

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Energetický štítek obálky budovy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Denisa OLÁHOVÁ**
Osobní číslo: **E10B0178P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Energetický štítek obálky budovy**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Objasněte označení "obálka budovy".
2. Popište "štítek obálky", jeho obsah a význam.
3. Vypracujte "energetický štítek obálky budovy" pro zvolený bytový dům.
4. Navrhněte opatření k energeticky úspornější obálce domu.
5. Uveďte závěry pro praxi.

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

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

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

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**


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




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace

Předkládaná bakalářská práce popisuje metodiku výpočtu energetického štítku obálky budovy. Obsahuje samotný energetický štítek vytvořený pro konkrétní bytový dům ve stávajícím stavu i po navrhnutém opatření. Seznamuje s navrhnutými opatřeními a hodnotí stavbu z hlediska výpočtů a zároveň pořízených termovizních snímků.

Klíčová slova

Obálka budovy, energetický štítek obálky budovy, průměrný součinitel prostupu tepla, klasifikační třídy, termovize, tepelně izolační materiál, výplň otvoru, stavební konstrukce.

Abstract

This Bachelor thesis describes the methodology of calculation the energy label of building containment. It also contains the actual label created for a specific block of flats in the current state and even after suggested changes. In my Bachelor thesis are also introduced suggested changes and the building is evaluated from the perspective of calculations and thermo-visual footage.

Key words

Building containment, energy label of building containment, average transmission heat loss coefficient, classification classes, thermovision, thermal insulation material, opening pane, building structure.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala 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 práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 6.6.2013

Denisa Oláhová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Jiřímu Koženému, CSc. za odborné připomínky, metodické vedení práce a poskytování konzultací při vypracovávání bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala panu Václavu Švábovi za poskytnutí projektové dokumentace k hodnocené bytové stavbě a softwaru, ve kterém byl energetický štítek zpracováván. Také bych chtěla poděkovat doc. Dr. Ing. Zbyňkovi Svobodovi za ochotu a poskytování konzultací při vypracovávání praktické části bakalářské práce a v neposlední řadě své rodině a přátelům.

Obsah

OBSAH.....	7
SEZNAM SYMBOLŮ.....	9
ÚVOD.....	10
1 OBÁLKA BUDOVY.....	12
1.1 DEFINICE OBÁLKY BUDOVY	12
1.2 TERMÍNY A DEFINICE SPOJENÉ S OBÁLKOU BUDOVY	12
2 OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO TEPELNĚ TECHNICKÉ VÝPOČTY	14
2.1 NÁVRHOVÁ TEPLOTA VENKOVNÍHO VZDUCHU V ZIMNÍM OBDOBÍ	14
2.2 NÁVRHOVÁ TEPLOTA V ZEMINĚ PŘILÉHAJÍCÍ KE STAVEBNÍ KONSTRUKCI V ZIMNÍM OBDOBÍ	15
2.3 NÁVRHOVÁ TEPLOTA VNITŘNÍHO VZDUCHU V ZIMNÍM OBDOBÍ	15
2.4 NÁVRHOVÁ VNITŘNÍ TEPLOTA V ZIMNÍM OBDOBÍ	16
3 STAVEBNĚ ENERGETICKÉ VLASTNOSTI BUDOVY	16
3.1 SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA.....	16
3.1.1 <i>Výpočet požadovaného součinitele prostupu tepla.....</i>	17
3.1.2 <i>Výpočet součinitele prostupu tepla pro stavební konstrukce</i>	20
3.1.3 <i>Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahové konstrukce ve styku se zeminou.....</i>	22
3.1.4 <i>Výpočet součinitele prostupu tepla výplní otvorů.....</i>	23
3.2 PRŮMĚRNÝ SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA	24
3.2.1 <i>Výpočet požadovaného průměrného součinitele prostupu tepla</i>	25
3.2.2 <i>Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla</i>	26
3.3 MĚRNÝ TEPELNÝ TOK PROSTUPEM TEPLA BUDOVY	27
3.4 PRŮMĚRNÝ VLIV TEPELNÝCH VAZEB MEZI OCHLAZOVANÝMI KONSTRUKCEMI	28
3.5 ČINTEL TEPLOTNÍ REDUKCE.....	28
4 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY	30
4.1 DEFINICE ENERGETICKÉHO ŠTÍTKU OBÁLKY BUDOVY	30
4.2 OBSAH ENERGETICKÉHO ŠTÍTKU OBÁLKY BUDOVY	31
4.3 KLASIFIKAČNÍ TŘÍDY.....	32
5 O PROGRAMU SVOBODA SOFTWARE	33
6 CHARAKTERISTIKA ZADANÉHO BYTOVÉHO DOMU.....	36
7 OBÁLKA ZADANÉHO BYTOVÉHO BLOKU.....	38
8 POSTUP ZADÁVÁNÍ OBÁLKY DO FORMULÁŘŮ V ENERGII 2010.....	39
8.1 POPIS OBJEKTU A KLIMATICKÝCH PODMÍNEK.....	40
8.2 POPIS JEDNOTLIVÝCH ZÓN	41
8.3 POPIS OKENNÍCH KONSTRUKCÍ.....	42
8.4 POPIS KONSTRUKCÍ VE STYKU S VENKOVNÍM VZDUCHEM.....	43
8.5 POPIS KONSTRUKCÍ VE STYKU SE ZEMINOU.....	44
8.6 POPIS NEVYTÁPĚNÝCH PROSTOR A ZIMNÍCH ZAHRAD.....	45
9 PROTOKOL K ENERGETICKÉMU ŠTÍTKU OBÁLKY ZADANÉHO BYTOVÉHO BLOKU (VE STÁVAJÍCÍM STAVU).....	47

10	TERMOVIZE VE STAVEBNICTVÍ.....	48
10.1	PRINCIP TERMOVIZNÍ KAMERY	48
10.2	PRINCIP SNÍMACÍHO ZAŘÍZENÍ – BOLOMETRU	48
10.3	ZDROJE NARUŠENÍ TERMOGRAFIE	49
10.4	KOREKCE TERMOVIZNÍHO MĚŘENÍ	50
11	TERMOVIZNÍ SNÍMKY ZADANÉHO BYTOVÉHO BLOKU	50
12	ZATEPLENÍ VE STAVEBNICTVÍ	53
12.1	ROZDÍL MEZI NEJVÍCE POUŽÍVANÝMI TEPELNĚ IZOLAČNÍMI MATERIÁLY	53
12.2	NAVRHNUTÁ OPATŘENÍ PRO ZADANÝ BYTOVÝ BLOK	56
13	PROTOKOL K ENERGETICKÉMU ŠTÍTKU OBÁLKY ZADANÉHO BYTOVÉHO BLOKU (PO NAVRHNUTÉM OPATŘENÍ)	58
14	GRAFICKY ZNÁZORNĚNÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BLOKU	60
	ZÁVĚR PRO PRAXI.....	61
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	63
	PŘÍLOHA	1

Seznam symbolů

Symbol	Veličina	Jednotka
U	Součinitel prostupu tepla	W/(m ² · K)
U_N	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	W/(m ² · K)
U_{em}	Průměrný součinitel prostupu tepla	W/(m ² · K)
U_{em,N}	Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla	W/(m ² · K)
U_{em,rec}	Doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla	W/(m ² · K)
H_T	Měrný tepelný tok prostupem tepla	W/K
R	Odpor konstrukce při přestupu tepla	(m ² · K)/W
b	Činitel teplotní redukce	-
λ	Součinitel tepelné vodivosti	W/(m · K)
A	Celková plocha konstrukcí ohraničující vytápěný objem budovy	m ²
V	Vytápěný objem budovy	m ³
θ_{im}	Převažující návrhová vnitřní teplota	°C
θ_e	Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období	°C

Zbylé symboly jsou vždy vysvětleny u příslušných vztahů.

Úvod

Snaha celého světa a tudíž i Evropské unie a jejích členských států o redukci emisí CO₂ a dalších skleníkových plynů, s ohledem na stále se zhoršující stav životního prostředí a na rostoucí ceny energie, vede také ke zvyšování energetické účinnosti neboli snižování energetické náročnosti budov.

Z těchto důvodů byla dne 16. prosince 2002 přijata směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES o energetické náročnosti budov, známá také pod zkratkou EPBD. Jejím hlavním cílem je snižování spotřeb energie s ohledem na vnější klimatické a místní podmínky. V České republice byla tato směrnice implementována do Zákona 406/2006 o hospodaření energií a Vyhlášky 148/2007 o energetické náročnosti budov a vešla v platnost dne 1. 1. 2009. Od tohoto data je stavebník nebo vlastník budovy, které se současná platná právní úprava týká, povinen zajistit splnění požadavků na energetickou náročnost budovy, které doloží průkazem energetické náročnosti budovy. [3]

V březnu roku 2007 na zasedání Evropské rady byla zdůrazněna další potřeba zvýšení energetické účinnosti v Unii a posílení ustanovení směrnice 2002/91/ES. Na základě těchto skutečností byla 19. května 2010 vydána směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepracování), tzv. EPBD II. Která byla do české legislativy implementována zákonem č. 318/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Účinnost novely je stanovena k datu 1. 1. 2013. [3]

Hlavním cílem EPBD II je pomoci spotřebitelům snižovat náklady na spotřebu energie a EU jako celku umožnit šetřit do roku 2020 20% současné spotřeby energie a snížit emise skleníkových plynů o 20% ve srovnání s hodnotami z roku 1990 a zachovat tak nárůst globální teploty pod 2 °C. Tato domněnka vyplívá z faktu, že budovy se podílí cca 40 % na celkové spotřebě energie EU a patří v Evropě k největším producentům škodlivých emisí. [3]

Povinnost stavebníků nebo vlastníků budovy obstarat průkaz energetické náročnosti však i podle přijaté novely zůstává. Změna se týká mimo jiné jen rozšíření okruhu nemovitostí, pro které bude nutné tento průkaz zpracovávat. K průkazu energetické

náročnosti se může zpracovávat a zpracovává jako součást (příloha) energetický štítek obálky budovy. Oba tyto dokumenty slouží pro jednoduché a jednoznačné zhodnocení budovy z hlediska její energetické náročnosti. Zásadní rozdíl v obou dokumentech je však v tom, že energetický průkaz hodnotí budovu s ohledem na spotřebu energie, kdežto energetický štítek obálky budovy hodnotí budovu „pouze“ s ohledem na její tepelně technické vlastnosti. Krom toho, že energetický štítek obálky budovy bývá součástí průkazů energetické náročnosti, přikládá se z pravidla také k energetickým auditům. [13]

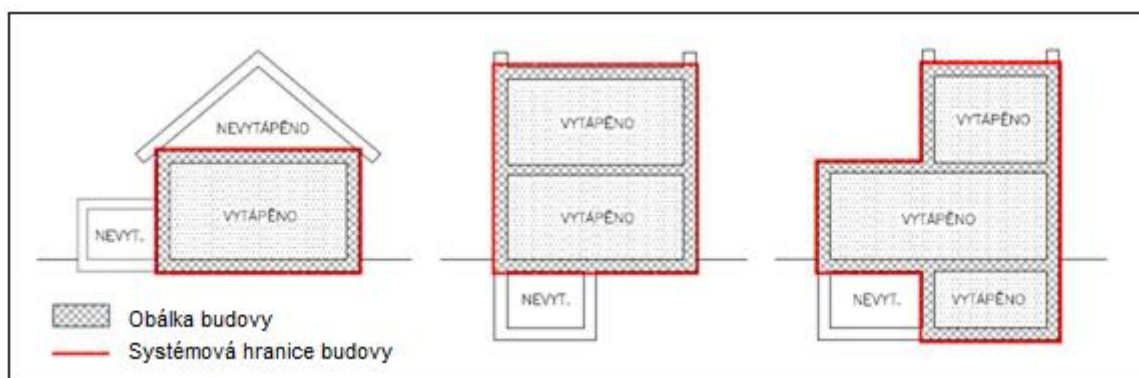
Dodržení tepelně technických požadavků u budov je velmi důležité, neboť poskytuje prevenci před tepelně technickými vadami a poruchami, zajišťuje požadovaný stav vnitřního prostředí pro užívání, tepelnou pohodu uživatelů a základ nízké energetické náročnosti budov. [2]

Energetický štítek obálky budovy je dokument, který zavedla ČSN 730540-2/2002 naposledy novelizována v roce 2011. Zpracování tohoto štítku je nepovinné, lze z něj však spolehlivě vyčíst, jaké možné energetické úspory lze očekávat například od investice do zateplení, umožňuje srovnání budov obdobného účelu, umístění a prostorového uspořádání z hlediska kvality obalových konstrukcí a nároků na energii potřebnou pro vytápění, popřípadě může sloužit jako jeden z nástrojů pro stanovení výše kupní ceny. Další jeho výhodou je grafický a jednoznačný výstup, obdobný energetickému štítku, který je užíván u elektrospotřebičů. [5] [14]

1 Obálka budovy

1.1 Definice obálky budovy

Obálka budovy je technický pojem, který v sobě zahrnuje veškeré konstrukce na systémové hranici budovy, které jsou vystaveny jak vnitřnímu vzduchu vytápěného prostředí, tak přilehlému prostředí, jež tvoří zemina, venkovní vzduch, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru či sousední budově vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu. Mezi tyto konstrukce patří obvodové stěny, okna, střešní pláště, střešní okna, vstupní dveře, lehké obvodové pláště a podlahy oddělující vnitřní prostředí budovy od zeminy. Pro snadnější pochopení tohoto technického pojmu jsou na **Obr. 1.1-1** znázorněny obálky jednotlivých typových staveb. [15] [7]



Obr. 1.1-1: Obálka a systémová hranice určitých typových staveb. [7]

1.2 Termíny a definice spojené s obálkou budovy

Veškeré termíny a definice popsané v této části jsou převzaty z normy ČSN 730540-1. [1]

„Pojem **konstrukce** je souhrnným názvem pro stavební konstrukce a výplně otvorů.

Stavební konstrukce zahrnuje stěny, lehké obvodové pláště, příčky, střechy, stropy a podlahy, tzn. konstrukce bez výplní otvorů.

Výplně otvorů tvoří okna, světlíky, dveře, vrata a střešní poklapy. Součástí výplní otvorů jsou i jejich rámy včetně rámu příslušných k průsvitným částem otvorů.

Vnější konstrukce označuje konstrukci, která je ve styku zároveň s venkovním i vnitřním prostředím a konstrukci přilehlou k zemině. Vnitřní konstrukce označuje konstrukci, která je ve styku pouze s vnitřním prostředím.

Systémová hranice budovy je hranice tvořená vnějším povrchem konstrukcí, které ohraničují vytápěnou část budovy.

Referenční budova je virtuální budova stejných rozměrů, stejného prostorového uspořádání, shodného účelu a shodného umístění jako budova hodnocená, na jejichž všech plochách obálky budovy jsou použity konstrukce se součiniteli prostupu tepla právě odpovídajícími příslušné požadované normové hodnotě.

Temperový prostor označuje uzavřený prostor nesloužící k pobytu osob, kde je v zimním období teplota vzduchu záměrně výrazně nižší než v navazujícím prostoru vytápěném a vyšší než výpočtová teplota venkovní.

Požadovaná normová hodnota je hodnota dané veličiny stanovená normou, zajišťující přípustnou (základní) úroveň pro bezpečné, technicky a ekonomicky vhodné plnění požadavků technických předpisů, zejména požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí.

Doporučená normová hodnota je hodnota dané veličiny stanovená normou, zajišťující nadstandardní, obvykle ekonomicky přijatelnou a technicky možnou úroveň plnění požadavků technických předpisů, zejména požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí.“

2 Okrajové podmínky pro tepelně technické výpočty

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN 73 0540-3. [4]

2.1 Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období

Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období θ_e závisící na teplotní oblasti a nadmořské výšce místa budovy se stanoví ze vztahu (1).

$$\theta_e = \theta_{e,100} + \Delta\theta_{e,0} \cdot \frac{h-100}{100} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

kde

$\theta_{e,100}$ [°C] je základní návrhová teplota venkovního vzduchu v příslušné teplotní oblasti určená pro nadmořskou výšku 100 m. n. m., která se stanoví dle **Tab. 2.1-1**,

$\Delta\theta_{e,0}$ [°C] je základní teplotní gradient v dané oblasti, který se stanoví též z **Tab. 2.1-1**,

h [m] je nadmořská výška úrovně objektu (obvykle tedy nadmořská výška I.NP).

Tab. 2.1-1: Teplotní oblasti ČR v zimním období, jejich průměrná nadmořská výška, základní návrhová teplota venkovního vzduchu a teplotní gradient. [4]

Teplotní oblast	h [m.n.m]	$\theta_{e,100}$ [°C]	$\Delta\theta_{e,0}$ [°C]
1	240	-12	-0,5
2	320	-14	-0,3
3	540	-16	-0,2
4	820	-18	-0,2



Obr. 2.1-1: Teplotní oblasti ČR v zimním období odpovídající Tab. 2.1-1. [4]

V Tab. H.2 normy ČSN 730540-3 se nachází již stanovená návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období θ_e s příslušnou nadmořskou výškou h u vybraných měst ČR. **Tab. 2.1-2** představuje výňatek z Tab. H.2.

