodů přenést ji s co nejmenší ztrátou do otopných těles. Aby tedy byl výkon celé soustavy co nejlepší, je nutné co možná nejméně omezit ztráty při přenosu tepla. Zde se negativně projevují projekčně špatně řešené spoje, ale zejména nekvalitním izolace. [32]

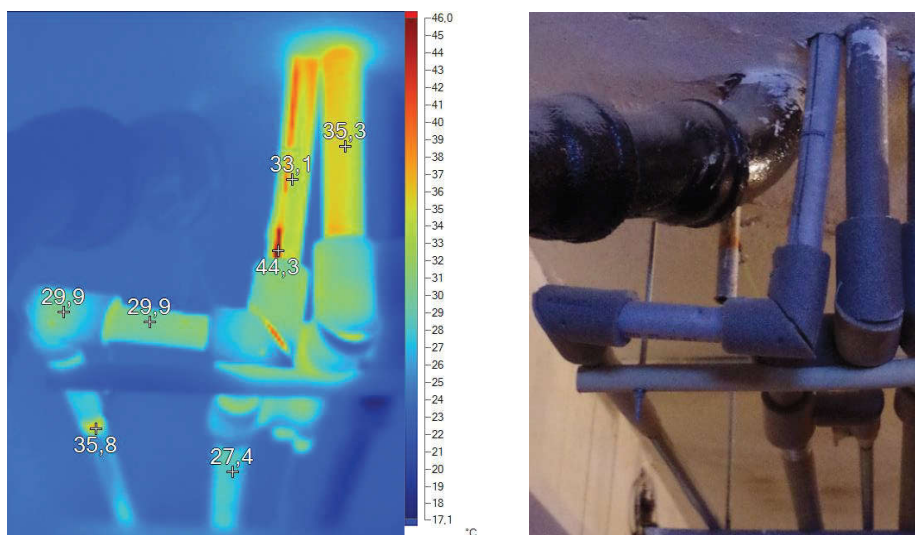
Měření termokamerou je schopno nejen odhalit vadnou izolaci, ale také detekovat vadná zařízení v soustavě a to dříve než se zcela porouchají. V případě automatického řízení lze sledovat, zda náhodou není v provozu současně chlazení i vytápění, což v některých ovládacích systémech nelze vysledovat. Rozvody vedené v konstrukcích lze lokalizovat a lze mimo těchto míst vrtat, aniž by hrozilo nebezpečí, že se rozvody poškodí.

Na obrázku [Obr. A.30] je snímek části rozvodu ústředního vytápění panelového domu, který propojuje horizontální rozvod s vertikálním rozvodem. Rozvod se nachází v suterénním prostoru, kde jsou ztráty tepla rozvodu tepla nežádoucí. Při montáži vyvažovacího ventilu došlo k pracovní nekázni a izolace nebyla doplněna. Z povrchových teplot potrubí je poznat, které potrubí je přírodní a vratné.



Obr. A.30 Chybějící izolace rozvodů ústředního vytápění

Další rozvod, tentokrát teplé vody a její cirkulace, znázorňují vady ve spojích izolací [Obr. A.31]. Tyto nekvalitně provedené spoje se vyznačují oranžovou až červenou barvou. Tloušťka izolace je v případě TV pouze 13 mm, dle vyhlášky č. 193/2007 je, pro tento vnější průměr potrubí (32 mm), vyhovující z hlediska tepelných ztrát izolace tloušťky 40 mm. Ve většině případů se ale setkáme pouze s minimálními tloušťkami tepelné izolace tl. 9 až 20 mm. Na termosnímku [Obr. A.32] lze pozorovat nedostatky i v případě vedení obou potrubí v plastovém žlabu.

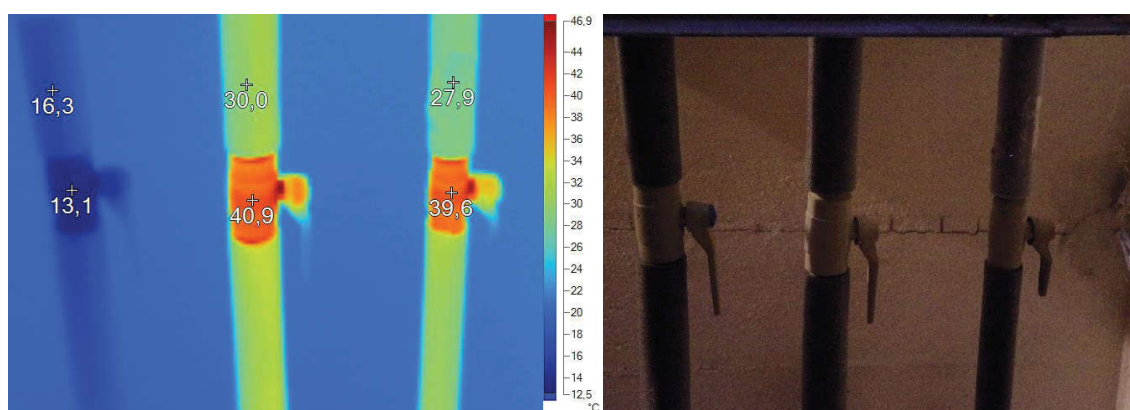


Obr. A.31 Nedostatečná tloušťka izolace rozvodů TV



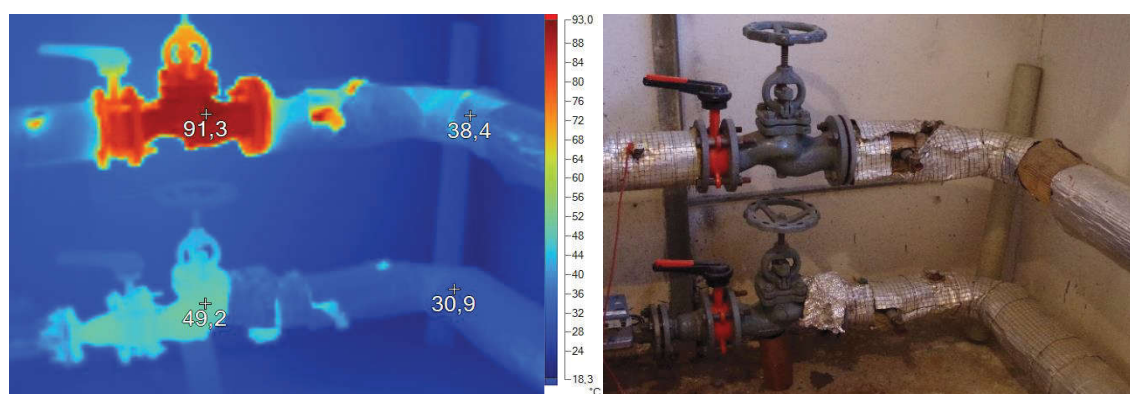
Obr. A.32 Nedostatečná tloušťka izolace rozvodů TV vedených v platovém žlabu

V případě tepelné izolace armatur je její provedení náročné a proto, hlavně u malých armatur např. kulových kohoutů [Obr. A.33], se izolace vyskytuje velmi zřídka.



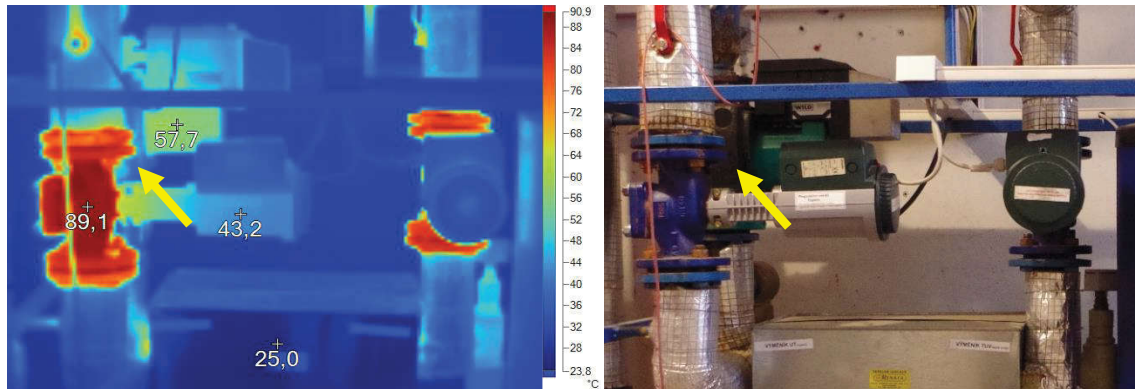
Obr. A.33 Armatury rozvodu pitné, teplé a cirkulační vody bez tepelné izolace

V případě velkých armatur dochází přes jejich odkrytý povrch k výrazným tepelným ztrátám rozvodu. Následující snímky jsou pořízeny z místnosti objektové předávací stanice, kde díky absenci jakékoliv izolací armatur a místy špatné nebo chybějící izolace na potrubí dochází k vysokým teplotám vnitřního vzduchu. Na snímku [Obr. A.34] je přívodní potrubí horkovodu pokračující do výměníku (OPS), při provozu dosahovala teplota neizolované armatury přes 91 °C.

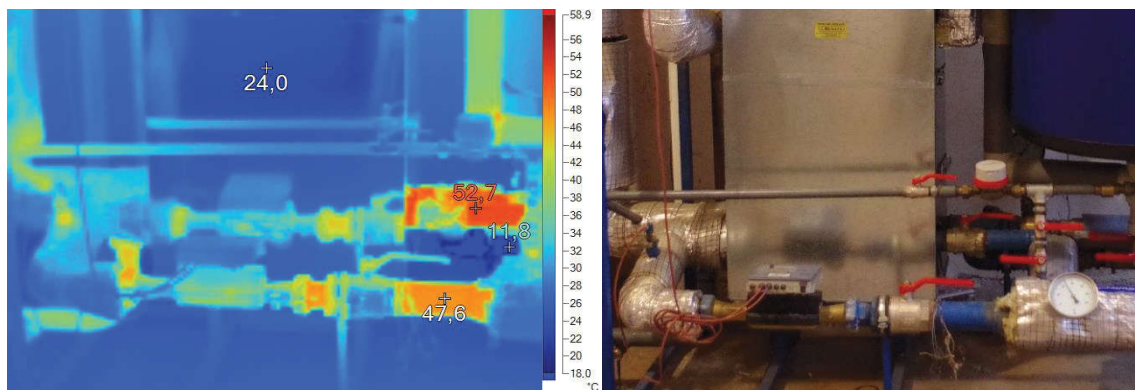


Obr. A.34 Nezaizolované armatury horkovodu

Na dalším termosnímku [Obr. A.35] mají uzavírací armatury taktéž vysokou teplotu, protože opět nejsou izolovány. Zatímco tělo čerpadla umístěné za nimi je opatřené tepelnou izolací z pěnového extrudovaného polystyrenu (žlutá šipka), je vidět že teplota povrchu krytu (izolace) je mnohem nižší a pohybuje se okolo 40 °C. Na posledním termosnímku [Obr. A.36] je pohled na deskový výměník ÚT a TV opatřený tepelnou izolací chráněnou oplechování tento způsob zaizolování je velice účinný, povrchová teplota se pohybovala okolo 30 °C. Povrchové teploty termosnímku u oplechování výměníku neodpovídají skutečnosti, protože emisivita tohoto povrchu je velmi nízká díky své odrazivosti (pozinkovaný ocelový plech).



Obr. A.35 Porovnání nezaizolované a zaizolované armatury



Obr. A.36 Tepelná izolace a oplechování výměníku pro ÚT a TV

B. ENERGETICKÝ POSUDEK



Obr. B.1 Posuzovaný objekt

B.1 Identifikační údaje

B.1.1 Zpracovatel energetického posudku

Zpracovatel:	Bc. Jan Březina
Adresa:	Libušínská 185/28, 591 01 Žďár nad Sázavou
Datum zpracování:	září 2015 – prosinec 2015
Číslo oprávnění:	nevydáno
Číslo energetického posudku:	nevidováno
Telefon:	+420 725 914 XXX
Email:	janbrezina@email.cz

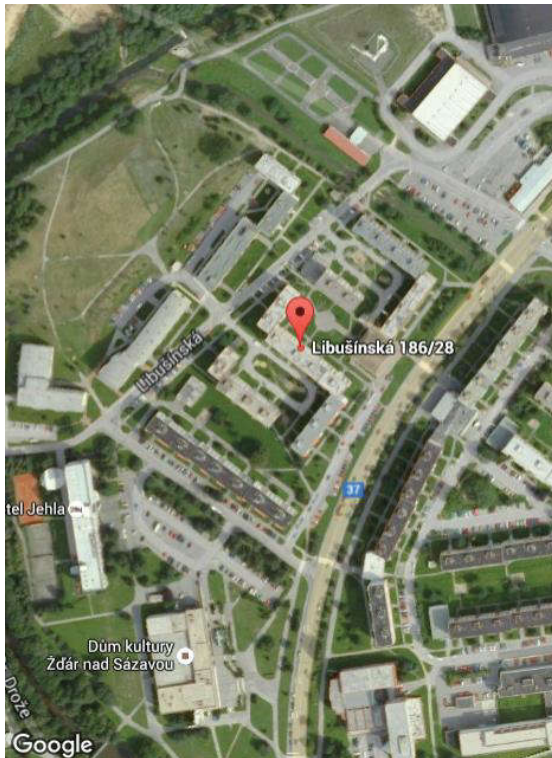
B.1.2 Předmět energetického posudku

Název:	Energetický posudek pro panelový dům
Účel stavby:	bytový dům se 42 jednotkami určený k bydlení
Adresa:	Libušínská 185, 186, 187; 591 01 Žďár nad Sázavou
Adresa vlastníka:	SBD ZELENÁ HORA, stavební bytové družstvo Brněnská 1146/30 591 01 Žďár nad Sázavou

B.1.3 Situační plán

Klimatické podmínky:

- Venkovní výpočtová teplota pro zimní období: -15 °C
- Průměrná venkovní teplota v období topné sezony: +3,1 °C
- Průměrný počet dní v topné období: 270 dní
- Nadmořská výška: 572 m n. m.



Obr. B.2 Fotomapa [40]



Obr. B.3 Katastrální mapa 1:500 [41]

B.1.4 Účel zpracování energetického posudku

Energetický posudek je zpracován na základě žádosti investora z důvodu zamyšlené kompletní rekonstrukce objektu zaměřené na zásadní snížení energetické náročnosti při provozování objektu a zvýšení jeho hodnoty.

Cílem posudku je minimalizace energetické náročnosti budovy, variantní řešení možných úsporných opatření vč. jejich vyhodnocení a doporučení nejvhodnějšího energeticky úsporného opatření. Přesné cíle požadované investorem byly zvoleny takto:

- snížení spotřeby energie na vytápění minimálně o 30 %,
- snížení spotřeby energie pro přípravu teplé vody minimálně o 50 %,
- návrh opatření s využitím alternativního zdroje energie,
- snížení emisí škodlivých látek vznikajících užíváním objektu minimálně o 30 %.

Energetický posudek byl zpracován dle zákona č. 318/2012 Sb. [2] o hospodaření energií a dle související vyhlášky č. 480/2012 Sb. [4] o energetickém auditu a energetickém posudku. Zatřídění dle zákona č. 318/2012 Sb. je posouzení efektivity a finanční návratnosti stavebních a technických úprav týkajících se snižování energetické náročnosti budovy a využívání obnovitelných a alternativních zdrojů energie.

B.2 Popis výchozího stavu

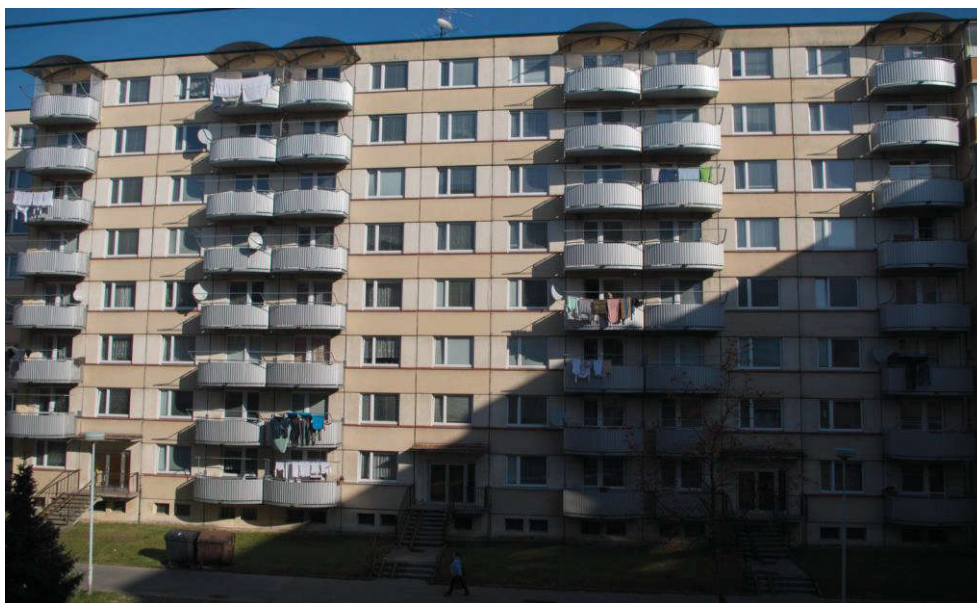
B.2.1 Popis objektu energetického posudku

Hodnocenou budovou je devíti podlažní panelový dům postavený panelovou technologií T06B-KDU v roce 1991. Jedná se o dům nacházející se v řadové zástavbě s 8 nadzemními a 1 podzemním podlažím. Tento typ panelového domu je založen na příčném konstrukčním systému s rozporem nosných příčných stěn 3600 mm a konstrukční skladebnou výškou 2800mm. Dům je tvořen ze třech samostatných celků („vchodů“), každý vchod má dva vstupy, ze severovýchodní strany jsou vstupy se zvonky a schránkami [Obr. B.6], z jihovýchodní strany jsou pak vstupy s venkovními schodišti [Obr. B.4]. Na chodbách je použito dvouramenné schodiště s mezipodestou do kterého je vložena výtahová šachta. Výtah je pouze osobní s nosností 400 kg s výtahovou strojovnou umístěnou na střeše objektu. V každém „vchodě“ se nachází 16 bytových jednotek celkem je tedy v budově 48 bytů. Z toho 39 bytů je 3+1, 8 bytů je 2+1 a 1 byt je 1+1.

Částečně pod terénem v umístěné suterénní podlaží (1.PP) slouží jako sklepní prostory a technické zázemí, je zde celkem 17 místností (např. sklady kol, kočárkárny, sušárny a sklepní boxy). Do prostoru sklepa se lze dostat jakýmkoliv ze tří schodišť po vstupu do objektu, ze sklepního prostoru nevedou dveře přímo do venkovního prostoru. Sklep je nevytápěný a jeho světlá výška činí 2,600 m. V tomto suterénním podlaží se nachází veškeré horizontální rozvody technického zařízení budovy.

V prvním nadzemním podlaží (1.NP) jsou na každém patře dva byty. Dále úklidová místnost a chodba spojující protilehlé vchody. Vstup do bytů je z prostoru schodiště přes vstupní plně dřevěné dveře s protipožární ocelovou vložkou. V dalším druhém až osmém nadzemním podlaží (2.NP - 8.NP) se nachází na každém patře dva byty a jedna lodžie. Tyto prostory jsou přístupné z přílehlé chodby se schodištěm a výtahem. Nejtypičtější byt o velikosti 3+1 má 7 místností (kuchyň, obývací pokoj, dětský pokoj, ložnice, chodba, koupelna a samostatné WC). Součástí bytu je také balkón umístěný na severozápadní straně přístupný pouze z bytu [Obr. B.4].

Bytový dům má centrální způsob vytápění a přípravy teplé vody, realizovanou objektovou předávací stanicí (OPS) umístěnou v 1.PP. V objektu není významné vzduchotechnické zařízení, pouze je provedeno centrální šachtové větrání koupelny, WC a oddělený odvod z kuchyně od digestoře. Vertikální vedení odvodu jsou na střeše zakončeny samotahovými hlavicemi Lomanco typ BIB14.



Obr. B.4 Jihozápadní pohled



Obr. B.5 Severozápadní pohled



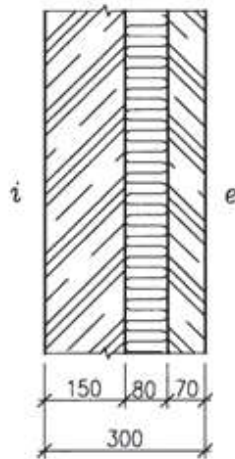
Obr. B.6 Severovýchodní pohled

B.2.2 Popis konstrukčního systému budovy

Budova je postavena v panelové technologii T06B-KDU. Jedná se o sendvičový železobetonový panelový systém. Tepelně technické vlastnosti konstrukcí byly stanoveny na základě údajů zveřejněných v literatuře vydané stavebně technickým ústavem [29].

B.2.2.1 Svislé nosné konstrukce a příčky

Obvodový plášť průčelní je tvořen sendvičovými panely tl. 340 mm (160 mm železobeton + 80 mm tepelná izolace + 100 mm železobeton) a meziokenními vložkami tvořenými sendvičovými panely tl. 300 mm (150 mm železobeton + 90 mm tepelná izolace + 60 mm železobeton). [Obr. B.7]



Obr. B.7 Ukázka sendvičové konstrukce meziokenní vložky [42]

Štítové panely a lodžiové stěny tl. 300 mm jsou stejného provedení jako meziokenní vložky. Štít budovy na severozápadní straně byl v roce 2002 dodatečně zateplen systémem ETICS s pěnovým polystyrenem tl. 60 mm.

Těsnění dilatačních spár mezi panely má již svá nejlepší léta dávno za sebou v některých místech do domu zatéká. [Obr. B.8]



Obr. B.8 Stav těsnění dilatačních spár panelů

Vnitřní dělicí konstrukce tl. 140 a 250 mm jsou taktéž v železobetonovém provedení, ale bez tepelné izolace.

B.2.2.2 Vodorovné nosné konstrukce

Stropní konstrukce jsou tvořeny železobetonovými plnými panely tl. 140 mm a opatřeny z vrchní strany tepelně-kročejevou izolací. Nad suterénem je použita tl. 50mm v ostatních patrech tl. 20mm.

Podlahy v obytných nadzemních podlažích jsou tvořeny betonovou mazaninou a našlápnou vrstvou z PVC, v některých místnostech opatřeny koberci. Podlahy ve sklepní části jsou železobetonové tl. 200 mm s tepelnou izolací tl. 50mm překrytou roznášecí vrstvou z betonu.

B.2.2.3 Střešní konstrukce

Budova je zastřešena klasickou plochou jednoplášťovou střechou. Tvořenou železobetonovou stropní konstrukcí se spádovou pískovou vrstvou. Původní tepelně-izolační vrstva tl. 100 mm, byla doplněna, v rámci opravy střechy v roce 2008, o další vrstvu tl. 100 mm. Hydroizolační souvrství je tvořeno natavenými asfaltovými pásy. [Obr. B.9]



Obr. B.9 Střešní konstrukce

B.2.2.4 Výplně otvorů

Okna jsou v objektu z převážné části již vyměněna za plastová, v bytech a na chodbách u lodžii proběhla hromadná výměna za 5-ti komorová okna s izolačními dvojskly. Sklepní okna jako jediná zůstala beze změny a jsou tvořena kovovým rámem s jednoduchým zasklením. Jejich špatný stav je vidět na obrázku [Obr. B.10].



Obr. B.10 Stávající výplně otvorů

Vstupní dveře do společného prostoru chodby a schodiště jsou taktéž vyměněny za 5-ti komorová hliníková se zasklením z izolačního dvojskla. Vstupní dveře do jednotlivých bytů jsou dřevěné plné v protipožárním provedení. Vnitřní interiérové dveře jsou dřevěné plné či zasklené jednoduchým sklem.



Obr. B.11 Vyměněné výplně otvorů

B.2.2.5 Součinitel prostupu tepla konstrukce a jeho hodnocení

Konstrukce obálky budovy jsou rozhodující pro výpočet tepelné ztráty objektu a stanovení spotřeby tepla na vytápění. Jejich tepelně technické vlastnosti jsou posuzovány dle ČSN 73 0540-2 [12]. Rozhodujícím parametrem je součinitel prostupu tepla a jeho výpočet byl proveden v souladu s ČSN 73 0540-4:2005 [13] a ČSN EN ISO 6946:2008 [14], hodnoty jsou uvedeny v tabulce [Tab. B.1].

VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ						STÁVAJÍCÍ STAV 2015			
KCE	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [(m ² .K)/W]	R _{SI} [(m ² .K)/W]	R _{SE} [(m ² .K)/W]	ΔU_{tbk} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]	U [W/(m ² .K)]
SCH 390	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,10	0,04	0,02	0,24	0,24
	ŽB panel	0,140	1,580	0,089					
	Spádová vrstva (písek)	0,050	0,950	0,053					
	TI - Pěnový polystyren	0,100	0,050	2,000					
	TI - Pěnový polystyren (EPS)	0,100	0,044	2,273					
	HI - Bitagit	0,010	0,210	0,048					
	střecha (390 mm)		$\Sigma R =$	4,473					
SO 340	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,10	0,30	0,61
	ŽB panel	0,160	1,580	0,101					
	TI - Pěnový polystyren	0,080	0,050	1,600					
	ŽB panel	0,100	1,580	0,063					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	obvodový plášť (340 mm)		$\Sigma R =$	1,788					
SO 300	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,10	0,30	0,57
	ŽB panel	0,150	1,580	0,095					
	TI - Pěnový polystyren	0,090	0,050	1,800					
	ŽB panel	0,060	1,580	0,038					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	obvodový plášť - meziokenní (300 mm)		$\Sigma R =$	1,956					
SO 300(S)	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,10	0,75	0,57
	ŽB panel	0,150	1,580	0,095					
	TI - Pěnový polystyren	0,090	0,050	1,800					
	ŽB panel	0,060	1,580	0,038					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	obvodový plášť - sklepy (300 mm)		$\Sigma R =$	1,956					

KCE	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [(m ² .K)/W]	R _{SI} [(m ² .K)/W]	R _{SE} [(m ² .K)/W]	ΔU_{tbk} [W/(m ² .K)]	U _{N,20} [W/(m ² .K)]	U [W/(m ² .K)]
SO 360(Š)	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,10	0,30	0,38
	ŽB panel	0,150	1,580	0,095					
	TI - Pěnový polystyren	0,090	0,050	1,800					
	ŽB panel	0,060	1,580	0,038					
	TI - Pěnový polystyren	0,060	0,040	1,500					
	Omítka minerální	0,005	0,520	0,010					
	obvodový plášť - štít (360 mm)		$\Sigma R=$	3,454					
SO 300(L)	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,10	0,30	0,75
	ŽB panel	0,140	1,580	0,089					
	TI - Pěnový polystyren	0,060	0,050	1,200					
	ŽB panel	0,100	1,580	0,063					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	obvodový plášť - lodžie (300 mm)		$\Sigma R=$	1,375					
SO 300(Z)	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,00	0,10	0,30	0,58
	ŽB panel	0,150	1,580	0,095					
	TI - Pěnový polystyren	0,090	0,050	1,800					
	ŽB panel	0,060	1,580	0,038					
	obvodový plášť pod povrchem (300 mm)		$\Sigma R=$	1,944					
SN 250	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,13	0,05	0,60	2,35
	ŽB panel	0,240	1,580	0,152					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	stěna vnitř. mezi chod. a sklep. (250mm)		$\Sigma R=$	0,175					
SN 140	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,13	0,05	0,60	2,74
	ŽB panel	0,140	1,580	0,089					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	stěna vnitř. mezi chod. a sklep. (140mm)		$\Sigma R=$	0,112					
PDL 200	Betonová mazanina	0,030	1,230	0,024	0,17	0,17	0,05	0,60	0,73
	TI - Pěnový polystyren	0,050	0,050	1,000					
	ŽB panel	0,150	1,580	0,095					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	podlaha mezi byty a sklepy (200 mm)		$\Sigma R=$	1,131					
STR 200	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,17	0,17	0,05	0,60	0,73
	TI - Pěnový polystyren	0,050	0,050	1,000					
	ŽB panel	0,140	1,580	0,089					
	Betonová mazanina	0,030	1,230	0,024					
	strop mezi chod. a stroj. výtahu (200 mm)		$\Sigma R=$	1,124					
PDL 300(Z)	Betonová mazanina	0,030	1,230	0,024	0,17	0,00	0,05	0,85	0,81
	TI - Pěnový polystyren	0,050	0,050	1,000					
	ŽB deska	0,200	1,580	0,127					
	podlaha na zemině (300 mm)		$\Sigma R=$	1,151					
KCE	Název							U _{N,20} [W/(m ² .K)]	U [W/(m ² .K)]
OJ2	Izolační dvojsklo + 5-ti komorový plastový rám tl. 80 mm						U _g = 1,1 W/(m ² .K)	1,50	1,30
	Okno jednoduché (chodby)						U _f = 1,5 W/(m ² .K)	VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2	
OJ3	Jednovrstvé dráto sklo + kovový ocelový rám						U _g = 5,7 W/(m ² .K)	3,50	5,90
	Okno jednoduché (sklepy)						U _f = 6,5 W/(m ² .K)	NEVYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2	
DO1	Izolační dvojsklo + 5-ti komorový plastový rám tl. 80 mm						U _g = 1,1 W/(m ² .K)	1,70	1,40
	Dveře vnější (chodby-lodžie)						U _f = 1,5 W/(m ² .K)	VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2	
DO2	Izolační dvojsklo + hliníkový rám (izolovaný) tl. 65 mm						U _g = 1,1 W/(m ² .K)	1,70	1,40
	Dveře vnější (chodby-vstup)						U _f = 1,7 W/(m ² .K)	VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2	
DN1	Vnitřní dveře dřevěné plné							3,50	2,50
	Dveře vnitřní (chodby, sklepy)							VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2	

Tab. B.1 Součinitel prostupu tepla konstrukce a jeho hodnocení

B.2.3 Popis systému TZB

B.2.3.1 Vytápění

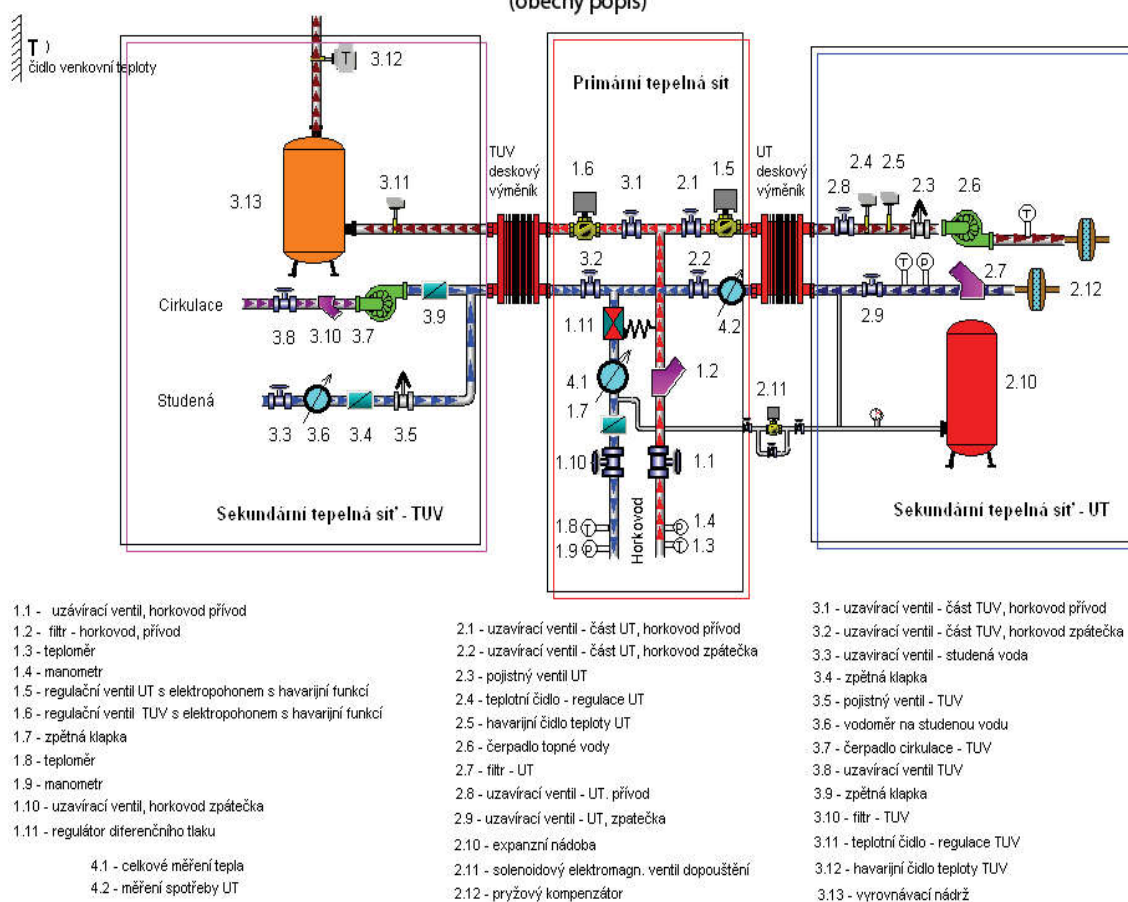
Bytový dům má centrální způsob vytápění realizovaný tlakově nezávislou horkovodní objektovou předávací stanicí (OPS) s ohřevem ÚT a TV o výkonu až 400 kW [Obr. B.12]. Obecný popis stanice viz. [Obr. B.13], podrobné schéma zapojení je přiloženo v příloze č.8. Stanice se nachází ve sklepních prostorech 1.PP na severovýchodní straně budovy. Dodavatelem tepla je firma Satt a.s. Dům je připojen podzemní přípojkou ze vzdálené plynové kotelny umístěné v areálu firmy ŽĐAS a.s. Přípojkou je dvoutrubkový horkovodní systémem s proměnným teplotním spádem v zimě 120/75 °C a v létě 75/40 °C, max. přetlak 1,6 MPa. Připojovací bod je opatřen uzavírací a měřicí armaturou.



Obr. B.12 Předávací stanice

Topný systém je řešen jako vertikální dvoutrubkový z ocelového potrubí. Hlavní rozvody ÚT o dimenzi DN70, s teplotním spádem 70/50 °C, jsou od předávací stanice vedeny ve sklepních prostorech pod stropem a uloženy na závěsech. Tyto dva horizontální rozvody jsou vedeny podél delší strany budovy, ale každý na jedné straně. Starší rozvody jsou opatřeny tepelnou izolací z minerální vlny o tl. 60mm chráněnou obalem z papíru a PVC fólie, novější rozvody v OPS jsou zaizolovány izolací Mirelon o tl. 40 mm. Na přechodu z hlavního horizontálního rozvodu do vertikálního stoupačického rozvodu je umístěn uzavírací kulový kohout a vyvažovací ventil na vratu. Před vyvažovacím ventilem je proveden zkrat pro vypouštění příslušné stoupačky, jak je vidět na obrázku [Obr. B.14], chybí zde tepelná izolace. Vertikální stoupačící rozvody jsou vedeny ve vytápěných bytových prostorech, proto nejsou tepelně zaizolovány. Soustava je osazena oběhovým čerpadlem Wilo top E50/1 s plynulou regulací s příkonem max. 390 W.

Horkovodní objektová předávací stanice (OPS) SATT a.s. (obecný popis)



Obr. B.13 Obecný popis (OPS) [43]



Obr. B.14 Horizontální rozvody ÚT a jejich napojení

Jako otopné plochy jsou použity v objektu použity litinová článková tělesa typu Kalor. Každé těleso je vybaveno přímým termostatickým ventilem s termostatickou hlavicí Heimeier a regulačním šroubením. Pro odečet je těleso opatřeno poměrovým měřičem tepla s rádiovým přenosem. Měřič je osazen dvěma teploměry s měřením teploty otopného tělesa a teploty v místnosti. Tím je zajištěno přesného měření spotřební hodnoty otopného tělesa a zabráněno měření spotřeby v letním období. Dalšími otopnými plochami jsou čtyři otopné registry v sušárnách v suterénu, připojeny přes kulový kohout umístěny na přívodním i vratném porubí. Spotřeba na těchto tělesech není sledována, rozúčtovávání se do společných nákladů.

B.2.3.2 Příprava teplé vody

Teplá voda je také připravována průtokovým ohřevem přes deskový výměník v objektové předávací stanici. Pro vyrovnání teplot a odkalení je stanice opatřena vyrovnávacím zásobníkem o objemu 100 l. Nádrž je dohřívána cirkulačním čerpadlem přes výměník a domovní cirkulační okruh [Obr. B.12, Obr. B.13] s cirkulačním čerpadlem Wilo star Z30 bez regulace s příkonem max. 150 W.

Rozvody TV a cirkulace TV od OPS jsou vedeny ve sklepních prostorech pod stropem a uloženy na závěsech. Pro jejich tepelnou izolaci je použit Mirelon o tl. 20 mm. Při průchodu těchto rozvodů pod stropem chodby jsou uloženy do plastového instalačního žlabu.

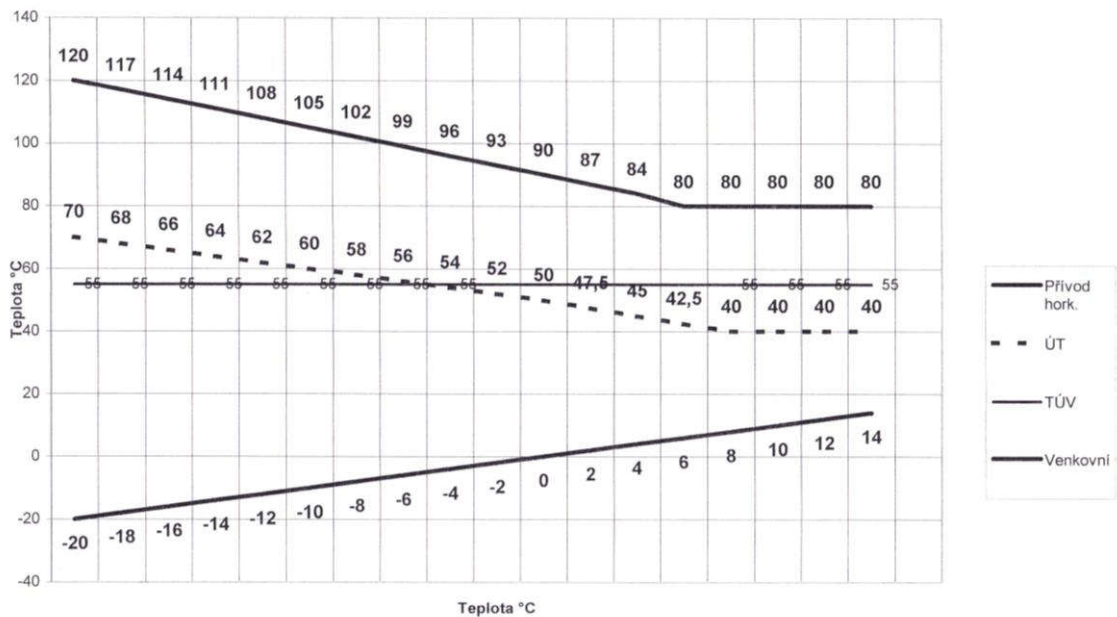
B.2.3.3 Systém Měření a Regulace

Na vratném potrubí primární tepelné sítě je umístěn ultrazvukový měřič tepla Siemens 2WR5 propojený s dvěma teplotními čidly (Pt 100) umístěnými v jímkách na přívodním a vratném potrubí [Obr. B.15]. Spotřeba tepla na ohřev otopné vody ÚT je měřena stejným zařízením. Z rozdílu těchto dvou měřičů tepla lze určit potřebu tepla na přípravu teplé vody. Spotřebované množství teplé vody je měřeno bytovými vodoměry.

Po regulaci teploty otopné vody ÚT a teploty TV je osazen digitální regulátor Metasys DX-9100, regulátor ovládá elektro dva ventily, dle čidel teploty. Regulace soustavy ÚT je ekvitermní, venkovní teplotní čidlo je umístěno na fasádě jihozápadní strany objektu. Regulátor je osazen v rozvaděčové skříni v prostoru výměníkové stanice [Obr. B.15]. Ekvitermní křivka použitá pro regulaci je na obrázku [Obr. B.16].



Obr. B.15 Měřící soustava tepla a rozvaděč s digitálním regulátorem



Obr. B.16 Ekvitermní křivka regulátoru

B.2.3.4 Větrání

V objektu není významné vzduchotechnické zařízení, pouze je provedeno centrální šachtové větrání koupelny, WC a oddělený odvod z kuchyně od digestoře. Vertikální vedení odvodu jsou na střeše zakončeny samotahovými hlavicemi Lomanco typ BIB14. [Obr. B.17]



Obr. B.17 Větrání objektu nad střechu

B.2.3.5 Chlazení

V řešeném objektu není využito.

B.2.3.6 Úprava vlhkosti

V řešeném objektu není využita.

B.2.3.7 Osvětlení

Osvětlení v obytných prostorech je realizováno klasickými žárovkami v kombinaci s úspornými zářivkami ve starším i novém provedení a je ovládáno ručně. Společné prostory chodeb a suterénu jsou osvětleny klasickými žárovkami rovněž s ručním ovládaným. Elektrické rozvody jsou vedeny ve stěnách a podlahách dvoužilovým TN rozvodem hliníkovými vodiči. Optický systém svítidel je vyhovující, poskytuje dostatečnou intenzitu osvětlení pro požadovanou činnost.

B.2.3.8 Jine významné spotřebiče energie

V objektu jsou celkem 3 výtahy poháněné elektromotory s celkovým příkonem 9 kW umístěné na střeše objektu ve strojovně výtahu. Bytové prostory jsou vybaveny bílou technikou (pračka, myčka, lednička) a dalšími klasickými domácími spotřebiči.

B.2.4 Přehled historie spotřeb energií

SPOTŘEBY A FAKTURACE ENERGIÍ					STÁVAJÍCÍ STAV 2015	
Rok	Teplota pro vytápění		Teplota pro ohřev teplé vody		Elektrická energie společné prostory	
	[GJ]	[Kč]	[GJ]	[Kč]	[kWh]	[Kč]
2014	843,5	335 428,9	405,0	169 074,7	7 578,7	30 573,0
2013	1 004,2	449 514,1	397,6	174 725,8	8 501,1	46 756,1
2012	970,2	438 012,1	387,8	114 605,5	8 608,0	47 044,9
2011	952,1	393 708,4	442,0	177 210,4	9 277,0	52 507,2
Průměr	942,5	404 165,9	408,1	158 904,1	8 491,2	44 220,3

Tab. B.2 Tabulka spotřeb tepla a elektrické energie

B.3 Hodnocení výchozího stavu

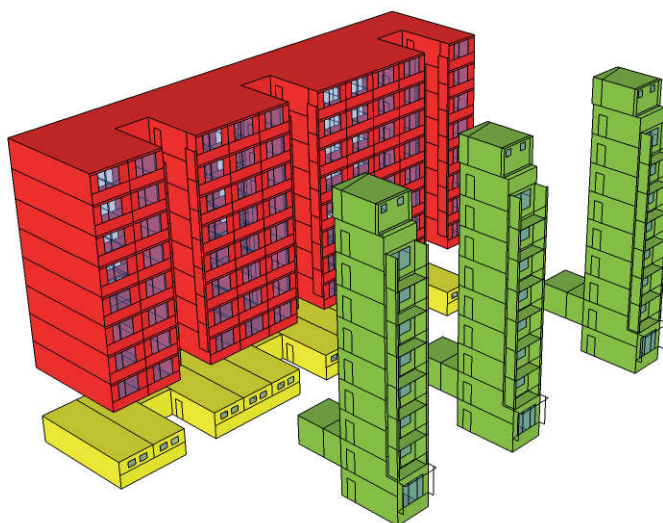
Pro potřebu energetického posudku je nutné zpracovat model výchozího stavu energetického hospodářství, který bude vztažen k průměrným klimatickým datům (účetní doklady odráží spotřeby energie pro konkrétní klimatická data jednotlivých období). Dále je nutné stanovit standardní profil užívání (dosahované vnitřní teploty, provoz objektu, vnitřní tepelné zisky atd.). Údaje v účetních dokladech mohou být zatíženy odchylkami, které nesouvisí s typickým nebo plánovaným způsobem užívání. Uvedené energetické vstupy budou brány jako výchozí pro další výpočty v posudku a zejména pro modelování přínosů úsporných opatření. Tabulka [Tab. B.4] zobrazuje všechny energetické vstupy do budovy.

B.3.1 Rozdělení objektu pro výpočet spotřeby energií

V souladu s příslušnou legislativou a technickými normami byl vytvořen výpočtový model energetické náročnosti. Model bytového domu byl z hlediska energetického hodnocení rozdělen na 3 zóny [Tab. B.3, Obr. B.18]. Důvodem zvolení vícezónového výpočtu jsou rozdílné okrajové, budova obsahuje objemově významné prostory, které mají výrazně odlišnou návrhovou vnitřní teplotu v °C. Návrhové teploty pro jednotlivé místnosti byly zvoleny dle ČSN EN 12 831 [11]. Zóna sklepních a technických prostor byla uvažována jako nevytápěný prostor a do výpočtu byla zahrnuta pouze z důvodu hodnocení spotřeby elektrické energie na osvětlení. Veškeré výpočty spotřeb energií a tepelných toků byly vypočteny pomocí programu Energie 2015 (K-DATA) a jsou doloženy v přílohách č.1 až č.3.

ZÓNY BUDOVY								
Název zóny	Návrhová teplota	Vytápění	Chlazení	Teplá voda	Nucené větrání	Úprava vlhkosti	Osvětlení	Spotřebiče
Bytové prostory	20 °C	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano
Komunikační prostory	15 °C	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne
Sklepní a technické prostory	-	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne

Tab. B.3 Zónování budovy



Obr. B.18 Rozdělení objektu do zón

B.3.2 Výpočtový model energetické náročnosti

Pro přesné odečítání ploch jednotlivých konstrukcí a názornou ukázkou byl vytvořen grafický 3D model v programu SketchUP, který byl vymodelován podle výkresové dokumentace přiložené v Příloze č.7 [Obr. B.19].



Obr. B.19 Výpočtový model původního stavu a jeho umístění v zástavbě



Obr. B.20 Jižní pohled na zónování



Obr. B.21 Západní pohled na zónování



Obr. B.22 Severní pohled na zónování

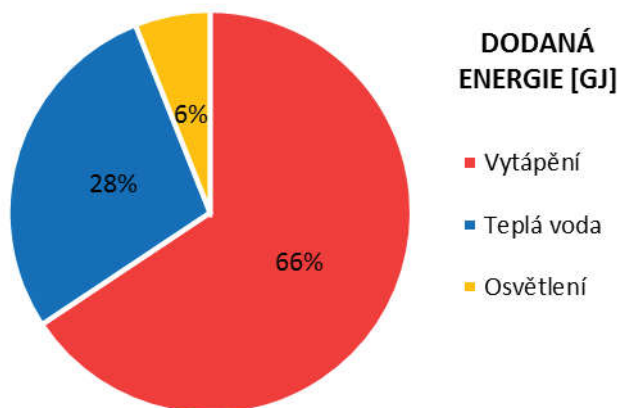
B.3.3 Energetická bilance

Z výsledků vyplývá, že největší část spotřeby energie tvoří teplo na vytápění, další významnou složkou je energie pro přípravu teplé vody. Teplá voda je primárně využita u první bytové zóny, v ostatních zónách netvoří spotřeba energie pro přípravu teplé vody nijak zásadní podíl. Spotřeba elektrické energie na osvětlení byla uvažována pouze v zónách dvě a tři. Z této bilance vyplývá, kde jsou možné navrhnout vhodná energetická opatření. Tabulka [Tab. B.4] zobrazuje všechny energetické vstupy do budovy.

CELKOVÁ ENERGIE DODANÁ DO BUDOVY			STÁVAJÍCÍ STAV 2015	
Ukazatel energetické náročnosti	Celková roční dodaná energie za rok			Náklady
	[GJ]	[MWh]	[kWh/m ²]	[tis. Kč]
Vytápění	942,48	261,80	62	395,84
Chlazení	-	-	-	-
Větrání	-	-	-	-
Úprava vlhkosti	-	-	-	-
Teplá voda	406,25	112,85	27	170,63
Osvětlení	86,58	24,05	6	60,13
Celkem	1435,31	398,70	95	626,59

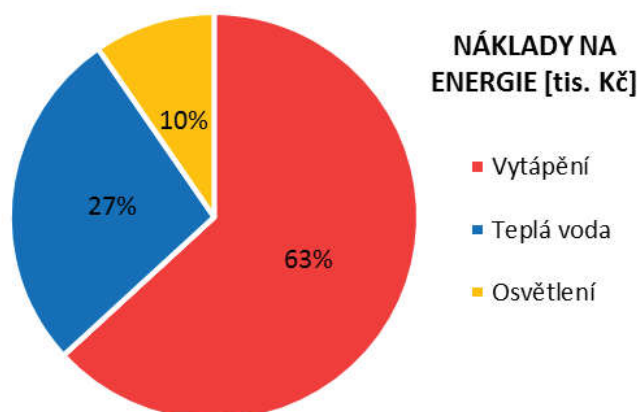
Tab. B.4 Celková energie dodaná do budovy

Graf na [Obr. B.23] vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl a tím zároveň významnost jednotlivých spotřeb z pohledu dodané energie bez ohledu na jednotkovou cenu jednotlivých paliv:



Obr. B.23 Graf dodané energie

Graf na [Obr. B.24] vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl a tím zároveň významnost jednotlivých spotřeb z pohledu nákladů na energie:



Obr. B.24 Graf nákladů za energie

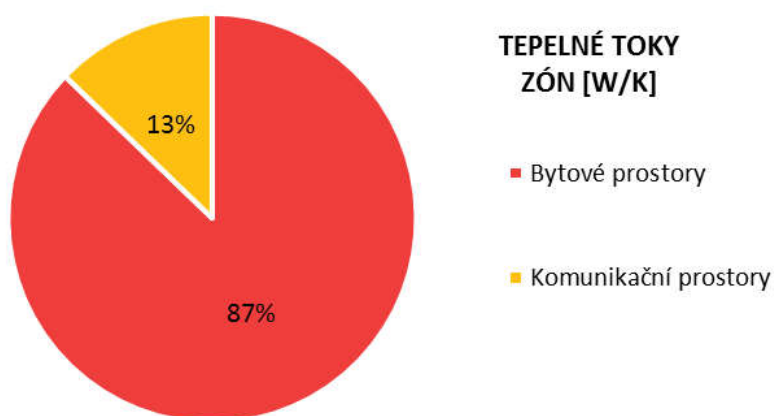
B.3.4 Dílčí tepelné toky jednotlivých zón a objektu

V následující tabulce [Tab. B.5] je zobrazen podíl jednotlivých tepelných toků do exteriéru a mezi zónami a dále jejich tepelné ztráty.

ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH TOKŮ A ZTRÁT							STÁVAJÍCÍ STAV 2015	
Název zóny	Měrný tepelný tok [W/K]						Tepelná ztráta	
	Prostupem do exteriéru	Tepelnými vazbami	Větráním	Zeminou	Nevytápanými prostory	Celkový	Δt [°C]	[kW]
Bytové prostory	1884,11	176,45	816,52	-	340,3	3217,38	35,0	112,61
Komunikační prostory	369,82	28,97	51,87	22,178	-	472,84	30,0	14,19
Celkem	2253,93	205,42	868,39	22,18	340,30	3690,22	-	126,79

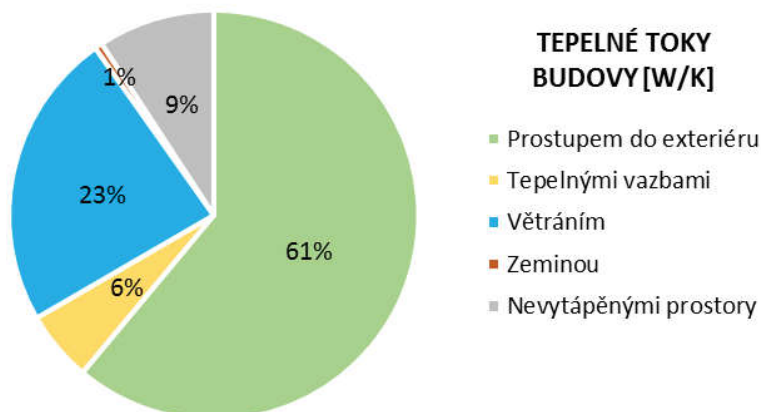
Tab. B.5 Rozdělení tepelných toků a ztrát

Graf na [Obr. B.25] vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl tepelných toků jednotlivých zón v budově:



Obr. B.25 Tepelné toky zón

Graf na [Obr. B.26] vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl tepelných toků v budově:



Obr. B.26 Tepelné toky budovy

B.3.5 Celkové hodnocení energetické náročnosti budovy

- | | |
|---|--|
| • Celková roční dodaná energie | 1435 GJ |
| • Měrná spotřeba energie | 94 kWh/(m ² · rok) |
| • Tepelná ztráta objektu | $Q_{ZTR} = 127 \text{ kW}$ |
| • Průměrný součinitel prostupu tepla | $U_{em} = 0,68 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ |
| • Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla | $U_{em,N,20} = 0,55 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ |
| • Energetický ukazatel obálky budovy | D – Nevyhovující |

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy nesplňuje požadavky normy ČSN 73 05 40 - 2:2011, jednotlivé konstrukce nesplňují požadované součinitele prostupu tepla.

Potenciál energetických úspor objektu spočívá především ve zlepšení izolačních schopností konstrukci ohraničujících vytápěné prostory, čímž lze předpokládat, že dojde k významné úspoře energie. Potenciál energetických opatření je také v alternativních zdrojích tepla, například solárních termických systémů pro přípravu teplé vody.

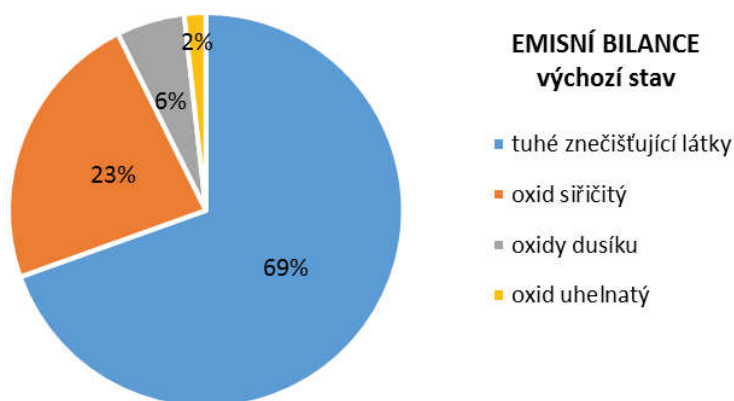
B.3.6 Bilance znečišťujících látek – výchozí stav

Vyhláška č. 480/2012 Sb. [4] požaduje hodnocení navržených variant opatření z pohledu množství znečišťujících látek. Pro tento účel byl kalkulován výchozí stav dle metodiky popsané dále. Tento stav, který je vidět v tabulce [Tab. B.6], bude brán jako výchozí pro stanovení úspory emisí navržených variant.

EMISNÍ BILANCE				STÁVAJÍCÍ STAV 2015	
Bilance znečišťujících látek celkem					
TZL	tuhé znečišťující látky			0,1305	[t]
SO ₂	oxid siřičitý			0,0435	[t]
NO _x	oxidy dusíku			0,1402	[t]
CO	oxid uhelnatý			0,0139	[t]
CO ₂	oxid uhličitý			105,6484	[t]
Bilance znečišťujících látek dle energonositelů					
ELEKTRICKÁ ENERGIE		roční spotřeba energie:		26,71	[MWh/rok]
Vypočteno pro palivový mix:					
5,1%	zemní plyn	tuhé znečišťující látky	TZL	0,1297	[t]
0,0%	černé uhlí a koks	oxid siřičitý	SO ₂	0,0431	[t]
54,0%	ostatní tuhá paliva	oxidy dusíku	NO _x	0,0104	[t]
34,6%	jádro	oxid uhelnatý	CO	0,0033	[t]
6,3%	OZE	oxid uhličitý	CO ₂	31,2507	[t]
0,0%	jiná paliva				
TEPLO		roční spotřeba tepla:		371,99	[MWh/rok]
Vypočteno pro palivový mix:					
0,0%	černé uhlí a koks	tuhé znečišťující látky	TZL	0,0008	[t]
100,0%	zemní plyn	oxid siřičitý	SO ₂	0,0004	[t]
0,0%	OZE	oxidy dusíku	NO _x	0,1298	[t]
0,0%	topné oleje	oxid uhelnatý	CO	0,0106	[t]
0,0%	jiná paliva	oxid uhličitý	CO ₂	74,3977	[t]

Tab. B.6 Emisní bilance výchozího stavu

Graf na obrázku [Obr. B.27] vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl a tím zároveň významnost jednotlivých znečišťujících látek na celkové emisní bilanci. Oxid uhličitý není v grafu znázorněn:



Obr. B.27 Graf emisní bilance výchozího stavu

B.4 Návrh energeticky úsporných opatření

V této kapitole budou popsána jednotlivá opatření, jejich možné přínosy a výpočty sloužící k posouzení jednotlivých variant. Uvažované ceny při výpočtech návratnosti jsou uváděny vč. DPH a vycházejí z běžně uváděných cen dostupných na internetu. Každá položka nebo jednotka je kalkulována včetně práce.

Průměrná cena za GJ tepla na vytápění a přípravu teplé vody byla uvažovaná částkou 420 Kč (116,7 Kč/MWh). Cena elektrické energie na osvětlení a provoz elektrických zařízení ve společných prostorech byla uvažována 2500 Kč/MWh.

B.4.1 Ekonomické hodnocení opatření

Metoda pro ekonomické hodnocení v energetickém auditu je striktně dána zákonem č. 406/2000 Sb. Níže uvedené vztahy jsou v Příloze č. 5 k vyhl. č. 480/2012 Sb [4].

Základními parametry používanými vyhl. č. 480/2012 Sb. jsou:

- 1) prostá doba návratnosti,
- 2) reálná doba návratnosti,
- 3) čistá současná hodnota NPV (z anglického Net Present Value),
- 4) vnitřní výnosové procento IRR (z anglického Internal Rate of Return).

Výpočet **prosté doby návratnosti** se vypočítá ze vztahu [B.4.1]:

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad [B.4.1]$$

IN jsou investiční výdaje projektu
 CF roční přínosy projektu (cash-flow, změna peněžních toků)

Reálná doba návratnosti při uvažování diskontní sazby T_{sd} se vypočte z podmínky z rovnice [B.4.2]:

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t (1+r)^{-t} - IN = 0 \quad [B.4.2]$$

CF_t roční přínosy projektu
 r diskont
 $(1+r)^{-t}$ odúročitel

Čistá současná hodnota (NPV) se vypočítá ze vztahu [B.4.3]:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t (1+r)^{-t} - IN \quad [B.4.3]$$

T_z doba životnosti (hodnocení) projektu

Vnitřní výnosové procento (IRR) se vypočítá ze vztahu [B.4.4]:

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t(1 + IRR)^{-t} - IN = 0 \quad [B.4.4]$$

CF_t	<i>roční přínosy projektu</i>
r	<i>diskont</i>
$(1 + r)^{-t}$	<i>odúročitel</i>

B.4.2 Ekologické hodnocení opatření

Znečišťující látky dle vyhl. č. 480/2012 Sb., uvádí rozsah a způsob hodnocení navrhovaných opatření z hlediska dopadu na životní prostředí. V Příloze č. 6 vyhl. je uvedena metodika a výčet znečišťujících látek, které mají být zahrnuty do hodnocení - tuhé látky (TZL), oxid siřičitý SO₂, oxidy dusíku NO_x, oxid uhelnatý CO a oxid uhličitý CO₂.

Emisní faktory pro CO₂

Emise CO₂ nejsou řešeny zákonem o ochraně ovzduší, který neřeší globální dopady, ale jsou uvedeny přímo v Příloze č. 6 k vyhl. č. 480/2012 Sb. Emisní faktory uvádí množství uhlíku, respektive oxidu uhličitého, připadajícího na jednotku energie ve spalovaném palivu (tuny CO₂/MWh výhřevnosti paliva). Tyto hodnoty jsou dány buď obecně, nebo je pro fosilní paliva lze dopočítat s využitím hmotnosti spáleného paliva a jeho výhřevnosti.

Emisní faktory pro ostatní znečišťující látky

Vyhláška umožňuje více variant stanovení množství znečišťujících látek:

- **využití naměřených hodnot** tam, kde je měření znečišťujících látek instalováno;
- **využití tabulkových hodnot** emisních faktorů uvedenou v zákoně č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší;
- **stanovení hodnot energetickým specialistou** výpočtem ve spolupráci se specialistou v oblasti ochrany ovzduší.

Pro účely tohoto energetického posudku nebyly k dispozici potřebná naměřená data. Tabulkových emisních faktorů nebylo možné využít, protože v případě elektrické energie a dálkového tepla výrobce zpravidla kombinuje pro výrobu elektřiny a tepla více paliv. Je proto nutné vycházet z tzv. palivového mixu – podílu jednotlivých složek na celkové produkci energie, který je získán přímo od výrobce energie. V případě elektrické energie byl stanoven podíl jednotlivých složek z Roční zprávy o provozu elektrizační soustavy ČR za rok 2014, pro dálkové teplo byly použity hodnoty od místního výrobce tepla.

B.4.3 Zlepšení tepelně technických vlastností budovy

B.4.3.1 Zateplení svislých obvodových konstrukcí

Popis opatření

Zateplení je nejvhodnější úprava obvodového pláště při opravě panelového domu, protože spojuje několik funkcí důležitých pro funkci a životnost domu: chrání stavební konstrukci, snižuje tepelné ztráty, zlepšuje mikroklima v bytech, zlepšuje architektonický vzhled, prodlužuje životnost domu. Vzhledem k četným spojům panelů vyskytujících se na obvodovém plášti, dojde k odstranění výrazných tepelných vazeb.

Zateplení stěny kontaktním způsobem patří mezi tradiční způsoby zaizolování stěn, běžně realizováno pomocí dodatečné aplikace tepelné izolace a souvrství s ochranou funkcí. Vhodné je použití pěnového polystyrenu EPS. Pevné izolační desky se lepí na obvodovou stěnu, mechanicky se kotví a dále pak omítají tenkovrstvou probarvenou omítkou. Variantně, při nutnosti s ohledem na požární bezpečnost, lze použít minerální vlnu.

Pro správný návrh zateplovacího systému musí být zpracovány:

- tepelně technické posouzení objektu a návrh tloušťky izolace v souladu s ČSN 73 0540,
- statické posouzení – posouzení pro návrh kotvení ETICS příp. lepení k podkladu,
- požárně bezpečnostní řešení – posouzení hořlavosti materiálů s ohledem na jejich umístění dle ČSN 73 0810 a ČSN 73 0834.

Specifika řešení

Zatepleny budou všechny vnější obvodové svislé konstrukce včetně již zatepleného štítu domu. Zateplení obvodových stěn je navrženo pomocí kontaktního zateplovacího systému pěnovým polystyrenem EPS 70 F ($\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Vzhledem k tomu, že průčelní panelové stěny mají tloušťku vyšší než meziokenní panely, bude použita taková tloušťka polystyrenu, aby došlo k vyrovnání ploch fasády. Pro požární pásy musí být použit nehořlavý materiál, kterým je minerální vlna. Suterénní stěny budou taktéž zaizolovány, ale pouze po úroveň terénu, do výšky 600 mm nad terén bude použit EPS Perimetr. Ostatní vystupující konstrukce budou zatepleny EPS tl. 50 mm, pro ostění, nadpraží a parapety bude použit EPS tl. 30 mm. Celý kontaktní systém bude kotven pomocí plastových hmoždinek, které musí být zavrtávány bez přiklepu. Před dodatečným doizolováním štítové stěny musí být provedeno statické posouzení soudržnosti stávajících vrstev. Povrch bude opatřen silikátovou omítkou, která zajistí ochranu proti povětrnostním vlivům, tvorbě plísní a růstu mechů. Tento systém souvrství musí být certifikován výrobcem.

Vhodným doplňujícím opatřením je odkopání spodní stavby po základovou spáru a provedení dodatečné svislé hydroizolace zdiva a následné doizolování tepelnou izolací EPS Perimetr. S tímto opatřením není uvažováno.

Dopad na parametry výchozího stavu modelu

V důsledku opatření dochází k úpravám parametrů v modelu výchozího stavu [Obr. B.28]. Červeně jsou označeny nově přidávané vrstvy konstrukcí [Tab. B.7]:

VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA DOTČENÝCH KONSTRUKCÍ									
KCE	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [(m ² .K)/W]	R _{Si} [(m ² .K)/W]	R _{SE} [(m ² .K)/W]	ΔU_{tbk} [W/(m ² .K)]	0,9.U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U [W/(m ² .K)]
SO 340	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,02	0,23	0,18
	ŽB panel	0,160	1,580	0,101					
	TI - Pěnový polystyren	0,080	0,050	1,600					
	ŽB panel	0,100	1,580	0,063					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	TI - Pěnový polystyren EPS	0,160	0,039	4,103					
	Omítka silikon-silikátová	0,005	0,750	0,007					
obvodový plášť (340 mm)			$\Sigma R=$	5,897	$\Sigma R_T=$	6,07	VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2		
SO 300	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,02	0,23	0,16
	ŽB panel	0,150	1,580	0,095					
	TI - Pěnový polystyren	0,090	0,050	1,800					
	ŽB panel	0,060	1,580	0,038					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	TI - Pěnový polystyren EPS	0,200	0,039	5,128					
	Omítka silikon-silikátová	0,005	0,750	0,007					
obvodový plášť - meziokenní (300 mm)			$\Sigma R=$	7,091	$\Sigma R_T=$	7,26	VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2		
SO 300 (S)	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,02	0,45	0,23
	ŽB panel	0,150	1,580	0,095					
	TI - Pěnový polystyren	0,090	0,050	1,800					
	ŽB panel	0,060	1,580	0,038					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	TI - Pěnový polystyren EPS	0,100	0,039	2,564					
	Omítka silikon-silikátová	0,005	0,750	0,007					
obvodový plášť - sklepy (300 mm)			$\Sigma R=$	4,527	$\Sigma R_T=$	4,70	VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2		
SO 360(Š)	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,02	0,23	0,18
	ŽB panel	0,150	1,580	0,095					
	TI - Pěnový polystyren	0,090	0,050	1,800					
	ŽB panel	0,060	1,580	0,038					
	TI - Pěnový polystyren	0,060	0,040	1,500					
	Omítka minerální	0,005	0,520	0,010					
	TI - Pěnový polystyren EPS	0,100	0,039	2,564					
	Omítka silikon-silikátová	0,005	0,750	0,007					
obvodový plášť - štíty (360 mm)			$\Sigma R=$	6,025	$\Sigma R_T=$	6,20	VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2		
SO(L) 300	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,13	0,04	0,02	0,23	0,20
	ŽB panel	0,140	1,580	0,089					
	TI - Pěnový polystyren	0,060	0,050	1,200					
	ŽB panel	0,100	1,580	0,063					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	TI - Pěnový polystyren EPS	0,160	0,039	4,103					
	Omítka silikon-silikátová	0,005	0,750	0,007					
obvodový plášť - lodžie (300 mm)			$\Sigma R=$	5,484	$\Sigma R_T=$	5,66	VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2		

Tab. B.7 Tabulka s upravenými obvodovými konstrukcemi

Investiční náklady na opatření

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA OPATŘENÍ		ZATEPLENÍ SVISLÝCH OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ			
Ozn.	Název položky	Množství	Jednotky	Cena MJ	Celkem Kč s DPH
SO 340	Obvodový plášť	765	m ²	1 145 Kč	875 478 Kč
SO 300	Obvodový plášť - meziokenní	586	m ²	1 186 Kč	694 984 Kč
SO 300 (S)	Obvodový plášť - sklepy	98	m ²	1 130 Kč	110 401 Kč
SO 300 (Š)	Obvodový plášť - štíty	121	m ²	1 083 Kč	130 610 Kč
SO 300 (L)	Obvodový plášť - lodžie	138	m ²	1 145 Kč	157 552 Kč
Celkem investiční náklady na opatření s DPH					1 969 025 Kč

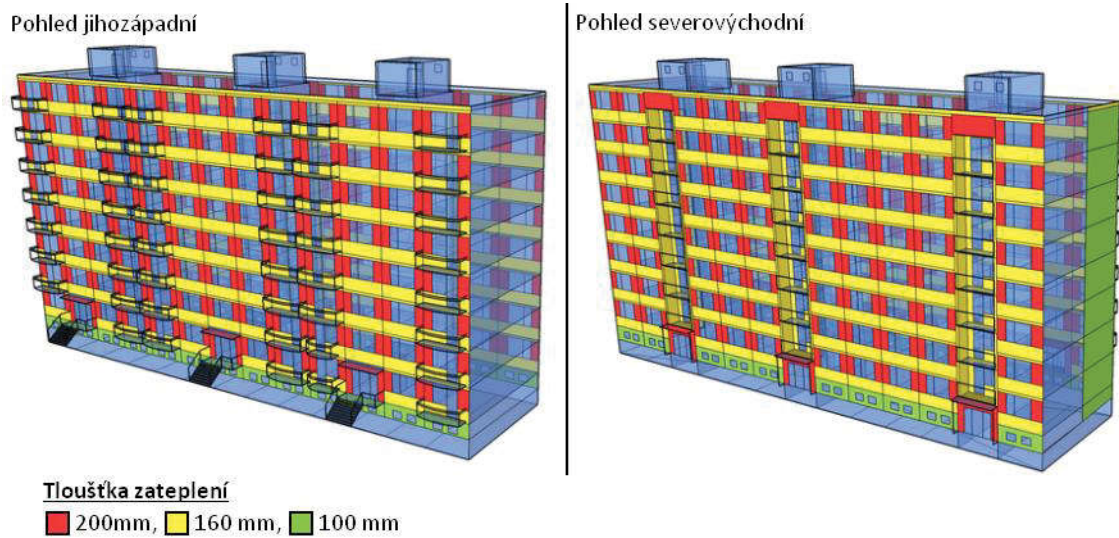
Tab. B.8 Investiční náklady na první opatření

Přínosy opatření

U opatření je stanovena pouze prostá návratnost, protože se nepočítá s jeho samostatnou realizací. Celková kalkulace přínosů je provedena dále v kombinaci s ostatními opatřeními v rámci hodnocení variant.

PŘÍNOSY OPATŘENÍ			ZATEPLENÍ SVISLÝCH OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ			
Spotřeba tepla [GJ/rok]			Finanční toky [kč]			Prostá doba návratnosti [roky]
Původní stav	Nový stav	Úspora	Cena za GJ	Úspora za rok	Náklady	
942,9	639,8	303,0	420	127 278	1 969 025	15,5

Tab. B.9 Prostá doba návratnosti prvního opatření



Obr. B.28 Zobrazení dotčených konstrukcí prvního opatření

B.4.3.2 Zateplení vodorovných konstrukcí

Popis opatření

Zateplení stropů omezí tepelné ztráty konstrukce a zároveň zvýší jejich povrchovou teplotu ze strany podlah. Je běžně realizováno pomocí dodatečné aplikace tepelné izolace a souvrství s ochrannou funkcí. Vhodné je použití pěnového polystyrenu EPS. Pevné izolační desky se lepí na spodní stranu stropní konstrukce, mechanicky se kotví a dále pak omítají standartní omítkou z důvodu vyšší požární odolnosti. Variantně, při nutnosti s ohledem na požární bezpečnost, lze použít minerální vlnu.

Pro správný návrh zateplovacího systému musí být zpracovány:

- tepelně technické posouzení objektu a návrh tloušťky izolace v souladu s ČSN 73 0540,
- statické posouzení – posouzení pro návrh kotvení ETICS příp. lepení k podkladu,
- požárně bezpečnostní řešení – posouzení hořlavosti materiálů s ohledem na jejich umístění dle ČSN 73 0810 a ČSN 73 0834.

Specifika řešení

Zateplena bude stropní konstrukce ze spodní strany, která tvoří rozhraní mezi suterénem a byty. Zateplení je navrženo pomocí kontaktního zateplovacího systému pěnovým polystyrenem EPS 70 S ($\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Celý kontaktní systém bude kotven pomocí plastových hmoždinek a povrch bude opatřen vápennou omítkou, která zajistí mechanickou ochranu.

Zateplení stropní konstrukce mezi chodbou a strojovnou výtahu bude provedeno ze spodní strany pomocí kontaktního zateplovacího systému s deskami z minerální vlny MW ($\lambda = 0,041 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Chodba je brána jako chráněná úniková cesta, proto musí být použita tepelná izolace z minerální vlny. Celý kontaktní systém bude kotven pomocí plastových hmoždinek a povrch bude opatřen vápennou omítkou, která zajistí mechanickou ochranu.

Dopad na parametry výchozího stavu modelu

V důsledku opatření dochází k úpravám parametrů v modelu výchozího stavu [Obr. B.29].

Červeně jsou označeny nově přidávané vrstvy konstrukcí [Tab. B.10]:

VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA DOTČENÝCH KONSTRUKCÍ									
KCE	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [(m ² .K)/W]	R _{SI} [(m ² .K)/W]	R _{SE} [(m ² .K)/W]	ΔU_{tbk} [W/(m ² .K)]	0,9.U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U [W/(m ² .K)]
PDL 200	Betonová mazanina	0,030	1,230	0,024	0,17	0,17	0,02	0,36	0,27
	TI - Pěnový polystyren	0,050	0,050	1,000					
	ŽB panel	0,150	1,580	0,095					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	TI - Pěnový polystyren EPS	0,100	0,039	2,564					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	podlaha mezi byty a sklepy (200 mm)		$\Sigma R =$	3,706					

KCE	Materiál	d [m]	λ [W/(m.K)]	R [(m ² .K)/W]	R _{SI} [(m ² .K)/W]	R _{SE} [(m ² .K)/W]	ΔU_{tbk} [W/(m ² .K)]	0,9.U _{rec,20} [W/(m ² .K)]	U [W/(m ² .K)]
STR 200	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011	0,17	0,17	0,02	0,36	0,28
	TI - Pěnový polystyren	0,050	0,050	1,000					
	ŽB panel	0,140	1,580	0,089					
	Betonová mazanina	0,030	1,230	0,024					
	TI - Minerální vlna MW	0,100	0,041	2,439					
	Omítka vápenná	0,010	0,870	0,011					
	strop mezi chod. a stroj. výtahu (200 mm)		$\Sigma R =$	3,575					

Tab. B.10 Tabulka s upravenými stropními konstrukcemi

Investiční náklady na opatření

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA OPATŘENÍ			ZATEPLENÍ STROPNÍCH KONSTRUKCÍ		
Ozn.	Název položky	Množství	Jednotky	Cena MJ	Celkem Kč s DPH
PDL 170	Strop mezi sklepy a byty	460	m ²	733 Kč	337 253 Kč
STR 200	Strop mezi chodbou a stroj. výtahu	42	m ³	770 Kč	32 340 Kč
Celkem investiční náklady na opatření s DPH					369 593 Kč

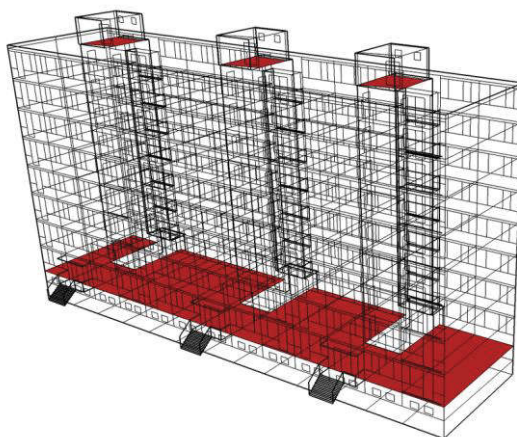
Tab. B.11 Investiční náklady na druhé opatření.

Přínosy opatření

U opatření je stanovena pouze prostá návratnost, protože se nepočítá s jeho samostatnou realizací. Celková kalkulace přínosů je provedena dále v kombinaci s ostatními opatřeními v rámci hodnocení variant.

