

Součinitel prostupu tepla panelem

Heat passage coefficient of panel

Dornicová Lenka

Bakalářská práce
2005

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická



Vložit oficiální zadání diplomové/bakalářské práce

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Františku Volkovi, CSc., vedoucímu mé bakalářské práce, za odborné vedení a ochotně poskytnuté rady a pomoc během celého studia. Také bych ráda poděkovala mým rodičům, kteří mě během studia podporovali.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uvedena jako spoluautorka.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně, 03. 06. 2005

.....

Lenka Dornicová

Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje problematice tepelných ztrát. V několika kapitolách vysvětluje základní pojmy prostupu tepla a sdílení tepla. Kromě základních informací obsahuje i konkrétní příklad. Na objektu typu panelový dům v Hranicích, je navrženo optimální řešení a varianta provedení komplexního zateplení budovy.

Summary

This bachelor thesis is concerned with thermal losses problems. In several chapters it describes basic conceptions of heat passage and heat sharing. The particular example is also included besides the basic information. Optimal solution of complex thermal isolation of a building is projected on a slab block in Hranice.

OBSAH

ÚVOD	6
1 STUDIJNÍ A TEORETICKÁ ČÁST	8
1.1 ZÁKLADNÍ PRINCIPY SDÍLENÍ TEPLA	9
1.1.1 Sdílení tepla konvekcí (prouděním)	9
1.1.2 Sdílení tepla radiací (sáláním)	11
1.1.3 Sdílení tepla kondukcí (vedením)	14
1.2 PROSTUP TEPLA	16
1.3 VLIV POVRCHOVÉ TEPLoty KONSTRUKCÍ MÍSTNOSTI NA VYTÁPĚNÍ	18
1.3.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem	18
1.3.2 Vliv chladných stěn	19
1.3.3 Nestejnorodé konstrukce a součinitel prostupu tepla	20
1.4 MĚŘENÍ POVRCHOVÉ TEPLoty	21
1.4.1 Termografie ve stavebnictví	22
2 PRAKTICKÁ ČÁST	24
2.1 PŘEDMĚT ENERGETICKÉHO HODNOCENÍ BUDOVY	24
2.2 CÍL ENERGETICKÉHO ZHODNOCENÍ	24
2.3 PŘEDPOKLÁDANÁ SKLADBA ENERGETICKÝCH ZTRÁT BUDOV	25
2.4 VÝCHOZÍ STAV OBJEKTU	26
2.4.1 Stavební konstrukce	26
2.4.2 Stávající systém rozvodů ÚT	29
2.4.3 Stávající systém ohřevu a rozvodu teplé vody (TV)	31
2.4.4 Stávající systém rozvodu vzduchotechniky	31
2.5 ENERGETICKÉ VSTUPY A VÝSTUPY	31
2.6 ZHODNOCENÍ VÝCHOZÍHO STAVU	32
2.6.1 Tepelně technické parametry budov	34
2.6.2 Hodnocení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí	35
2.6.3 Energetická bilance zpracovaná na základě průměru naměřených spotřeb za poslední 3 roky	35
2.6.4 Vyhodnocení hospodárnosti nakládání s energií	36
2.7 NÁVRHY NA ÚSPORNÁ OPATŘENÍ	36
2.7.1 Souhrn možných úsporných opatření	36
2.7.2 Technický popis možných úsporných opatření	37
2.7.3 Návrh optimálního řešení	40
2.7.4 Návrh doporučené, optimální varianty	42
2.7.5 Energetické vyhodnocení objektu	43
2.7.6 Energetická bilance a ekonomické vyhodnocení	45
2.8 VYHODNOCENÍ Z HLEDISKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	46
3 DISKUZE VÝSLEDKŮ	47
ZÁVĚR	48
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	49
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	50
SEZNAM OBRÁZKŮ	52
SEZNAM TABULEK	53
SEZNAM PŘÍLOH	54

ÚVOD

Panelová výstavba byla prováděna prakticky v letech 1958 až 1994, přičemž nejvíce bytů bylo postaveno v letech 1966 až 1975. Celkem je v těchto objektech cca 1 165 000 bytů, což je 31% veškerého bytového fondu v České republice. Byty v panelových domech pak tvoří 54%ní podíl všech bytů v bytových domech. V zásadě s výjimkou individuální bytové výstavby (pomíjí se tehdy nevýznamná výstavba bytů do osobního vlastnictví v bytových domech) se ve všech formách komplexní bytové výstavby stavěly nové domy převážně panelovou technologií. Základním rysem této formy tzv. zprůmyslněného stavebnictví bylo kladení většího důrazu na rychlost výstavby než na její kvalitu. Problémy spočívají především v technickém stavem objektů, jehož příčinou jsou vady ve výstavbě a zanedbaná údržba.(5)

Panelová výstavba se stala problémem, který se dotýká řady evropských zemí. Jedním z hlavních problémů stávajícího bytového fondu je jeho špatný technický stav, především u starších bytových domů. Zanedbanost podstatné části staršího bytového fondu je důsledkem výrazně podhodnocené údržby v minulých desetiletích dané dlouhodobým nedostatkem finančních prostředků. V důsledku odkládání potřebných oprav je řada budov ve stavu, který vykazuje vážné závady. Tyto se projevují se snižováním užitných vlastností, zvýšenými provozními náklady a stále častěji i sníženou provozní bezpečností. Domy postavené panelovou technologií rozhodně nejsou odsouzeny ke zbourání, jak se někteří lidé velmi naivně domnívají. Poskytují i dnes poměrně slušný standard bydlení a v příštích desetiletích budou nepochybně dobře sloužit ke kvalitnímu bydlení. Drtivá většina potíží, které u panelových domů vnímáme, nespočívá v panelové technologii samotné, ale je vyvolána jejím nesprávným využitím nebo nekvalitní realizací.

Problém regenerace panelových domů ostatně není jen českým problémem. Rozdíl spočívá pouze v tom, že celá řada západních zemí se s ním vypořádala již dříve nebo minimálně s jejich regenerací započala podstatně dříve než my.

K celkové regeneraci panelového domu. Patří sem opravy konstrukčních částí, rekonstrukce vnitřních rozvodů, výměny sanitárních jader atd. Mezi nejvýznamnější zásahy však patří nepochybně takové stavební změny, které zásadně zlepší tepelně

technické kvality domu a povedou k výrazným úsporám na vytápění domu. Jde o tzv. „zateplování“. Relativně vysoká míra úniku tepla je totiž jednou z hlavních bolestí dříve stavěných „paneláků“. Její závažnost pocítujeme teprve nyní, když ceny tepla a energií lépe odrážejí skutečné náklady na jejich získání. Dobře provedené „zateplení“ dokáže ušetřit 30 % i více nákladů na vytápění objektu. Dobře provedené „zateplení“ však vyžaduje mimo jiné i provedení energetického auditu. Úkolem energetického auditu je vyhodnotit technický stav energetického zařízení a budov a na základě analýzy energetického hospodářství nalézt potenciál úspor energie, stanovit opatření k odstranění nedostatků v hospodaření s energií, navrhnout a ekonomicky vyhodnotit nejvhodnější variantu k zajištění optimální spotřeby energie. Nejúčinnějším opatřením ke snížení energetické spotřeby je zateplení stavebních konstrukcí a rekonstrukce stávajícího otopného systému.

V této bakalářské práci jsem se zabývala energetickým auditem panelových staveb, měřeními a výpočty tepelných ztrát a návrhem možných řešení. V praktické části se zabývám řešením konkrétního případu zateplování panelové budovy, tedy jejich energetický audit včetně návrhu možného řešení zateplení zmíněné budovy.

Usnesením vlády ze dne 7. dubna 1999 č. 291 byly schváleny Zásady dlouhodobého programu podpory oprav panelových bytových domů.

Realizace s příspěvkem státu vyvolá různé aktivity v oblasti stavebních prací a průmyslové výroby. Dojde nejen k prodloužení životnosti objektů, ale zvýší se i jejich finanční a užitná hodnota a zamezí se dalšímu chátrání objektů, sníží se úbytek bytového fondu a dojde k částečnému zvýšení přitažlivosti bydlení na sídlištích.

1 STUDIJNÍ A TEORETICKÁ ČÁST

Teplota je mírou tepelné energie obsažené v jakémkoli objektu. Teplota kteréhokoliv objektu se dá změřit množstvím metod a prostředků a je definována teplotní stupnicí. Teplota nám ve své podstatě říká, kterým směrem projeví tepelný tok mezi dvěma objekty.

Teplota se vyjadřuje v absolutních nebo relativních jednotkách. Máme dvě absolutní stupnice, nazývané "Kelvin" (metrický systém) a "Rankine" (Anglický systém). Tomu odpovídají relativní stupnice: "Celsius" popř. "centigrade" (metrický systém) a "Fahrenheit" (Anglický systém). Absolutní nula je teplota při které nemají molekuly látek žádný pohyb. Říkáme "nula Kelvina" nebo "nula Rankies" (0 K nebo 0 R). Relativní teploty se vyjadřují jako "stupeň Celsia" nebo "stupeň Fahrenheita" (°C nebo °F). Číselné vztahy mezi jednotlivými jednotkami jsou tyto:

$$T_{\text{Celsius}} = 5/9(T_{\text{Fahrenheit}} - 32)$$

$$T_{\text{Fahrenheit}} = 9/5(T_{\text{Celsius}} + 32)$$

$$T_{\text{Kelvin}} = T_{\text{Celsius}} + 273,16$$

$$T_{\text{Rankies}} = T_{\text{Fahrenheit}} + 459,7$$

Absolutní nula je rovna -273,16°C nebo -459,7°F. Konverze hodnot změn teplot, značené též "delta" (Δ) mezi anglickým a metrickým systémem je 9/5: (1,8)

$$\Delta T_{\text{Fahrenheit (nebo Rankies)}} = 1.8 \Delta T_{\text{Celsius (nebo Kelvin)}}$$

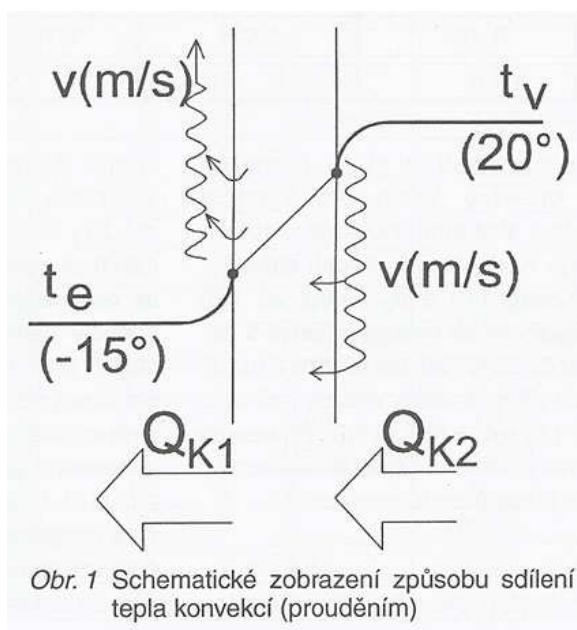
Pro pochopení jakéhokoliv ohřevu je nutné znát zásady sdílení tepla. Například v kotli spalujeme palivo, spaliny předávají teplo otopné vodě, ohřátá voda proudí potrubím z kotle k tělesům, z tělesa se teplo předá do místnosti a z místnosti se pak teplo prostupem přes zeď ztrácí do chladného venkovního prostoru. Vždy při předávání, ztrácení, příjmu tepla, proudění se jedná o sdílení tepla. Velmi zjednodušeně si můžeme sdílení tepla popsat tak, že teplo se sdílí z teplejšího prostředí do prostředí chladnějšího zásadně třemi způsoby:

- prouděním (konvekci) tekutiny podél pevného povrchu konstrukce stěny nebo trubky
- sáláním (radiací) z povrchu na povrch materiálu
- vedením (kondukcí) stěnou

1.1 Základní principy sdílení tepla

1.1.1 Sdílení tepla konvekcí (prouděním)

Proudí-li tekutina, např. vzduch podél hmotného tělesa, např. stěny, která je chladnější, bude se do ní předávat ze vzduchu teplo, jako by se teplo do stěny “tlačilo”, a to tím více, čím bude větší rychlost proudění vzduchu podél stěny viz obr. 1.