Tab. 2.1-2: Výňatek z Tab. H.2 normy ČSN 730540-3. [4]

Obec	h [m.n.m.]	Teplotní oblast	θ_e [°C]
Plzeň	311	2	-15
Praha	181	1	-13

2.2 Návrhová teplota v zemině přiléhající ke stavební konstrukci v zimním období

Návrhová teplota zeminy θ_g přiléhající ke svislým nebo vodorovným stavebním konstrukcím v zimním období se stanoví z **Tab. 2.2-1**.

Tab. 2.2-1: Návrhová teplota zeminy v zimním období přilehlá ke stavební konstrukci. [4]

Poloha přilehlé vrstvy země	θ_g [°C] při návrhové teplotě venkovního vzduchu:	
	$\theta_e > -15$ °C	$\theta_e \leq -15$ °C
pod podlahou	+5	+5
u svislé stěny: do hloubky 1m	-3	-6
v hloubce 1 až 2 m	0	-3
v hloubce 2 až 3 m	+3	0
v hloubce > 3 m	jako pod podlahou	

2.3 Návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období

Návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období θ_{ai} se stanoví ze vztahu (2).

$$\theta_{ai} = \theta_i + \Delta\theta_{ai} \text{ [°C]} \quad (2)$$

kde

θ_i [°C] je návrhová vnitřní teplota v zimním období (viz kapitola 2.4),

$\Delta\theta_{ai}$ [°C] je přírůžka na vyrovnání rozdílů mezi teplotou vnitřního vzduchu a průměrnou teplotou okolních ploch, která se stanoví z **Tab. 2.3-1**.

Tab. 2.3-1: Přirážka na vyrovnání rozdílu mezi návrhovou vnitřní teplotou a teplotou vnitřního vzduchu. Hodnoty v tabulce platí pro původní objekty bez rekonstrukce.[4]

Budova	$\Delta\theta_{ai}$ [°C]		
	vytápění radiátory ústředního topení	vytápění sálavé (např. podlahové vytápění)	vytápění konvenční
bytová a občanská: do roku 1975	2,0	1,0	3,0
od 1975 do 1995	1,0	0,5	1,5
po roce 1995	0,6	0,3	0,9

2.4 Návrhová vnitřní teplota v zimním období

Návrhová vnitřní teplota v zimním období θ_i se stanoví z Tab. I.1 normy ČSN 730540-3.

Tab. 2.4-1 představuje výňatek z tabulky I.1 a to konkrétně pro obytné budovy trvale užívané.

Tab. 2.4-1: Návrhová vnitřní teplota v zimním období pro obytné budovy trvale užívané. [4]

Druh místnosti	θ_i [°C]
obývací místnosti (obývací pokoje, ložnice, jídelny, pracovny, dětské pokoje aj.)	20
kuchyně	20
koupelny	24
klozety	20
vytápěné vedlejší místnosti (předsíně, chodby aj.)	15
vytápěná schodiště	10
garáže a jiné místnosti chráněné proti mrazu	5

3 Stavebně energetické vlastnosti budovy

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN 73 0540-2. [2]

3.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla a tepelný odpor představují základní veličiny charakterizující tepelně izolační vlastnosti všech konstrukcí.

Každá stavební konstrukce i výplň otvoru musí mít dle ČSN 730540-2 součinitel prostupu tepla U takový, aby splňoval podmínku (3).

$$U \leq U_N \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]} \quad (3)$$

kde

$U_N \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]}$ je normou požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, která závisí na návrhové relativní vlhkosti vnitřního vzduchu φ_i [%] a na převažující návrhové vnitřní teplotě θ_{im} [°C] (viz kapitola 3.1.1).

Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} se rovná návrhové vnitřní teplotě v zimním období θ_i u většiny prostorů v budově. Stanovení θ_i [°C] je uvedeno v kapitole 2.4.

Do budov s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 až 22 °C včetně spadají všechny budovy obytné, dále budovy občanské s převážně dlouhodobým pobytem lidí (školské, administrativní, ubytovací, veřejně správní, stravovací, zdravotnické) a jiné budovy, které mají převažující návrhovou teplotu v uvedeném intervalu.

Pro vnitřní prostory běžných občanských bytových staveb je návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i stanovena na hodnotu 50%. [4]

3.1.1 Výpočet požadovaného součinitele prostupu tepla

Pro konstrukce obklopující prostor s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 až 22 °C včetně a s relativní vlhkostí $\varphi_i \leq 60\%$ se velikost požadovaného součinitele prostupu tepla U_N stanoví podle **Tab. 3.1.1-1**.

Pro případ, kdy převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} je mimo interval 18 až 22 °C, avšak relativní vlhkost φ_i je přitom $\leq 60\%$, se U_N stanoví ze vztahu (4).

$$U_N = U_{N,20} \cdot \frac{16}{\theta_{im} - 4} \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]} \quad (4)$$

kde

$U_{N,20}$ [W/(m²·K)] je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, která se stanoví z **Tab. 3.1.1-1**.

Při relativní vlhkosti vyšší než 60% odpovídá U_N minimu z hodnot určených ze vztahu (5) a z **Tab. 3.1.1-1**, resp. ze vztahu (4) podle převažující návrhové teploty. [8]

$$U_{w,N} = \frac{0,6 \cdot (\theta_{ai} - \theta_w)}{R_{si} \cdot (\theta_{ai} - \theta_e)} \text{ [W/(m}^2\text{·K)]} \quad (5)$$

kde

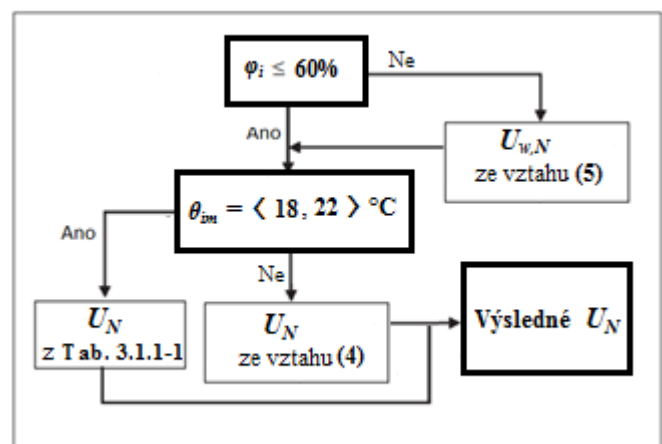
R_{si} [(m²·K)/W] je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně. Obvykle se uvažuje 0,25 (m²·K)/W, výjimečně jinak podle **Tab. 3.1.2-2**,

θ_{ai} [°C] je návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období (viz kapitola 2.3),

θ_e [°C] je návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období (viz kapitola 2.1),

θ_w [°C] je teplota rosného bodu, která se stanoví z Tab. K.4 normy ČSN 730540-3.

Pro úplné objasnění postupu při určování požadované hodnoty U_N je na **Obr. 3.1.1-1** uveden algoritmus tohoto výpočtu. Shodný algoritmus a vztahy se používají i při určování doporučených hodnot U_{rec} a U_{pas} . [8]



Obr. 3.1.1-1: Algoritmus stanovení požadované hodnoty U_N a doporučených hodnot U_{rec} a U_{pas} . [8]

Sousední vytápěné byty se pro určení součinitele prostupu tepla považují za prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně, tzn., hodnotí se jako jeden celek. Občasně vytápěné prostory se považují za temperované, zbylé prostory se hodnotí jako nevytápěné. Za nevytápěné prostory se považují i sousední neužívané byty.

U dokončených budov se vyžaduje splnění požadavku (3) pro konstrukce, které nenahrazují konstrukce původní (např. přístavěné podlaží). Pro ostatní konstrukce

(např. původní stěny rekonstruované novou tepelnou izolací) se vyžaduje splnění tohoto požadavku tehdy, pokud tomu prokazatelně nebrání technické nebo legislativní překážky.

Tab. 3.1.1-1: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. [2]

Popis konstrukce	U_N [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
stěna vnější	0,30	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ³⁾	0,45	0,30	0,22 až 0,15
strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ³⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
stěna mezi sousedními budovami ¹⁾	1,05	0,70	0,5
strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	1,05	0,70	-
stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně	1,30	0,90	-
strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně	2,2	1,45	-
stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně	2,7	1,80	-
výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8 až 0,6
šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4	1,1	0,9
dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7

výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
nekovový rám výplně otvoru ²⁾	-	1,3	0,9 až 0,7

POZNÁMKY k Tab. 3.1.1-1:

- ¹⁾Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu.
- ²⁾ Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou např. dřevo-hliníkové rámy.
- ³⁾ Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoliv výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.

3.1.2 Výpočet součinitele prostupu tepla pro stavební konstrukce

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN EN ISO 6946 [9] či ČSN 730540-3 [4].

Výpočet součinitele prostupu tepla U pro stavební neboli neprůsvitné konstrukce se stanoví ze vztahu (6).

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m R_n + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (6)$$

kde

R_{si} [(m²·K)/W] je vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla, který se stanoví z **Tab. 3.1.2-2**,

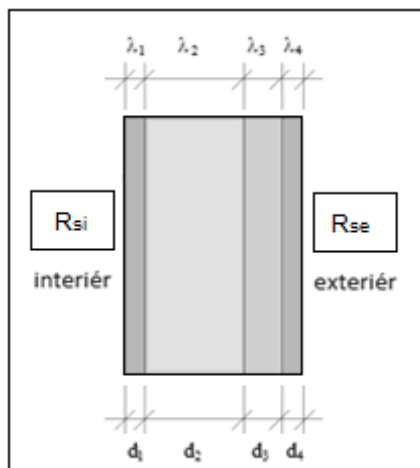
R_{se} [(m²·K)/W] je vnější tepelný odpor při přestupu tepla, který se stanoví z **Tab. 3.1.2-2**,

R_n [(m²·K)/W] je tepelný odpor n-tého materiálu stavební konstrukce,

d_n [m] je tloušťka n-tého materiálu stavební konstrukce,

λ_n [W/(m·K)] je součinitel tepelné vodivosti n-tého materiálu stavební konstrukce, který se stanoví z Tab. A.1 normy ČSN 730540-3. **Tab. 3.1.2-1** představuje výňatek z Tab. A.1.

Standardně se do celkové tloušťky stavební konstrukce d započítávají pouze ty vrstvy, které jsou účinně chráněny před vlhkostí (např. u střech vrstvy pod hydroizolací, u podlah na zemině vrstvy nad hydroizolací).



Na **Obr. 3.1.2-1** je, pro úplné objasnění, uvedeno orientační schéma tepelných odporů typové stavební konstrukce.

Obr. 3.1.2-1: Tepelné odpory stavební konstrukce.[9]

Tab. 3.1.2- 1: Návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti vybraných stavebních materiálů. [4]

Materiál		Objemová hmotnost v suchém stavu ρ_{dn} [kg/m ³]	λ_n [W/ m·K]
Beton hutný:	beton hutný	2100	1,23
		2200	1,30
		2300	1,36
	železobeton	2300	1,43
		2400	1,58
Omítky:	vápenná	1600	0,88
	vápno-cementová	2000	0,99

Tab. 3.1.2-2: Tepelné odpory při přestupu tepla na vnější, vnitřní straně konstrukce. [4]

Klimatické období	Povrch	Tvar a orientace povrchu konstrukce		R_{si}, R_{se} [m ² ·K/W]	
				Pro výpočty šíření vlhkosti	Pro výpočty šíření tepla
zimní	vnější (R_{se})			0,04	0,04
zimní, při nadmořské výšce nad 1000 m. n. m.				0,03	0,03
letní				0,07	0,07
zimní i letní	vnitřní (R_{si})	svislý povrch		0,25	0,13
		vodorovný povrch, při tepelném toku	zdola nahoru	0,25	0,10
			shora dolů	0,25	0,17

Tab. 3.1.2-2 platí pro konstrukce přilehlé ke vzduchu. Tepelný odpor při přestupu tepla nelze tedy použít v kontaktu s jiným materiálem (např. přilehlou zeminou).

3.1.3 Výpočet součinitele prostupu tepla pro podlahové konstrukce ve styku se zemínou

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN EN ISO 13370 [10].

Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy na zemině U se stanoví pro podlahy bez okrajové izolace (bez izolace podél obvodových stěn) ze vztahu (7), či (8). Použití jednoho ze vztahů závisí na tepelné izolaci podlahy. Pokud je $d_t < B'$ (neizolované nebo mírně izolované podlahy) použije se vztah (7), pokud jde o případ, kde $d_t \geq B'$ (dobře izolované podlahy) použije se vztah (8).

$$U = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) \text{ [W/(m}^2\text{·K)]} \quad (7)$$

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t} \text{ [W/(m}^2\text{·K)]} \quad (8)$$

kde

λ [W/(m·K)] je součinitel tepelné vodivosti zeminy, který se stanoví z **Tab. 3.1.3-1**, pokud je znám druh zeminy. V ostatních případech se použije $\lambda = 2,0$ W/(m·K),

B' [m] je charakteristický rozměr podlahy, který se stanoví ze vztahu (9),

d_t [m] je celková ekvivalentní tloušťka podlahy, která se stanoví ze vztahu (10).

Tab. 3.1.3-1: Součinitel tepelné vodivosti pro různé druhy zeminy.[10]

Druh zeminy	λ [W/(m·K)]
hlíny a jíly	1,5
písky a šterky	2,0
stejnorodá skála	3,5

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} \text{ [m]} \quad (9)$$

kde

A [m²] je celková plocha podlahy,

P [m] je exponovaný obvod podlahy, tedy celková délka vnějších stěn oddělující vytápěnou budovu od venkovního prostředí či přilehlých nevytápěných prostor. V případě hodnocení celé budovy je P rovno celkovému obvodu budovy. V případě hodnocení

např. jednotlivých domů v řadové zástavbě se do obvodu nezapočítává délka stěny sousedící s vytápěnými prostory.

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \text{ [m]} \quad (10)$$

kde

w [m] je celková tloušťka obvodových stěn obsahující všechny vrstvy,

R_{si}/R_{se} [(m²·K)/W] jsou tepelné odpory na vnitřní/vnější straně konstrukce, které se stanoví z **Tab. 3.1.2-2**,

R_f [(m²·K)/W] je tepelný odpor podlahy zahrnující všechny tepelně-izolační vrstvy, včetně vrstvy nášlapné.

Pro podlahy s okrajovou izolací nebo pro případ, kdy podlaha není situována na zemině (zvýšená podlaha, vytápěný či nevytápěný suterén), je postup výpočtu součinitele prostupu tepla U popsán v ČSN EN ISO 13370 [10].

Součinitel prostupu tepla konstrukce v kontaktu se zeminou stanovený podle ČSN EN ISO 13370 nelze použít (díky zahrnutí vlivu zeminy) pro srovnání s normovým požadavkem, jak již bylo uvedeno v poznámkách k **Tab. 3.1.1-1**. Má však smysl jako mezivýsledek, který se používá pro stanovení měrné tepelné ztráty prostupem.

3.1.4 Výpočet součinitele prostupu tepla výplní otvorů

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN EN ISO 10077-1 [11] či ČSN 730540-3 [4].

Výpočet součinitele prostupu tepla U pro jednoduchá okna se zasklením jednoduchým nebo vícenásobným se stanoví ze vztahu (11).

$$U = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_{f+} + \sum l_g \cdot \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \text{ [W/(m}^2\text{·K)]} \quad (11)$$

kde

U_g [W/(m²·K)] je součinitel prostupu zasklení,

A_g [m²] je plocha viditelné části zasklení,

U_f [$W/(m^2 \cdot K)$] je součinitel prostupu tepla rámu,

A_f [m^2] je plocha rámu,

l_g [m] je viditelný obvod zasklení,

Ψ_g [$W/(m \cdot K)$] je lineární činitel prostupu tepla styku rám/zasklení. Pro jednoduché zasklení se uvažuje $\Psi_g = 0$. Pro vícenásobná zasklení se Ψ_g stanoví z **Tab. 3.1.4-1**.

