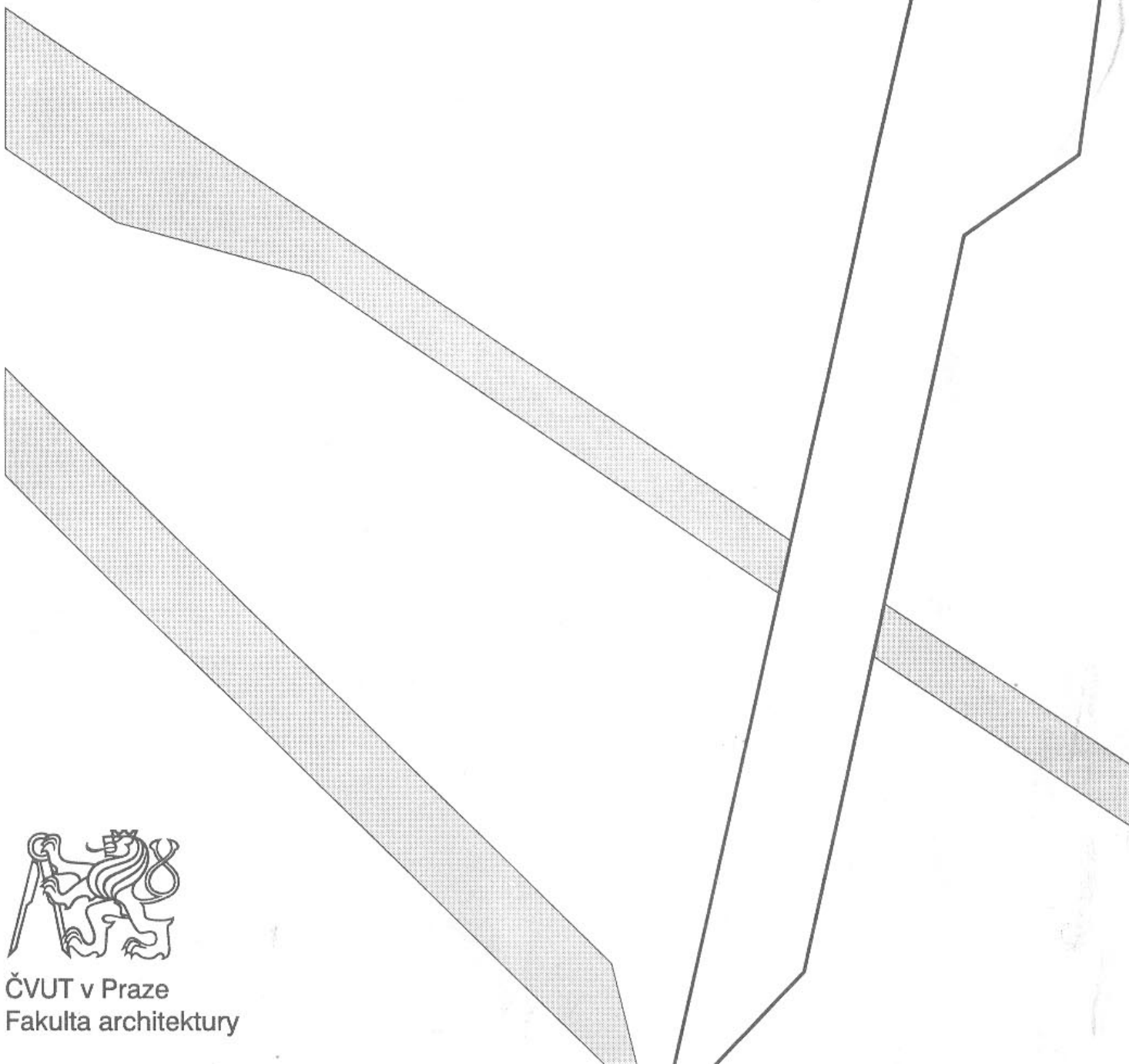


STAVEBNÍ FYZIKA II

Stavební tepelná technika

Ing. František Kulhánek, CSc.



OBSAH

Úvod	4
1. Stanovení základních veličin.....	5
2. Součinitel prostupu tepla.....	13
3. Difúze a kondenzace vodní páry	27
4. Nejnižší vnitřní povrchová teplota	47
5. Pokles dotykové teploty podlahové konstrukce	61
6. Tepelná stabilita místnosti v letním období	71
7. Tepelná stabilita místnosti v zimním období	83
8. Stavebně energetické vlastnosti budov	91
Přílohy	105
Literatura	143

ÚVOD

Toto přepracované skriptum slouží jako základní studijní pomůcka pro přednášky a cvičení předmětu *Stavební fyzika II – Stavební tepelná technika*. V teoretické části je zaměřeno především na základní fyzikální děje, jejichž znalost je nezbytná pro pochopení procesů, probíhajících ve stavebních konstrukcích a následně pro správný koncepční architektonický návrh budovy jako celku i na návrh jednotlivých konstrukčních prvků budovy. Praktická část seznamuje posluchače s numerickými nástroji pro hodnocení stavebních konstrukcí a budov. Text je doplněn o ukázky použití výpočetní techniky s využitím programového vybavení, které je posluchačům Fakulty architektury ČVUT běžně přístupné v počítačové učebně GAPPA.

Skriptum bylo dokončováno v období končící revize základní tepelně technické normy *ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov*, platné již od roku 1994. Revize jedné části této normy, kterou je *Část 2: Požadavky*, byla dokončena a revidovaná norma byla publikována již v listopadu 2002. V březnu 2005 pak byla zveřejněna *Změna Z1* této revidované části normy. V červnu 2005 byly pak publikovány další části revidované *ČSN 73 0540*, a to *Část 1: Terminologie* a *Část 4: Výpočtové metody*. Očekává se, že v nejbližší době bude zveřejněna i poslední revidovaná partie normy, kterou je *Část 3: Návrhové hodnoty*.

Revidovanou *Část 2* normy lze charakterizovat především větší provázaností se soustavou souvisejících evropských a mezinárodních norem. Nově je formulován požadavek na nejnížší vnitřní povrchovou teplotu konstrukcí, kriteriem úrovně tepelně izolační kvality jednotlivých konstrukcí se pro všechny typy konstrukcí stal součinitel prostupu tepla. Bylo zavedeno nové kritérium pro hodnocení energetické náročnosti budov.

Následná *Změna Z1* revidované části normy nově udává požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro některé specifické typy konstrukcí včetně vlivu tepelných vazeb a upřesňuje i způsob hodnocení konstrukcí z hlediska kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce. Zcela nově je pojato hodnocení stavebně energetických vlastností budov. Doporučena je klasifikace budov podle jejich stupně tepelné náročnosti.

Revidovaná *Část 1* normy sjednocuje a upřesňuje termíny používané v oboru stavební tepelné techniky, definice veličin i jejich značky a jednotky. Vzhledem k tomu, že došlo ke změně velké části dosud používaných značek, je v příloze tohoto skriptu tabulka, obsahující nové a původní značky nejběžněji používaných veličin, která umožní lepší orientaci především při studiu starší literatury. V příloze je též česko anglický slovník základních odborných výrazů, používaných ve stavební tepelné technice, který byl v rámci revidované normy poprvé publikován.

Část 4 revidované normy upřesňuje, případně nově stanoví výpočtové postupy pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí a budov.

1. STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH VELIČIN

Přesné stanovení parametrů vnějšího a vnitřního prostředí i základních stavebně fyzikálních vlastností stavebních materiálů je nezbytnou podmínkou pro správný tepelně technický návrh a hodnocení stavebních konstrukcí a budov.

1.1. Stanovení parametrů vnějšího a vnitřního prostředí

1.1.1. Parametry vnějšího prostředí

Určení parametrů vnějšího prostředí v posuzované lokalitě je prvním krokem jak při návrhu jednotlivých prvků obalových konstrukcí budovy tak i při hodnocení energetických kvalit objektu. Základními klimatickými prvky jsou z tohoto pohledu teplota a vlhkost vzduchu.

V rámci tepelně technických výpočtů se používají průměrné parametry vnějšího ovzduší, extrémní hodnoty se používají především pro potřeby technicko fyzikální analýzy, např. pro stanovení extrémních hodnot napětí od nesilového zatížení v obvodových konstrukcích.

Výpočtová teplota venkovního vzduchu

Teplota venkovního vzduchu závisí mimo jiné na nadmořské výšce lokality a na její urbanizaci.

Pro stanovení výpočtové hodnoty teploty venkovního vzduchu bylo použito dlouhodobého průměru teplot pěti za sebou jdoucích nejchladnějších dnů.

Základní členění území České republiky z hlediska teploty venkovního vzduchu udává ČSN 73 0540 [1]. Území republiky je rozděleno na dvě základní teplotní oblasti:

- I. teplotní oblast s výpočtovou venkovní teplotou $\theta_e = -15\text{ }^\circ\text{C}$
- II. teplotní oblast s výpočtovou venkovní teplotou $\theta_e = -18\text{ }^\circ\text{C}$.

Hranice mezi těmito oblastmi jsou patrné z mapy na obr. 1.1.



Obr. 1.1: Hranice teplotních oblastí v zimním období dle [1].

Citovaná norma dále uvádí, že

- v I. teplotní oblasti se pro místa s nadmořskou výškou nad 600 m n.m. počítá s hodnotou $\theta_e = -18 \text{ °C}$ a
- v II. teplotní oblasti se pro místa s nadmořskou výškou nad 800 m n. m. uvažuje s hodnotou $\theta_e = -21 \text{ °C}$.

V případě, že z měření spádové meteorologické stanice vyplývá hodnota výpočtové venkovní teploty nižší, musí být použita takto upřesněná hodnota.

Norma ČSN 06 0210 [2] používá poněkud odlišného členění. Území republiky je rozděleno na tři základní oblasti s výpočtovými venkovními teplotami

- $\theta_e = -12 \text{ °C}$
- $\theta_e = -15 \text{ °C}$
- $\theta_e = -18 \text{ °C}$

přičemž území s prvními dvěma hodnotami výpočtové teploty venkovního vzduchu je identické s I. teplotní oblastí dle ČSN 73 0540 a území s teplotou $\theta_e = -18 \text{ °C}$ je shodné s II. teplotní oblastí podle ČSN 73 0540. Vliv vyšší nadmořské výšky posuzované lokality je v obou normách zahrnut obdobným způsobem.

Přesnější údaje o charakteru venkovního prostředí udává tzv. referenční klimatický rok, který podrobně popisuje typický průběh počasí v konkrétní lokalitě. Využívá se především při energetickém hodnocení objektů, výpočtu difúzních vlastností stavebních konstrukcí a v řadě simulačních programů. V současné době jsou dostupné podrobné klimatologické údaje pro všechny významnější lokality na území naší republiky – katalog těchto údajů je součástí výpočtových programů, jejichž použití bude v dalších částech tohoto textu popisováno.

Při výpočtech tepelné stability prostorů z hlediska letního období se využívá údajů o průměrné letní teplotě venkovního vzduchu. Revidovaná ČSN 73 0540 uvažuje z hlediska letního období pouze s jednou teplotní oblastí s průměrnou letní denní teplotou venkovního vzduchu $\theta_{e,m} = 20,5 \text{ °C}$,

Výpočtová relativní vlhkost venkovního vzduchu

Standardní hodnoty relativní vlhkosti venkovního vzduchu v závislosti na jeho teplotě jsou uvedeny v tabulce P 08.

V případě potřeby stanovit hodnotu relativní vlhkosti přesnějším způsobem lze - pro rozmezí teplot od $\theta_e = -21 \text{ °C}$ do $\theta_e = +25 \text{ °C}$ - použít vztahu

$$\varphi_e = \frac{93\theta_e - 3153,5}{\theta_e - 39,17} \quad [\%] \quad (1.1)$$

Údaje o dalších klimatických parametrech, jako jsou například doby trvání jednotlivých teplot vnějšího vzduchu, ekvivalentní teplota vnějšího vzduchu, střední intenzita globálního slunečního záření a podobně budou probrány v dalších kapitolách.

1.1.2. Parametry vnitřního prostředí

Výpočtová vnitřní teplota θ_i a relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i závisí především na účelu a užití objektu. Zatímco u bytových a občanských staveb je obvykle hlavním kritériem pro stanovení parametrů vnitřního vzduchu zajištění pohody vnitřního prostředí, u průmyslových a zemědělských staveb jsou parametry vnitřního prostředí určovány převážně na základě provozních či technologických požadavků. V případě, že parametry vnitřního prostředí nejsou normativně nebo jiným závazným způsobem stanoveny, nebo ve sporných případech, je rozhodující požadavek investora.

Hodnoty parametrů vnitřního prostředí v závislosti na jednotlivých druzích staveb a typu provozu v nich uvádí podrobně ČSN 06 0210 [2] nebo Vyhláška MPO č.291/2001 [3]. Nejdůležitější údaje o parametrech vnitřního prostředí jsou shrnuty v tabulce č. P 01.

Norma ČSN 73 0540 rozlišuje z hlediska teploty vnitřního prostředí dva pojmy:

- výpočtová vnitřní teplota θ_i (°C)
- výpočtová teplota vnitřního vzduchu θ_a (°C).

Výpočtovou teplotu vnitřního vzduchu lze orientačně stanovit v závislosti na výpočtové vnitřní teplotě ze vztahu

$$\theta_a = \theta_i + e_1 \quad (1.2)$$

kde e_1 je součinitel typu budovy (viz tab. T 1.1)

$e_1 = 1,0$	pro budovy obytné a občanské s převážně dlouhodobým pobytem lidí
$e_1 = 1,2$	pro budovy občanské ostatní a pro budovy výrobní průmyslové pro velmi lehkou práci
$e_1 = 1,5$	pro budovy výrobní průmyslové pro lehkou práci
$e_1 = 1,8$	pro budovy výrobní průmyslové pro středně těžkou a těžkou práci, budovy zemědělské a ostatní

Tabulka T 1.1: Součinitel typu budovy dle ČSN 73 0540 [1]

S ohledem na splnění požadavků na zajištění tepelné pohody vnitřního prostředí lze výpočtovou teplotu vnitřního vzduchu stanovit přesněji za vztahu

$$\theta_a = \theta_i + 0,15 U_c (\theta_i - \theta_e) \quad (1.3)$$

kde U_c je celkový součinitel prostupu tepla konstrukcí ohraničujících danou místnost [$W m^{-2} K^{-1}$], stanovený dle ČSN 06 0210 [2].

1.2. Stanovení stavebně fyzikálních parametrů stavebních materiálů

V architektonické praxi se fyzikální vlastnosti stavebních materiálů obvykle stanovují přímým způsobem, to znamená z tabulek, které jsou přílohou tepelně technických norem. Hlavní výhodou tohoto postupu je především jednoduchost, rychlost a přehlednost, svoji roli zde samozřejmě hraje i fakt, že ve stadiu architektonického návrhu nejsou většinou známy ještě všechny informace, nezbytné pro přesnější určení fyzikálních parametrů materiálů. Pro potřeby architektonické práce jsou výsledky, získané s použitím tabelárně určených hodnot dostatečně přesné, zvláště pokud předpokládáme, že při zpracování realizační dokumentace budou provedeny všechny nezbytné podrobné tepelně technické výpočty, které budou již pracovat s upřesněnými vstupními údaji a také fyzikální vlastnosti materiálů v nich budou zadávány co možná nejpřesnějším způsobem. V případě, že jsou dostupné všechny potřebné údaje, lze použít upřesněné materiálové charakteristiky již ve stadiu architektonického návrhu.

Výpočtové a charakteristické hodnoty základních stavebně fyzikálních parametrů stavebních materiálů jsou uvedeny v příloze v tabulce P 02.

Pro každý tepelně technický výpočet lze individuálně stanovit přesné hodnoty základních stavebně fyzikálních parametrů, které respektují především charakteristické vlastnosti materiálu, způsob jeho zabudování a vliv prostředí, v němž jej materiál užit. Použití materiálových charakteristik, stanovených přesným způsobem vede k optimálnímu návrhu stavebních konstrukcí a budov jak z hlediska jejich vnitřního mikroklimatu, tak především z hlediska energetického.

Metodika, uvedená v ČSN 73 0540 umožňuje, aby byly podrobně stanoveny následující materiálové charakteristiky:

- objemová hmotnost
- součinitel tepelné vodivosti
- měrná tepelná kapacita
- součinitel prostupu tepla průsvitných konstrukcí.

1.2.1. Objemová hmotnost

Pro přesné stanovení výpočtové hodnoty objemové hmotnosti materiálu, která respektuje reálný vlhkostní stav materiálu, se užije vztah

$$\rho_v = 0,01 \rho_d (100 + u_n) \quad (1.4)$$

kde je

- ρ_v výpočtová hodnota objemové hmotnosti materiálu $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,
- ρ_d normová hodnota objemové hmotnosti materiálu v suchém stavu ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), stanovená z tab. P 02, odst.2,
- u_n normová hmotnostní vlhkost materiálu, stanovená ze vztahu

$$u_n = u_{ch} + z_2 + z_3 \quad (1.5)$$

kde je

- u_{ch} charakteristická hmotnostní vlhkost materiálu, stanovená z tab. P 02, odst.5
 z_2 součinitel materiálu, stanovený z tab. T 1.2
 z_3 součinitel zabudování materiálu do stavební konstrukce, stanovený z tab. T 1.3.

Položka	Materiálová skupina, materiál	z_2
1	2	3
1	Beton s objemovou hmotností v kg.m^{-3}	
	$\rho_d > 1400$	0.10
	$1400 \geq \rho_d > 1200$	0.70
	$1200 \geq \rho_d > 1000$	1.50
	$1000 \geq \rho_d > 700$	1.30
	$700 \geq \rho_d$	2.20
2	Omítky tepelně izolační	2.5
3	Tepelně izolační materiály na bázi silikátových vláken (anorganické, skelné)	2.00
4	Tepelně izolační materiály pěnoplastické, pěnosclo	4.00
5	Materiály na bázi azbestu a s jeho přísadou	0.50
6	Dřevo a výrobky na bázi dřevitého odpadu s	
	$\rho_d < 800 \text{ kg.m}^{-3}$	3.00
	$\rho_d \geq 800 \text{ kg.m}^{-3}$	4.00
7	Materiály na bázi sádry, sádrokarton apod.	4.00
8	Sypké materiály	1.00
9	Zeminy	1.50
10	Pálený keramický stěp nelehčený	0.70
11	Plasty hutné (nepěněné), sklo a materiály hutné výše neuvedené	0.00

Tabulka T 1.2: Součinitel materiálu z_2

Položka	Způsob zabudování materiálu s vlhkostním součinitelem Z_w	z_3
1	2	3
vnitřní konstrukce, $Z_w > 0$		
1	v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry	2.20
2	v konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry	0.00
vnější konstrukce svislé, $Z_w > 0$		
	v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry při splnění podmínky aktivní celoroční bilance kondenzace a vypařování vodní páry	
3	- kde materiál není v přímém styku s povětrnostními vlivy	2.20
4	- je v přímém styku s povětrnostními vlivy (např. vnější omítka)	3.00
5	v konstrukci, kde nedochází ke kondenzaci vodní páry, zvláště pak u vnějších konstrukcí s otevřenou větranou vzduchovou dutinou	0.50
vnější vodorovné a šikmé střešní konstrukce, $Z_w > 0$		
6	v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry při splnění podmínky aktivní celoroční bilance kondenzace a vypařování vodní páry	3.00
7	v konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry, zvláště pak u vnějších konstrukcí s otevřenou větranou vzduchovou dutinou	1.00
8	bez ohledu na druh konstrukce, pro $Z_w = 0$	0.00

Tabulka T 1.3: Součinitel způsobu zabudování materiálu z_3

1.2.2. Součinitel tepelné vodivosti

V běžných případech se obvykle výpočtová hodnota součinitele tepelné vodivosti jednotlivých stavebních materiálů stanoví z tabulky - viz tab. P 02 sloupec 8.

Pro nehomogenní jednovrstvé stavební konstrukce a výrobky, např. zdivo z cihel či cihelných tvarovek, stropní konstrukce z keramických tvarovek a podobně jsou výpočtové hodnoty součinitele prostupu tepla zpracovány tabelárně - viz např. tab. P 03, sloupec 6.

Chceme-li výpočtovou hodnotu součinitele tepelné vodivosti stanovit přesněji, s ohledem na reálný vlhkostní stav materiálu zabudovaného v konstrukci, nebo přesahuje-li částečný tlak vodní páry vnitřního vzduchu hodnotu 1538 Pa, lze pro určení výpočtové hodnoty součinitele tepelné vodivosti použít vztahu

$$\lambda_v = \lambda_k [1 + z_1 \cdot Z_w (z_2 + z_3)] \quad (1.6)$$

kde je

- λ_k charakteristická hodnota součinitele tepelné vodivosti ($W m^{-1} K^{-1}$)
- z_1 součinitel vnitřního prostředí, stanovený z tab. T 1.4
- Z_w vlhkostní součinitel materiálu, viz tab. P 02, sloupec 6

- z_2 součinitel materiálu, viz tab. T 1.2
 z_3 součinitel způsobu zabudování materiálu do stavební konstrukce, tab. T 1.3

Typ konstrukce	Částečný tlak vodní páry vnitřního vzduchu p_v		
	< 1402 Pa	> 1402 Pa < 1985 Pa	> 1985 Pa
Vnitřní konstrukce, kde nedochází ke kondenzaci vodní páry	0	1.00	1.20
Vnitřní konstrukce, kde dochází ke kondenzaci vodní páry a konstrukce vnější	1.00	1.50	2.00

Tabulka T 1.4 Součinitel vnitřního prostředí z_1

1.2.3. Měrná tepelná kapacita

V technické praxi se obvykle výpočtová hodnota měrné tepelné kapacity stavebního materiálu stanoví tak, že se uvažuje rovná hodnotě normové měrné tepelné kapacity materiálu v suchém stavu, tak jak je uvedena např. v tab. P 02, sloupec 3.

Stejně tak pro nehomogenní jednovrstvé stavební konstrukce a výrobky se klade rovnítko mezi výpočtovou ekvivalentní hodnotou měrné tepelné kapacity a normovou ekvivalentní hodnotou měrné tepelné kapacity - viz tab. P 03, sloupec 4.

V případě, že chceme přesněji stanovit výpočtovou hodnotu měrné tepelné kapacity s ohledem na reálný vlhkostní vztah stavebního materiálu, postupujeme podle vztahu

$$c_v = \frac{(2,2 \cdot 10^{-4} \cdot c_n \cdot \rho_n - 1) \cdot (c_n + 35 \cdot u_n)}{2,2 \cdot 10^{-6} \cdot c_n \cdot \rho_n \cdot (100 + u_n)} \quad (1.7)$$

kde je

- c_n normová hodnota měrné tepelné kapacity ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)
 ρ_n normová hodnota objemové hmotnosti materiálu v suchém stavu ($kg \cdot m^{-3}$),
 tab. P 02, sloupec 2
 u_n normová hmotnostní vlhkost materiálu (%).

1.2.5. Výpočtové hodnoty ostatních veličin

Výpočtové hodnoty všech ostatních tepelně technických vlastností stavebních materiálů a konstrukcí lze stanovit pouze z tabulek, způsob jejich přesnějšího stanovení v závislosti na dalších ovlivňujících faktorech norma ČSN 73 0540 neuvádí.

Poznámka: Očekává se, že revidovaná ČSN 73 0540-2 stanoví parametry vnějšího a vnitřního prostředí poněkud odlišným způsobem, což se promítne i do používaných výpočtových programů.

2. SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA (tepelný odpor)

Součinitel prostupu tepla je základní tepelně technickou veličinou, vyjadřující tepelně izolační schopnosti stavebních konstrukcí. Od padesátých let minulého století, kdy byla publikována první československá tepelně technická norma až do roku 2002, kdy byla revidována ČSN 73 0540-2, se na našem území jako základní hodnotící tepelně technická veličina používal tepelný odpor konstrukce. V roce 2002 v rámci zajištění provázanosti českých norem s mezinárodními a evropskými normami přešla česká legislativa na užívání součinitele prostupu tepla. Tato veličina se však u nás používala již dříve, jak pro některé specifické výpočty tak především pro hodnocení průsvitných stavebních konstrukcí.