Opačně bude-li např. na venkovní straně stěny proudit chladnější vzduch, pak teplo ze stěny jako by se “nasávalo” do venkovního vzduchu, a to tím více, čím větší bude rychlost proudění vzduchu.

Teplo se předalo do stěny a na druhé straně bylo ze stěny odejmuto konvekcí (prouděním).

Abychom si dokázali spočítat množství tepla, které za hodinu prošlo do stěny (bylo odejmuto), stanovujeme součinitel přestupu tepla α .

Součinitel přestupu tepla α vyjadřuje množství předaného (odejmutého) tepla za hodinu (výkon) vztažený na 1 m^2 povrchu stěny při rozdílu teploty vzduchu v okolí t_v a teploty na povrchu stěny t_p o jeden stupeň Celsia $|t_v - t_p| = 1^\circ\text{C}$.

Stanovení součinitele přestupu tepla α , zjednodušeně vyjadřujícího přestup tepla, je řešením matematicky velmi náročným, častěji se jeho hodnoty získávají experimentálně.

Pro praxi je odvozena řada pomocných empirických vztahů, které běžně využívají podstatného vlivu, který na velikost součinitele přestupu tepla má rychlost proudění podél stěny. Méně se zohledňuje hladkost povrchu stěny a vodivost materiálu na jejím povrchu.

Velmi přibližně je součinitel přestupu tepla α pro rychlost proudění vzduchu v podél stěny uveden v tab I.

V (m/s)	0,1	0,2	0,4	0,5	1,0	2,0	3,0
A (W/m²K)	6,0	7,3	9,7	10,5	14,0	18,7	24,4

Tabulka I. Součinitel přestupu tepla α v závislosti na rychlosti proudění v podél stěny

Výkon při předání tepla konvekcí z vnitřního vzduchu do povrchu stěny se stanovuje ze vztahu:

$$Q_k = S \cdot \alpha (t_v - t_p)$$

Např. pro povrch stěny $S = 1 \text{ m}^2$,

$$\alpha = 8 \text{ W/(m}^2\text{K)}, t_v = 20^\circ\text{C}, t_p = 16^\circ\text{C}$$

$$\text{je } Q_k = 1 \cdot 8 (20 - 16) = 32 \text{ W}$$

Kde:

Q_k konvekční teplo [W/m²K]

S povrch stěny [m²]

α součinitel přestupu tepla [W/m²K]

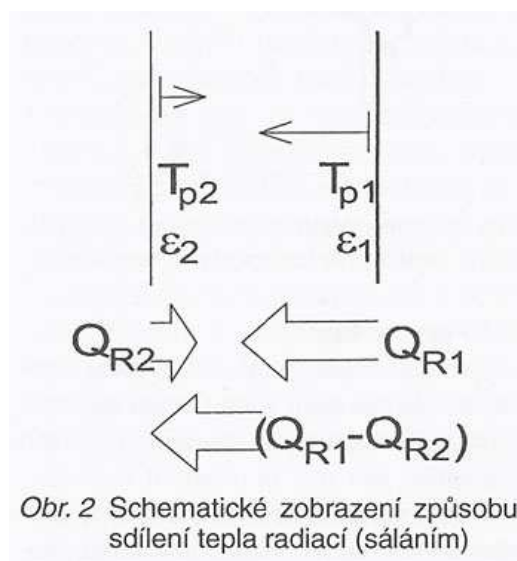
t_v teplota vzduchu v okolí [°C]

t_p teplota na povrchu stěny [°C]

Při proudění vody (obecně kapaliny), např. podél kovové stěny, vycházejí hodnoty součinitele přestupu tepla nejméně o řád vyšší a podle rychlosti proudění a tvaru povrchu dosahují hodnot v mezích $\alpha = 300$ až $5\,000 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

1.1.2 Sdílení tepla radiací (sáláním)

Teplo z povrchu teplejšího tělesa (1) bude sálat na opačné těleso (2), u něhož je povrchová teplota nižší. Viz obr. 2.



Přenos tepla je z plochy teplejšího povrchu na plochu chladnějšího povrchu a vzduch mezi sálavými plochami těles se neohřívá (to platí pouze přibližně a sice v závislosti na znečištění ovzduší, např. vodní párou, CO_2 , prachem apod.).

Množství předaného (vysálaného tepla) závisí na rozdílu čtvrté mocniny povrchových teplot (v absolutní stupnici teplot je $T_p \text{ (K)} = t_p \text{ (}^\circ\text{C)} + 273$) a z rozdílu součinitelů pohltivosti povrchu materiálu (ε). Konstantou ve výpočtu zůstává součinitel sálavosti absolutně černého tělesa označovaný $C = 5,77 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^4$. Sálání tělesa je vztaženo na absolutní teplotu a každé těleso nad teplotu $-273 \text{ }^\circ\text{C}$ vydává teplo sáláním. Podle obr.2 je pro dvě rovnoběžné plochy tělesa výkon v závislosti na povrchových teplotách a součinitelích přestupu dán vztahem:

Obecně tedy platí, že větší výkon ze sálavé plochy je vyslán na plochu s nižší povrchovou teplotou. Při praktickém řešení případu, např. při sálání stropní plochy na podlahu, bude při náběhu vytápění podlahová plocha chladnější a sálavý výkon bude tedy vyšší než při stacionárním stavu, kdy povrchová teplota podlahy se účinkem vytápění zvýší.

Součinitel pohltivosti materiálu závisí na úpravě povrchu materiálu a je např. (tab.III)

MATERIÁL	SOUČ. POHLTIVOSTI [-]
Dřevo	$\varepsilon = 0,9$
Nátěr matný	$\varepsilon = 0,98$
Nátěr olejový	$\varepsilon = 0,92$
Omítku	$\varepsilon = 0,93$
Leštěné kovy	$\varepsilon = 0,05$
Pozinkovaný plech	$\varepsilon = 0,23$
Hladký kámen	$\varepsilon = 0,42$

Tabulka III. Součinitel pohltivosti materiálu

Obecně leštěné povrchy (zrcadla) nepohlcují sálavé teplo, ale dobře jej odrážejí (např. jsou vhodné na povrch stěny za otopným tělesem); naopak matné povrchy dobře pohlcují teplo, např. vhodný je matný nátěr otopného tělesa, přičemž na odstínu barev prakticky nezáleží.

Stanovení výkonu sálavého tělesa, jak bylo naznačeno u dvou rovnoběžných povrchů těles, lze považovat za relativně přesný způsob podle uvedeného výpočtu. Daleko složitější je to při stanovení nestejných ploch, např. sálání malé plochy na velkou plochu anebo na plochy, které nejsou se sálavým povrchem rovnoběžné. Zjednodušeně lze uvažovat, že sálání z velké plochy na malou plochu bude dávat malý výkon, a naopak z malé plochy na velkou plochu bude dávat výkon velký. Např. u velkoplošného sálavého stropního vytápění z hlediska osálání temene hlavy musí být povrchová teplota sálavé plochy poměrně nízká; naopak pro stejné osálání temene hlavy může mít sálavý panel s malou plochou poměrně vysokou povrchovou teplotu.

1.1.3 Sdílení tepla kondukcí (vedením)

Z povrchu stěny o vyšší teplotě prochází více tepla napříč materiálem, pokud je více vodivý, tj. má-li větší součinitel vodivosti λ .

Součinitel vodivosti λ je např. tab.IV

MATERIÁL	SOUČ VODIVOSTI λ [W/(mK)]
Dřevo při vedení kolmo k vláknům	0,14 až 0,24
Dřevo při vedení rovnoběžně s vlákny	0,29 až 0,43
Beton	1
Ocelový plech	50
Pěnový polystyrén	0,04

Tabulka IV. Součinitel vodivosti

Při stejné tloušťce stěny projde, jak je uvedeno, betonem čtyřikrát více a ocelí dvěstěkrát více tepla, než například dřevěnou stěnou.

Výpočet prošlého množství tepla za hodinu (výkon) pak stanovíme ze vztahu:

$$Q_{\lambda} = S \cdot \frac{\lambda}{s} (t_{p1} - t_{p2})$$

Např. dřevěnou stěnou tloušťky

$s = 0,1\text{m}$ na ploše $S = 1\text{m}^2$ při

$t_{p1} = 17^{\circ}\text{C}$ a $t_{p2} = -10^{\circ}\text{C}$ bude tepelná ztráta z vedení tepla:

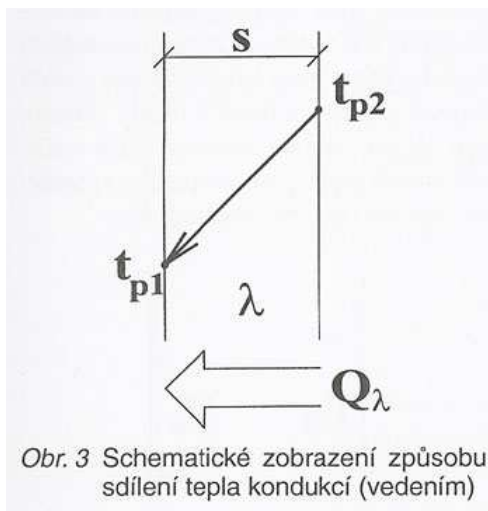
$$Q_{\lambda} = 1 \cdot \frac{0,25}{0,1} (17 + 10) = 67,5\text{W}$$

Kde:

Q_λ	Kondukční teplo	[W]
S	Povrch stěny	[m ²]
s	Tloušťka stěny	[m]
λ	Součinitel vodivosti	[W/mK]
t_p	Tepelná ztráta z vedení tepla	[°C]

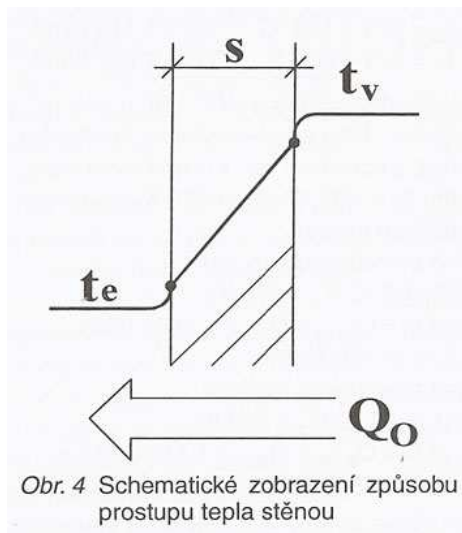
Tento výpočet je platný pro ustálený stav a jednovrstvou stejnorodou stěnu (bez tepelných mostů).

Čím nižší je hodnota součinitele vodivosti materiálu a čím větší je tloušťka stěny, tím menší množství tepla stěnou projde při ustáleném stavu, jsou-li povrchové teploty t_{p1} a t_{p2} konstantní. (obr.3)



1.2 Prostup tepla

Prostu tepla, např. obvodovou konstrukcí, je součtem vedení tepla materiálem a přestupů tepla na obou stranách stěny viz obr.4



Podle předchozích vztahů je tedy prostup tepla, např. obvodovou stěnou, tvořen z:

- Přestupu tepla na vnitřní straně ze vztahu

$$Q_{Ki} = S \cdot \alpha_i (t_i - t_{pi})$$
- Vedení tepla stěnou ze vztahu

$$Q_{\lambda} = S \cdot \frac{\lambda}{s} (t_{pi} - t_{pe})$$
- Přestupu tepla na vnější straně ze vztahu

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

Kde: α_i je součinitel přestupu tepla na vnitřní straně [W/m²K]

α_e součinitel přestupu tepla na vnější straně [W/m²K]

t_i teplota vzduchu na vnitřní straně [°C]

t_{pi} teplota povrchová na vnitřním líci stěny [°C]

t_{pe} teplota povrchová na vnějším líci stěny [°C]

t_e teplota vzduchu na straně vnější [°C]

Prostup tepla je vyjádřen součinitelem prostupu tepla k , který určuje množství tepla (výkon), jež za hodinu projde stěnou 1m² při rozdílu teplot vzduchu 1°C na obou stranách.

