

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Průkaz energetické náročnosti budovy

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Denisa OSVALDOVÁ**
Osobní číslo: **E13B0136P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Průkaz energetické náročnosti budovy**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

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

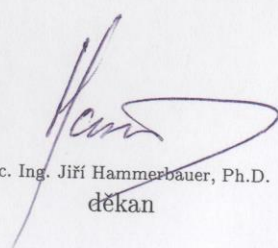
1. Popište obsah průkazu energetické náročnosti budovy
2. Pro zvolený objekt určete jeho energetickou náročnost
3. Pro zvolený objekt proveďte měření termokamerou
4. Vypracujte průkaz energetické náročnosti budovy
5. Proveďte závěrečné zhodnocení

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

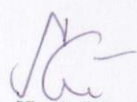
1. určí vedoucí práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Jiřinec**
Katedra elektroenergetiky a ekologie
Konzultant bakalářské práce: **Prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá zhotovením průkazu energetické náročnosti budovy a vysvětlením základních pojmů týkajících se této problematiky. Dále je zde zmíněna problematika tepelných mostů, ty jsou pro daný objekt zjištěny pomocí termokamery

Klíčová slova

průkaz energetické náročnosti budovy, energetický štítek, termografie, bolometr, energetická náročnost, součinitel prostupu tepla, termokamera

Abstract

This bachelor thesis deals with the making of energy performance certificates and explanation of basic concepts related to this issue. Then there is the problems of the thermal bridges, they are the object detected with a thermal imager.

Key words

Building energy performace certificate, energetic card, termography, bolometr, energy intensity, heat passage coeficient thermal loss, thermal camera

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 5.6.2015

Denisa Osvaldová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Stanislavovi Jiřincovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	12
TEPLOTA [1]	13
1.1 ROZDĚLENÍ TEPLOTNÍCH STUPNIC [1] [2].....	13
1.2 MĚŘENÍ TEPLoty [4]	14
1.2.1 Rozdělení teploměrů [5] [6]	14
1.3 TERMOGRAFIE [7].....	15
1.3.1 Emisivita [7]	16
1.3.2 Reflexivita [7]	16
1.3.3 Rozdělení radiačních zdrojů [7],[8]	17
2 TERMOKAMERA [9]	18
2.1.1 Princip termokamery [10]	18
2.1.2 Funkce termokamery [9],[10].....	18
2.1.3 Konstrukce termokamery [11]	18
Bolometr [13], [14], [15]	19
2.1.4 Měření termokamerou [7].....	22
3 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	22
3.1 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY (PENB) [11], [12], [24]	22
3.2 ZÁSADY PRO NEKONTAKTNÍ MĚŘENÍ TEPLOTNÍHO RELIÉFU NA VNĚJŠÍM POVRCHU:	24
3.3 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY [11], [12], [24]	25
3.4 TEPELNÉ MOSTY [19] [21]	28
4 URČENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOVY	29
4.1 BUDOVA A JEJÍ KONSTRUKCE.....	29
4.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY BUDOVY	30
4.3 PRINCIP VÝPOČTU TEPELNÝCH ZTRÁT.....	35
4.3.1 Výpočet součinitele prostupu tepla	35
4.3.2 Tepelná ztráta prostupem tepla z vytápěného prostoru	37
4.3.3 Tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru	39
4.4 SOFTWARE POUŽITÝ PRO VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT.....	39
4.5 VÝSLEDKY VÝPOČTU Z PROGRAMU PROTECH	40
4.6 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK BUDOVY	40
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	1
PŘÍLOHY	4
PŘÍLOHA A – TABULKA PRO URČENÍ ENERGETICKÉ TŘÍDY OBÁLKY BUDOVY	4
PŘÍLOHA B – PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY.....	5
PŘÍLOHA C – GRAFICKÝ PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	16
PŘÍLOHA D – ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY	17
PŘÍLOHA E – PROTOKOL O MĚŘENÍ TERMOKAMEROU	20

Seznam symbolů a zkratek

$^{\circ}\text{C}$	Stupeň Celsia	Jednotka teploty
$^{\circ}\text{F}$	Stupeň Fahrenheita	Jednotka teploty
K	Stupeň Kelvina	Jednotka teploty
ε	Epsilon	Emisivita
λ	Lambda	Vlnová délka
ρ	Ro	Reflexivita
ψ	Psí	Lineární součinitel prostupu tepla
θ_{MAX}	Fí	Maximální snímací úhel
f	Frekvence	
c	Rychlost světla	
d	Tloušťka konstrukce	
μm	Mikro metr	Jednotka délky
m	Metr	Jednotka délky
m^2	Metr čtvereční	Jednotka délky
m^3	Metr krychlový	Jednotka objemu
SEN	Stupeň energetické náročnost	
STN	Stupeň tepelné náročnosti	
e_V	Vypočtená měrná potřeba tepla při větrání	
$e_{V,N}$	Požadovaná normová měrná potřeba tepla při vytápění	
U_{sm}	Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla	
$U_{sm,N}$	Požadovaný normový průměrný součinitel tepla	
CI	Klasifikační ukazatel	
R_{cl}	Tepelný odpor oblečení	
θ_i	Teplota vnitřního vzduchu	
V_i	Rychlost proudění vnitřního vzduchu	
p_i	Tlak vodní páry vnitřního vzduchu	
U_{id}	Ideální součinitel prostupu tepla (bez tepelných mostů)	
R_{Si}	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	
R_N	Tepelný odpor konstrukce	
R_{Se}	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	
R_T	Odpor při přestupu tepla	

λ	Součinitel tepelné vodivosti
U	Celkový součinitel prostupu tepla (včetně tepelných mostů)
$\sum \Delta U_{tbkj}$	Koeficient vlivem tepelného mostu
$\Phi_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru
$H_{T,i,e}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy
$H_{T,u,e}$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem
$H_{T,i,g}$	Součinitel tepelné ztráty do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu
$H_{T,i,j}$	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu
$\theta_{int,i}$	Výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
θ_e	Výpočtová vnější teplota
A_K	Plocha stavební části
e_k, e_i	Korekční činitelé, kt. zohledňují klimatické vlivy (rychlost větru, oslunění, teplota...)
U_K	Součinitel prostupu tepla
ψ_i	Činitel lineárního prostupu tepla pro lineární tepelný most
l_i	Délka lineárních tepelných mostů
b_u	Teplotní součinitel, kt. zohledňuje rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a vnější teplotou
$H_{u,e}$	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do exteriéru
$H_{i,u}$	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného do nevytápěného prostoru
f_{g1}	Korekční činitel, kt. zohledňuje vliv ročních změn teplot
f_{g2}	Teplotní redukční faktor, kt. zohledňuje rozdíl mezi průměrnou a výpočtovou venkovní teplotou
$U_{ekv,K}$	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla, určí se podle topologie stavby
G_W	Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
$f_{i,j}$	Redukční činitel, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty
θ_{sp}	Teplota sousedního vytápěného prostoru
$\Phi_{V,i}$	Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

$H_{V,i}$	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	
V_i	Objemový tok vzduchu	
C_p	Měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$	
ρ	Hustota vzduchu při výpočtové teplotě interiéru $\theta_{int,i}$	
A/V	Objemový faktor budovy	
H_T	Měrná ztráta prostupu tepla obálkou budovy	
OD	Okno dvojité	Obecné označení
DO	Dveře ochlazované	Obecné označení
DB	Dveře balkonové	Obecné označení
SO	Stěna ochlazovaná	Obecné označení
STR	Střecha	Obecné označení
PDL	Podlaha	Obecné označení

Úvod

Na základě zákona č.406/2000 Sb. o hospodaření energií, který zpracovává příslušné předpisy Evropské unie, mimo jiné i pro spotřebu energie a energetickou náročnost budovy je zpracováván průkaz energetické náročnosti, což je dokument, který obsahuje informace o energetické náročnosti budovy. Tento dokument nám udává množství energie nutné pro pokrytí energie spojené s využíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení. [1]

Cílem této bakalářské práce je vysvětlení problematiky týkající se průkazu energetické náročnosti budovy a jeho následné zhotovení pro konkrétní budovu. Průkaz energetické náročnosti budovy je dán změnou zákona č.318/2012 Sb. PENB udává informace o budově z pohledu její energetické náročnosti, čímž se snižuje nebo zvyšuje její hodnota na trhu.

První část práce se zabývá vysvětlením základních pojmů spojených s teplotou, způsobem měření teploty a termografie. Část textu je také věnována emisivitě a reflexivitě tělesa a je zde také popsána samotná termografie.

Druhá část práce je věnována termokameře, její funkci a principu měření. Zároveň je v této části popsána problematika bolometru.

V třetí části je uveden průkaz energetické náročnosti budovy a energetický štítek budovy. Je zde také zmíněna problematika tepelných mostů.

Čtvrtá část je věnována výpočtu tepelných ztrát pro konkrétní budovu, jsou zde uvedeny výkresy získané v technické dokumentaci. V této kapitole jsou obsaženy výsledky získané z výpočtového softwaru a na základě těchto výpočtů je budova vyhodnocena.

Teplota [2]

Teplota je stavová veličina charakterizující termodynamický stav jakékoliv makroskopické soustavy. Řadí se mezi základní veličinu v SI soustavě a lze ji vyjádřit různými způsoby měření a různými názvy.

1.1 Rozdělení teplotních stupnic [2] [3]

K neznámějším teplotním stupnicím řadíme Celsiovu, Fahrenheitovu a Termodynamickou.

JEDNOTKA	ZKRATKA	HODNOTA PŘEVODU
stupeň Kelvina	K	1 stupeň Celsia = 274,15 kelvin
stupeň Celsia	°C	1 stupeň Celsia = 1 stupeň Celsia
stupeň Fahrenheita	°F	1 stupeň Celsia = 33,8 stupňů Fahrenheita
Rankinův stupeň	°R	1 stupeň Celsia = 493,475 Rankinův stupeň
Réaumurův stupeň	°R	1 stupeň Celsia = 0,8 Réaumurův stupeň

Tab. 1.1 Přehled rozdělení teplot

- **Celsiova stupnice**

Je vyjádřena v jednotce °C a nadefinována vztahem $t = T - T_0$, kde T je odpovídající termodynamická teplota a T_0 je termodynamická teplota, definovaná přesně 0,01 K pod termodynamickou teplotou trojného bodu vody, tedy $T_0 = 273,15$ K. Této teplotě přísluší hodnota nuly Celsiovy teploty, tj hodnota $t=0^\circ\text{C}$.

- **Fahrenheitova stupnice**

Je vyjádřena v jednotce °F, souvisí s odpovídající číselnou hodnotou Celsiovy teploty vyjádřenou v jednotce Celsiův stupeň vztahem:

$$t_F = \frac{9}{5} \cdot t + 32 \quad (1.1)$$

t_F [°F] Fahrenheitova teplota

t [°C] Celsiova teplota

1.2 Měření teploty [4]

Dojde-li k dotyku dvou těles, nastane změna původního rovnovážného stavu. To znamená, že před vzájemným dotykem měla tělesa různé teploty. U dotykového měření k určení této reakce použijeme měřící těleso – teploměr. Pro nejpřesnější určení teploty je nutné zvolit správný teploměr a stupnici, ve které budeme měřit.

Teplotu lze měřit dvěma způsoby, kontaktně nebo bezkontaktně. V této práci jde o bezkontaktní měření budovy.

Bezkontaktní měření je rychlé, lze změřit objekt, který je v pohybu. Při měření nedochází k odebírání tepelné energie z měřeného objektu. Touto metodou můžeme také provádět měření ve vysokých teplotách, kde s ohledem na nízkou žáruvzdornost teploměru není možné použít dotykový teploměr.

1.2.1 Rozdělení teploměrů [5] [6]

Pro nejpřesnější stanovení teploty je nutné vhodně zvolit srovnávací těleso, tedy teploměr a vhodnou teplotní stupnici, ve které budeme měřit.