2.1. ZPŮSOBY ŠÍŘENÍ TEPLA

Teplo je druh energie, která se šíří v libovolném prostředí, pokud v tomto prostředí jsou místa s rozdílnými teplotami. Vzhledem ke snaze o vyrovnání teplotního stavu tělesa nebo prostoru dochází k šíření tepla od míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší.

V závislosti na tom, v jakém prostředí se teplo šíří a podle jakých fyzikálních zákonů se toto šíření tepla uskutečňuje, rozeznáváme tři způsoby šíření tepla, a to:

- vedení (kondukci)
- proudění (konvekci) a
- sálání (radiaci).

2.1.1. Vedení tepla

K šíření tepla vedením dochází především v pevných látkách. Z hlediska stavební tepelné techniky se jedná o nejběžnější způsob šíření tepla, protože se uplatňuje prakticky u všech stavebních konstrukcí.

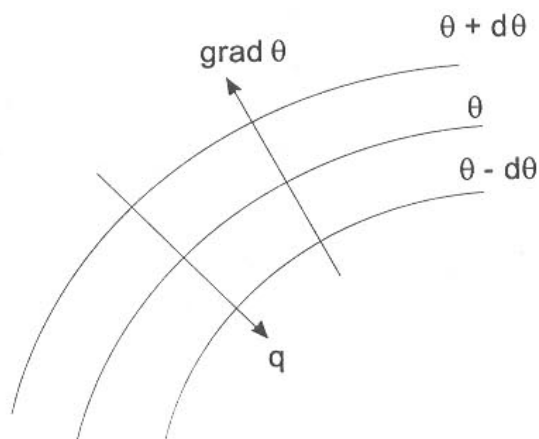
Základními fyzikálními zákony, které popisují vedení tepla jsou první a druhý Fourierův zákon. První Fourierův zákon definuje závislost tepelného toku na gradientu teploty, to znamená na teplotním spádu. Tento zákon vychází z předpokladu ustáleného (stacionárního) teplotního pole, tedy stavu, kdy rozložení teplot v tělese se s časem nemění. Dalším předpokladem je homogenita a izotropnost tělesa. Matematicky lze první Fourierův zákon formulovat jako

$$q = -\text{grad } \theta = -\lambda \frac{d\theta}{dx} \quad (2.1)$$

kde je

- | | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| q | hustota tepelného toku ($W m^{-2}$) |
| $\text{grad } \theta$ | teplotní spád ($K m^{-1}$) |

Záporné znaménko na pravé straně vztahu respektuje stav, kdy směr tepelného toku je protichůdný gradientu teploty, neboť teplo se šíří od míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší - viz obr 2.1.



Obr. 2.1: Vztah gradientu a směru tepelného toku

Zatímco výše uvedená formulace prvního Fourierova zákona platí pro jednorozměrné teplotní pole a ustálený teplotní stav, obecná formulace druhého Fourierova zákona (2.2) popisuje vztah mezi časovou a místní změnou teploty, to znamená že se týká neustáleného (časově proměnného) teplotního pole v trojrozměrném prostoru.

Ve 2. Fourierově zákonu

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) \quad (2.2)$$

značí	θ	teplotu ($^{\circ}\text{C}$)
	t	čas (s)
	x,y,z	souřadné osy trojrozměrného prostoru
	a	součinitel teplotní vodivosti ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$), který lze určit ze vztahu

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad (2.3)$$

kde je	λ	součinitel tepelné vodivosti ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)
	ρ	objemová hmotnost materiálu (kg m^{-3}).
	c	měrná tepelná kapacita ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)

2.1.2. Šíření tepla prouděním

K šíření tepla prouděním dochází v kapalných a plynných látkách. Rozlišujeme jednak přirozené proudění, které vzniká přemísťováním částic různé hmotnosti při zahřátí látky a vynucené proudění, kde je proudění vyvoláno vnějšími vlivy - v technické praxi obvykle čerpadlem nebo ventilátorem.

Jedním ze základních fyzikálních zákonů, užívaných při výpočtu proudění je Newtonův zákon (2.4), který popisuje hustotu tepelného toku při proudění.

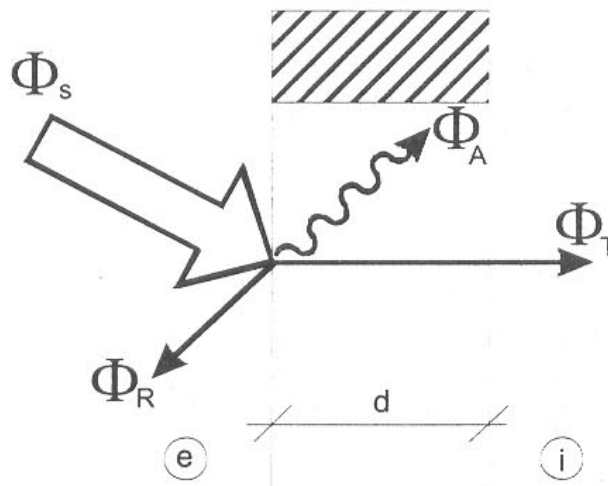
$$q_c = h_c \cdot (\theta_i - \theta_{si}) \quad (2.4)$$

kde je

q_c	hustota tepelného toku při proudění ($W m^{-2}$)
h_c	součinitel přestupu tepla při proudění ($W m^{-2} K^{-1}$)
θ_i	teplota vnitřního vzduchu ($^{\circ}C$)
θ_{si}	teplota vnitřního povrchu konstrukce ($^{\circ}C$).

2.1.3. Šíření tepla sáláním

Šíření tepla sáláním je v podstatě přenos elektromagnetického záření, především záření infračerveného. Toto záření vydává každé těleso o teplotě vyšší než 0 K; takovéto těleso nejen záření vydává, ale částečně i pohlcuje, odráží a propouští. Rozdělení celkového sálavého toku dopadajícího na stavební konstrukci, na tyto jednotlivé složky, je patrné ze schématu na obr. 2.2.



Obr. 2.2: Schéma rozdělení sálavého tepelného toku

Z uvedeného rozdělení je zřejmé, že lze psát rovnici

$$\Phi_s = \Phi_A + \Phi_R + \Phi_T \quad (W) \quad (2.5)$$

kde je

Φ_s	celkový sálavý tepelný tok , dopadající na konstrukci
Φ_A	část energie konstrukcí pohlcená
Φ_R	část energie konstrukcí odražená
Φ_T	část energie konstrukcí procházející.

Po jednoduché matematické úpravě

$$\frac{\Phi_A}{\Phi_s} + \frac{\Phi_R}{\Phi_s} + \frac{\Phi_T}{\Phi_s} = 1 \quad (2.6)$$

můžeme psát

$$A + R + T = 1 \quad (2.7)$$

kde je

A	pohltivost záření
R	odrazivost záření
T	propustnost záření.

Ze vztahu 2.6 je zřejmé, že se ve všech případech jedná o bezrozměrné relativní veličiny, které nabývají teoreticky hodnoty mezi 0 a 1.

V případě, že $A = 1,0$ a $R = T = 0$ je všechna dopadající sálavá energie pohlcena a jedná se o dokonale černé těleso. Dokonale černé těleso je pojem z teoretické fyziky, v technické praxi se vždy jedná o tělesa "šedá", jejichž pohltivost je nižší než $A = 1,0$.

Je-li $R = 1,0$ a $A = T = 0$, jedná se o dokonale odrazivé těleso, neboli dokonale zrcadlo.

Při $T = 1,0$ a $A = R = 0$ se jedná o dokonale propustné těleso.

Mezi základní zákony v oblasti sálání patří Stefan-Boltzmannův zákon, který popisuje hustotu sálavého tepelného toku, a sice

$$q_{\varepsilon} = C_{\varepsilon} \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (2.8)$$

kde je

q_{ε}	hustota sálavého tepelného toku ($W m^{-2}$)
C_{ε}	součinitel sálání absolutně černého tělesa ($W m^{-2} K^{-4}$)
T	absolutní teplota tělesa (K).

V praxi se pro ostatní tělesa, z hlediska sálání takzvaná šedá tělesa používá součinitele sálání "šedého" tělesa, který je roven

$$C = A \cdot C_{\varepsilon} \quad (2.9)$$

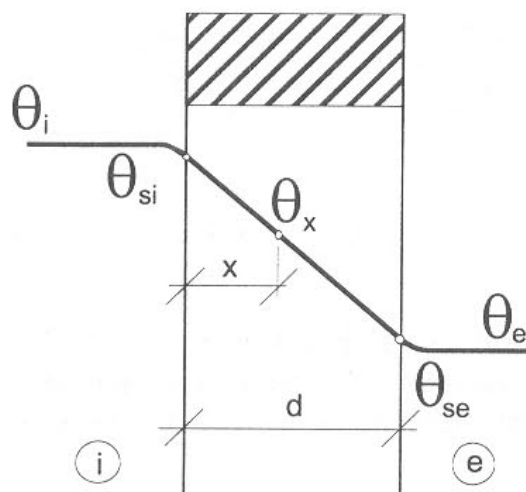
kde je

A	pohltivost sálání " šedého" tělesa (-)
$C_{\varepsilon} = 5,67 W m^{-2} K^{-4}$	- součinitel sálání absolutně černého tělesa.

2.2. TEPELNÝ ODPOR, SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA

2.2.1. Tepelný odpor

Pojem tepelného odporu stavební konstrukce je odvozen pro jednorozměrné teplotní pole za předpokladu ustáleného teplotního stavu. Předpokládejme tedy, že jednovrstvá stavební konstrukce rozděluje dvě prostředí s různými, ale konstantními teplotami. Rozdělení teplot v konstrukci musí být též konstantní a libovolný bod v konstrukci lze jednoznačně popsat pomocí jedné jeho souřadnice, to je souřadnice x. Schéma konstrukce včetně vyznačení okrajových podmínek (předpokládáme zimní období) je na obr. 2.3.



Obr. 2.3: Schéma konstrukce pro odvození tepelného odporu

Vzhledem k tomu, že předpokládáme šíření tepla vedením, použijeme k odvození pojmu tepelného odporu první a druhý Fourierův zákon.

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx} \quad (2.10)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \quad (2.11)$$

Úpravou druhého Fourierova zákona pro podmínky ustáleného teplotního stavu a jednorozměrného teplotního pole pak získáme vztah

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = 0 \rightarrow \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = 0 \quad (2.12)$$

Dosazením okrajových podmínek a řešením diferenciální rovnice (podrobně viz např. [4]) získáme vztah pro určení teploty v libovolném místě konstrukce

$$\theta = \theta_{si} - \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{d} x \quad (2.13)$$

z něhož je zřejmé, že teplota v konstrukci je lineárně závislá na souřadnici x , že se tedy jedná o rovnici přímky, jejíž směrnice je

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{d} \quad (2.14)$$

Součinitel prostupu tepla

Lze tedy psát

$$q = \lambda \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{d} = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{\frac{d}{\lambda}} = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R} \quad (2.15)$$

kde je $R = \frac{d}{\lambda}$ tepelný odpor konstrukce ($\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$). (2.16)

Vztah 2.16 platí pro jednovrstvou konstrukci za předpokladu homogenity této vrstvy a její kolmosti ke směru tepelného toku. Za stejného předpokladu lze vyčíslit i tepelný odpor vícevrstvé konstrukce, kdy vzhledem k tomu, že tepelný odpor je aditivní veličina, lze napsat

$$R = \sum_{j=1}^{j=n} R_j = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (2.17)$$

Tepelný odpor uzavřené vzduchové vrstvy

Z výše uvedeného textu je zřejmé, že pojem tepelného odporu je odvozen pro případ, kdy dochází k šíření tepla vedením. Tento předpoklad je splněn prakticky u všech stavebních materiálů a konstrukcí, výjimku však tvoří konstrukce, jejíž součástí je uzavřená vzduchová vrstva. V tomto případě totiž dochází i k šíření tepla prouděním a sáláním, takže klasické vztahy pro výpočet tepelného odporu nelze v této situaci použít.

I když je možné přesně vyčíslit tepelný odpor konstrukce s uzavřenou vzduchovou vrstvou především v závislosti na pohltivosti vnitřních povrchů konstrukcí, obklopujících vzduchovou mezeru a na tloušťce této mezery, v technické praxi se běžně používá tabelárních hodnot tepelných odporů uzavřených vzduchových vrstev (viz tab.T 2.1), stanovených za předpokladu užití běžných materiálů a standardních okrajových podmínek.

tloušťka vzduchové vrstvy [mm]	$R_{\text{uzav}} [\text{m}^2 \text{K W}^{-1}]$		
	směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,16	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

Tab. 2.1: Tepelný odpor uzavřených vzduchových vrstev dle ČSN EN ISO 6946 [12]

Tepelný odpor nehomogenních vrstev

Jestliže konstrukce obsahuje nehomogenní vrstvu, určí se pro tuto vrstvu náhradní hodnota součinitele tepelné vodivosti jako vážený průměr součinitelů vodivosti jednotlivých materiálů, obvykle podle poměru jejich plošného zastoupení ve vrstvě. S takto získanou hodnotou součinitele tepelné vodivosti nehomogenní vrstvy λ_{NV} se pracuje standardním způsobem.

$$\lambda_{NV} = \frac{\lambda_1 A_1 + \lambda_2 A_2 + \dots + \lambda_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}) \quad (2.18)$$

kde $\lambda_1 \dots \lambda_n$ jsou součinitele tepelné vodivosti jednotlivých materiálů vrstvy ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

$A_1 \dots A_n$ je plocha těchto materiálů v charakteristickém výseku nehomogenní vrstvy (m^2)

V případě, že se jedná o nehomogenity prostorového charakteru, určuje se náhradní hodnota součinitele tepelné vodivosti na základě poměru objemového zastoupení jednotlivých materiálů ve vrstvě.

Popsaný způsob výpočtu je pouze orientační, přesné výsledky lze získat pouze výpočtem dvoj nebo trojrozměrného teplotního pole.

2.2.2. Součinitel prostupu tepla

Na povrchu stavební konstrukce, v mezní vrstvě, dochází k výměně tepla mezi konstrukcí a okolním prostředím. Tuto výměnu tepla nazýváme přestupem tepla a dochází k ní jak na vnitřním tak i na vnějším povrchu konstrukce, takže rozlišujeme součinitel přestupu tepla na vnitřním, eventuálně na vnějším povrchu. K přestupovým jevům dochází na základě proudění vzduchu na povrchu konstrukce a sálání mezi povrchem konstrukce a okolními tělesy (stěnami, budovami apod.).

Součinitel přestupu tepla stavební konstrukce, který zahrnuje dvě složky, a sice součinitel přestupu tepla při proudění a součinitel přestupu tepla při sálání udává hustotu tepelného toku, přestupujícího ze vzduchu do konstrukce (nebo i v opačném směru) při jednotkovém rozdílu teplot.

V tepelně technických výpočtech se používá převrácená hodnota součinitele přestupu tepla, nazývaná odpor při přestupu tepla. takže

$$R_{si} = \frac{1}{h_{si}} \quad R_{se} = \frac{1}{h_{se}} \quad (2.19)$$

kde je

R_{si}	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce ($\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$)
R_{se}	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce ($\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$)
h_{si}	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce ($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$)
h_{se}	součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce ($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$)

Pro použití v technické praxi jsou hodnoty součinitelů přestupu tepla i odporů při přestupu tepla pro standardní okrajové podmínky tabelovány, viz např. tab. T 2.2 a T 2.3.

Další veličinou, která souvisí s prostupem tepla konstrukcí je odpor při prostupu tepla R_T , který se pro jednovrstvou konstrukci určí ze vztahu

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (2.20)$$

případně pro vícevrstvou konstrukci ze vztahu

$$R_T = R_{si} + \sum_{j=1}^{j=n} R_j + R_{se} \quad (2.21)$$

Reciprokou hodnotou odporu při prostupu tepla je součinitel prostupu tepla, pro který platí vztah

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (2.22)$$

Povrch, poloha a druh stavební konstrukce		Součinitel přestupu tepla h_{si}, h_{se} [Wm ⁻² K ⁻¹]	Odpor při přestupu tepla R_{si}, R_{se} [m ² KW ⁻¹]	
1	objekty pozemních staveb kromě ad 2			
vnější	zimní období	23	0,043	
	zimní období, při nadmořské výšce > 1000 m.n.m	30	0,033	
	letní období	15	0,067	
vnitřní, zimní i letní období	svislá konstrukce	8	0,125	
	vodorovná konstrukce při tepelném toku	zdola nahoru	8	0,125
		shora dolů	6	0,167
vnitřní kouty místnosti, zimní období	svislé	5,2	0,192	
	vodorovné	4,7	0,123	
kontakt se zemí	svislé, vodorovné	→ ∞ *	0	
2	produkční stáje zemědělských objektů, průmyslové haly teplovzdušně vytápěné a s výraznými zdroji tepla			
vnitřní zimní období	svislé konstrukce	14	0,071	
	vodorovné konstrukce	14	0,071	

* Pro běžné výpočty dostačuje $h_{si} = 100$

Poznámka 1: Uvedené hodnoty platí za předpokladu, že nedochází k povrchové kondenzaci vodní páry

Poznámka 2: V otevřené vzduchové dutině se započítává součinitel přestupu tepla rovný polovině hodnoty součinitele přestupu tepla na vnější straně konstrukce h_{se}

Poznámka 3: „Letní období“ v tomto smyslu platí pro teploty vnějšího vzduchu $t_a > 15$ °C.

Tab. 2.2: Součinitele přestupu tepla a odpory při přestupu tepla dle ČSN 73 0540

expozice povrchu		Odpor při přestupu tepla R_{si}, R_{se} [m ² K.W ⁻¹]	součinitel přestupu tepla h_{si}, h_{se} [W.m ⁻² K ⁻¹]
vnější povrch*	zimní období	0,04	23
	zimní období, nadm.výška > 1000 m	0,03	30
	letní období (při $t_e > 15$ °C)	0,07	15
vnitřní povrch** výpočet tepelného odporu a tepelných toků	směr tepelného toku nahoru	0,10	10
	směr tepelného toku dolů	0,17	6
	směr tepelného toku vodorovně	0,13	8
vnitřní povrch** výpočet povrchových teplot, tepelných mostů	zasklení	0,13	8
	horní polovina místnosti	0,25	4
	dolní polovina místnosti	0,35	3
	místa významného plošného stínění (za nábytkem apod.)	0,50	2
kontakt se zemínou***	svislé, vodorovné	0	-> ∞

* Na povrchu dvouplášťové konstrukce směrem do vzduchové vrstvy se uvažuje odpor při přestupu tepla jako na vnitřním povrchu.

** Podrobněji v ČSN EN ISO 6946 (lokální nerovnoměrnosti sdílení tepla na vnitřních površích místnosti).

*** Konstrukce v kontaktu se zemínou také podle ČSN EN ISO 13370. [5]

Tab. 2.3: Součinitele přestupu tepla a odporu při přestupu tepla dle ČSN EN ISO 6946 [12]

2.3. NORMOVÉ POŽADAVKY

Hlavním kritériem pro stanovení současných normových hodnot součinitelů prostupu tepla je jednoznačně kritérium energetické, to znamená že se projevuje snaha o omezení potřeby tepla na vytápění objektů. Souběžně s tímto požadavkem se uplatňuje i požadavek na vyloučení stavebně fyzikálních poruch, především zamezení vzniku a následnému nepříznivému vlivu kondenzace vodní páry na vnitřních površích stavebních konstrukcí. Je však třeba konstatovat, že při návrhu konstrukcí v souladu s normativními hodnotami součinitelů prostupu tepla vykazují vnitřní povrchové teploty konstrukcí takovou rezervu, že vzniku povrchové kondenzace je naprosto spolehlivě zabráněno a jako zcela jasně prioritní se jeví hledisko energetické.

Podle ČSN 73 0540 [1] musí stavební konstrukce ve vytápěných nebo klimatizovaných budovách s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\phi_i \leq 60\%$ vykazovat takovou hodnotu součinitele prostupu tepla, aby platilo

$$U < U_N \quad (2.23)$$

Součinitel prostupu tepla

Pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\theta_{im} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ lze hodnoty součinitele prostupu tepla stanovit přímo z tab. T 2.4.

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U_N [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně Podlaha nad venkovním prostorem	0,24	0,16	
Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace Podlaha a stěna s vytápěním (vnější vrstvy od vytápění)	0,30	0,20	
Stěna vnější	lehká	0,30	0,20
Střecha strmá se sklonem nad 45°	těžká	0,38	0,25
Podlaha a stěna přilehlá k zemině (s výjimkou případů podle poznámky 2) Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k částečně vytápěnému prostoru Strop a stěna vnější z částečně vytápěného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	
Stěna mezi sousedními budovami 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	
Okno, dveře a jiná výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí Pro rámy nových výplň otvorů přitom platí $U_f \leq 2,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	nová upravená	1,7 2,0	1,2
Okno, dveře a jiná výplň otvoru ve stěně a strmé střeše, z vytápěného do částečně vytápěného prostoru nebo z částečně vytápěného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	
Šikmé střešní okno, světlík a jiná šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí Pro jejich rámy včetně tepelně izolačního obkladu přitom platí $U_f \leq 2,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	1,5	1,1	
Šikmé střešní okno, světlík a jiná šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného do částečně vytápěného prostoru nebo z částečně vytápěného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	
Lehký obvodový plášť, hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s průsvitnou výplň otvoru o poměrné ploše $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP); A_w plocha průsvitné výplně otvoru v LOP Pro rámy lehkých obvodových plášťů přitom platí $U_f \leq 2,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	$f_w \leq 0,50$ $f_w > 0,50$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$ $0,7 + 0,6 \cdot f_w$	$0,2 + 1,0 \cdot f_w$

Tab. T 2.4: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\theta_{im} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Pro ostatní budovy se stanoví ze vztahu

$$U_N = U_{N,20} \cdot e \cdot \frac{35}{\Delta\theta_{ie}} \quad (2.24)$$

kde e je součinitel, vyčíslený ze vztahu

$$e = \frac{20}{\theta_{im}} \quad (2.25)$$

kde $\Delta\theta_{ie}$ je základní rozdíl teplot vnitřního a vnějšího prostředí ve $^{\circ}\text{C}$, stanovený ze vztahu

$$\Delta\theta_{ie} = \theta_{im} - \theta_e \quad (2.26)$$

$U_{N,20}$ je součinitel prostupu tepla z tabulky T 2.4.

Hodnoty základního tepelného odporu U_N jsou v citované normě stanoveny ve dvou úrovních, a sice

- požadovaná hodnota U_{rq}
- doporučená hodnota U_{rc}

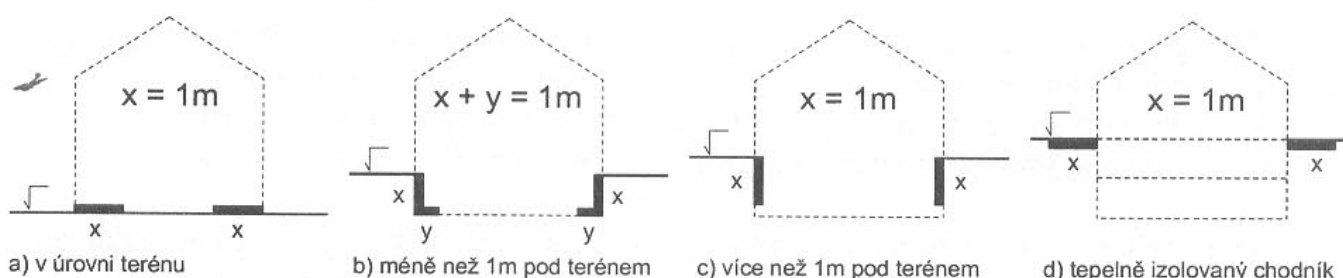
Požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla konstrukce je třeba chápat jako maximálně přípustnou hodnotu, která zabezpečuje všechny základní požadavky na kvalitu vnitřního mikroklimatu, s ohledem na potřebu tepla na vytápění objektu se však jedná o hodnotu ryze standardní, bez možnosti dosažení výraznějších energetických úspor.