Tab. 3.1.4-1: Lineární činitel prostupu tepla pro různé materiály rámu a různé zasklení. [4]

Materiál rámu	Dvojsklo nebo trojsklo, Nepokovené zasklení, Vzduchová nebo plynová mezera Ψ_g [$W/(m \cdot K)$]		Dvojsklo s nízkou emisivitou, Trojsklo dvakrát pokovené s nízkou emisivitou, Vzduchová nebo plynová mezera Ψ_g [$W/(m \cdot K)$]	
	rámeček se zlepšenými tepelně izolačními vlastnostmi	hliníkový rámeček, ocelový rámeček	rámeček se zlepšenými tepelně izolačními vlastnostmi	hliníkový rámeček, ocelový rámeček
dřevěný rám, plastový rám	0,05	0,06	0,06	0,06
kovový rám s přerušovaným tepel. mostem	0,06	0,08	0,08	0,11
kovový rám bez přerušovaného tepel. mostem	0,01	0,02	0,04	0,06

Tato práce se zabývá pouze vztahy, které jsou nezbytné pro samotný výpočet zadané bytové stavby, proto výpočet součinitele prostupu tepla U pro další typy oken (např. dvojitá či zdvojená) neuvádí. Lze je najít v ČSN EN ISO 10077-1 [11].

3.2 Průměrný součinitel prostupu tepla

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN 730540-2 [2].

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} charakterizuje souhrnné tepelně izolační vlastnosti všech konstrukcí a musí dle ČSN 730540-2 splňovat podmínku (12).

$$U_{em} \leq U_{em,N} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]} \quad (12)$$

kde

$U_{em,N}$ [W/(m²·K)] je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla, která závisí na převažující návrhové vnitřní teplotě θ_{im} [°C] (viz kapitola 3.2.1).

Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} , se, jak již bylo uvedeno, rovná návrhové vnitřní teplotě v zimním období θ_i u většiny prostorů v budově. Stanovení θ_i [°C] je uvedeno v kapitole 2.4.

3.2.1 Výpočet požadovaného průměrného součinitele prostupu tepla

Požadovaná hodnota $U_{em,N}$ se stanoví pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 až 22 °C včetně metodou referenční budovy ze vztahu (13), nejvýše je však rovna příslušné hodnotě podle Tab. 3.2.1-1.

$$U_{em,N} = \frac{\sum U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j}{\sum A_j} + 0,02 \text{ [W/(m}^2\text{·K)]} \quad (13)$$

kde

$U_{N,j}$ [W/(m²·K)] je požadovaný součinitel prostupu tepla j-té konstrukce na obálce budovy (konstrukce ohraničující vytápěný prostor), který se stanoví z Tab. 3.1.1-1.

A_j [m²] je plocha j-té konstrukce na obálce budovy stanovená z vnějších rozměrů,

b_j [-] je činitel teplotní redukce j-té konstrukce (viz kapitola 3.5).

Tab. 3.2.1-1: Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla. [2]

	$U_{em,N}$ [W/(m ² ·K)]
nové obytné budovy	výsledek výpočtu podle (13), nejvýše však 0,50
ostatní budovy	výsledek výpočtu podle (13), nejvýše však hodnota: pro objemový faktor tvaru: $A/V \leq 0,2$ $U_{em,N} = 1,05$ $A/V > 1,0$ $U_{em,N} = 0,45$ pro ostatní hodnoty A/V : $U_{em,N} = 0,30 + 0,15 / (A/V)$

Pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} mimo interval 18 až 22°C včetně se požadovaná hodnota $U_{em,N}$ stanoví ze vztahu (14).

$$U_{em,N} = U_{em,N,20} \cdot \frac{16}{\theta_{im} - 4} \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]} \quad (14)$$

kde

$U_{em,N,20}$ [W/(m²·K)] je požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla budovy, který se stanoví ze vztahu (13).

U dokončených budov se vyžaduje splnění požadavku (12) pro konstrukce, které nenahrazují konstrukce původní (např. přistavěné podlaží).

Pokud pro konstrukce dokončených budov není splnění požadavku (12) technicky nebo ekonomicky proveditelné s ohledem na životnost budovy či její provozní účely, pak lze tento požadavek překročit, nejvýše však takovým způsobem, aby prokazatelně nedocházelo k poruchám a vadám při užívání.

Názorným příkladem, proč je splnění požadavku (12) vyžadováno (až na výjimky popsané výše) je skutečnost, že okna splňující požadavek na U_N přesto propustí mnohem více tepla než stěna splňující tentýž požadavek. Proto pokud bychom např. postavili dům či další podlaží pouze ze skleněných konstrukcí, které jsou charakterizované splněním požadavku U_N , mohl by být výsledek kvality celé budovy na propustnost tepla vztahený k hodnotě U_{em} nedostačující. [12]

3.2.2 Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN 730540-2 [2].

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} je hlavním výstupem energetického štítku obálky budovy a stanoví se ze vztahu (15).

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]} \quad (15)$$

kde

H_T [W/K] je měrný tepelný tok prostupem tepla, který se stanoví ze vztahu (17), či (18),

A [m^2] je celková plocha konstrukcí ohraničujících vytápěný objem budovy.

Doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,rec}$ se stanoví ze vztahu (16). Použití doporučených hodnot se uplatní v případě, ve kterém nedochází k technickým či ekonomickým překážkám.

$$U_{em,rec} = 0,75 \cdot U_{em,N} \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]} \quad (16)$$

kde

$U_{em,N}$ [$\text{W/(m}^2\cdot\text{K)]}$] je požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla budovy, který se stanoví ze vztahu (13), či (14).

3.3 Měrný tepelný tok prostupem tepla budovy

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN 730540-4 [11].

Měrný tepelný tok prostupem tepla H_T zahrnuje ztráty prostupem tepla přes systémovou hranici budovy a stanoví se ze vztahu (17), nebo pokud jsou známi parametry tepelných vazeb přesnějším výpočtem ze vztahu (18).

$$H_T = \sum (A_j \cdot U_j \cdot b_j) + A \cdot \Delta U_{tbm} \text{ [W/K]} \quad (17)$$

$$H_T = \sum (A_j \cdot U_j \cdot b_j) + \sum (\Psi_j \cdot l_j \cdot b_j) + \sum (\chi_j \cdot b_j) \text{ [W/K]} \quad (18)$$

kde

A_j [m^2] je plocha j -té ochlazované konstrukce na systémové hranici budovy (konstrukce ohraničující vytápěný prostor),

$A = \sum A_j$ [m^2] je celková plocha konstrukcí ohraničujících vytápěný objem budovy,

U_j [$\text{W/(m}^2\cdot\text{K)]}$] je součinitel prostupu tepla j -té konstrukce, včetně vlivů tepelných mostů v této konstrukci,

b_j [-] je číselný koeficient teplotní redukce j -té konstrukce (viz kapitola 3.5),

ΔU_{tbm} [$\text{W/(m}^2\cdot\text{K)]}$] je celkový průměrný vliv tepelných vazeb mezi ochlazovanými konstrukcemi na systémové hranici budovy (viz kapitola 3.4),

Ψ_j [W/(m·K)] je lineární činitel prostupu tepla j-té lineární tepelné vazby mezi konstrukcemi, postup výpočtu popsán v příloze B. 7 normy ČSN 730540-4,

l_j [m] je délka j-té lineární tepelné vazby mezi konstrukcemi na hranici budovy,

χ_j [W/(m²·K)] je bodový činitel prostupu tepla j-té bodové tepelné vazby mezi konstrukcemi, postup výpočtu popsán též v příloze B. 7 normy ČSN 730540-4.

3.4 Průměrný vliv tepelných vazeb mezi ochlazovanými konstrukcemi

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN 730540-4 [11].

Celkový průměrný vliv tepelných vazeb mezi ochlazovanými konstrukcemi $\Delta U_{t_{bm}}$ se stanoví v případě, že jsou známi parametry tepelných vazeb přesněji ze vztahu (19), či z tradičních přibližných hodnot uvedených v **Tab. 3.4-1**.

$$\Delta U_{t_{bm}} = \frac{\sum (l_j \cdot \Psi_j \cdot b_i) + \sum (\chi_j \cdot b_j)}{A} \text{ [W/(m}^2\text{·K)]} \quad (19)$$

Tab. 3.4-1: Navržené hodnoty celkového průměrného vlivu tepelných vazeb. [11]

Typ budovy	$\Delta U_{t_{bm}}$ [W/(m ² ·K)]
budovy s důsledně optimalizovanými tep. vazbami	≈ 0,02
budovy s mírnými tep. vazbami	≈ 0,05
budovy s běžnými tep. vazbami (standardní řešení)	≈ 0,10
budovy s výraznými tep. vazbami (zanedbané řešení)	≈ 0,20

3.5 Činitel teplotní redukce

Veškeré termíny, definice a vztahy popsané v této části vychází z normy ČSN 730540-3 [4].

Činitel teplotní redukce b se stanoví buďto z návrhových hodnot, uvedených v **Tab. 3.5-1**, nebo přesněji v závislosti na působících okrajových podmínkách ze vztahu (20) až (22).

Pro konstrukce ve styku s venkovním vzduchem:

$$\mathbf{b} = \frac{\theta_i - \theta_g}{\theta_{im} - \theta_e} [-] \quad (20)$$

Pro konstrukce ve styku se zeminou:

$$\mathbf{b} = \frac{\theta_i - \theta_g}{\theta_{im} - \theta_e} [-] \quad (21)$$

Pro konstrukce ve styku s nevytápěným prostorem:

$$\mathbf{b} = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_{im} - \theta_e} [-] \quad (22)$$

kde

θ_i [°C] je návrhová vnitřní teplota v zimním období (viz kapitola 2.4),

θ_e [°C] je návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období (viz kapitola 2.1),

θ_{im} [°C] je převažující návrhová vnitřní teplota rovnající se návrhové vnitřní teplotě v zimním období θ_i u většiny prostorů v budově. Stanovení θ_i [°C] je uvedeno v kapitole 2.4.,

θ_g [°C] je návrhová teplota v přilehlé zemině (viz kapitola 2.2),

θ_u [°C] je návrhová vnitřní teplota v přilehlém nevytápěném prostoru, která se stanoví z Tab. I.1 normy ČSN 730540-3).

Tab. 3.5-1: Návrhové hodnoty činitele teplotní redukce. [4]

Typ konstrukce	b [-] pro vytápěné vnitřní prostředí	b [-] pro částečně vytápěné vnitřní prostředí
Konstrukce ve styku s venkovním vzduchem		
výplně otvorů (okna, dveře apod.)	1,15	0,82
střechy, stropy nad venkovním prostředím, stěny vnější	1,00	0,71
Konstrukce ve styku s nevytápěným prostorem		
půda, podstřešní prostor; při střeše:		
- neizolované, netěsněné	0,83	0,54
- neizolované, těsněné	0,74	0,46
- izolované, těsněné	0,57	0,29
suterén nebo technické podlaží:		
- zcela pod terénem	0,43	0,14
- zčásti nad terénem	0,49	0,20
- odvětrané	0,57	0,29

prostor nad terénem ve styku převážně s venkovním prostředím (např. přilehlá garáž)	0,49	0,20
- výplně otvorů ze zóny do tohoto prostoru (okna, dveře apod.)	0,56	0,23
Konstrukce ve styku se zemínou		
ve vzdálenosti od venkovního povrchu terénu:		
- do 1m včetně	0,66	0,52
- od 1m do 2m včetně	0,57	0,40
- od 2m do 3m včetně	0,49	0,28
- nad 3m	0,43	0,20

4 Energetický štítek obálky budovy

4.1 Definice energetického štítku obálky budovy

Energetický štítek hodnotí celkovou tepelně izolační schopnost obálky budovy. Zpracování tohoto štítku je nepovinné, bývá však součástí projektové dokumentace ve stavebním řízení, energetického auditu či je možno jej zpracovat jako součást (přílohu) průkazu energetické náročnosti budovy. Energetický štítek obálky budovy je obdobný dokument jako energetický průkaz náročnosti budovy, proto jsou velmi často veřejností zaměňovány. Možná také proto, že oba dokumenty mají zdánlivě podobný grafický výstup. [5] [14]

Zásadní rozdíl v obou dokumentech je však v tom, že energetický průkaz hodnotí budovu s ohledem na celkovou spotřebu energie potřebnou pro standardní provoz a jeho zpracování je v určitých případech povinné, kdežto nepovinný energetický štítek obálky budovy hodnotí budovu s ohledem na její tepelně technické vlastnosti posuzováním kvality obalových konstrukcí. Společné mají oba tyto dokumenty to, že přehledně odhalují energetickou náročnost. [5] [14]

Energetický štítek obálky budovy je dokument, který zavedla ČSN 730540-2/2002 (*Tepelná ochrana budov – Část 2 : Požadavky*) naposledy novelizovaná v říjnu 2011. Energetický štítek obálky budovy, jehož hlavním výstupem je hodnota U_{em} , byl zaveden také proto, že normové požadavky na kvalitu jednotlivých konstrukcí se liší v závislosti na typu

konstrukce a v určitém případě mohou být nedostačující, pokud jsou vztaženy na požadavek celkové obálky budovy (viz příklad v kapitole 3.2.1). [5] [14] [12]

4.2 Obsah energetického štítku obálky budovy

Pojem energetický štítek obálky budovy v sobě zahrnuje dva dokumenty, písemný protokol a samotný grafický výstup neboli štítek.

Obsahem protokolu je:

- a. Identifikace budovy (druh, adresa, katastrální a územní číslo).
- b. Identifikace vlastníka popř. stavebníka (jméno, adresa).
- c. Popis budovy (vytápěný objem budovy V , celková plocha konstrukcí ohraničující vytápěný objem budovy A , objemový faktor tvaru budovy A/V).
- d. Klimatické podmínky budovy (převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im} , navrhovaná teplota venkovního vzduchu v zimním období θ_e).
- e. Energeticky významné parametry jednotlivých ochlazovaných obvodových konstrukcí (plocha A_j , součinitel prostupu tepla U_j , měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$, činitel teplotní redukce b_j).
- f. Údaje o prostupu tepla celkovou obálkou budovy (celková měrná ztráta prostupem tepla H_T , průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} , požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N}$, doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,rec}$).
- g. Údaje o zpracování (jméno a adresa zpracovatele, podpis, datum).

Obsahem štítku je:

- a. Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy a její grafické vyjádření, průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} , celková podlahová plocha A_c .
- b. Identifikace budovy (adresa).
- c. Údaje o zpracování (jméno zpracovatele, datum vystavení, platnost).

4.3 Klasifikační třídy

Třídy propustnosti tepla obálkou budovy se klasifikují dle **Tab. 4.3-1** a rozdělují budovy do sedmi kategorií A – G od velmi úsporných (A) až po mimořádně neekonomické (G). [2]

Tab. 4.3-1: Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy. [2]

Klasifikační třídy	Kód barvy (CMYK)	Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [$W/(m^2 \cdot K)$]	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel CI
A	X0X0	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	velmi úsporná	← 0,5
B	70X0	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	úsporná	← 0,75
C	30X0	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	vyhovující	← 1,0
D	00X0	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	nevyhovující	← 1,5
E	03X0	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	neekonomická	← 2,0
F	07X0	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	velmi neekonomická	← 2,5
G	0XX0	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N}$	mimořádně neekonomická	

POZNÁMKA k Tab. 4.3-1

Vynásobením hodnoty $U_{em,N}$ s hodnotou klasifikačního ukazatele CI se získá hodnota U_{em} jednotlivých klasifikačních tříd. Hodnota CI je normově dána a mezní pro každou klasifikační třídu. [14]

Obálka budovy má dle normy ČSN 730540-2 vyhovující tepelně technické vlastnosti v případě, že výsledkem hodnocení dojde k zařazení budovy alespoň do klasifikační třídy C. To je hodnota průměrného součinitele prostupu tepla, kterou má tzv. referenční budova. Při zařazení do klasifikační třídy A nebo B jsou budovy označovány jako nízkoenergetické. Pokud budova spadá po zařazení do klasifikační třídy A, nelze však automaticky hovořit o budově postavené v pasívním standardu (často nazývané "pasívní dům"). Aby budova mohla být označena za pasívní, musí splnit řadu dalších kritérií. [2] [14]

5 O programu SVOBODA SOFTWARE

Energetický štítek obálky budovy byl pro zadanou bytovou stavbu vytvořen v programu SVOBODA SOFTWARE – STAVEBNÍ FYZIKA 2010. Tento program se skládá z dílčích podprogramů, které plně pokrývají problematiku celé stavební fyziky v oblasti tepelné techniky. Pro zpracování energetického štítku postačil rozsah podprogramu Energie 2010, který je určen pro komplexní hodnocení energetické náročnosti budov a zpracování průkazu energetické náročnosti budov či energetického štítku obálky budovy.

Součástí všech podprogramů jsou pomocné katalogy, pro Energii 2010 konkrétně čtyři. Funkce jednotlivých katalogů je popsána u **Obr. 5.1** až **Obr. 5.4**, kde jsou jednotlivé katalogy vyobrazeny.

Pro výpočet průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} a následnou klasifikaci budovy je nutné v Energii 2010 zadat vstupní data do několika formulářů.