Teploměry dělíme na kontaktní a bezkontaktní:

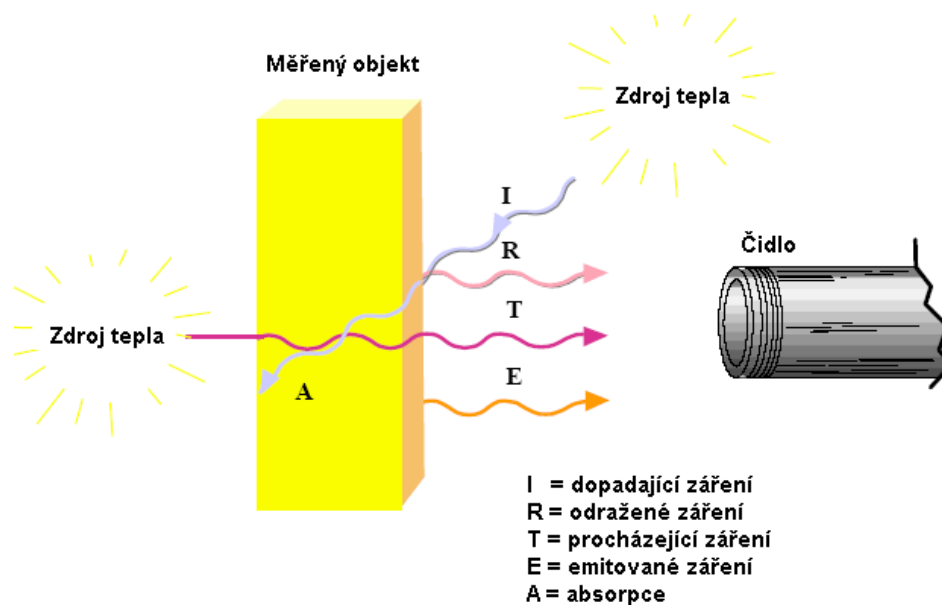
- Kontaktní teploměry
 - Dilatační teploměry
 - Kapalinové (rtuťové, etanolové, pentanové)
 - Parní
 - Bimetalové
 - Plynové
 - Elektrické
 - Odporové (odporové kovové, odporové polovodičové)
 - Polovodičové s PN přechodem
 - Krystalové
 - Termoelektrické
 - Speciální
 - Akustické
 - Šumové

- Magnetické
- Radiační
- Teploměrné barvy
- Bezkontaktní teploměry
 - Tepelné
 - Kvantové

1.3 Termografie [7]

Nejjednodušší způsob, jak identifikovat teplejší místa povrchu objektu od chladnějších je metodou bezkontaktní termografie. Termografie je vědní obor, který obsahuje informace o šíření infračerveného záření, přenosu tepla, atmosférických vlivů, radiometrie apod. Pro správné určení teplot nekontaktním měřením je nutné selektovat působící faktory a činitele. Tyto faktory se projevují při měření povrchově stejnorodého objektu, nebo objektu obklopeného jiným zdrojem tepelného záření, při nepříznivých podmínkách způsobených počasím, nebo nevhodně zvolenou vzdáleností pro měření.

Vyrovnání, nebo správné určení všech příslušných faktorů a činitelů, ovlivňující nekontaktní měření a jeho vyhodnocení, není lehké a není možné je opomenout.



Obr. 1.1 Vyzařovaná záření [4]

1.3.1 Emisivita [7]

Emisivita je základní faktor pro přesnost nekontaktního měření teploty a lze jím charakterizovat jeden ze zdrojů infračerveného záření.

Koeficient emisivity (emisivita ε) je poměr intenzity vyzařování daného tělesa k intenzitě vyzařovaného tělesa k intenzitě vyzařování absolutně černého tělesa, za stejné teploty. Koeficient ε se pohybuje v intervalu (0;1), z výsledného intervalu můžeme tedy určit schopnost tělesa vyzařovat teplo.

Nejedná se tedy o konstantní hodnotu, ale o hodnotu závisující na:

- směru vyzařování IR záření (θ)
- vlastnostech povrchu zdroje IR záření (povrch lesklý, suchý, vlhký,...)
- vlnové délce vyzařování zdroje IR záření (λ)
- materiálu zdroje záření (beton, omítka, sklo,...)
- termodynamické teplotě materiálu zdroje IR záření (T)

Matné povrchy (např. azbestová deska $\varepsilon = 0,96$) se vyznačují vysokou emisivitou oproti povrchům lesklým (např. leštěný hliník $\varepsilon = 0,05$). Hodnota $\varepsilon = 1$ náleží pouze černému tělesu při všech vlnových délkách (λ).

Hodnotu emisivity můžeme získat několika různými způsoby. Jedním z možných způsobů je vyhledat emisivitu pro stanovený povrch v tabulkách koeficientů emisivit. Jedná se ale o nevhodný způsob určení emisivity pro přesné měření, protože v tabulce nejsou zaznamenány všechny mlžné materiály. Další způsob zjištění ε je vedlejším měřením před začátkem IR měření lze provádět např. určením teploty v referenčních bodech měřeného objektu a při zaměření této pozice infrakamerou provádět změnu nastavení ε .

1.3.2 Reflexivita [7]

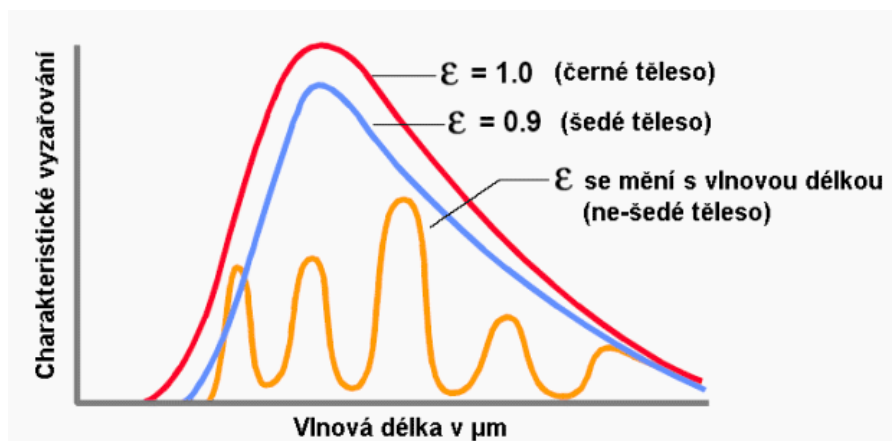
Koeficient reflexe (reflexivita ρ) je druhý parametr pro určení tepelného zdroje IR záření, který je úzce spjatý s emisivitou. Jedná se o poměr intenzity vyzařování tělesa k intenzitě záření dopadající na těleso. Reálné zářiče, které nepohlcují veškeré dopadající záření, mají reflexivitu $\rho > 0$. Tato nenulová hodnota působí problém při nekontaktním snímání teplot, neboť odrážené parazitní infračervené záření zkresluje skutečné povrchové teploty.

Vzájemný vztah mezi emisivitou a reflexí lze vyjádřit vztahem:

$$\rho = 1 - \varepsilon \quad [-] \quad (1.2)$$

1.3.3 Rozdělení radiačních zdrojů [7],[8]

Zdroje infračerveného záření dělíme dle charakteru zdrojů na tři typy: černé těleso, šedé těleso a obecné zářiče (mezi ty lze řadit všechny stavební objekty).



Obr. 1.2 Grafické znázornění vyzařování emisivity [8]

1.3.3.1 Černé těleso [7], [8]

Absorbuje všechno na něj dopadající záření nezávisle na úhlu dopadu záření a vlnovou délkou záření. Absolutně černé těleso vyzařuje maximální možnou energii záření ve všech vlnových délkách při dané teplotě.

Výdej záření obsahuje všechny vlnové délky v intervalu ($0 < \lambda < \infty$) a frekvence v intervalu ($0 < f < \infty$). Vzájemný vztah těchto veličin je:

$$f = c/\lambda \quad (1.3)$$

kde c je rychlost světla ($c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Tento proces je uskutečněn difúzním rozptylem, to znamená, že odrazivost záření, které dopadá na povrch tělesa, probíhá všemi směry do přilehlého okolního prostoru. Oproti tomu tělesa závislá na vlnové délce se jmenují selektivní zářiče.

Absolutně černé těleso nabývá hodnot emisivity $\epsilon = 1$ a odrazivost $\rho = 0$. Tyto hodnoty zaznamenáváme při všech vlnových délkách bez vlivu směru vyzařování.

1.3.3.2 Šedé těleso [9]

Šedá tělesa jsou charakteristická pro svou nezávislost emisivity na vlnové délce vyzařování. Poměrná zářivost zářiče (emisivita) nabývá hodnot v intervalu $\epsilon \in (0;1)$.

1.3.3.3 Lesklé těleso [9]

Objekt odráží veškeré záření, které na něj dopadá, zpět do prostoru. Platí zde zrcadlový odraz, kdy úhel odrazu je roven úhlu dopadu. Nevyzařují vlastní záření, pouze odráží vnější záření. Absolutně bílé těleso nabývá hodnot pro emisivitu $\varepsilon = 0$ a reflexivitu $\rho = 1$.

2 Termokamera [9]

Teplo se šíří třemi způsoby, jsou jimi vedení (nejčastější způsob šíření tepla v pevných tělesech), proudění (jeden ze způsobů šíření tepla v kapalinách a plynech) a tepelné záření (infráčervené záření). Každé těleso s teplotou vyšší než 0K vyzařuje infráčervené záření. Pro lidské oko je viditelné tepelné záření nad 520°C a termokamery nám umožňují zobrazit tělesa s nižší teplotou. Za výstup z termovizní kamery je označován infráčervený snímek (termogram, termovizní snímek). Termokamery nám umožňují určovat graficky teplotu v jednotlivých bodech objektu.

2.1.1 Princip termokamery [10]

Princip termokamery je v bezkontaktním měření teploty tělesa s teplotou větší, než je absolutní nula. Tato tělesa vyzařují elektromagnetické záření, které lze zachytit termokamerou.

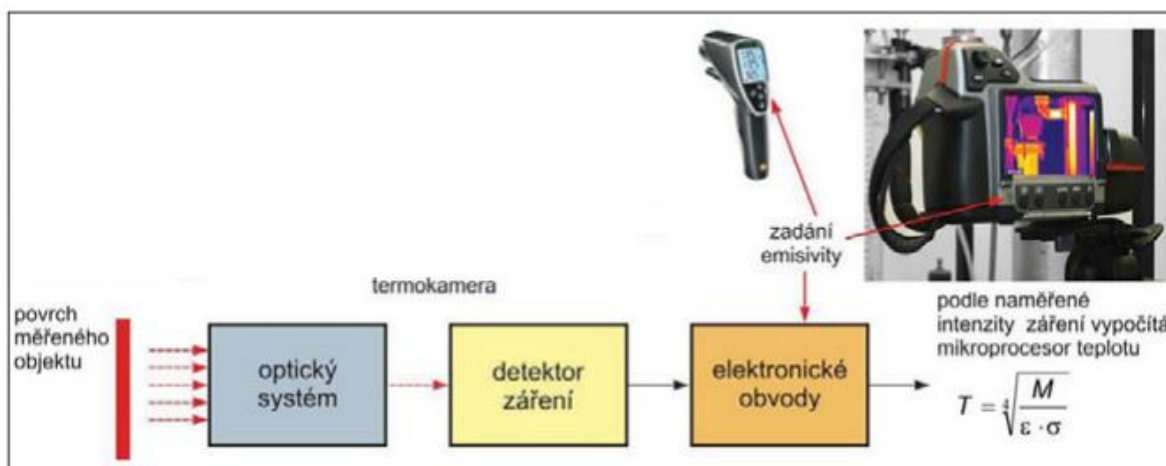
Jelikož je toto vyzařující záření závislé na povrchové teplotě, je možné změřením intenzity záření určit teplotu na povrchu objektu. Zdrojem elektromagnetického záření je termický pohyb částic, které jsou obsaženy v objektu.

2.1.2 Funkce termokamery [9],[10]

Intenzita záření je měřena v objektivu, kam se promítá dopadající tepelné záření a následně dochází ke zpracování obrazu. Pokud je měření provedeno správně, s dodržením veškerých podmínek, lze na výsledném termogramu vidět rozložení povrchové teploty objektu.

2.1.3 Konstrukce termokamery [11]

Termokamera se svou konstrukcí příliš neliší od běžné kamery. Skládá se ze tří hlavních částí (viz obr. 1.3) : objektiv, detektor a elektronika pro zpracování obrazu.



Obr. 1.3 Blokové schéma termokamery [11]

2.1.3.1 Detektor [17]

Detektorem lze převést infračervené záření na elektrický signál, jenž je dále převeden na termovizní snímek pomocí elektroniky. K udržení vysoké teplotní rozlišnosti je třeba detektor hermeticky uzavřít do vakuovaného pouzdra, ve kterém je termoelektricky stabilizována pokojová teplota.

Rozeznáváme dva typy detektorů, jsou jimi fotonové a tepelné.

2.1.3.1.1 Fotonové detektory [17]

Fotonové detektory jsou založeny na principu kvantování elektronového záření (počítání fotonů). Ve srovnání s tepelnými, jsou detektory citlivější, spektrálně citlivější, úzkopásmové a mají schopnost rozlišovat záření pouze v úzkém spektru vlnových délek. Nedílnou součástí fotonového detektoru je chladicí zařízení.