Součinitel prostupu tepla k násobíme plochou S a rozdílem teploty vzduchu v místnosti t_i a teploty venkovního vzduchu t_e a stanovíme výkon:

$$Q_o = k \cdot S (t_i - t_e)$$

Např. pro $k = 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,

Plochu stěny $S = 1 \text{ m}^2$, $t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$,

$t_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ je tepelná ztráta (výkon) prostupem:

$$Q_o = 1.1(20 - (-15)) = 35 \text{ W}$$

Kde:

Q_o	Tepelná ztráta prostupem	[W]
k	Součinitel prostupu tepla	[W/m ² K]
S	Povrch stěny	[m ²]
t_e	teplota venkovního vzduchu	[°C]
t_i	teplota vzduchu v místnosti	[°C]

Např. pro běžné tepelně technické posouzení venkovní stěny, při výpočtu tepelné ztráty, se uvažují konstantní výpočtové hodnoty součinitelů přestupu tepla, které však závisí od proudění vzduchu podél konstrukce.

Pro vnitřní líc stěny v místnosti se nejčastěji uvažuje se součinitelem přestupu tepla $\alpha_i = 8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Toto odpovídá reálně nízkému proudění vzduchu podél stěny s rychlostí nižší než $v = 0,2 \text{ m/s}$.

Naopak u vnějšího líce stěny se ve výpočtu uvažuje s působením větru, při kterém je rychlost proudění vzduchu podél stěny mnohem vyšší, např. přibližně $v = 3 \text{ m/s}$. Z tohoto důvodu je hodnota součinitele přestupu tepla vysoká $\alpha_e = 23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Rovněž při zvýšení proudění vzduchu podél vnitřního líce obvodové stěny, např. při nuceném proudění vzduchu, který omývá prosklenou stěnu, většinou neprovádíme korekci součinitele přestupu tepla α_i .

U konstrukcí stěn, podlah, kde není na vnějším líci proudící vzduch, je hodnota součinitele prostupu tepla k snížena o konvekci na venkovní straně a výpočet provádíme podle znalosti vnější povrchové teploty.

Základní principy sdílení tepla byly zjednodušeně uvedeny pouze u běžně rutinně prováděných praktických výpočtů, resp. při uváděných parametrech výrobků.

Uvedené příklady pro konstrukci budovy jsou při jiných parametrech aplikovatelné zjednodušeně i na tepelně technická zařízení, výměníky apod., při orientačním posouzení.

V praxi se nejčastěji vyskytují zpravidla obě formy sdílení tepla, tedy jak konvekce, tak i radiace současně při různém podílu obou těchto složek.

1.3 Vliv povrchové teploty konstrukcí místnosti na vytápění

1.3.1 Výpočet tepelné ztráty prostupem

Výpočtem prostupu tepla stanovujeme tepelnou ztrátu pro návrh teplosměnné plochy nebo teplovzdušného zdroje, které kryjí tepelnou ztrátu. Tepelnou ztrátou však stanovíme pouze ztrátu prostupem tepla z místnosti do venkovního prostředí nebo do sousedních místností, kde je nižší teplota.

Výpočet provádíme nejčastěji pro výpočtové extrémně nízké teploty, které jsou pro různé oblasti v republice v mezích $t_e = -12$ nebo -15 , -18 resp. -21 °C.

Obecný vztah pro takový výpočet tepelné ztráty prostupem z místnosti do venkovního, resp. sousedního vzduchového prostředí je dán vztahem:

$$t_p = \sum_{j=1}^n k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej}) \quad [\text{W}]$$

Kde:

S_j je ochlazovaná j-tá plocha: stěna, podlaha, strop, okno	$[\text{m}^2]$
k_j součinitel prostupu tepla j-té plochy	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
t_i výpočtová vnitřní (výsledná) teplota vytápěné místnosti	$[\text{°C}]$
t_{ej} výpočtová teplota prostředí na vnější straně stěny s plochou S_j	$[\text{°C}]$

Je-li na vnější straně stěny vyšší teplota než teplota vytápěné místnosti, má tepelný tok zápornou hodnotu a v tomto případě jde o tepelný zisk, který zmenšuje tepelnou ztrátu Q_o .

Výpočet prostupu tepla však nevypovídá o tom, kolik je ploch v místnosti s nižší povrchovou teplotou.

Pro tepelnou pohodu prostředí je v místnosti nutno sledovat i povrchovou teplotu, zejména ochlazovaných ploch místností.

1.3.2 Vliv chladných stěn

Navrhne-li teplosměnnou plochu (otopné těleso) pouze na tepelnou ztrátu prostupem, bude v místnostech, kde je více ochlazovaných ploch, větší nepohoda, než v místnostech, kde účinná povrchová teplota je vyšší.

K tomu, abychom v místnosti, která má více ochlazovaných ploch, vyrovnali vliv nižší účinné povrchové teploty, musíme navrhnout větší teplosměnnou plochu, kterou se zvýší teplota vzduchu tak, aby byla zachována rovnocenná teplota pohody pro člověka (výpočtová teplota t_i). Ve výpočtovém schématu tepelných ztrát se proto zavádí přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn.

Zvýšení tepelné ztráty prostupem na základě přírážky p_1 dává hodnotu pro návrh otopného tělesa podle vztahu:

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1) \quad [W]$$

Přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn, označena (p_1) zvětšuje teplosměnnou plochu (otopné těleso) na základě průměrného součinitele prostupu tepla (k_c), který se stanoví ze vztahu:

$$k_c = \frac{Q_o}{S \cdot \Delta t} \quad [W/m^2K]$$

Kde:

Q_o je tepelná ztráta prostupem [W]

S plocha všech povrchů místnosti [m²]

Δt – rozdíl mezi výpočtovou venkovní teplotou (např. $t_e = -15^\circ\text{C}$) a výslednou (výpočtovou) teplotou v místnosti (např. $t_i = 20^\circ\text{C}$)

Velikost přírážky p_1 je stanovena (2) jako 15% průměrného součinitele k_c podle vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c$$

1.3.3 Nestejnorodé konstrukce a součinitel prostupu tepla

Většina stavebních konstrukcí není stejnorodých (homogenních), obsahují tepelné mosty dané konstrukčním řešením a technologickými tolerancemi. Jejich vliv snižuje účinnost tepelné izolace v tepelně izolační vrstvě, zvyšuje součinitel prostupu tepla a snižuje vnitřní povrchovou teplotu konstrukce. Vliv tepelných mostů je překvapivě výrazný, podstatně vyšší než odpovídá jejich objemovému zastoupení v konstrukci. U větších tloušek tepelných izolací se tento vliv prohlubuje.

Tyto vlastnosti jsou tedy horší, než kdyby se uvažovala souvislá nepřerušená vrstva tepelné izolace, jak se často z neznalosti či nedbalosti děje, pokud se konstrukce nesprávně považuje za jednoduše vrstvenou. Její součinitel prostupu k se zjišťuje z prostého součtu tepelných odporů jednotlivých materiálových vrstev bez zohlednění působení tepelných mostů v konstrukci obsažených. Tento přístup se často zakládá na výpočtu jen ve vrstvách.

Nestejnorodé konstrukce lze hodnotit postupem „jen po vrstvách“ jen ve dvou případech. Prvním je využití komplexních ekvivalentních součinitelů tepelných vodivostí tepelně izolační vrstvy, zpětně stanovených pro hodnocený typ konstrukce z přesnějších výpočtů. Druhý postup navyšuje součinitel prostupu tepla v ideálním výseku (výpočet ze skladby jen po vrstvách) o přírážku zohledňující vliv tepelných mostů. (2)

1.4 Měření povrchové teploty

Pro praktické účely je nejpoužívanějším přístrojem termovize neboli také termokamera, který jako detektor infračerveného záření dokáže bezkontaktně na dálku měřit povrchovou teplotu objektů.

S vysokou geometrickou rozlišovací schopností dokáže zachytit a z naměřených teplot rekonstruovat takzvaný teplotní obraz objektu.

Termovize je ve stavebnictví nejčastěji využívána k zjišťování nedostatků v provedení tepelné izolace, které způsobují takzvané tepelné mosty. Jedná se vlastně o spojení vnitřní stěny s venkovním povrchem pláště budovy tepelně vodivým materiálem nebo kombinací několika materiálů.

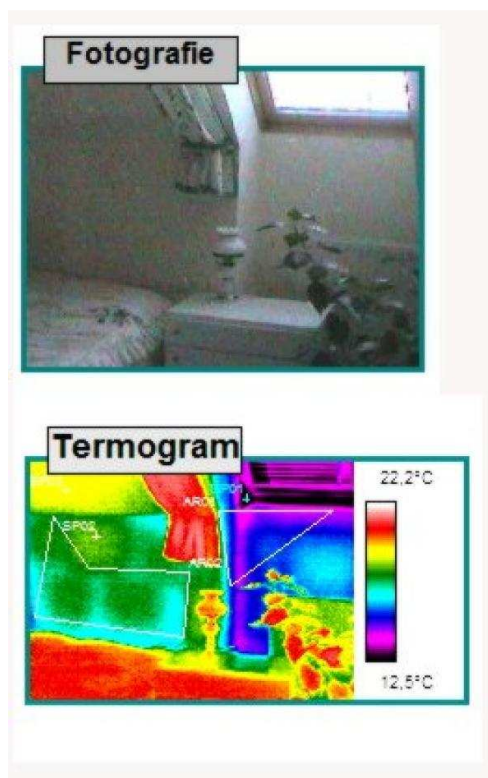
Tepelné mosty představují energetické ztráty, protože odčerpávají teplo z interiéru a vyzařují jej do okolí. Na povrchu pláště budovy se pak tepelný most projeví jako tepelná anomálie, uvnitř jako chladnější místo, zvenku jako teplejší místo.

Termovize také dokáže například účinně pomoci při odhalování závad na podpodlahovém topení. Pokud se v nevytápěné místnosti zapne podlahové topení, u kterého máme podezření na poruchu, termovize během několika minut zobrazí celou trasu vedení trubek a objeví vadné úseky.

Významné uplatnění nachází termokamera také v průmyslových objektech, kde je nutná pravidelná kontrola stavu elektrických zařízení. Termokamerou můžeme měřit elektrická zařízení při provozu i pod vysokým napětím. Vysledované teplotní rozdíly na vodičích a svorkách jsou pak podkladem pro optimalizaci zatížení elektrické sítě nebo pro revizi elektrických zařízení z hlediska požární prevence.

Pro zajištění vypovídací schopnosti měření tepelně izolačních vlastností budov, musí být teplotní rozdíl mezi vnitřní teplotou vzduchu a teplotou venkovní alespoň 15°C . (3)
Ojedinelé podmínky nastávají, jeli venkovní teplota okolo nuly. Měření nesmí být ovlivňováno přímým slunečním svitem ani větrem. Proto je ideální měřit za bezvětří po

západu slunce. Na obr. 5. lze vidět obraz termogramu, který zobrazuje, ve kterých místech pokoje jsou největší teplotní ztráty.