Formuláře pro zadávání vstupních dat:

- a. Popis objektu a klimatických podmínek
- b. Popis jednotlivých zón
- c. Popis okenních konstrukcí
- d. Popis konstrukcí ve styku s venkovním vzduchem
- e. Popis konstrukcí ve styku se zeminou
- f. Popis nevytápěných prostor a zimních zahrad

Program Stavební fyzika 2010 byl pro mou práci poskytnut *Environmentálním informačním centrem* města Plzně - ENVIC, který také zprostředkoval bytovou stavbu, pro kterou byl energetický štítek zpracováván. Bohužel však centrum nemělo k dispozici aktuální verzi tohoto programu pracující s nejnovější platnou normou ČSN 730540-2/2011, proto musely být všechny již nedefinované hodnoty během výpočtu kontrolovány a následně normalizovány.

Katalog sluneční energie : Česká republika

Česká republika
Brno
Hradec Králové
Cheb
Obecná lokalita
Ostrava
Praha
Sněžka
+ Data pro energ. výpočty
+ Slovenská republika
+ Švýcarsko

39 položek

Lokalita: **Praha**

Jihovýchod | Jihozápad | Severovýchod | Severozápad | Poznámka
Sever | Jih | Východ | Západ | Horizont

Měsíc	Energie slunečního záření [MJ/m ²]	Měsíc	Energie slunečního záření [MJ/m ²]
I	47	VII	212
II	72	VIII	184
III	115	IX	126
IV	158	X	86
V	209	XI	47
VI	216	XII	32

Energie slunečního záření za topnou sezónu [MJ/m²]: 557

Délka topné sezóny [dny]: 225

Použít | Návrat bez výběru | Přidat | Vymazat

Obr. 5-1: Katalog sluneční energie - umožňuje zadat okrajové podmínky potřebné k výpočtu výběrem vhodné lokality z databáze, obsahující 39 položek.

Katalog teplot : ČR: města a území

Exteriéry | Interiéry

Návrhové hodnoty | Průměrné měsíční hodnoty | Poznámka

Lokalita: **Plzeň**

Návrhové hodnoty | Průměrné a doplňkové hodnoty

Průměrná venkovní teplota přes otopné období: 3,6 C

Délka otopného období: 242 dnů

Vnější teplota, při které se zahajuje vytápění: 13 C

Nadmořská výška lokality: 311 m n.m.

krajina s intenzivními větry

Katalog teplot : ČR: města a území

Exteriéry | Interiéry

Návrhové hodnoty | Průměrné měsíční hodnoty | Poznámka

Lokalita: **Plzeň**

Průměrné měsíční teploty a vlhkosti pro danou lokalitu či místnost:

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Počet dnů:	31	28	31	30	31	30	31	31
Teplota [C]:	-2,2	-0,8	2,8	7,2	12,3	15,7	17,3	16,4
Rel.vlhkost [%]:	81,2	80,8	79,4	77,7	74,8	72,2	70,6	71,5
Parc.tlak [Pa]:	414	463	594	790	1071	1288	1395	1334

Přepočítat teploty

Měsíc	IX.	X.	XI.	XII.
Počet dnů:	30	31	30	31
Teplota [C]:	12,7	7,7	2,9	-0,6
Rel.vlhkost [%]:	74,5	77,5	79,5	80,7
Parc.tlak [Pa]:	1095	815	599	470

přepočítávat relativní vlhkosti vnějšího vzduchu v závislosti na teplotě podle čl. 7.11.2 v ČSN 730540-3

154 položek

Použít | Návrat bez výběru | Přidat | Vymazat

Obr. 5-2: Katalog teplot - umožňuje zadat okrajové podmínky potřebné k výpočtu výběrem vhodné lokality, či místnosti z databáze, obsahuje 154 položek pro exteriér a 102 položek pro interiéry.

The image shows two screenshots of a software interface titled "Katalog materiálů : Betony hutné".

Top Screenshot: Shows the "Návrhové hodnoty" (Design values) tab. The material name is "Betón hutný 2". The following parameters are displayed:

- Součinitel tepelné vodivosti Lambda,u: 1,3 W/mK
- Měrná tepelná kapacita C,u: 1020 J/kgK
- Objemová hmotnost Ro,u: 2200 kg/m³
- Faktor difuzního odporu Mi,u: 20
- Součinitel difuze vodní páry Delta,u: 0,009 m · 10⁻⁹ s

Below these values, there are radio buttons for selecting the type of thermal conductivity coefficient: "návrhovou hodnotu" (selected), "charakteristickou hodnotu", and "vypočtenou hodnotu na základě součinitelů podmínek působení".

Bottom Screenshot: Shows the "Podmínky působení" (Conditions of use) tab. The material name is "Betón hutný 2".

Charakteristické hodnoty:

- Souč. tepelné vodivosti LambdaK: 1,1 W/mK
- Vlhkostní součinitel materiálu Zu dle ČSN 730540-3: 0,08
- Převodní vlhkovostní faktor f,u dle ČSN EN ISO 10456: [empty]
- Hmotnostní vlhkost u,23/80: 1,5 %

Konstrukce:

- vnější stěnová
- vnější střešní
- vnitřní

Podmínky působení:

- Součinitel materiálu Z2: 0,1
- Hmotnostní vlhkost u,exp: 0 %

Parametry interiéru:

- Teplota T ai: 21 °C
- Relativní vlhkost F ii: 50 %

At the bottom, there are checkboxes for "vod. pára kondenzuje v konstrukci" (checked) and "materiál je na styku s povětřností" (checked). Buttons at the bottom include "Použít materiál", "Návrat bez výběru", "Přidat materiál", and "Vymazat materiál". A status bar at the bottom left shows "1434 položek".

Obr. 5-3: Katalog materiálů - umožňuje zadat parametry jednotlivých vrstev konstrukce potřebné k výpočtu výběrem vhodného materiálu z databáze, obsahuje 1434 položek.

Obr. 5-4: Katalog konstrukcí - umožňuje zadat parametry výplně otvoru výběrem daného okna či dveří z databáze, obsahuje 132 položek.

6 Charakteristika zadaného bytového domu

Jedná se o bytový cihlový dům nacházející se v Plzni v ulici Pod Záhorskem. Bytový dům je situován do svahu. Pro hodnocení tepelně technických vlastností a následné zpracování energetického štítku obálky budovy byl vybrán jen jeden blok bytového domu. Tato konkrétní část je vyobrazena z pohledu předního a bočního na **Obr. 6-1** a z pohledu zadního na **Obr. 6-2**. Přední strana hodnoceného bloku je orientována na severovýchod, boční na jihovýchod a zadní na jihozápad.

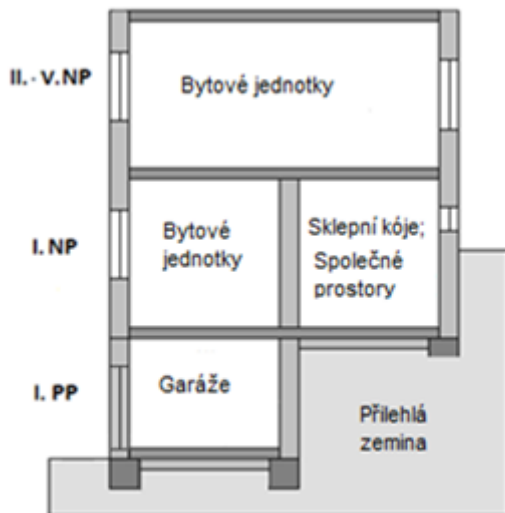


Obr. 6-1: Bytový blok z pohledu předního a bočního.



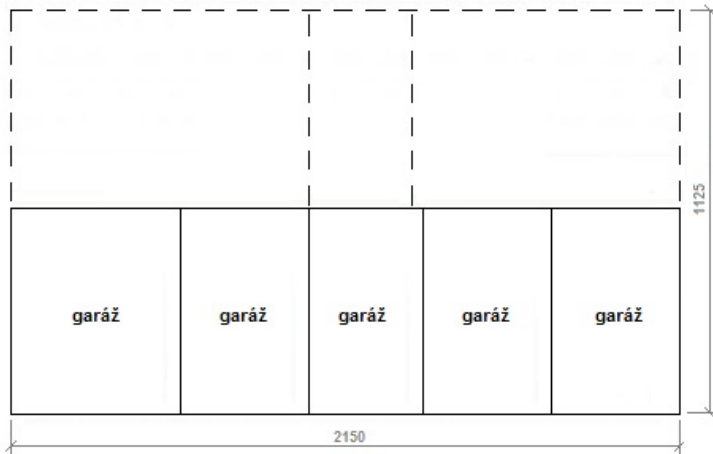
Obr. 6-2: Bytový blok z pohledu zadního.

Hodnocená část bytového domu se skládá z pěti nadzemních podlaží a jednoho podzemního podlaží. Podzemní podlaží je tvořeno garážemi, které se rozprostírají téměř do poloviny celkové podlahové plochy prvního nadzemního podlaží. První nadzemní podlaží

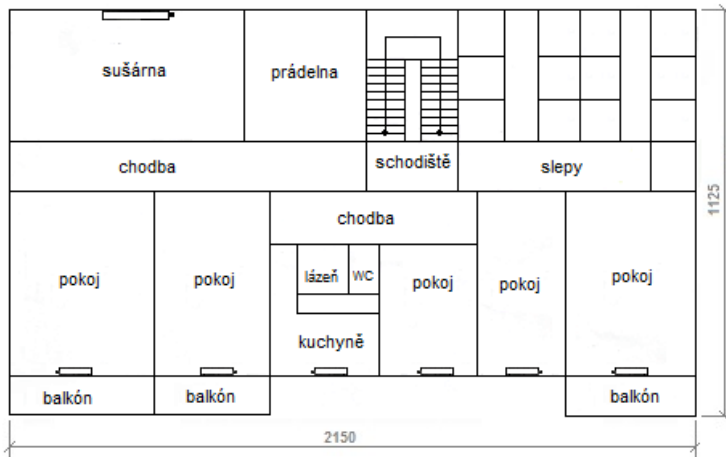


Obr. 6-3: Orientační bokorys hodnoceného bytového bloku.

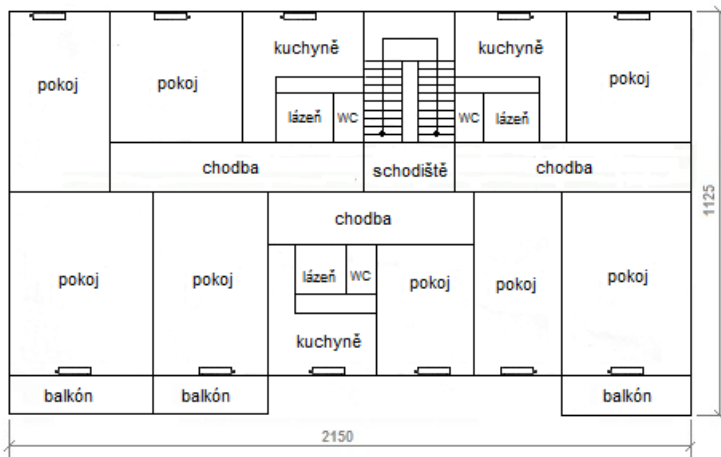
je atypické tím, že je nad garážemi, tedy též téměř do poloviny své celkové podlahové plochy, tvořeno bytovými jednotkami. Druhou část tvoří nebytové prostory, konkrétně sklepní kóje a společné prostory. Druhé až páté nadzemní podlaží je tvořeno pouze bytovými jednotkami, zcela stejnorodě rozmístěnými. Celkový hodnocený blok se skládá ze třinácti bytových jednotek. Pro snadnější pochopení rozmístění bytového bloku je na **Obr. 6-3** uveden bokorys bloku a na **Obr. 6-4** až **Obr. 6-6** půdorysy jednotlivých podlaží.



Obr. 6-4: Půdorys PP.



Obr. 6-5: Půdorys I. NP.



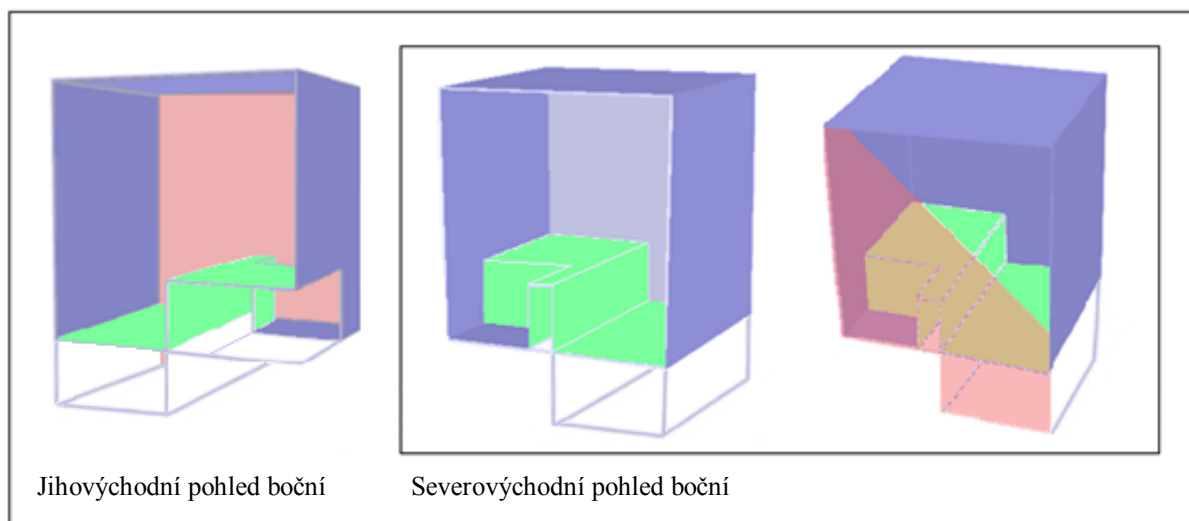
Obr. 6-6: Půdorys II. – V. NP.

7 Obálka zadaného bytového bloku

Na **Obr. 7-1** je zobrazena obálka zadaného bytového bloku, kterou tvoří konstrukce vystaveny zároveň vnitřnímu vzduchu vytápěného prostoru i přilehlému prostředí, jež tvoří zemina, venkovní vzduch či vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru. Konkrétně jde o konstrukce obalující prostory bytových jednotek a sušárny.

Pro vysvětlení barevného spektra v **Obr. 7-1** je ještě nutné uvést, že obvodová stěna vyznačena růžovou barvou obálku budovy netvoří a tudíž se ani nezadá do programu Energie 2010. Neboť je přilehlá k druhému bloku bytového domu, který je zrcadlově otočen oproti zadanému a vytápěn na shodnou vnitřní návrhovou teplotu. Proto okrajové podmínky

pro tuto stěnu jsou na obou stranách shodné. Zeleně vyznačené obalové konstrukce jsou přilehlé k nevytápěnému prostoru, modře vyznačené stěny a střecha k venkovnímu vzduchu a modře vyznačená podlaha k zemině. Zbylé bíle vyznačené konstrukce ohraničující nevytápěné prostory nejsou součástí obálky budovy, avšak do programu Energie 2010 se zadávají, neboť jimi dochází k úniku tepla do okolí.



Obr. 7.1: Obálka zadaného bytového bloku – pohledy boční.

8 Postup zadávání obálky do formulářů v Energii 2010

Jelikož zadaný bytový blok je stavbou situovanou do svahu a jelikož norma ČSN EN ISO 13370 a tudíž ani program Energie 2010 neposkytuje vhodné výpočetní postupy pro takovéto případy, byl zvolený a níže popsáný postup zadávání nejprve konzultován s doc. Dr. Ing. Zbyňkem Svobodou, autorem programu SVOBODA SOFTWARE – STAVEBNÍ FYZIKA 2010 a profesorem na Fakultě stavební ČVUT v Praze, a následně zvolen nejlepším řešením.

Jednotlivé vyplněné formuláře jsou zobrazeny na **Obr. 8.1-1** až **Obr. 8.4-1** a dále na **Obr. 8.5-1** až **Obr. 8.6-2**.

8.1 Popis objektu a klimatických podmínek

Obecné údaje o stavbě
(název objektu, podrobnější identifikace budovy – adresa budovy, katastrální území, parcelní číslo, údaje o vlastníkovi, jméno zpracovatele, datum atd.)

Klimatické údaje o lokalitě (typ výpočtu – sezonní či měsíční, průměrná venkovní teplota a celková energie slunečního záření dopadající na jednotlivé plochy podle orientace svět. stran v jednotlivých měsících)

Obr. 8.1-1: Obecný popis zadaného objektu a klimatické podmínky.

Klimatické údaje o lokalitě byly určeny z katalogu teplot (**Obr. 5.2**) a sluneční energie (**Obr. 5.1**).