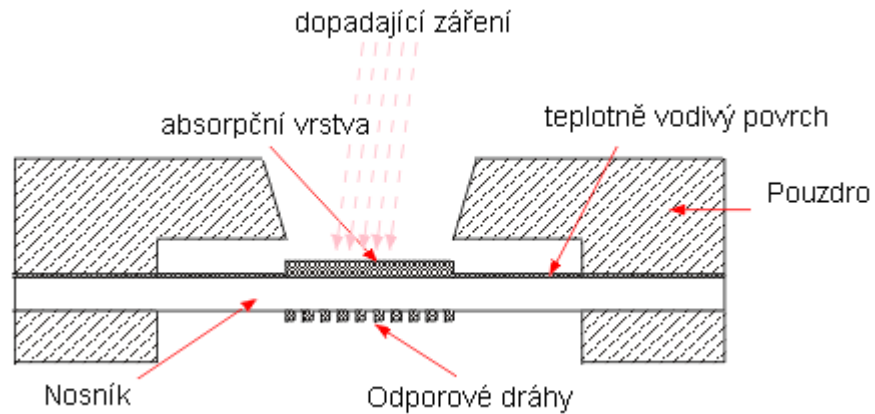
2.1.3.1.2 Tepelné detektory [17]

Podstatou tepelného detektoru je změna elektrických vlastností, jež závisí na intenzitě dopadajícího infračerveného záření. Nejčastějším rozmístěním mikrobolometrů je do 2D pole.

Bolometr [13], [14], [15]

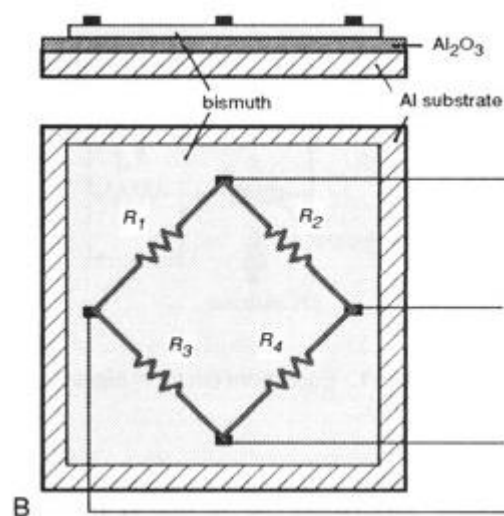
Bolometr je senzor, určený k bezkontaktnímu měření teploty, který pracuje na základě pyrometrie, tzn., že je měřen celkový tepelný výkon, pomocí infračerveného záření. Princip bolometru lze popsat jako závislost změny elektrického odporu na teplotě materiálu, která se mění v závislosti na množství absorbovaného infračerveného záření.

Struktura bolometru je znázorněna na obrázku 2.1, na které je patrné, že dopadající záření je pohlceno absorpční vrstvou. Tuto vrstvu tvoří zlatá fólie, která dokáže pohltit až 95% infračerveného záření. Takto pohlcené infračervené světlo ohřívá teplotně vodivý povrch a nosník. Ve spodní straně nosníku jsou umístěny odporové dráhy, odpor těchto drah se mění s teplotou lineárně.



Obr. 2.1 Schéma bolometru [14]

Častěji se setkáváme s bolometrem, který je znázorněn na obrázku 2.2. Jedná se o hliníkovou desku odizolovanou oxidem hliníku Al_2O_3 . Odporové dráty jsou vyrobeny z oxidů MgO , MnO , NiO , TiO_2 pro termistorové bolometry, anebo lze použít chalkogenidové sklo ($\text{Tl}_2\text{SeAsTe}_3$) pro vrstvé bolometry. Dráty jsou napařeny na tepelně vodivou desku z bismutu. Pro jednoduché bolometry lze použít zapojení do Wheatstonova můstku, při kterém dochází k zapojení obvykle čtyř drah (viz obr. 2.2).



Obr. 2.2 Zapojení integrovaného můstku bolometru [15]

Bolometr se častěji vyskytuje v podobě integrovaných obvodů, které obsahují uspořádání až tisíců bolometrů do matice. Takto uspořádané bolometry nazýváme mikrobolometry. K tomu, aby bolometr reagoval na změnu teploty pouze absorbovaného infračerveného záření, je třeba jej izolovat od okolí. Nejčastěji je bolometr izolován vzduchem, novější snímače jsou izolovány reflexní vrstvou, jejíž funkcí je neabsorbované záření odrazit zpět do elementu.

Vyznačují se vysokou citlivostí, spektrální citlivost se pohybuje v řádech 1,6 až 5000 μm a velkým rozsahem pracovních teplot od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota měřeného objektu se může pohybovat v teplotách nad $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ a měřený objekt není při měření ovlivňován.

Bolometry mají širokou škálu využití, lze jimi detekovat ohně, požáry nebo výbuchy. Dále pak bezdotykově měřit teplotu a monitorovat tepelné procesy a tepelné zařízení. Své využití našly i v astronomii a spektrometrii.

2.1.3.2 Objektiv [17]

Objektiv termokamery je soustavou čoček, která zobrazuje snímaný objekt s pozadím do obrazové roviny. Funkci optické čočky zastává v dnešní době germaniová spojka, pro kterou platí stejné optické zákony jako pro čočku skleněnou. Aby se zabránilo obrazu infračerveného záření na povrchu je nutné, aby čočka byla potažena antireflexivní vrstvou. Tímto opatřením zvýšíme propustnost objektivu až na 90% a více.

Germaniová čočka má zároveň funkci filtru, jenž z dopadajícího elektromagnetického záření propouští pouze záření s požadovanou vlnovou délkou.

2.1.3.3 Elektronika pro zpracování obrazu [17]

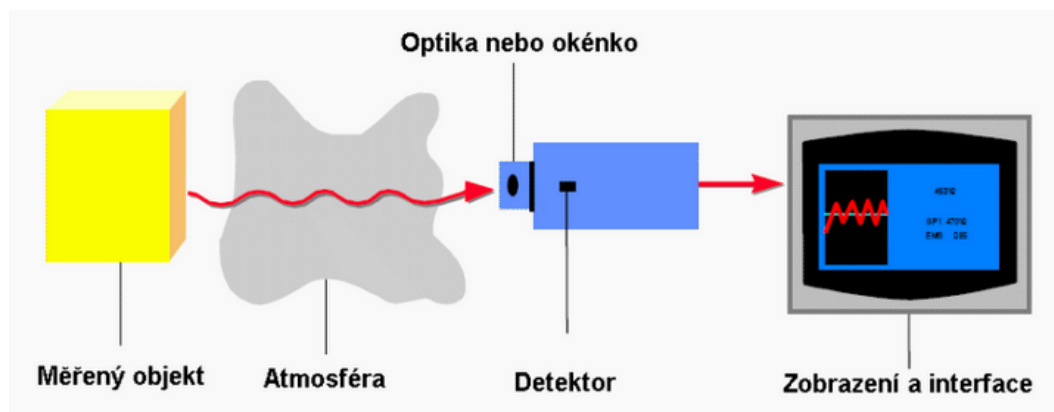
Infračervené záření, které dopadá na elektroniku pro zpracování obrazu, vyvolá elektrický signál změnou elektrického odporu. Tato změna je následně převedena dalšími obvody na elektrický signál.

2.1.4 Měření termokamerou [7]

Při měření obecných zářičů by úhel, pod kterým je objekt snímán, neměl být větší než $\theta_{\text{MAX}} = 40^\circ$. Pokud by snímací úhel byl větší, docházelo by k poklesu hodnoty emisivity, jejíž nepřesná hodnota má negativní vliv na přesnost měření.

Pokud snímáme geometricky velmi členité objekty, je pro výsledný termogram vhodnější snímat objekt co nejkolměji a postupně z různých směrů. Protože výsledný termosnímek je převeden do 2D obrazu ze snímaného 3D.

Abychom dosáhli co největšího prostorového rozlišení a zároveň co největšího ozáření detektoru při nejvyšší možné hodnotě ϵ , je nutné řídit se technickými parametry detektoru a zajistit, aby průmět detektoru termokamery do předmětové roviny byl co nejmenší.



Obr. 2.3 Měřicí systém [4]

3 Průkaz energetické náročnosti budovy

3.1 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) [11], [12], [24]

Průkaz energetické náročnosti budovy je dokument, který hodnotí objekt z hlediska jeho energetické spotřeby při provozu a jeho energetické hospodárnosti. Povinnost mít zhotovený PENB platí již od 1. 1. 2009 a byl zaveden vyhláškou č.291/2001 Sb. Průkaz je dle novely zákona 406/2000 Sb. od roku 2013 povinen zhotovit vlastník při prodeji nebo pronájmu (při pronájmu tato povinnost platí až od roku 2016) celého objektu nebo jeho části.

Jak je výše uvedeno, je nutné ke kupní smlouvě přiložit PENB, ale také je nutno tento

dokument pořídit při výstavbě nového objektu nebo při stavebních úpravách budov již dokončených s podlahovou plochou větší než 1000 m², které ovlivní energetickou náročnost. Naopak PENB se nezhotovuje u objektů rekreačních, sloužících k náboženským účelům, s plochou menší než 50 m² a budov, které spadají pod památkový ústav.

Průkaz energetické náročnosti se skládá z protokolu a grafického znázornění, kde dle výpočtů zařadíme objekt do jedné ze sedmi skupin (A-G) odpovídající náročnosti objektu. Jako energeticky nejvýhodnější je skupina A, naopak energeticky nejhorší jsou objekty zařazené do skupiny G.

- *Třídy energetické náročnosti budovy:*
 - A – mimořádně úsporné
 - B – úsporné
 - C – vyhovuje
 - D – nevyhovuje
 - E – neúsporné
 - F – velmi neúsporné
 - G – mimořádně neúsporné

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY
 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) je dokument, který poskytuje informace o energetické náročnosti budovy a doporučuje opatření k jejímu snížení. Formář obsahuje následující části:

- Ulice, číslo:** _____
- PSČ, město:** _____
- Typ budovy:** _____
- Plocha obklopení budovy:** _____ m²
- Objemový faktor tvaru A/V:** _____ m³/m²
- Celková energeticky vztázná plocha:** _____ m²

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanoveno
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střešní:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahy:	<input checked="" type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input checked="" type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teple vody:	<input checked="" type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

PODÍL ENERGOZDROJŮ NA DODANÉ ENERGIÍ
 Hodnoty pro celou budovu
 Měrná

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Měrná hodnota kWh/m ² ·a	
Celková dodaná energie (E _g)	Neobnovitelná primární energie (E _{g,neob})
A	A
B	B
C	C
D	D
E	E
F	F
G	G

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel
Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel
Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel
Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel	Ukazatel

Hodnoty pro celou budovu
 Měrná

Zpracovatel: _____ Osvědčení č.: _____
 Kontaktní: _____ Vyhoveno dne: _____
 Podpis: _____

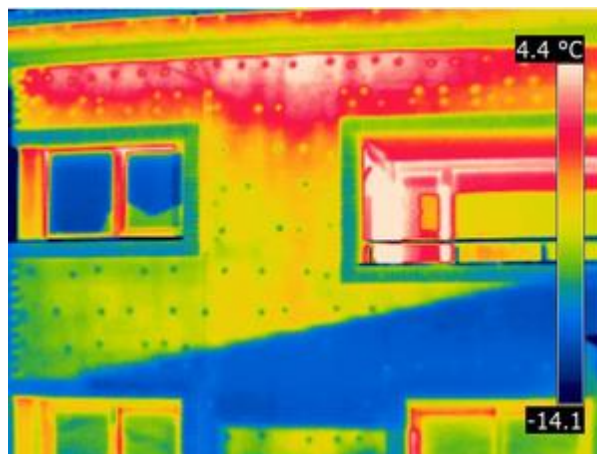
Obr. 3.1 Průkaz energetické náročnosti budovy [23]

- Obsah protokolu: [16]
 - Účel, za jakým byl PENB zpracován.
 - Základní informace o hodnoceném objektu.

- Informace o stavebních prvcích, konstrukcích a technických systémech.
- Energetická náročnost hodnoceného objektu.
- Posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie.
- Doporučená opatření pro snížení energetické náročnosti budovy při větší změně dokončené budovy.
- Identifikační údaje energetického specialisty a datum vypracování průkazu.