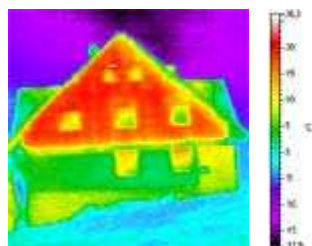
Obr. 5. Tepelné ztráty zjištěné termokamerou

1.4.1 Termografie ve stavebnictví

Termografie ve stavebnictví umožňuje rychlý a bezkontaktní průzkum rozložení teplot na povrchu stavebních konstrukcí a používá se jí pro určení míst v obvodovém plášti, kterými dochází ke zvýšeným tepelným ztrátám, jak vlivem tepelných mostů, tak v důsledku nesprávného provedení spár a styků. Termografie umožňuje stanovit tepelně technické vlastnosti obvodových plášťů budov a používá se jí při zjišťování skrytých vad staveb. Termografie je schopna s potřebnou přesností tyto poruchy nalézt a při jejich správném vyhodnocení jsou základním krokem pro efektivní návrh technického řešení a následně i pro kontrolu jeho realizace.

Základní podmínkou k definování teplotního pole na povrchu obvodové konstrukce je existence tepelného toku a splnění okrajových podmínek při měření (teplota, vlhkost..).

Na následujícím obrázku č.6 je možné vidět rozložení tepelných ztrát získaných pomocí termovize.

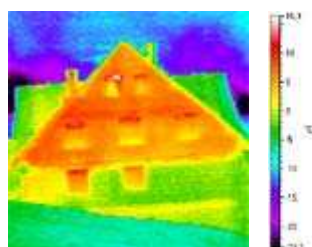


Hotel - jižní strana

Dne: 4.3.2003

Venkovní teplota: -3 st. C

Počasí: polojasno, bezvětří

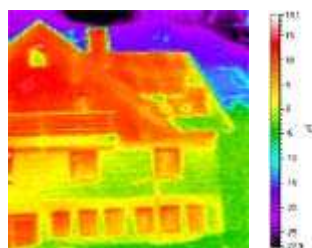


Hotel - severní strana

Dne: 4.3.2003

Venkovní teplota: -3 st. C

Počasí: polojasno, bezvětří



Hotel - západní strana

Dne: 4.3.2003

Venkovní teplota: -3 st. C

Počasí: polojasno, bezvětří

Obr. 6. Příklad rozložení tepelných ztrát pomocí termovize

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Předmět energetického hodnocení budovy

Panelový dům, typové označení G 57

Rok výstavby 1964

Adresa Hranice, Struhlovsko 1406, 1407

Umístění Budova uprostřed městské zástavby

Počet podlaží - 5 nadzemních

Počet bytů - 38

Předmětem auditu je bytový dům v Hranicích, Struhlovsko 1406, 1407. Majitelem a provozovatelem domu je Stavební bytové družstvo v Hranicích. Součástí zhodnocení je komplexní posouzení možností z hlediska úspor energie v systémech ÚT a TV.

Vzhledem k tomu, že nebyla k dispozici kompletní projektová dokumentace od stavebně konstrukčního řešení objektu, bylo nutno provést místní šetření, zaměřené na zjištění základních údajů, potřebných ke zpracování energetického auditu. Zároveň byl proveden tepelně technický průzkum, spojený s pohovorem s nájemníky a bytovým technikem SBD v Hranicích, paní Mikulovou. Doplňujícími podklady jsou písemné materiály CSI Praha – pracoviště Zlín.

2.2 Cíl energetického zhodnocení

Cílem energetického auditu je nalezení množství úspor energií v posuzovaném objektu, navržení možných variant energeticky úsporných opatření ke snížení stávající energetické náročnosti objektu při zasahování tepelné pohody prostředí a jejich posouzení z hlediska energetického a ekonomického. Pro nájemníky bytových domů může posloužit jako součást stanovení příspěvků do fondů údržby a následné plánování oprav bytových domů.

Podklady pro energetické zhodnocení jsou zpracovány v souladu se zákonem č. 406/2000 Sb. z., o hospodaření energií, vydaným parlamentem ČR a dle jeho prováděcí vyhl. 213/2001 Sb. z., vydané MPO, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického zhodnocení.

2.3 Předpokládaná skladba energetických ztrát budov



Tab. č.5: Skladba energetických ztrát budov

2.4 Výchozí stav objektu

Základní charakteristika: Dům byl postaven v roce 1964, má dva samostatné vchody (1406, 1407) a 5 nadzemních podlaží. V 1.NP je 6 bytových jednotek, sklepní prostory a vstup do technického suterénu, 2. – 5. NP je po osmi bytových jednotkách (obytná plocha 2.176,88m²). Dům nemá podzemní podlaží. Hlavní vstupy jsou dva a jsou řešeny vstupním vnějším schodištěm dále pak přes zádveří do prostoru schodišťového prostoru a prostoru bytových jednotek. Vedlejší vstupy do objektu jsou rovněž dva řešeny vstupním venkovním schodištěm přes zádveří do sklepních prostor a do prostoru schodiště k bytovým jednotkám.

2.4.1 Stavební konstrukce

Jedná se o bytový dům konstrukční soustavy G 57 s příčným panelovým systémem a bodovým objemovým řešením.

Obvodový plášť, nosnou konstrukci a příčky tvoří železobetonové panely konstrukčního řešení G 57-OL.

Obvodové jednoplášťové panely tl. 300 mm jsou expandobetonové sloužení: 70% strusková pemza 7-25 mm, 30% strusková pemza 0-7 mm, portlandský cement zn. 450 – 250 kg. Vnější povrch: omítková vrstva 20 mm silná, jejíž povrch je upraven svislým rohováním. Do fasádní omítky je přimíchán pro zvýšení vodotěsnosti Tricosal v množství 10 kg/m³. Složení venkovní omítky panelů: bílý křemičitý písek, žlutý písek drcený, mikromletý vápenec, portlandský cement.

Příčkové panely tl. 80 mm jsou osazeny se zabudovanými zárubněmi.

Původní střecha z doby výstavby byla plochá, jednoplášťová. V roce 2002 byla provedena konstrukce střechy v provedení sedlová (valbová) střecha s dřevěnou konstrukcí s provedením střešní krytiny pozinkovaný plech. Střešní odvod dešťových vod je řešen vodorovnými a svislými žlaby s odvodem do veřejné kanalizace.

Hlavní vstup do 1.NP je řešen jednak z prostoru vnitřního schodiště přes zádveří a jednak z vnějšího vstupu, situovaného v jižní části budovy. Vedlejší vstup slouží jednak pro vstup do prostoru obytných částí a schodiště a jednak pro vstup do sklepních prostor, kde jsou situovány místnosti pro umístění kočárků a kol, a do prostor sklepních boxů, tvořených vyzděním z plných pálených cihel tl. 100 mm.

Konstrukční výška podlaží je 2,8 m, rozpon železobetonových stěn je 3,6 m.

Celkové provedení montáže železobetonových panelů vykazuje na mnoha místech nerovnosti (odskoky), jak ve vertikální, tak i horizontální rovině 5-10 cm.

Skladby konstrukcí (Hodnoty veličin dle ČSN):

Neprůsvitný obvodový plášť zateplený:

Tl. 300 mm, expandobeton + IZ tl. 70 mm, $R = 2,490 \text{ [m}^2\text{K/W]}$, $U = 0,376 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Otvorové výplně:

Okna jsou dřevěná zdvojená:

Rozměry: 2100/1500 – 42 ks, $U_{ok} = 2,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

1500/1500 – 90 ks, $U_{ok} = 2,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Balkonové dveře: 750/2400 – 32 ks, $U_{BDV} = 2,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Schodišťová okna kovová jednoduchá 1800/900 – 16 ks $U = 6,5 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Sklepní okna v 1. NP jsou kovová s dvojitým zasklením.

Rozměry: 500/750 – 12 ks, $U = 3,8 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Vstupní dveře jsou dřevěné, dvoukřídlové, ze 2/3 prosklené – 1600/2100 – 4 ks.

Součinitel prostupu tepla činí: $U = 4,7 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné úpravy:

$R = 0,803 \text{ [m}^2\text{K/W]}$, $U_{STR} = 1,061 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

ŽB deska (stropní panel) 100 mm

Plynosilikát vyzdění 150/250 mm

Izolační vrstva škvárobeton 50 mm

Střecha sedlová do 18°:

Krov

Krokev 100/160 mm

Pojistná difuzní folie

Latování

Pozinkovaný plech

Podlaha nad nevytápěným prostorem:

$R = 0,449 \text{ [m}^2\text{K/W]}$, $U_{STR} = 1,391 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Vlísy do asfaltu (PVC, ker. dlažba)

Podkladový beton	30 mm
Lepenka A 400 H	
ISOPLAT	20 mm
ŽB stropní deska (stropní panel)	100 mm

Vnitřní příčky a stěny:

$$U = 2,67[\text{W/m}^2\text{K}]$$

Vnitřní dveře vstupní bytové:

$$U = 2,00[\text{W/m}^2\text{K}]$$

PLOCHY

Délka	(m)	50,28
Šířka	(m)	11,38
Výška vytápěné části budovy	(m)	14,80
Výška vytápěné části budovy	(m)	14,20
Zastavěná plocha	(m ²)	572,19
Počet podlaží	podzemních	0,00
	nadzemních	5,00
Výška	konstrukční	2,80
	světlá	2,60

Tab. č. 6: Informace o budově

Objem budovy V – vnější objem vytápěné zóny budovy (bez lodžii)	8125,0 m ³
Celková plocha A – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí	2895,5 m ²
Geometrická charakteristika budovy A/V	0,356
Převažující vnitřní teplota v otopném období t _i	+20 °C
Vnější navrhovaná teplota v zimním období t _e – Jkp = Mkp	-15 °C
Klimatický činitel pro prostup tepla h ₁ (dle Vyhlášky MPO 291/2001)	94,0
Klimatický činitel pro výměnu vzduchu h ₂ (dle Vyhlášky MPO 291/2001)	13
e _{VN} = 20,64 + [26,03 * (A/V)]	29,9 kWh/ m ³
e _{VA} = e _{VN} / 0,32	93,5 kWh/ m ³
E _r = e _{VN} * V >> max. hodnota energie na vytápění	243070,4 kWh/

Tab. č. 7: Charakteristiky budovy

OBVODOVÝ PLÁŠŤ VYTÁPĚNÉ ČÁSTI BUDOVY v m²

Plochy		orientace (m ²)			
otvorové vyplně		SZ	JV	SV	JZ
bytová okna a balkonové dveře	392,43				
schodišťová okna	25,95				
sklepní okna	4,50				
vchodové dveře - dřevěné	13,44				
celkem	436,32	22,5	22,5	187,0	213,3
neprůsvitný obvodový plášť		Plochy k zateplení celkem			
stěny neprůsvit. pláště - zateplené	1314,82				
strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné úpravy	572,19				
podlaha nad nevytápěným prostorem	572,19				
Plochy vytápěné části - celkem	2895,52				

INFILTRACE

Délka spary u otvorových vyplní (m)	1769,60
Délka spary mezi vyplní a zdívkou (m)	1142,00

OBVODOVÝ PLÁŠŤ MIMO VYTÁPĚNOU ČÁST BUDOVY v m²

Plochy	Přesah izolace do 1.PP - 0,2 m - zatepleno	24,66
	Atika 0,60 m - zatepleno	73,99
	Stěny 1.PP - nad terénem	33,58

STAVEBNÍ KONSTRUKCE

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla » stávající U_i [W/m ² K]	Požadovaný součinitel prostupu tepla » normový $U_{i,A}$ [W/m ² K]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{ti}=A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
Vnější stěna - zateplená	1314,82	0,38	0,38	1,00	494,37
Bytová okna a balkon. dveře	392,43	2,80	1,80	1,15	1263,62
Schodišťová okna	25,95	6,50	1,80	1,15	193,98
Sklepní okna	4,50	3,80	1,80	1,15	19,67
Strop pod neizolovanou půdou	572,19	1,06	0,30	1,00	607,09
Podlaha nad nevyt. prostorem	572,19	1,39	0,60	0,49	390,00
Vchodové dveře	13,44	4,70	3,50	1,15	72,64