8.2 Popis jednotlivých zón

Popis jednotlivých zón v objektu: ZÓNA č. 1

Úpravy Formulář (zóna) Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

zahrnout tuto zónu do výpočtu energetické bilance budovy

Zdroje chladu | Příprava teplé vody | Solární systémy | Energonositele, primární energie a emise

Základní popis zóny | Vnitřní zisky a podlahová plocha | Větrání zóny a úprava vlhkosti | Chlazení zóny | Zdroje tepla

Základní popis zóny:

Název zóny: Cihlový bytový blok

Návrhová vnitřní teplota (během otopného období): 20,0 C

Zadání přerušovaného vytápění

Celkový obestavěný objem zóny stanovený z vnějších rozměrů: 3504,47 m³

Objem vzduchu v zóně tvoří z celkového objemu zóny: 80,0 %

Zpětně získané teplo z jiných zdrojů než VZT (odpadní voda, přídatná zařízení apod.): 0,0 MJ/rok

časová konstanta zóny je známa

vnitřní tepelná kapacita je vztažena na 1 m² celkové podlahové plochy zóny

Vnitřní tepelná kapacita zóny: 165,0 kJ/K/m²

vliv tepelných vazeb zahrnout přibližně

Vliv tepelných vazeb: 0,2 W/m²K

umožnit zadání lineárních činitelů prostupu tepla pro tepelné vazby mezi konstrukcemi

Formulář: +

1. zóna: Cihlový bytový

Formulář č. 1

Výběr 1 - 1

Akt. pomůcky:

Popis hlavních konstrukcí v dané zóně | Popis doplňkových konstrukcí v dané zóně

Okna | Stěny a střecha | Podlaha a suterén | Nevytápěné prostory

Obr. 8.2-1: Základní popis bytového bloku jako jedné zóny.

Daný bytový blok byl do programu zadáván jako jedna zóna, neboť chceme vyhodnotit tepelně technické vlastnosti celé obálky budovy.

Pro zpracování energetického štítku obálky budovy postačí vyplnit položky v záložce **Základní popis zóny** a položku celková podlahová plocha v záložce **Vnitřní zisky**, neboť hodnoty vyplněné v ostatních záložkách (např. průměrná měrná produkce tepla osobami v zóně, průměrná měrná produkce tepla spotřebičů v zóně, měrná roční spotřeba elektřiny na osvětlení, typ zdroje tepla atd.) nebudou ve výpočtu U_{em} zahrnuty. Neboť energetický štítek hodnotí budovu pouze z hlediska tepelně technických vlastností. Posuzuje tedy stavbu podle kvality obalových konstrukcí na prostup tepla. Proto lze ze štítku spolehlivě vyčíst, jaké energetické úspory lze očekávat například od investice do zateplení. Jelikož při jeho použití u posuzování vlivu zateplení budovy nedochází ke zkreslování výsledku vlivem jiných

veličin, než jsou tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí. Ostatní záložky by bylo nutné vyplnit při zpracovávání průkazu energetické náročnosti budovy.

8.3 Popis okenních konstrukcí

ZÓNA č. 1: Popis okenních konstrukcí

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Označení: Zařadit v tabulkách do kategorie: (max. 9 jmen)

Šířka: m Výška: m Započítaná plocha: m²

Součinitel prostupu tepla: W/m²K Číselník teplotní redukce:

U_{req}: W/m²K Lineární číselník prostupu pro ostění: W/mK

... pro nadpraží: W/mK

... pro parapet: W/mK

Orientace:

Celková propustnost střešního záření: Korekční číselník zasklení:

Korekční číselník clonění (v otopném období):

Korekční číselník stínění jinými budovami:

Korekční číselník stínění přečnívajícími vodorovnými částmi (markýzy apod.):

Korekční číselník stínění přečnívajícími svislými částmi (lodžiové stěny apod.):

Počet těchto oken v zóně:

Na každém formuláři lze vyplnit jeden typ okenní konstrukce. Pokud se v zóně nachází více typů oken, lze další okna zadat do dalších formulářů. Další formulář můžete přidat příkazem Další formulář v nabídce menu Rychlé posuny, stiskem klávesy F4 nebo kliknutím na tlačítko se symbolem šipky na panelu nástrojů vpravo.

Formuláře:

- 1. Jednoduché okno s d
- 2. Jednoduché okno s 1
- 3. Jednoduché okno s d
- 4. Jednoduché okno s 1
- 5. Jednoduché okno s d
- 6. Jednoduché okno s 1
- 7. Jednoduché okno s d
- 8. Jednoduché okno s 1
- 9. Jednoduché okno s 1
- 10. Jednoduché okno s
- 11. venkovní dveře

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

K dispozici je katalog konstrukcí.

Obr. 8.3-1: Popis všech výplní otvorů tvořících obálku budovy.

Na každé obalové konstrukci bytového bloku se nacházela v malé míře původní dřevěná okna, která ještě nebyla vyměněna za moderní plastová, konkrétně 9 z celkového počtu 41 oken nacházejících se v bytových jednotkách. Tři původní okna zůstala také v prostorách společných chodeb a 2 v prostorách sušárny. Veškeré typy oken, lišící se orientací, rozměry či moderností, i venkovní dveře byly zadávány do formuláře zvlášť.

8.4 Popis konstrukcí ve styku s venkovním vzduchem

ZÓNA č. 1 : Popis neprůsvitných konstrukcí ve styku s vnějším vzduchem

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Plošné stavební konstrukce | Liniové tepelné vazby | Bodové tepelné mosty

Základní parametry konstrukce

Č.	Označení konstrukce	Zařadit v tabulkách do kategorie: (max. 9 men)	Plocha konstrukce [m ²]	Odečíst okna	Tepelné parametry	Solární parametry
<input checked="" type="checkbox"/>	1 jihozápad - garáže	Obvodová stěna	254,60	Odečíst okna	1,805	0,30 1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	2 jihovýchod - bok	Obvodová stěna	156,49	Odečíst okna	1,805	0,30 1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	3 severovýchod - vch	Obvodová stěna	113,02	Odečíst okna	1,805	0,30 1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Střeška	241,88	Odečíst okna	2,330	0,24 1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	5 sušárna-bez vlivu z.	Obvodová stěna	8,14	Odečíst okna	1,805	0,30 1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	6 sušárna s vlivem z.	Obvodová stěna	7,39	Odečíst okna	0,968	0,45 0,74
<input type="checkbox"/>	7	Obvodová stěna	0,00	Odečíst okna	0,000	0,00 1,00
<input type="checkbox"/>	8	Obvodová stěna	0,00	Odečíst okna	0,000	0,00 1,00
<input type="checkbox"/>	9	Obvodová stěna	0,00	Odečíst okna	0,000	0,00 1,00
<input type="checkbox"/>	10	Obvodová stěna	0,00	Odečíst okna	0,000	0,00 1,00

Na každém formuláři lze vyplnit 10 neprůsvitných obalových konstrukcí. Pokud se v zóně nachází více neprůsvitných konstrukcí, lze další konstrukce zadat do dalších formulářů. Další formulář můžete přidat příkazem Další formulář v nabídce menu Rychlé posuny, stiskem klávesy F4 nebo kliknutím na tlačítko se symbolem šipky na panelu nástrojů vpravo.

Formuláře: 1 sada klí

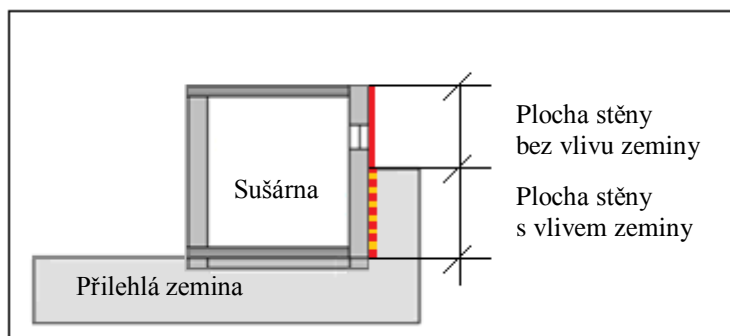
Formulář č. 1
Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Obr. 8.4-1: Popis obvodových stěn a střešky bytového bloku tvořící obálku budovy.

Jednotlivé vnější obvodové stěny přiléhající k bytovým jednotkám byly do programu Energie 2010 zadávány dle světové orientace a byla u nich vždy odečtena plocha výplní otvorů. Konkrétně se tedy jedná o plochu stěn od druhého nadzemního podlaží po střešku. Jen u severovýchodní stěny byla přičtena ještě plocha I. NP.

Obvodová stěna přiléhající k sušárně byla zadávána zvlášť a rozdělena na dvě části. Způsob rozdělení je zobrazen na **Obr. 8.4-2**. K rozdělení stěny došlo z důvodu různých okrajových podmínek působících z vnější strany. Neboť pro výpočet součinitele prostupu tepla části stěny přiléhající k zemině byl k jednotlivým tepelným odporům stavební konstrukce přičten ještě přidavný odpor zemin.



Obr. 8.4-2: Jednotlivé části obvodové stěny sušárny.

Tímto pomocným výpočtem byl dostatečně zohledněn vliv zeminy. Pokud bychom chtěli získat přesný výpočet, musel by se vytvořit 3D model budovy včetně zeminy a musely by se spočítat tepelné toky z interiéru přes suterénní stěny a zeminu do exteriéru, protože program Energie sám o sobě neumí s takovými případy pracovat. [8]

Část severovýchodní stěny oddělující prostory nevytápěného schodiště od vnějšího vzduchu nebyla od celkové plochy stěny odečtena. Schodiště je sice nevytápěno, a tudíž by se mohlo zadat do formuláře pro popis nevytápěných prostor a zimních zahrad, avšak jak znázorňuje **Obr. 6-6**, většina jeho ohraničujících konstrukcí je na styku s vytápěnými prostory, a proto lze tento prostor považovat za vytápěný. Prostory schodiště a společných chodeb byly zahrnuty do nevytápěných prostor pouze v případě I.NP podlaží.

8.5 Popis konstrukcí ve styku se zeminou

The screenshot shows a software window titled "ZÓNA č. 1: Popis konstrukcí ve styku se zeminou". The interface includes a menu bar with "Úpravy", "Formulář", "Pomůcky", "Rychlé posuny", and "Konec práce s daty". Below the menu is a "Společná nastavení" section with a name field set to "podlaha", a category dropdown set to "Podlaha", and a checkbox for "provést podrobný výpočet podle ČSN EN ISO 13370" which is checked. The "U.req" field is set to "0,45 W/m2K".

The "Obecné údaje" section contains several input fields: "Součinitel tepelné vodivosti zeminy" (2,00 W/mK), "Lineární číselník prostupu pro napojení stěny" (0,00 W/mK), "Plocha podlahy" (36,49 m2), "Číselník Gw (vliv spodní vody)" (1,00), and "Exponovaný obvod podlahy" (19,39 m).

The "Typ podlahové konstrukce" section has four radio buttons: "podlaha na zemině" (selected), "zvýšená podlaha", "vytápěný suterén", and "částečně či zcela nevytápěný suterén".

Below this are fields for "Tloušťka obvodové stěny" (0,21 m) and "Tepelný odpor podlahy" (0,23 m2K/W). The "Okrajová izolace podlahy" section has three radio buttons: "žádná není" (selected), "vodorovná", and "svislá". There is also a checkbox for "doplňková korekce na vliv přídavné izolace je známa" which is unchecked.

The bottom section contains three more input fields: "Tloušťka přídavné okrajové tepelné izolace (nebo základu z lehkého betonu)" (0,00 m), "Součinitel tepelné vodivosti přídavné okrajové tepelné izolace (nebo základu z lehkého betonu)" (0,00 W/mK), and "Šířka vodorovné okrajové tepelné izolace" (0,00 m).

On the right side, there is a "Formuláře:" section with a dropdown set to "1. typ podlahy" and a "Formulář č. 1" section with "Blok 1: 1". At the bottom right, there is a "Akt. pomůcky:" section.

Obr. 8.5-1: Popis podlahy na zemině tvořící obálku budovy.

Do tohoto formuláře byla zadána pouze podlaha v kontaktu se zeminou, která tvoří obálku budovy. Konkrétně podlaha sušárny.

8.6 Popis nevytápěných prostor a zimních zahrad

Obecné údaje o nevytápěném prostoru
(Objem vzduchu v nevytápěném prostoru, Násobnost výměny vzduchu mezi nevytápěným prostorem a exteriérem/interiérem). Na tomto obrázku není záložka zobrazena.

Konstrukce na styku s interiérem
(charakteristické údaje o konstrukcích na styku s interiérem)

Konstrukce na styku s exteriérem
(charakteristické údaje o konstrukcích na styku s exteriérem)

ZÓNA č. 1: Popis nevytápěných prostor a zimních zahrad

Společná nastavení: provést podrobný výpočet dle ČSN EN ISO 13789 U.req: 0,3 W/m²K

Obecné údaje | **Konstrukce na styku s interiérem** | Konstrukce na styku s exteriérem a zemínou

Neprůsvitné konstrukce | Průsvitné konstrukce | Liniové tepelné vazby | Bodové tepelné mosty

Údaje pro všechny typy nevytápěných prostor:

Č.	Označení	Plocha [m ²]	Součinitel prostupu [W/m ² K]	Souč. Úpe [W/m ² K]	Souč. AlfaS [-]	Orientace
<input checked="" type="checkbox"/> 1	stěna u sušár.	36,62	2,402	0,000	0,00	Východ
<input checked="" type="checkbox"/> 2	stěna u bytů	51,60	1,618	0,000	0,00	Východ
<input checked="" type="checkbox"/> 3	podlaha	84,30	1,997	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 4		0,00	0,000	0,000	0,00	Východ

Doplňující údaje pro zimní zahrady:

Souč. Úpe [W/m ² K]	Souč. AlfaS [-]	Orientace
0,000	0,00	Východ
0,000	0,00	Východ
0,000	0,00	Východ
0,000	0,00	Východ

ZÓNA č. 1: Popis nevytápěných prostor a zimních zahrad

Společná nastavení: provést podrobný výpočet dle ČSN EN ISO 13789 U.req: 0,3 W/m²K

Obecné údaje | Konstrukce na styku s interiérem | **Konstrukce na styku s exteriérem a zemínou**

Neprůsvitné konstrukce | Průsvitné konstrukce | Liniové tepelné vazby | Bodové tepelné mosty

Údaje pro všechny typy nevytápěných prostor:

Č.	Označení	Plocha [m ²]	Součinitel prostupu [W/m ² K]	Souč. AlfaS [-]	Orientace
<input checked="" type="checkbox"/> 1	stěna bez vlivu z.	17,12	1,805	0,00	Východ
<input checked="" type="checkbox"/> 2	stěna s vlivem z.	14,11	0,968	0,00	Východ
<input checked="" type="checkbox"/> 3	podlaha	84,30	0,494	0,00	Východ
<input checked="" type="checkbox"/> 4	stěna boční s vlivem z.	13,88	1,630	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 5		0,00	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 6		0,00	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 7		0,00	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 8		0,00	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 9		0,00	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 10		0,00	0,000	0,00	Východ

Doplňující údaje pro zimní zahrady:

Souč. AlfaS [-]	Orientace
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ

Obr. 8.6-1: Popis nevytápěných prostor I.NP.

Do následujícího formuláře byly zadány shodným způsobem avšak odděleně nevytápěné prostory situované v I.NP a prostory garáží. Kde **Obr. 8.6-1** představuje prostory I.NP a **Obr. 8.6-2** prostory garáží. Program Energie 2010 vyžaduje zadávání nevytápěného prostoru tím způsobem, že je třeba zadávat veškeré ohraničující konstrukce jak na styku s interiérem, tak na styku s exteriérem a zemínou. Kde na styku se zemínou lze zadávat opět pouze podlahy. U obvodových stěn se postupovalo přičtením přídatného odporu zeminy, jako tomu bylo v případě části obvodové stěny sušárny přiléhající k zemině.

V případě konstrukcí na styku s interiérem se jedná o konstrukce tvořící obálku bytového bloku (zeleně vyznačené konstrukce znázorňující **Obr. 7-1**). V případě konstrukcí na styku s exteriérem jsou to konstrukce, které již obálku netvoří (bíle vyznačené konstrukce znázorňující **Obr. 7-1**).