3.2 Zásady pro nekontaktní měření teplotního reliéfu na vnějším povrchu:

- Měření je nutné si předem připravit a seznámit se skladbou konstrukce měřeného objektu, způsobu vytápění a zajistit stabilizaci teploty vnitřních prostor objektu.
- Měření provádět pouze při dostatečném teplotním rozdílu vnitřních a vnějších prostor (minimálně 20°C a více) po dobu 24 hodin před zahájením měření (ideální stav vnějšího vzduchu je -5°C).
- Snímaná plocha by neměla být minimálně 12 hodin před měřením vystavena slunečnímu záření a neměla by být nadměrně ochlazována větrem (rychlost větru by neměla být větší než 3m/s)
- Po dobu měření a nejméně 24 hodin před samotným měřením nesmí být měřený objekt smáčen deštěm.
- Mezi termokamerou a měřeným objektem nesmí sněžit, pršet nebo být mlha.
- Je nutné dbát na to, aby nedošlo k znehodnocení měření vlivem teplotních odrazů od okolních zdrojů infračerveného záření.



Obr. 3.2 Měření objektu termokamerou při nevhodných podmínkách [16]

Na obr. 3.2 je uveden termosnímek, pořízený pár minut po východu slunce, na kterém je viditelný nerovnoměrný ohřev obálky budovy. Červený povrch pod střechou byl intenzivně zahřán, jeho teplota se pohybuje přibližně kolem 4°C, ze žlutého povrchu ustoupil stín a

začíná se ohřívat, teplota na povrchu je okolo -3°C , na modrou část objektu nedopadá sluneční záření a jeho teplota se pohybuje okolo -10°C . Na obr. 3.2 je tedy dobře viditelný výsledek měření, při nedodržení vhodných podmínek k měření. Z takto pořízeného termosnímku nelze přesně stanovit energetickou náročnost budovy a nelze odhalit tepelné mosty.

3.3 Energetický štítek obálky budovy [11], [12], [24]

Energetický štítek budovy je dokument zavedený normou ČSN 730540 – 2/2002 často zaměňovaný za průkaz energetické náročnosti. Základním rozdílem je, že průkaz hodnotí budovu z hlediska spotřeby energie, zatímco energetický štítek hodnotí budovu z hlediska tepelně technických vlastností objektu. Tyto vlastnosti jsou nadefinovány průměrným součinitelem prostupu tepla a platné jsou od roku 2005, kdy byla norma ČSN normalizována.

Zhotovení energetického štítku není stanoveno zákonem, a není také zákonem určeno, kdo má oprávnění dokument zhotovit, proto energetický štítek může vypracovat každý, kdo zvládne výpočet.

Dle původního znění normy ČSN 730540 – 2/ 2002 je za hodnotící prvek považován tzv. "stupeň energetické náročnosti", označovaný jako SEN. V novele z roku 2005 toto kritérium nahradil tzv. " stupeň tepelné náročnosti" STN. Hlavní rozdíl je v tom, že SEN počítá s měrnou spotřebou energie, zatímco STN počítá s průměrným součinitelem prostupu tepla.

$$\text{SEN} = \frac{100 \cdot e_V}{e_{V,N}} \quad (3.1)$$

- e_V - vypočtená měrná potřeba tepla při větrání
- $e_{V,N}$ – požadovaná normová měrná potřeba tepla při vytápění

$$\text{STN} = \frac{100 \cdot U_{em}}{U_{em,N}} \quad (3.2)$$

- U_{em} – vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla
- $U_{em,N}$ – požadovaný normový průměrný součinitel tepla

V roce 2007 nahradila novela kritérium STN tzv. "klasifikačním ukazatelem", značeným jako CI, kde se u hodnotícího kritéria porovnává vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla větší nebo menší, než normový součinitel prostupu tepla.

Podle poslední novely z roku 2011 se vypočítá klasifikační ukazatel dle vzorce:

$$CI = \frac{U_{em}}{U_{em,N}} \quad (3.3)$$

- U_{em} – vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla
- $U_{em,N}$ – požadovaný normový průměrný součinitel tepla

Pomocí energetického štítku lze řadit objekty do sedmi skupin od A, to jsou objekty velmi úsporné, až po G, kam patří mimořádně neúsporné objekty. Při zařazení do těchto skupin se řídíme hodnotou průměrného součinitele tepla $U_{em,rq}$ a průměrným součinitelem prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$. Stejně jako u PENB za vyhovující objekty považujeme ty, které spadají do kategorie A-C (viz. Tab. 3.1). Pod kategorií A (velmi úsporné) řadíme tzv. pasivní domy, do kategorie B (úsporné) spadají tzv. nízkoenergetické domy (domy s roční měrnou spotřebou tepla menší než 50kWh/m³). Poslední vyhovující kategorie C se dělí na dvě podskupiny – C1 jsou budovy, které vyhovují doporučené hodnotě součinitele tepla a budovy C2 – tam zařadíme budovy, které vyhovují požadované úrovni součinitele prostupu tepla.

Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikace	Klasifikační ukazatel CI
A	Velmi úsporná	≤ 0,3
B	Úsporná	≤ 0,6
C	Vyhovující	≤ 1,0
D	Nevyhovující	≤ 1,5
E	Nehospodárná	≤ 2,0
F	Velmi nehospodárná	≤ 2,5
G	Mimořádně nehospodárná	> 2,5

Tab. 3.1 Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy [24]

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY							
Typ budovy, místní označení				Hodnocení obálky budovy			
Adresa budovy							
Celková podlahová plocha $A_c =$ m ²				stávající		doporuč.	
CI Velmi úsporná							
A							
0,3 B							
0,6 C						XY	
1,0 D				XY			
1,5 E							
2,0 F							
2,5 G							
Mimořádně nevhodná							
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{en} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{en} = H_T / A$				XY		XY	
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty U_{en} pro A / V = XY							
CI	0,30	0,60	(0,75)	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{en}	XY	XY	XY	XY	XY	XY	XY
Platnost štítku do -				Datum XY			

Obr. 3.3 Energetický štítek obálky budovy [12]

Tepelná pohoda [18]

Jedním ze základních prvků, které podmiňují spokojenost člověka a ovlivňují jeho výkon, je tzv. tepelná pohoda. Tepelná pohoda (dále jen TP) je stav, kdy se člověk cítí příjemně a nepocituje chlad ani teplo. TP je vytvořena rovnováhou mezi člověkem a jeho bezprostředním okolím bez toho, aby byl zatížen jeho termoregulační systém, s ohledem na momentální činnost člověka. Stav TP lze vyjádřit fyziologickými veličinami, a to povrchovou teplotou pokožky a množstvím vylučovaného potu.

Pocit tepelné neutrality (tepelné pohody) u člověka závisí na těchto základních faktorech a jejich veličinách:

- Faktor osoby
 - Činnost (činnost lze definovat od velmi lehké činnosti (např. kreslič) po těžkou (např. práce v pohybu spojená s překonávání břemen až 80 kg))
 - tepelný odpor oblečení R_{cl} [$m^2 \cdot K/W$] (tepelný odpor oblečení je nejmenší u nahého člověka, nejvyšší u polárního oděvu)

- Faktor interiérového prostředí
 - teplota vnitřního vzduchu θ_i [°C] (je určena v konkrétním interiéru v okolí lidského těla a závisí na účelu místnosti, pro střeoevropské podmínky je v rozmezí 18-22°C)
 - průměrná sálavá (účinná) teplota (účinná teplota je teplota ploch v interiéru)
 - rychlost proudění vnitřního vzduchu V_i [m/s] (při běžných teplotách (18-22°C) je přípustná $\leq 0,1$ m/s, při vyšších teplotách vzduchu snáší člověk vyšší proudění vzduchu lépe než při nižších teplotách, to je pak proudění vnímáno jako průvan)
 - tlak vodní páry vnitřního vzduchu p_i [Pa] (optimální vlhkost interiéru je 30-60%)

Za validní považujeme takový stav, kdy procento nespokojených osob v určeném interiéru bude menší než 15%. Zároveň však musí platit, že žádná část těla se nadměrně neohřívá nebo naopak neochlazuje. Proto je nutné uvést i podmínky, které by mohly vést ke vzniku lokální tepelné nepohody libovolné části lidského těla, a těmi jsou:

- asymetrické tepelné sálání (může být způsobeno sálavým vytápěním, zejména stropním, nebo chladem, pronikajícím skrz okna a neizolované zdi)
- vertikální gradient vzduchu (je určen poměrem přívodu tepla a ochlazováním jednotlivých stěn v místnosti)
- teplá nebo studená podlaha (optimální teplota podlahy, po které chodí lidé obutí je v rozmezí 23 až 25°C)
- proudění vzduchu

3.4 Tepelné mosty [19] [21]

Tepelné mosty lze definovat jako místo se zvýšeným tepelným tokem. Tímto místem proniká více tepelné energie a to má za následek, že povrch v interiéru je chladnější a v exteriéru teplejší, oproti okolní konstrukci. Tepelný most je problémem nejen z hlediska energetiky, ale i hygieny. Na chladných místech interiéru může docházet ke kondenzaci vodních par nebo zvýšení lokální vlhkosti až na 80% a tím dojde ke vzniku vhodného

prostředí ke vzniku plísní. Kondenzace vodních par může nastat také v konstrukci staveb, což má za následek, u dřevěných částí budov, výskyt hniloby a tím i narušení statiky objektu.

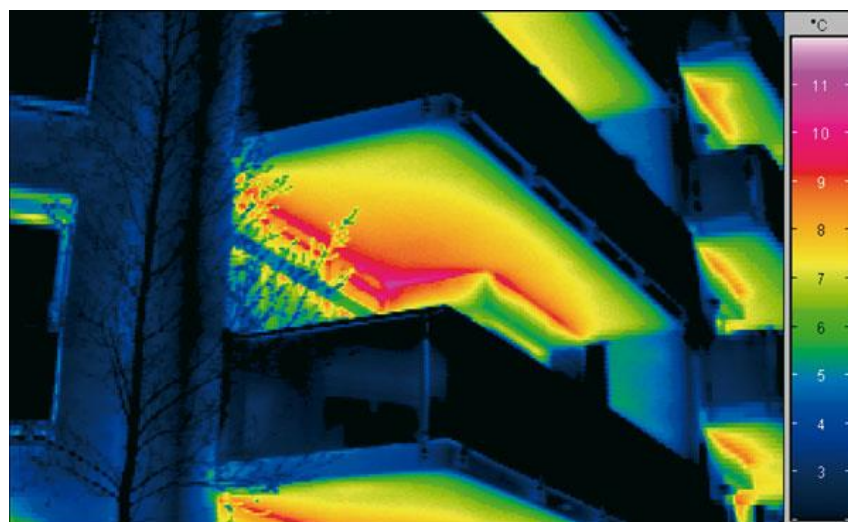
Tepelné mosty rozdělujeme na lineární a bodové. Lineární tepelné mosty můžeme také nazývat tepelné vazby, protože dochází k vazbě dvou různých konstrukcí.

Ke vzniku tepelného mostu nedochází pouze špatným vedením tepla méně izolačními materiály, ale může vzniknout také prouděním vzduchu, například z venkovního prostředí mezi konstrukcí nebo mezi vnitřním povrchem a tepelnou izolací.

Hygienickými požadavky na tepelné mosty se zabývá norma ČSN 730540-2

Tepelné mosty	$\Sigma\Delta U_{tbkj}$ [W/(m ² K)]
Optimalizované tepelné mosty	0,02
Mírné tepelné mosty	0,05
Běžné tepelné mosty	0,10
Výrazné tepelné mosty	0,15

Tab. 3.2 Koeficienty vlivu tepelného mostu [21]



Obr. 3.4 Termovizní snímek s klasickým tepelným mostem balkónovou konstrukcí[20]

4 Určení tepelných ztrát budovy

4.1 Budova a její konstrukce

Popisovaná budova byla postavena v roce 1995. Navržený objekt je půdorysného tvaru písmene L, dvoupodlažní, s využitým podkrovím. V přízemí se nachází dvě ordinace s čekárnou, místnost s ultrazvukem, laboratoř a samostatné sociální zařízení pro klienty a personál.

Základové pásy byly provedeny z betonu, umístěné v zemině, vodorovná izolace je z těžké lepenky IPA. Obvodové zdivo bylo provedeno z cihel porotherm 44 o tl. 45 cm a vnitřní nosné zdivo z cihel porotherm 30 tl. 30cm. Stropy budovy jsou provedeny z keramických stropních trámů POD a vložek MIAKO. V půdním prostoru je umístěn dřevěný krov, na kterém je provedeno bednění tl.25mm s přibitou nepískovou lepenkou A 400/H, kontralatě a latě 4/5 cm. Krytinu tvoří alpská taška BRAMAC a severní křídlo je přikryto pozinkovaným plechem tl. 0,6mm.