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla dává předpoklady pro velmi racionální využití tepelné energie a užitím této hodnoty můžeme bezprostředně ovlivnit kvalitu vnějšího prostředí formou snížení požadavků na energetické zdroje. Především z tohoto pohledu se návrh stavební konstrukce v oblasti doporučených hodnot součinitele prostupu tepla jeví jako optimální.

Pro použití hodnot z tabulky T 2.4 platí:

- Je-li plošná hmotnost vnitřních vrstev - tedy vrstev od vnitřního povrchu až po tepelně izolační vrstvu s rozhodujícím účinkem na tepelnou ochranu včetně - vnější konstrukce menší než 100 kg m^{-2} , jedná se o konstrukci s nízkou tepelnou setrvačností, to znamená konstrukci „lehkou“. Ostatní konstrukce jsou považovány za konstrukce „těžké“, to znamená za konstrukce s vysokou tepelnou setrvačností.
- Pro konstrukce přilehlé k zemině do vzdálenosti 1,0 metru od rozhraní zeminy a vnějšího vzduchu na vnějším povrchu konstrukce (viz obr. 2.4) se uplatňují hodnoty součinitele prostupu tepla, platné pro vnější stěny. Ve větší vzdálenosti platí hodnoty pro podlahy, případně stěny přilehlé k zemině. Do výpočtu lze v tomto případě zahrnout i tepelnou izolaci podél základů, pokud navazuje na tepelnou izolaci stěny.

- Při návrhu nízkoenergetických domů se doporučuje dosahovat hodnot součinitelů prostupu tepla okolo 2/3 hodnot doporučených.
- Sousední vytápěné byty se považují za prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně. Částečně vytápěný prostor má teplotu mezi teplotou vytápěného a nevytápěného prostoru v rozmezí 20% od jejich průměru.
- Není-li pod výplní otvoru otopné těleso, doporučuje se pro výplň otvoru snížit požadovanou hodnotu U_N .
- Změna Z1 ČSN 73 0540 podrobně řeší i problematiku tepelných vazeb mezi konstrukcemi, vyjádřenou prostřednictvím lineárního a bodového součinitele prostupu tepla. Ve stadiu architektonického návrhu budovy však obvykle není ještě dostatek technických informací, nezbytných pro stanovení těchto součinitelů. U kvalitně navržených staveb lze očekávat, že působení tepelných vazeb mezi konstrukcemi je menší než 5% hodnoty nejnižšího součinitele prostupu tepla navazujících konstrukcí - tato situace nastává, navazuje-li mezi jednotlivými konstrukcemi hlavní tepelná izolace bez výrazných zeslabení a neprochází-li jí výrazně vodivé prvky. V souladu s normovým ustanovením pak není třeba tepelné vazby mezi konstrukcemi hodnotit. Přesnější vyčíslení součinitele prostupu tepla se provádí buď metodou charakteristického výseku nebo metodou charakteristických tepelných mostů – viz ČSN 73 0540-4. Z uvedených důvodů nebude v tomto textu problematika činitelů prostupu tepla podrobněji probírána.



Obr. 2.4: Stanovení vzdálenosti 1,0 metru od rozhraní zeminy a vnějšího vzduchu

Pro konstrukce budov s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\phi_i > 60\%$ se požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_N stanoví jako nižší z hodnot určených ze vztahu 2.24, případně z tab. T 2.4 a z podmínky 2.27 pro zvýšenou vlhkost prostředí

$$U_{\omega,N} = \frac{0,6 \cdot (\theta_{ai} - \theta_w)}{R_{si} \cdot (\theta_{ai} - \theta_e)} \quad (2.27)$$

kde θ_{ai} je návrhová teplota vnitřního vzduchu (°C)
 θ_w je teplota rosného bodu vnitřního vzduchu (°C)

2.4. PŘÍKLADY VÝPOČTU

Určete hodnotu součinitele prostupu tepla dále uvedených konstrukcí. Vypočtené hodnoty porovnejte s normovými požadavky.

Příklad 2.1: Obvodová stěnová konstrukce

	d (m)	λ ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)
<input type="checkbox"/> omítka YTONG vnitřní	0,003	0,350
<input type="checkbox"/> zdivo z tvárnic YTONG	0,300	0,120
<input type="checkbox"/> omítka YTONG vnější	0,004	0,190

Poznámka: Hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ jsou převzaty z tabulek P 02, P 03 a P 04 v příloze, hodnoty součinitelů přestupu tepla jsou stanoveny z tabulky T 2.3.

$$R = \sum_{j=1}^3 \frac{d_j}{\lambda_j} = \frac{0,003}{0,35} + \frac{0,3}{0,12} + \frac{0,004}{0,19} = 2,53 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8} + 2,53 + \frac{1}{23}} = 0,37 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

Použito je zdivo YTONG s objemovou hmotností 400 kgm^{-3} , plošná hmotnost zdiva je 120 kgm^{-2} . Jedná se tedy o konstrukci těžkou, pro kterou platí požadovaná hodnota $U_N = 0,38 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ a doporučená hodnota $U_N = 0,25 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

- Navržená konstrukce odpovídá normou požadované hodnotě součinitele prostupu tepla, normou doporučenou hodnotu však nesplňuje.

Příklad 2.2: Dvouplášťová střecha šikmá (sklon do 45°)

	d (m)	λ ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)
<input type="checkbox"/> sádrokarton	0,012	0,220
<input type="checkbox"/> parozábrana Sarvanap 1000	0,001	-
<input type="checkbox"/> izolační deska ORSIL S	0,240	0,040
<input type="checkbox"/> difúzní folie	0,001	-
<input type="checkbox"/> otevřená vzduchová vrstva	-	-
<input type="checkbox"/> tašková krytina	-	-

Poznámka: U dvouplášťových konstrukcí se silně větranou vzduchovou vrstvou se do výpočtu tepelného odporu zahrnují pouze vrstvy od vnitřního lince konstrukce až ke vzduchové vrstvě. Součinitel přestupu tepla na vnější straně, to znamená uvnitř vzduchové vrstvy je v tomto případě dle ČSN EN ISO 6946 [12] shodný se součinitelem přestupu tepla na vnitřní straně téže konstrukce. Klasifikace vzduchových vrstev dle ČSN EN ISO 6946 - viz tabulka P 05. Velmi tenké vrstvy lze ve výpočtu tepelného odporu zanedbat.

$$R = \frac{0,012}{0,22} + \frac{0,24}{0,04} = 6,05 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{10} + 6,05 + \frac{1}{10}} = 0,16 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1} < 0,24 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

$$= 0,16 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

Konstrukce odpovídá normou požadované i doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla.

Příklad 2.3: Podlahová konstrukce na terénu

	d (m)	λ (W m ⁻² K ⁻¹)
<input type="checkbox"/> betonová mazanina	0,04	1,23
<input type="checkbox"/> lepenka A 400 H	0,0007	-
<input type="checkbox"/> pěnový polystyrén	0,08	0,044
<input type="checkbox"/> živičná hydroizolace	0,0044	-
<input type="checkbox"/> podkladní beton	0,08	-
<input type="checkbox"/> zemina	-	-

Poznámka: U konstrukcí , které jsou v kontaktu se zeminou (podlaha na terénu, suterénní stěna a pod.) se obvykle do výpočtu zahrnují pouze vrstvy konstrukce, situované od hydroizolace směrem k vnitřnímu povrchu konstrukce. Vrstvy umístěné vně hydroizolační vrstvy lze započítat jen zcela výjimečně, pokud jsou schopny trvale odolávat nepříznivým účinkům vlhkosti a pokud je možno přesně definovat jejich dlouhodobé tepelně izolační parametry.

Norma ČSN EN ISO 13 370 (5) popisuje podrobný způsob výpočtu součinitele prostupu tepla podlahové konstrukce na terénu. Pro účely architektonické praxe se obvykle používá jednoduchý postup výpočtu, který je uveden v následujícím textu.

Pro výpočet této vnitřní konstrukce se uvažuje s následujícími vstupními hodnotami

- $\theta_i = +15^\circ\text{C}$ (vedlejší vytápěná místnost - viz tabulka P 01 v příloze)
- $\theta_{az} = +5^\circ\text{C}$ (teplota zeminy pod podlahou)

V místě kontaktu podlahové konstrukce se zeminou nedochází k přestupu tepla, takže

$$R = \frac{0,04}{1,23} + \frac{0,08}{0,044} = 1,85 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{6} + 1,85} = 0,50 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1} < 0,60 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

$$> 0,40 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

Jedná se o podlahovou konstrukci ve vzdálenosti větší než 1,0 metru od rozhraní zeminy a vnějšího vzduchu na vnějším povrchu konstrukce, proto jsou užity hodnoty $U_N = 0,60$ respektive $0,40 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. V případě, že by šlo o podlahu v oblasti blíže než 1,0 metru od rozhraní zeminy a vnějšího vzduchu, bylo by nutné použít hodnotu pro vnější stěnu.

Podlaha odpovídá normou požadované hodnotě součinitele prostupu tepla, normou doporučenou hodnotu však nespĺňuje.

3. DIFÚZE A KONDENZACE VODNÍ PÁRY

K difúzi vodní páry ve stavebních konstrukcích dochází za předpokladu, že konstrukce odděluje dvě prostředí s rozdílnými částečnými tlaky vodní páry. V důsledku takto vzniklého gradientu částečných tlaků vodních par dochází v makrokapilárách stavebních materiálů, jejichž rozměr je větší než střední volná dráha molekul vody, k pohybu vlhkosti podle zákonů difúze od místa s vyšším parciálním tlakem vodní páry k místu s tlakem nižším.

Mezi vedením tepla a difúzí vodní páry existuje analogie, takže řada vztahů popisujících vedení tepla má v oblasti difúze vodní páry analogické výrazy. Analogické jsou i pojmy ustálený a neustálený stav nebo jedno či vícerozměrné vedení tepla nebo vlhkosti.

Pro ustálený difúzní tok a jednorozměrné difúzní pole lze hustotu difúzního toku vodní páry vyjádřit vztahem

$$g = - \delta_p \text{ grad } p_v \quad (3.1)$$

kde je

g	hustota difúzního toku vodní páry ($\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
δ_p	součinitel difúze vodní páry (s)
p_v	skutečný částečný tlak vodní páry (Pa)

3.1. ZÁKLADNÍ VELIČINY

Součinitel difúze vodní páry δ_p (někdy též nazývaný součinitel difúzní vodivosti) je jednou ze základních veličin, charakterizujících difúzní schopnost materiálu. Ze vztahu 3.1 plyne, že tento součinitel je konstantou úměrnosti mezi hustotou difúzního toku a gradientem částečného tlaku vodní páry.

Součinitel difúze vodní páry je možno považovat za již tradiční způsob vyjádření difúzních vlastností materiálu, který se v české odborné literatuře užíval po několik desetiletí. V současné době se více využívá faktor difúzního odporu μ , což je bezrozměrná veličina udávající, kolikrát je příslušný materiál pro vodní páru méně propustný než vzduch.

Pro vzájemný přepočítání těchto dvou jednotek platí vztah

$$\mu = \frac{\delta_{\text{VZD}}}{\delta_p} = \frac{1}{\delta \cdot N} \quad (3.2)$$

kde je

δ_{VZD}	součinitel difúze vodní páry vzduchu (s)
N	teplotně difúzní funkce. Pro běžné výpočty - viz např. [6] - se užívá konstantní hodnoty $N = 5,312 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$.

Další veličinou, vypovídající o difúzních vlastnostech materiálu je ekvivalentní difúzní tloušťka vrstvy s_d . Tento parametr udává, jaká by musela být tloušťka vzduchové vrstvy, aby

měla stejný difúzní odpor jako vrstva zkoumaného materiálu. Ekvivalentní difúzní tloušťka se používá především pro rychlé porovnání difúzních kvalit nátěrových a fóliových materiálů.

Ekvivalentní difúzní tloušťku materiálu lze určit ze vztahu

$$s_d = \mu \cdot d \quad (\text{m}) \quad (3.3)$$

Analogicky k tepelnému odporu se užívá i pojem difúzní odpor konstrukce Z_p . Pro jeho vyčíslení lze užít buď součinitele difúze vodní páry, faktoru difúzního odporu nebo ekvivalentní difúzní tloušťky.

Pro jednovrstvou konstrukci pak platí vztah

$$Z_p = \frac{d}{\delta_p} \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (3.4)$$

kde je d tloušťka konstrukce (m),

nebo

$$Z_p = \mu d N \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (3.5)$$

nebo

$$Z_p = s_d N \quad (\text{m s}^{-1})$$

Difúzní odpor vícevrstvé konstrukce (s homogenními vrstvami kolnými ke směru difúzního toku) pak platí

$$Z_p = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{d_j}{\delta_{pj}} = \sum_{j=1}^{j=n} Z_{pj} \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (3.6)$$

kde je n počet vrstev konstrukce,

případně

$$Z_p = \sum_{j=1}^{j=n} \mu_j \cdot d_j \cdot N \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (3.7)$$

Analogicky k veličině "odpor při prostupu tepla R_T " existuje i odpor při prostupu vodní páry Z_{pT} , který lze vyčíslet jako

$$Z_{pT} = Z_{pi} + Z_p + Z_{pe} = \frac{1}{h_{pi}} + Z_p + \frac{1}{h_{pe}} \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (3.8)$$

kde je

Z_{pi} odpor při přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Z_{pe} odpor při přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

h_{pi}	součinitel přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce (sm^{-1})
h_{pe}	součinitel přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce (sm^{-1})

Poznámka: Hodnoty odporů při přestupu vodní páry na vnější a vnitřní straně jsou obvykle v porovnání s ostatními difúzními odpory vstupujícími do výpočtu tak malé, že se zanedbávají, což vede k zjednodušení výpočtových postupů.

3.2. ZJIŠTĚNÍ VÝSKYTU KONDENZACE VODNÍ PÁRY UVNITŘ KONSTRUKCE

Metodika zjištění výskytu kondenzace vodní páry uvnitř stavebních konstrukcí vychází z porovnání hodnot částečných (parciálních) tlaků vodní páry - skutečného částečného tlaku vodní páry a částečného tlaku nasycené vodní páry - v konstrukci. Částečný tlak vodní páry ve vzduchu je funkcí teploty a vlhkosti vzduchu, obvykle udávané v procentech ve formě relativní vlhkosti vzduchu.

Skutečný částečný tlak vodní páry p_v lze vyjádřit vztahem

$$p_v = p_{v,sat} \cdot \frac{\varphi_a}{100} \quad (\text{Pa}) \quad (3.9)$$

kde je $p_{v,sat}$ částečný tlak nasycené vodní páry ve vzduchu (Pa), zjištěný obvykle z tabulek, viz tabulka P 06 v příloze
 φ_a relativní vlhkost vzduchu (%).

Částečný tlak nasycené vodní páry $p_{v,sat}$ je tlak, při němž je vzduch (při dané teplotě) vodní parou absolutně nasycen, to znamená, že hodnota relativní vlhkosti vzduchu je v daném případě $\varphi_a = 100\%$.

Zjištění výskytu kondenzace vodní páry v konstrukci se provádí pro okrajové podmínky, odpovídající největšímu rozdílu parciálních tlaků vodní páry ve vnitřním a vnějším prostředí, což odpovídá současně i největšímu rozdílu teplotnímu; výpočet se tedy vždy provádí pro podmínky zimního období.

Ke kondenzaci vodní páry v konstrukci dochází, dosáhne -li skutečný částečný tlak vodní páry v libovolném průřezu konstrukce alespoň hodnoty tlaku nasyceného, to znamená že

$$p_v \geq p_{v,sat} \quad (\text{Pa}) \quad (3.10)$$

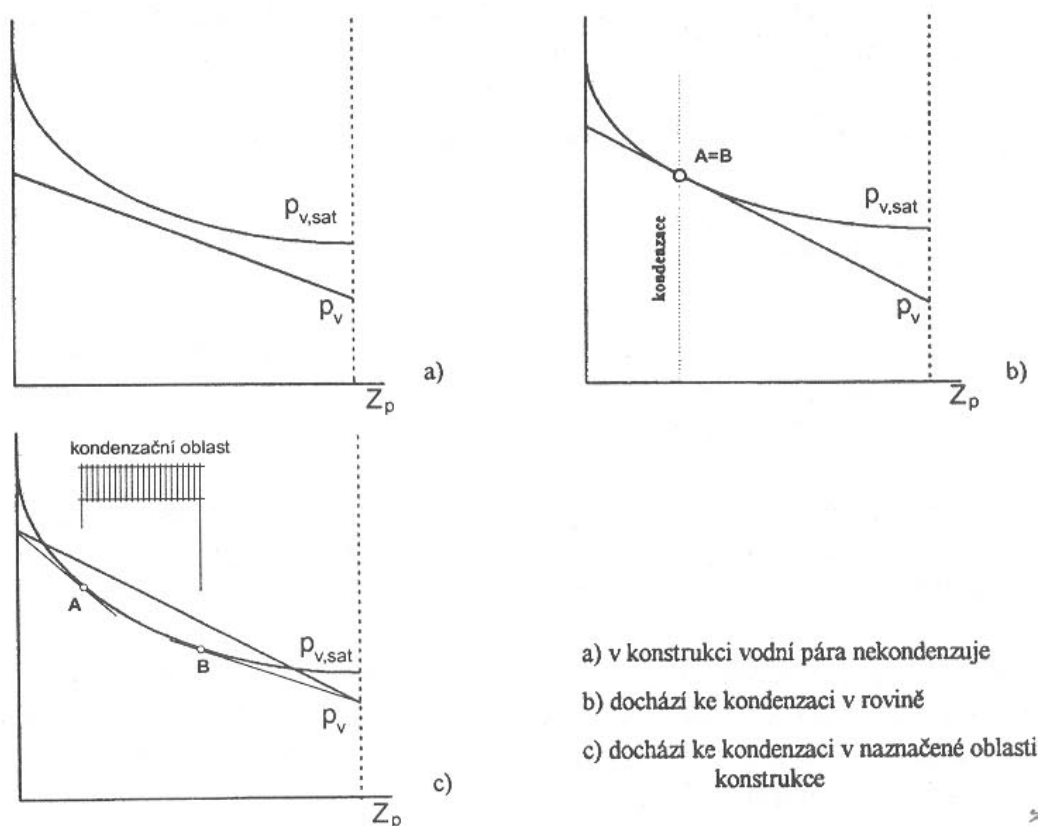
Zjištění výskytu kondenzace lze provádět buď graficko početní metodou nebo pomocí počítače (v současné době je vzhledem k pracnosti, časové náročnosti a omezené přesnosti graficko početní metody používána pro zjištění výskytu kondenzace pouze výpočetní technika).

Obě uvedené metody však vycházejí ze stejného výpočetního postupu, který zahrnuje následující postupné kroky:

- určení průběhu teplot v konstrukci
- určení průběhu skutečných částečných tlaků vodní páry v konstrukci
- určení průběhu částečných tlaků nasycené vodní páry v konstrukci
- vymezení kondenzační zóny
- určení zkondenzovaného množství vodní páry.

Poslední dva kroky výpočtu se samozřejmě provádějí pouze v případě, že v konstrukci dochází ke kondenzaci. Není-li tomu tak, výpočet je ukončen po třetím postupném kroku výpočtu konstatováním, že v konstrukci nedochází k výskytu kondenzace vodní páry.

S ohledem na vzájemný vztah mezi čarou skutečných částečných tlaků vodní páry p_v a křivkou částečných tlaků nasycené vodní páry $p_{v,sat}$ lze identifikovat tři základní situace - viz obr. 3.1:

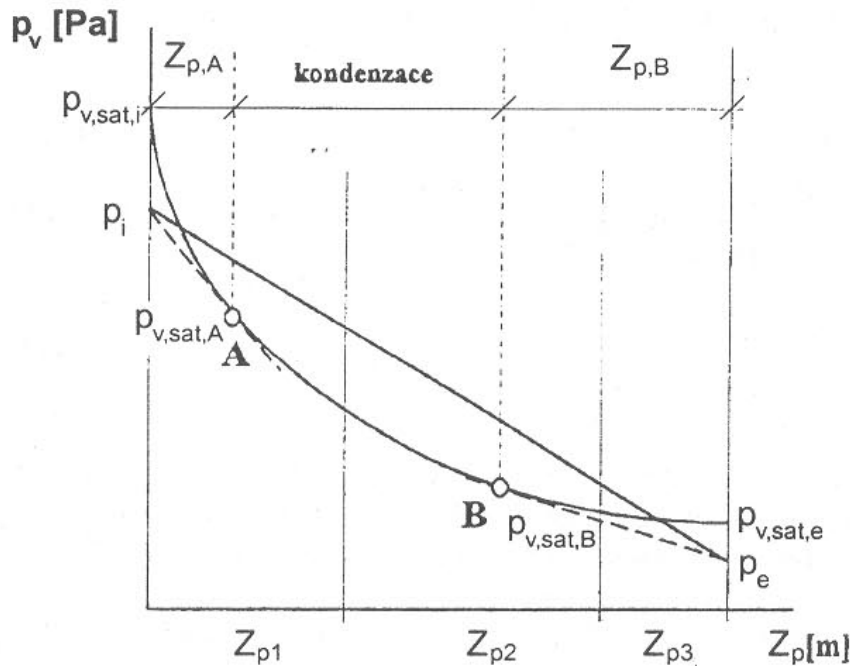


Obr. 3.1: Vyšetření výskytu kondenzace vodní páry v konstrukci

- obr 3.1.a: křivka částečných tlaků nasycené vodní páry a čára skutečných částečných tlaků vodní páry se vzájemně neprotínají, v celém rozsahu konstrukce platí $p_v < p_{v,sat}$, což znamená, že v konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry,
- obr. 3.1.b: přímka, znázorňující průběh skutečných částečných tlaků vodní páry je tečnou křivky částečných tlaků nasycené vodní páry. Dochází k tak zvané plošné či rovinné kondenzaci, která nastává v rovině proložené dotykovým bodem $A = B$.
Poznámka: K rovinné kondenzaci může dojít i v případě, kdy se čáry obou tlaků vzájemně protínají, dotykové body A a B se však ztotožní.

- Obr. 3.1.c: čára skutečných částečných tlaků vodní páry protíná křivku částečných tlaků vodní páry - v konstrukci dochází ke kondenzaci.