ZÓNA č. 1: Popis nevytápěných prostor a zimních zahrad

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Společná nastavení:
 provést podrobný výpočet dle ČSN EN ISO 13789 U.req: 0,3 W/m²K

Obecné údaje: Konstrukce na styku s interiérem | Konstrukce na styku s exteriérem a zeminou

Neprůsvitné konstrukce | Průsvitné konstrukce | Liniové tepelné vazby | Bodové tepelné mosty

Údaje pro všechny typy nevytápěných prostor:

Č.	Označení	Plocha [m ²]	Součinitel prostupu [W/m ² K]	Souč. Upe [W/m ² K]	Souč. AlfaS [-]	Orientace
<input checked="" type="checkbox"/> 1	podlaha	126,20	1,997	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 2		0,00	0,000	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 3		0,00	0,000	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 4		0,00	0,000	0,000	0,00	Východ

Doplňující údaje pro zimní zahrady:

Souč. Upe [W/m ² K]	Souč. AlfaS [-]	Orientace
0,000	0,00	Východ
0,000	0,00	Východ
0,000	0,00	Východ
0,000	0,00	Východ

ZÓNA č. 1: Popis nevytápěných prostor a zimních zahrad

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Společná nastavení:
 provést podrobný výpočet dle ČSN EN ISO 13789 U.req: 0,3 W/m²K

Obecné údaje: Konstrukce na styku s interiérem | **Konstrukce na styku s exteriérem a zeminou**

Neprůsvitné konstrukce | Průsvitné konstrukce | Liniové tepelné vazby | Bodové tepelné mosty

Údaje pro všechny typy nevytápěných prostor:

Č.	Označení	Plocha [m ²]	Součinitel prostupu [W/m ² K]	Souč. AlfaS [-]	Orientace
<input checked="" type="checkbox"/> 1	stěna	17,00	1,805	0,00	Východ
<input checked="" type="checkbox"/> 2	vrata	28,80	5,931	0,00	Východ
<input checked="" type="checkbox"/> 3	stěna zemina	51,60	0,830	0,00	Východ
<input checked="" type="checkbox"/> 4	stěna boční s vlivem z.	14,08	1,448	0,00	Východ
<input checked="" type="checkbox"/> 5	podlaha	126,20	0,650	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 6		0,00	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 7		0,00	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 8		0,00	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 9		0,00	0,000	0,00	Východ
<input type="checkbox"/> 10		0,00	0,000	0,00	Východ

Doplňující údaje pro zimní zahrady:

Souč. AlfaS [-]	Orientace
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ
0,00	Východ

Formulář č. 2
Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Obr. 8.6-2: Popis nevytápěných prostor garáží.

9 Protokol k energetickému štítku obálky zadaného bytového bloku (ve stávajícím stavu)

Identifikační údaje

Druh stavby	Cihlový bytový blok
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Plzeň, Pod Záhorskem 669/29, 301 00
Katastrální území a katastrální číslo	Plzeň - 721981, č. kat. 11749/14
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník	

Charakteristika budovy

Objem budovy V [m ³] – vytápěný objem budovy	3 504,5
Celková plocha A [m ²] – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničující objem budovy	1 275,5
Objemový faktor tvaru budovy A / V [m ² /m ³]	0,36
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{im} [°C]	20
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e [°C]	-15

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² ·K)]	Požadovaný (doporučený) součinitel prostupu tepla $U_{N,i}$ ($U_{rec,i}$) [W/(m ² ·K)]		Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{T,i}$ [W/K]
Obvodová stěna	539,6	1,79	0,30	(0,25)	1,00	966,0
Střecha	241,9	2,33	0,24	(0,16)	1,00	563,6
Podlaha	36,5	2,50	0,45	(0,30)	0,31	27,9
Otvorová výplň	158,8	1,75	1,50	(1,20)	1,15	319,1
Nevytápěný prostor-Garáže	126,2	2,00	0,60	(0,40)	0,76	191,8
Nevytápěný prostor-I.NP	172,5	1,91	0,60	(0,40)	0,34	111,8
Tepelné vazby						262,6
Celkem	1 275,5					2 435,3

Konstrukce nespĺňujú požadavky na součinitel prostupu tepla podle ČSN 730540-2.

Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	2 435,3
Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m²·K)]	1,91
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ [W/(m ² ·K)]	0,52
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$ [W/(m ² ·K)]	0,39

Požadavek na stavebně energetickou vlastnost budovy není splněn.

Klasifikační třída prostupu tepla obálky budovy

Klasifikace	G – mimořádně neekonomická
-------------	----------------------------

10 Termovize ve stavebnictví

Požadavek na energeticky efektivní konstrukce a nároky na příjemné domovní prostředí vedly k výraznému zvýšení významu funkčnosti tepelné izolace a vzduchotěsnosti budov. Nevyhovující izolace a utěsnění budov může mít výrazný dopad na energetické ztráty, znamená riziko nadměrných nákladů na vytápění a údržbu a rovněž vytváří podmínky pro nevhodné klimatické podmínky v budově, popřípadě vznik plísní. Pomocí termovizního měření lze odhalit nedostačující tepelnou izolaci budovy či u problémových oblastí, jako jsou např. okenní konstrukce, odhalit vady a poruchy s vazbou na únik tepla a vypracovat návrh na jejich odstranění. [6] [17]

Konkrétněji může termovizní měření sloužit např. ke kontrole tepelně technických vlastností obvodového pláště před koupí objektu či před kolaudací u novostaveb, pro kontrolu kvality provedených prací při rekonstrukcích či zateplování budov, ke zjištění nejvhodnějšího opatření pro snížení spotřeby tepla na vytápění atd. [16]

10.1 Princip termovizní kamery

Termovizní kamera je systém pro bezdotykové měření teplotních polí, který je založen na snímání úniku tepla sáláním. Princip spočívá ve snímání infračerveného záření, vyzařovaného z povrchu daného objektu, a následné transformaci teplotního pole na viditelný obraz. Tepelné záření je z objektu vyzařováno za podmínky, že teplota povrchu je větší než 0 K. Toto tepelné záření prostupuje optikou na detektor (snímač), kde je převáděno na elektrický signál, který je následně digitalizován a zpracován ve výsledný termogram. [6]

10.2 Princip snímacího zařízení – Bolometru

Snímač bezdotykového měření teploty, tzv. bolometr, převádí dopadající infračervené záření na elektrický signál. Princip spočívá ve změně elektrického odporu bolometru

v závislosti na změně teploty, která závisí na množství absorbovaného infračerveného záření. V termokamerách se bolometry vyskytují v podobě integrovaných obvodů obsahující uspořádání několika desítek, stovek či tisíců bolometrů do matice, obecně označované jako mikrobolometry. [18]

10.3 Zdroje narušení termografie

Možnost termovizního měření staveb není celoroční. Intenzita sálání z povrchu a tím i zřetelnost rozložení teplotních polí se zvyšuje s rozdílem teplot mezi vytápěným interiérem a exteriérem. Měření staveb se proto provádí v zimním období, optimálně za venkovních teplot pod bodem mrazu. Doporučen je teplotní rozdíl mezi vnitřním a venkovním prostředím minimálně 10 až 15 °C. [12] [17]

Měření se musí provádět na objektech, jejichž vnější povrch nebyl ovlivněn zisky ze slunečního záření v řádech hodin a není osluněn ani v průběhu samotného termovizního měření. Neboť do objektivu kamery přichází záření z povrchu snímaného objektu ale i záření okolí odražené snímaným povrchem. [12] [17]

Nepřesné měření může být zapříčiněno i nevhodným nastavením emisivity. Emisivita vyjadřuje poměr intenzity vyzařování reálného tělesa k intenzitě vyzařování absolutně černého tělesa se stejnou teplotou. Emisivita může nabývat hodnot 0-1. Maximální hodnota 1 je hodnotou absolutně černého tělesa. Tělesa s emisivitou menší než 1 se nazývají tělesa šedá. U většiny stavebních materiálů se emisivita pohybuje v rozmezí 0,90 a 0,95. Čím menší emisivita, tím méně infračerveného záření těleso při dané teplotě vyzařuje. Přesnou hodnotu emisivity snímaného povrchu určitého materiálu lze získat měřením či z tabulek. [12] [17]

Další narušení představuje déšť, mlha či sněžení. Neboť pokud se na povrchu konstrukce vyskytuje vlhkost, obvykle dochází k odpařování, které odebírá teplo a snižuje tak teplotu povrchu o několik stupňů. Relativní vlhkost vzduchu by obecně neměla být vysoká, poněvadž kapičky vody, ať už zkondenzované nebo napršené, jak na některých částech objektu, tak na ochranném sklu čočky zamezují prostupu infračerveného záření.

Některé znečišťující látky v ovzduší jako např. prach, saze, kouř mají vysoký stupeň emisivity a mohou samy vysílat infračervené záření, které je přijímáno termokamerou a tím zkreslovat termovizní měření. Kromě toho může být infračervené záření danými vzdušnými částicemi rozptylováno a absorbováno. [12] [17]

Je také doporučeno chvíli před měřením vypnout horké radiátory, které mohou zvyšovat povrchovou teplotu u dané zdi. Avšak pokojová teplota vzduchu nesmí poklesnout příliš, aby nedošlo k ovlivnění rozložení teplot na povrchu stavební konstrukce. Dále při měření musí být samozřejmě zavřena všechna okna. [12] [17]

Pokud není během termografického měření možné rušivé vlivy odstranit, je nutné vzít je v potaz při konečném hodnocení termogramu. [17]

10.4 Korekce termovizního měření

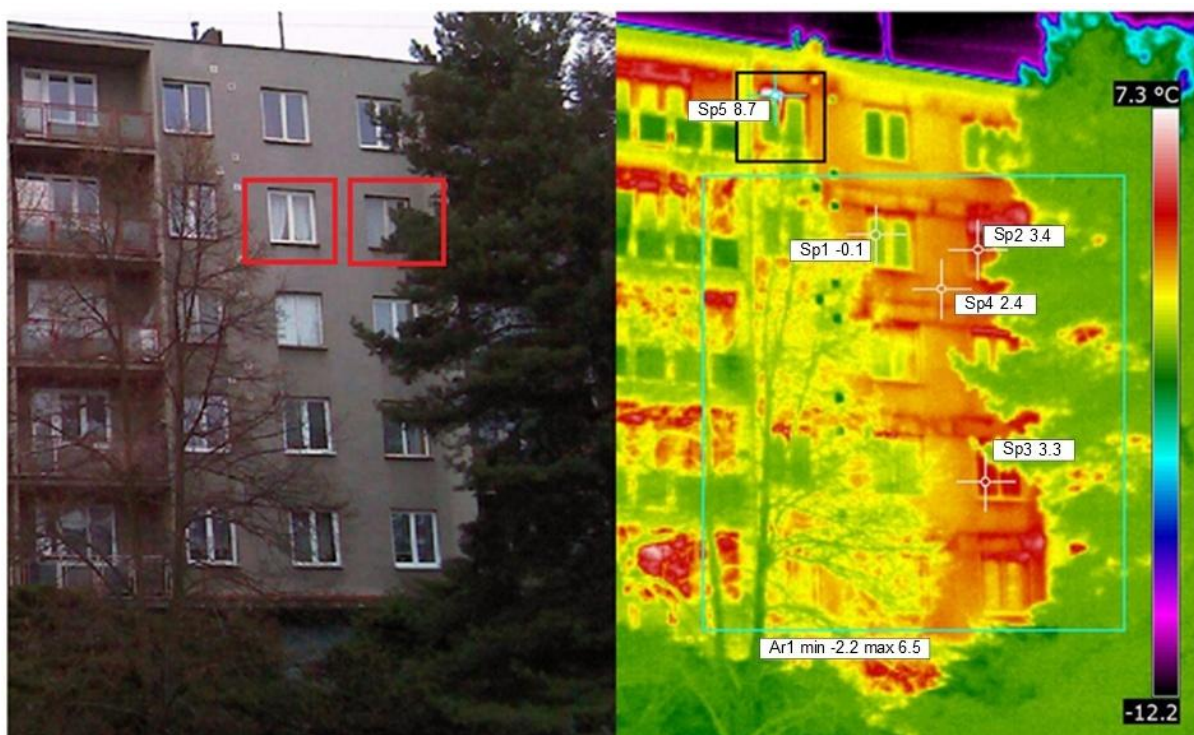
Pro přesné určení rozložení teplot na povrchu objektu je třeba nastavit tzv. korekční parametry. Konkrétně se jedná o odpovídající hodnotu atmosférické teploty, odražené teploty a relativní atmosférické vlhkosti. Dále hodnotu vzdálenosti mezi kamerou a objektem a hodnotu emisivity měřeného povrchu. [17]

11 Termovizní snímky zadaného bytového bloku

Termovizní měření zadaného bytového bloku bylo uskutečněno v odpoledních hodinách 18. února termokamerou FLIR T335 při zatažené obloze, při bezvětří a bez narušení deště či sněžení. Bohužel některé další rušivé vlivy (mimo atmosférických) se odstranit nepodařilo, mezi tyto vlivy patří např. pootevřená okna. Neboť bytový blok je rozsáhlejší stavbou a tudíž nebylo možné se domluvit s majiteli všech 13 bytových jednotek, samozřejmě i z důvodu, že možnost provést termovizní měření v konkrétním datu a čase je závislé na počasí. Při konečném hodnocení jednotlivých termosnímků (viz níže) byla veškerá rušení, která se nepodařila odstranit, řádně označena a okomentována, aby nešlo k prezentaci mylných informací.

Atmosférická teplota odpovídala v době měření -1°C , relativní atmosférická vlhkost se rovnala 50%, dále odražená teplota byla pro snímky nastavena na 0°C a emisivita na 0,95. Poslední parametr, který byl pro každý snímek nastavován, byla vzdálenost mezi termokamerou a měřeným objektem.

Níže jsou popsány některé vybrané termosnímky, zbylé byly umístěny do přílohy. Veškeré termosnímky byly zpracovávány v programu FLIR QuickReport 1.2 a pořízeny jako radiometrické. Což znamená, že umožňují vypočítat teplotu v libovolném místě termogramu, kde základem pro výpočet je intenzita snímaného infračerveného záření.



Obr. 12-1: Výsledný termogram společně s reálnou fotografií jihozápadní stěny bytového bloku.

Na **Obr. 12-1** je znázorněn výsledný termogram společně s reálnou fotografií jihozápadní stěny bytového bloku, fotografovaný přibližně 45 metrů od stavby. Bohužel z této strany je stavba částečně stíněna okolními porosty, které představují rušivé vlivy.

Ve znázorněném radiometrickém snímku dané stěny, byl černým rámečkem vyznačen rušivý vliv otevřeného okna v jedné z bytových jednotek. Na reálné fotografii byly dále vyznačeny červeným rámečkem moderní plastové okno (vlevo) a původní okna (vpravo),

u nichž na radiometrickém snímku byla pro srovnání bodově vyznačena rozdílná intenzita sálání, rovnající se teplotnímu rozdílu přibližně 3 °C.

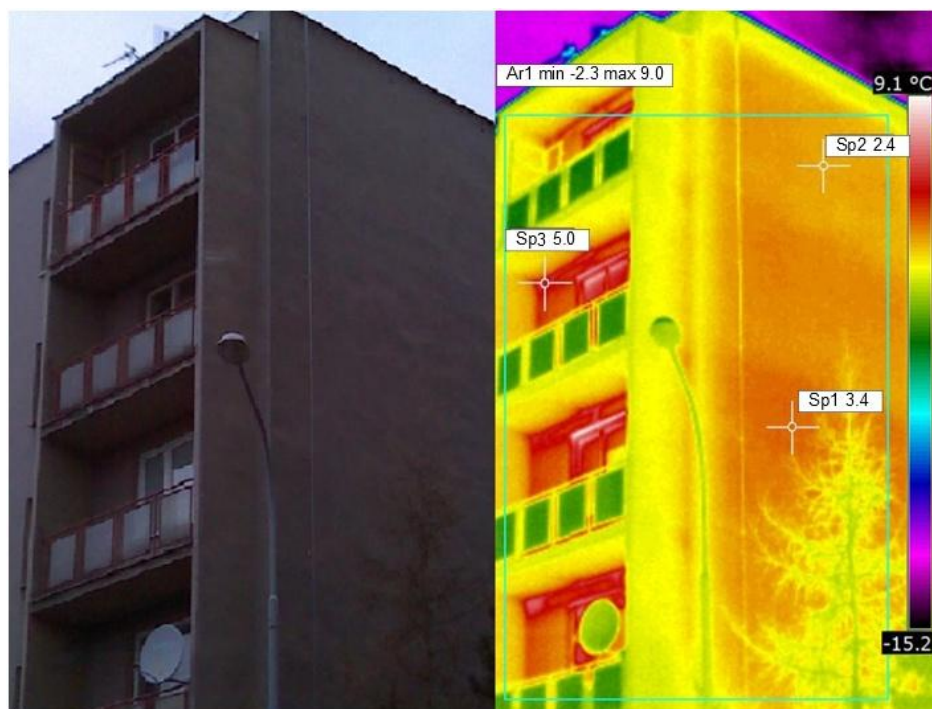
Na všech termogramech znázorňujících vnější obvodové stěny bytového bloku (**Obr. 12-1**, **Obr. 12-2**, **Obr. 12-3**) je viditelná nedostatečná tepelná izolace, která má za následek vysokou povrchovou teplotu, na každém snímku bodově vyznačenou a rovnající se přibližně 2°C. Ze snímků jsou také patrné velmi výrazné tepelné mosty nacházející se v místech okenních překladů a v místech stropních konstrukcí.



Obr. 12-2: Výsledný termogram společně s reálnou fotografií severovýchodní stěny bytového bloku.

Na **Obr. 12-2** je znázorněn výsledný termogram společně s reálnou fotografií severovýchodní stěny bytového bloku, fotografovaný přibližně 40 metrů od stavby. Černým rámečkem byl opět vyznačen rušivý vliv otevřeného okna v jedné z bytových jednotek. Na reálné fotografii byly, pro lepší orientaci v radiometrickém snímku, vyznačeny červeným rámečkem plastové a původní okno (vlevo) a dvě původní okna nacházející se v prostorách sušárny (vpravo).