Tab. č.8: Charakteristiky obvodového pláště

2.4.2 Stávající systém rozvodů ÚT

Zdroj tepla: Výše uvedený bytový dům je napojen na plynovou kotelnu K27, která je ve vlastnictví a správě a.s. EKOLTES Hranice. Vnější rozvody topné vody jsou provedeny předizolovaným potrubím (pouze dvourubkový systém), které bylo kladeno do pískového

lože ve stávajícím kanále. Přípojka je společná pro oba vchody. Za vstupem do objektu, ve vyhrazené místnosti 1.NP, je umístěna výměníková stanice, která tlakově odděluje otopný systém domu od primárního systému plynové kotelny. Součástí výměníkové stanice je rovněž příprava teplé vody pro daný bytový dům. Přívodní potrubí topné vody je opatřeno uzávěry a patním měřičem tepla. Měření spotřeby tepelné energie zahrnuje spotřebu tepla na vytápění a samostatně na přípravu teplé vody pro oba vchody. Sekundární otopná soustava domu pracuje jako teplovodní, dvoutrubková, s teplotním spádem 90/70 °C. Systém ÚT je tlakový (PN 6) s nuceným oběhem. Oběhové čerpadlo ÚT je umístěno ve výměníkové stanici domu. Páteční rozvody ÚT jsou rozvedeny v technickém suterénu a jsou provedeny z ocelového potrubí, opatřeného tepelnou izolací tl. cca 4 cm. Stav rozvodů i izolací je dobrý. Vzhledem k dobrému stavu izolací i opláštění nepřesahují tepelné ztráty v rozvodech hodnotu 5-ti %. Jako otopné plochy slouží litinová článková tělesa KALOR. Regulace teploty v bytech je řízena pomocí TRV osazených na otopných tělesech (instalace v r. 2003 – bez zajištění polohy). Měření tepla v jednotlivých bytech je prováděno odpařovacími měřidly na tělesech. Jednotlivé stoupačky jsou vybaveny kulovými uzávěry a vypouštěním, pro možnost odstavení stoupačky. Celý systém pracuje bez závad. Nedotápění bytu nebylo zjištěno. Výpočet tepelných ztrát je proveden obálkovou metodou ve smyslu zásad ČSN 06 02 10 – Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, se zohledněním přírážky na vyrovnaní vlivu chladných stěn. Dále jsou vypočteny tepelné technické hodnoty stavebních konstrukcí, které jsou v tomto energetickém zhodnocení použity. Výpočty jsou archivovány na pracovišti zhotovitele.

Budova je situována do normální krajiny, osaměle stojící, nechráněná – charakteristické číslo $B = 8 \text{ Pa}^{0,67}$ >> dle ČSN 06 0210.

Tepelné ztráty větráním jsou vyhodnoceny dle výpočtů přirozeného větrání infiltrací, zajišťovaného skutečnými délkami spár otvorových výplní tak, aby byly dodrženy hygienické požadavky výměny vzduchu $n = 0,5$ / hod. >> dle ČSN 73 0540-2, se zohledněním požadavků TPG – G 70401.

Tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla a zisky ze slunečního záření, nejsou započítány do celkové tepelné bilance budovy, vzhledem k tomu, že zde není instalována automatická dynamická regulace vytápěcího zařízení (viz Vyhl. 291/2001, § 6, odst. 1).

2.4.3 Stávající systém ohřevu a rozvodu teplé vody (TV)

Budova je zásobována teplou vodou z výše uvedené výměňkové stanice. Teplá voda je připravována z vody pitné. Ve výměňkové stanici jsou umístěny uzávěry s vypouštěním a měření. Potrubí je ocelové pozinkované bez izolace (stáří cca 20 let). Pro každý vchod je provedena samostatná přípojka pitné vody. Páteční rozvody pitné vody, teplé vody i cirkulace jsou vedeny v technickém suterénu. Spotřeba pitné vody a TV je měřena poměrovými měřidly v jednotlivých bytech. V bytech jsou osazeny výtokové armatury převážně pákové – dřez kuchyňské linky, vana, umyvadlo. Nedostatek TV se neprojevuje. Předpokládá se, že je teplá voda dodávána celoročně tak, aby měla na výtoku u spotřebitele teplotu 45 – 60 °C, což odpovídá požadavkům Vyhlášky 152/2001 Sb. Ve špičkách lze uvažovat s krátkodobým poklesem.

2.4.4 Stávající systém rozvodu vzduchotechniky

V domě jsou odvětrána bytové jádra, tj. prostor WC s koupelnou. Odvětrání je v současnosti prováděno přirozeným způsobem pomocí větracích mřížek do společné šachty. Protože se jedná o hygienické minimum, není v energetické bilanci domu toto větrání samostatně vyčísleno a je zahrnuto v běžné infiltraci.

2.5 Energetické vstupy a výstupy

- dodavatel tepla – EKOLTES Hranice a.s.
- dodavatel teplé vody – EKOLTES Hranice a.s.
- dodavatel elektrické energie – Severomoravská energetika a.s.
- dodavatel zemního plynu – Severomoravská plynárenská a. s.

Rok	Spotřeba tepla GJ /rok		Cenové rozmezí Kč/GJ	Cena celkem tis. Kč
	Fakturační	Přepočtená		
2002	1 335,6	1 306,2	383,96	357,92
2003	884,6	911,1	403,22 / 387,15 / 378,42	325,22
2004	684,7	692,4	378,42 / 396,63	251,95
průměr	968,3	969,9		311,70

Tab. č. 9: Spotřeby a cena tepla za vytápění

Rok	Spotřeba TV GJ/rok	Cenové rozmezí Kč/GJ	Cena celkem tis. Kč	Spotřeba TV m3/rok	Cenové rozmezí Kč/m3	Měrná spotřeba tepla GJ/m3
2002	436,4	359,0	156,66	1 083,54	144,58	0,403
2003	439,0	359,6 / 348,2	147,75	934,34	158,13	0,470
2004	434,9	348,2 / 368,89	160,57	973,46	164,95	0,447
průměr	436,7		154,99			0,440

Tab. č. 10: Spotřeba a cena tepla za ohřev TV

Rok	Spotřeba el. energie kWh / rok	Cenové rozmezí Kč / kWh	Cena celkem tis. Kč
2002	1 092,9	4,00	4,37
2003	481,2	4,31	2,07
2004	415,4	4,00	1,62
průměr	663,2		2,69

Tab. č. 11: Spotřeba a cena elektrické energie – společné prostory

2.6 Zhodnocení výchozího stavu

Realizovaná úsporná „ENCON“ opatření

(Energie CONservation – opatření k zachování energie)

V bytovém domě byla realizována tato úsporná opatření:

- Instalace výměňkové stanice v objektu
- Instalace TRV na otopných tělesech
- Provedení sedlové střechy do 18°
- Zateplení neprůsvitného obvodového pláště izolací tl. 70 mm

Energetické ztráty v rozvodech tepelné energie

Vzhledem ke stávajícímu stavu tepelných izolací rozvodů topné i teplé vody, se tepelné ztráty pohybují v intencích 5 – 10 % z celkové spotřeby tepelné energie. Ztráty jsou zahrnuty v celkových bilancích.

Potřeba tepelné energie na vytápění

- Tepelné ztráty (vytápění)

Tepelné ztráty objektu pro ($t_e = -15^\circ\text{C}$) jsou vypočteny obálkovou metodou ve smyslu ČSN 060210:94.

Pořadí	Konstrukce	Plocha	Teploty			U_p	Q
		S m^2	t_e $^\circ\text{C}$	t_i $^\circ\text{C}$	Δt $^\circ\text{C}$		
1	Obvodové panely - IZ 70 mm	1 314,82	-15	20	35	0,376	17 303
2	Strop pod nevytápěnou půdou se střešnou bez izolace	572,19	-9	20	29	1,061	17 606
3	Podlaha nad nevytápěným prostorem	572,19	0	20	20	1,391	15 918
4	Výplně otvorů - okna, balkonové dveře	392,43	-15	20	35	2,800	38 458
5	Výplně otvorů - schodišťová okna	25,95	-15	15	30	6,500	5 060
6	Výplně otvorů - sklepní okna	4,50	-15	15	30	3,800	513
7	Výplně otvorů - vstupní dveře - dřevěné	13,44	-15	15	30	4,700	1 895
Qp - Celková tepelná ztráta prostupem tepla (W) :							96 754
Přirážky :							
p1 - vyrovnání vlivu chladných konstrukcí							
p2 - přirážka na urychlení zátoku		8%					
p3 - přirážka na světovou stranu							
Qv - Celková tepelná ztráta větráním (W) :							39 813
Qc - Celková ztráta (W) :							144 307

Tab. č. 12: Tepelné ztráty dle ČSN 06 0210

- Roční potřeba tepelné energie na vytápění

Potřeba tepla na vytápění je stanovena denostupňovou metodou. Při daném způsobu výpočtu vycházíme z následujících hodnot:

Symbol	Hodnota	Rozměr	Význam
Q_c	144 307,00	W	Celková tepelná ztráta dle ČSN 06 02 10
t_o	13	$^\circ\text{C}$	Teplota venkovního vzduchu omezující otopné období
t_{is}	19	$^\circ\text{C}$	Průměrná vnitřní teplota
t_{es}	3,9	$^\circ\text{C}$	Průměrná venkovní teplota
t_e	-15	$^\circ\text{C}$	Výpočtová venkovní teplota
f_1	0,85	-	Koeficient vlivu nesoučasnosti
f_2	0,70	-	Koeficient vlivu tlumeného a přerušovaného vytápění
f_3	1,07	-	Koeficient vlivu zvýšení vnitřní teploty

f_4	0,98	-	Koeficient vlivu regulace
	1,00	-	Účinnost tepelného zdroje
	1,00	-	Účinnost rozvodu otopného média
	1,00	-	Výsledná účinnost
E_t	841,621	GJ/rok	Potřeba tepla objektu při uvažování okrajových podmínek regulace
	233 783,611	kWh/rok	

Tab. č. 13: Roční potřeba tepla na vytápění

Roční potřeba tepla pro budovu je přepočtena Denostupňovou metodou:

Počet Denostupňů

$D_x = (242 \cdot t_{is}) - 920 = (242 \cdot 19) - 920 = 3\,678$ (Počet D_x dle Vyhlášky č. 291/2001 Sb.)

$$E_{vyt} = 86,4 \cdot Q_c \cdot f_c \cdot \frac{D_x}{t_{is} - t_e} = 86,4 \cdot 144,307 \cdot 0,624 \cdot 108,176 = 841621,2 \text{ MJ/rok} = 841,621 \text{ GJ/rok}$$

Měrná potřeba tepelné energie za otopné období (Vyhl. 291/2001 Sb.).

Jednotné (průměrné) klimatické podmínky – Jkp na území České republiky se shodují s Mkp:

Hodnoty měrné potřeby tepla při vytápění budov:

$$E_r = 233\,783,611 \text{ kWh/rok} = 841,621 \text{ GJ/rok}$$

2.6.1 Tepelně technické parametry budov

Tepelně technické posouzení jednotlivých konstrukcí objektu bylo vypracováno v souladu s požadavky ČSN.