V případě, že v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry, provede se určení kondenzační zóny a stanovení zkondenzovaného množství vodní páry následujícím způsobem - viz obr. 3.2:



Obr. 3.2: Stanovení zkondenzovaného množství vodní páry v konstrukci

- z bodů p_i a p_e se vedou tečny ke křivce částečných tlaků nasycené vodní páry $p_{v,sat}$
- dotykové body těchto tečen se označí A (levý dotykový bod) a B (pravý dotykový bod).
- vodorovná osa grafu, na níž je konstrukce vynesena v měřítku difúzních odporů jednotlivých vrstev je těmito dotykovými body rozdělena na tři části, a to:
 - Z_{pA} , což je difúzní odpor od vnitřního povrchu konstrukce k dotykovému bodu A
 - oblast kondenzace mezi dotykovými body A a B
 - Z_{pB} , což je difúzní odpor od dotykového bodu B k vnějšímu povrchu konstrukce
- vertikální pořadnice dotykových bodů A a B označíme $p_{v,sat,A}$ a $p_{v,sat,B}$ - jedná se o hodnoty částečného tlaku nasycené vodní páry v těchto bodech
- označíme-li hustotu toku vodní páry, který vstupuje z interiéru do konstrukce jako

$$g_A = \frac{p_i - p_{v,sat,A}}{Z_{pA}} \quad (3.11)$$

a hustotu toku vodní páry, který prostupuje od bodu B k vnějšímu povrchu konstrukce jako

$$g_B = \frac{p_{v,\text{sat},B} - p_e}{Z_{pB}} \quad (3.12)$$

pak logicky množství vodní páry, které ve formě kondenzátu zůstává v konstrukci je dáno jako

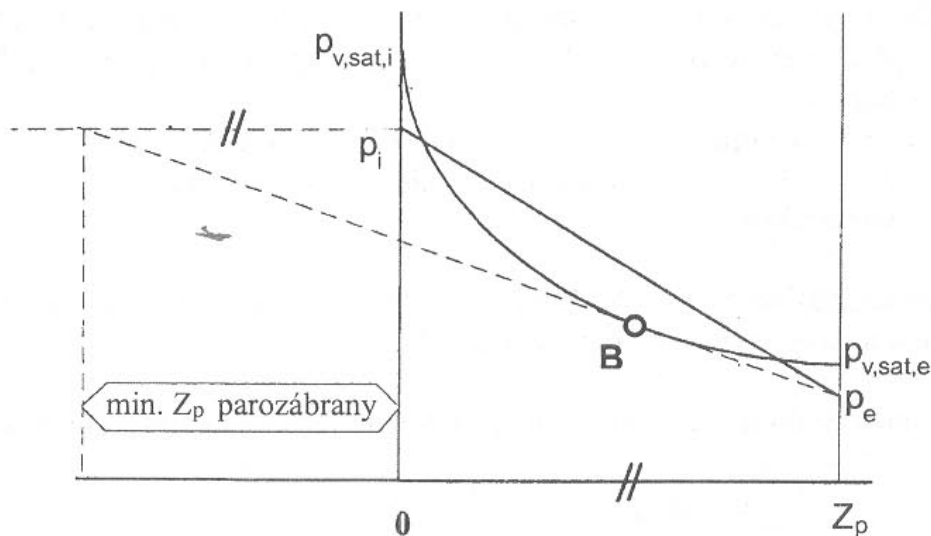
$$\Delta g = g_A - g_B \quad (\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}) \quad (3.13)$$

V případě, že v konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry, lze vyčíslit množství vodní páry, které konstrukcí difunduje, což je

$$g = \frac{p_i - p_e}{Z_p} \quad (\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}) \quad (3.14)$$

Ze vztahů 3.11 a 3.14 je zřejmé, že množství vodní páry, které vstupuje do konstrukce nebo jí difunduje, je nepřímo úměrné hodnotě difúzního odporu konstrukce. Konstrukcemi s vysokým difúzním odporem tedy prochází malé množství vodní páry, zatímco u konstrukcí s nízkou hodnotou difúzního odporu je difundující množství vodní páry vysoké (analogicky samozřejmě platí toto tvrzení i pro tepelný odpor konstrukce a pro prostupující množství tepla).

Je-li kondenzace vodní páry v konstrukci principiálně nepřipustná a při výpočtovém ověření se prokázalo, že v konstrukci ke kondenzaci dochází, lze kondenzaci vyloučit návrhem parozábrany, která bude umístěna na vnitřním líci konstrukce. Minimální potřebný difúzní odpor této přídavné parotěsné vrstvy ΔZ_p určíme jednoduchým postupem s použitím grafů průběhu skutečných částečných tlaků vodní páry a částečných tlaků nasycené vodní páry - viz obr. 3.3.



Obr. 3.3: Dimenzování dodatečné parozábrany

3.3. DIFÚZE VODNÍ PÁRY SPÁRAMI A OTVORY

V praxi se vyskytuje řada konstrukcí, které jsou buď zcela, nebo téměř nepropustné pro difundující vodní páru. Buď se jedná o konstrukce ze zcela paronepropustných materiálů (např. horní plášť dvouplášťové střechy z tvarovaných plechových prvků), nebo některá z vrstev konstrukce je zcela nebo omezeně paronepropustná (např. mechanicky kotvená parotěsná fólie ve skladbě lehkého obvodového pláště). V tomto není možno uvažovat příslušnou konstrukci jako bezsparou plošnou vrstvu, ale je třeba do výpočtu zahrnout vliv difúze vodní páry spárami, případně otvory.

Difúzní odpor parotěsné vrstvy, která se skládá z dílčích prvků a pravidelného systému spar se stanoví podle vztahu

$$Z_{p,dl} = \frac{A}{\delta_{dl} \cdot l} \quad (\text{m s}^{-1}) \quad (3.15)$$

kde je

A	plocha charakteristického výseku konstrukce (m ²)
δ_{dl}	spárová difúzní vodivost (s) viz tab. T 3.1
l	délka spáry v charakteristickém výseku konstrukce (m)

Experimentální výzkum, provedený v oblasti difúze vodních par bodově poškozenými materiály prokázal, že pokud podíl otvorů činí více než 1% celkové plochy základního materiálu, difúzní vlastnosti perforovaného prvku již nezávisí na jeho materiálu a například takto poškozená parotěsná fólie je z pohledu jejich difúzních vlastností zcela nefunkční.

Podrobnosti k problematice spárové difúze a parotěsnosti bodově poškozených materiálů viz např. [7 a 8].

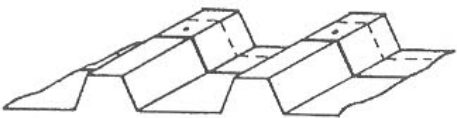
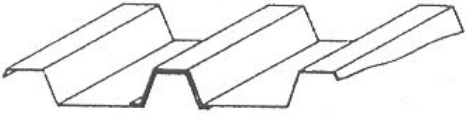
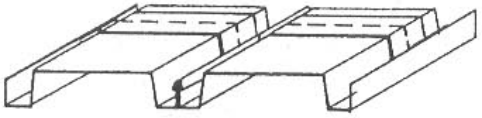
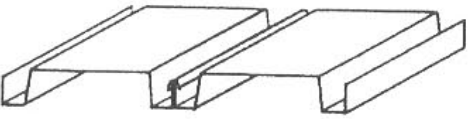
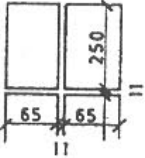
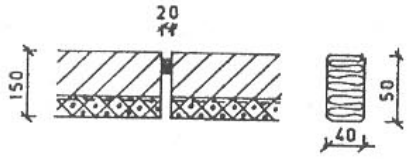
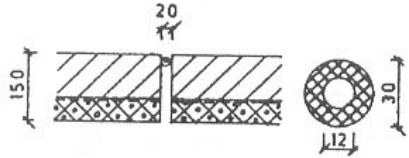
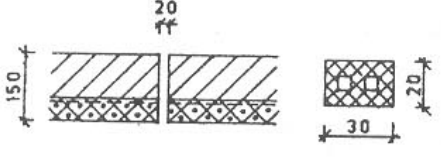
3.4. ROČNÍ BILANCE KONDENZACE A VYPAŘOVÁNÍ VODNÍ PÁRY

V případě, že v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry, je dalším krokem výpočtového posouzení výpočet roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry.

Metodika dle ČSN 73 0540 předpokládá dvě modifikace výpočtu a sice:

- výpočet bez vlivu slunečního záření a
- výpočet s vlivem slunečního záření.

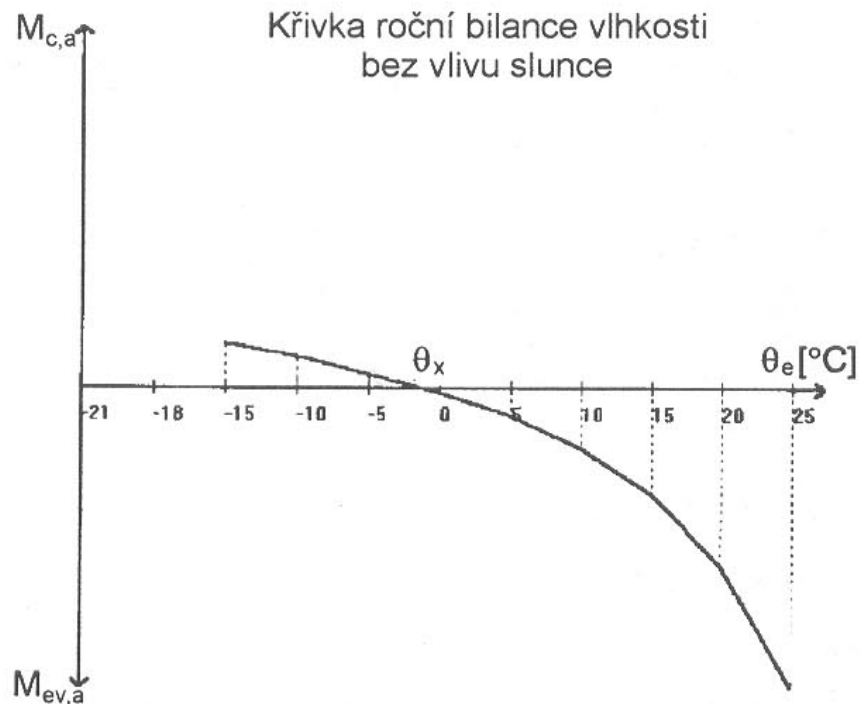
Zatímco první způsob výpočtu je třeba použít pro dvouplášťové stavební konstrukce nebo v případě, že konstrukce je po celou dobu životnosti před slunečním zářením chráněna, výpočet s uvážením příznivého vlivu sluneční radiace, kdy při oslunění v důsledku zvýšení teploty osluněné konstrukce dochází k snížení intenzity kondenzace a zvýšení intenzity vypařování vlhkosti z konstrukce, lze využít pro stavební konstrukce, které nejsou a nebudou po dobu jejich životnosti zastíněny či jiným způsobem před působením slunečního záření chráněny. Tento způsob výpočtu se s výhodou využívá především u jednoplášťových plochých střešních konstrukcí.

	Popis spáry	Schéma	Těsnění	$\delta_{dl} \cdot 10^9$ (s)
1	Tvarovaný ocelový plech VSŽ, příčná spára, plechy vzájemně spojeny šrouby		volná	0,042 06
			tmelená TPT	0,003 116
2	Tvarovaný ocelový plech VSŽ, podélná spára		volná	0,1354
			tmelená TPT	0,03476
3	Ocelová střešní krytina, příčná spára krytá příšroubovaným prvkem		volná	0,036 03
			tmelená TPT	0
4	Ocelová střešní krytina, podélná spára krytá lištou		volná	0,059 2
			tmelená TPT	0,036 03
5	Obklad glazovanými pásky, spárovány		vodotěsná omítka	0,015 47
6	Spára mezi železobetonovými panely		fibrex v PE fólii	0,189 5
7	Spára mezi železobetonovými panely		kruhový profil z mikro-porézní pryže	0,0691
8	Spára mezi železobetonovými panely		obdélníkový profil z mikro-porézní pryže	0,0482

Tab. 3.1: Difúzní spárová vodivost některých typů spár

Výpočet bilance vychází z množství zkondenzované, případně vypařené vlhkosti pro řadu vnějších teplot od výpočtové teploty vnějšího vzduchu až po teplotu $\theta_e = + 25^\circ\text{C}$. Příslušné dílčí hodnoty pro každou tuto teplotu se získají přenásobením hodnoty zkondenzovaného (vypařeného) množství vodní páry četností výskytu příslušné teploty v průběhu ročního cyklu. Zkondenzované množství má výslednou dílčí hodnotu s kladným znaménkem, vypařenou vodní páru lze identifikovat podle znaménka záporného.

Roční zkondenzované množství $M_{c,a}$ je pak sumací kladných dílčích hodnot zkondenzovaného množství vodní páry, ročně vypařené množství vodní páry $M_{ev,a}$ získáme součtem absolutních hodnot záporných dílčích množství.



Obr. 3.4: Křivka roční bilance vlhkosti

Průběh roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry lze znázornit křivkou roční bilance vlhkosti (obr. 3.4). Na vodorovné ose grafu jsou vyneseny teploty vnějšího vzduchu, nad osou příslušná zkondenzovaná množství a pod osou vypařená množství vodní páry pro příslušné teploty. Teplota θ_x , daná bodem v němž bilanční křivka protíná vodorovnou osu grafu, je rovnovážná teplota na rozhraní mezi kondenzací a vypařováním vodní páry.

Výsledná hodnota roční bilance je buď aktivní (kladná), to znamená, že veškerá vlhkost, zkondenzovaná v průběhu ročního cyklu se během téhož cyklu vypaří neboli

$$M_{c,a} \leq M_{ev,a} \quad (\text{kg m}^{-2} \text{ a}) \quad (3.16)$$

nebo je

$$M_{c,a} > M_{ev,a} \quad (\text{kg m}^{-2} \text{ a}) \quad (3.17)$$

roční bilance je pak pasivní (záporná), zkondenzovaná vlhkost není schopna se v průběhu ročního cyklu v plném rozsahu vypařit a dochází k jejímu dlouhodobému hromadění uvnitř konstrukce.

Při výpočtu s uvažováním vlivu slunečního záření se řada vnějších teplot, pro něž je bilance vyčíslována, doplní o ekvivalentní teplotu vnějšího vzduchu, která transformuje vliv slunečního záření formou zvýšení teploty vnějšího vzduchu. Četnost trvání teplot je pak rozčleněna na období se zataženou a jasnou oblohou.

Ekvivalentní teplota vnějšího vzduchu $\theta_{e,ev}$ se určí ze vztahu

$$\theta_{e,ev} = \theta_e + a \cdot A \cdot J_m \cdot R_{se} \quad (^\circ\text{C}) \quad (3.18)$$

kde je

- a redukční součinitel expozice dle tab. T 3.2
 A pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu konstrukce - viz tab. P 07
 J_m střední intenzita globálního slunečního záření (W m^{-2}) - tab. P 08.

Expozice konstrukce	Redukční součinitel expozice a [-]
Horizontální	1,0
Západ	1,0
Jih	0,8
Východ	0,5

Tab. 3.2: Redukční součinitele expozice

3.4. NORMOVÉ POŽADAVKY

Kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce se vždy hodnotí s bezpečnostní vlhkostní přírážkou $\varphi_i = 5\%$. Kromě případů hodnocení konstrukcí ve vlhkých nebo mokřích provozech se tedy běžně uvažuje $\varphi_i + \Delta\varphi_i = 55\%$.

Norma ČSN 73 0540 doporučuje navrhovat stavební konstrukce tak, aby v nich nedocházelo ke kondenzaci vodní páry.

V případě, že ke kondenzaci vodní páry v konstrukci dochází, musí být splněny tři následující požadavky:

- kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce (např. změnou statických nebo fyzikálních vlastností materiálu, vznikem plísní, degradací materiálu nebo výrazným snížením životnosti konstrukce),
- roční bilance kondenzace a vypařování musí být aktivní
- ročně zkondenzované množství vodní páry nesmí přesáhnout normativní limit, který činí

$$M_{c,a} \leq 0,1 \text{ kg m}^{-2}\text{a} \text{ pro jednoplášťové střechy, konstrukce (3.19)} \\ \text{s vnějším tepelně izolačním systémem, vnějším obkladem} \\ \text{či jinými difuzně málo propustnými vnějšími vrstvami}$$

případně nižší z hodnot

$$M_{c,a} \leq 0,5 \text{ kg m}^{-2}\text{a} \text{ nebo} \\ 0,5\% \text{ plošné hmotnosti materiálu pro ostatní konstrukce (3.20)}$$

U konstrukcí s větranou vzduchovou vrstvou norma požaduje, aby po celé délce této vrstvy nedocházelo ke kondenzaci vodní páry.

3.5. ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ Z HLEDISKA DIFÚZE A KONDENZACE VODNÍ PÁRY

Hlavní zásadou pro navrhování vrstvených stavebních konstrukcí z hlediska difúze a kondenzace vodní páry je správné řazení jednotlivých vrstev konstrukce z hlediska jejich difúzního odporu. Optimální skladba je v tomto případě taková skladba, kde difúzní odpor vrstev klesá směrem od vnitřního k vnějšímu povrchu. Znamená to, že vrstva s nejvyšším difúzním odporem je situována na vnitřním líci konstrukce, vrstva s nejnižším difúzním odporem naopak na líci vnějším. Někteří autoři, např. ČSN 730540, doporučují, aby se velikost součinu součinitele tepelné vodivosti a faktoru difúzního odporu jednotlivých vrstev od interiéru směrem k interiéru snižovala.

Tuto zásadu je třeba chápat jako teoretický návod pro ideální návrh konstrukce-její striktní dodržení v praxi je někdy téměř nemožné a vyskytuje se řada konstrukcí, jejichž vrstvy jsou řazeny v přímém protikladu s uvedenou zásadou. Klasickým příkladem je konstrukce jednoplášťové ploché střechy, kde na vnějším líci konstrukce je vrstva s nejvyšším difúzním odporem – vrstva hydroizolační. I takovouto skladbu lze navrhnout tak, aby splňovala normativní požadavky, kvalifikovaný návrh konstrukce však vyžaduje určité zkušenosti a obvykle jsou normativní požadavky z hlediska zkondenzovaného množství a roční bilance kondenzace a vypařování vlhkosti splněny jen s minimální rezervou – míra spolehlivosti takovéto konstrukce je svým způsobem omezená.

V případě, že je třeba navrhnout skladbu konstrukce, na jejímž vnějším líci je vrstva s velmi vysokým nebo i absolutním difúzním odporem (sklo, plech apod.), jsou teoreticky možné dva přístupy řešení:

- před vnější parotěsnou vrstvu vřadit odvětranou vzduchovou vrstvu a konstrukci řešit jako dvouplášťovou.
- také na vnitřní líc konstrukce navrhnout vrstvu se stejným, nebo je – li to možné vyšším difúzním odporem, než je na líci vnějším. V tomto případě je však třeba zajistit, aby materiály, které jsou uvnitř skladby konstrukce v podstatě parotěsně uzavřeny, měly v době zabudování minimální vlhkostní obsah. Nedodržení tohoto požadavku by mohlo způsobit ohrožení základních funkcí konstrukce a výrazné omezení její životnosti.

Z hlediska výpočtového hodnocení navrhovaných konstrukcí je třeba v případě, že skladba konstrukce obsahuje parotěsné vrstvy se spárami, styky nebo spoji, uvažovat vliv spár na snížení difúzního odporu těchto vrstev a vždy do výpočtu zahrnout vliv spárové difúzní vodivosti. Nedodržení této zásady velmi často vede k výraznému zkreslení skutečného chování konstrukce a výskytu obtížně odstranitelných poruch.

3.6. PŘÍKLADY VÝPOČTŮ

Výpočtové posouzení výskytu difúze a kondenzace vodní páry i roční bilance kondenzace a vypařování se v současné době provádí výhradně s použitím výpočetní techniky. Existuje řada programů, které tento výpočet umožňují, obvykle jako součást

rozsáhlejších programů, sloužících ke komplexnímu hodnocení základních tepelně technických vlastností konstrukcí. Kromě problematiky difúze je většinou hodnocen i prostup tepla konstrukcí (součinitel prostupu tepla, vnitřní povrchová teplota) a některé parametry neustáleného teplotního stavu (teplotní útlum, fázový posun teplotního kmitu).

Ústav stavitelství II Fakulty architektury ČVUT v Praze je pro potřeby výuky vybaven souborem programů ze stavební tepelné techniky, jejichž autorem je Doc.ing. Dr. Z. Svoboda. Veškeré příklady využití výpočetní techniky v tomto textu budou proto směřovat k tomuto programovému vybavení.

Pro potřeby komplexního posouzení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí je používán program TEPLŮ 2005, provádějící výpočet jak podle metodiky ČSN 73 0540, tak i podle ČSN EN ISO 13 788 [15]. Obě metodiky výpočtu jsou považovány za rovnocenné.

Výpočet pracuje s referenčním klimatickým rokem a provádí výpočet po jednotlivých měsících, přičemž počáteční měsíc a počet ročních cyklů výpočtu lze libovolně zvolit.

Ve výpočtu lze využít možnost vyhodnocení redistribuce vlhkosti v konstrukci nebo zadat nestandardní hodnoty počáteční vlhkosti jednotlivých materiálů.

3.6.1. Zadávání vstupních údajů

Pro výpočet se zadávají následující vstupní údaje:

- typ konstrukce
- skladba konstrukce - zadávají se postupně jednotlivé vrstvy konstrukce od interiéru směrem k exteriéru. Pro zadání fyzikálních vlastností materiálů lze použít údaje obsažené v položce " Katalog ", je třeba doplnit pouze tloušťku vrstev.

- parametry exteriéru

- teplota θ_e
- odpor při přestupu tepla R_{se}
- relativní vlhkost φ_e
- pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu konstrukce
- součinitel orientace konstrukce Z_4

- parametry interiéru

- teplota θ_a
- odpor při přestupu tepla R_{si}
- relativní vlhkost vzduchu ϕ_i

Při zadávání všech vstupních údajů je možno s výhodou použít nápovědy, která se otvírá pomocí klávesy F1.

- doplňující parametry výpočtu

3.6.2. Tiskový výstup výpočtu

Tiskový výstup výpočtu obsahuje:

- rekapitulaci vstupních údajů
- hodnoty základních tepelně technických parametrů konstrukce
- výsledek vyšetření kondenzace vodní páry v konstrukci

3.6.3. Grafický výstup výpočtu

Program umožňuje přímý tisk

- průběhu teplot v konstrukci
- průběhu částečných tlaků vodní páry v konstrukci, včetně případného vymezení kondenzační zóny - lze zvolit zobrazení konstrukce buď v měřítku tloušťek jednotlivých vrstev nebo v měřítku jejich difúzních odporů
- křivku roční bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti
- graf akumulovaného množství zkondenzované vodní páry
- graf měsíčních hodnot zkondenzovaného případně vypařeného množství vodní páry

3.6.4. Příklad 3.1:

Proveďte hodnocení difúze a kondenzace vodní páry pro konstrukci z příkladu 2.1. Současně porovnejte programem vyčíslenou hodnotu tepelného odporu s výsledkem, získaným ručním výpočtem.

Zadání vstupních údajů:

Popis konstrukce a okrajových podmínek

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Skladba konstrukce | Okrajové podmínky výpočtu | Doplnující parametry výpočtu

Obecné údaje:

Konstrukce: Zakázka: SFII
 Zpracovatel: FK Datum: říjen 2005

Typ konstrukce: Stěna (tepelný tok vodorovně)

Korekce souč. prostupu tepla na vliv systematických tep. mostů DeltaU: 0,000 W/m²K při výpočtu uvažovat redistribuci vlhkosti

Základní parametry konstrukce | Doplnující parametry

Skladba konstrukce (od interiéru):

Vrstva	Název	D [m]	Lambda	M.teplo	M.hmotnost	Faktor Mi
1	<input checked="" type="checkbox"/> Ytong omítka v	0,0030	0,350	1000,0	1000,0	10,0
2	<input checked="" type="checkbox"/> Ytong P2-400	0,3000	0,120	1000,0	400,0	7,0
3	<input checked="" type="checkbox"/> Ytong omítka v	0,0040	0,190	1000,0	800,0	35,0
4	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
5	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
6	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
7	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
8	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
9	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
10	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0

Formulář: +

Formulář č. 1
Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Popis konstrukce a okrajových podmínek

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Skladba konstrukce **Okrajové podmínky výpočtu** Doplnující parametry výpočtu

Vnitřní vlhkostní podmínky:

je známa vnitřní vlhkost (např. v klimatizovaných a vlhkých provozech)

je známa třída vnitřní vlhkosti: 4. třída (vysoká vlhkost - byt domy, kuchyně, sport.haly)

je známa produkce vodní páry a výměna vzduchu

Výměna n: 0,0 1/h Produkce v.p. G: 0,000 kg/h Objem V: 0,0 m³

Teplotné odpory při přestupu tepla (pro výpočet souč. prostupu):

... na vnitřní straně Rsi: 0,13 ... na vnější straně Rse: 0,04 m²K/W

Vložit standardní podmínky

Okrajové podmínky | Informace k zadávání podmínek

Návrhové hodnoty pro výpočet bilance dle ČSN 730540:

Návrhové hodnoty pro interier	Teplota Tai: 21,0 C	Návrhové hodnoty pro exteriér	Teplota Te: -15,0 C
	Vlhkost Fii: 50,0 %		Vlhkost Fie: 84,0 %

Měsíční průměrné hodnoty pro výpočet bilance dle ČSN EN ISO 13788:

Měsíc:	Dny:	Interiér		Exteriér		Měsíc:	Dny:	Interiér		Exteriér	
		Tai	Fii	Te	Fie			Tai	Fii	Te	Fie
I.	31,0	21,0	48,8	-2,5	81,3	VII.	31,0	21,0	60,8	17,6	70,3
II.	28,0	21,0	51,2	-0,8	80,8	VIII.	31,0	21,0	60,7	17,5	70,4
III.	31,0	21,0	51,9	3,0	79,5	IX.	30,0	21,0	56,2	13,1	74,2
IV.	30,0	21,0	53,2	8,6	77,0	X.	31,0	21,0	53,0	8,3	77,1
V.	31,0	21,0	56,2	13,0	74,3	XI.	30,0	21,0	51,9	3,0	79,5
VI.	30,0	21,0	59,0	15,9	72,0	XII.	31,0	21,0	51,6	-0,5	80,7

Formulář: +

1 3.1

2 3.2

3 3.1

4 5.2

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Popis konstrukce a okrajových podmínek

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Skladba konstrukce **Okrajové podmínky výpočtu** Doplnující parametry výpočtu

Teplotný odpor při přestupu tepla (pro výpočet kondenzace):

... na vnitřní straně Rsi: 0,25 ... na vnější straně Rse: 0,04 m²K/W

ČSN EN ISO 13788 předepisuje pro výpočty kondenzace vodní páry standardní hodnotu tepelného odporu při přestupu na vnitřní straně Rsi=0,25 m²K/W a na vnější straně Rse=0,04 m²K/W.