Z radiometrického snímku je patrné, že okny situovanými ve vytápěné sušárně dochází k velkému úniku tepla a jsou tedy nevyhovující. Dále lze konstatovat, že i v případě, kdy vnitřní teplota bytové jednotky situované v II. NP je vyšší než v případě jednotky III. NP, dochází plastovým oknem k nižšímu tepelnému sálání, než u původního okna. Rozdíl teplot zde činí přibližně 1°C. Ze snímků jsou, mimo výrazných tepelných mostů nacházejících se v místech okenních překladů a v místech stropních konstrukcí, také velmi patrné mosty vytvořené na styku dvou bytových bloků, které mohou vést ke vzniku plísní.



Obr. 12-3: Výsledný termogram společně s reálnou fotografií jihovýchodní stěny bytového bloku.

Na **Obr. 12-3** je znázorněn výsledný termogram společně s reálnou fotografií boční jihovýchodní stěny bytového bloku. Snímek byl pořízen přibližně 10 metrů od stavby. Na tomto snímku jsou opět patrné tepelné mosty viditelné na detailním záběru balkónů a nedostatečná tepelná izolace vnějších stěn.

12 Zateplení ve stavebnictví

12.1 Rozdíl mezi nejvíce používanými tepelně izolačními materiály

Izolačních materiálů je na trhu nepřeberné množství. Mezi nejběžnější tepelně izolační materiály patří kamenná minerální vlna a polystyrén. Pro vytvoření tepelného odporu 1cm minerální vlny či polystyrénu, by bylo zapotřebí rozšířit obvodové konstrukce o 35 cm železobetonu či 20 cm plných cihel. Aniž bychom znali ušetřené množství ztrát po zateplení, je i z těchto hodnot patrné, že zateplení představuje pro budovy velkou úsporu energie. [19]

Minerální vlna je tvořena množstvím jemných vláken a malých dutinek, ve kterých je uzavřen vzduch, který představuje vynikající tepelný izolant. Minerální vlna má vysokou paropropustnost a tudíž umožňuje fasádě lépe dýchat, je tedy vhodnější na vlhčí stěny. Při zvýšené vlhkosti však o něco klesá její izolační schopnost. [19]

Parapropustnost konkrétního materiálu můžeme vyjádřit faktorem difusního odporu μ [-] či difusním odporem R_d [m], čím jsou hodnoty těchto veličin nižší, tím je materiál parapropustnější. V **Tab. 12.1-1** jsou pro srovnání uvedeny konkrétní hodnoty pro minerální vlnu i polystyren ve srovnání s plnou cihlou. [19]

Tab. 12.1-1: Faktor difusního odporu a difusní odpor jednotlivých materiálů. [19]

Materiál (tloušťka $d = 10$ cm)	μ [-]	R_d [m]
Minerální vlna	1-3	0,1 – 0,3
Zdivo z plných cihel	8,5 -9	0,85 – 0,9
Polystyren	40 -70	4-7

Další výhodou minerální vlny spočívá ve velmi dobrém tlumení akustického hluku, vlna tudíž přispívá ke zvyšování nejen tepelné ale i akustické pohody. Minerální vlna je zařazena do nejvyšší třídy reakce na oheň - A1 podle normy ČSN EN 13501-1, je tedy nehořlavá a tudíž významně zvyšuje i bezpečnost. Norma uvádí sedm tříd reakce na oheň, do kterých rozděluje materiály z hlediska toho, zda a jakým způsobem přispívají k šíření požáru. [19]

Součinitel tepelné vodivosti λ udává izolační schopnost materiálu. U minerální vlny se pohybuje v rozmezí 0,035 – 0,041 [W/(m·K)]. Čím je jeho hodnota nižší, tím lépe materiál izoluje. Minerální vlna je nejvíce využívána na zateplení šikmých střech. Nevhodná je však při zateplování soklů a spodní stavby. Používá se na zateplení svislých i vodorovných konstrukcí. [19]

Polystyren EPS se skládá přibližně ze 2% polystyrenu a 98% vzduchu, což znamená, že i zde je izolantem vzduch bez pohybu. Polystyren má menší parapropustnost než minerální vlna, proto jím vlhkost prochází sice v menší míře, ale pro konstrukce bez zvýšené vlhkosti naprosto dostatečně. Při dlouhodobém styku s vodou je polystyren EPS nasákavý, pro odstranění této vlastnosti byl vytvořen tzv. extrudovaný polystyren, jehož vlastnosti jsou popsány níže. [20]

Součinitel tepelné vodivosti λ se pohybuje v rozmezí 0,035 – 0,040 [W/(m·K)]. Použití polystyrenu není omezeno, používá se na zateplení všech svislých i vodorovných konstrukcí. Hlavní výhodou polystyrenu EPS oproti minerální vlně spočívají v nižší pořizovací ceně a zároveň o něco lepších tepelně izolačních vlastnostech. [20]

Hlavní nevýhodou polystyrénu EPS je jeho hořlavost. Desky z pěnového případně extrudovaného polystyrénu jsou upravovány retardéry hoření, které znemožňují klasické hoření. Avšak i přesto patří polystyrén do předposlední třídy reakce na oheň - E dle normy ČSN EN 13501-1. Použití polystyrénu na stavbách omezuje norma ČSN 73 0834. Dle této normy se smí neomezeně využívat do požární výšky 12 m. Nad touto výškou musejí být v maximální vzdálenosti 0,15 m od nadpraží oken provedeny pásy výšky 0,5 m z izolantu s třídou reakce na oheň A1 či A2, tedy např. z minerální vlny. Tyto pásy musí být nad všemi okny obvodové stěny až do výšky 22,5 m. Nad výškou 22,5 m je nutno použít pouze izolant s třídou reakce na oheň A1 nebo A2. [20]

Polystyrén EPS navíc při požáru odkapává, z tohoto důvodu se doporučuje jeho zakrytí nehořlavým materiálem, např. omítkou na pletivu, které při požáru odpadnou nejdříve po 15 minutách. Další nevýhodou polystyrenu je nízká zvuková izolace. [20]

Extrudovaný polystyren XPS má zcela uzavřenou strukturu a je nenasákavý. Využívá se při izolacích spodních staveb, soklů, základů a základových desek, kde se setkává se zeminou a vodou, proti které je zcela odolný. Má také vyšší mechanickou odolnost a izolační schopnost nežli polystyren EPS. Součinitel tepelné vodivosti λ se pohybuje v rozmezí 0,029–0,038 [W/(m·K)]. Nevýhodou je jeho vysoká pořizovací cena. [20]

Šedý polystyren je dražší nežli klasický polystyren EPS, má však lepší tepelně izolační vlastnosti. Součinitel tepelné vodivosti λ se pohybuje v rozmezí 0,030 – 0,032 [W/(m·K)]. Hlavní výhoda tedy spočívá v tom, že při menší tloušťce izolantu dosáhneme stejných tepelně izolačních vlastností jako u polystyrenu EPS. Zvláštní barva šedého polystyrenu je způsobena přidávkem grafitových částic, které právě způsobily snížení sálavého transportu tepla. Ostatní vlastnosti jsou shodné s polystyrénem EPS. [20]

Izolačními vlastnostmi materiálu lze určit buďto pomocí již zmíněného součinitele tepelné vodivosti λ nebo pomocí tepelného odporu R [(m²·K)/W], který závisí na tloušťce materiálu. Čím vyšší je hodnota R , tím lepšími izolačními vlastnostmi daný materiál při shodné tloušťce disponuje. [20]

V **Tab. 12.1-2** jsou pro srovnání uvedeny konkrétní hodnoty tepelných odporů pro polystyrén i minerální vlnu. Hodnocené desky daných materiálů jsou v obou případech používány pro kontaktní zateplení fasády. V případě minerální vlny vyráběny firmou ROCKWOOL a případě polystyrénu firmou STYROTRADE.

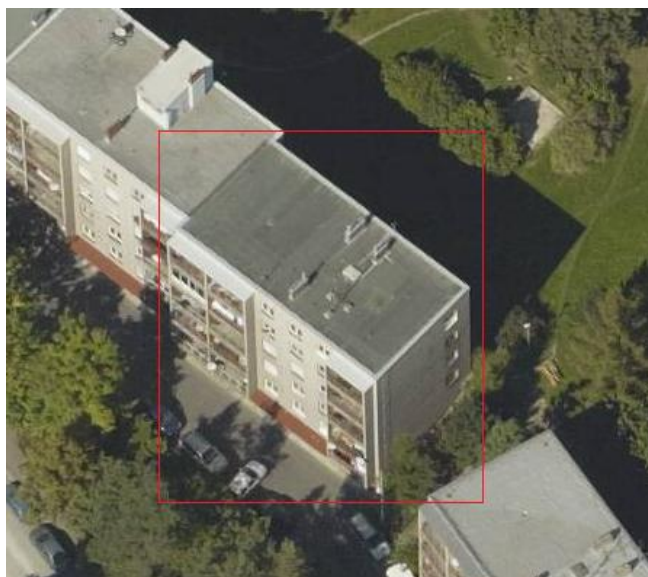
Tab. 12.1-2: Tepelné odpory vybraných tepelně izolačních materiálů.

Materiál	Polystyren EPS 100 F	Minerální vlna ROCKTON
d [cm]	R [(m ² ·K)/W]	R [(m ² ·K)/W]
4	1,08	1,10
5	1,35	1,40
6	1,62	1,70
8	2,16	2,25
10	2,70	2,85

12.2 Navrhnutá opatření pro zadaný bytový blok

Opatření se vztahují na zateplení nevyhovujících konstrukcí tvořících obálku budovy, která byla navržena tak, aby konstrukce odpovídaly doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla normy ČSN 730540-2. Tam, kde k dosažení toho cíle bránily technické překážky, bylo zajištěno, aby konstrukce odpovídaly referenční budově, tedy požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla podle téže normy.

Vzhledem k umístění bloku, který se rozprostírá na samotném okraji severního předměstí města Plzně (viz **Obr. 12.2-1**), nebylo potřeba zamýšlet se nad zvukovým odizolováním stavby. Výška bloku nepřesahuje požární výšku 12 m a zároveň se u bloku nevyskytuje ani zvýšená vlhkost obvodového pláště, proto návrhy zateplení spočívají v použití polystyrénu. Jak již bylo zmíněno, polystyrén je navíc přijatelnější po ekonomické stránce a zároveň umožňuje široký výběr nejvhodnějšího typu pro konkrétní konstrukci i technické okolnosti.



Obr. 12.2-1: Letecký snímek bytového bloku.

U všech obalových konstrukcí bylo navrženo kontaktní zateplení dodávané českým výrobcem STYROTRADE. Pro vnější obvodové stěny bytových jednotek byl navrhnout pěnový polystyrén EPS 100F s tloušťkou 17 cm, charakterizovaný součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Tímto bylo zajištěno splnění požadavku na doporučený součinitel prostupu tepla U_{rec} , což je pro zařazení do klasifikační třídy vyhovující normě ČSN 730540-2 velice důležité, neboť vnější obvodové stěny zaujímají značnou plochu obálky, a tudíž jejich tepelné parametry mají podstatný vliv na průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} .

Neméně důležité je zateplení střechy bytového bloku. Navrhuta byla izolace sestávající z polystyrénu EPS 150S s tloušťkou 28 cm. V tomto případě se jedná o stabilizovaný polystyren odolnější proti teplotním výkyvům a tlakovému namáhání, charakterizovaný součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. I tímto návrhem bylo dosaženo doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U_{rec} .

Jelikož zateplení podlahy obytných prostor, které nebylo zohledněno při projektování stavby, s sebou nese technickou překážku z hlediska vyvýšení a tedy problémy s osazením stávajících dveří a návaznost na společné chodby, bylo navrženo zateplení stropních konstrukcí nevytápěných prostor. Avšak i zde je tloušťka polystyrénu limitujícím faktorem z hlediska dosažení požadované tepelné izolace. Z těchto důvodů bylo navrženo zateplení

šedým polystyrenem *Styrotherm Plus 100*, který se používá převážně pro zateplení konstrukcí s vyššími požadavky na tepelnou izolaci, charakterizovaný součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,0302 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Právě proto, že při menší tloušťce tohoto polystyrenu dosáhneme stejných tepelně izolačních vlastností, jako u polystyrenu EPS, byl v tomto případě zvolen nejvhodnějším řešením a navrhnut i pro zateplení podlahy vytápěné sušárny. Konkrétní navržená tloušťka, která se svou hodnotou shoduje pro stropní konstrukce nevytápěných prostor i podlahu sušárny, činí 6 cm. V obou případech bylo dosaženo požadovaných hodnot součinitele prostupu tepla U_N .

Pro vnější obvodové stěny všech nevytápěných prostor i vnější obvodovou stěnu vytápěné sušárny, byl navržen nenasákavý extrudovaný polystyrén *Perimetr SD* s tloušťkou 8 cm, charakterizovaný součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,034 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Tímto návrhem bylo dosaženo doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U_{rec} . Pro zbylé stěny tvořící obálku budovy, konkrétně vnitřní stěny oddělující vytápěný prostor od nevytápěného a stěny přilehlé k zemině, nebylo zateplení navrhováno.

Poslední navržené opatření se vztahuje na výměnu všech původních oken, která se ještě vyskytují na obálce budovy, konkrétně okna ve sklepních prostorech, v prostorech společných chodeb a některých obytných jednotkách.

13 Protokol k energetickému štítku obálky zadaného bytového bloku (po navrhnutém opatření)

Identifikační údaje

Druh stavby	Cihlový bytový blok
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Plzeň, Pod Záhorskem 669/29, 301 00
Katastrální území a katastrální číslo	Plzeň - 721981, č. kat. 11749/14
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník	

Charakteristika budovy

Objem budovy V [m ³] – vytápěný objem budovy	3 504,5
Celková plocha A [m ²] – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničující objem budovy	1 275,5
Objemový faktor tvaru budovy A / V [m ² /m ³]	0,36
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{im} [°C]	20
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e [°C]	-15

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² ·K)]	Požadovaný (doporučený) součinitel prostupu tepla $U_{N,i}$ ($U_{rec,i}$) [W/(m ² ·K)]		Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla $H_{T,i}$ [W/K]
Obvodová stěna	539,6	0,25	0,30	(0,25)	1,00	134,7
Střecha	241,9	0,16	0,24	(0,16)	1,00	38
Podlaha	36,5	0,36	0,45	(0,30)	0,74	9,6
Otvorová výplň	158,8	1,48	1,50	(1,20)	1,15	270,8
Nevytápěný prostor-Garáže	126,2	0,44	0,60	(0,40)	0,93	51,5
Nevytápěný prostor-I.NP	172,5	0,88	0,60	(0,40)	0,42	63,8
Tepelné vazby						25,5
Celkem	1 275,5					594,5

Až na nevytápěné prostory I. NP, konstrukce splňují požadavky na součinitel prostupu tepla podle ČSN 730540-2.

Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]	594,5
Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/(m²·K)]	0,47
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ [W/(m ² ·K)]	0,52
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$ [W/(m ² ·K)]	0,39

Požadavek na stavebně energetickou vlastnost budovy není splněn.

Klasifikační třída prostupu tepla obálky budovy

Klasifikace	C – vyhovující
-------------	----------------

14 Graficky znázorněný štítek obálky bloku

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy, místní označení Bytový cihlový blok				Hodnocení obálky budovy		
Adresa budovy Pod Záhorskem 669/29, Plzeň, 301 00,						
Celková podlahová plocha $A_c = 1\,002,6 \text{ m}^2$				stávající	doporučení	
C/	Velmi úsporná					
0,5						
0,75						
1,0						
1,5						
2,0						
2,5						
	Mimořádně ne hospodárná					
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{em} = H_T/A$				1,91	0,48	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$				0,52	0,52	
Klasifikační ukazatele $C/$ a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
$C/$	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}	0,26	0,39	0,52	0,78	1,04	1,30
Platnost štítku do			Datum			
			Jméno a příjmení			

Závěr pro praxi

Po zpracování energetického štítku bytového bloku ve stávajícím stavu, byl zjištěn zcela nevyhovující výsledek pro celkovou tepelně izolační schopnost obálky budovy ve srovnání s platnými normovými požadavky ČSN 730540-2/2011. Ve stávajícím stavu stavba spadá do kategorie G – mimořádně nevhodná. Normou požadovaným hodnotám na součinitel prostupu tepla vyhovují pouze plastová okna a venkovní dveře, která již byla v roce 2009 modernizovaná. Nevyhovující obalová konstrukce je taktéž patrná z termovizních snímků, které jsem se v průběhu práce rozhodla nafotografovat. A jejichž popisu jsem věnovala samostatnou kapitolu.