PŘÍNOSY OPATŘENÍ			ZATEPLENÍ STROPNÍCH KONSTRUKCÍ			
Spotřeba tepla [GJ/rok]			Finanční toky [kč]			Prostá doba návratnosti [roky]
Původní stav	Nový stav	Úspora	Cena za GJ	Úspora za rok	Náklady	
942,5	881,6	60,8	420	25 553	369 593	14,5

Tab. B.12 Prostá doba návratnosti druhého opatření



Obr. B.29 Zobrazení dotčených konstrukcí druhého opatření

B.4.3.3 Výměna suterénních oken

Popis opatření

V budově došlo k postupné výměně oken za plastová, v zóně sklepů a technické vybavenosti zůstaly bez změny. Původní okna jsou ocelová s jednoduchým zasklením drátosklem. Součinitel prostupu tepla neodpovídá požadovaným hodnotám normy. Několik oken nelze uzavřít a má popraskaná skla, díky tomu dochází ke zvýšené výměně vzduchu v této zóně. Ochranný nátěr rámu je poškozen a dochází k jejich korozi. Od opatření se nedá očekávat vysoká úspora energie, ale vzhledem ke špatnému stavu oken je nutné provést výměnu, při celkové revitalizaci obvodového pláště.

Pro správný návrh výplně otvoru musí být zpracovány:

- tepelně technické posouzení výplně otvoru v souladu s ČSN 73 0540,
- požárně bezpečnostní řešení – posouzení hořlavosti materiálů s ohledem na jejich umístění dle ČSN 73 0810 a ČSN 73 0834.

Specifika řešení

Vyměněna budou veškerá stará ocelová okna, která jsou osazena v zóně sklepních a technických prostor, za nová plastová 5-ti komorová s výplní z izolačního dvojskla ($U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) s neprůhledným vzorem. V současnosti jsou všechna okna výklopná, nyní bude po dvojici vždy jedno výklopné a druhé fixní.

Dopad na parametry výchozího stavu modelu

V důsledku opatření dochází k úpravám parametrů v modelu výchozího stavu [Obr. B.30]. Dochází ke snížení součinitele prostupu tepla oken a snížení intenzity výměny vzduchu v zóně o 40 %.

VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA DOTČENÝCH KONSTRUKCÍ				
KCE	Název		$0,9 \cdot U_{rec,20}$ [W/(m ² ·K)]	U [W/(m ² ·K)]
OJ3	Izolační dvojsklo + 5-ti komorový plastový rám tl. 80 mm	$U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	2,07	1,30
	Okno jednoduché (sklepy)	$U_f = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	VYHOVUJE dle ČSN 73 0540-2	

Tab. B.13 Tabulka s novými parametry oken

Investiční náklady na opatření

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA OPATŘENÍ			VÝMĚNA SUTERÉNNÍCH OKEN		
Ozn.	Název položky	Množství	Jednotky	Cena MJ	Celkem Kč s DPH
OJ2	Okno plast. výklopné 800x600 mm	23	ks	3 562 Kč	81 926 Kč
OJ2	Okno plast. fixní 800x600 mm	23	ks	2 953 Kč	67 919 Kč
Celkem investiční náklady na opatření s DPH					149 845 Kč

Tab. B.14 Investiční náklady na třetí opatření.

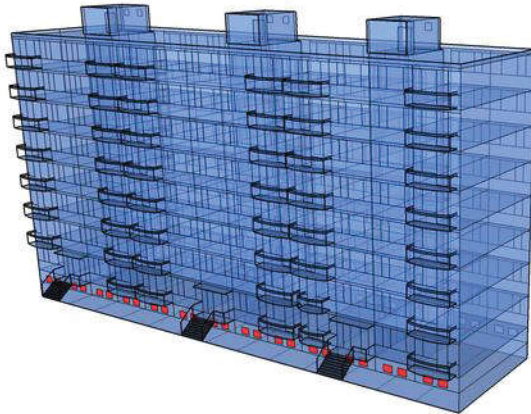
Přínosy opatření

U opatření je stanovena pouze prostá návratnost, protože se nepočítá s jeho samostatnou realizací. Celková kalkulace přínosů je provedena dále v kombinaci s ostatními opatřeními v rámci hodnocení variant.

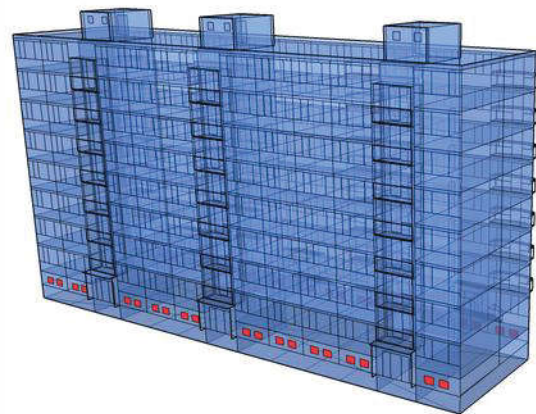
PŘÍNOSY OPATŘENÍ			VÝMĚNA SUTERÉNNÍCH OKEN			
Spotřeba tepla [GJ/rok]			Finanční toky [kč]			Prostá doba návratnosti [roky]
Původní stav	Nový stav	Úspora	Cena za GJ	Úspora za rok	Náklady	
942,5	930,2	12,3	420	5 163	149 845	29,0

Tab. B.15 Prostá doba návratnosti třetího opatření

Pohled jihozápadní



Pohled severovýchodní



Obr. B.30 Zobrazení dotčených konstrukcí třetího opatření

B.4.4 Zvýšení účinnosti užití energie

B.4.4.1 Výměna svítidel za energeticky úsporná

Popis opatření

K osvětlení bytů jsou použity klasické žárovky v kombinaci s kompaktními a lineárními zářivkami, kombinace jsou různé, odvíjí se od majitele bytu. Osvětlení společných prostor (zóna komunikačních, sklepních a technických prostor) je realizováno klasickými žárovkami s příkonem 60 W, v některých technických místnostech o příkonu až 150 W. Ovládání osvětlení je ruční, na schodišti ruční s časovým vypínáním. Výměnou zdrojů světla ve společných prostorech lze významně uspořit na spotřebě energie pro osvětlení, avšak investice do tohoto opatření není zanedbatelná.

Specifika řešení

Je navržena výměna všech stávajících klasických žárovek za úsporné LED zdroje světla. Způsob ovládání bude změněn pouze na chodbě a schodišťovém prostoru, za automatické pomoci pohybového senzoru.

Dopad na parametry výchozího stavu modelu

V důsledku opatření dochází k úpravám parametrů v modelu výchozího stavu. Dochází ke snížení spotřeby elektrické energie a zvýšení účinnosti zdrojů světla ze 4 % na 40 % v zóně komunikačních, sklepních a technických prostor. Dále dochází ke změně způsobu ovládaní osvětlení.

Investiční náklady na opatření

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA OPATŘENÍ					VÝMĚNA SVÍTEL
Ozn.	Název položky	Množství	Jednotky	Cena MJ	Celkem Kč s DPH
1	LED žárovka 10,5 W (70 W)	45	ks	179 Kč	8 055 Kč
2	LED žárovka 14 W (100 W)	18	ks	327 Kč	5 886 Kč
3	Pohybový senzor	33	ks	195 Kč	6 435 Kč
4	Montáž a drobný elektroinstalační materiál	1	kmplt	20 000 Kč	20 000 Kč
Celkem investiční náklady na opatření s DPH					40 376 Kč

Tab. B.16 Investiční náklady na čtvrté opatření.

Přínosy opatření

U opatření je stanovena pouze prostá návratnost, protože se nepočítá s jeho samostatnou realizací. Celková kalkulace přínosů je provedena dále v kombinaci s ostatními opatřeními v rámci hodnocení variant.

PŘÍNOSY OPATŘENÍ			VÝMĚNA SVÍTEL			
Spotřeba elektrické energie [MWh/rok]			Finanční toky [kč]			Prostá doba návratnosti [roky]
Původní stav	Nový stav	Úspora	Cena za MWh	Úspora za rok	Náklady	
24,1	20,6	3,4	2 500	8 542	40 376	4,7

Tab. B.17 Prostá doba návratnosti čtvrtého opatření

B.4.5 Snížení spotřeby energie

B.4.5.1 Solární termický ohřev teplé vody

Popis opatření

Sluneční energie dopadne na zemský povrch ve formě přímého a rozptýleného tzv. difúzního záření. V létě ve středoevropských oblastech se pohybuje celkové množství obou složek slunečního záření v intenzitě maximálně 1000 W/m². Průměrné roční energetické zisky solárního systému se pak pohybují v rozmezí 400 – 600 kWh/m² absorpční plochy solárního pole.

Solární záření je v bytových domech velmi efektivně využitelné při ohřevu a předehřevu ohřevu teplé užitkové vody. Solární systém je vřazen mezi přívod studené vody a stávající objektovou stanicí. Studená voda, přiváděná do solárního zásobníku TV, je předehřívána solárními kolektory. Na požadovanou teplotu je voda dohřáta v objektové stanici, stávajícím způsobem.

Ve stávajícím systému rozúčtování plateb za TV jednotlivých odběrných míst v objektu, nedochází k žádným změnám. Tepelný zisk instalovaného solárního systému, snižuje celoročně energetické nároky na ohřev TV.

Velikost energetických zisků solárního systému je závislá na typu, účinnosti solárních kolektorů a jejich schopnosti absorbovat co největší spektra solárního záření. Pomocí nemrznoucí teplosnosné kapaliny je absorbovaná tepelná energie z kolektorového pole dopravována do instalovaných nádrží a akumulována.

Řídící elektronika snímá teploty v jednotlivých částech a automaticky řídí celý systém. Solární systém pracuje celoročně bezobslužně, s možností dálkového monitoringu.

Požadavkem instalace je:

- nestíněná plocha pro instalaci solárních termických kolektorů,
- objektová předávací stanice,
- prostor pro vybudování strojovny, tzn. instalaci akumulčních nádrží, výměníků a řídicích prvků systému s možností dopravy aku zásobníků na dané místo,
- tepelně technické posouzení izolací potrubí v souladu s vyhláškou č. 193/2007,
- statické posouzení – posouzení parametry objektu pro instalaci systému, případně realizaci potřebných stavebních úprav nutných k realizaci instalace,
- požárně bezpečnostní řešení – posouzení hořlavosti materiálů s ohledem na jejich umístění dle ČSN 73 0810 a ČSN 73 0834.

Specifika řešení

Cílem opatření je využití solárních termických kolektorů pro předehřev teplé vody a tím snížit spotřebu energie minimálně o 50 %.

Solární systém je vytvořeným z plochých solárních termických kolektorů firmy TWI typ Sun Wing T4 Cu s absorberem ze speciální měděné slitiny s vysoce selektivním povrhem. Hmotnost 1 ko-

lektoru je 36 kg, kolektorová plocha 2,1 m², rozměry 1092x2015x82 mm. Počet panelů je stanoven na 42 ks, propojených v 7-mi skupinách po 6-ti kusech, o celková absorpční ploše 88,2 m² [Obr. B.32]. Jednotlivé řady jsou instalovány na podpěrné konstrukci z duralových (AlMgSi) profilů pod 30° sklonem, umístěných souběžně s podélnou osou objektu na střeše s orientací na jihozápad. Na jednu podpěrnou konstrukci lze umístit 3 ks panelů.

Vedení solárního rozvodu je ze střechy vedeno do strojovny výtahu, přes kterou prochází do chodby, kde je dále vedeno po stěně do přízemí objektu. Dále pak technickým suterénem do technické místnosti umístěné vedle výměňkové stanice Ochrana před poškozením a ochrana bezpečnosti nájemníků a ostatních osob bude zajištěna vysokoteplotní izolací Aeroflex s hliníkovým oplechováním na střeše, technickém suterénu a strojovně, na schodišti pak oplechováním s bílou povrchovou úpravou.

Jako strojovna pro umístění akumulčních nádob a technologického zařízení bude prostor v technickém suterénu vedle OPS. Místnost byla vybrána na základě vhodné velikosti a přístupnosti pro umístění 3ks 1500 l akumulčních nádob TV a dalšího technického zařízení (exp. nádoby, čerpadel, ventilů, atd.). Jednotlivé okruhy systému (primární solární, akumulční TV) budou odděleny deskovými výměňky. Dohřev na požadovanou teplotu TV je řešen pomocí objektové stanice obsluhované z rozvodu CZT. Systém bude plně řízen automatickou procesorovou řídicí jednotkou. Schéma zapojení solárního systému a napojení na stávající OPS je v příloze č. 9.

Dopad na parametry výchozího stavu modelu

V důsledku opatření dochází k úpravám parametrů v modelu výchozího stavu. Dochází k přidání zdroje pro přehřev TV ve formě solárního systému v 50% zastoupení v kombinaci s objektovou předávací stanicí. Graf bilance solárního termického systému je na obrázku [Obr. B.31] a její výpočty jsou uvedeny v příloze č. 4.

Investiční náklady na opatření

INVESTIČNÍ NÁKLADY NA OPATŘENÍ				SOLÁRNÍ OHŘEV TV	
Ozn.	Název položky	Množství	Jednotky	Cena MJ	Celkem Kč s DPH
1	Solární kolektor TWI, Sun Wing T4 Cu 2,2	42	ks	13 136 Kč	551 712 Kč
2	Montážní držák (sada) MS PS3/30°	14	ks	8 307 Kč	116 293 Kč
3	Akumulační zásobník s izolací TWI, PSM 1500 l	3	ks	42 310 Kč	126 930 Kč
4	Čerpadlová stanice TWI, TOP S30/10	3	ks	27 467 Kč	82 401 Kč
5	Výměník nerezový TWI, 25x50 (80kW) HighFlow	1	ks	22 988 Kč	22 988 Kč
6	Montáž + materiál (potrubí, příslušenství solární soustavy)	1	kmplt	1 000 000 Kč	1 000 000 Kč
Celkem investiční náklady na opatření s DPH					1 900 324 Kč

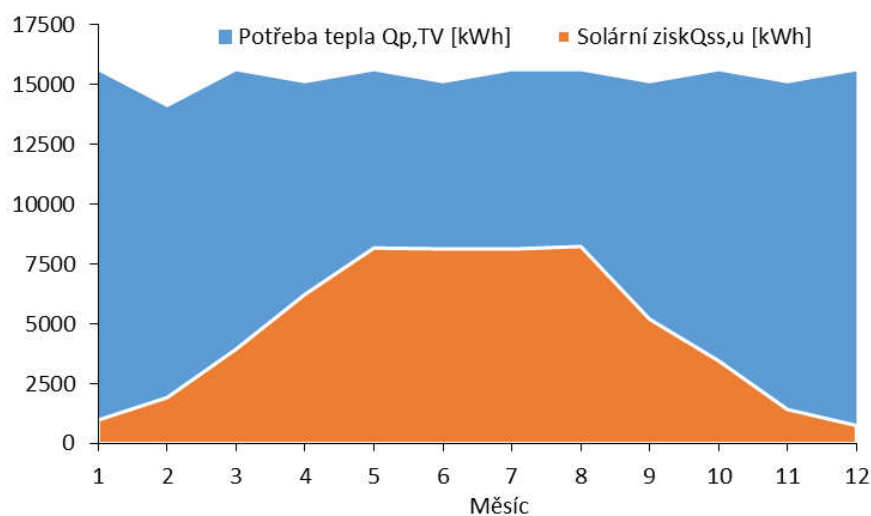
Tab. B.18 Investiční náklady na paté opatření.

Přínosy opatření

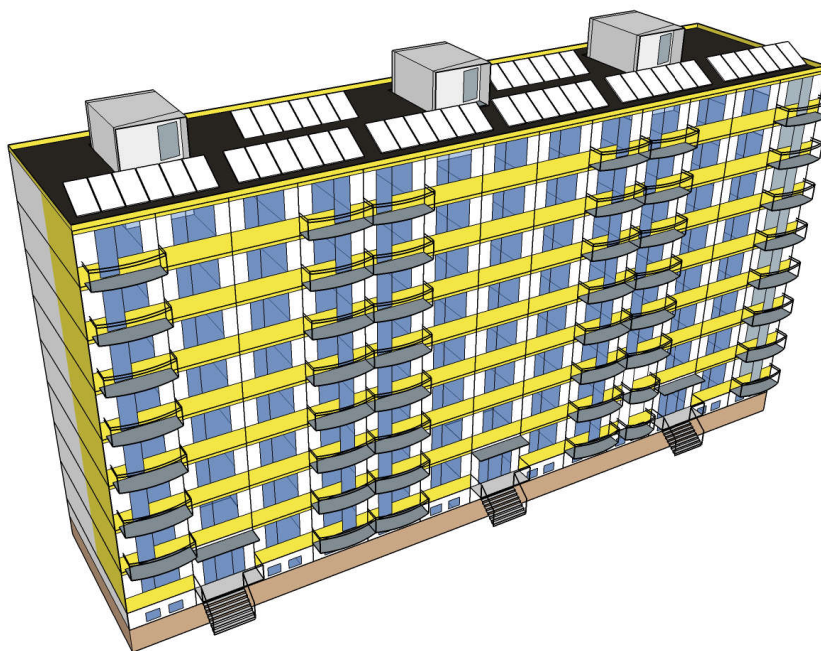
U opatření je stanovena pouze prostá návratnost, protože se nepočítá s jeho samostatnou realizací. Celková kalkulace přínosů je provedena dále v kombinaci s ostatními opatřeními v rámci hodnocení variant.

PŘÍNOSY OPATŘENÍ			SOLÁRNÍ OHŘEV TV			
Spotřeba tepla [GJ/rok]			Finanční toky [kč]			Prostá doba návratnosti [roky]
Původní stav	Nový stav	Úspora	Cena za GJ	Úspora za rok	Náklady	
406,3	202,6	203,6	420	85 516	1 991 679	23,3

Tab. B.19 Prostá doba návratnosti pátého opatření



Obr. B.31 Využitelný zisk solárního systému v roce



Obr. B.32 Rozmístění solárních panelů na střeše budovy

B.5 Varianty energeticky úsporných opatření

Z celkem pěti výše navržených energeticky úsporných opatření jsou sestaveny a popsány dvě varianty. Každá z variant je rozdělena na dva způsoby financování investice:

- bez dotace
- s dotačním programem „nová zelená úsporám 2015“.

nová

zelená

úsporám

Na těchto variantách je provedena ekonomická, energetická a ekologická bilance.

B.5.1 Nová zelená úsporám 2015

Dle dosažených energetických parametrů budovy po realizaci úsporných opatření se výše podpory odvíjí od stanovení skupiny. **Varianta I.** spadá do skupiny **A.1**, protože sice dosahuje klasifikační třídy B, ale nesplňuje snížení vypočtené měrné neobnovitelné primární energie o více než 40%. Toto kritérium již splňuje **Varianta II.**, která dosahuje na výši podpory kategorie **A.2**.

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	A.0	A.1	A.2
Dosažená klasifikační třída neobnovitelné primární energie $E_{pN,A}$	[-]	bez požadavku	C ¹⁾	A–B
Procentní snížení vypočtené měrné neobnovitelné primární energie $E_{pN,A}$ oproti stavu před realizací opatření	[%]	≥ 20% ²⁾	≥ 30%	≥ 40%

Tab. B.20 Požadované parametry v oblasti podpory [44]

Požadavky na měněné stavební prvky obálky budovy

Měněné stavební prvky obálky byly navrženy tak, aby splnily požadavky normy dle následující tabulky [Tab. B.21].

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	A.0	A.1	A.2
Měněné stavební prvky obálky budovy	U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]	$\leq 0,9 \times U_{rec,20}$ ¹⁾	dle požadavku ČSN 73 0540-2 a vyhl. č. 78/2013 Sb.	

Tab. B.21 Požadavky na měněné stavební prvky [44]

Požadavky na instalaci solárních systémů

- Podporuje se instalace solárních termických systémů do dokončených bytových domů včetně příslušenství, montáže, regulace a zapojení do systému ohřevu TV nebo vytápění.
- Podpora je přidělována formou fixní dotace na napojenou bytovou jednotku.
- Podporovány jsou systémy na přípravu teplé vody a systémy na přípravu teplé vody a vytápění.
- Podporovány jsou pouze solární termické systémy s kolektory splňujícími minimální hodnotu účinnosti η_{sk} dle vyhlášky č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie.
- Podmínkou pro poskytnutí dotace je také dosažení parametrů uvedených v tabulce [Tab. B.22].

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	Požadovaná hodnota
Vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy	$Q_{ss,u}$ [kWh.rok ⁻¹ .b.j. ⁻¹]	≥ 600
Instalace akumulčního zásobníku tepla o měrném objemu vztaženém k celkové ploše apertury	[l.m ²]	≥ 45

Tab. B.22 Požadované parametry solárních termických systémů [44]

Maximální výše podpory se stanoví jako součet dílčích podpor na jednotlivé konstrukce, na kterých je prováděno opatření, součet dílčích podpor na vyměněné či instalované systémy technických zařízení budov, tj. dle vzorce:

$$\text{výše podpory} = \sum_{i=1}^j k \times S_i \times \text{výše podpory } i\text{-tého opatření} + \sum_{i=1}^l \text{počet bytových jednotek} \times \text{výše podpory } i\text{-tého opatření}$$

S_i – plocha i -té konstrukce v metrech čtverečních na obálce budovy (dle energetického hodnocení) zaokrouhlená na jedno desetinné místo směrem dolů,

výše podpory i -tého opatření – viz tabulka 7, 8, 9 a 10 dle typu konstrukce a podoblasti podpory,

k – koeficient upravující výši podpory, pro budovy a konstrukce bez zvýhodnění $k = 1$,

j – počet konstrukcí na obálce budovy, na kterých je realizováno podporované opatření,

l – počet podporovaných systémů technického zařízení budovy, které byly realizovány.

Obr. B.33 Výpočet výše podpory [44]

Typ konstrukce	A.0 a A.1 (Kč/m ²)	A.2 (Kč/m ²)
Obvodová stěna	260	340
Střešní konstrukce	230	300
Výplně otvorů	750	1000
Podlaha na terénu	300	400
Ostatní konstrukce, stropy	120	160

Tab. B.23 Výše podpory pro měněné stavební prvky obálky budovy [44]

Typ systému	Výše podpory [Kč/b.j.]
Solární termické systémy	15 000

Tab. B.24 Výše podpory na instalaci solárních systémů [44]

Výpočet výše podpory (dotace) pro jednotlivé varianty není v následujících tabulkách rozepsán, investiční náklady jsou uvedeny již po odečtení výše podpory.

B.5.2 Varianta I.

Popis varianty

Do této varianty byla zahrnuta taková opatření, která se týkají pouze zlepšení tepelně technických vlastností budovy.

Opatření navrhované varianty

Ve variantě jsou použita opatření:

- zateplení svislých obvodových konstrukcí,
- zateplení vodorovných konstrukcí,
- výměna suterénních oken.

Sestavení varianty realizace a její vyhodnocení

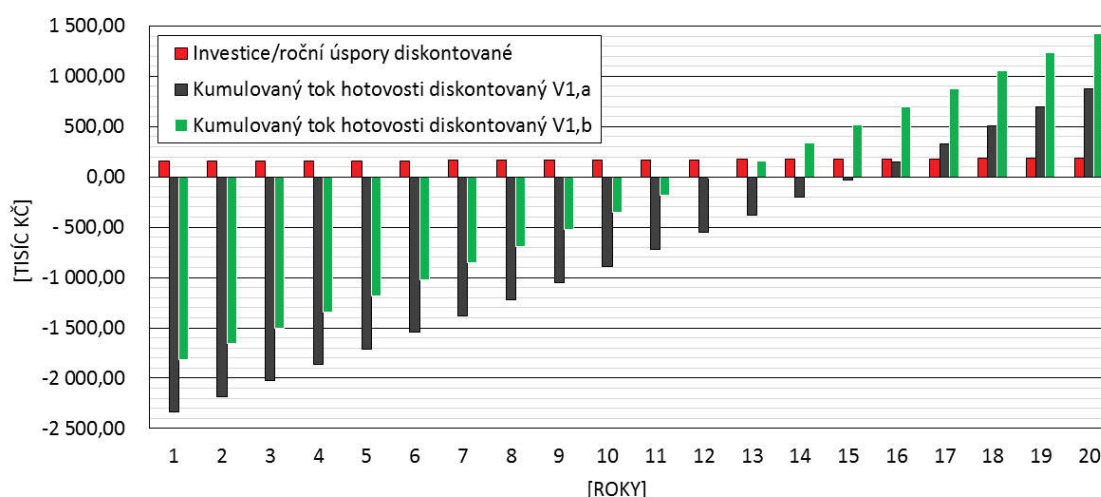
V tabulce [Tab. B.25] je přehled celkových nákladů, dopad energetické bilance a výpočet návratnosti varianty. V grafu [Obr. B.34] je výpočet návratnosti znázorněn graficky.

SESTAVENÍ VARIANTY REALIZACE A JEJÍ VYHODNOCENÍ						VARIANTA I,a	
Opatření navržená do varianty					Investiční náklady		
1	Zateplení svislých obvodových konstrukcí				1 969 025 Kč		
2	Zateplení vodorovných konstrukcí				369 593 Kč		
3	Výměna suterénních oken				149 845 Kč		
Celkem investiční náklady na variantu s DPH					2 488 463 Kč		
Ukazatel energetické náročnosti	Výchozí stav		Návrh		Přínosy		
	Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady	
	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]	
Vytápění	261,80	395,84	159,69	241,45	102,11	154,39	
Chlazení	-	-	-	-	-	-	
Větrání	-	-	-	-	-	-	
Úprava vlhkosti	-	-	-	-	-	-	
Teplá voda	112,85	170,62	112,85	170,62	0,00	0,00	
Osvětlení	24,05	60,13	24,05	60,13	0,00	0,00	
Celkem	398,70	626,59	296,59	472,20	102,11	154,39	
Ekonomické hodnocení opatření:							
Doba hodnocení	20	[roky]	Diskontní míra r		2,0	[% ročně]	
Prostá doba návratnosti T_s	14,0	[roky]	Růst ceny energií		3,0	[% ročně]	
Reálná doba návratnosti T_{sd}	16,0	[roky]	Roční přínosy projektu CF		51,25	[tis. Kč]	
Vnitřní výnosové procento IRR	5,5	[%]	Čistá současná hodnota NPV		838,04	[tis. Kč]	
Hodnocení je zpracováno v souladu s vyhláškou č. 480/2012 Sb, ve které je stanovena délka hodnocení pevně na 20 let. Při výpočtu byl uvažován růst ceny energií ve výši 3 %. Diskontní sazba byla aplikována ve výši 2 %.							
Variantu. Při takto zadaných parametrech, lze z čistě ekonomického pohledu hodnotit jako návratnou a lze ji doporučit.							