Počáteční měsíc a délka výpočtu:

počáteční měsíc stanovovat výpočtem podle ČSN EN ISO 13788

Při výpočtu kondenzace uvažovat výchozí měsíc výpočtu: 10

Počet hodnocených let: 1

Bezpečnostní přírázka k vnitřní relativní vlhkosti dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Bezpečnostní přírázka k vnitřní relativní vlhkosti: 5,0 %

Normy ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788 předepisují pro výpočet difuze vodní páry přírázku k vnitřní relativní vlhkosti 5%. Tato přírázka zohledňuje nepříznivé kolísání teplot a vlhkosti.

Hustota dělení konstrukce:

Max. počet vrstev, na které bude provedeno dělení konstrukce (10-150): 100

Formulář: +

1 3.1

2 3.2

3 3.1

4 5.2

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Výstupní protokol výpočtu:

**ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ
POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE**

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2005

Název úlohy : 3.1
 Zpracovatel : FK
 Zakázka : SFII
 Datum : říjen 2005

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Ytong omítka v	0.0030	0.3500	1000.0	1000.0	10.0	0.0000
2	Ytong P2-400	0.3000	0.1200	1000.0	400.0	7.0	0.0000
3	Ytong omítka v	0.0040	0.1900	1000.0	800.0	35.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
 dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	21.0	53.8	1337.2	-2.5	81.3	403.2
2	28	21.0	56.2	1396.9	-0.8	80.8	461.7
3	31	21.0	56.9	1414.3	3.0	79.5	602.1
4	30	21.0	58.2	1446.6	8.6	77.0	859.9
5	31	21.0	61.2	1521.2	13.0	74.3	1112.2
6	30	21.0	64.0	1590.8	15.9	72.0	1300.1
7	31	21.0	65.8	1635.5	17.6	70.3	1414.1
8	31	21.0	65.7	1633.0	17.5	70.4	1407.2
9	30	21.0	61.2	1521.2	13.1	74.2	1118.0
10	31	21.0	58.0	1441.6	8.3	77.1	843.7
11	30	21.0	56.9	1414.3	3.0	79.5	602.1
12	31	21.0	56.6	1406.8	-0.5	80.7	472.8

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 2.53 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.37 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.39 / 0.42 / 0.47 / 0.57 W/m²K
 Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.2E+0010 m/s
 Teplotní útlum konstrukce Ny* : 73.0
 Fázový posun teplotního kmitu Psi* : 10.6 h

Teplota vnitřního povrchu dle ČSN 730540 a teplotní faktor dle ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 17.81 C

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T _{si} [C]	f,R _{si}	RH _{si} [%]
	T _{si} ,m[C]	f,R _{si} ,m	T _{si} ,m[C]	f,R _{si} ,m			
1	14.7	0.732	11.3	0.587	18.9	0.911	61.2
2	15.4	0.742	11.9	0.585	19.1	0.911	63.3
3	15.6	0.698	12.1	0.507	19.4	0.911	62.8
4	15.9	0.590	12.5	0.313	19.9	0.911	62.3
5	16.7	0.464	13.2	0.031	20.3	0.911	63.9
6	17.4	0.298	13.9	-----	20.5	0.911	65.8
7	17.9	0.076	14.4	-----	20.7	0.911	67.0
8	17.8	0.095	14.3	-----	20.7	0.911	67.0
9	16.7	0.457	13.2	0.018	20.3	0.911	63.9
10	15.9	0.596	12.4	0.325	19.9	0.911	62.2
11	15.6	0.698	12.1	0.507	19.4	0.911	62.8
12	15.5	0.744	12.1	0.584	19.1	0.911	63.7

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,
 T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f,R_{si} je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	e
tepl.[C]:	17.8	17.7	-14.2	-14.5
p [Pa]:	1367	1351	214	138
p,sat [Pa]:	2038	2024	177	173

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny [m]		Kondenzující množství vodní páry [kg/m ² s]
	levá	pravá	
1	0.1909	0.2940	7.416E-0008

Celoroční bilance vlhkosti:

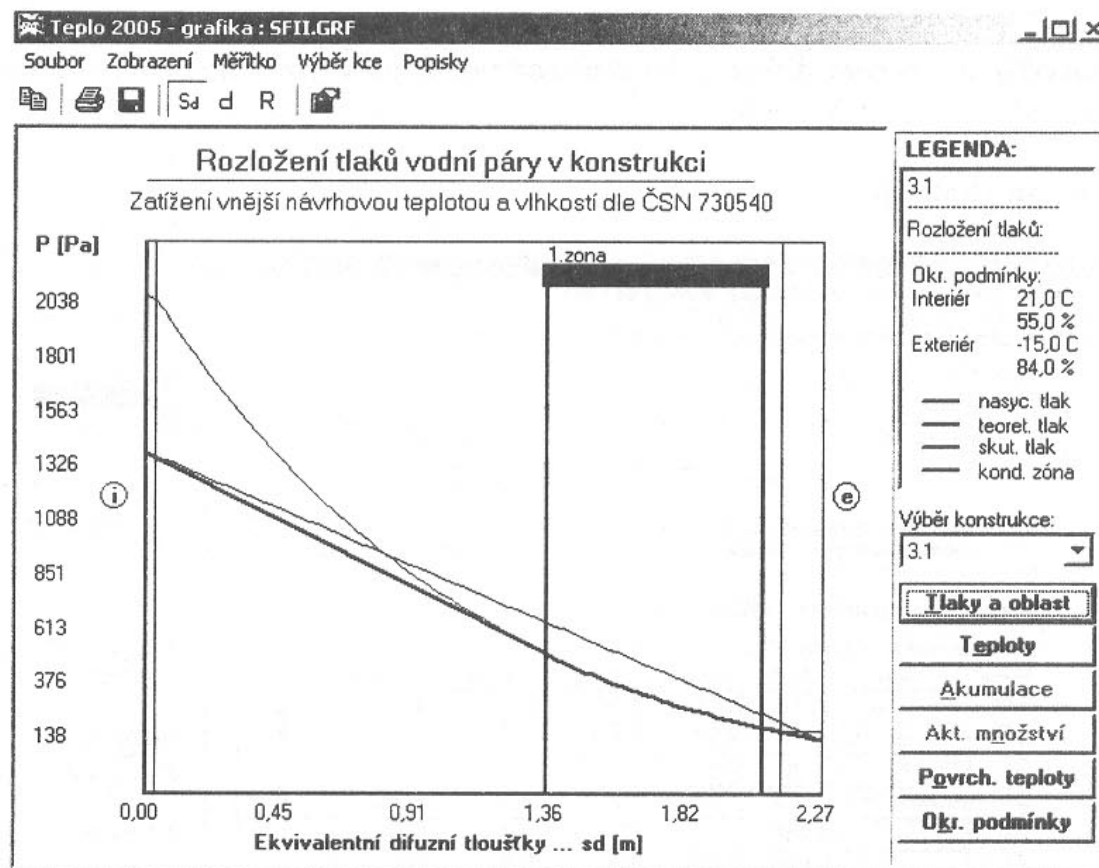
Množství zkondenzované vodní páry M_{c,a}: 0.072 kg/m²,rok
 Množství vypařitelné vodní páry M_{ev,a}: 5.477 kg/m²,rok
 Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.
STOP, Teplo 2005

Grafický výstup výpočtu:

**Posouzení:**

Hodnocená konstrukce splňuje normativní kritéria, týkající se difúze a kondenzace vodní páry:

- při hodnocení dle ČSN EN ISO 13 788 nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry

Hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce, vyčíslená ručním i počítačovým výpočtem je shodná.

3.6.5. PŘÍKLAD 3.2:

Proved'te hodnocení difuze a kondenzace vodní páry pro konstrukci z příkladu 2.2. Porovnejte hodnoty tepelných odporů.

Zadání vstupních údajů:

Popis konstrukce a okrajových podmínek

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Skladba konstrukce Okrajové podmínky výpočtu Doplnující parametry výpočtu

Obecné údaje:

Konstrukce: 3.2 Zakázka: SF II
 Zpracovatel: FK Datum: říjen 2005

Typ konstrukce: Střecha, strop (tepelný tok zdola nahoru)

Korekce souč. prostupu tepla na vliv systematických tep. mostů DeltaU: 0,000 W/m²K při výpočtu uvažovat redistribuci vlhkosti

Základní parametry konstrukce | Doplnující parametry

Skladba konstrukce (od interiéru):

Vrstva	Název	D [m]	Lambda	M.teplo	M.hmotnost	Faktor Mi
1	<input checked="" type="checkbox"/> Sádrokarton	0,0120	0,220	1060,0	750,0	9,0
2	<input checked="" type="checkbox"/> Sarnavap 1000	0,00022	0,350	1470,0	1800,0	900000,0
3	<input checked="" type="checkbox"/> ORSIL N	0,2400	0,043	1150,0	100,0	1,1
4	<input checked="" type="checkbox"/> Jutadach 135	0,0002	0,390	1700,0	675,0	100,0
5	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
6	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
7	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
8	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
9	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
10	<input type="checkbox"/>	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0

Formulář: 1 3.1, 3 5.1, 4 5.2

Formulář č. 2
 Blok 1-1

Akt. pomůcky:

Výstupní protokol výpočtu:

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2005

Název úlohy : 3.2
 Zpracovatel : FK
 Zakázka : SF II
 Datum : říjen 2005

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Strop, střecha - tepelný tok zdola
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Sádrokarton	0.0120	0.2200	1060.0	750.0	9.0	0.0000
2	Sarnavap 1000	0.0002	0.3500	1470.0	1800.0	900000.0	0.0000
3	ORSIL N	0.2400	0.0430	1150.0	100.0	1.1	0.0000
4	Jutadach 135	0.0002	0.3900	1700.0	675.0	100.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.10 m ² K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi :	0.25 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.10 m ² K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse :	0.04 m ² K/W

Návrhová venkovní teplota Te :	-15.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi :	55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	21.0	53.8	1337.2	-2.5	81.3	403.2
2	28	21.0	56.2	1396.9	-0.8	80.8	461.7
3	31	21.0	56.9	1414.3	3.0	79.5	602.1
4	30	21.0	58.2	1446.6	8.6	77.0	859.9
5	31	21.0	61.2	1521.2	13.0	74.3	1112.2
6	30	21.0	64.0	1590.8	15.9	72.0	1300.1
7	31	21.0	65.8	1635.5	17.6	70.3	1414.1
8	31	21.0	65.7	1633.0	17.5	70.4	1407.2
9	30	21.0	61.2	1521.2	13.1	74.2	1118.0
10	31	21.0	58.0	1441.6	8.3	77.1	843.7
11	30	21.0	56.9	1414.3	3.0	79.5	602.1
12	31	21.0	56.6	1406.8	-0.5	80.7	472.8

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %
 Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.
 Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R :	5.64 m ² K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U :	0.17 W/m ² K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.19 / 0.22 / 0.27 / 0.37 W/m²K
 Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT :	1.0E+0012 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* :	99.7
Fázový posun teplotního kmitu Psi* :	6.8 h

Teplota vnitřního povrchu dle ČSN 730540 a teplotní faktor dle ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.48 C

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.7	0.732	11.3	0.587	20.0	0.958	57.2
2	15.4	0.742	11.9	0.585	20.1	0.958	59.5

Difuze a kondenzace vodní páry

3	15.6	0.698	12.1	0.507	20.2	0.958	59.6
4	15.9	0.590	12.5	0.313	20.5	0.958	60.1
5	16.7	0.464	13.2	0.031	20.7	0.958	62.5
6	17.4	0.298	13.9	-----	20.8	0.958	64.9
7	17.9	0.076	14.4	-----	20.9	0.958	66.4
8	17.8	0.095	14.3	-----	20.9	0.958	66.3
9	16.7	0.457	13.2	0.018	20.7	0.958	62.5
10	15.9	0.596	12.4	0.325	20.5	0.958	59.9
11	15.6	0.698	12.1	0.507	20.2	0.958	59.6
12	15.5	0.744	12.1	0.584	20.1	0.958	59.9

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,
Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	e
tepl.[C]:	19.5	19.2	19.1	-14.8	-14.8
p [Pa]:	1367	1366	140	139	138
p,sat [Pa]:	2263	2217	2216	169	168

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd : 1.238E-0009 kg/m2s

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

STOP, Teplo 2005

Posouzení:

V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

Hodnoty součinitelů prostupu tepla získané oběma způsoby výpočtu jsou v podstatě shodné.

4. NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA KONSTRUKCE

Teplota vnitřního povrchu stavebních konstrukcí bezprostředně ovlivňuje kvalitu interního mikroklimatu v budovách a má tedy i přímý vliv na uživatelský komfort stavebního objektu.

Poklesem vnitřní povrchové teploty konstrukce pod teplotu rosného bodu vnitřního vzduchu jsou splněny fyzikální podmínky pro vznik kondenzace vodní páry na vnitřním povrchu této konstrukce. Obvyklým důsledkem kondenzačního procesu je výskyt plísní na vlhkostí atakovaných površích. Často vzniká riziko výskytu plísní již v situaci, kdy vlhkost vnitřního vzduchu v bezprostředním kontaktu s vnitřním povrchem konstrukce dosahuje dlouhodobě hodnoty vyšší než 80%.

Vzhledem k tomu, že současné normové požadavky na součinitel prostupu tepla stavebních konstrukcí bytových a občanských staveb jsou s ohledem na zajištění potřebné vnitřní povrchové teploty konstrukcí více než dostatečné, je u běžných plošných stavebních konstrukcí - to je konstrukcí bez výrazných změn jejich geometrického tvaru a při užití homogenních materiálů ve směru kolmém na směr tepelného toku, to znamená v ploše konstrukce - navržených v souladu s normativními požadavky, dosahováno takové hodnoty vnitřní povrchové teploty, která je nejen se značnou rezervou nad teplotou rosného bodu vnitřního vzduchu, ale je i dostatečně vysoká s pohledu požadavků na kvalitu vnitřního mikroklimatu.

Je tedy zřejmé, že u plošných stavebních konstrukcí není zajištění potřebné hodnoty vnitřní povrchové teploty akutním problémem. Rozdílná situace je však v případě, kdy teplotní pole konstrukce je deformováno, ať již z důvodů geometrických nebo materiálových. V takovýchto případech již nejde o jednorozměrné šíření tepla, tak jak je známé u homogenních plošných konstrukcí, ale jedná se o dvojrozměrné, případně i trojrozměrné teplotní pole. Obvykle se v této situaci používá termín tepelný most, případně tepelná vazba, což je oblast konstrukce, ve které je dosaženo nižší vnitřní povrchové teploty, než je na ideálním fragmentu konstrukce při uvažování jednorozměrného šíření tepla.

Zcela specifickým problémem jsou z pohledu vnitřní povrchové teploty obalové konstrukce staveb, namáhaných vlhkým a mokřím vnitřním prostředím, kde - v případě požadavku na zamezení vnitřní povrchové kondenzace vodní páry - návrh takovéto konstrukce vychází pouze z předpokládaných parametrů vnitřního vzduchu a neužívá se běžných normových hodnot.

4.1. VÝPOČTOVÉ METODY

V závislosti na způsobu šíření tepla v konstrukci mohou být pro výpočtové hodnocení vnitřní povrchové teploty konstrukce použity odpovídající výpočtové metody, které se vztahují k

- jednorozměrnému šíření tepla
- dvojrozměrnému šíření tepla
- trojrozměrnému šíření tepla.

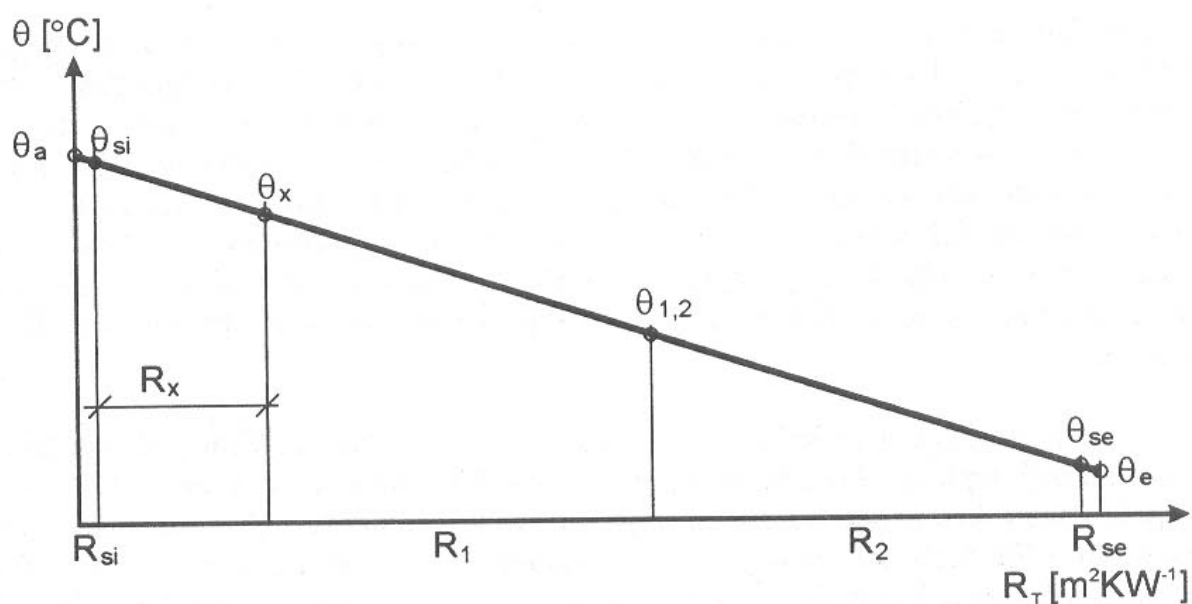
4.1.1. Jednorozměrné šíření tepla

Výpočet nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce ze předpokladu jednorozměrného šíření tepla (to znamená pro ideální fragment konstrukce) vychází ze vztahu pro výpočet teploty v libovolném místě konstrukce

$$\theta_x = \theta_a - U (R_{si} + R_x) \cdot (\theta_a - \theta_e) \quad (^\circ\text{C}) \quad (4.1)$$

kde je

θ_x teplota v průřezu x konstrukce ($^\circ\text{C}$)
 R_x tepelný odpor části konstrukce mezi vnitřním povrchem a průřezem x - viz obr. 4.1.



Obr. 4.1: Průběh teploty v konstrukci

Ze vztahu 4.1 pak dosazením hodnoty $R_x = 0$ dostaneme vztah pro nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce

$$\theta_{si} = \theta_a - U \cdot (\theta_a - \theta_e) \cdot R_{si} \quad (^\circ\text{C}) \quad (4.2)$$

kde je

R_{si} součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce ($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$).

Stanovení teploty v libovolném průřezu konstrukce, to znamená i vnitřní povrchové teploty lze provést i grafickým způsobem. Z hlediska přesnosti je třeba preferovat numerickou metodu, výhodou metody grafické je především její přehlednost a názornost.

Princip grafického stanovení teploty v libovolném místě konstrukce je patrný z obr. 4.1. Zobrazíme-li konstrukci v měřítku tepelných odporů jejich jednotlivých vrstev včetně odporů při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně, je průběh teploty v konstrukci znázorněn

přímkou, spojující body s hodnotami teplot θ_a a θ_e . Teplota v libovolném průřezu konstrukce x je pak dána průsečíkem přímky průběhu teploty s hranicí odpovídajícího tepelného odporu R_x .

4.2. DVOJROZMĚRNÉ ŠÍŘENÍ TEPLA

4.2.1. Přesná výpočtová metoda

Výpočet vychází z druhého Fourierova zákona, předpokládá se dvojrozměrné šíření tepla a ustálený teplotní stav, takže Fourierova diferenciální rovnice nabývá tvaru

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = 0 \quad (4.3)$$

Řešená oblast se pokryje pravoúhloú sítí, kde pro každý uzlový bod sítě lze stanovit teplotu v tomto bodě jako funkci teplot čtyř sousedních uzlových bodů. Tímto způsobem vznikne soustava diferenčních lineárních rovnic, jejichž počet se rovná počtu uzlů sítě.

I z tohoto velmi stručného popisu principu výpočtu dvojrozměrných teplotní polí je zřejmé, že ke zvládnutí výpočtu je třeba použít výpočetní techniky. V poslední době se pro výpočet dvojrozměrných teplotních polí využívá především metody konečných prvků. Používané programy obvykle umožňují kromě numerického výstupu i grafický výstup výsledků např. ve formě zobrazení izoterm, směru a hustoty tepelných toků nebo simulaci termovizního zobrazení.

4.3. TROJROZMĚRNÉ ŠÍŘENÍ TEPLA

Trojrozměrné vedení tepla není ve stavebních konstrukcích příliš obvyklým jevem, vyskytuje se především u složitých prostorových prvků nebo styků, kde kromě rozměrové variability prvků se projevuje i variabilita materiálů.

Přesný výpočet trojrozměrného teplotního pole vychází z obdobných principů jako výpočet pole dvojrozměrného (Fourierova rovnice vedení tepla, ustálený teplotní stav, prostorová síť), jednoznačně vyžaduje užití výpočetní techniky, navíc však takovýto výpočet je třeba považovat za nadstandardní, protože zadávání vstupních údajů je časově náročné a výpočet vyžaduje výkonnou výpočetní techniku.

Proto se výpočty trojrozměrných teplotních polí neprovádějí příliš často. Obvykle se volí zjednodušení úlohy a její převedení na řešení dvojrozměrného teplotního pole s použitím korekčních koeficientů.

4.4. NORMOVÉ POŽADAVKY

Pro stavební konstrukce v prostorách s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\phi_i \leq 60\%$ je v zimním období v rámci snížení rizika povrchové kondenzace a prevence vzniku plísní požadováno, aby vnitřní povrchová teplota v libovolném místě konstrukce byla

Nejnižší vnitřní povrchová teplota

$$\theta_{si} \geq \theta_{si,N} \quad (^\circ\text{C}) \quad (4.4)$$

kde je

$\theta_{is,N}$ požadovaná hodnota nejnižší vnitřní povrchové teploty ($^\circ\text{C}$), stanovená ze vztahu

$$\theta_{si,N} = \theta_{si,cr} + \Delta\theta_{si} \quad (4.5)$$

kde je

$\theta_{si,cr}$ kritická vnitřní povrchová teplota, při které by vnitřní vzduch s návrhovou teplotou θ_{ai} a návrhovou relativní vlhkostí φ_i dosáhl kritické vnitřní povrchové vlhkosti $\varphi_{si,cr}$ – viz tab. P 12 a P 13.