Obr. 4.1 Pohled na budovu – jižní strana

4.2 Základní parametry budovy

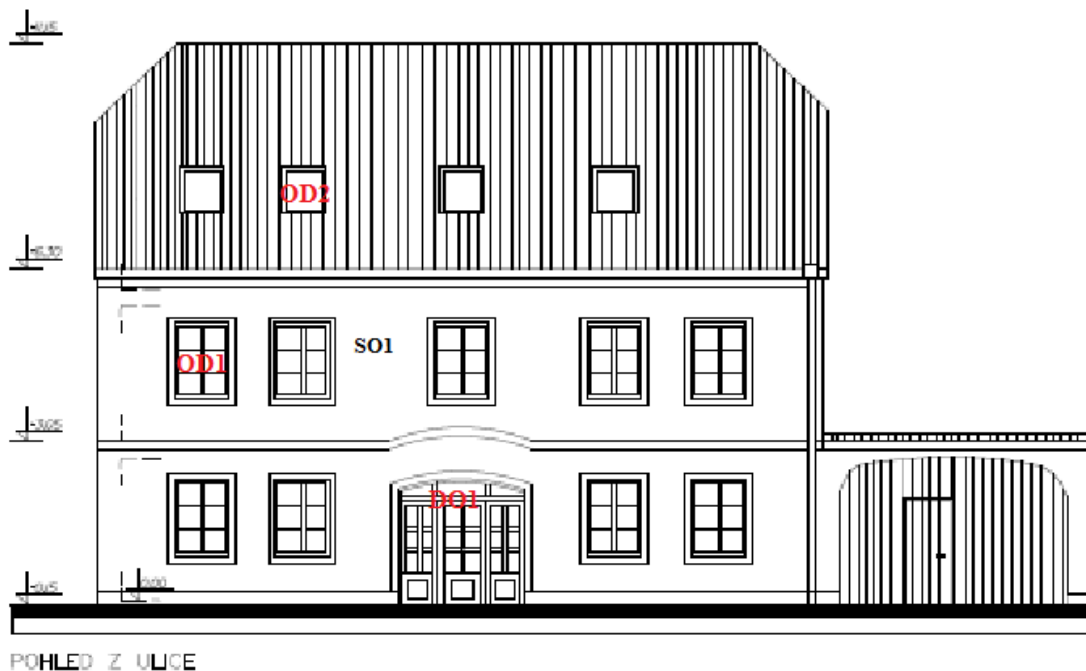
Uvedené rozměry byly určeny z dostupné projektové dokumentace.

Umístění budovy	Domažlice
Orientace čela budovy	Jih
Zastavěná plocha	487,5 m ²
Podlahová plocha	975 m ²
Objem budovy	2473,5 m ³
Plocha pláště budovy	1460 m ²
Větrání	Přirozené

Tab. 4.1 Základní parametry budovy

Označení	Popis	Plocha [m ²]
SO1	Ochlazovaná stěna	144,25
OD1	Okno dvojité (1000 x 1500)	13,5
OD2	Okno dvojité (850 x 900)	3,06
DO1	Dveře vstupní (2400 x 2350)	5,64

Tab. 4.2 Plochy výplní – jižní strana



Obr. 4.2 Jižní strana budovy

Označení	Popis	Plocha [m ²]
SO1	Ochlazovaná stěna	292,665
OD3	Okno dvojité (1250 x 1500)	22,5
OD4	Okno dvojité (1500 x 1500)	2,25
OD5	Okno dvojité (1200 x 1500)	1,8
OD6	Okno dvojité (1250 x 900)	1,125
OD11	Okno dvojité (4000 x 2250)	9
DO2	Dveře boční (1900 x 2250)	4,275
DB1	Dveře balkonové (850 x 2750)	2,3375

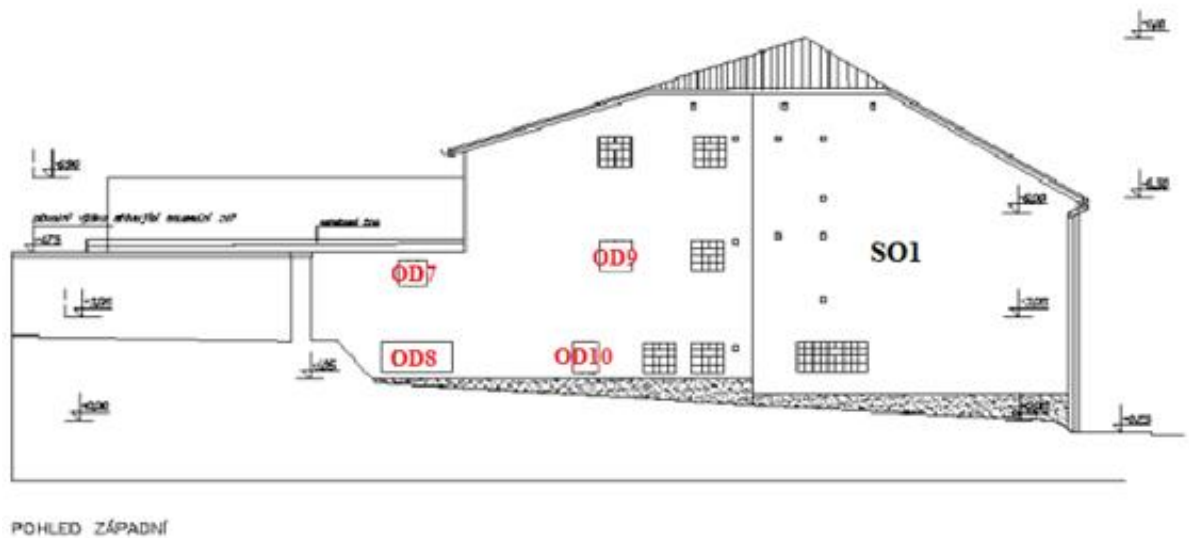
Tab. 4.3 Plochy výplní – východní strana



Obr. 4.3 Východní strana budovy

Označení	Popis	Plocha [m ²]
SO1	Ochlazovaná stěna	292,665
OD7	Okno dvojité (750 x 700)	0,525
OD8	Okno dvojité (1900 x 1400)	5,32
OD9	Okno dvojité (950 x 900)	5,13
OD10	Okno dvojité (750 x 900)	0,675

Tab. 4.4 Plochy výplní – Západní strana



Obr. 4.4 Západní strana budovy

Označení	Popis	Plocha [m ²]
SO1	Ochlazovaná stěna	144,25

Tab. 4.5 Plochy výplní – severní strana

V dostupné projektové dokumentaci bylo uvedeno složení jednotlivých stavebních konstrukcí, ke kterým byly přiřazeny příslušné teplotní součinitele vodivosti. Tyto hodnoty byly uvedeny v literatuře [25]. Složení jednotlivých stavebních konstrukcí je uvedeno na obr. 4.5 – 4.7

Materiál	Tloušťka [mm]	λ [W/mK]
Keramická dlažba	10	1,01
Cementová malta	5	1,16
Betonová mazanina	45	1,1
Krycí betonová mazanina	50	1,1
Polyethylenová fólie	3	0,35
Polystyren	40	0,13
Prosátý písek	5	0,95
izolace IPA	4	0,2
Protiradonová zábrana	1	0,2
podkladní beton	100	1,3

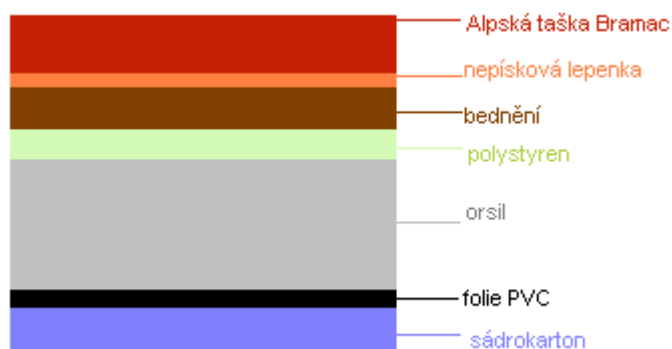
Tab. 4.6 Složení podlahy PDL



Obr. 4.5 Složení podlahy PDL

Materiál	Tloušťka [mm]	λ [W/mK]
Alpská taška Bramac	30	1,3
Nepísková lepenka A 400H	3,5	0,2
Bednění	25	0,11
Polystyren	20	0,13
Orsil	100	0,4
Fólie PVC	1,5	0,2
Sádrokarton	25	0,22

Tab. 4.7 Složení stropní konstrukce STR



Obr. 4.6 Složení stropní konstrukce STR

Materiál	Tloušťka [mm]	λ [W/mK]
Omítka	10	0,88
Zdivo (Porotherm 44)	450	0,34
Omítka	10	0,88

Tab. 4.8 Složení vyzdívky SOI



Obr. 4.7 Složení vyzdívky OSI

4.3 Princip výpočtu tepelných ztrát

4.3.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

$$U_{id} = \frac{1}{R_{si} + R_N + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (4.1)$$

U_{id} [W/m²K] Ideální součinitel prostupu tepla (bez tepelných mostů)

R_{si} [m²K/W] Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R_N [m²K/W] Tepelný odpor konstrukce

R_{se} [m²K/W] Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

R_T [m²K/W] Odpor při přestupu tepla

$$R_N = \sum \frac{d}{\lambda} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (4.2)$$

d [m] Tloušťka konstrukce

λ [W/(mK)] Součinitel tepelné vodivosti

$$U = U_{id} + \sum \Delta U_{tbkj} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (4.3)$$

U [W/m²K] Celkový součinitel prostupu tepla (včetně tepelných mostů)

$\sum \Delta U_{tbkj}$ [W/(m²K)] Celkové zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů v konstrukci (katalogizovaná hodnota)

Praktický výpočet součinitele prostupu tepla pro vyzdívku SO1:

Vyzdívka SO1 je složena z cihlové vyzdívky porotherm a z vnitřní a vnější omítky. Skladba podlahy a stěny je zobrazena na obr.

Výpočet odporu při přestupu tepla:

$$R_T = R_{si} + R_N + R_{se} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{0,88} + \frac{450 \cdot 10^{-3}}{0,340} + \frac{10 \cdot 10^{-3}}{0,88} = 1,334 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Výpočet ideálního součinitele prostupu tepla:

$$U_{id} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,334} = 0,749 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Výpočet celkového součinitele tepla pro vyzdívku SO1:

$$U = U_{id} + \Delta U_{tbkj} = 0,749 + 0,02 = 0,769 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Tento postup výpočtu se použije i pro ostatní druhy konstrukcí. Výsledky výpočtů celkového součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v *tab. 4.9*

Označení stavební konstrukce	Popis stavební konstrukce	U [W/m ² K]
SO1	Ochlazovaná stěna	0,159
PDL	Podlaha	0,077
STR	Střecha	0,796

Tab. 4.9 Součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí

Označení stavební konstrukce	Popis stavební konstrukce	U [W/m ² K]
OD1	Okno dvojité (1000 x 1500)	1,5
OD2	Okno dvojité (850 x 900)	1,5
OD3	Okno dvojité (1250 x 1500)	1,5
OD4	Okno dvojité (1500 x 1500)	1,5
OD5	Okno dvojité (1200 x 1500)	1,5
OD6	Okno dvojité (1250 x 900)	1,5
OD7	Okno dvojité (750 x 700)	1,5
OD8	Okno dvojité (1900 x 1400)	1,5
OD9	Okno dvojité (950 x 900)	1,5
OD10	Okno dvojité (750 x 900)	1,5
OD11	Okno dvojité (4000 x 2250)	1,5
DO1	Dveře vstupní (2400 x 2350)	1,9
DO2	Dveře boční (1900 x 2250)	1,9
DB1	Dveře balkonové (850 x 2750)	1,9

Tab. 4.10 Součinitele prostupu tepla stavebních výplní

4.3.2 Tepelná ztráta prostupem tepla z vytápěného prostoru

Pro výpočet tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného prostoru byla použita literatura [22].