Tab. B.25 Přehled a vyhodnocení první varianty bez dotace

SESTAVENÍ VARIANTY REALIZACE A JEJÍ VYHODNOCENÍ				nová	zelená	úsporám	VARIANTA I,b
Opatření navržená do varianty						Investiční náklady	
1	Zateplení svislých obvodových konstrukcí					1 525 335 Kč	
2	Zateplení vodorovných konstrukcí					309 341 Kč	
3	Výměna suterénních oken					133 285 Kč	
Celkem investiční náklady na variantu s DPH						1 967 961 Kč	
Ukazatel energetické náročnosti	Výchozí stav		Návrh		Přínosy		
	Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady	
	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]	
Vytápění	261,80	395,84	159,69	241,45	102,11	154,39	
Chlazení	-	-	-	-	-	-	
Větrání	-	-	-	-	-	-	
Úprava vlhkosti	-	-	-	-	-	-	
Teplá voda	112,85	170,62	112,85	170,62	0,00	0,00	
Osvětlení	24,05	60,13	24,05	60,13	0,00	0,00	
Celkem	398,70	626,59	296,59	472,20	102,11	154,39	
Ekonomické hodnocení opatření:							
Doba hodnocení	20	[roky]	Diskontní míra r	2,0	[% ročně]		
Prostá doba návratnosti T_s	11,0	[roky]	Růst ceny energií	3,0	[% ročně]		
Reálná doba návratnosti T_{sd}	13,0	[roky]	Roční přínosy projektu CF	83,08	[tis. Kč]		
Vnitřní výnosové procento IRR	8,5	[%]	Čistá současná hodnota NPV	1 358,54	[tis. Kč]		
Hodnocení je zpracováno v souladu s vyhláškou č. 480/2012 Sb, ve které je stanovena délka hodnocení pevně na 20 let. Při výpočtu byl uvažován růst ceny energií ve výši 3 %. Diskontní sazba byla aplikována ve výši 2 %.							
Variantu. Při takto zadaných parametrech, lze z čistě ekonomického pohledu hodnotit jako návratnou a lze ji doporučit.							

Tab. B.26 Přehled a vyhodnocení první varianty s dotací



Obr. B.34 Grafické porovnání návratnosti investice bez dotace a s dotací varianty první

Ekologické hodnocení

V tabulce [Tab. B.27] je znázorněn dopad na ekologii hodnocené varianty oproti stávajícímu stavu.

EMISNÍ BILANCE				VARIANTA I	
Bilance znečišťujících látek celkem		VÝCHOZÍ STAV	NÁVRH	PŘÍNOS	
TZL	tuhé znečišťující látky	0,1305	0,1303	0,0002	
SO ₂	oxid siřičitý	0,0435	0,0434	0,0001	
NO _x	oxidy dusíku	0,1402	0,1047	0,0356	
CO	oxid uhelnatý	0,0139	0,0110	0,0029	
CO ₂	oxid uhličitý	105,6484	85,2540	20,3944	
Bilance znečišťujících látek dle energonositelů					
ELEKTRICKÁ ENERGIE		roční spotřeba energie:		26,71	[MWh/rok]
Vypočteno pro palivový mix:					
5,1%	zemní plyn	tuhé znečišťující látky	TZL	0,1297	[t]
0,0%	černé uhlí a koks	oxid siřičitý	SO ₂	0,0431	[t]
54,0%	ostatní tuhá paliva	oxidy dusíku	NO _x	0,0104	[t]
34,6%	jádro	oxid uhelnatý	CO	0,0033	[t]
6,3%	OZE	oxid uhličitý	CO ₂	31,2507	[t]
0,0%	jiná paliva				
TEPLO		roční spotřeba tepla:		270,02	[MWh/rok]
Vypočteno pro palivový mix:					
0,0%	černé uhlí a koks	tuhé znečišťující látky	TZL	0,0006	[t]
100,0%	zemní plyn	oxid siřičitý	SO ₂	0,0003	[t]
0,0%	OZE	oxidy dusíku	NO _x	0,0942	[t]
0,0%	topné oleje	oxid uhelnatý	CO	0,0077	[t]
0,0%	jiná paliva	oxid uhličitý	CO ₂	54,0033	[t]

Tab. B.27 Tabulka ekologického hodnocení první varianty

B.5.3 Varianta II.

Popis varianty

Do této varianty byla zahrnuta taková opatření, která se týkají zlepšení tepelně technických vlastností budovy, montáže úsporného osvětlení ve společných prostorech (chodby, sklepy a technické zázemí) a montáž solárního termického systému pro ohřev TV.

Opatření navrhované varianty

Ve variantě jsou použita opatření:

- zateplení svislých obvodových konstrukcí,
- zateplení vodorovných konstrukcí,
- výměna suterénních oken,
- výměna svítidel za energeticky úsporná,
- solární ohřev teplé vody.

Sestavení varianty realizace a její vyhodnocení

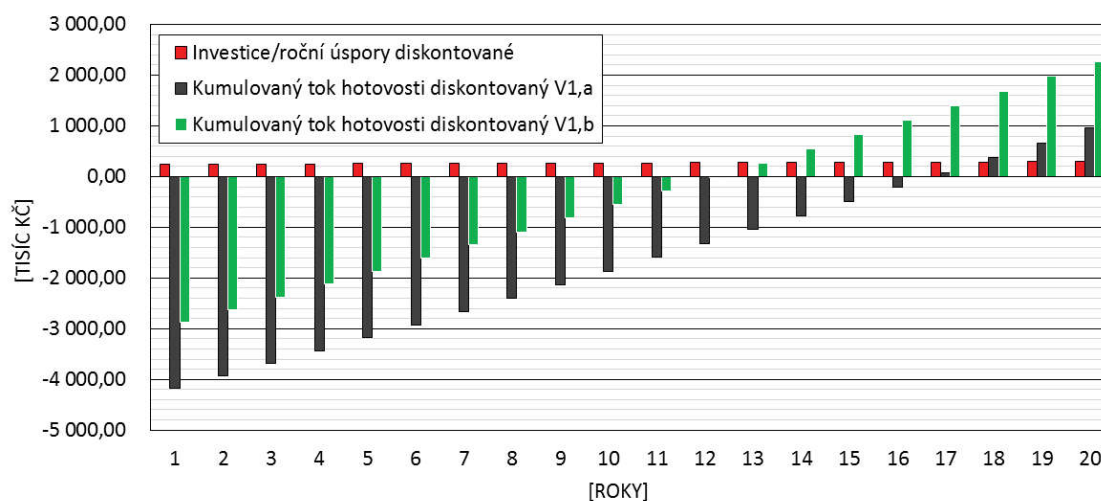
V tabulce [Tab. B.28] je přehled celkových nákladů, dopad energetické bilance a výpočet návratnosti varianty. V grafu [Obr. B.35] je výpočet návratnosti znázorněn graficky.

SESTAVENÍ VARIANTY REALIZACE A JEJÍ VYHODNOCENÍ						VARIANTA II,a
Opatření navržená do varianty					Investiční náklady	
1	Zateplení svislých obvodových konstrukcí				1 969 025 Kč	
2	Zateplení vodorovných konstrukcí				369 593 Kč	
3	Výměna suterénních oken				149 845 Kč	
4	Výměna svítidel za energeticky úsporná				40 376 Kč	
5	Solární ohřev teplé vody				1 900 324 Kč	
Celkem investiční náklady na variantu s DPH					4 429 163 Kč	
Ukazatel energetické náročnosti	Výchozí stav		Návrh		Přínosy	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]
Vytápění	261,80	395,84	161,84	244,69	99,96	151,15
Chlazení	-	-	-	-	-	-
Větrání	-	-	-	-	-	-
Úprava vlhkosti	-	-	-	-	-	-
Teplá voda	112,85	170,62	56,29	85,11	56,56	85,52
Osvětlení	24,05	60,13	20,63	51,59	3,42	8,54
Celkem	398,70	626,59	238,76	381,39	159,94	245,20
Ekonomické hodnocení opatření:						
Doba hodnocení	20	[roky]	Diskontní míra r	2,0	[% ročně]	
Prostá doba návratnosti T_s	15,0	[roky]	Růst ceny energií	3,0	[% ročně]	
Reálná doba návratnosti T_{sd}	18,0	[roky]	Roční přínosy projektu CF	52,22	[tis. Kč]	
Vnitřní výnosové procento IRR	4,1	[%]	Čistá současná hodnota NPV	853,94	[tis. Kč]	
Hodnocení je zpracováno v souladu s vyhláškou č. 480/2012 Sb, ve které je stanovena délka hodnocení pevně na 20 let. Při výpočtu byl uvažován růst ceny energií ve výši 3 %. Diskontní sazba byla aplikována ve výši 2 %.						
Variantu. Při takto zadaných parametrech, lze z čistě ekonomického pohledu hodnotit jako návratnou a lze ji doporučit.						

Tab. B.28 Přehled a vyhodnocení první varianty bez dotace

SESTAVENÍ VARIANTY REALIZACE A JEJÍ VYHODNOCENÍ				nová	zelená	úsporám	VARIANTA II,b
Opatření navržená do varianty						Investiční náklady	
1	Zateplení svislých obvodových konstrukcí					1 388 815 Kč	
2	Zateplení vodorovných konstrukcí					289 257 Kč	
3	Výměna suterénních oken					127 765 Kč	
4	Výměna svítidel za energeticky úsporná					40 376 Kč	
5	Solární ohřev teplé vody					1 271 679 Kč	
Celkem investiční náklady na variantu s DPH						3 117 893 Kč	
Ukazatel energetické náročnosti	Výchozí stav		Návrh		Přínosy		
	Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady	
	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]	
Vytápění	261,80	395,84	161,84	244,69	99,96	151,15	
Chlazení	-	-	-	-	-	-	
Větrání	-	-	-	-	-	-	
Úprava vlhkosti	-	-	-	-	-	-	
Teplá voda	112,85	170,62	56,29	85,11	56,56	85,52	
Osvětlení	24,05	60,13	20,63	51,59	3,42	8,54	
Celkem	398,70	626,59	238,76	381,39	159,94	245,20	
Ekonomické hodnocení opatření:							
Doba hodnocení	20	[roky]	Diskontní míra r		2,0	[% ročně]	
Prostá doba návratnosti T_s	11,0	[roky]	Růst ceny energií		3,0	[% ročně]	
Reálná doba návratnosti T_{sd}	13,0	[roky]	Roční přínosy projektu CF		132,42	[tis. Kč]	
Vnitřní výnosové procento IRR	8,6	[%]	Čistá současná hodnota NPV		2 165,21	[tis. Kč]	
Hodnocení je zpracováno v souladu s vyhláškou č. 480/2012 Sb, ve které je stanovena délka hodnocení pevně na 20 let. Při výpočtu byl uvažován růst ceny energií ve výši 3 %. Diskontní sazba byla aplikována ve výši 2 %.							
Variantu. Při takto zadaných parametrech, lze z čistě ekonomického pohledu hodnotit jako návratnou a lze ji doporučit.							

Tab. B.29 Přehled a vyhodnocení druhé varianty s dotací



Obr. B.35 Grafické porovnání návratnosti investice bez dotace a s dotací varianty druhé

Ekologické hodnocení

V tabulce [Tab. B.30] je znázorněn dopad na ekologii hodnocené varianty oproti stávajícímu stavu.

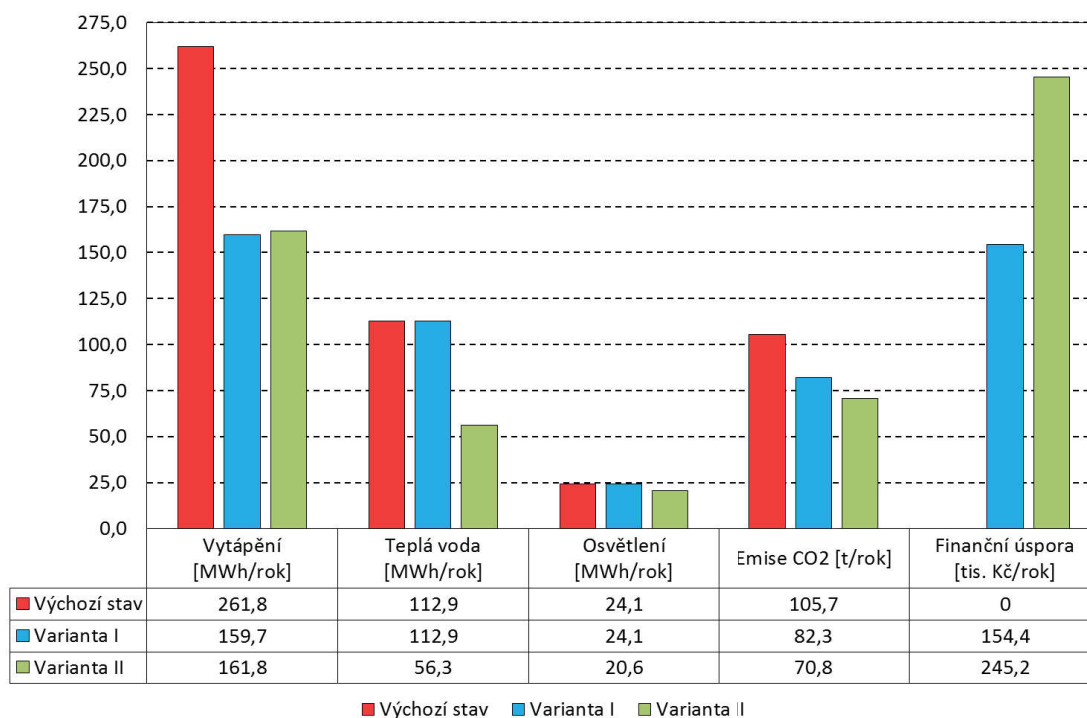
EMISNÍ BILANCE				VARIANTA II	
Bilance znečišťujících látek celkem		VÝCHOZÍ STAV	NÁVRH	PŘÍNOS	
TZL	tuhé znečišťující látky	0,1305	0,1129	0,0176	
SO ₂	oxid siřičitý	0,0435	0,0376	0,0059	
NO _x	oxidy dusíku	0,1402	0,0853	0,0549	
CO	oxid uhelnatý	0,0139	0,0091	0,0048	
CO ₂	oxid uhličitý	105,6484	70,8120	34,8364	
Bilance znečišťujících látek dle energonositelů					
ELEKTRICKÁ ENERGIE		roční spotřeba energie:		23,16	[MWh/rok]
Vypočteno pro palivový mix:					
5,1%	zemní plyn	tuhé znečišťující látky	TZL	0,1125	[t]
0,0%	černé uhlí a koks	oxid siřičitý	SO ₂	0,0374	[t]
54,0%	ostatní tuhá paliva	oxidy dusíku	NO _x	0,0091	[t]
34,6%	jádro	oxid uhelnatý	CO	0,0028	[t]
6,3%	OZE	oxid uhličitý	CO ₂	27,0914	[t]
0,0%	jiná paliva				
TEPLO		roční spotřeba tepla:		218,60	[MWh/rok]
Vypočteno pro palivový mix:					
0,0%	černé uhlí a koks	tuhé znečišťující látky	TZL	0,0005	[t]
100,0%	zemní plyn	oxid siřičitý	SO ₂	0,0002	[t]
0,0%	OZE	oxidy dusíku	NO _x	0,0763	[t]
0,0%	topné oleje	oxid uhelnatý	CO	0,0062	[t]
0,0%	jiná paliva	oxid uhličitý	CO ₂	43,7207	[t]

Tab. B.30 Tabulka ekologického hodnocení druhé varianty

B.6 Závěrečné stanovisko

B.6.1 Porovnání variant

V následujícím grafu jsou porovnány vybrané parametry navržených variant s výchozím stavem [Obr. B.36].



Obr. B.36 Graf porovnávající vybrané parametry navržených variant

B.6.2 Výběr optimální varianty

Časový rozptyl návratnosti navržených variant je v rozmezí zhruba 1 roku, pokud by byly varianty spolu financovány dotačním programem, vychází návratnost obou variant velmi podobně. Rozhodujícím faktorem pro výběr optimální varianty je nakonec ekologické hledisko, které stanovují cíle posudku a to snížení emisí škodlivých látek vznikajících užíváním objektu minimálně o 30 %.

Toto kritérium splňuje **VARIANTA II.**, byla tedy vybrána k realizaci. Tato varianta kombinuje všech pět výše navržených úsporných opatření.

Technické důvody

Vybranou variantu je možné realizovat, neboť plně splňuje současné požadavky na technickou úroveň stavebních materiálů, konstrukcí a technických zařízení budov:

- doporučené stavební materiály jsou certifikovány pro použití v EU,
- prvky pro zateplení obvodových plášťů tvoří ucelený systém,
- rovněž tak doporučená technická zařízení budov jsou v souladu s moderními poznatky.

Doporučená varianta vychází z energetických propočtů a plně splňuje požadavky na dosažení co nejvyšších energetických úspor.

Ekonomické důvody

Vybranou variantu je možné realizovat, i když jen podmíněně splňuje požadavky na hodnoty základních ekonomických ukazatelů:

- reálná návratnost je kratší než technická nebo morální doba života technických zařízení,
- čistá současná hodnota (NPV) je kladná,
- vnitřní výnosové procento (IRR) je kladné.

Důvody z hlediska vlivu na životní prostředí

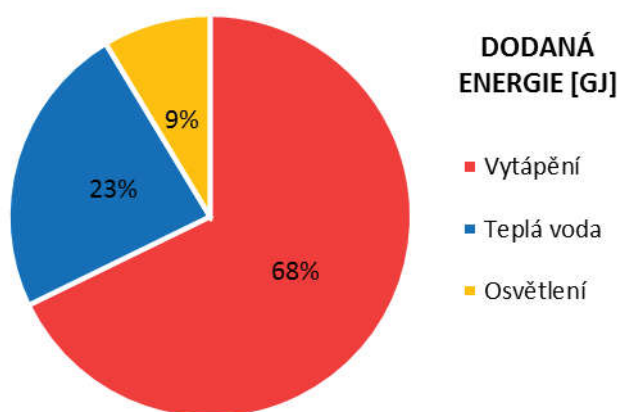
Z hlediska dopadu vybrané varianty na životní prostředí je podstatné snížení emisí CO₂ v porovnání s výchozím stavem objektu.

B.6.3 Energetické bilance doporučené varianty

CELKOVÁ ENERGIE DODANÁ DO BUDOVY			NOVÝ STAV - VARIANTA II	
Ukazatel energetické náročnosti	Celková roční dodaná energie za rok			Náklady
	[GJ]	[MWh]	[kWh/m ²]	[tis. Kč]
Vytápění	582,62	161,84	38	244,70
Chlazení	-	-	-	-
Větrání	-	-	-	-
Úprava vlhkosti	-	-	-	-
Teplá voda	202,64	56,29	26	85,11
Osvětlení	74,27	20,63	5	51,58
Celkem	859,54	238,76	69	381,39

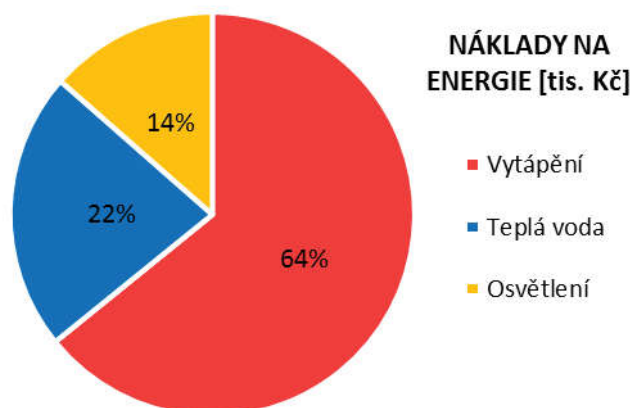
Tab. B.31 Celková energie dodaná do budovy

Graf na [Obr. B.37] vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl a tím zároveň významnost jednotlivých spotřeb z pohledu dodané energie bez ohledu na jednotkovou cenu jednotlivých paliv:



Obr. B.37 Graf dodané energie – nový stav

Graf na [Obr. B.38] vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl a tím zároveň významnost jednotlivých spotřeb z pohledu nákladů na energie:



Obr. B.38 Graf nákladů za energie – nový stav

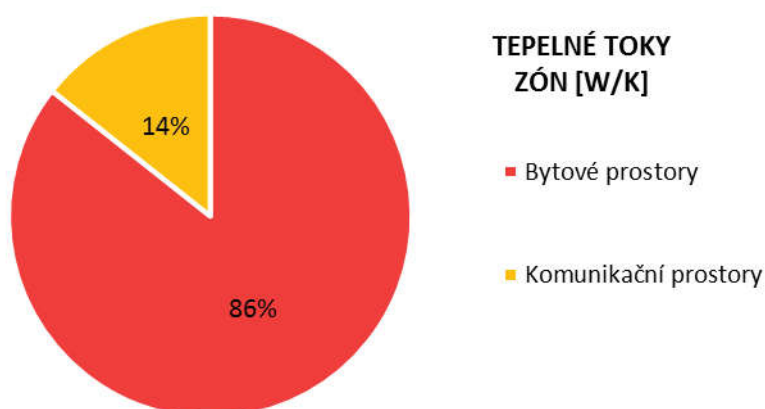
B.6.3.1 Dílčí tepelné toky jednotlivých zón a objektu

V následující tabulce [Obr. B.39] je zobrazen podíl jednotlivých tepelných toků mezi známi a jejich ztráty.

ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH TOKŮ A ZTRÁT							NOVÝ STAV - VARIANTA II		
Název zóny	Měrný tepelný tok [W/K]						Tepelná ztráta		
	Prostupem do exteriéru	Tepelnými vazbami	Větráním	Zeminou	Nevytápanými prostory	Celkový	Δt [°C]	[kW]	
Bytové prostory	1189,24	60,19	816,52	-	245,87	2311,82	35,0	80,91	
Komunikační prostory	289,17	24,55	51,87	22,18	-	387,76	30,0	11,63	
Celkem	1478,40	84,74	868,39	22,18	245,87	2699,58	-	92,55	

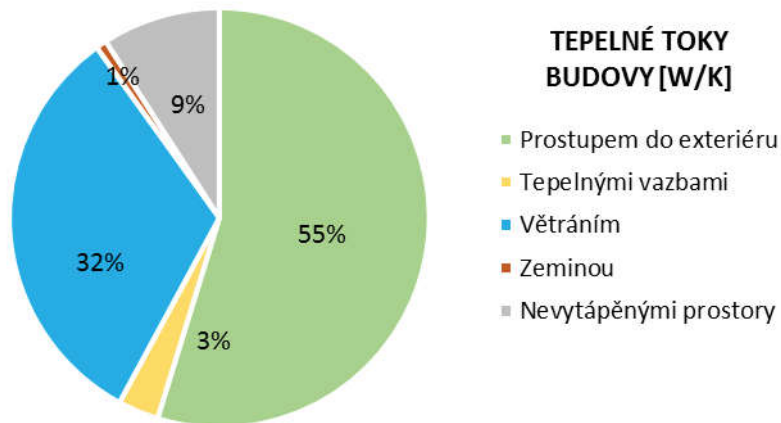
Tab. B.32 Rozdělení tepelných toků a ztrát

Graf na [Obr. B.39] vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl tepelných toků jednotlivých zón v budově:



Obr. B.39 Tepelné toky zón – nový stav

Graf na [Obr. B.40] vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl tepelných toků v budově:



Obr. B.40 Tepelné toky budovy – nový stav

B.6.3.2 Celkové hodnocení energetické náročnosti budovy

- | | |
|---|---|
| • Celková roční dodaná energie | 859 GJ |
| • Měrná spotřeba energie | 69 kWh/(m ² . rok) |
| • Tepelná ztráta objektu | $Q_{ZTR} = 93 \text{ kW}$ |
| • Průměrný součinitel prostupu tepla | $U_{em} = 0,54 \text{ W}/(\text{m}^2. \text{K})$ |
| • Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla | $U_{em,N,20} = 0,44 \text{ W}/(\text{m}^2. \text{K})$ |
| • Energetický ukazatel obálky budovy | C – Vyhovující |

B.6.4 Přehled parametrů doporučené varianty

V tabulce [Tab. B.33] jsou uvedeny hlavní energetické, ekonomické a ekologické přínosy doporučené varianty.