$\varphi_{si,cr}$ kritická vnitřní povrchová vlhkost v %. Je to vlhkost vzduchu bezprostředně na vnitřním povrchu konstrukce. Pro stavební konstrukce je kritická vnitřní povrchová vlhkost $\varphi_{si,cr} = 80\%$, pro výplně otvorů je kritická vnitřní povrchová vlhkost $\varphi_{si,cr} = 100\%$, to znamená že je rovna teplotě rosného bodu vnitřního vzduchu $\theta_{\omega i}$.

φ_i návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu v %, stanovená bez bezpečnostní přírážky – to znamená, že $\Delta\varphi_i = 0$ (srovnej s kap.3). Kromě prostorů s vlhkými a mokrymi provozy se uvažuje $\varphi_i = 50\%$.

$\Delta\theta_{si}$ bezpečnostní teplotní přírážka ve $^\circ\text{C}$, stanovená pro výplně otvorů z tab T 4.1 a pro ostatní konstrukce z tab. T 4.2.

	Otopná tělesa pod výplněmi otvorů	
	Ano	Ne
Způsob vytápění	Bezpečnostní teplotní přírážka $\Delta\theta_{si}$ [$^\circ\text{C}$]	
Nepřerušované	-1,0	0
Tlumené s poklesem výsledné teploty θ rovným a menším než 7°C	-0,5	0,5
Přerušované s poklesem výsledné teploty θ větším než 7°C	0	1,0

Tab. T4.1: Hodnoty bezpečnostní teplotní přírážky pro výplně otvorů

	Stavební konstrukce	
	Těžká	Lehká
Způsob vytápění	Bezpečnostní teplotní přírážka $\Delta\theta_{si}$ [$^\circ\text{C}$]	
Nepřerušované	0	0,5
Tlumené s poklesem výsledné teploty θ rovným a menším než 7°C	0,5	1,0
Přerušované s poklesem výsledné teploty θ větším než 7°C	1,0	1,5

Tab. T4.2: Hodnoty bezpečnostní teplotní přírážky pro konstrukce kromě výplně otvorů

Pro obytné místnosti s parametry vnitřního vzduchu $\theta_{ai} = 21^\circ\text{C}$ a $\varphi_i = 50\%$ je například hodnota kritické vnitřní povrchové teploty pro stavební konstrukce $\theta_{si,cr} = 13,6^\circ\text{C}$ a pro výplně otvorů $\theta_{si,cr} = 10,2^\circ\text{C}$.

θ °C	Relativní vlhkost vzduchu φ v %							
	20	30	40	50	60	70	80	90
0	-18,22	-13,86	-10,68	-8,16	-6,06	-4,26	-2,68	-1,27
1	-17,45	-13,07	-9,87	-7,33	-5,22	-3,40	-1,82	-0,40
2	-16,69	-12,28	-9,05	-6,50	-4,37	-2,55	-0,95	-0,54
3	-15,92	-11,49	-8,24	-5,67	-3,54	-1,70	-0,09	1,52
4	-15,16	-10,70	-7,43	-4,85	-2,70	-0,88	0,87	2,51
5	-14,40	-9,91	-6,63	-4,03	-1,86	-0,01	1,84	3,50
6	-13,64	-9,12	-5,82	-3,20	-1,03	0,95	2,82	4,49
7	-12,88	-8,34	-5,02	-2,39	-0,20	1,91	3,79	5,48
8	-12,13	-7,56	-4,22	-1,57	0,72	2,87	4,77	6,46
9	-11,38	-6,78	-3,42	-0,75	1,66	3,83	5,74	7,45
10	-10,62	-6,00	-2,62	0,07	2,60	4,79	6,71	8,44
11	-9,87	-5,22	-1,82	0,99	3,54	5,75	7,69	9,42
12	-9,13	-4,45	-1,03	1,91	4,48	6,70	8,66	10,41
13	-8,38	-3,68	-0,24	2,83	5,42	7,66	9,63	11,40
14	-7,64	-2,91	0,63	3,75	6,36	8,62	10,61	12,39
15	-6,89	-2,14	1,52	4,67	7,30	9,58	11,58	13,37
16	-6,15	-1,37	2,42	5,59	8,24	10,53	12,55	14,36
17	-5,41	-0,60	3,31	6,51	9,18	11,49	13,52	15,35
18	-4,67	0,18	4,21	7,43	10,12	12,45	14,50	16,33
19	-3,94	1,05	5,10	8,35	11,06	13,40	15,47	17,32
20	-3,21	1,91	5,99	9,26	12,00	14,36	16,44	18,31
21	-2,48	2,77	6,89	10,18	12,94	15,32	17,42	19,30
22	-1,75	3,64	7,78	11,10	13,88	16,27	18,39	20,28
23	-1,02	4,50	8,68	12,02	14,81	17,23	19,36	21,27
24	-0,29	5,36	9,56	12,93	15,75	18,19	20,33	22,26
25	0,49	6,22	10,46	13,85	16,69	19,14	21,30	23,24

Tab. T 4.3: Hodnoty teploty rosného bodu

Konstrukce v prostorech, jejichž relativní vlhkost vnitřního vzduchu v zimním období je $\varphi_i > 60\%$ a které nesplňují požadavek 4.4, musí vykazovat součinitel prostupu tepla podle ustanovení ČSN 73 0540-2. Dále musí být zajištěna bezchybná funkce konstrukce v podmínkách povrchové kondenzace a vyloučen vliv nepříznivého působení kondenzátu na navazující konstrukce, případně i zajištěn odvod kondenzátu.

U konstrukcí s větranou vzduchovou vrstvou musí část této konstrukce mezi vzduchovou vrstvou a vnějším prostředím (tzv. vnější plášť konstrukce) v zimním období vykazovat vnitřní povrchovou teplotu vyšší než je hodnota $\theta_{si,N}$, stanovená pro kritickou relativní vlhkost $\varphi_{si,cr} = 90\%$ a pro bezpečnostní teplotní přírůstek $\Delta\theta = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

4.5. PŘÍKLADY VÝPOČTU

K výpočtu dvojrozměrných teplotních polí ve stacionárním teplotním stavu se užívá program AREA, který umožňuje jednak výpočet teplotních polí podle individuálního zadání, jednak nabízí katalog běžně se vyskytujících konstrukčních detailů, pro které jsou již připraveny základní vstupní údaje a které je možno v rámci programem stanovených podmínek dále upravovat jak z hlediska rozměrů, použitých materiálů i okrajových podmínek.

Katalogový způsob výpočtu dvojrozměrných teplotních polí umožňuje rychlé a dostatečně přesné tepelně technické hodnocení tepelných mostů a je v architektonické praxi stále více využíván především pro možnost rychlého nalezení optimální varianty konstrukčního řešení jednotlivých detailů.

Zadání výpočtu

- Po výběru odpovídajícího detailu z katalogu se otevře tabulka *Rychlá úprava detailu*, která umožňuje úpravy materiálového a geometrického řešení detailu. Z katalogu materiálů lze vybrat odpovídající materiálové řešení jednotlivých homogenních oblastí, které posuzovaný detail vytvářejí. Stejně tak lze upravovat i oba rozměry materiálových homogenních oblastí.
- V téže tabulce program umožňuje provést kontrolu eventuálně i změnu interiérových i exteriérových okrajových podmínek, které zahrnují příslušnou teplotu vzduchu a součinitel přestupu tepla. V případě, že je požadován pouze výpočet teplotního pole a ne pole parciálních tlaků vodní páry, se vlhkostní parametry do výpočtu nezadávají.
- Veškeré změny původního zadání musí být průběžně ukládány zpět do paměti počítače.

Numerický výstup výpočtu

Výstupní protokol výpočtu obsahuje:

- rekapitulaci vstupních údajů
- teploty v uzlových bodech sítě
- hodnotu nejnižší povrchové teploty pro vnitřní prostředí
- hodnotu nejnižší povrchové teploty pro vnější prostředí.

Grafický výstup výpočtu

Program nabízí následující grafické výstupy:

- kontrolu okrajových podmínek
- průběh vybraných izoterm
- rozložení a směr tepelných toků
- zobrazení pole teplot
- průběh teplot ve zvolených řezech konstrukcí.

Příklad 4.1

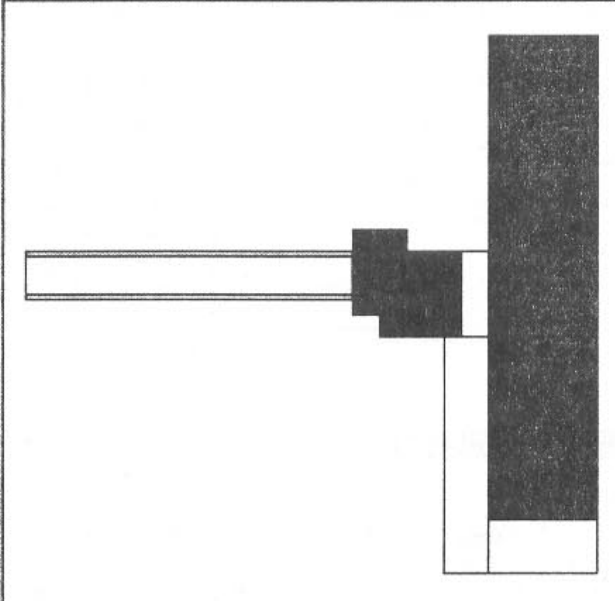
Vyčíslete nejnižší vnitřní povrchovou teplotu detailu osazení okenní konstrukce v obvodovém plášti budovy. Geometrie a materiálová skladba detailu je patrná z jednotlivých zadávacích tabulek výpočtu.

Předpokládá se tlumený způsob vytápění s poklesem výsledné teploty do 7 °C včetně.

Zadání vstupních údajů a geometrie detailu:

Rychlá úprava detailu : 41.APF

Homogenní oblasti | Okrajové podmínky | Doplnující údaje



Číslo upravované oblasti:


Číslo upravované oblasti můžete vybrat i myší ve vedlejším schématu.

Parametry oblasti | Barva oblasti | Nastavení

Název: ?

Souč. tep. vodivosti
 Lambda [W/mK]: λ

Faktor difuzního odporu
 Mi [-]: μ

Pokud budete chtít počítat jen pole teplot, můžete zadat hodnotu Mi nulovou. 

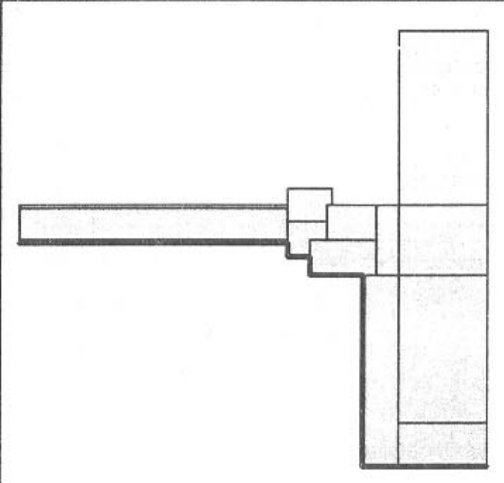
Šířka oblasti: m

Výška oblasti: m


Rychlá úprava detailu : 41.APF

Homogenní oblasti | Okrajové podmínky | Doplnující údaje

Číslo upravované skupiny podmínek:




Parametry podmínky | Komentář | Vliv otopných těles

 Teplota: °C ? ?

Souč. přestupu tepla: W/m²K ?

Povrch:

 Relativní vlhkost: % ? ?

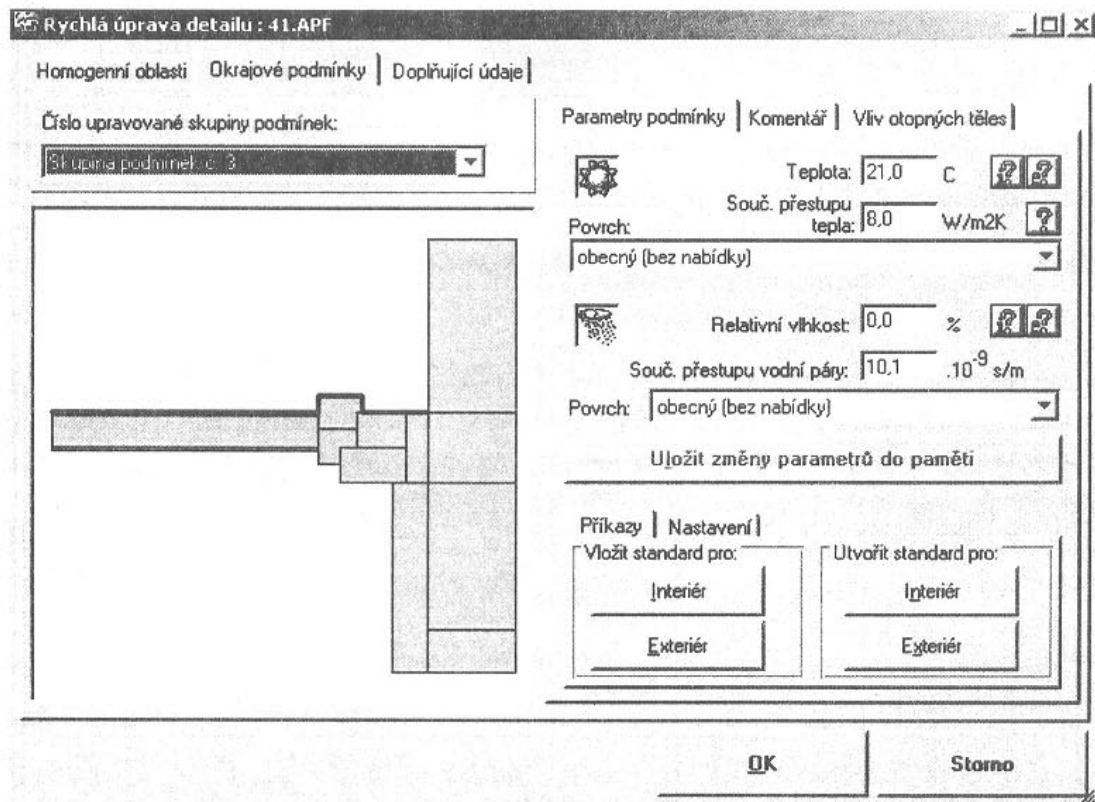
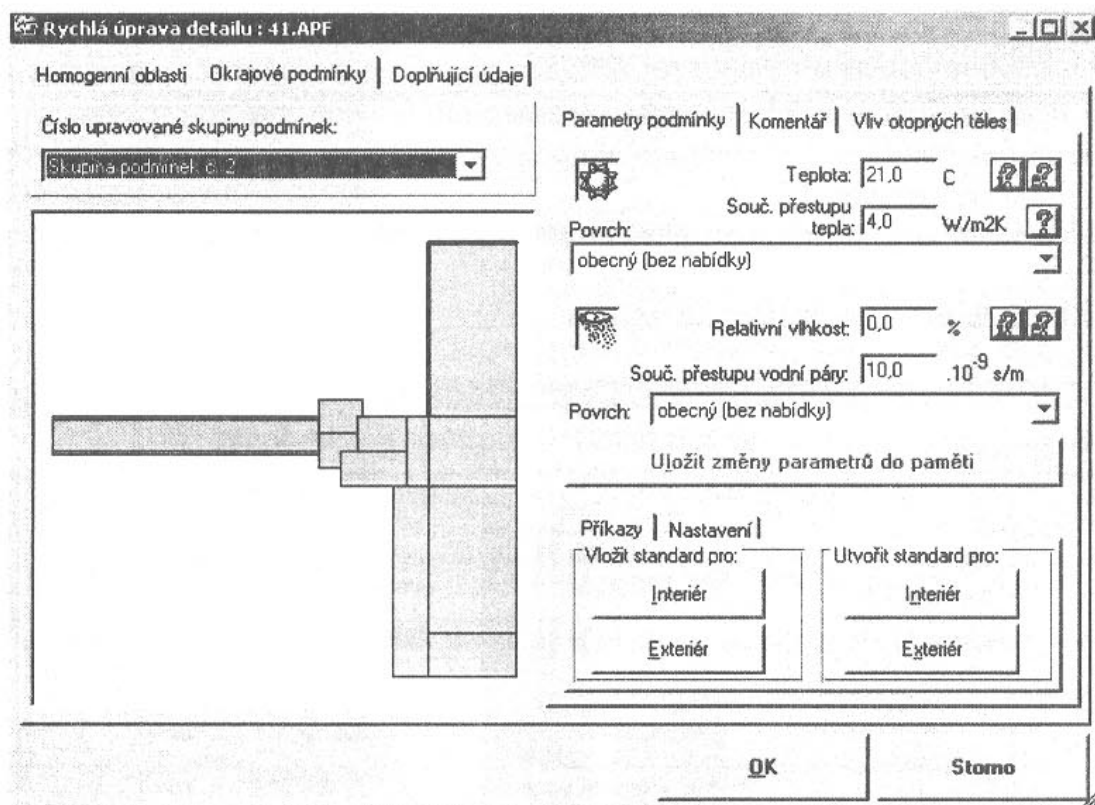
Souč. přestupu vodní páry: ·10⁻⁹ s/m

Povrch:

Příkazy | Nastavení

Vložit standard pro:

Utvořit standard pro:



Výstupní protokol výpočtu:

**DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT
A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY**

podle ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN 730540 - Metoda konečných prvků

Area 2005

Název úlohy : Ostění
 Varianta
 Zpracovatel : FK
 Zakázka : SFII
 Datum : říjen 2005

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :**Základní parametry úlohy :**Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C
 Teplota vzduchu v interiéru: 21.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 126
 Počet vodorovných os: 200
 Počet prvků: 49750
 Počet uzlových bodů: 25200

Souřadnice os sítě - osa x (m) :

0.0000	0.0031	0.0062	0.0093	0.0124	0.0155	0.0186	0.0217	0.0248	0.0279
0.0310	0.0341	0.0372	0.0403	0.0434	0.0465	0.0496	0.0527	0.0558	0.0589
0.0620	0.0651	0.0682	0.0713	0.0744	0.0775	0.0806	0.0837	0.0868	0.0899
0.0930	0.0961	0.0992	0.1022	0.1052	0.1082	0.1112	0.1142	0.1172	0.1202
0.1232	0.1272	0.1312	0.1352	0.1392	0.1436	0.1480	0.1524	0.1568	0.1612
0.1656	0.1700	0.1744	0.1794	0.1844	0.1894	0.1944	0.1994	0.2056	0.2119
0.2182	0.2244	0.2291	0.2338	0.2385	0.2432	0.2479	0.2526	0.2573	0.2620
0.2667	0.2714	0.2761	0.2808	0.2855	0.2902	0.2949	0.2996	0.3043	0.3090
0.3137	0.3184	0.3231	0.3278	0.3325	0.3372	0.3419	0.3466	0.3513	0.3560
0.3607	0.3654	0.3701	0.3748	0.3795	0.3842	0.3889	0.3936	0.3983	0.4030
0.4077	0.4124	0.4171	0.4218	0.4265	0.4312	0.4359	0.4406	0.4453	0.4500
0.4547	0.4594	0.4641	0.4688	0.4735	0.4782	0.4829	0.4876	0.4923	0.4970
0.5017	0.5064	0.5111	0.5158	0.5205	0.5252				

Souřadnice os sítě - osa y (m) :

0.0000	0.0031	0.0062	0.0093	0.0124	0.0155	0.0186	0.0217	0.0248	0.0279
0.0310	0.0341	0.0372	0.0403	0.0434	0.0465	0.0496	0.0524	0.0552	0.0580
0.0608	0.0636	0.0664	0.0692	0.0720	0.0748	0.0776	0.0804	0.0832	0.0860
0.0888	0.0916	0.0944	0.0972	0.1000	0.1028	0.1056	0.1084	0.1112	0.1140
0.1168	0.1196	0.1224	0.1252	0.1280	0.1308	0.1336	0.1364	0.1392	0.1417
0.1442	0.1467	0.1492	0.1517	0.1542	0.1567	0.1592	0.1617	0.1642	0.1667
0.1692	0.1717	0.1742	0.1767	0.1792	0.1817	0.1842	0.1867	0.1892	0.1917
0.1942	0.1967	0.1992	0.2017	0.2042	0.2067	0.2092	0.2117	0.2142	0.2167
0.2192	0.2217	0.2242	0.2267	0.2292	0.2317	0.2342	0.2367	0.2392	0.2411
0.2430	0.2449	0.2468	0.2487	0.2506	0.2525	0.2544	0.2554	0.2564	0.2574
0.2584	0.2594	0.2606	0.2618	0.2630	0.2642	0.2654	0.2666	0.2678	0.2690
0.2702	0.2714	0.2726	0.2738	0.2750	0.2762	0.2775	0.2787	0.2807	0.2827
0.2847	0.2867	0.2887	0.2907	0.2927	0.2947	0.2967	0.2987	0.3012	0.3037
0.3062	0.3087	0.3112	0.3137	0.3162	0.3187	0.3215	0.3243	0.3271	0.3299
0.3327	0.3355	0.3383	0.3411	0.3439	0.3467	0.3495	0.3523	0.3551	0.3579

Nejnižší vnitřní povrchová teplota

0.3607	0.3635	0.3663	0.3691	0.3719	0.3747	0.3775	0.3803	0.3831	0.3859
0.3887	0.3915	0.3943	0.3971	0.3999	0.4027	0.4055	0.4083	0.4111	0.4139
0.4167	0.4195	0.4223	0.4251	0.4279	0.4307	0.4335	0.4363	0.4391	0.4419
0.4447	0.4475	0.4503	0.4531	0.4559	0.4587	0.4615	0.4643	0.4671	0.4699
0.4727	0.4755	0.4783	0.4811	0.4839	0.4867	0.4895	0.4923	0.4951	0.4979

Zadané materiály :

č.	Název	Lambda	Mi	X1	X2	Y1	Y2
1	Dřevo	0.1800	157.0000	53	62	118	136
2	Dřevo	0.1800	157.0000	54	62	89	118
3	Sklo stavební	0.7600	700000.0000	62	126	97	128
4	Pen.polyuretan	0.0480	2.5000	33	41	81	128
5	Vzduch tl.37 mm	0.1850	1.0000	62	126	101	126
6	Dřevo	0.1800	157.0000	41	54	102	128
7	Dřevo	0.1800	157.0000	41	58	81	102
8	Zdivo CP 2	0.8600	9.0000	1	33	17	81
9	Zdivo CP 2	0.8600	9.0000	1	33	81	128
10	Zdivo CP 2	0.8600	9.0000	1	33	128	200
11	Pěnový polystyren 2	0.0440	50.0000	1	33	1	17
12	Pěnový polystyren 2	0.0440	50.0000	33	45	1	81

Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	h [W/m2K]	Pd [kPa]	h,p [s/m]
1	1	6401	-15.00	23.00	0.00	20.00
2	6401	8801	-15.00	23.00	0.00	20.00
3	8801	8881	-15.00	23.00	0.00	20.00
4	8881	11481	-15.00	23.00	0.00	20.00
5	11481	11489	-15.00	23.00	0.00	20.00
6	11489	12289	-15.00	23.00	0.00	20.00
7	12289	12297	-15.00	23.00	0.00	20.00
8	12297	25097	-15.00	23.00	0.00	20.00
9	200	6600	21.00	4.00	0.00	10.00
10	6528	6600	21.00	4.00	0.00	10.00
11	6528	8128	21.00	8.00	0.00	10.10
12	8128	10528	21.00	8.00	0.00	10.10
13	10528	10536	21.00	8.00	0.00	10.10
14	10536	12336	21.00	8.00	0.00	10.10
15	12328	12336	21.00	8.00	0.00	10.10
16	12328	25128	21.00	8.00	0.00	10.10

TEPLOTY (ve stupních Celsia) : (příklad výpisu, kráceno)