Místo	Teplotní oblast	Výpočtová vnitřní teplota t_e [°C]	Relat.vlhkost vnějšího vzd. Φ_e [%]
Hranice	II.	-15	84

Prostor	Vytápění	Výpočtová vnitřní teplota t_i [°C]	Relat.vlhkost vnějšího vzd. Φ_i [%]
Byty	Ano	20	50
Prostor vstupu	Nepřímo	15	50

Tab. č. 14: Okrajové podmínky výpočtu dle ČSN

2.6.2 Hodnocení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí

Obvodový panel – zateplený

- z jednovrstvých expandobeton. panelů tl. 300 mm + izolace 70 mm

>> vyhovuje požadavkům ČSN

Výplně otvorů

- dřevěná zdvojená okna a balkónové dveře, kovová schodišťová okna a sklepní okna

>> nevyhovují požadavkům ČSN

Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné úpravy

>> nevyhovuje požadavkům ČSN

Podlaha nad nevytápěným prostorem

>> nevyhovuje požadavkům ČSN

Vstupní dveře

- dřevěné, dvoukřídlové, ze 2/3 prosklené

>> nevyhovují požadavkům ČSN

2.6.3 Energetická bilance zpracovaná na základě průměru naměřených spotřeb za poslední 3 roky

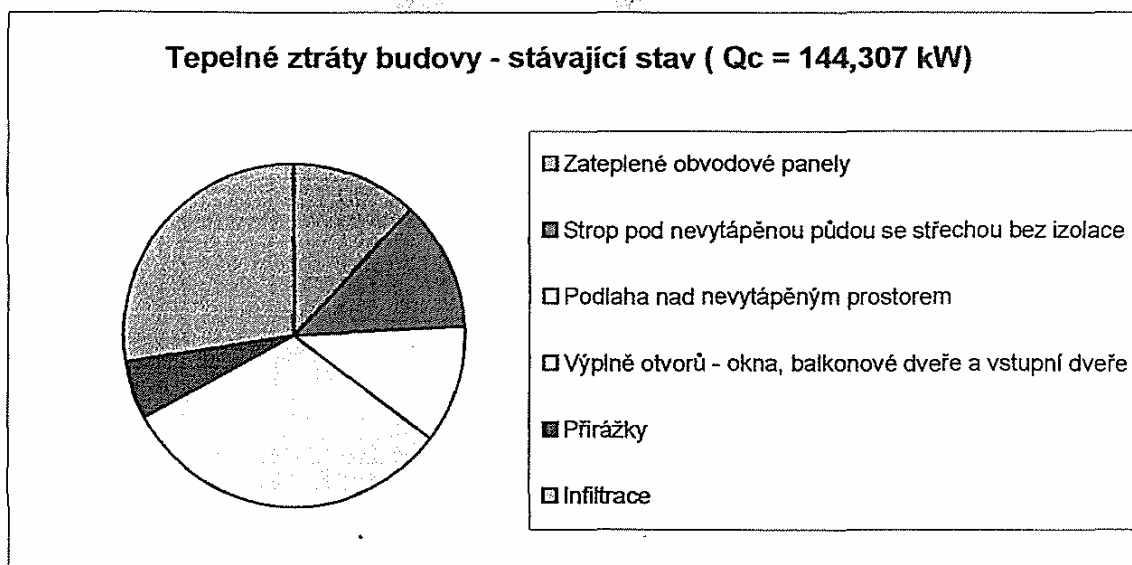
ř.	Ukazatel	GJ/rok	tis. Kč/rok
		GJ/r	tis. Kč/rok
1	Vstupy paliv a energie	-	-
2	Změna zásob a paliv	-	-
3	Spotřeba paliv a energie (průměr roků 2001 až 2003)	1 407,4	469,4
4	Prodej energie cizím	-	-
5	Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	1 407,4	469,4
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	70,3	
7	Spotřeba energie na vytápění (průměr roků 2001 až 2003)	968,3	311,7
8	Spotřeba energie na ohřev TV (průměr roků 2001 až 2003)	436,7	155,0
9	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (průměr el.)	2,4	2,7

Tab. č. 15: Energetická bilance

2.6.4 Vyhodnocení hospodárnosti nakládání s energií

Z provedených výpočtů tepelných ztrát objektu vyplývá:

- U objektu stavební soustavy G 57 OL jsou dominantní tepelné ztráty okny, balkonovými dveřmi i vchodovými dveřmi.



Tab.č. 16: Vyhodnocení tepelných ztrát budovy – stávající stav

2.7 Návrhy na úsporná opatření

2.7.1 Souhrn možných úsporných opatření

Na základě provedeného stavebně a tepelně technického průzkumu objektu, předložených dokladů a požadavků, vyplývajících z platných předpisů a norem vztažených ke spotřebě energie na vytápění a přípravu TV, jsou možné tyto úsporné opatření:

- Výměna stávajících oken a balkonových dveří
- Výměna zasklení, oprava rámců a přetěsnění stávajících oken a balkonových dveří
- Zateplení podlah nad nevytápěným podlažím dle ČSN 73 0540-2
- Výměna nebo sanace vstupních dveří do domu
- Výměna nebo sanace sklepních oken

- Zateplení stropu pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné úpravy dle ČSN 730540-2
- Zateplení vnitřních stěn schodiště
- Doplnění rozvodů PV a TV
- Vyvážení otopné soustavy
- U dodavatele tepla uplatnit doplňující požadavky na provoz plynové kotelny
- Osvěta
- Energetický management
- Doporučení úsporných opatření na rozvodu elektro

2.7.2 Technický popis možných úsporných opatření

Výše jmenovaná úsporná opatření, zaměřená na snížení spotřeby tepelné energie budovy, ve smyslu ČSN 73 0540, jsou navrženy na základě propočtů takto:

- **Zateplení neprůsvitného obvodového pláště**

Současný obvodový panel – zateplené tepelnou izolací tl. 70 mm

$$>> U = 0,376 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro těžké konstrukce obvodového pláště, podle současné platné ČSN 73 0540-2 je $U = 0,38 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

K dosažení této hodnoty je nutné 70 mm zateplení tel. izolací $\lambda = 0,039 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro těžké konstrukce obvodového pláště, podle současné platné ČSN 73 0540-2 $U = 0,25 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

K dosažení této hodnoty je nutné 120 mm zateplení tep.izolací $\lambda = 0,039 \text{ [W/m}^2\text{K]}$

- **Výměna stávajících oken a balkonových dveří**

Stávající okna odpovídají době provozu. Okna jsou místy pokřivená, nátěry degradované, stávající zasklení neodpovídá požadavkům ČSN 73 0540-2. Proto je doporučeno vyměnit stávající okna za okna dřevěná nebo plastová, s izolačním dvojsklem DITHERM

$$>> U = 1,4 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

- **Výměna zasklení, oprava ráků a přetěsnění stávajících oken a balkonových dveří**

Je možno nahradit stávající skla okenních výplní izolačními dvojskly $\gg U = 1,4$ [W/m²K]. Stávající okenní rámy opálit, opravit a opatřit novým nátěrem. Okenní spáry přetěsnit, např. Silikonovým těsněním, na vniřních křídlech.

Součinitel prostupu tepla u takto opraveného okna (rám včetně nové skleněné výplně) činí $\gg U = 1,7$ [W/m²K]

Vzhledem ke stavu okenních ráků investor uvažuje pouze s komplexní výměnou oken.

- **Zateplení podlah nad nevytápěným podlažím**

Mezilehlé podlahy jednotlivých podlaží je možno ponechat bez úprav. U podlahy 1.NP by bylo vhodné provést oteplení zespodu, ze strany technického suterénu. Toto zateplení není možno provést komplexně, proto s tímto opatřením v energetickém zhodnocení dále neuvažují.

- **Výměna nebo sanace vstupních dveří do domu**

Je možno provést výměnu zasklení za izolační dvojsklo DITHERM, případně výměnu celých dveří za vyšší standart, splňující požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla $\gg U = 3,5$ [W/m²K]

- **Výměna nebo sanace schodišťových a sklepních oken**

U ocelových oken je možno provést výměnu zasklení za izolační dvojsklo DITHERM, tím se však nevyřeší problematika vysokého součinitele prostupu tepla kovovým rámem, kterou lze řešit pouze výměnou okenního rámu, případně celého okna za vyšší standart. Proto je doporučeno vyměnit stávající schodišťová a sklepní okna za okna dřevěná nebo plastová, s izolačním dvojsklem DITHERM

$\gg U = 1,4$ [W/m²K]

- **Zateplení stropu pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné úpravy**

Stávající konstrukce stropu vykazuje nedostatečný součinitel prostupu tepla $U = 1,061$ W/m²K, což nesplňuje požadavky současné platné ČSN 73 0540-2, kde požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla činí $U = 0,3$ W/m²K. Lze doporučit zateplení stropu pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné úpravy ze strany půdy tepelnou izolací tl. 120 mm ($\lambda = 0,039$ W/m²K) na výslednou hodnotu součinitele prostupu tepla $U = 0,254$ W/m²K

- **Zateplení vnitřních stěn schodiště**

Nelze z důvodů normového dodržení světlé šířky schodiště provést.

- **Doplnění rozvodů PV a TV**

Rozvody PV, TV a cirkulace jsou provedeny z ocelových trub. Pozinkovaných bez tepelné izolace (stáří cca 20 let). Propočet měrné spotřeby tepla za poslední 3 roky pro přípravu TV nesplňuje požadavky Vyhl. 152/2001 Sb. Doporučuje se kompletní rekonstrukci rozvodů vody, včetně doplnění tepelné izolace v souladu s požadavky Vyhlášky 152/2001 Sb. a 151/2001 Sb.

Na vstupy pitné vody do domu, doporučuje se osadit jemný mechanický filtr s automatickým proplachem k zachycení a vyplavení mechanických nečistot – inkoustů, zákalů apod. Tyto nečistoty se uvolňují při každém zásahu do sítě a při extrémních odběrech (ve špičce) jsou vyplavovány do vnitřních rozvodů. Všechny tyto nečistoty mají nepříznivý vliv na funkčnost a životnost rozvodů, ale především bytových armatur – pákových baterií. Konečný spotřebitel pak – odkaluje- pitnou a teplou (nepoužitelnou) vodu do kanalizace, čímž vzniká energetická i ekonomická ztráta, zároveň zbytečně zatěžuje kanalizační síť i svoji peněženku. Dále doporučuje se vyvážení jednotlivých stoupaček TV a cirkulace.

- **Vyvážení otopné soustavy**

Pro dosažení tepelné pohody v jednotlivých bytech doporučuje se vyvážení jednotlivých větví (stoupaček) otopné soustavy osazením vyvažovacími armaturami.

Dále je doporučeno provést fixaci polohy TRV s ohledem na přetápění nebo nedotápění bytů, které může mít za následek hydraulickou nestabilitu systému.

- **U dodavatele tepla doporučujeme uplatnit následující požadavky:**

Chod cirkulačních čerpadel TV v plynové kotelně K27 upravit na časově řízený provoz tyto nečistoty mají nepříznivý vliv na funkčnost a životnost rozvodů, ale především. Systém přípravy TV doplnit o elektromagnetickou úpravu vody a na vstup vody do ohříváčů osadit mechanický filtr s automatickým proplachem, pro zabránění vniku mechanických nečistot do systému. Dále doporučuje se provádět periodickou kontrolu odkalování zásobníků TV.

Provádět důslednou kontrolu doplňování topného systému chemicky upravenou vodou.

- **Osvěta**

Uživatelé bytů je nutno upozornit na nevhodnost některých typů krytů na otopných tělesech, rozmístění nábytku, na nevhodné nátěry otopných těles a nevhodné okenní závěsy. Dále na nutnost krátkého a intenzivního větrání k doplnění reflexních ploch za otopná tělesa.

- **Energetický management**

Majitel bytových domů prověří před každou topnou sezónou kontrolu vyvážení otopné soustavy a nastavení hodnot na TRV. Dále bude operativně řešit poruchy na rozvodech i armaturách systému UT a TV.

2.7.3 Návrh optimálního řešení

Na základě provedeného rozboru jednotlivých možností úprav, který vychází z tepelně technického průzkumu, respektování požadavků investora a ekonomických propočtů, jsou v následující tabulce vyhodnoceny variantní návrhy řešení úprav na snížení spotřeb energie pro vytápění.