Přínosy doporučené varianty:						
Ukazatel spotřeby energií	Výchozí stav		Návrh		Přínosy	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]	[MWh/rok]	[tis. Kč]
Vytápění	261,80	395,84	161,84	244,69	99,96	151,15
Chlazení	-	-	-	-	-	-
Větrání	-	-	-	-	-	-
Úprava vlhkosti	-	-	-	-	-	-
Teplá voda	112,85	170,62	56,29	85,11	56,56	85,52
Osvětlení	24,05	60,13	20,63	51,59	3,42	8,54
Celkem	398,70	626,59	238,76	381,39	159,94	245,20
Ekonomické hodnocení doporučené varianty:						
Investiční náklady na variantu bez dotace s DPH					4 429,16	[tis. Kč]
Doba hodnocení	20	[roky]	Diskontní míra r	2,0	[% ročně]	
Prostá doba návratnosti T_s	15,0	[roky]	Růst ceny energií	3,0	[% ročně]	
Reálná doba návratnosti T_{sd}	18,0	[roky]	Roční přínosy projektu CF	52,22	[tis. Kč]	
Vnitřní výnosové procento IRR	4,1	[%]	Čistá současná hodnota NPV	853,94	[tis. Kč]	
Investiční náklady na variantu s dotací s DPH					3 117,89	[tis. Kč]
Doba hodnocení	20	[roky]	Diskontní míra r	2,0	[% ročně]	
Prostá doba návratnosti T_s	11,0	[roky]	Růst ceny energií	3,0	[% ročně]	
Reálná doba návratnosti T_{sd}	13,0	[roky]	Roční přínosy projektu CF	132,42	[tis. Kč]	
Vnitřní výnosové procento IRR	8,6	[%]	Čistá současná hodnota NPV	2 165,21	[tis. Kč]	
Ekologické hodnocení doporučené varianty:						
Globální hodnocení znečišťujícími látkami		Výchozí stav		Návrh	Přínosy	
		[t/rok]		[t/rok]	[t/rok]	
TZL	tuhé znečišťující látky	0,1305		0,1129	0,0176	
SO ₂	oxid siřičitý	0,0435		0,0376	0,0059	
NO _x	oxidy dusíku	0,1402		0,0853	0,0549	
CO	oxid uhelnatý	0,0139		0,0091	0,0048	
CO ₂	oxid uhličitý	105,6484		70,8120	34,8364	

Tab. B.33 Přehled hlavních přínosů doporučené varianty

B.6.5 Okrajové podmínky pro dosažení přínosů

Okrajové podmínky pro dosažení kalkulovaných úspor jsou zejména tyto:

- použití předepsaných materiálů a skladeb nebo jejich nahrazení materiály se stejnými vlastnostmi,
- dodržení technologických postupů a použitím předepsaných zařízení nebo jejich nahrazení ekvivalentními se shodnými parametry,
- zpracování projektové dokumentace, jakož i vlastní realizace a následný provoz objektu budou probíhat ve spolupráci s energetickým auditorem,
- cenová úroveň energií a nákladů na opatření příp. i jejich růst bude odpovídat přibližně hladinám uvažovaným v posudku,
- nedojde k podstatné změně využívání objektu, budou dodržovány vnitřní teploty na úrovni návrhových vnitřních hodnot,
- v případě zásadnějšího zásahu do množství odebírané energie dojde k optimalizaci smluvních vztahů s dodavateli – optimalizace sazeb, velikost jističů apod,
- po realizaci opatření na obálce budovy musí být provedeno vyregulování a snížení výkonu soustavy ÚT – z důvodu snížení tepelných ztrát objektu,
- v případě chybějících nebo poškozených tepelných izolací potrubí armatur, souvisejících s instance solárního systému, se doporučuje provést opravy těchto izolací.

B.7 Evidenční list

Evidenční list energetického posudku (EP) podle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií,
ve znění pozdějších předpisů - §9a, odst.1d)

Evidenční číslo 2015 / 001

1. Část - Identifikační údaje

1. Název nebo obchodní firma vlastníka předmětu EP

SBD ZELENÁ HORA, stavební bytové družstvo

2. Sídlo

a) ulice

Brněnská

b) č.p./č.o.

1146 / 30

c) část obce

d) obec

Žďár nad Sázavou

e) PSČ

591 01

f) email

g) telefon

3. Identifikační číslo

4. Odpovědný zástupce

a) jméno

b) kontakt

5. Předmět energetického posudku

a) název

Energetický posudek pro panelový dům

b) adresa

Libušínská 185, 186, 187; 591 01 Žďár nad Sázavou

c) popis předmětu EP

Hodnocenou budovou je devíti podlažní panelový dům typu T06B-KDU s jedním částečně podzemním podlažím, který se nachází v řadové zástavbě. Budova domu je tvořena ze třech samostatných celků („vchodů“). V každém „vchodě“ se nachází 16 bytových jednotek celkem je tedy v budově 48 bytů.

Bytový dům má centrální způsob vytápění a přípravy teplé vody, realizovanou objektovou předávací stanicí (OPS). Vytápěny jsou byty a chodby, suterénní prostory jsou nevytápěné.

Nucené větrání ani klimatizační systém v domě instalován není.

Obvodové konstrukce jsou původní, zateplena je pouze štitová stěna pěnovým polystyrenem tl. 60 mm. Výplně otvorů jsou vyměněny za plastová okna a hliníkové vchodové dveře s izolačními dvojskly.

2. Část - Seznam stanovených kritérií

1. Energetická kritéria

- 1) snížení spotřeby energie na vytápění minimálně o 30 %
- 2) snížení spotřeby energie pro přípravu teplé vody minimálně o 50 %
- 3) návrh opatření s využitím alternativního zdroje energie

2. Ekologická kritéria

- snížení emisí škodlivých látek vznikajících užíváním objektu minimálně o 30 %

3. Ekonomická kritéria

- pomocí výše uvedených energetických kritérií snížit náklady na vytápění, osvětlení a přípravu teplé vody

4. Technická a ostatní kritéria

- pro opatření budou použity stavební materiály certifikovány pro použití v EU,
- realizaci opatření se předpokládá zlepšení tepelně technických vlastností obálky budovy a tím dojde ke zlepšení vnitřního mikroklima budovy. Dalším kritériem je oprava fasády budovy, prodloužení její životnosti a hodnoty.

3. Část - Údaje o posuzovaném návrhu

1. Popis návrhu

Navrhované opatření spočívá v zateplení obálky budovy pěnovým polystyrenem v tloušťkách 100 až 200 mm dle typu konstrukce a suterénních stropních konstrukcí pěnovým polystyrenem a minerální vlnou v tloušťce 100 mm. Dále se zateplením souvisí výměna suterénních oken za plastová s izolačním dvojsklem.

Ve společných prostorách budovy jsou pro osvětlení použity úsporné LED žárovky, které jsou na chodbách ovládány pohybovým senzorem.

Další změnou je použití alternativního zdroje pro přípravu teplé vody, montáží 42ks solárních termických panelů na střechu budovy. Pro akumulaci teplé vody mimo odběrové špičky budou použity zásobníky o celkovém objemu 5m³.

2. Základní technické, energetické, ekologické a ekonomické údaje

- | | |
|---|---|
| - celková roční dodaná energie | 238,8 MWh/rok |
| - měrná dodaná energie budovy | 56 kWh/m ² → B - velmi úsporná |
| - průměrný součinitel prostupu tepla | 0,44 W/(m ² .K) → C - vyhovující |
| - emise CO ₂ za rok | 70,8 t (16,6 kg/m ²) |
| - celkové investiční náklady bez dotace | 4 429 163 Kč |
| - celkové investiční náklady s dotací | 3 117 893 Kč (nová zelená úsporám 2015) |
| - celková finanční úspora za rok | 245 200 Kč |

4. Část - Výsledky posouzení proveditelnosti návrhu podle stanovených kritérií

1. Proveditelnost podle energetických kritérií

Realizací této varianty energeticky úsporných opatření dojde k úspoře dodané energie do budovy z původních 398,7 MWh/rok na 238,8 MWh/rok z toho 56,6 MWh/rok energie pokryje solární termický systém. (snížení o 40,1 %)

2. Proveditelnost podle ekologických kritérií

Realizací dojde ke snížení emisí a to následovně:

- TZL	tuhé znečišťující látky	17,6 kg/rok (snížení o 13,5 %)
- SO ₂	oxid siřičitý	5,9 kg/rok (13,6 %)
- NO _x	oxidy dusíku	54,9 kg/rok (39,2 %)
- CO	oxid uhelnatý	4,8 kg/rok (34,6 %)
- CO ₂	oxid uhličitý	34,8 t/rok (33,0 %)

3. Proveditelnost podle ekonomických kritérií

Při celkových investičních nákladech (bez dotace) 4 429 163 Kč a roční úspoře 245 200 Kč na provoz budovy vychází návratnost investice následovně:

- prostá návratnost	15 let
- reálná návratnost	18 let

Při celkových investičních nákladech (s dotací) 3 117 893 Kč a roční úspoře 245 200 Kč na provoz budovy vychází návratnost investice následovně:

- prostá návratnost	11 let
- reálná návratnost	13 let

4. Proveditelnost podle technických a ostatních kritérií

Realizací opatření dojde ke zlepšení tepelně technických parametrů řešených konstrukcí budovy a k opravě fasády budovy, která je stářím poškozena. Příslušenství (akumulace, výměníky, čerpadlové skupiny, regulace) nově navrženého systému solárního ohřevu bude umístěn ve společných prostorách suterénu.

5. Část - Doporučení a podmínky proveditelnosti

1. Doporučení

Doporučenou variantu energeticky úsporných opatření je nutné provést v celém rozsahu, tak jak je uvedeno v energetickém posudku. Pokud nebudou provedeny všechny navržené opatření, dojde ke snížení úspory energie a financí, než je kalkulováno. Po realizaci opatření na obálce budovy musí být provedeno vyregulování a snížení výkonu soustavy ÚT, z důvodu snížení tepelných ztrát objektu. V opačném případě dojde k přetápění objektu a menší úspoře energie.

2. Podmínky proveditelnosti

Veškerá opatření musí být realizována dle platných předpisů a norem.

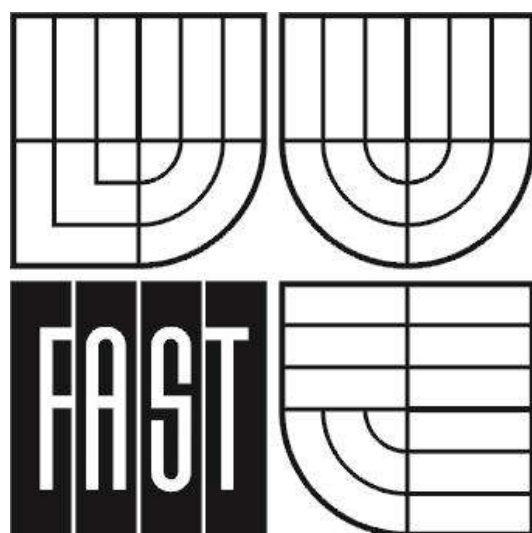
Před dozateplením štítové stěny musí být ověřena únosnost již realizovaného kontaktního zateplení. Pokud zkouška nevyhoví, musí být provedeno odstranění původní vrstvy, nebo provedeno dokotvení.

Solární systém bude napojen na stávající rozvod TV přes výměník připojený k objektové předávací stanici.

6. Část - Údaje o energetickém specialistovi

1. Jméno a příjmení	Titul
Jan Březina	Bc.
2. Číslo oprávnění	3. Datum vydání
4. Datum posledního průběžného vzdělávání	
5. Podpis	6. Datum
	13.12.2015

C. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

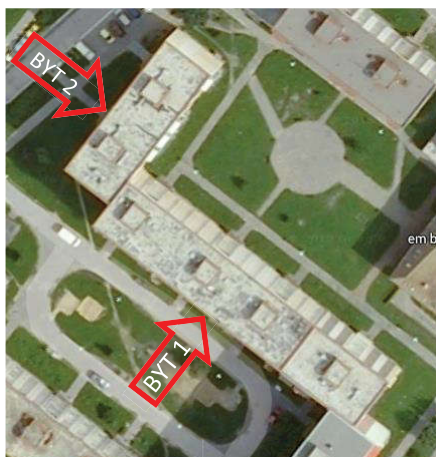


C.1 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

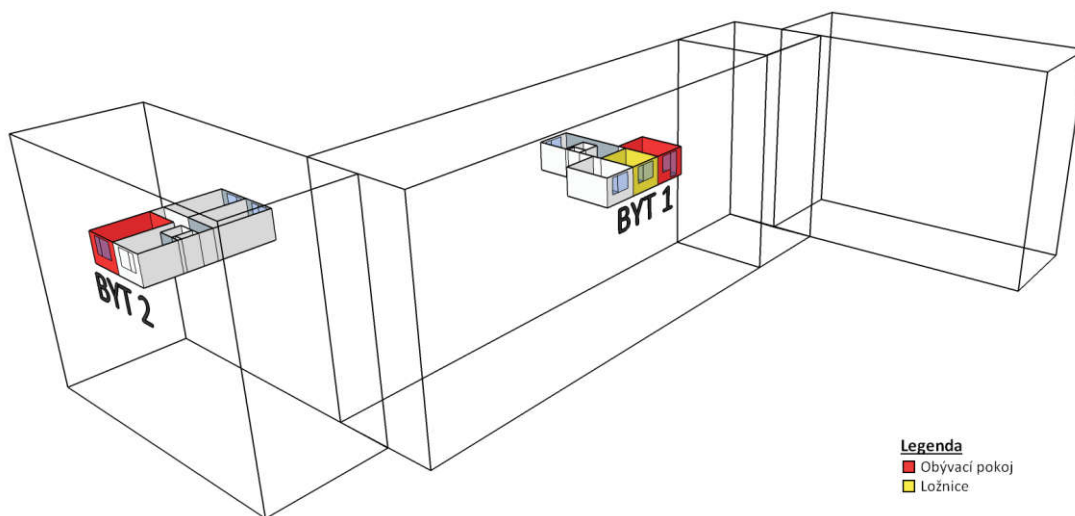
C.1.1 Představení prostředí

Předmětem experimentálního měření bylo porovnání vnitřního prostředí dvou stejných bytů nacházejících se v sousedních panelových bytových domech. Probíhalo zde měření koncentrace škodlivin oxidu uhličitého (CO_2), vnitřní teploty, vnitřní relativní vlhkosti a vnitřní teploty rosného bodu. Při měření byly také měřeny, pro experiment méně významné, následující parametry (teplota přívodního a vratného potrubí tělesa (otopné soustavy), venkovní teplota, venkovní relativní vlhkost a venkovní teplota rosného bodu).

Hlavní rozdíl těchto prostředí je v konstrukci obálky budovy, první byt (1) je s nezatepleným obvodovým pláštěm s orientací měřené místnosti na JZ, u druhého bytu (2) je provedeno kontaktní zateplení obvodového pláště polystyrenem tl. 80 mm, orientace měřené místnosti je na SZ [Obr. C.1]. Oba byty mají vyměněny okna za plastová s izolačním dvojsklem stejných parametrů. Vytápění je v obou případech realizováno objektovou předávací stanicí stejného typu zásobovanou teplem od jednoho dodavatele. Byty se nacházejí v šestém nadzemním podlaží, jejich dispozice je podobná jsou čtyřpokojové v kombinaci 3+1, měření vždy proběhlo v obývacím pokoji [Obr. C.2]. Užívání bytů je standartní, v každém bydlí čtyřčlenná rodina.



Obr. C.1 Orientace na světovou stranu a poloha bytů [40]



Obr. C.2 Umístění bytů v budovách a jejich dispozice

C.1.2 Použité měřicí přístroje

C.1.2.1 Ústředna Testo 350MXL + sonda CO₂

Parametry ústředny:

- Rozměry: 395x275x95 mm
- Paměť: 250 000 hodnot
- Provozní teplota: -5 až +45 °C
- Provozní vlhkost: 10 až 70 %RV bez kondenzace
- Přesnost: ±1 digit ... ±10 ppm CO₂

Parametry sondy CO₂:

- Měřicí rozsah: 0 až +10 000 ppm CO₂
- Přesnost: ±50 ppm CO₂ pro rozsah 0 až +5 000 ppm CO₂
±100 ppm CO₂ pro roz. +5001 až +10 000 ppm CO₂
- Čas odezvy: 20 s



Obr. C.3 Ústředna Testo 350MXL + sonda CO₂ [45]

C.1.2.2 Ústředna ALMEMO 3290-8 + čidla teploty

Parametry ústředny:

- Rozměry: 225x154x86 mm
- Paměť: 100 000 hodnot
- Provozní teplota: -10 až +60 °C
- Provozní vlhkost: 10 až 90 %RV bez kondenzace

Parametry čidla teploty:

- Provedení: termočlánekový drát NiCr-Ni
- Izolace: skleněná vlákna (vodiče a plášť)
- Měřicí rozsah: -25°C až 400°C
- Čas odezvy: velmi rychlá
- Průměr jádra: 0,5 mm



Obr. C.4 Ústředna ALMEMO 3290-8 [46]

C.1.2.3 Teploměr-vlhkoměr Datalogger Comet S3120

- Rozměry: 93x64x29 mm
- Paměť: 16 252 hodnot ... necyklický záznam
15 296 hodnot ... cyklický záznam
- Provozní teplota: -30 až +70 °C
- Provozní vlhkost: 0 až 100 %RV

Parametry měření:

- Teplota:
 - Typ čidla: odporový snímač Pt1 000 / 3 850ppm
 - Rozsah měření: -30 až +70 °C
 - Rozlišení: 0,1 °C
 - Přesnost: ± 0,4 °C
 - Doba odezvy: < 2 min (teplotní skok 20 °C)
- Relativní vlhkost (údaj je teplotně kompenzován v celém teplotním rozsahu):
 - Rozsah měření: 0 až 100 %RV
 - Rozlišení: 0,1 %RV
 - Přesnost: ± 2,5 %RV v rozsahu 5 až 95 %RV při 23 °C
 - Doba odezvy: < 15 s (vlhkostní skok 30 %RV, konstantní teplota)
- Rosný bod (veličina vypočtená z teploty a vlhkosti):
 - Rozsah měření: -60 až +70 °C
 - Rozlišení: 0,1 °C
 - Přesnost: ± 1,5 °C při okolní teplotě T < 25 °C a RV > 30 %



Obr. C.5 Teploměr-vlhkoměr Datalogger Comet S3120 [47]

C.1.2.4 Hodnoty vstupující do měření:

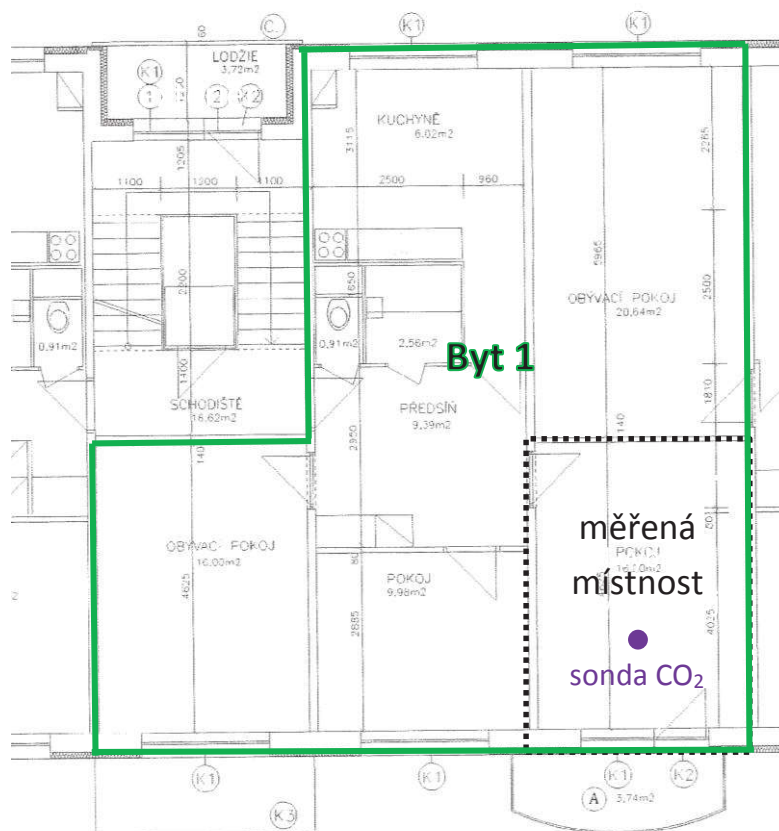
• koncentrace	CO ₂ [ppm]	} Testo 350MXL + sonda CO ₂
• teplota vzduchu interiéru	t _i [°C]	} ALMEMO 3290-8 + čidla teploty
• teplota vzduchu exteriéru	t _e [°C]	
• relativní vlhkost vzduchu interiéru	RH _i [%]	
• relativní vlhkost vzduchu exteriéru	RH _e [%]	
• teplota rosného bodu interiéru	t _{i,r} [°C]	} Datalogger Comet S3120
• teplota rosného bodu exteriéru	t _{e,r} [°C]	
• teplota přívodní otopné vody	t _p [°C]	} Datalogger Comet S3120
• teplota vratné otopné vody	t _v [°C]	

C.1.3 Měření koncentrace CO₂ v ovzduší

Měření koncentrace CO₂ probíhalo v zimním období po dobu jednoho týdne a to v termínu od 19. 2. 2015 16:30 do 4. 3. 2015 16:00. Časový krok pro záznam hodnot byl zvolen na 5 minut. Čidla pro měření byly během této doby umístěny na 2 místech. V období od 19. 2. 16:30 do 24. 2. 17:00 proběhlo měření v prvním nezatepleném bytě (1). V termínu od 25. 2. 17:30 do 1. 3. 15:30 v druhém zatepleném bytě (2). Výskyt osob i větrání prostoru bylo nahodilé.

Poslední měření, které probíhalo v termínu od 1. 3. 20:30 do 4. 3. 16:00, zkoumalo vliv polohy ventilace okna na koncentracích v místnosti. V tomto případě byla měřenou místností ložnice nezatepleného bytu (1). Během měření se ložnici přes noc nacházely dvě osoby.

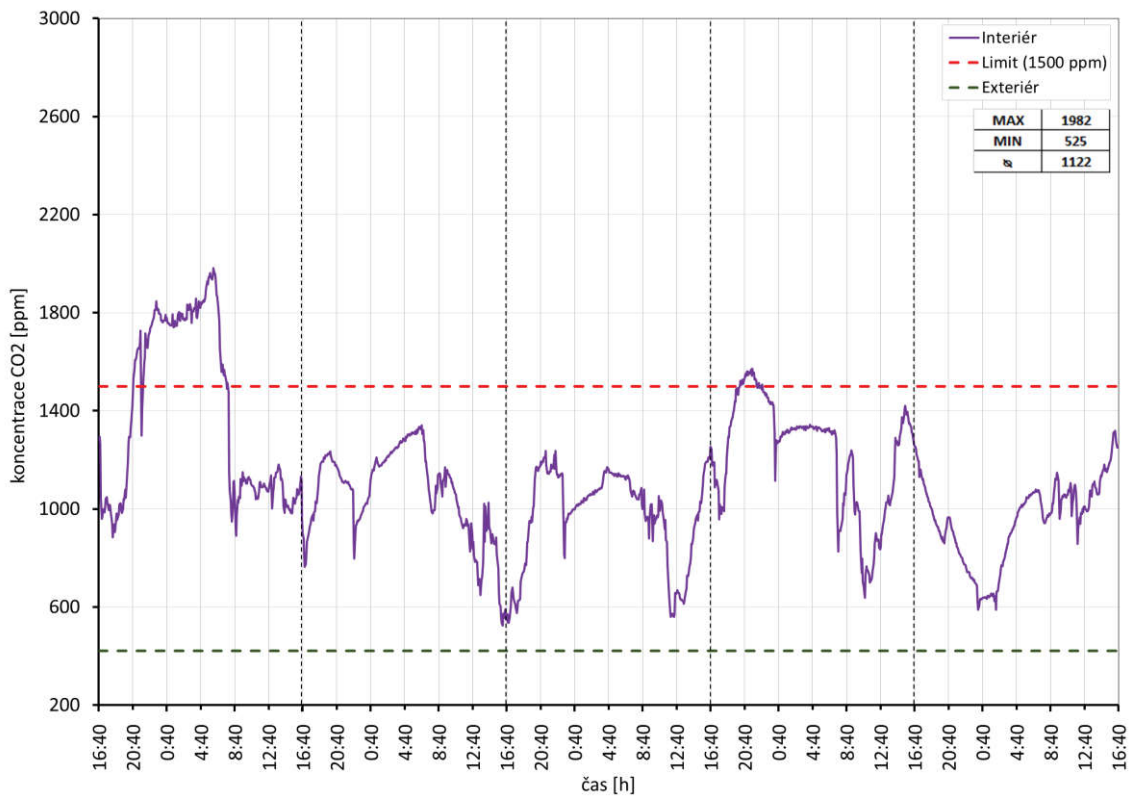
Sonda měřicího přístroje byla umístěna do prostoru místnosti 1 m nad podlahu a její poloha je znázorněno ve schématu [Obr. C.6.], umístění sondy v bytě (2) bylo stejné.