	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
200	18.14	18.11	18.08	18.05	18.03	18.00	17.98	17.95	17.93	17.91
199	18.10	18.07	18.04	18.01	17.99	17.96	17.94	17.91	17.89	17.87
198	18.06	18.03	18.00	17.97	17.95	17.92	17.90	17.87	17.85	17.83
197	18.02	17.99	17.96	17.93	17.90	17.88	17.85	17.83	17.81	17.79
196	17.98	17.95	17.92	17.89	17.86	17.84	17.81	17.79	17.76	17.74
195	17.94	17.91	17.88	17.85	17.82	17.79	17.77	17.74	17.72	17.70
194	17.90	17.86	17.83	17.80	17.78	17.75	17.72	17.70	17.67	17.65
193	17.85	17.82	17.79	17.76	17.73	17.70	17.68	17.65	17.63	17.61
192	17.81	17.78	17.74	17.71	17.68	17.66	17.63	17.60	17.58	17.56
191	17.76	17.73	17.70	17.67	17.64	17.61	17.58	17.56	17.53	17.51
190	17.72	17.68	17.65	17.62	17.59	17.56	17.53	17.51	17.48	17.46
189	17.67	17.63	17.60	17.57	17.54	17.51	17.48	17.46	17.43	17.41
188	17.62	17.59	17.55	17.52	17.49	17.46	17.43	17.40	17.38	17.35
187	17.57	17.54	17.50	17.47	17.44	17.41	17.38	17.35	17.33	17.30
186	17.52	17.48	17.45	17.42	17.38	17.35	17.32	17.30	17.27	17.25
185	17.47	17.43	17.40	17.36	17.33	17.30	17.27	17.24	17.22	17.19
184	17.41	17.38	17.34	17.31	17.27	17.24	17.21	17.19	17.16	17.13
183	17.36	17.32	17.29	17.25	17.22	17.19	17.16	17.13	17.10	17.07
182	17.30	17.27	17.23	17.19	17.16	17.13	17.10	17.07	17.04	17.01

181	17.25	17.21	17.17	17.14	17.10	17.07	17.04	17.01	16.98	16.95
180	17.19	17.15	17.11	17.08	17.04	17.01	16.98	16.95	16.92	16.89
179	17.13	17.09	17.05	17.02	16.98	16.95	16.91	16.88	16.86	16.83
178	17.07	17.03	16.99	16.95	16.92	16.88	16.85	16.82	16.79	16.76
177	17.01	16.97	16.93	16.89	16.85	16.82	16.79	16.76	16.73	16.70
176	16.95	16.90	16.86	16.83	16.79	16.75	16.72	16.69	16.66	16.63
175	16.88	16.84	16.80	16.76	16.72	16.69	16.65	16.62	16.59	16.56
174	16.82	16.77	16.73	16.69	16.65	16.62	16.58	16.55	16.52	16.49
173	16.75	16.71	16.66	16.62	16.59	16.55	16.51	16.48	16.45	16.42
172	16.68	16.64	16.59	16.55	16.51	16.48	16.44	16.41	16.38	16.35
171	16.61	16.57	16.52	16.48	16.44	16.40	16.37	16.33	16.30	16.27
170	16.54	16.49	16.45	16.41	16.37	16.33	16.29	16.26	16.23	16.19
169	16.47	16.42	16.38	16.33	16.29	16.25	16.22	16.18	16.15	16.12
168	16.39	16.35	16.30	16.26	16.22	16.18	16.14	16.10	16.07	16.04
167	16.32	16.27	16.22	16.18	16.14	16.10	16.06	16.02	15.99	15.96
166	16.24	16.19	16.15	16.10	16.06	16.02	15.98	15.94	15.91	15.87
165	16.16	16.11	16.06	16.02	15.98	15.93	15.90	15.86	15.82	15.79
164	16.08	16.03	15.98	15.94	15.89	15.85	15.81	15.77	15.74	15.70
163	16.00	15.95	15.90	15.85	15.81	15.77	15.73	15.69	15.65	15.62
162	15.91	15.86	15.81	15.77	15.72	15.68	15.64	15.60	15.56	15.53
161	15.83	15.78	15.73	15.68	15.63	15.59	15.55	15.51	15.47	15.44
160	15.74	15.69	15.64	15.59	15.54	15.50	15.46	15.42	15.38	15.34
159	15.65	15.60	15.55	15.50	15.45	15.41	15.36	15.32	15.29	15.25
158	15.56	15.51	15.45	15.40	15.36	15.31	15.27	15.23	15.19	15.15
157	15.47	15.41	15.36	15.31	15.26	15.22	15.17	15.13	15.09	15.06
156	15.37	15.32	15.26	15.21	15.16	15.12	15.07	15.03	14.99	14.96
155	15.28	15.22	15.16	15.11	15.06	15.02	14.97	14.93	14.89	14.85
154	15.18	15.12	15.06	15.01	14.96	14.91	14.87	14.83	14.79	14.75
153	15.08	15.02	14.96	14.91	14.86	14.81	14.76	14.72	14.68	14.64
152	14.97	14.91	14.86	14.80	14.75	14.70	14.66	14.61	14.57	14.54
151	14.87	14.81	14.75	14.70	14.64	14.59	14.55	14.51	14.46	14.43
150	14.76	14.70	14.64	14.59	14.53	14.48	14.44	14.39	14.35	14.31
149	14.65	14.59	14.53	14.47	14.42	14.37	14.32	14.28	14.24	14.20
148	14.54	14.47	14.41	14.36	14.31	14.26	14.21	14.16	14.12	14.08
147	14.42	14.36	14.30	14.24	14.19	14.14	14.09	14.05	14.00	13.96
146	14.30	14.24	14.18	14.12	14.07	14.02	13.97	13.93	13.88	13.84
145	14.18	14.12	14.06	14.00	13.95	13.90	13.85	13.80	13.76	13.72
144	14.06	13.99	13.93	13.88	13.82	13.77	13.72	13.68	13.64	13.60
143	13.93	13.87	13.81	13.75	13.69	13.64	13.59	13.55	13.51	13.47
142	13.80	13.74	13.68	13.62	13.56	13.51	13.46	13.42	13.38	13.34
141	13.67	13.60	13.54	13.48	13.43	13.38	13.33	13.29	13.25	13.21
140	13.53	13.47	13.41	13.35	13.29	13.24	13.20	13.15	13.11	13.07
139	13.40	13.33	13.27	13.21	13.16	13.11	13.06	13.01	12.97	12.94
138	13.25	13.19	13.12	13.07	13.01	12.96	12.92	12.87	12.83	12.80
137	13.11	13.04	12.98	12.92	12.87	12.82	12.77	12.73	12.69	12.66

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSToty TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	h [W/m ² K]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	-15.0	23.0	???	-14.98	-40.927	1.137
2	21.0	4.0	???	12.42	5.058	0.141
3	21.0	8.0	???	9.01	35.870	0.996

Vysvětlivky:

- T zadaná teplota v daném prostředí [C]
- h zadaný součinitel přestupu tepla v daném prostředí [W/m²K]
- R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]
- Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
- Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)
- Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

Nejnižší vnitřní povrchová teplota

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	???	-14.98	0.00	??	---	---
2	???	12.42	0.76	??	---	---
3	???	9.01	0.67	??	---	---

Vysvětlivky:

Tw teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
 Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
 f,Rsi teplotní faktor dle ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN EN ISO 13788 [-]
 (rozdíl minimální povrchové teploty a teploty vnějšího vzduchu podělený rozdílem vnitřní (21.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu)
 KOND. označuje vznik povrchové kondenzace
 RH,max maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]
 T,min minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika kondenzace neodpovídá hodnocení ani podle ČSN 730540, ani podle ČSN EN ISO 13788 (neobsahuje bezpečnostní přírážky). Pro vyhodnocení výsledků podle těchto norem je nutné použít postup dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2 či čl. 5 v ČSN EN ISO 13788.

ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: 0.0013 W/m
 Součet abs.hodnot tep.toků: 81.8547 W/m
 Podíl: 0.0000
 Podíl je menší než 0.001 - požadavek ČSN EN ISO 10211-1 je splněn.

STOP, Area 2005

Grafický výstup výpočtu:

Požadavky ČSN 730540-2 'Teplná ochrana budov', Změna 1 (2005)

Požadavky ČSN 730540-2 Požadavky Vyhlášky č. 291

Vnitřní povrchová teplota | Souč. prostupu tepla | Lin. činitel prostupu | Šíření vlhkosti |

Stěny, střechy, stropy a podlahy | Výplně a rámy oken a dveří |

Okrajové podmínky:
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai [C]: 21 ?
 Pozn.: Návrhová teplota vnitřního vzduchu se stanoví orientačně dle ČSN 730540-3, čl. 8.2.3 ze vztahu: $T_{ai} = T_i + \Delta T_{ai}$, kde T_i je návrhová vnitřní teplota dle tab.11 v ČSN 730540-3 (pro byt. a obč. stavby obvykle 20 C) a ΔT_{ai} je přírážka podle ČSN 730540-3, tab.12

Rel. vlhkost vzduchu v interiéru Fii [%]: 50 Teplota v exteriéru Te [C]: -15 ?

Typ konstrukce:
 konstrukce těžká
 konstrukce lehká, tj. konstrukce s plošnou hmotností vrstev od interiéru k tep. izolaci včetně do 100 kg/m²

Způsob vytápění:
 nepřerušované
 tlumené s poklesem výsl. teploty do 7 K
 přerušované s poklesem výsledné teploty nad 7 K včetně

Požadavek ČSN 730540-2/Z1 (2005), čl. 5.1:
 Minimální požadovaná vnitřní povrchová teplota ve všech místech konstrukce v zimním období:
 Tsi,N = 14,07 C

Doplňující údaje:

Výpočet proveden dle ČSN 730540-2, čl. 5.1.

Výpočet požadavku

Návrat

Ve vedlejším panelu jsou uvedeny požadavky ČSN 730540, které je možné hodnotit tímto programem.

Požadavky ČSN 730540-2 'Tepelná ochrana budov', Změna 1 (2005)

Požadavky ČSN 730540-2 Požadavky Vyhlášky č. 291

Vnitřní povrchová teplota | Souč. prostupu tepla | Lin. činitel prostupu | Šíření vlhkosti

Stěny, střechy, stropy a podlahy | **Výplně a rámy oken a dveří**

Okrajové podmínky:
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} [C]: 21 ?
 Pozn.: Návrhová teplota vnitřního vzduchu se stanoví orientačně dle ČSN 730540-3, čl. 8.2.3 ze vztahu: $T_{ai} = T_i + \Delta T_{ai}$, kde T_i je návrhová vnitřní teplota dle tab.11 v ČSN 730540-3 (pro byt a obc. stavby obvykle 20 C) a ΔT_{ai} je přírůžka podle ČSN 730540-3, tab.12.

Rel. vlhkost vzduchu v interiéru F_i [%]: 50 Teplota v exteriéru T_e [C]: -15 ?

Vliv otopné soustavy:
 otopná tělesa pod okny
 otopná tělesa mimo okna, podlahové vytápění, sálavé vytápění

Způsob vytápění:
 nepřerušované
 tlumené s poklesem výsl. teploty do 7 K
 přerušované s poklesem výsledné teploty nad 7 K včetně

Požadavek ČSN 730540-2/Z1 (2005), čl. 5.1:
 Minimální požadovaná vnitřní povrchová teplota ve všech místech konstrukce v zimním období:
 $T_{si,N} = 9,69$ C

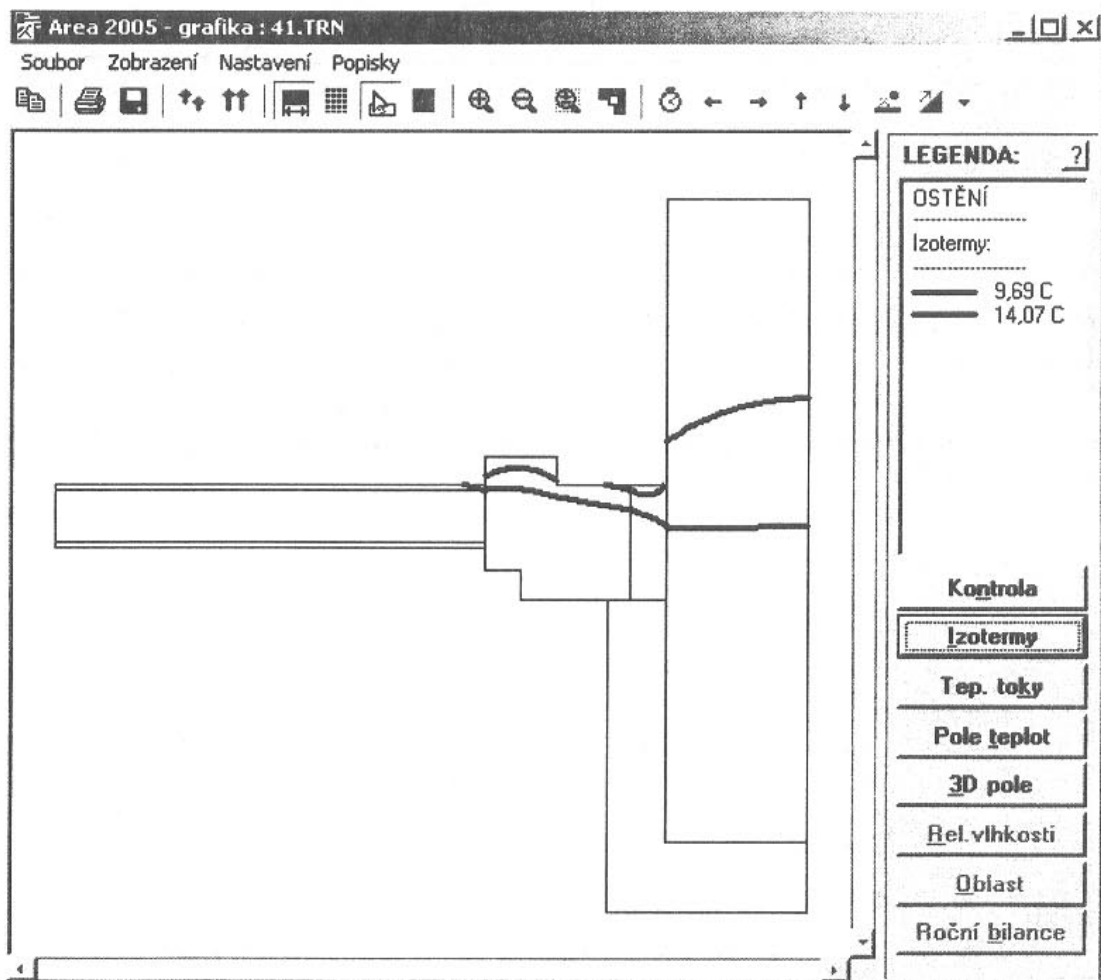
Doplňující údaje:

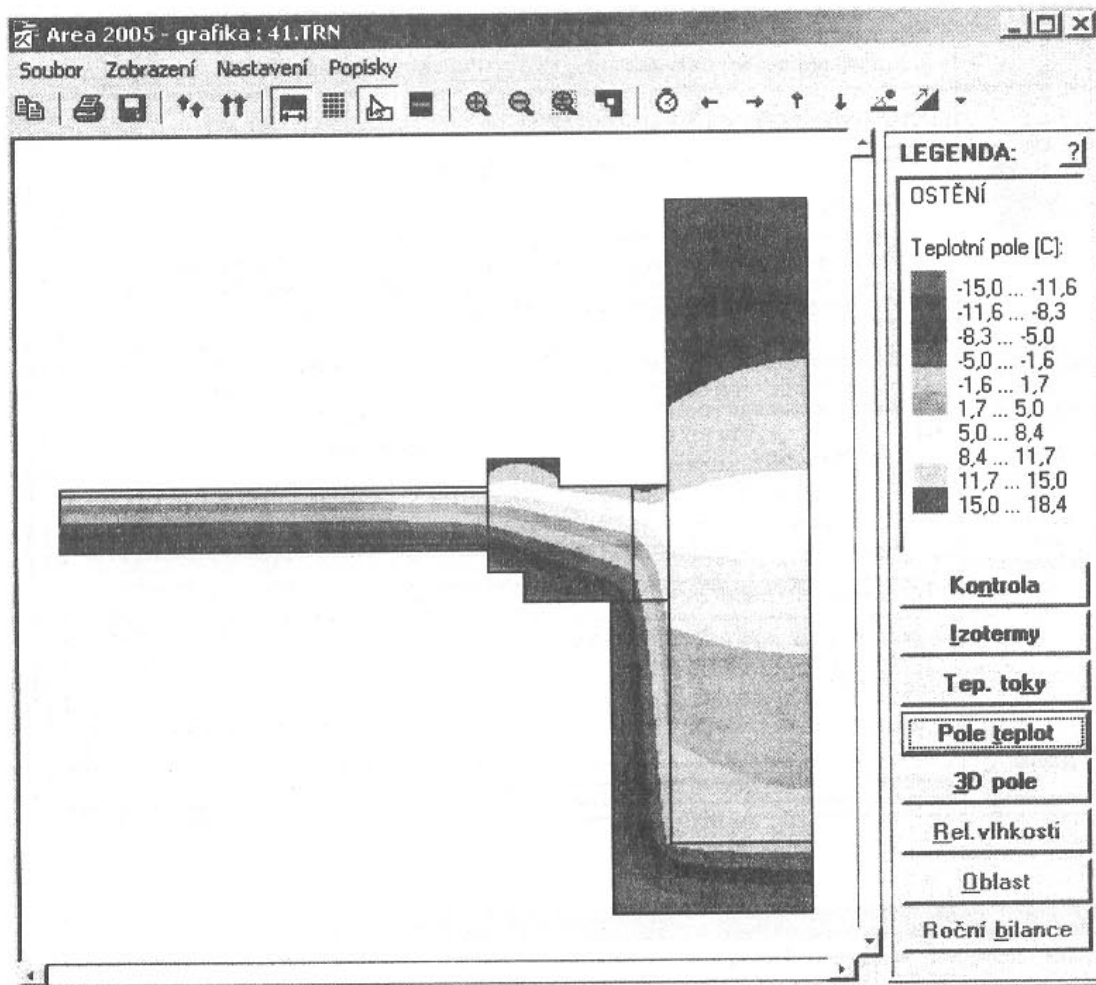
Výpočet proveden dle ČSN 730540-2, čl. 5.1.

Výpočet požadavku

Návrat

Ve vedlejším panelu jsou uvedeny požadavky ČSN 730540, které je možné hodnotit tímto programem.





Posouzení:

Z numerického výstupu výpočtu je patrné, že minimální hodnota teploty vnitřního povrchu ostění je $\theta_{si,min} = 12,42^{\circ}\text{C}$ a teplota povrchu okenní konstrukce je $\theta_{si,min} = 9,01^{\circ}\text{C}$, zatímco normou požadované hodnoty minimálních teplot jsou $\theta_{si,N} = 14,07^{\circ}\text{C}$, respektive $\theta_{si,N} = 9,69^{\circ}\text{C}$. Posuzovaný detail tedy nesplňuje normové požadavky.

Ke stejnému závěru lze dospět i z průběhu izoterm normových teplot, které obě protínají vnitřní povrch odpovídajících částí detailu.

5. POKLES DOTYKOVÉ TEPLoty PODLAHOVÉ KONSTRUKCE

Stanovením poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce hodnotíme podlahu z hlediska odnímatelnosti tepla, to znamená z hlediska kontaktního ochlazovacího účinku na lidský organismus.

Při dotyku nohy s povrchem podlahové konstrukce dochází k ochlazení nohy, přičemž intenzita ochlazení závisí na povrchové teplotě podlahové konstrukce a především na odnímatelnosti tepla podlahové konstrukce jako celku. Jedná se o klasický případ neustáleného teplotního stavu, kdy sledujeme změnu teploty v kontaktní ploše mezi lidskou nohou a nášlapnou vrstvou podlahy.

Tepelná jímavost podlahy se určuje v zimním období za předpokladu neustáleného teplotního stavu a za těchto okrajových podmínek:

- počáteční teplota povrchu nohy $\theta_k = 33^\circ\text{C}$
- doba kontaktu nohy s podlahovou konstrukcí $t = 600$ sekund.

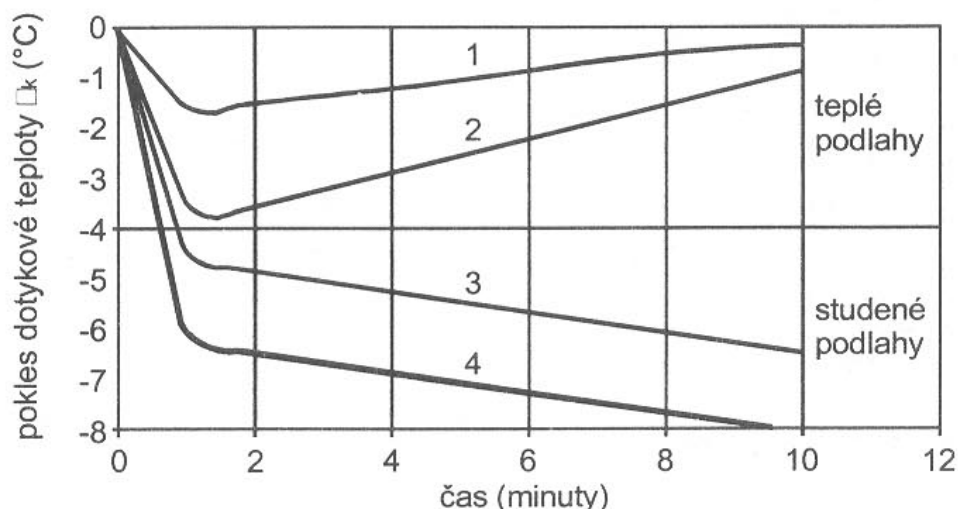
S ohledem na časovou změnu kontaktní teploty lze normativní dobu 600 sekund rozdělit na dvě základní stadia:

- počáteční stadium, kdy po krátké počáteční prodlevě dochází k poklesu kontaktní teploty nohy,
- stadium reakce, kdy se začíná uplatňovat termoregulační systém lidského těla, dochází k přísunu tepla z těla ke kontaktní ploše.

Podle schopnosti podlahy odnímat teplo pak dochází ve stadiu reakce buď

- k dalšímu (i když pozvolnějšimu) poklesu kontaktní teploty a podlahu pak zařazujeme do kategorie studených podlah, nebo
- k nárůstu kontaktní teploty a pak podlahu řadíme do kategorie podlah teplých.

Charakteristický průběh kontaktní teploty pro některé typy nášlapných podlahových vrstev je na obr. 5.1.



Obr. 5.1: Průběh poklesu dotykové teploty vybraných podlahových konstrukcí dle [4]
1 - korkové parkety; 2 - dřevěná podlaha; 3 - PVC Izolit; 4 - betonová podlaha

5.1. VÝPOČET POKLESU DOTYKOVÉ TEPLoty

Hodnotu poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce stanovíme z tepelné jímavosti podlahové konstrukce, která je rovna tepelné jímavosti horního povrchu nášlapné - to znamená nejvýše položené - vrstvy podlahy. Tepelnou jímavost horního povrchu nášlapné vrstvy stanovíme postupným výpočtem tepelných jímavostí horního povrchu jednotlivých vrstev podlahové konstrukce, a to vždy od vrstvy nejnižše položené k nejvýše položené vrstvě podlahy.

Tepelná jímavost podlahové konstrukce jako celku je tedy rovna

$$B = B_1 \quad (\text{W s}^{0,5} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-1}) \quad (5.1)$$

kde je

- B tepelná jímavost podlahové konstrukce
 B₁ tepelná jímavost horního povrchu nášlapné vrstvy podlahy.