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ue} + H_{T,i\bar{g}} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (4.4)$$

$\Phi_{T,i}$ [W] Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru

$H_{T,ie}$ [W/K] Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy

$H_{T,ue}$ [W/K] Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem

$H_{T,i\bar{g}}$ [W/K] Součinitel tepelné ztráty do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu

$H_{T,ij}$ [W/K] Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu

$\theta_{int,i}$ [K] Výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru

θ_e [K] Výpočtová vnější teplota

$$H_{T,ie} = \sum A_K U_K e_K + \sum \Psi_i l_i e_i \quad [W/K] \quad (4.5)$$

A_K [m²] Plocha stavební části

e_K, e_i [-] Korekční činitele, které zohledňují klimatické vlivy (různé oslunění, absorpce vlhkosti stavebních dílců, rychlost větru a teplota)

U_K [W/(m²K)] Součinitel prostupu tepla stavení části

Ψ_i [W/(m²K)] Činitel lineárního prostupu tepla pro lineární tepelný most

l_i [m] Délka lineárních tepelných mostů

$$H_{T,ue} = \sum A_K U_K b_u + \sum \Psi_l l_l b_u \quad [W/K] \quad (4.6)$$

b_u [-] Teplotní součinitel, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a vnější teplotou

Známe-li teplotu nevytápěného prostoru θ_u , tak součinitel b_u vypočítáme dle vztahu:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_u} [-] \quad (4.7)$$

V případě, kdy hodnotu θ_u neznáme, tak součinitel b_u vypočítáme dle vztahu:

$$b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} - H_{ue}} [-] \quad (4.8)$$

H_{ue} [W/K] Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do exteriéru

H_{iu} [W/K] Součinitel tepelné ztráty z vytápěného do nevytápěného prostoru

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} (\sum A_K U_{ekv,K}) G_W \text{ [W/K]} \quad (4.9)$$

f_{g1} [-] Korekční činitel, který zohledňuje vliv ročních změn teplot

f_{g2} [-] Teplotní redukční faktor, který zohledňuje rozdíl mezi průměrnou a výpočtovou venkovní teplotou

A_K [m²] Plocha stavebních částí

$U_{ekv,K}$ [W/(m²K)] Ekvivalentní součinitel prostupu tepla, určí se podle topologie stavby

G_W [-] Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody

$$H_{T,ij} = \sum f_{i,j} A_K U_K \text{ [W/K]} \quad (4.10)$$

$f_{i,j}$ Redukční činitel, který zohledňuje rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtově teploty

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{sp}}{\theta_{int,i} - \theta_e} [-] \quad (4.11)$$

θ_{sp} Teplota sousedního vytápěného prostoru

4.3.3 Teplená ztráta větráním vytápěného prostoru

Princip výpočtu tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru byl čerpán z literatury [22]

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i}(\theta_{int,i} - \theta_e)[W] \quad (4.12)$$

$\Phi_{V,i}$ [W] Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru

$H_{V,i}$ [W/K] Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot C_p [W/K] \quad (4.13)$$

V_i [m³/s] Objemový tok vzduchu

ρ [kg/m³] Hustota vzduchu při výpočtové teplotě interiéru $\theta_{int,i}$

C_p [kJ/kg.K] Měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$

4.4 Software použitý pro výpočet tepelných ztrát

Česká společnost Protech je již od roku 1987 zabývá vývojem programů pro hodnocení energetické náročnosti budovy, včetně zpracování průkazů ENB. Zapůjčený program (modul HB) umožňuje zpracovat PENB dle vyhlášky č.148/2007 SB. s úpravami dle aktualizace ČSN 73 0540-2:2011. [26]

Po spuštění programu je nutné vyplnit údaje specifikující lokalitu objektu (venkovní výpočtovou teplotu, nadmořskou výšku, klimatickou oblast). Zadaný objekt se nachází v Domažlicích, těm je přiřazena venkovní výpočtová teplota -17°C.

Dalším krokem je zadání rozměrových parametrů budovy, jako např. objem budovy, obvod budovy, zastavěná plocha a podlahová plocha. Po zadání těchto rozměrů je nutné vypsát jednotlivé konstrukce budovy, kam patří podlaha, strop a vyzdívka. Těmto složkám je nutné přiřadit jednotlivé rozměry a součinitele prostupu tepla. Tyto parametry je nutné zadat i u oken a dveří, tzn. výplní budovy.

Po vyplnění těchto údajů je potřebné specifikovat způsob užívání budovy, jedná-li se o rodinný dům, hotel, vzdělávací objekt apod. Program umožňuje také podrobnější popis větrání, chlazení, větrání, teplé užitkové vodě a solárních kolektorů.

Na závěr je programem vyhotoven průkaz energetické náročnosti budovy v grafické i textové podobě.

4.5 Výsledky výpočtu z programu Protech

Název	Označení	Hodnota	Jednotky
Měrná ztráta prostupem	H_T	491	W/K
Měrná ztráta větráním	H_V	329,8	W/K
Celková měrná ztráta	H	820,8	W/K
Tepelná ztráta při tepelném spádu 37°C	Φ	30369,6	W

Tab. 4.1 Výsledky z programu Protech

4.6 Energetický štítek budovy

Energetický štítek obálky budovy byl stanoven na základě literatury [24].

Problematika energetického štítku je podrobněji popsána v kapitole 3.2, první krok je vypočtení průměrného součinitele prostupu tepla. Tento výpočet je uveden ve vzorci (4.4). Plocha budovy byla určena z rozměrů budovy a měrná ztráta prostupem tepla je uvedena v tab. 4.11

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{491}{1460} = 0,336 \quad (4.14)$$

U_{em} průměrný součinitel prostupu tepla

H_T měrná ztráta prostupu tepla obálkou budovy

A plocha obálky budovy

Pro stanovení požadovaného součinitele prostupu tepla je nutné vypočítat objemový faktor budovy dle vztahu (4.15). Samotný požadovaný součinitel tepla se vypočítá dle vztahu (4.16).

$$A/V = \frac{1460}{2473,5} = 0,590 \quad (4.15)$$

A/V [m²/m³] objemový faktor budovy

$$U_{em,N} = 0,3 + \frac{0,15}{A/V} = 0,3 + \frac{0,15}{0,590} = 0,554 \quad (4.16)$$

$U_{em,N}$ požadovaný součinitel prostupu tepla

Nakonec je nutné přiřadit vhodnou energetickou třídu pro obálku budovy, porovnáním dle tabulky uvedené v příloze A

$$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N} \Rightarrow 0,277 < 0,336 \leq 0,4155 \quad (4.17)$$

$$CI = \frac{U_{em}}{U_{em,N}} = \frac{0,336}{0,554} = 0,631 \quad (4.18)$$

Hodnota klasifikačního ukazatele CI vyšla 0,631 z toho vyplývá, že lze obálku budovy považovat za úspornou dle normy ČSN 73 540-2.

Závěr

Cílem předkládané bakalářské práce bylo popsání a zhotovení průkazu energetické náročnosti budovy.

V první část práce popisuje základní pojmy související s teplotou a termografií. Další část práce je věnována termokameře a to její funkci a principu měření. V třetí části je objasněn průkaz energetické náročnosti budovy a energetický štítek obálky budovy.

Poslední část práce se zabývá samotným zhotovením průkazu energetické náročnosti budovy a určením tepelných ztrát budov. Pro určení tepelných ztrát bylo potřebné vyhledat jednotlivé součinitele prostupu tepla náležící jednotlivým stavebním konstrukcím. Všechny informace o daném objektu byly získány z technické dokumentace a následně zadány do zapůjčeného softwarového programu společnosti Protech. Vzhledem k nulovému teplotnímu spádu mezi jednotlivými podlažimi, byla celá budova uvažována jako jedna zóna.

Po zadání těchto údajů jsem pomocí programu vyhotovila průkaz energetické náročnosti budovy v textové i grafické podobě a štítek obálky budovy. Pro daný objekt vyšel klasifikační ukazatel CI roven hodnotě 0,631 to znamená, že energetická třída obálky budovy odpovídá kategorii C1 – vyhovující doporučené úrovni. Průkazem energetické náročnosti budovy byl daný objekt ohodnocen klasifikační třídou C, to znamená jako úsporná s energetickou náročností 361 GJ/rok a měrnou spotřebou energie 103 kWh/(m²rok).

Pomocí termokamery jsem danou budovu změřila, na pořízených snímcích jsou patrné tepelné mosty. Protokol z měření tepelných mostů je uveden v příloze E.

Seznam literatury a informačních zdrojů

[1] Tzb-info [online]. 2010 [cit. 2015-05-19]. Zákon č.406/2000 Sb. o hospodaření energií.

Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energiil>

[2] MAREŠ, Luděk. Teplota a její měření [online]. 2006 [cit. 2013-12-12].

Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/3115-teplota-a-jeji-mereni>

[3] osu.cz [online]. [cit. 2013-12-12] dostupné z WWW:

http://artemis.osu.cz:8080/artemis/uploaded/199_3_3%20Teplota_mereni.pdf

[4] QTEST, měřicí a přístrojová technika [online]. 2011. [cit. 2013-12-13]

Dostupné z WWW: <http://www.qtest.cz/bezdotykove-teplomery/bezdotykove-mereni-teploty.htm>

[5] Encyklopedie fyziky, Molekulová fyzika a termodynamika [online]. [cit. 2013-12-12]

dostupné z WWW: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/570-teplota-a-jeji-mereni>

[6] I&CS spol. s r.o. [online]. [cit. 2013- 12- 12] dostupné z WWW: [http://www.e-](http://www.e-pristroje.cz/teplomery.html)

[pristroje.cz/teplomery.html](http://www.e-pristroje.cz/teplomery.html)

[7] PAŠEK, J. SVOBODA, J. Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí.

Praha: Fakulta stavební, ČVUT 1999-2004. Fyzikální aspekty použití nekontaktní termografie při analýze obvodových plášťů budov. příspěvek za podpory výzkumného záměru VZ č.1 MSM 210000001

[8] ciur.cz [online]. 2009. [cit. 2013-12-13]. Dostupné z WWW:

http://www.ciur.cz/files/forum/skoleni_termokamera_2009_1.pdf

[9] websnadno.cz [online]. [cit. 2013-12-15]. Dostupné z WWW:

<http://www.termokamera.websnadno.cz/>

[10] termokamera.cz [online]. [cit. 2014-2-4] [http://www.termokamera.cz/princip-a-](http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/tepelne-zareni/)

[funkce/tepelne-zareni/](http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/tepelne-zareni/)

[11] Česká republika. Vyhláška MPO č. 148/2007 Sb.: O energetické náročnosti budov.

In: 2007. [cit. 2014-1-13]

[12] Energoplan. [online]. [cit. 2014-1-20] Dostupné z WWW:

[<http://www.energoplan.cz/>](http://www.energoplan.cz/)

[13] hw.cz: [online]. 2009 [cit. 2014-1-22] Dostupné z WWW:

<http://automatizace.hw.cz/clanek/2005111601>

[14] hw.cz: [online]. 2009 [cit. 2014-1-22] Dostupné z WWW:

<http://automatizace.hw.cz/infracervene-kvantove-detektory-termokamery-uvod>

[15] VALENTA, Petr. Fakulta aplikované informatiky, UTB ve Zlíně [online]. 2009 [cit.

2014-7-12]. Dostupné z WWW.

[16] thermoconsul.cz [online]. [cit. 2014-4-15]. Dostupné z WWW:

<http://thermoconsult.cz/energeticke-prukazy-2/>

[17] termokamera.cz [online]. [cit. 2014-3-25]. Dostupné z WWW:

<http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/konstrukce-termokamery/>

[18] PETRÁŠ, D. a kolektiv. Vytápění rodinných a bytových domů, Bratislava: Jaga group, 2005. ISBN 80-8076-020-9 [cit. 2015-03-22].

- [19]] ŠUBRT,R. Tzb-info [online]. 2005 [cit. 2015-03-22]. Teplené mosty ve stavebních konstrukcích4. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/2526-tepelne-mosty-ve-stavebnich-konstrukcich>>
- [20] obr.10 EXPO DATA spol. s r.o. [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z WWW: http://www.casopisstavebnictvi.cz/preruseni-tepelnych-mostu-prvky-schock-isokorb_N2154
- [21] ČSN 73 0540-4. Tepelená ochrana budov - Část 4: výpočtové metody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2005, 58 s
- [22] ČSN EN 12 831. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepeleného výkonu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2005, 76 s.
- [23] tp.trz.cz [online]. 2009 [cit.2015-03-12]. Dostupné z WWW://www.tp.trz.cz/index.php?jaz=cs&sec=22
- [24] ČSN 73 0540-2. Tepelená ochrana budov - Část 2: požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2011, 56 s.
- [25] Tzb-info [online]. 2010 [cit. 2015-05-19]. Katalog stavebních materiálů. Dostupné z WWW:<http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html>.
- [26] Protech [online]. 2010 [cit. 2015-05-19]. Program PENB. Dostupné z WWW: <<http://www.protech.cz/produkty/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov>>.
- [27] Tzb-info [online]. 2010 [cit. 2015-05-19]. Zákon č.406/2000 Sb. o hospodaření energií. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energiil>>

Přílohy

Příloha A – tabulka pro určení energetické třídy obálky budovy

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} [W/(m ² K)]	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel CI
A	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná	$\leq 0,5$
B	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná	$\leq 0,75$
C	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	Vyhovující	$\leq 1,0$
D	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující	$\leq 1,5$
E	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná	$\leq 2,0$
F	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi nehospodárná	$\leq 2,5$
G	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná	$> 2,5$

Příloha B – Průkaz energetické náročnosti budovy

Průkaz energetické náročnosti budovy
 976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň
 Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.
 Datum tisku: 2.6.2015

Průkaz energetické náročnosti budovy podle vyhlášky 148/2007 Sb.