Jelikož Environmentální informační centrum nemělo k dispozici aktuální verzi výpočtového programu, Energii 2011, pracující s nejnovější platnou normou ČSN 730540-2/2011, musela jsem provést korekci pro konečný výpočet týkající se zařazení bytového bloku do klasifikační třídy. Po této korekci byla patrná silící snaha o zvyšování energetické účinnosti neboli snižování energetické náročnosti budov a zvyšování nároků na obalové konstrukce staveb, která by měla dopomoci k efektivnějším a energeticky úspornějším výstavbám či rekonstrukcím s ohledem na vnější klimatické a místní podmínky. Podle normy ČSN 730540-2/2002 byl totiž bytový blok zařazen do klasifikační třídy F- velmi nevhodná a podle naposledy novelizované normy, tedy ČSN 730540-2/2011, do již zmíněné klasifikační třídy G- mimořádně nevhodná, což znamená o stupeň horší.

Práce obsahuje také mnou navrhnutá opatření, která se vztahují na zateplení nevyhovujících obalových konstrukcí polystyrénem, a uvádím, proč jsem se rozhodla právě pro tento materiál. Daný typ polystyrénu jsem vybírala s ohledem na užití pro danou konstrukci, technické okolnosti a ekonomickou stránku věci. Opatření se konkrétně vztahují na zateplení všech konstrukcí, které výrazně přispívají ke zhoršení průměrného součinitele prostupu tepla, tzn. u kterých poměr cena na zateplení a výkon v podobě ušetřených ztrát náležitě odpovídá. Doporučena byla i výměna původních výplní otvorů. Veškerá opatření byla navržena takovým způsobem, aby konstrukce odpovídaly doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla normy ČSN 730540-2/2011. Jen v případě, kdy k dosažení toho cíle bránily technické překážky, bylo zajištěno, aby konstrukce odpovídaly referenční budově, tedy požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla podle téže normy.

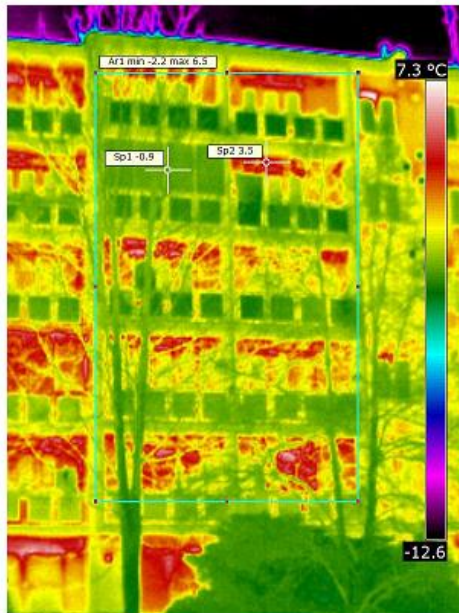
Po realizaci navrhovaných opatření by stavba spadala do klasifikační třídy C – vyhovující, což znamená zvýšení kvality obalových konstrukcí z hlediska tepelně izolačních vlastností o čtyři stupně. Po srovnání obou podrobných protokolů, pro stávající stav i navržené opatření, která mimo protokolů k energetickému štítku poskytuje program Energie 2010, bych ještě ráda uvedla, že ztráty prostupem tepla přes systémovou hranici budovy klesly z 2 434,2 W/K na 614,3 W/K, což je po zaokrouhlení o 75%, a celková měrná roční spotřeba tepla na vytápění pro stávající stav představuje 939,824 GJ, kdežto po navržených opatření 268,802 GJ.

Při posuzování hodnoceného bloku jsem postupovala dle obdržené dokumentace a snažila se ve všech směrech dodržet danou metodiku a technické normy.

Seznam literatury a informačních zdrojů

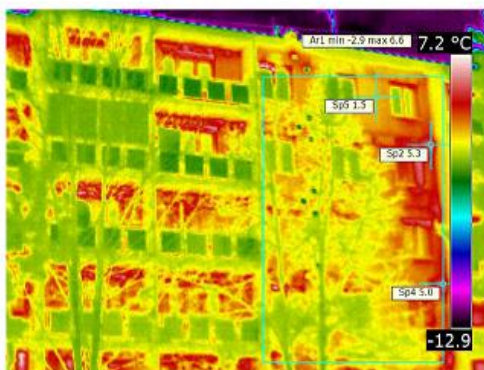
- [1] ČSN 730540-1. *Tepelná ochrana budov- Část 1: Terminologie*. Český normalizační institut. Červen 2005.
- [2] ČSN 730540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Říjen 2011.
- [3] Tzbinfo. *Novela evropské směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov* [online]. 2010 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/106263-novela-evropske-smernice-2002-91-es-o-energeticke-narocnosti-budov>
- [4] ČSN 730540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Český normalizační institut. Listopad 2005.
- [5] ENERGOPLAN. *Co je energetický štítek budovy* [online]. 2010 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.energoplan.cz/stranky/co-je-dobre-vedet/co-je-to-energeticky-stitek-budovy.htm>
- [6] Tzbinfo. *Infračervená termografie ve stavebnictví* [online]. 2009 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/5891-infracervena-termografie-ve-stavebnictvi>
- [7] Zelená úsporám. *Slovníček pojmů* [online]. 2009 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.zelenausporam.cz/sekce/560/2/slovnicek-pojmu/technicke-terminy/>
- [8] SVOBODA, Zbyněk. *Součinitel prostupu tepla*. FSv ČVUT. Praha. 2011. 20 s. Dostupné z: http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=2393
- [9] ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*. Český normalizační institut. Prosinec 2008.
- [10] ČSN EN ISO 13370. *Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody*. Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Únor 2009.
- [11] ČSN EN ISO 10077-1. *Tepelné chování oken, dveří a okenic - Výpočet součinitele prostupu tepla - Část 1: Všeobecně*. Český normalizační institut. Květen 2007.
- [12] Testo. *Příručka termografie* [online]. 2012 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.termokamera.com/testo/5-Zaklady-termografie/42-Prirucka-termografie>
- [13] HUDCOVÁ, Lenka. *Energetická náročnost budov*. Praha, 2009. 45 s. Dostupné z: http://ekowatt.cz/library/dokumenty/Energeticka_narocnost_budov.pdf
- [14] INKAPO. *Energetický štítek obálky budovy* [online]. 2012 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.inkapo.cz/sluzby/energeticky-stitek-obalky-budovy>
- [15] Benvelop. *Obalové konstrukce budovy - Obálka budovy* [online]. 2010 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.benvelop.com/obalka-budovy.php>
- [16] PROJECT STUDIO. *Termografické měření* [online]. [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.projekty-posudky-dozory.cz/termovizni-mereni#odstavec2>
- [17] FLIR. *ThermaCAM QuickReport. Uživatelská příručka*. 2007. 88 s. Dostupné z: [http://support.flir.com/DocDownload/Assets/44/Czech/1558625\\$a232.pdf](http://support.flir.com/DocDownload/Assets/44/Czech/1558625$a232.pdf)
- [18] EnviWeb. *Termovizní sledování objektů* [online]. 2012 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/printclanek/puda/89287/>
- [19] Pavlík, Zbyšek. *Materiály pro tepelné izolace I*. FSv ČVUT. Praha. 2010. 68 s. Dostupné z: http://tpm.fsv.cvut.cz/student/documents/files/IZMA/prednaskaVIII_IZMA%281%29.pdf
- [20] Pavlík, Zbyšek. *Materiály pro tepelné izolace II*. FSv ČVUT. Praha. 2010. 92 s. Dostupné z: http://tpm.fsv.cvut.cz/student/documents/files/IZMA/prednaskaX_IZMA.pdf

Příloha



Vzdálenost objektu 45,0 m

Jihozápadní stěna - detail levých balkonů, stěna stíněna okolními porosty- rušivý vliv.



Vzdálenost objektu 45,0 m

Jihozápadní stěna - v pravé části snímku, konkrétně v místě styku vyčnívajících balkonů, velmi viditelné tepelné mosty. Levé nejvrchnější okno pootevřené, rušivý vliv.

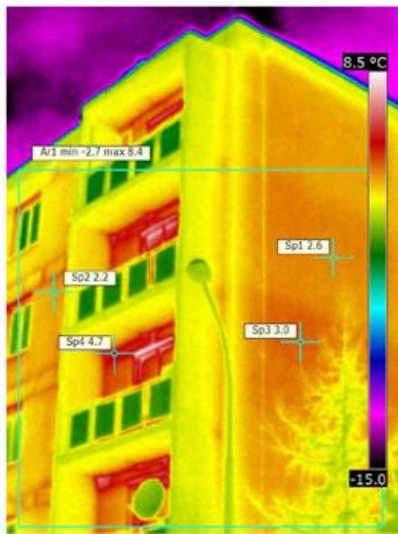
Typ kamery FLIR T335

Datum snímku 18.2.2013 17:47:49

Atmosférická teplota -1,0 °C

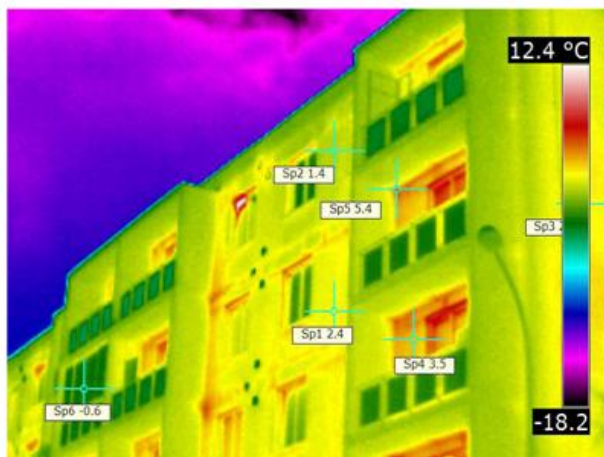
Emisivita 0,95

Odražená teplota 0,0 °C



Vzdálenost objektu 10,0 m

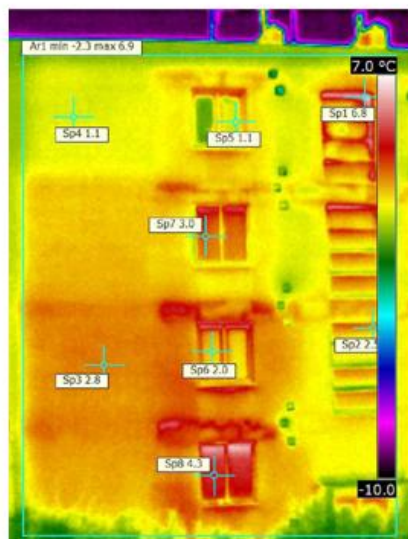
Detail boční stěny - jihovýchodní.



Vzdálenost objektu 15,0 m

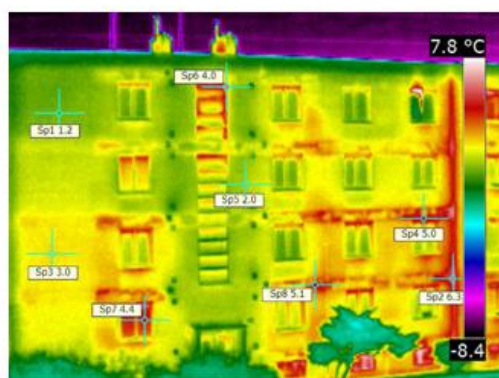
Jihozápadní stěna - detail pravých balkónů. Levé nejvrchnější okno pootvřené, rušivý vliv.

Typ kamery	FLIR T335
Datum snímku	18.2.2013 17:47:49
Atmosférická teplota	-1,0 °C
Emisivita	0,95
Odražená teplota	0,0 °C



Vzdálenost objektu 15,0 m

Detail levé části severovýchodní stěny.



Vzdálenost objektu 40,0 m

Severovýchodní stěna - pravé nejvrchnější okno pootevřené, rušivý vliv.

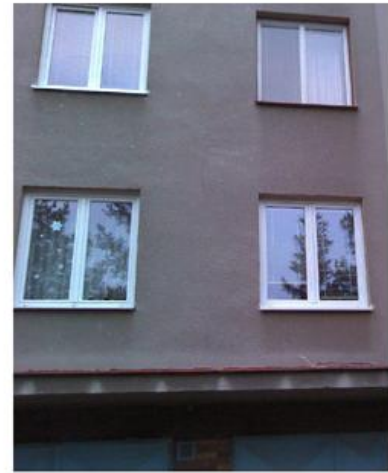
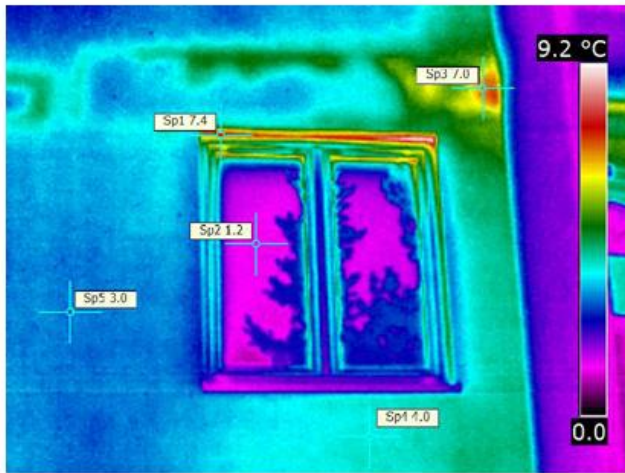
Typ kamery FLIR T335

Datum snímku 18.2.2013 17:47:49

Atmosférická teplota -1,0 °C

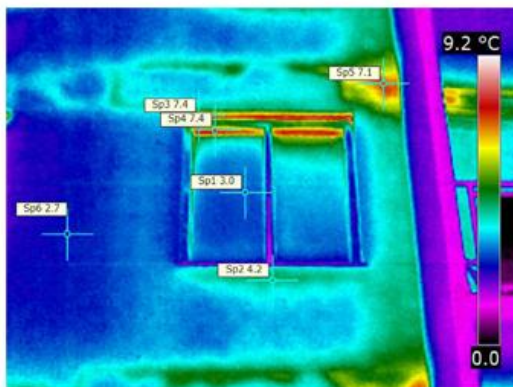
Emisivita 0,95

Odražená teplota 0,0 °C



Vzdálenost objektu 5,0 m

Jihozápadní stěna - detail plastového okna.



Vzdálenost objektu 5,0 m

Jihozápadní stěna - detail plastového okna.

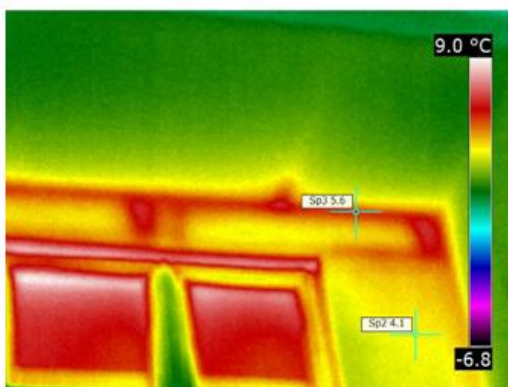
Typ kamery FLIR T335

Datum snímku 18.2.2013 17:47:49

Atmosférická teplota -1,0 °C

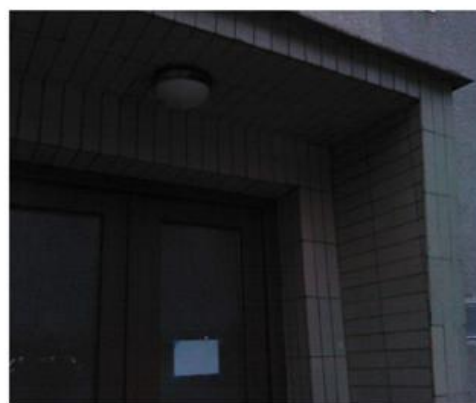
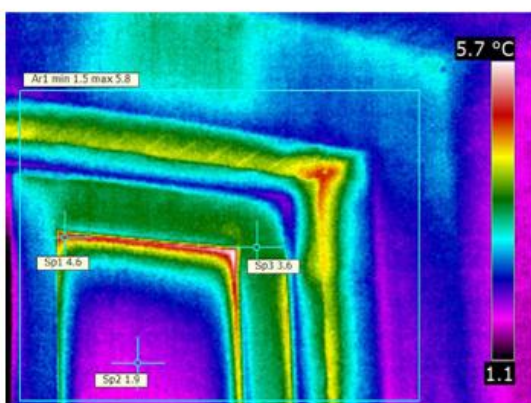
Emisivita 0,95

Odražená teplota 0,0 °C



Vzdálenost objektu 10,0 m

Jihozápadní stěna - detail plastového balkónu.



Vzdálenost objektu 1,0 m

Severovýchodní stěna - detail venkovních dveří.

Typ kamery FLIR T335

Datum snímku 18.2.2013 17:47:49

Atmosférická teplota -1,0 °C

Emisivita 0,95

Odražená teplota 0,0 °C