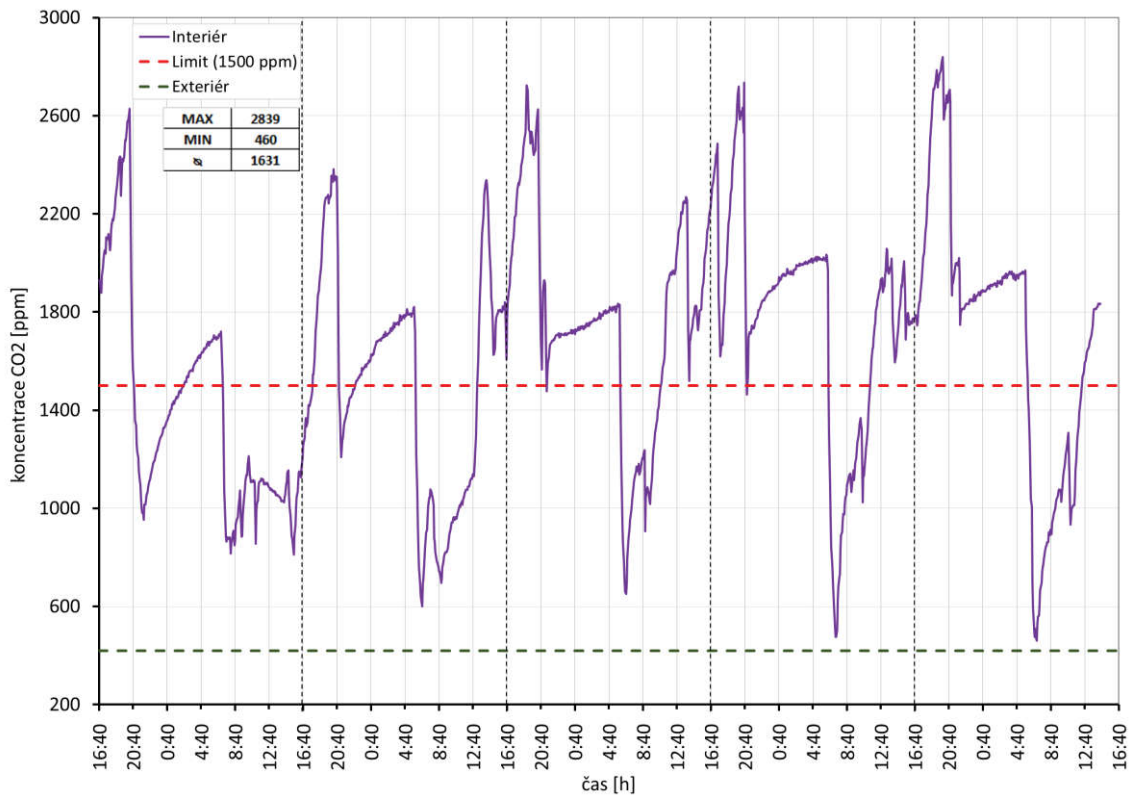
Obr. C.6 Schéma umístění sondy CO₂

Venkovní koncentrace CO₂ byla měřena po dobu 10 minut a pohybovala se okolo hodnoty 420 ppm. Veškeré naměřené hodnoty z měření prostředí obývacího pokoje bytu (1) a bytu (2) jsou zobrazeny v tabulce přílohy č. 5, pro ložnici bytu (1) pak v tabulce přílohy č. 6.

V grafech [Obr. C.7, Obr. C.8] je zobrazen průběh naměřených hodnot jednotlivých bytů v čase:



Obr. C.7 Průběh naměřených hodnot CO₂ v nezatepleném bytě (1)

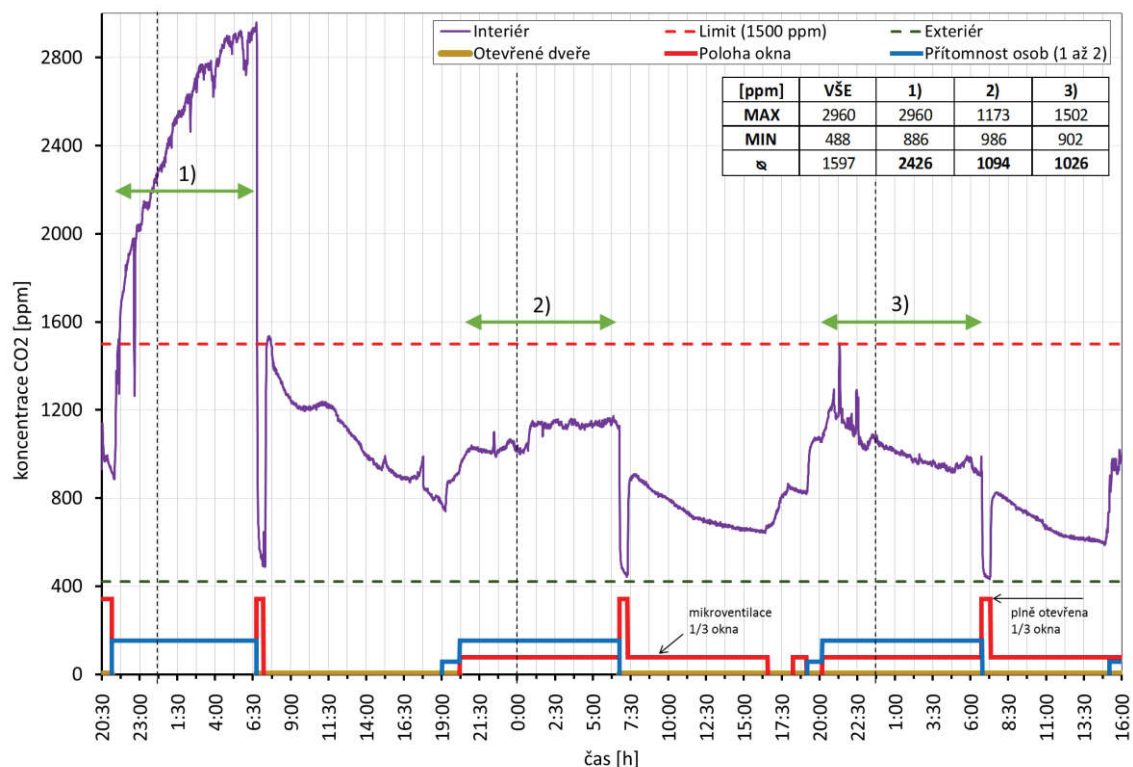


Obr. C.8 Průběh naměřených hodnot CO₂ v zatepleném bytě (2)

Poslední měření proběhlo v ložnici bytu (1) po dobu třech nocí, vždy za přítomnosti dvou osob. Cílem bylo zobrazit průběh koncentrací CO₂ v závislosti na větrání místnosti pomocí „ventilačky“ (plocha 1/3) okna do exteriéru a dveří do interiéru. V grafu [Obr. C.9] je znázorněn průběh naměřených hodnot.

Každou noc následující noc došlo k úmyslné změně polohy okna a dveří, a to následovně:

- 1) okno zavřeno, dveře zavřeny (1. noc, 21:10 až 6:45)
- 2) okno z 1/3 otevřeno na mikroventilaci, dveře zavřeny (2. noc, 20:12 až 6:45)
- 3) okno z 1/3 otevřeno na mikroventilaci, dveře otevřeny (3. noc, 20:10 až 6:45)



Obr. C.9 Průběh naměřených hodnot CO₂ v závislosti na poloze okna i dveří

C.1.3.1 Výsledky měření koncentrace CO₂

Ve vyhlášce č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., [8] o technických požadavcích na stavby, se obecně hovoří o tom, že stavba musí být navržena a provedena tak, aby neohrožovala život a zdraví osob nebo zvířat. Pro větrání obytných místností přirozeným nebo nuceným způsobem musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství venkovního vzduchu přiváděného 25 m³/hod na osobu nebo výměna vzduchu v místnosti nejméně jedenkrát za dvě hodiny. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO₂, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1 500 ppm. Zajímavostí je, že před změnou vyhlášky byla tato hodnota o třetinu nižší a to 1 000 ppm. Tyto uvedené hodnoty, ať již minimálního množství vzduchu nebo maximální koncentrace oxidu uhličitého platí pro všechny druhy staveb.

Za celou dobu měření se v nezatepleném bytě (1) průměrná hodnota koncentrace oxidu uhličitého pohybovala okolo 1 122 ppm. Nejvyšší naměřená hodnota 1 982 ppm nastala v noci při přespání dvou osob v této místnosti, bez jakéhokoliv větrání oknem.

V zatepleném bytě se průměrná hodnota pohybovala podstatně výše a to 1 631 ppm. Nejvyšší naměřená hodnota 2 839 ppm nastala ve večerních hodinách při výskytu dvou osob, při zavřeném okně.

Hodnoty koncentrací v prvním prostředí jsou na přijatelné úrovni. Je patrné, že docházelo k mnohem častějšímu větrání při pobytu osob v průběhu dne. Zatímco v druhém prostředí se průměrná hodnota dostává nad povolenou mez a maximální hodnoty jsou na mnohem vyšší úrovni. Z grafů je velmi zřetelně poznat kdy došlo k otevření okna, případně kdy zde byli přítomni lidé. Prudké poklesy koncentrací mají konvexní charakter, jsou způsobeny plným otevřením okna místnosti. Vzestupy koncentrací mají konkávní charakter a jsou způsobeny dlouhodobější přítomností osob.

Při měření koncentrací přes noc v ložnici prvního bytu (1) pro případ všech zavřených otvorů místnosti a přítomnosti dvou osob se hodnota koncentrace vyšplhala až na 2 960 ppm! Při takto vysoké koncentraci dochází k bolestem hlavy a k nekvalitnímu spánku. Při použití mikroventilace u okna, se koncentrace pohybuje na přijatelné hodnotě 1 170 ppm. Pokud jsou otevřeny i dveře místnosti, hodnota postupně klesala na hodnotu 902 ppm. Proto lze doporučit větrat přes noc alespoň mikroventilací okna, pokud v místnosti ve které spíme, není instalována řízené větrání,

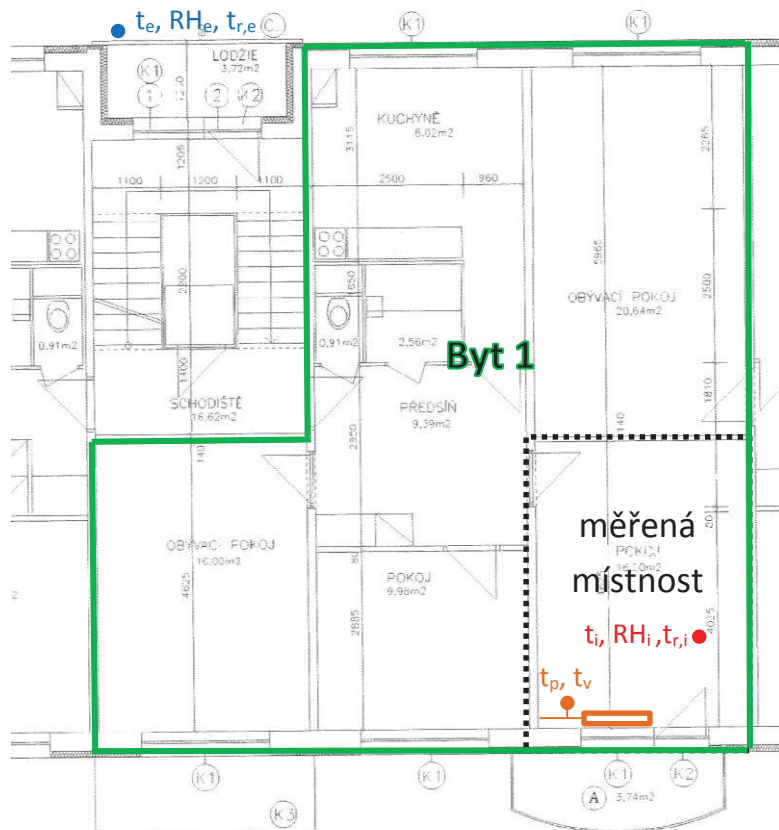
Z výsledků měření vyplynulo, že největším problémem je porovnávat prostředí, ve kterých dochází k rozdílnému profilu užívání. V prvním bytě (1) je průběh koncentrací velmi nepravidelný, zatímco u druhého bytu (2) lze v grafu vysledovat určitou pravidelnost. Je zde patrné, že uživatelé tohoto bytu méně větrali a byly častěji přítomni v měřené místnosti. Proto nelze vliv zateplení obálkové konstrukce budovy na hodnoty koncentrací ve vnitřním prostředí přímo prokázat. Dominantní vliv na hodnotu koncentrací má uživatel, který zajišťuje větrání prostoru.

Vzhledem k těmto výsledkům měření a předepsaným hygienickým limitům doporučuji spoluvlastníkům budovy, aby se zabývali řízeným větráním objektu. Lze doporučit zvážení instalace ventilační (klimatizační) jednotky osazené spínacím čidlem CO₂ tak, aby docházelo k řízenému větrání v závislosti na koncentraci CO₂ v bytech. Tak dojde k omezení nákladů na vytápění a k větrání v době, kdy je to nezbytné. Instalací rekuperace zároveň dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění, i když je nutné podotknout, že dojde k mírnému zvýšení spotřeby elektřiny potřebné pro pohon ventilátoru. Z energetického hlediska je výhodné použít rekuperaci, toto bývá obvykle i nejekonomičtější způsob zajištění hygieny prostředí. Je třeba upozornit na to, že každá VZT jednotka se musí pravidelně udržovat, zejména musí docházet k výměně filtrů. Četnost výměn by měl stanovit výrobce či prodejce zařízení.

C.1.4 Měření teploty a vlhkosti

Měření teplot a vlhkosti interiéru, exteriéru a teplot otopné vody probíhalo zároveň a ve stejném časovém kroku jako měření koncentrací CO₂. Parametry vzduchu v interiéru a exteriéru byly měřeny pomocí datalogeru, ten byl v interiéru umístěn 1 m nad podlahou, v exteriéru byl zavěšen na lodžii v šestém nadzemním podlaží. Teplota otopné vody byla měřena na přívodním a vratném potrubí radiátoru pomocí datové ústředny a dvou termočláňkových čidel.

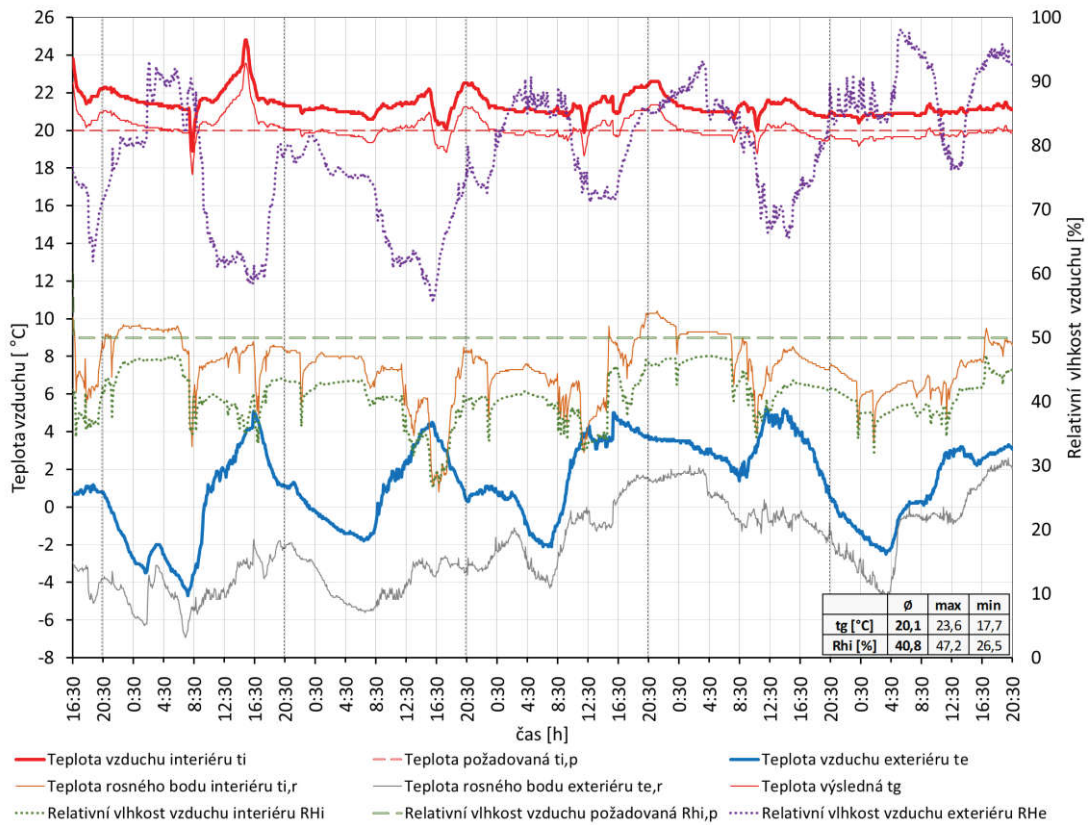
Rozmístění čidel je znázorněno ve schématu [Obr. C.10], pozice čidel v druhém bytě (2) byla stejná.



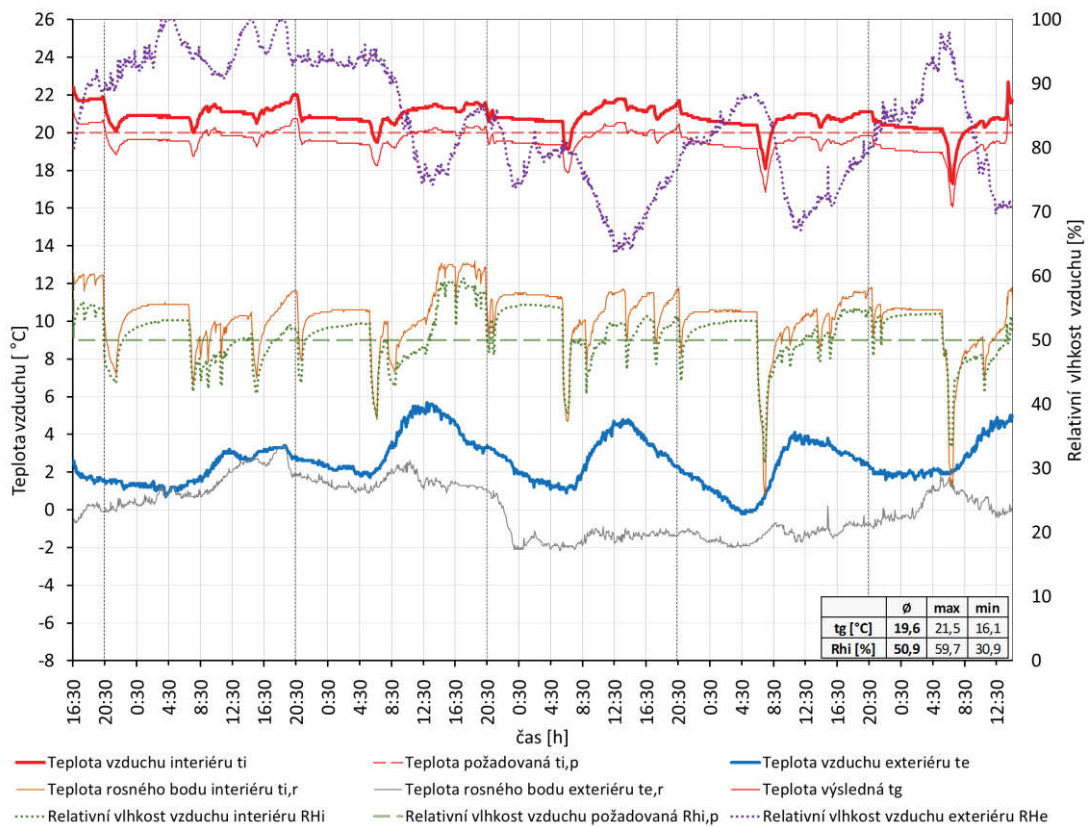
Obr. C.10 Schéma umístění čidel teploty a vlhkosti

Výsledná teplota t_g lze stanovit kulovým teploměrem. Tato teplota nebyla měřena po celý měřený úsek ale jen krátce. Naměřená teplota kulového teploměru se pohybovala v rozmezí 1 až 1,5°C pod teplotou vzduchu. Z tohoto důvodu je výsledná teplota uvažována o 1,25 °C nižší než teplota vzduchu.

Na grafu [Obr. C.11, Obr. C.12] je zobrazen průběh naměřených hodnot jednotlivých bytů v čase:



Obr. C.11 Průběh naměřených hodnot v nezatepleném bytě (1)



Obr. C.12 Průběh naměřených hodnot v zatepleném bytě (2)

C.1.4.1 Výsledky měření teplot a vlhkosti

Ve vyhlášce č. 194/2007 Sb. [10] kterou se stanoví pravidla pro vytápění je stanoven požadovaný stav vnitřního prostředí. Je zde uvedeno, že v průběhu otopného období musí být během dne prostory vytápěny tak, aby výsledná teplota, která zohledňuje vedle teploty vnitřního vzduchu i vliv sálání okolních stěn, odpovídala požadované teplotě dle druhu místnosti. Pro obývací pokoj je výsledná teplota stanovena na 20 °C a relativní vlhkost vzduchu na 50 %.

V bytě (1) je průměrná hodnota výsledné teploty 20,1 °C, zatímco v druhém bytě (2) 19,6 °C. Z průběhů teplot znázorněných v grafech [Obr. C.11, Obr. C.12] vyplývá, že teplota vzduchu se v průběhu dne a noci mírně liší, tyto výkyvy jsou způsobeny solárními zisky v poledních hodinách a přítomností osob, ziskem od spotřebičů v odpoledních hodinách. Dominantní vliv na teplotu interiéru má otopné těleso, v posledních grafech [Obr. C.13, Obr. C.14] je vidět že docházelo k regulaci výkonu tělesa nejenom termostatem hlavice, ale i uživatelem bytu.

Z grafů je patrné, že hodnoty výsledné teploty ne vždy vyhovují daným hygienickým požadavkům, nicméně odchylka od požadované teploty je velmi malá, proto se dá teplota v těchto prostředích považovat za vyhovující.

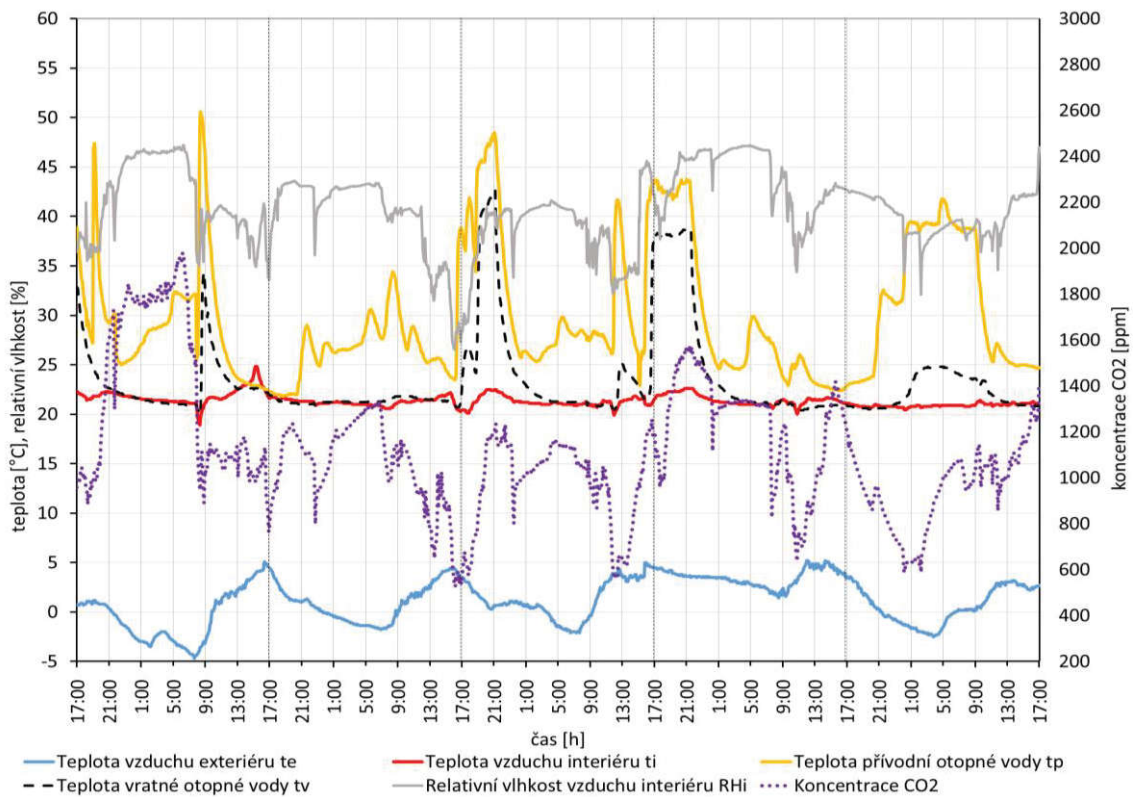
Hodnoty relativní vlhkosti prvního bytu je většinu času pod daným hygienickým minimem na průměrné hodnotě 40,8 %. Nízká hodnota může být zapříčiněna tím, že se v tomto bytě více větralo a docházelo k difuzi vlhkosti do exteriéru. Protože měření probíhalo v zimním období, byla vlhkost vzduchu ve venkovním prostředí nižší. Dále to může být způsobeno vytápěním, kdy dochází dalšímu vysušování vzduchu.

Ve druhém bytě byla průměrná hodnota 50,9 %, tato hodnota je tedy vyšší. Jak bylo již výše uvedeno, v tomto bytě se méně větralo. Vyšší hodnota také může být způsobena tím, že se v tomto bytě často vaří a tím se zvyšuje vlhkost prostředí.