A	Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	Domažlice, Dukelská, 39,	
Účel budovy:		
Kód obce:		
Kód katastrálního území:		
Parcelní číslo:	578 k.ú. Domažlice	
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník:	Ing. Staslav Jiřinec, MUDr. Helena Jiřincová	
Adresa:	Čerchovská 493, Domažlice	
IČ:		
Tel./e-mail:		
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel:	Ing. Staslav Jiřinec, MUDr. Helena Jiřincová	
Adresa:	Čerchovská 493, Domažlice	
IČ:		
Tel./e-mail:		
Nová budova	Změna stávající budovy	
Umístění na veřejně přístupném místě podle §6a odst. 6 zákona č. 406/2000 Sb. : Ne		

B1	Typ budovy		
RD - Rodinný dům	BD - Bytový dům	HR - Hotel a restaurace	
AB - Administrativní	ZZ - Nemocnice, zdravotnická zařízení	VZ - Vzdělávací zařízení	
SZ - Sportovní zařízení	OZ - Obchodní		
Jiný druh budovy - připojte jaký:			

B2	Druhy energie užívané v budově		
Elektřina	Tepelná energie	Zemní plyn	
Hnědé uhlí	Černé uhlí	Koks	
TTO	LTO	Nafta	
Jiné plyny	Druhotná energie	Biomasa	
Ostatní obnovitelné zdroje - připojte jaké:			
Jiná paliva - připojte jaká: Elektřina			

Průkaz energetické náročnosti budovy
 976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň
 Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.
 Datum tisku: 2. 6. 2015

C1	Stručný popis energetického a technického zařízení budovy	
	<p>Jako zdroj energie je použita elektřina a veškeré prostory jsou vytápěny elektrickým podlahovým vytápěním.</p> <p>Příprava teplé užitkové vody probíhá ve dvou boilerech, zdrojem energie je elektřina. Teplota teplé užitkové vody ve zdroji přípravy je cca 55°C a teplota studené vody je cca 10°C.</p>	
C2	Hodnocená dílčí energetická náročnost budovy EP	
	Vytápění (EP_H)	Příprava teplé vody (EP_{DHW})
	Chlazení (EP_C)	Osvětlení (EP_{Light})
	Mechanické větrání (vč. zvlhčování) ($EP_{Aux;Fans}$)	

Průkaz energetické náročnosti budovy
976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň
Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.
Datum tisku: 2.6.2015

D1	Stručný popis budovy
	<p>Popisovaná budova byla postavena v roce 1995. Navržený objekt je půdorysného tvaru písmene L, dvoupodlažní, s využitým podkrovím. V přízemí se nacházejí dvě ordinace s čekárnou, místnost s ultrazvukem, laboratoř a samostatné sociální zařízení pro klienty a personál.</p> <p>Základové pásy byly provedeny z betonu umístěné v zemině, vodorovná izolace je z těžké lepenky IPA. Obvodové zdivo bylo provedeno z cihel porotherm 44 o tl. 45 cm a vnitřní nosné zdivo porotherm 30 tl. 30 cm. Stropy budovy jsou provedeny z keramických stropních trámů POD a vložek MIAKO. V půdním prostoru je umístěn dřevěný krov, na kterém je provedeno bednění tl.25 mm s přibitou nepískovou lepenkou A 400H,kon-tralátě 4/5 cm. Krytinu tvoří alpská taška Bramac a severní křídlo je přikryto pozinkovaným plechem tl. 0,6 mm.</p>

Průkaz energetické náročnosti budovy

976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň

Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 2.6.2015

D2 Geometrické charakteristiky budovy				
2.1	Objem budovy - vnější objem vytápěné budovy	V	m ³	2 473,5
2.2	Celková plocha obálky - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	A	m ²	1 402,4
2.3	Celková podlahová plocha budovy	A _c	m ²	975,0
2.4	Objemový faktor tvaru budovy	A/V	m ² /m ³	0,57

D3 Klimatické údaje a vnitřní výpočtová teplota				
3.1	Klimatické místo	Domažlice		
3.2	Venkovní návrhová teplota v topném období	θ _e	°C	-17,0
3.3	Převažující vnitřní výpočtová teplota v topném období	θ _i	°C	20,0

D4 Charakteristika ochlazovaných konstrukcí budovy					
Ochlazovaná konstrukce		Plocha AR[m ²]	Součinitel prostupu tepla U[W/(m ² .K)]	Redukční činitel b	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla H _t [W/K]
SO1	stena ochlazovaná	805,1	0,159	1,00	128,0
DO1	dveře vstupní 240/235	5,6	1,900	1,00	10,7
OD1	okno dvojitě - jih 100/150	13,5	1,500	1,00	20,3
OD2	okno dvojitě jih 85/90	3,1	1,500	1,00	4,6
OD3	okno dvojitě východ 125/150	22,5	1,500	1,15	38,8
OD4	okno dvojitě východ II 150/150	2,3	1,500	1,00	3,4
OD5	okno dvojitě východ balkon 120/150	1,8	1,500	1,15	3,1
OD6	okno dvojitě 125/90	1,1	1,500	1,15	1,9
DO2	dveře boční východ 190/225	4,3	1,900	1,15	9,3
DB1	dveře balkon 85/275	2,3	1,900	1,15	5,1
OD11	400/225	9,0	1,500	1,15	15,5
OD7	okno dvojitě západ 75/75	0,6	1,500	1,15	1,0
OD8	okno dvojitě západ 190/140	5,3	1,500	1,15	9,2
OD9	okno dvojitě západ 95/90	5,1	1,500	1,15	8,8
OD10	okno dvojitě západ 75/90	0,7	1,500	1,15	1,2
PDL1		289,0	0,077	1,00	22,3
STR1		289,0	0,796	1,00	230,0
Tepelné vazby mezi konstrukcemi					
	zona	1 460,3	0,000	1,00	0,0
Celkem		1 460,3			513,2

Průkaz energetické náročnosti budovy

976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň

Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 2.6.2015

D5 Tepelně technické vlastnosti budovy		Jednotka	Hodnocení
Požadavek podle § 6a Zákona			
5.1	Stavební konstrukce a jejich styky mají ve všech místech nejméně takový tepelný odpor, že jejich vnitřní povrchová teplota nezpůsobí kondenzaci vodní páry.	$R_{s1,N}$ [$m^2 \cdot K/W$] $\Theta_{s1,N}$ [$^{\circ}C$]	
5.2	Stavební konstrukce a jejich styky mají nejvýše požadovaný součinitel prostupu tepla.	U_N [$W/(m^2 \cdot K)$]	
5.3	U stavebních konstrukcí nedochází k vnitřní kondenzaci vodní páry nebo jen v množství, které neohrožuje jejich funkční způsobilost po dobu předpokládané životnosti.	$M_{c,N}$ [kg/m^2]	
5.4	Fukční spáry vnějších výplní otvorů mají nejvýše požadovanou nízkou průvzdušnost, ostatní konstrukce a spáry obvodového pláště budovy jsou téměř vzduchotěsné, s požadovaně nízkou celkovou průvzdušností obvodového pláště.	$I_{L,V,N}$ [$m^3/(s \cdot m \cdot Pa^{0,67})$]	
5.5	Požadované konstrukce mají požadovaný pokles dotykové teploty, zajišťovaný jejich tepelnou jímavostí a teplotou na vnitřním povrchu	$\Delta\Theta_{t0,N}$ [$^{\circ}C$]	
5.6	Místnosti (budova) mají požadovanou tepelnou stabilitu v zimním i letním období, snižující riziko jejich přílišného ochlazování a přehřívání	$\Delta\Theta_{V,N(t)}$ [$^{\circ}C$]	
5.7	Budova má požadovaný nízký průměrný součinitel prostupu tepla obvodového pláště U_{em}	$U_{em,N}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]	

D6 Vytápění						
Topný systém budovy						
6.1	Typ zdroje energie	Elektrické podlahové vytápění				
6.2	Použité palivo	Elektřina				
6.3	Jmenovitý tepelný výkon zdroje	kW	32,0			
6.4	Průměrná roční účinnost zdroje energie	%	98,0	Výpočet	Měření	Odhad
6.5	Roční doba využití zdroje	hod/rok	0	Výpočet	Měření	Odhad
6.6	Regulace zdroje energie					
6.7	Údržba zdroje energie	Pravidelná	Pravidelná smluvní	Není		
6.8	Převažující typ topné soustavy					
6.9	Převažující regulace topné soustavy					
6.10	Rozdělení topných větví podle orientace budovy	Ano		Ne		
6.11	Stav tepelné izolace rozvodů topné soustavy					

D7 Dílčí hodnocení energetické náročnosti vytápění				Bilanční
7.1	Dodaná energie na vytápění	$Q_{tue1,H}$	GJ/rok	269,4
7.2	Spotřeba pomocné energie na vytápění	$Q_{Aux,H}$	GJ/rok	0,0
7.3	Energetická náročnost vytápění	$EP_H = Q_{tue1,H} + Q_{Aux,H}$	GJ/rok	269,4
7.5	Měrná spotřeba energie na vytápění vztahovaná na celkovou podlahovou plochu	$EP_{H,A}$	kWh/($m^2 \cdot rok$)	76,8

Průkaz energetické náročnosti budovy

976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň

Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 2.6.2015

D8 Větrání a klimatizace			
Mechanické větrání			
8.1	Typ větracího systému		
8.2	Tepelný výkon	kW	0,0
8.3	Jmenovitý elektrický příkon systému větrání	kW	0,0
8.4	Jmenovité průtokové množství vzduchu	m ³ /hod	0,0
8.5	Převažující regulace větrání		
8.6	Údržba větracího systému	Pravidelná	Pravidelná smluvní Není
Zvlhčování vzduchu			
8.7	Typ zvlhčovací jednotky		
8.8	Jmenovitý příkon systému zvlhčování	kW	0,0
8.9	Použité médium pro zvlhčování	Pára	Voda
8.10	Regulace klimatizační jednotky		
8.11	Údržba klimatizace	Pravidelná	Pravidelná smluvní Není
8.12	Stav tepelné izolace VZT jednotky a rozvodů		
Chlazení			
8.13	Druh systému chlazení		
8.14	Jmenovitý el.příkon pohonu zdroje chladu	kW	0,0
8.15	Jmenovitý chladicí výkon	kW	0,0
8.16	Převažující regulace zdroje chladu		
8.17	Převažující regulace chlazeného prostoru		
8.18	Údržba zdroje chladu	Pravidelná	Pravidelná smluvní Není
8.19	Stav tepelné izolace rozvodů chladu		

D9 Dílčí hodnocení energetické náročnosti mechanického větrání (vč. zvlhčování)			
			Bilanční
9.1	Spotřeba pomocné energie na mech. větrání	$Q_{Aux,Fans}$	GJ/rok 0,0
9.2	Dodaná energie na zvlhčování	$Q_{Fuel,Hum}$	GJ/rok 0,0
9.3	Energetická náročnost mechanického větrání (vč. zvlhčování)	$EP_{Aux,Fans} = Q_{Aux,Fans} + Q_{Fuel,Hum}$	GJ/rok 0,0
9.5	Měrná spotřeba energie na mech. větrání vztážená na celkovou podlahovou plochu	$EP_{Fans,A}$	kWh/(m ² .rok) 0,0

D10 Dílčí hodnocení energetické náročnosti chlazení			
			Bilanční
10.1	Dodaná energie na chlazení	$Q_{Fuel,C}$	GJ/rok 0,0
10.2	Spotřeba pomocné energie na chlazení	$Q_{Aux,C}$	GJ/rok 0,0
10.3	Energetická náročnost chlazení	$EP_C = Q_{Fuel,C} + Q_{Aux,C}$	GJ/rok 0,0
10.5	Měrná spotřeba energie na chlazení vztážená na celkovou podlahovou plochu	$EP_{C,A}$	kWh/(m ² .rok) 0,0

Průkaz energetické náročnosti budovy

976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň

Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 2.6.2015

D11 Příprava teplé vody (TV)				
11.1	Druh přípravy TV	Boiler		
11.2	Systém přípravy TV v budově	Centrální	Lokální	Kombinovaný
11.3	Použitá energie	Elektrická		
11.4	Jmenovitý příkon pro ohřev TV	kW	16,00	
11.5	Průměrná roční účinnost zdroje přípravy	%	Výpočet	Měření
11.6	Objem zásobníku TV	litry	640	
11.7	Údržba zdroje přípravy TV	Pravidelná	Pravidelná smluvní	Není
11.8	Stav tepelné izolace rozvodů TV			