**Vyhodnocení tepelných ztrát základního modelu budovy obálkovou metodou
a variantních řešení energeticky úsporných opatření
Mkp = Jkp (te=-15, B = 8 Pa0,67) » dle ČSN 06 0210**

	Výměra (jednotka)	Současný stav		Varianta I	
		Tepelná ztráta W	% z Qc	Tepelná ztráta W	% z Qc
Obvodové panely - IZ 70 mm	1 314,82 m ²	17 303	12,0	17 303	13,3
Strop pod neizolovanou půdou	572,19 m ²	17 606	12,2	4 215	3,2
Podlaha nad nevyt. prostorem	572,19 m ²	15 918	11,0	15 918	12,3
Okna, balkonové dveře	392,43 m ²	38 458	26,7	38 458	29,6
Schodišťová okna	25,95 m ²	5 060	3,5	5 060	3,9
Sklepní okna	4,50 m ²	513	0,4	513	0,4
Vchodové dveře	13,44 m ²	1 895	1,3	1 895	1,5
Základní tepelná ztráta Qo		96 754	67,0	83 363	64,2
Σ přírážek		7 740	5,4	6 669	5,1
Tepelná ztráta infiltrací Qv		39 813	27,6	39 813	30,7
Celková tepelná ztráta Qc		144 307	100,0	129 845	100,0

	Výměra (jednotka)	Varianta II		Varianta III	
		Tepelná ztráta W	% z Qc	Tepelná ztráta W	% z Qc
Obvodové panely - IZ 70 mm	1 314,82 m ²	17 303	14,7	17 303	16,8
Strop pod neizolovanou půdou	572,19 m ²	17 606	15,0	4 215	4,1
Podlaha nad nevyt. prostorem	572,19 m ²	15 918	13,5	15 918	15,4
Okna, balkonové dveře	392,43 m ²	19 229	16,3	19 229	18,6
Schodišťová okna	25,95 m ²	1 090	0,9	1 090	1,1
Sklepní okna	4,50 m ²	189	0,2	189	0,2
Vchodové dveře	13,44 m ²	806	0,7	806	0,8
Základní tepelná ztráta Qo		72 142	61,3	58 751	56,9
Σ přírážek		5 771	4,9	4 700	4,6
Tepelná ztráta infiltrací Qv		39 813	33,8	39 813	38,6
Celková tepelná ztráta Qc		117 726	100,0	103 264	100,0

Legenda variant :

Stávající stav

Varianta I - zateplení stropu pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné

úpravy »

$$U = 0,254 \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)}$$

Varianta II - výměna všech oken a balkonových dveří »

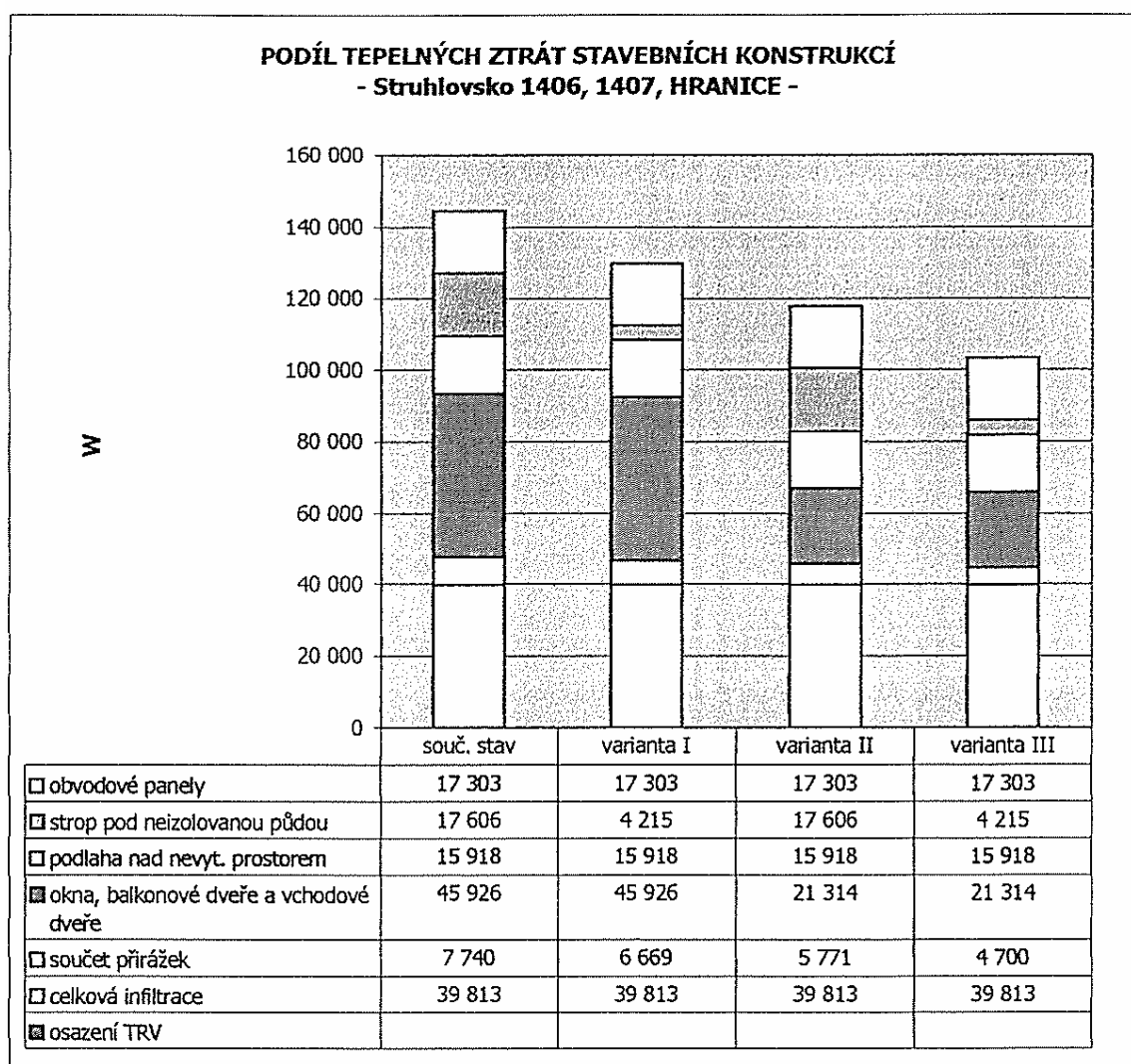
$$U = 1,4 \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)}$$

- výměna vchodových dveří »

$$U = 2,0 \text{ (W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{)}$$

Varianta III - Σ variant I, II

Tab. č. 17 : Variantní řešení energeticky úsporných opatření



Tab. č. 18: Porovnání tepelných ztrát pro jednotlivé varianty

2.7.4 Návrh doporučené, optimální varianty

Z uvedeného popisu je nejvhodnější varianta č. III

- Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné úpravy bude zateplen pochůznou tepelnou izolací tl. 120 mm.

Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla $\gg U = 0,254 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Stávající bytová okna, balkonové dveře, schodišťová okna a sklepní okna budou vyměněna za okna dřevěná nebo plastová, s izolačním dvojsklem DITHERM $\gg U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Bude provedena výměna stávajících vnějších vchodových dveří za nové dřevěné nebo plastové, prosklené izolačním dvojsklem

Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla $\gg U = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Hodnoty součinitelů prostupu tepla konstrukcí po provedení navržených úprav jsou mezi požadovanými a doporučenými hodnotami dle požadavků ČSN 73 0540-2

Ochlazovaná konstrukce	Stávající kons. U_{is}	Požad.hodn U_{NP}	Doporuč.hodn U_{ND}	varianta III U_i
Obvodové panely - IZ tl. 70 mm	0,38	0,38	0,25	0,38
Strop pod neizolovanou půdou	1,06	0,3	0,2	0,25
Podlaha nad nevytápěným prostorem	1,39	0,6	0,4	1,39
Okna a balkonové dveře	2,8	1,8	1,2	1,4
Schodišťová okna	6,5	1,8	1,2	1,4
Sklepní okna	3,8	1,8	1,2	1,4
Vchodové dveře	4,7	3,5	2,3	2

Tabulka 19: Porovnání hodnot součinitele prostupu tepla

2.7.5 Energetické vyhodnocení objektu

Symbol	Hodnota - VARIANTA				Jednotka	Význam
	Stávající	I	II	III		
V	8 125,00				m ³	Obestavěný prostor, vytápěný dle ČSN 73 0540
A	2 895,50				m ²	Celková plocha ochlazovaných konstrukcí
A/V	0,356				1/m	Geometrická charakteristika budovy
e_{vN}	29,91				kWh/m ³	Požadovaná hodnota měrné spotřeby tepla
e_v	28,77	25,89	23,47	20,59	kWh/m ³	Měrná spotřeba tepla za otopné období
	splňuje	splňuje	splňuje	splňuje	-	Požadavky Vyhlášky č. 291/2001 Sb.

Tab. č. 20: Měrná spotřeba tepla na vytápění dle vyhl. č. 291/2001 Sb.

Stupeň energetické náročnosti (SEN) = $100 \cdot e_v / e_{vn}$

Symbol	Hodnota - VARIANTA				Význam
	Stávající	I	II	III	
SEN	96,2%	86,6%	78,5%	68,8%	Stupeň energetické náročnosti budov dle ČSN 730540-2:2002
	D	D	C	C	Klasifikace energetické náročnosti budov dle ČSN 730540-2:2002
	Výhovující	Vyhovující	Úsporná	Úsporná	Slovní vyjádření klasifikace budovy

Tab. č. 21: Stupeň energetické náročnosti dle ČSN 73 0540-2:2002

Varianta	Energeticky úsporná opatření	Investice Kč	Úspora		PN roky
			GJ/rok	Kč/rok	
I	Zateplení stropu pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné úpravy	228 876,0	84,35	33 453,8	6,84
II	Výměna oken, balkonových dveří, schodišťových oken, sklepních oken a vchodových dveří	2 460 240,0	155,03	61 487,6	40,01
III	Σ variant I, II	2 689 116,0	239,37	94 940,9	28,32

Tab. č. 22: Potenciál možných úspor

2.7.6 Energetická bilance a ekonomické vyhodnocení

Ukazatel	Stávající stav		Varianta I		Varianta II	
	GJ/rok	tis. Kč/rok	GJ/rok	tis. Kč/rok	GJ/rok	tis. Kč/rok
Vstupy paliv a energie						
Změna zásob a paliv						
Spotřeba paliv a energie	1 280,71	497,56	1 196,36	464,10	1 125,68	436,07
Prodej energie cizím						
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	1 280,71	497,56	1 196,36	464,10	1 125,68	436,07
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	63,92		59,70		56,16	
Spotřeba energie na vytápění	841,62	333,81	757,28	300,36	686,60	272,32
Spotřeba energie na přípravu teplé vody	436,70	161,09	436,70	161,09	436,70	161,09
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	2,39	2,65	2,39	2,65	2,39	2,65

Ukazatel	Varianta III	
	GJ/rok	tis. Kč/rok
Vstupy paliv a energie		
Změna zásob a paliv		
Spotřeba paliv a energie	1 041,34	402,62
Prodej energie cizím		
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	1 041,34	402,62
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	51,95	
Spotřeba energie na vytápění	602,25	238,87
Spotřeba energie na přípravu teplé vody	436,70	161,09
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	2,39	2,65

Tab. č. 23: Upravená energetická bilance zpracovaná na základě výpočtu tepelných ztrát

	Potřeba tepla pro UT (W)	RST (MWh)	RST (GJ/rok)	Dosažitelné energ. úspory (GJ/rok)
Současný stav	144 307	233,784	841,621	0
Varianta I	129 845	210,354	757,276	84,345
Varianta II	117 726	190,721	686,596	155,025
Varianta III	103 264	167,292	602,252	239,369

Tab. č. 24: Vyhodnocení dosažitelných energetických úspor jednotlivých variant

	Finan. náklady na úpravy (Kč)	Roční dosažitelné finanční úspory (Kč/rok)	Prostá návratnost (roky)
Současný stav	0,00	0,00	
Varianta I	228 876,00	33 453,76	6,8
Varianta II	2 460 240,00	61 487,57	40,0
Varianta III	2 689 116,00	94 940,93	28,3

Tab. č. 25: Ekonomické vyhodnocení úspor

Dosažitelné energetické úspory	Varianta III
Úspory v GJ/rok	239,369
Úspory v %	28,44 %
Úspory v tis. Kč	94,94

Tab. č. 26: Dosažitelné energetické úspory

2.8 Vyhodnocení z hlediska životního prostředí

Zdrojem tepla pro hodnocený objekt je plynová kotelna, situovaná mimo objekt. Roční emise uvedeného zdroje jsou vztaženy na teplo, vyrobené spalováním zemního plynu o výhřevnosti cca 34 MJ/m³ a účinnosti zdroje cca 90%.