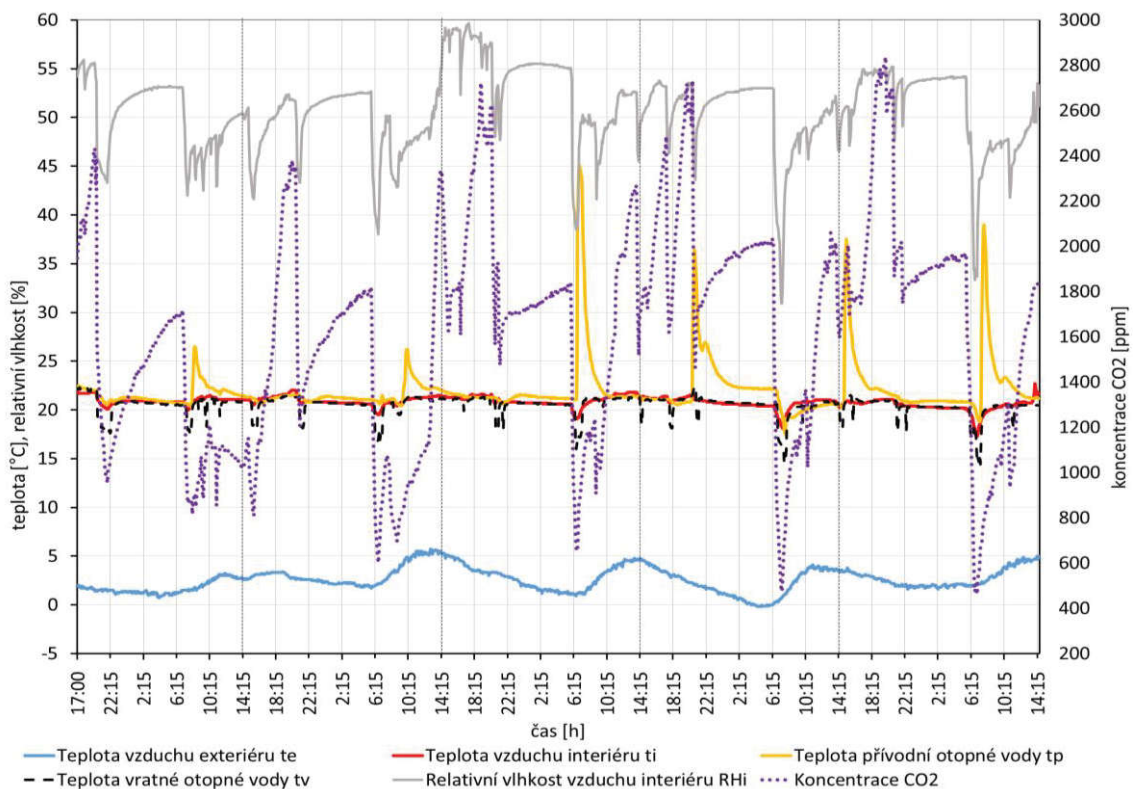
Optimální hodnoty vlhkosti pro lidský organismus se pohybují kolem 40 % (30 – 50 %). Nižší hodnota vlhkosti vzduchu pod 20 %, může mít za následky vysychání sliznic a pálení očí. Z tohoto důvodu je třeba v daných prostorách instalovat zvlhčovače vzduchu, nebo přivádět do místnosti pomocí vzduchotechniky již vzduch s vyšší vlhkostí. Naopak vysoká vlhkost interiéru škodí spíše budovám, než člověku. Zvyšuje totiž teplotu rosného bodu, čímž hrozí vnik kondenzace na chladných površích a dohází k následné tvorbě plísní a mikroorganismů.

C.1.5 Kombinace výsledků měření

V následujících grafech [Obr. C.13, Obr. C.14] je znázorněna kombinace vybraných hodnot ze všech předešlých měření.



Obr. C.13 Průběh vybraných hodnot v nezatepleném bytě (1)



Obr. C.14 Průběh vybraných hodnot v zatepleném bytě (2)

C.1.5.1 Porovnání všech měřených hodnot

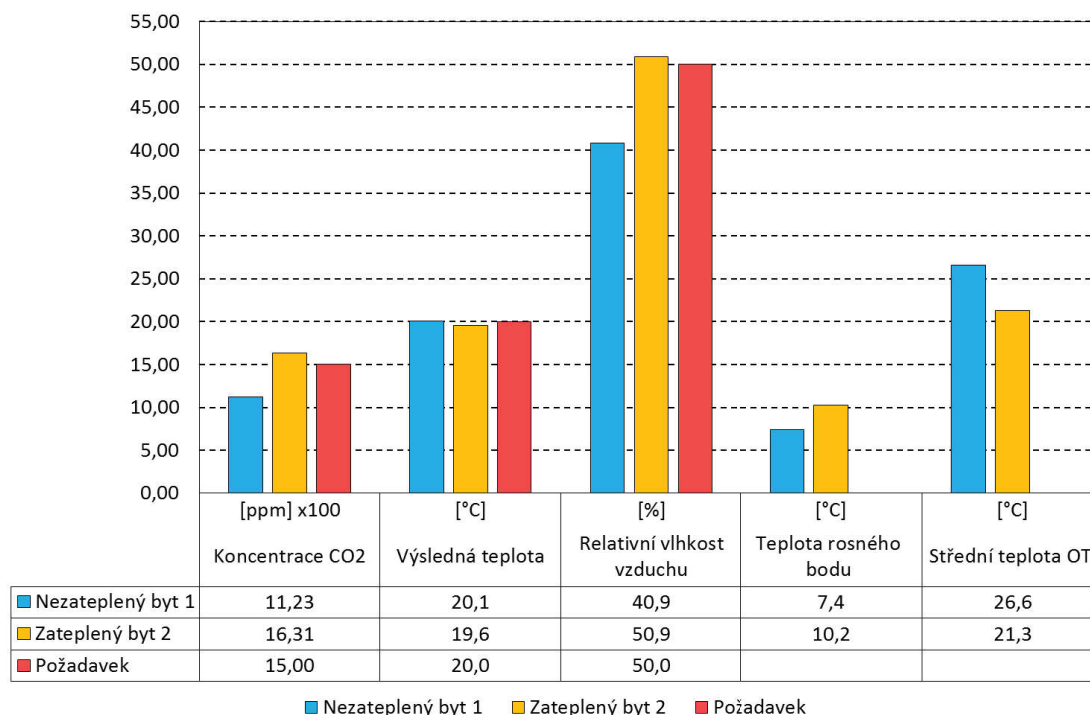
V tabulce [Tab. C.1] jsou všechny měřené hodnoty shrnuty a porovnány. V druhé tabulce [Tab. C.2] jsou vyčleněny hodnoty u kterých jsou stanoveny jejich limity ve vyhláškách. Toto porovnání upevňuje fakta, které byly uvedeny výše.

Stanoviště	Měřená veličina	Nezateplený byt (1)						Zateplený byt (2)					
		Interiér			Exteriér			Interiér			Exteriér		
		Ø	max	min	Ø	max	min	Ø	max	min	Ø	max	min
Koncentrace CO ₂	[ppm]	1123	1982	525	420	-	-	1632	2839	460	420	-	-
Teplota vzduchu	[°C]	21,3	24,8	18,9	1,2	5,2	-4,7	20,8	22,7	17,3	2,6	5,7	-0,2
Výsledná teplota	[°C]	20,1	23,6	17,7	-	-	-	19,6	21,5	16,1	-	-	-
Relativní vlhkost vzduchu	[%]	40,8	47,2	26,5	78,4	98,2	55,5	50,9	59,7	30,9	84,2	100,0	63,7
Teplota rosného bodu	[°C]	7,4	10,4	0,8	-2,3	2,2	-6,9	10,2	13,2	0,8	0,1	3,4	-2,2
Střední teplota OT	[°C]	26,7	46,6	20,9	-	-	-	21,3	59,7	30,9	-	-	-

Tab. C.1 Porovnání všech měřených hodnot

Stanoviště	Hodnocená veličina	Nezateplený byt (1)		Zateplený byt (2)	
		Interiér		Interiér	
		nad limitem	pod limitem	nad limitem	pod limitem
Koncentrace CO ₂	[ppm] Limit 1500	10,5%	89,5%	64,6%	35,4%
Výsledná teplota	[°C] Limit 20	47,5%	52,5%	21,5%	78,5%
Relativní vlhkost vzduchu	[%] Limit 50	0,0%	100,0%	63,7%	35,9%

Tab. C.2 Vyhodnocení požadovaných hodnot stanovených vyhláškou



Obr. C.15 Grafické porovnání a vyhodnocení průměrných hodnot

D. ZÁVĚR

V první, teoretické, části je rozebrána problematika termokamery a její využití ve stavební praxi. Pro ukázkou jsou použity termosnímký pořízené na objektu posuzovaném v energetickém posudku.

Prostřední část obsahuje energetický posudek panelového bytového domu. V této části je popsán původní výchozí stav, možná navrhovaná úsporná opatření, která jsou poté poskládána do 2 variant, každá varianta je vyhodnocena i v případě financování investice s dotací. Tyto varianty jsou pak dále posouzeny ekonomicky a ekologicky a je z nich vybrána ta, která splňuje stanovené cíle posudku.

Třetí část je zaměřena na měření a hodnocení vnitřního prostředí v dané budově. Je zde vyhodnocena koncentrace škodlivin CO₂, vnitřní teploty a relativní vlhkost. Z naměřených hodnot jsou poté vyvozeny závěry a dána doporučení pro nápravu.

E. POUŽITÉ ZDROJE

a) *Zákony, vyhlášky, normy směrnic*

1. ZÁKON Č. 406/2000 SB., o hospodaření energií
2. ZÁKON Č. 318/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií
3. ZÁKON Č. 183/2006 SB., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
4. VYHLÁŠKA Č. 480/2012 SB., o energetickém auditu a energetickém posudku
5. VYHLÁŠKA Č. 118/2013 SB., o energetických specialistech
6. VYHLÁŠKA Č. 78/2013 SB., o energetické náročnosti budov
7. VYHLÁŠKA Č. 193/2007 SB., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
8. VYHLÁŠKA Č. 268/2009 SB., o technických požadavcích na stavby
9. VYHLÁŠKA Č. 499/2006 SB., o dokumentaci staveb
10. VYHLÁŠKA Č. 194/2007 SB., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie
11. NORMA ČSN EN 12831. *Vytápěcí systém budov – Metoda výpočtu tepelné ztráty*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
12. NORMA ČSN 73 0540 - 2. *Tepelná ochrana budov - část 2: požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
13. NORMA ČSN 73 0540 - 4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
14. NORMA ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
15. NORMA ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
16. NORMA ČSN EN ISO 13789. *Tepelné chování budov - Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním - Výpočtová metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
17. NORMA ČSN EN ISO 13370. *Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
18. TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
19. NORMA ČSN ISO 7144. *Dokumentace – Formální úprava disertací a podobných dokumentů*. 1997.
20. NORMA ČSN ISO 7144. *Dokumentace – Formální úprava disertací a podobných dokumentů*. 1997.
21. NORMA ČSN 01 6910. *Úprava písemností zpracovaných textovými editory nebo psaných strojem* 2001.
22. NORMA ČSN ISO 690 (01 0197). *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. 2011.

b) Knihy a akademické práce

23. ŠIMKO, Milan a Milan CHUPÁČ. *Termovízia a jej využitie v praxi*. 1. vyd. V Žiline: Žilinská univerzita, 2007, 110 s. ISBN 978-80-8070-654-8.
24. SCHAUER, Pavel. *Aplikovaná fyzika: Modul 4 - Přenos tepla*. Brno, 2006.
25. LYSENKO, Vladimír. *Detektory pro bezdotykové měření teplot*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 153 s. Sensory neelektrických veličin. ISBN 80-7300-180-2.
26. KREIDL, Marcel. *Měření teploty: senzory a měřicí obvody*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 239 s. Sensory neelektrických veličin. ISBN 80-7300-145-4.
27. HORÁK, P.; UHER, P.; FORMÁNEK, M.; RUBINA, A.; RUBINOVÁ, O.; VRÁNA, J.; KALOUSEK, M.; KUKLÍNKOVÁ, H. *Energetické hodnocení budov*. Brno: VUTIUM - Vysoké učení technické v Brně, 2015. 185 s. ISBN: 978-80-214-5274- 9.

c) Elektronické zdroje

28. *WikiSkripta: Termografie* [online]. Poslední revize 26. 11. 2015 [cit. 2015-12-05].
Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Termografie>
29. *VŠB-TUO: Fakulta stavební: Pozemní stavitelství III: Termografie* [online]. 2006 [cit. 2015-12-06].
Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps3/6.html>
30. *Termokamera.cz: Princip a funkce* [online]. 2015 [cit. 2016-12-08].
Dostupné z: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/>
31. *Testo s.r.o.: Termokamera.com: Průvodce termografií* [online]. 2015 [cit. 2015-12-08].
Dostupné z: <http://termokamera.com/prirucka-termografie/>
32. *Tzb-energ: měření termokamerou* [online]. 2015 [cit. 2015-12-10].
Dostupné z: <http://www.tzb-energ.cz/mereni-termokamerou.html>

d) Obrazové zdroje

33. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: William Herschel* [online]. 2015 [cit. 2015-12-05].
Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/William_Herschel
34. *Earth Observatory: Bolometers: Samuel Pierpont Langley* [online]. 2015 [cit. 2015-12-06].
Dostupné z: http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Langley/langley_2.php
35. *Google plus: Workswell s.r.o.: Fotky z příspěvků*: [online]. 2015 [cit. 2015-12-06].
Dostupné z: <https://plus.google.com/+WorkswellCz/>
36. *Aldebaran: Laboratorní moduly: Planckova konstanta* [online]. 2015 [cit. 2015-12-08].
Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/lab/planck/2_cteni_2.php
37. ŠKORPÍK, Jiří. Vybrané statě z technických nauk Přenos energie elektromagnetickým zářením. *Transformační technologie* [online]. 2015, 08/2014 [cit. 2016-12-08].
Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/prenos-energie-elektromagnetickym-za-renim.html>
38. *Maxmax: Thermal cameras differences* [online]. 2015 [cit. 2015-12-09].
Dostupné z: <https://www.maxmax.com/ThermalCamerasDifferences.htm>
39. *MPO-EFEK: Informační portál Ministerstva průmyslu a obchodu* [online]. 1999 [cit. 2016-1-5].
Dostupné z: http://mpo-efekt.cz/dokument/99_8129.pdf

40. *Google maps* [online]. 2015 [cit. 2015-10-25].
Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@49.5681562,15.9389323,18z>
41. *Český úřad zeměměřický a katastrální: Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. 2015 [cit. 2015-10-25]. Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=795232&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
42. *Ekowat: Panelové domy: Články* [online]. 2015 [cit. 2015-10-5].
Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/p-1-11.html>
43. *Satt a.s.: Tepelné hospodářství: Provoz tepla: Výměňkové stanice* [online]. 2015 [cit. 2015-10-5].
Dostupné z: <http://satt.cz/th/provoz-tepla/vymenikove-stance/>
44. *Bytové domy: Směrnice: Nová zelená úsporám* [online]. 2015 [cit. 2016-01-02].
Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/bytove-domy/1-vyzva-bytove-domy/zavazne-pokyny-pro-bytove-domy/>
45. *Testo s.r.o.: Měřicí přístroje pro CO2* [online]. 2015 [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <https://www.testo.cz/Vlhkost-co-a-co2/Prehled-pristroju/prehled-pristroju-co2/>
46. *Kayteck instruments: ALMEMO® 3290-8* [online]. 2015 [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.kayteck.com/english/32908.htm>
47. *Comet system, s.r.o.: S3120 Teploměr-vlhkoměr* [online]. 2015 [cit. 2015-12-20]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkty/reg-S3120>

F. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

a) Zkratky

NETD – Noise equivalent temperature difference (parametr teplotní citlivosti)

ČSN – Český normalizační institut

TNI – Technické normalizační informace

OPS – Objektová předávací stanice

ÚT – Ústřední topení

TV – Teplá voda

RH – Relative humidity (relativní vlhkost) [%]

ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems

(Vnější tepelně izolační kompozitní systém)

CO₂ – Oxid uhličitý

ppm – Označuje jednu částici dané látky na každých 999 999 jiných částic

(Parts per million)

b) Fyzikální veličiny

ε – emisivita [-]

c – koncentrace [ppm]

t – teplota [°C]

RH – relativní vlhkost [%]

c) Indexy

e – exteriér

i – interiér

r – rosný bod

p – přívodní potrubí

z – zpětné potrubí

G. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

a) *Obrázky*

Obr. A.1 Pokus Sira Fredericka Hersschela [33]	15
Obr. A.2 Schéma patentované konstrukce Bolometru S.P. Langleye [34]	16
Obr. A.3 AGA 750 - První termografický systém [35]	17
Obr. A.4 Elektromagnetické spektrum záření [29]	18
Obr. A.5 Planckův vyzařovací zákon [36]	19
Obr. A.6 Rozložení zářivosti reálného tělesa a jeho nahrazení šedým tělesem [37]	20
Obr. A.7 Blokové schéma termokamery [30]	21
Obr. A.8 Mikrobolometr a sestava v matici [38]	22
Obr. A.9 Vliv chybně nastavené emisivity při měření teploty [31]	25
Obr. A.10 Vliv oslnění měřené konstrukce	26
Obr. A.11 Termokamera FLUKE Ti40 a její použití při měření	27
Obr. A.12 Termovizní snímek vady obvodové stěnové kce – nedostatečná tloušťka izolace	29
Obr. A.13 Povrchová kondenzace – vznik plísní a degradace materiálu	29
Obr. A.14 Termovizní snímek štítové obvodové stěny bez zateplení	30
Obr. A.15 Termovizní snímek štítové obvodové stěny po zateplení	30
Obr. A.16 Průčelní obvodové stěna bez zateplení	30
Obr. A.17 Průčelní obvodové stěna po zateplení	31
Obr. A.18 Porovnání teplot zateplené a nezateplené fasády obvodové stěny	31
Obr. A.19 Pohled na zateplenou a nezateplenou budovu	31
Obr. A.20 Kout nezateplené lodžie	32
Obr. A.21 Kout zateplené lodžie	32
Obr. A.22 Maximální tloušťka tepelné izolace ostění	32
Obr. A.23 Nadpraží a horní část ostění okna RD	33
Obr. A.24 Spodní část ostění a parapet okna RD	33
Obr. A.25 Chybějící tepelná izolace ve střešní konstrukci	34
Obr. A.26 Chybějící tepelná izolace ve stropní konstrukci	34
Obr. A.27 Chybně provedené spáry tepelné izolace	34
Obr. A.28 Ukázka nevýhody vnitřního zateplení stěn	35
Obr. A.29 Průběhy teplot v obvodové stěně pro různé typy zateplení v průběhu roku [39]	35
Obr. A.30 Chybějící izolace rozvodů ústředního vytápění	36
Obr. A.31 Nedostatečná tloušťka izolace rozvodů TV	36
Obr. A.32 Nedostatečná tloušťka izolace rozvodů TV vedených v platovém žlabu	37
Obr. A.33 Armatury rozvodu pitné, teplé a cirkulační vody bez tepelné izolace	37
Obr. A.34 Nezaizolované armatury horkovodu	37
Obr. A.35 Porovnání nezaizolované a zaizolované armatury	38
Obr. A.36 Tepelná izolace a oplechování výměníku pro ÚT a TV	38
Obr. B.1 Posuzovaný objekt	39
Obr. B.2 Fotomapa [40]	41
Obr. B.3 Katastrální mapa 1:500 [41]	41
Obr. B.4 Jihozápadní pohled	43

Obr. B.5 Severozápadní pohled	43
Obr. B.6 Severovýchodní pohled	43
Obr. B.7 Ukázka sendvičové konstrukce meziokení vložky [42]	44
Obr. B.8 Stav těsnění dilatačních spár panelů	44
Obr. B.9 Střešní konstrukce	45
Obr. B.10 Stávající výplně otvorů.....	45
Obr. B.11 Vyměněné výplně otvorů	46
Obr. B.12 Předávací stanice	48
Obr. B.13 Obecný popis (OPS) [43].....	49
Obr. B.14 Horizontální rozvody ÚT a jejich napojení.....	49
Obr. B.15 Měřicí soustava tepla a rozvaděč s digitálním regulátorem.....	50
Obr. B.16 Ekvitermní křivka regulátoru	51
Obr. B.17 Větrání objektu nad střechu	51
Obr. B.18 Rozdělení objektu do zón	53
Obr. B.19 Výpočtový model původního stavu a jeho umístění v zástavbě	54
Obr. B.20 Jižní pohled na zónování.....	54
Obr. B.21 Západní pohled na zónování.....	54
Obr. B.22 Severní pohled na zónování.....	55
Obr. B.23 Graf dodané energie	55
Obr. B.24 Graf nákladů za energii	56
Obr. B.25 Tepelné toky zón	56
Obr. B.26 Tepelné toky budovy	57
Obr. B.27 Graf emisní bilance výchozího stavu	58
Obr. B.28 Zobrazení dotčených konstrukcí prvního opatření.....	63
Obr. B.29 Zobrazení dotčených konstrukcí druhého opatření	65
Obr. B.30 Zobrazení dotčených konstrukcí třetího opatření	67
Obr. B.31 Využitelný zisk solárního systému v roce	71
Obr. B.32 Rozmístění solárních panelů na střeše budovy	71
Obr. B.33 Výpočet výše podpory [44].....	73
Obr. B.34 Grafické porovnání návratnosti investice bez dotace a s dotací varianty první.....	75
Obr. B.35 Grafické porovnání návratnosti investice bez dotace a s dotací varianty druhé	78
Obr. B.36 Graf porovnávající vybrané parametry navržených variant	80
Obr. B.37 Graf dodané energie – nový stav.....	81
Obr. B.38 Graf nákladů za energii – nový stav.....	82
Obr. B.39 Tepelné toky zón – nový stav	82
Obr. B.40 Tepelné toky budovy – nový stav	83
Obr. C.1 Orientace na světovou stranu a poloha bytů [40]	92
Obr. C.2 Umístění bytů v budovách a jejich dispozice.....	92
Obr. C.3 Ústředna Testo 350MXL + sonda CO ₂ [45].....	93
Obr. C.4 Ústředna ALMEMO 3290-8 [46]	94
Obr. C.5 Teploměr-vlhkoměr Datalogger Comet S3120 [47].....	94
Obr. C.6 Schéma umístění sondy CO ₂	96
Obr. C.7 Průběh naměřených hodnot CO ₂ v nezatepleném bytě (1).....	97

Obr. C.8 Průběh naměřených hodnot CO ₂ v zatepleném bytě (2)	97
Obr. C.9 Průběh naměřených hodnot CO ₂ v závislosti na poloze okna i dveří.....	98
Obr. C.10 Schéma umístění čidel teploty a vlhkosti.....	100
Obr. C.11 Průběh naměřených hodnot v nezatepleném bytě (1).....	101
Obr. C.12 Průběh naměřených hodnot v zatepleném bytě (2).....	101
Obr. C.13 Průběh vybraných hodnot v nezatepleném bytě (1)	103
Obr. C.14 Průběh vybraných hodnot v zatepleném bytě (2)	103
Obr. C.15 Grafické porovnání a vyhodnocení průměrných hodnot.....	104

b) Tabulky

Tab. A.1 Vlastnosti detektorů a jejich porovnání [30]	23
Tab. B.1 Součinitel prostupu tepla konstrukce a jeho hodnocení	47
Tab. B.2 Tabulka spotřeb tepla a elektrické energie.....	52
Tab. B.3 Zónování budovy.....	53
Tab. B.4 Celková energie dodaná do budovy.....	55
Tab. B.5 Rozdělení tepelných toků a ztrát	56
Tab. B.6 Emisní bilance výchozího stavu.....	58
Tab. B.7 Tabulka s upravenými obvodovými konstrukcemi.....	62
Tab. B.8 Investiční náklady na první opatření.....	62
Tab. B.9 Prostá doba návratnosti prvního opatření.....	63
Tab. B.10 Tabulka s upravenými stropními konstrukcemi.....	65
Tab. B.11 Investiční náklady na druhé opatření.....	65
Tab. B.12 Prostá doba návratnosti druhého opatření	65
Tab. B.13 Tabulka s novými parametry oken.....	66
Tab. B.14 Investiční náklady na třetí opatření.	66
Tab. B.15 Prostá doba návratnosti třetího opatření	67
Tab. B.16 Investiční náklady na čtvrté opatření.....	68
Tab. B.17 Prostá doba návratnosti čtvrtého opatření	68
Tab. B.18 Investiční náklady na páté opatření.....	70
Tab. B.19 Prostá doba návratnosti pátého opatření.....	71
Tab. B.20 Požadované parametry v oblasti podpory [44].....	72
Tab. B.21 Požadavky na měněné stavební prvky [44].....	72
Tab. B.22 Požadované parametry solárních termických systémů [44].....	73
Tab. B.23 Výše podpory pro měněné stavební prvky obálky budovy [44]	73
Tab. B.24 Výše podpory na instalaci solárních systémů [44]	73
Tab. B.25 Přehled a vyhodnocení první varianty bez dotace.....	74
Tab. B.26 Přehled a vyhodnocení první varianty s dotací.....	75
Tab. B.27 Tabulka ekologického hodnocení první varianty	76
Tab. B.28 Přehled a vyhodnocení první varianty bez dotace.....	77
Tab. B.29 Přehled a vyhodnocení druhé varianty s dotací.....	78
Tab. B.30 Tabulka ekologického hodnocení druhé varianty.....	79
Tab. B.31 Celková energie dodaná do budovy.....	81

Tab. B.32 Rozdělení tepelných toků a ztrát	82
Tab. B.33 Přehled hlavních přínosů doporučené varianty.....	84
Tab. C.1 Porovnání všech měřených hodnot	104
Tab. C.2 Vyhodnocení požadovaných hodnot stanovených vyhláškou	104

H. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1** Výpočet energetické náročnosti budovy - výchozí stav
- Příloha č. 2** Výpočet energetické náročnosti budovy - nový stav (varianta I.)
- Příloha č. 3** Výpočet energetické náročnosti budovy - nový stav (varianta II.)
- Příloha č. 4** Bilance solárního systému
- Příloha č. 5** Naměřené hodnoty - nezateplený a zateplený byt (obývací pokoj)
- Příloha č. 6** Naměřené hodnoty CO₂ - nezateplený byt (ložnice)
- Příloha č. 7** Projektová dokumentace posuzovaného objektu
- Příloha č. 8** Schéma zapojení objektové předávací stanice
- Příloha č. 9** Schéma zapojení solárního systému