D12 Dílčí hodnocení energetické náročnosti přípravy teplé vody				
				Bilanční
12.1	Dodaná energie na přípravu TV	$Q_{\text{fuel,DHW}}$	GJ/rok	76,0
12.2	Spotřeba pomocné energie na přípravu TV	$Q_{\text{Aux,DHW}}$	GJ/rok	0,0
12.3	Energetická náročnost přípravy TV	$EP_{\text{DHW}} = Q_{\text{fuel,DHW}} + Q_{\text{Aux,DHW}}$	GJ/rok	76,0
12.5	Měrná spotřeba energie na přípravu TV vztažená na celkovou podlahovou plochu	$EP_{\text{DHW,A}}$	kWh/(m ² .rok)	21,6

D13 Osvětlení				
13.1	Typ osvětlovací soustavy			
13.2	Celkový elektrický příkon osvětlení budovy	W	4 000	
13.3	Způsob ovládání osvětlovací soustavy			

D14 Dílčí hodnocení energetické náročnosti osvětlení				
				Bilanční
14.1	Dodaná energie na osvětlení	$Q_{\text{fuel,Light,E}}$	GJ/rok	15,6
14.2	Energetická náročnost osvětlení	$EP_{\text{Light}} = Q_{\text{fuel,Light,E}}$	GJ/rok	15,6
14.4	Měrná spotřeba energie na osvětlení vztažená na celkovou podlahovou plochu	$EP_{\text{Light,A}}$	kWh/(m ² .rok)	4,5

D15 Ukazatel celkové energetické náročnosti budovy				
				Bilanční
15.1	Energetická náročnost budovy	EP	GJ/rok	361,0
15.4	Měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu	EP_A	kWh/(m ² .rok)	102,9
15.5	Třída energetické náročnosti hodnocené budovy		Vyhovující	C

Průkaz energetické náročnosti budovy

976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň

Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 2.6.2015

E1 Dodaná energie z vnější strany systémové hranice budovy stanovená bilančním hodnocením			
Energonositel	Vypočtené množství dodané energie	Energie skutečně dodaná do budovy	Jednotková cena
	GJ/rok	GJ/rok	Kč/GJ
Elektřina	361,01	0,00	0,00
Celkem	361,01	0,00	

E2 Energie vyrobená v budově	
Druh zdroje energie	Vypočtené množství vyrobené energie
	GJ/rok
Celkem	0,0

F1 Ekologická a ekonomická proveditelnost alternativních systémů a kogenerace u nových budov s podlahovou plochou nad 1000 m ²	
Místní obnovitelný zdroj	Kogenerace
Dálkové vytápění nebo chlazení	Blokové vytápění nebo chlazení
Tepelné čerpadlo	Jiné

F2 Postup a výsledky posouzení ekologické a ekonomické proveditelnosti techniky dostupných a vhodných alternativních systémů dodávek energie	

Průkaz energetické náročnosti budovy
 976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň
 Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.
 Datum tisku: 2.6.2015

G1 Doporučená opatření			
Popis opatření	Úspora energie (GJ)	Investiční náklady (tis. Kč)	Prostá doba návratnosti
Úspora celkem se zahrnutím synergických vlivů	0,0	0,0	

G2 Hodnocení budovy po provedení doporučených opatření			
			Bilanční
Energetická náročnost budovy	EP	GJ/rok	0,0
Měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu	EP _A	kWh/(m ² .rok)	0,0
Třída energetické náročnosti			

Průkaz energetické náročnosti budovy
976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň
Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.
Datum tisku: 2.6.2015

H1	Doplňující údaje k hodnocené budově

Průkaz energetické náročnosti budovy
976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň
Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.
Datum tisku: 2. 6. 2015

H2	Seznam podkladů použitých k hodnocení budovy









Doba platnosti průkazu : 02.06.2025

Průkaz vypracoval : Denisa Osvaldová
Osvědčení č.: 1
Datum vypracování : 02.06.2015

Příloha C – Grafický průkaz energetické náročnosti budovy

Průkaz energetické náročnosti budovy
976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň
Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.
Datum tisku: 2.6.2015

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení: BD - Bytový dům Adresa budovy: Celková podlahová plocha A_c : 975.0 m ²			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
<43				
43				
82				
83				
120				
121				
162				
163				
205				
206				
245				
>245				
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/(m ² .rok)			103	0
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			361,0	0,0
Podíl dodané energie připadající na [%]:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
74,6	0,0	0,0	21,0	4,3
Doba platnosti průkazu :				
Průkaz vypracoval			Jméno a příjmení : Osvědčení č. : Datum vypracování :	

Příloha D – Štítek obálky budovy**Energetický štítek obálky budovy**

976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň

Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 2.6.2015

Hodnocení podle ČSN 73 0540-2:2007

Stavba:	Rodinný dům	Zadavatel:
Místo:	Domažlice	
Zpracovatel:		
Zakázka:	BP 2015	Archiv:
Projektant:		Datum: 2.6.2015
E-mail:		Telefon:

Plocha systémové hranice budovy	A	1 460,3 m ²
Objem budovy	V	2 473,5 m ³
Faktor tvaru budovy	A/V	0,59 m ⁻¹
Převažující vnitřní teplota v otopném období	Θ_{im}	20,0 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období	Θ_e	-17,00 °C

Typ budovy	obytná budova		
		varianta 1	
Měrná ztráta prostupem tepla	H_T	501	W.K ⁻¹
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy			
- požadovaná hodnota	$U_{em,N,rq}$	0,55	W.m ⁻² .K ⁻¹
- doporučená hodnota	$U_{em,N,rc}$	0,42	W.m ⁻² .K ⁻¹
- vypočítaná hodnota	U_{em}	0,34	W.m ⁻² .K ⁻¹
- hodnota pro stavební fond	$U_{em,s}$	1,15	W.m ⁻² .K ⁻¹
Klasifikační ukazatel	CI	0,62	

Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikace V1	Ukazatel CI (horní meze) V1
A	Velmi úsporná	0,30
B	Úsporná	0,60
C1	Vyhovující doporučené úrovni	0,75
C2	Vyhovující požadované úrovni	1,00
D	Nevyhovující	1,50
E	Nehospodárná	2,00
F	Velmi nehospodárná	2,50
G	Mimořádně nehospodárná	>2,50

Energetický štítek obálky budovy976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň
Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 2.6.2015

Seznam konstrukcí systémové hranice zóny

OK	Typ	b	varianta 1			
			U W.m ⁻² .K ⁻¹	U _{NP} /U _{ND}	A m ²	H W.K ⁻¹
SO1	10 stěna	1,00	0,159	0.00/0.00	122,2	19,4
DO1	50 průsvitná výplň	1,00	1,900	1.70/1.20	5,6	10,7
OD1	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	13,5	20,3
OD2	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	3,1	4,6
SO1	10 stěna	1,00	0,159	0.00/0.00	144,0	22,9
SO1	10 stěna	1,00	0,159	0.00/0.00	257,9	41,0
OD3	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	22,5	33,8
OD4	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	2,3	3,4
OD5	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	1,8	2,7
OD6	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	1,1	1,7
DO2	50 průsvitná výplň	1,00	1,900	1.70/1.20	4,3	8,1
DB1	50 průsvitná výplň	1,00	1,900	1.70/1.20	2,3	4,4
OD11	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	9,0	13,5
SO1	10 stěna	1,00	0,159	0.00/0.00	281,0	44,7
OD7	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	0,6	0,8
OD8	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	5,3	8,0
OD9	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	5,1	7,7
OD10	50 průsvitná výplň	1,00	1,500	1.70/1.20	0,7	1,0
PDL1	20 podlaha	1,00	0,077	0.00/0.00	289,0	22,3
STR1	30 strop	1,00	0,796	0.00/0.00	289,0	230,0
LV		1,00	0,000		1 460,3	0,0
suma					1 460,3	501,0

Legenda:

- b činitel teplotní redukce
- A plocha konstrukce
- H měrná ztráta konstrukce prostupem tepla
- U_{NP} požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla
- U_{ND} doporučená hodnota součinitele prostupu tepla
- LV lineární vazby

Energetický štítek obálky budovy
976650 - Denisa Osvaldová - Plzeň
Zakázka: BP 2015

TZ v.10.4.4 © PROTECH spol. s r.o.
Datum tisku: 2.6.2015

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Typ budovy, místní označení: BD - Bytový dům		Hodnocení obálky budovy					
Adresa budovy:							
Celková podlahová plocha $A_c = 975.0 \text{ m}^2$		stávající	doporučení				
<p>CI Velmi úsporná</p> <p>Mimořádně neekonomická</p>							
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2.K)$		0,34					
Klasifikační ukazatel CI		0,62	-----				
Klasifikační třída prostupu tepla obálkou budovy		C	0,00				
Hodnoty U_{em} na hranicích klasifikačních tříd KT pro $A/V = 0.59 \text{ m}^2/m^3$							
Hranice KT	A-B	B-C	C1-C2	C-D	D-E	E-F	F-G
U_{em}	0,17	0,33	0,42	0,55	0,85	1,15	1,73
Platnost štítku do	Datum:						
Štítek vypracoval	Jméno a příjmení:						
	Osvědčení číslo:						
	Datum vypracování:						

Příloha E – Protokol o měření termokamerou



Zpráva o kontrole

Datum zprávy 14.5.2015

Společnost

Adresa Dukelská 39, Domažlice

Měření provedl

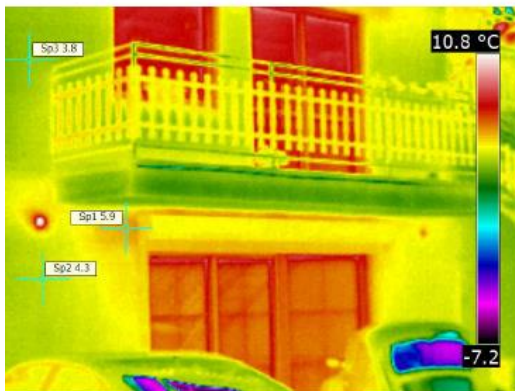
Zákazník

Adresa sídla

Čerchovská 493, Spořice

Kontaktní osoba

Ing. Stanislav Jiřinec



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	FLIR T335
Datum snímku	1.1.2000 0:25:52
Jméno snímku	IR_1064.jpg
Emisivita	0,98
Odražená teplota	12,0 °C
Vzdálenost objektu	5,0 m

Textové komentáře

Popis



Zpráva o kontrole

Datum zprávy 14.5.2015

Společnost

Adresa Dukelská 39, Domažlice

Měření provedl

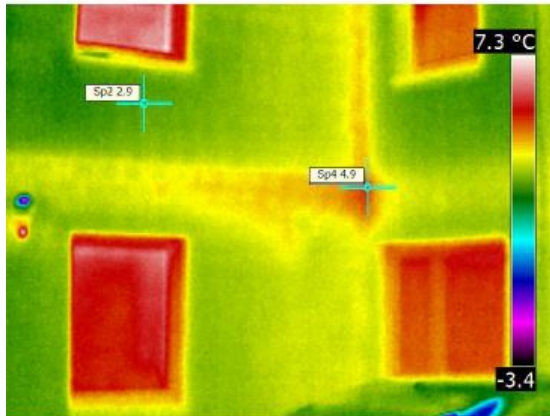
Zákazník

Adresa sídla

Čerchovská 493, Spořice

Kontaktní osoba

Ing. Stanislav Jiřinec



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	FLIR T335
Datum snímku	1.1.2000 0:01:52
Jméno snímku	IR_1066.jpg
Emisivita	0,98
Odražená teplota	12,0 °C
Vzdálenost objektu	6,0 m

Textové komentáře

Popis



Zpráva o kontrole

Datum zprávy 14.5.2015

Společnost

Adresa Dukelská 39, Domažlice

Měření provedl

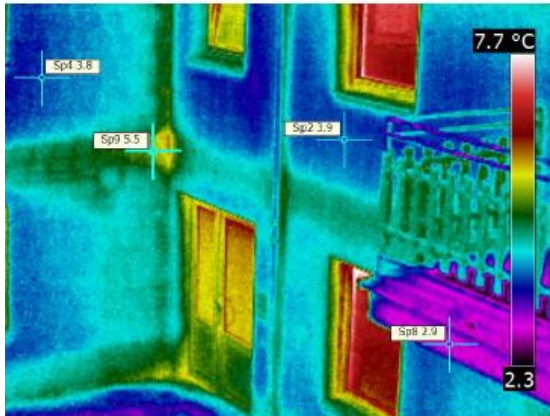
Zákazník

Adresa sídla

Čerchovská 493, Spořice

Kontaktní osoba

Ing. Stanislav Jiřinec



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	FLIR T335
Datum snímku	1.1.2000 0:08:35
Jméno snímku	IR_1080.jpg
Emisivita	0,98
Odražená teplota	12,0 °C
Vzdálenost objektu	10,0 m

Textové komentáře

Popis