Znečišťující látka	g/m ³	Výchozí stav (kg/rok)	Stav po realizaci (kg/rok)	Rozdíl (kg/rok)
Tuhé látky	0,302	7,48	5,35	2,13
SO ₂	0,000	-	-	-
NO _x	1,920	47,53	34,01	13,52
CO	0,320	7,92	5,67	2,25

Tab. č. 27: Vyhodnocení z hlediska životního prostředí

3 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Současný stav obvodových konstrukcí obytného domu u většiny konstrukcí nevyhovuje tepelně technickým požadavkům ČSN 73 0540-2 : 2002 z hlediska součinitele prostupu tepla konstrukcí a spotřeby energie na vytápění.

Měrná spotřeba tepelné energie pro hodnocený dům za otopné období:

Požadovaná hodnota měrné spotřeby tepla $env = 29,91 \text{ kWh.m}^{-3}$

Současná hodnota měrné spotřeby tepla $ev = 28,77 \text{ kWh.m}^{-3}$

Roční úspora při variantě III. (celkové komplexní zateplení obytného prostoru – strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelných úprav, výměna oken, balkónových dveří, schodišťových oken, sklepních oken a výměna vchodových dveří) je 239,369 GJ/r což je 28,44 %.

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla » po úpravách U_i [W/m ² K]	Požadovaný součinitel prostupu tepla » normový $U_{i,A}$ [W/m ² K]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{ti}=A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
Vnější stěna - zateplená	1314,82	0,38	0,38	1,00	494,37
Bytová okna a balkon. dveře	392,43	1,40	1,80	1,15	631,81
Schodišťová okna	25,95	1,40	1,80	1,15	41,78
Sklepní okna	4,50	1,40	1,80	1,15	7,25
Strop pod nevyt. půdou	572,19	0,25	0,30	1,00	145,34
Podlaha nad nevyt. prostorem	572,19	1,39	0,60	0,49	390,00
Vchodové dveře	13,44	2,00	3,50	1,15	30,91

Tab. č.28: Energetické parametry stavební konstrukce po provedení navržených opatření – varianta III

ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zabývala energetickým zhodnocením panelového, domu měření a výpočty tepelných ztrát a návrhem možných řešení.

Práce je rozdělena do tří částí. První část čerpá informace z dostupné literatury k danému tématu, druhá část byla věnována řešení konkrétního případu zateplování panelového domu, tedy jejím energetickým zhodnocením včetně návrhu optimálního řešení zateplení zmíněné budovy. V třetí části je závěrečné zhodnocení a diskuze, kde poukazuji na to, že panelový dům z hlediska obvodových konstrukcí nevyhovuje.

S ohledem na provedené energetické a ekonomické vyhodnocení navržených variant lze doporučit realizovat navrhovaná opatření varianty III, která spočívá v zateplení stropu pod nevytápěnou půdou tepelnou izolací tl. 120 mm, výměně všech stávajících oken a balkónových dveří a výměně vnějších vchodových dveří.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1) JELÍNEK, V. Tepelná ochrana budov. Odborný časopis pro úspory energie a kvalitu vnitřního prostředí budov. 6.ročník 2/2003, s. 6 – 10.
- 2) ŠÁLA, J. Snižování energetické náročnosti budov. Sborník vybraných přednášek, Ostrava 16. 10. 2003. s. 17 – 18. ISBN: 80-02-01584-3
- 3) Celostátní semináře v Domě techniky Ostrava: Přínosy z praktických aplikací. Dostupný z URL: <<http://www.dtostrava.cz>>.
- 4) Termovize v praxi: Dostupný z URL: <<http://www.pen-com.cz>>.
- 5) Panelová výstavba: Dostupný z URL: <http://www.sfrb.cz/uvod_panel.htm>.
- 6) Původní projektová dokumentace z roku 1962 : Zhotovitel Stavoprojekt Olomouc
- 7) ČSN 730540-2:2002 – Tepelná ochrana budov
- 8) ČSN 060210:94 – Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápěním budov
- 9) ČSN 38 3350:1998 a změna 8/1991
- 10) ČSN 73 0540 – 1, 2, 3, 4 Tepelná ochrana budov
- 11) Vyhláška MPO č. 291/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách
- 12) Vyhláška MPO č. 213/2001 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu
- 13) Vyhláška MPO č. 151/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie
- 14) Vyhláška MPO č. 152/2001 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody
- 15) Zákon č. 406/2000, vydaný parlamentem české republiky, zákon o hospodaření energií

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Q_k	Konvekční teplo	$[W/m^2K]$
Q_R	Radiační teplo	$[W/m^2K]$
Q_{R1}	Teplo z povrchu teplejšího tělesa	$[W/m^2K]$
Q_{R2}	Teplo z povrchu opačného tělesa	$[W/m^2K]$
Q_λ	Kondukční teplo	$[W]$
Q_o	Tepelná ztráta prostupem	$[W]$
T_p	Povrchová teplota	$[^\circ C]$
t_p	Tepelná ztráta z vedení tepla	$[^\circ C]$
t_i	Teplota vzduchu na vnitřní straně	$[^\circ C]$
t_{pi}	Teplota povrchová na vnitřním líci stěny	$[^\circ C]$
t_{pe}	Teplota povrchová na vnějším líci stěny	$[^\circ C]$
t_e	Teplota vzduchu na straně vnější	$[^\circ C]$
t_v	Teplota vzduchu v okolí	$[^\circ C]$
t_p	Teplota na povrchu stěny	$[^\circ C]$
t_e	Teplota venkovního vzduchu	$[^\circ C]$
ε	Součinitel pohltivosti povrchu materiálu	$[-]$
α	Součinitel přestupu tepla	$[W/m^2K]$
S	Povrch stěny	$[m^2]$
s	Tloušťka stěny	$[m]$
λ	Součinitel vodivosti	$[W/mK]$
α_i	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	$[W/m^2K]$
α_e	Součinitel přestupu tepla na vnější straně	$[W/m^2K]$
k	Součinitel prostupu tepla	$[W/m^2K]$
Δt	rozdíl mezi výpočtovou venkovní teplotou a výslednou teplotou v míst.	$[^\circ C]$
U	Součinitel prostupu tepla	$[W/m^2K]$
E_r	Tepelná energie	$[GJ/rok]$

PVC Polyvinylchlorid

EA Energetický audit

TV Teplá voda

PV Pitná voda

ÚT Ústřední topení

Dx Počet denostupňů

TRV Termostatické ventily

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1.Schematické zobrazení způsobu sdílení tepla konvekcí (prouděním).....	8
Obr. 2. Schematické zobrazení způsobu sdílení tepla radiací (sáláním).....	11
Obr. 3. Schematické zobrazení způsobu sdílení tepla kondukcí (vedením).....	12
Obr. 4. Schematické zobrazení způsobu prostupu tepla stěnou.....	13

SEZNAM TABULEK

Tab.č. 1. Součinitel přestupu tepla α v závislosti na rychlosti proudění v podél stěny.....	10
Tab.č. 2. Vysálané množství tepla z povrchu tělesa	12
Tab.č. 3. Součinitel pohltivosti materiálu	13
Tab.č. 4. Součinitel vodivosti	14
Tab.č. 5. Skladba energetických ztrát budov.....	25
Tab.č. 6. Informace o budově	28
Tab.č. 7. Charakteristiky budovy	28
Tab.č. 8. Charakteristiky obvodového pláště	29
Tab.č. 9. Spotřeba a cena tepla za vytápění	31
Tab.č. 10. Spotřeba a cena tepla za ohřev TV.....	32
Tab.č. 11. Spotřeba a cena elektrické energie	32
Tab.č. 12. Tepelné ztráty	33
Tab.č. 13. Roční potřeba tepla na vytápění.....	34
Tab.č. 14. Okrajové podmínky výpočtu dle ČSN	34
Tab.č. 15. Energetická bilance	35
Tab.č. 16. Vyhodnocení tepelných ztrát budovy	36
Tab.č. 17. Variantní řešení energeticky úsporných opatření	41
Tab.č. 18. Porovnání tepelných ztrát pro jednotlivé varianty	42
Tab.č. 19. Porovnání hodnot součinitele prostupu tepla	43
Tab.č. 20. Měrná spotřeba tepla na vytápění	43
Tab.č. 21. Stupeň energetické náročnosti	44
Tab.č. 22. Potenciál možných úspor	44
Tab.č. 23. Upravená energetická bilance zpracovaná na základě výpočtu tep.ztrát	45
Tab.č. 24. Vyhodnocení dosažitelných energetických úspor jednotlivých variant	45
Tab.č. 25. . Ekonomické vyhodnocení úspor	46
Tab.č. 26. Dosažitelné energetické úspory.....	46
Tab.č. 27. Vyhodnocení z hlediska životního prostředí.....	46
Tab.č. 28. Stavební konstrukce po provedení opatření EA – varianta III.....	47

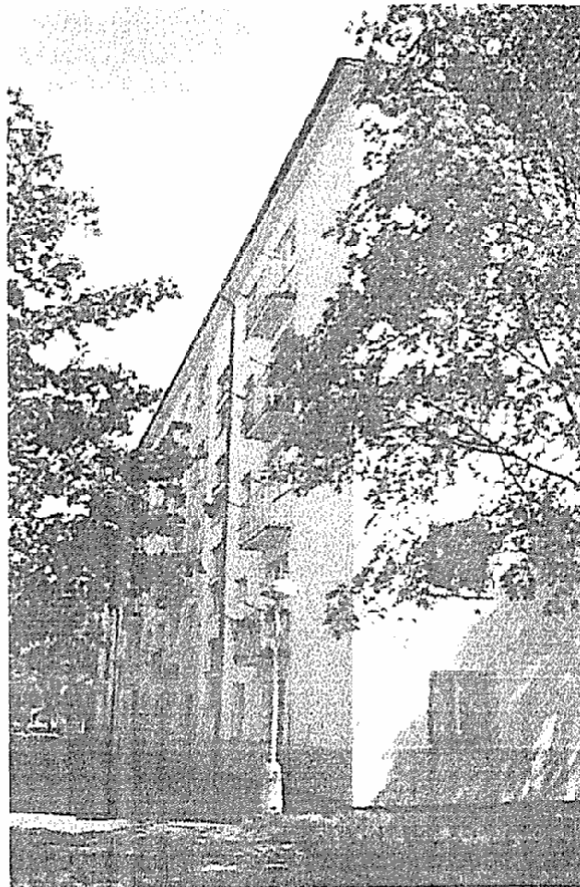
SEZNAM PŘÍLOH

P 1 : Fotodokumentace

Příloha č.1 : Fotodokumentace



pohled ze severu



^ pohled ze severozápadu



« pohled z jihozápadu