Tepelnou jímavost horního povrchu j - té vrstvy určíme ze vztahu

$$B_j = B_{\text{mat},j} (1 + K_j) \quad (5.2)$$

kde je

- K_j součinitel, stanovující zvýšení, případně snížení tepelné jímavosti horního povrchu vrstvy proti jímavosti vrstvy jako celku,

$$B_{\text{mat},j} = \sqrt{(\lambda_j \cdot c_j \cdot \rho_j)} \quad (\text{W s}^{0,5} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-1}) \quad (5.3)$$

Hodnotu součinitele K_j lze stanovit dvěma způsoby:

- z nomogramu - viz obr. 5.2
- výpočtem s použitím vztahu

$$K_j = 2 \sum \frac{h_j^n}{\exp(n^2 \cdot y_j)} \quad (5.4)$$

kde je

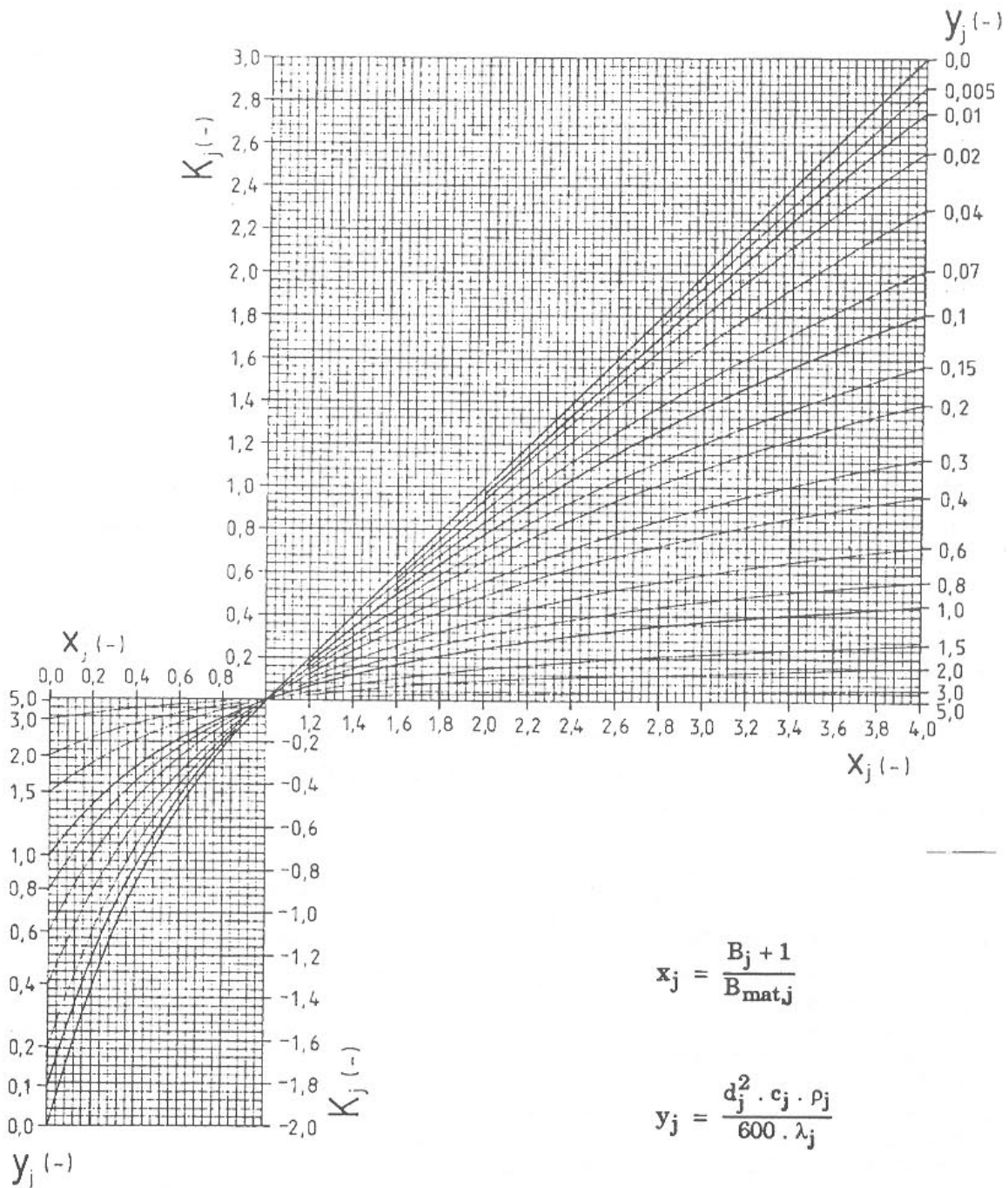
$$h_j = \frac{x_j - 1}{x_j + 1} \quad (5.5)$$

a dále

$$x_j = \frac{B_j + 1}{B_{\text{mat},j}} \quad (5.6)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, \infty$$

$$y_j = \frac{d_j^2 \cdot c_j \cdot \rho_j}{600 \cdot \lambda_j} \quad (5.7)$$



Obr. 5.2: Stanovení součinitele K_j pro tepelnou jímavost podlahových konstrukcí

Výpočet součinitele K_j podle vztahu 5.4 se ukončí, je - li při sumaci splněna podmínka

$$ABS \frac{h_j^n}{\exp(n^2 - y_j)} < 0,000001 \quad (5.8)$$

Pro nejnižší vrstvu podlahové konstrukce platí

$$K_j = 0, B_j = B_{mat,j} \quad (5.9)$$

Pokles dotykové teploty podlahové konstrukce

přičemž za nejnižší vrstvu podlahové konstrukce se pro tyto účely považuje

- u podlah na terénu vrstva nad hydroizolací, případně
- nosná vrstva stropní konstrukce.

Hodnota poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce se pak stanoví ze vztahu

$$\Delta\theta_{10} = \frac{(33 - \theta_{\text{is,min}})B}{(1117 + B)} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (5.10)$$

kde je

$\theta_{\text{si,min}}$ průměrná teplota povrchu nášlapné vrstvy ve $^\circ\text{C}$.

Výpočet poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce se obvykle provádí pomocí výpočetní techniky. Ruční výpočet je reálně použitelný pouze u podlahových konstrukcí s malým počtem vrstev.

5.2. NORMOVÉ POŽADAVKY

Podle druhu budovy a místnosti, v níž je podlaha situována, se v souladu s ČSN 73 0540 podlahové konstrukce člení do čtyř kategorií s odpovídajícími hodnotami poklesu dotykové teploty - viz tab. 5.1.

Druh budovy a místnosti	Kategorie podlahy	$\Delta\theta_{10}$ [$^\circ\text{C}$]
Obytná budova: dětský pokoj, ložnice; Občanská budova: dětská místnost jeslí, školky, pokoj intenzivní péče, pokoj nemocných dětí;	I. Velmi teplá	do 3,8 včetně
Obytná budova: obývací pokoj, pracovna, předsíň sousedící s pokoji, kuchyň; Občanská budova: operační sál, předsálí, ordinace, přípravná, vyšetřovna, služební místnost, chodba a předsíň nemocnice, pokoj dospělých nemocných, kancelář, rýsovna, kreslárna, pracovna, tělocvična, učebna, kabinet, laboratoř, restaurační místnost, kino, divadlo, hotelový pokoj; Výrobní průmyslová budova: trvalé pracovní místo při sedavé práci;	II. Teplá	od 3,8 do 5,5 včetně
Obytná budova: koupelna, WC, předsíň před vstupem do bytu; Občanská budova: WC, lázeň, převlékárna lázně, chodby, čekárny, schodiště nemocnice, taneční sál, výstavní síň, muzeum, jednací místnost, sklad se stálou obsluhou, prodejna potravin, noclehárna; Výrobní průmyslová budova: trvalé pracovní místo bez podlážky nebo předepsané teplé obuvi;	III. Méně teplá	od 5,5 do 6,9 včetně
Budovy a místnosti bez požadavků	IV. Studená	od 6,9

Tab. 5.1: Kategorizace podlah

Pokles dotykové teploty se nemusí ověřovat u podlah s trvalou nášlapnou celoplošnou vrstvou z textilní podlahoviny a u podlah s povrchovou teplotou trvale vyšší než 26°C .

Takovéto typy podlah lze tedy použít pro libovolnou místnost bez ohledu na kategorizaci podlah.

Pro podlahy s podlahovým vytápěním se hodnota $\Delta\theta_{10}$ stanoví pro vnitřní povrchovou teplotu podlahy, vypočtenou bez vlivu vytápění při návrhové venkovní teplotě $\theta_e = 13 \text{ }^\circ\text{C}$.

Pokles dotykové teploty hodnocené podlahové konstrukce musí být menší nebo roven normové hodnotě poklesu pro danou kategorii podlahy, to znamená, že

$$\Delta\theta_{10} \leq \Delta\theta_{10,N} \quad (^\circ\text{C}) \quad (5.11)$$

5.3. PŘÍKLADY VÝPOČTU

Pro výpočet poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce se používá programu TEPLLO. Tento specifický typ výpočtu se automaticky zvolí v případě, kdy při zadávání typu konstrukce v tabulce *Popis konstrukce a okrajových podmínek* je zvolena varianta *Podlaha (pokles dotykové teploty)*.

Zadání výpočtu

- Oproti běžnému výpočtu prováděnému programem TEPLLO je počet zadávaných vstupních údajů redukován. Zadává se:
 - skladba konstrukce od interiéru k exteriéru.
 - teplota vzduchu v interiéru
 - odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
 - exteriérová teplota
 - odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
 - doplňující parametry výpočtu
- Pro použití programu TEPLLO platí běžná pravidla tak, jak již byla uvedena v kapitole 3.

Numerický výstup výpočtu

Výstupní protokol výpočtu obsahuje:

- rekapitulaci vstupních údajů
- hodnotu součinitele prostupu tepla konstrukce
- hodnotu povrchové teploty konstrukce
- hodnotu tepelné jímavosti podlahy
- hodnotu poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce.

Příklad 5.1

Vypočtete pokles dotykové teploty podlahové konstrukce z příkladu 2.3.

Jedná se o podlahu na terénu, takže do výpočtu jsou zahrnuty jen vrstvy nad hydroizolací. Teplota pod podlahovou konstrukcí je $\theta_{ap} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, odpor při přestupu tepla na vnější straně je v souladu s náповědou programu stanoven ve výši $R_{se} = 0 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, neboť na vnějším povrchu konstrukce nedochází ke kontaktu se vzduchem a odpor při přestupu tepla je tedy nulový.

Zadání vstupních hodnot:

Popis konstrukce a okrajových podmínek

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Skladba konstrukce | Okrajové podmínky výpočtu | Doplnující parametry výpočtu

Obecné údaje:

Konstrukce: Zakázka: SF II
 Zpracovatel: FK Datum: říjen 2005

Typ konstrukce: Podlaha (volba pro výpočet poklesu dotyk. teploty)

Korekce souč. prostupu tepla na vliv systematických tep. mostů DeltaU: W/m²K při výpočtu uvažovat redistribuci vlhkosti

Základní parametry konstrukce | Doplnující parametry

Skladba konstrukce (od interiéru):

Vrstva	Název	D [m]	Lambda	M.teplo	M.hmotnost	Faktor Mi
1	✓ Beton hutný 1	0,0400	1,230	1020,0	2100,0	17,0
2	✓ A 400 H	0,0007	0,210	1470,0	900,0	3150,0
3	✓ Pěnový polystyr	0,0800	0,044	1270,0	20,0	50,0
4	Γ	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
5	Γ	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
6	Γ	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
7	Γ	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
8	Γ	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
9	Γ	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
10	Γ	0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0

Formuláře: +
 1 3.1
 2 3.2
 3 5.1
 4 5.2

Formulář č. 3
 Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Popis konstrukce a okrajových podmínek

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Skladba konstrukce | Okrajové podmínky výpočtu | Doplnující parametry výpočtu

Vnitřní vlhkostní podmínky:

je známa vnitřní vlhkost (např. v klimatizovaných a vlhkých provozech)
 je známa třída vnitřní vlhkosti: 4. třída (vysoká vlhkost - byt, domy, kuchyně, sport. haly)
 je známa produkce vodní páry a výměna vzduchu

Výměna n: 1/h Produkce v.p. G: kg/h Objem V: m³

Tepelné odpory při přestupu tepla (pro výpočet souč. prostupu):

... na vnitřní straně Rsi: ... na vnější straně Rse: m²K/W

Okrajové podmínky | Informace k zadávání podmínek | Vložit standardní podmínky ?

Návrhové hodnoty pro výpočet bilance dle ČSN 730540:

Návrhové hodnoty pro interiéru: Teplota Tai: C, Vlhkost Fi: %
 Návrhové hodnoty pro exteriéru: Teplota Te: C, Vlhkost Fe: %

Měsíční průměrné hodnoty pro výpočet bilance dle ČSN EN ISO 13788:

Měsíc:	Dny:	Interiér			Exteriér		
		Tai	Fii	Fi	Te	Fie	Fie
I.	31,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
II.	28,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
III.	31,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
IV.	30,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
V.	31,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
VI.	30,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
VII.	31,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
VIII.	31,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
IX.	30,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
X.	31,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
XI.	30,0	21,0	59,5	5,0	100,0		
XII.	31,0	21,0	59,5	5,0	100,0		

Formuláře: +
 1 3.1
 2 3.2
 3 5.1
 4 5.2

Formulář č. 3
 Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Výstupní protokol výpočtu:

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2005

Název úlohy : 5.1
Zpracovatel : FK
Zakázka : SF II
Datum : říjen 2005

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha - výpočet poklesu dotykové teploty
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Beton hutný 1	0.0400	1.2300	1020.0	2100.0	17.0	0.0000
2	A 400 H	0.0007	0.2100	1470.0	900.0	3150.0	0.0000
3	Pěnový polysty	0.0800	0.0440	1270.0	20.0	50.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 5.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 1.85 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.49 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.51 / 0.54 / 0.59 / 0.69 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 3.7E+0010 m/s

Teplota vnitřního povrchu dle ČSN 730540 a teplotní faktor dle ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.13 C

Pokles dotykové teploty podlahy dle ČSN 730540:

Tepelná jímavost podlahové konstrukce B : 1593.20 Ws/m²K
Pokles dotykové teploty podlahy DeltaT : 7.84 C

STOP, Teplo 2005

Posouzení

Pokles dotykové teploty podlahové konstrukce má hodnotu $\Delta\theta_{10} = 7,84 \text{ }^\circ\text{C}$, to znamená, že se jedná o podlahu IV. kategorie - studenou, kterou lze použít pouze v budovách a místnostech bez požadavků.

Příklad 5.2

Proveďte posouzení poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce, určené pro použití v obývacím pokoji.

Skladba konstrukce je patrná ze zadávací tabulky výpočtu.

Vzhledem k tomu, že se jedná o podlahu na stropní konstrukci v typickém podlaží, je za interiérovou i exteriérovou hodnotu teploty zadána hodnota $\theta_{ap} = 21^\circ\text{C}$. Ze stejného důvodu jsou voleny i shodné hodnoty součinitelů přestupu tepla na vnější a vnitřní straně konstrukce. Poslední započítatelnou vrstvou je železobetonová nosná stropní konstrukce, omítka stropu se do výpočtu nezahrnuje.

Zadání vstupních hodnot:

Popis konstrukce a okrajových podmínek

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Skladba konstrukce | Okrajové podmínky výpočtu | Doplnující parametry výpočtu

Obecné údaje:

Konstrukce: 5.2 Zakázka: SF II
 Zpracovatel: FK Datum: říjen 2005

Typ konstrukce: Podlaha (volba pro výpočet poklesu dotyk. teploty)

Korekce souč. prostupu tepla na vliv systematických tep. mostů DeltaU: 0,000 W/m2K při výpočtu uvažovat redistribuci vlhkosti

Základní parametry konstrukce | Doplnující parametry

Skladba konstrukce (od interiéru):

Vrstva	Název	D [m]	Lambda	M.teplo	M.hmotnost	Faktor Mi
1	Dřevo tvrdé (to)	0,0220	0,220	2510,0	600,0	157,0
2	Beton hutný 1	0,0400	1,230	1020,0	2100,0	17,0
3	A 400 H	0,0007	0,210	1470,0	900,0	3150,0
4	Rockwool Floor	0,0400	0,039	840,0	100,0	2,0
5	Železobeton 1	0,1400	1,430	1020,0	2300,0	23,0
6	Omítka vápeno	0,0150	0,990	790,0	2000,0	19,0
7		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
8		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
9		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0
10		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0

Formuláře: 1 3.1, 2 3.2, 3 3.5.1, 4 5.2

Formulář č. 4
 Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Popis konstrukce a okrajových podmínek

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Skladba konstrukce Okrajové podmínky výpočtu | Doplňující parametry výpočtu

Vnitřní vlhkostní podmínky:

je známa vnitřní vlhkost (např. v klimatizovaných a vlhkých provozech)

je známa třída vnitřní vlhkosti: 4. třída (vysoká vlhkost - byt, domy, kuchyně, sport.haly)

je známa produkce vodní páry a výměna vzduchu

Výměna n: 0,0 1/h Produkce v.p. G: 0,000 kg/h Objem V: 0,0 m³

Tepelné odpory při přestupu tepla (pro výpočet souč. prostupu):

... na vnitřní straně Rsi: 0,17 ... na vnější straně Rse: 0,04 m²K/W

Okrajové podmínky | Informace k zadávání podmínek | Vložit standardní podmínky ?

Návrhové hodnoty pro výpočet bilance dle ČSN 730540:

Návrhové hodnoty pro interiéru	Teplota Tai: 21,0 C	Návrhové hodnoty pro exteriéru	Teplota Te: 21,0 C
	Vlhkost Fii: 50,0 %		Vlhkost Fie: 100,0 %

Měsíční průměrné hodnoty pro výpočet bilance dle ČSN EN ISO 13788:

Měsíc:	Dny:	Interiér			Exteriér		
		Tai	Fii	Te	Fie	Te	Fie
I.	31,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
II.	28,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
III.	31,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
IV.	30,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
V.	31,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
VI.	30,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
VII.	31,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
VIII.	31,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
IX.	30,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
X.	31,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
XI.	30,0	21,0	98,4	21,0	100,0		
XII.	31,0	21,0	98,4	21,0	100,0		

Výstupní protokol výpočtu:

ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STAVEBNÍ KONSTRUKCE

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Tepló 2005

Název úlohy : 5.2
 Zpracovatel : FK
 Zakázka : SF II
 Datum : říjen 2005

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha - výpočet poklesu dotykové teploty
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Dřevo tvrdé (t)	0.0220	0.2200	2510.0	600.0	157.0	0.0000
2	Beton hutný 1	0.0400	1.2300	1020.0	2100.0	17.0	0.0000
3	A 400 H	0.0007	0.2100	1470.0	900.0	3150.0	0.0000
4	Rockwool Floor	0.0400	0.0390	840.0	100.0	2.0	0.0000
5	Železobeton 1	0.1400	1.4300	1020.0	2300.0	23.0	0.0000

Pokles dotykové teploty podlahové konstrukce

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} :	0.17 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} :	0.04 m ² K/W
Návrhová venkovní teplota T_e :	21.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} :	21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} :	100.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} :	55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	T_{ai} [C]	R_{Hi} [%]	P_i [Pa]	T_e [C]	R_{He} [%]	P_e [Pa]
1	31	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
2	28	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
3	31	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
4	30	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
5	31	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
6	30	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
7	31	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
8	31	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
9	30	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
10	31	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
11	30	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6
12	31	21.0	99.0	2460.7	21.0	100.0	2485.6

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R :	1.26 m ² K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U :	0.68 W/m ² K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.70 / 0.73 / 0.78 / 0.88 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z_{pT} :	5.1E+0010 m/s
-------------------------------------	---------------

Teplota vnitřního povrchu dle ČSN 730540 a teplotní faktor dle ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$:	21.00 C
--	---------

Pokles dotykové teploty podlahy dle ČSN 730540:

Tepelná jímavost podlahové konstrukce B :	577.76 Ws/m ² K
---	----------------------------

Pokles dotykové teploty podlahy ΔT :	4.09 C
--	--------

STOP, Teplo 2005

Posouzení

Pro obývací pokoj je požadována podlaha II. kategorie - teplá s hodnotou poklesu dotykové teploty od 3,8 °C do 5,5 °C. Výpočtem zjištěná hodnota činí $\Delta\theta_{10} = 4,09^\circ\text{C}$, to znamená, že podlahu lze pro daný účel použít.

6. TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI V LETNÍM OBDOBÍ

Hodnocení tepelné stability místnosti je typickým příkladem neustáleného teplotního stavu, neboť zkoumá chování vnitřního prostoru v případě, že je místnost v letním období osluněna a dochází k nárůstu teploty vnitřního vzduchu.

Letní tepelná stabilita místnosti je stále aktuálnější problémem, neboť především u objektů s vysokým podílem prosklených ploch v obvodovém plášti je nebezpečí přehřívání vnitřního prostoru v letním období vysoce akutní.

Výpočtové posouzení letní tepelné stability se provádí pro tzv. kritickou místnost, to znamená pro prostor s předpokládanou nejvyšší tepelnou zátěží. Tímto prostorem jsou obvykle místnosti s největšími přímo osluněnými prosklenými plochami, orientovanými především na východ, západ, jih, jihovýchod a jihozápad.

6.1. VÝPOČET

Norma ČSN 73 0540-2 uvádí dvě kritéria pro hodnocení letní tepelné stability místnosti. Obě tato kritéria mají stejnou váhu a místnost je hodnocena jako vyhovující, splňuje-li alespoň jedno z uvedených kritérií.

Pro hodnocení tepelné stability místnosti v letním období se používá buď

- nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti $\Delta\theta_{ai,max}$ nebo
- nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max}$.

6.1.2. Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti

Výpočet této veličiny, který podrobně specifikuje ČSN 73 0540-4, vychází z upraveného Kirscherova vztahu (9)

$$\Delta\theta_{ai,max} = 24 \cdot \left(1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{t \cdot \Phi_{z,max}}{\sum E}\right)}\right) \quad (^\circ\text{C}) \quad (6.1)$$

kde je

- $\Phi_{z,max}$ maximální tepelný zisk (W)
- t doba jedné denní periody ($t = 86\,400$ sekund)
- $\sum E$ akumulovaná tepelná energie v neosluněných konstrukcích tvořících místnost (J), stanovená dle vztahu

$$\sum E = \sum_1^m A_m \cdot \sum_1^j (c_{j,m} \cdot \rho_{j,m} \cdot d_{j,m} \cdot \theta_{mj,m}) \quad (\text{J}) \quad (6.2)$$

kde je

- A_m plocha vnitřního povrchu m -té konstrukce místnosti (m^2)
- $c_{j,m}$ měrná tepelná kapacita j -té vrstvy m -té konstrukce místnosti ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

- $\rho_{j,m}$ objemová hmotnost j -té vrstvy m -té konstrukce místnosti (kg m^{-3})
 $d_{j,m}$ tloušťka j -té vrstvy m -té konstrukce místnosti (m)
 $\theta_{mj,m}$ střední teplota j -té vrstvy m -té konstrukce místnosti v čase ustáleného vytápění na počátku chladnutí ($^{\circ}\text{C}$), která se pro všechny vnitřní konstrukce uvažuje ve výši θ_{ap} a pro vnější konstrukce se stanoví ze vztahu

$$\theta_{mj,m} = \theta_{ai} - U^* \cdot (R_i + \sum R_{mj,m}) \cdot (\theta_{ai} - \theta_{em}^*) \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (6.3)$$

kde je

- $\sum R_{mj,m}$ součet tepelných odporů (ekvivalentních tepelných odporů) vnitřních vrstev až do poloviny j -té vrstvy m -té konstrukce ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)
 θ_{em}^* návrhová teplota venkovního vzduchu v letním období ($^{\circ}\text{C}$), $\theta_{em}^* = 20,5^{\circ}\text{C}$

Maximální tepelný zisk místnosti je dán jako součet tepelné zátěže, a to

- tepelných zisků prostupem tepla vnějšími konstrukcemi $\sum \Phi_{ej}$
- tepelných zisků od prostupem slunečního záření průsvitnými obvodovými konstrukcemi $\sum \Phi_{wj}$.

$$\sum \Phi_{ej} = 0,5 \cdot A_v^* \cdot \sum \left(\frac{A_{ej} \cdot h_{si,j}^*}{v_j^*} \right) \quad (6.4)$$

kde je

- A_v^* výsledná teplotní amplituda venkovního prostředí v letním období ($^{\circ}\text{C}$), stanovená dle ČSN 73 0540-3
 A_{ej} plocha vnějších konstrukcí (m^2)
 $h_{si,j}^*$ součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce v letním období ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
 v_j^* teplotní útlum konstrukce v letním období

$$\sum \Phi_{wj} = \sum (A_{w,j} \cdot J_{m,j} \cdot \tau_j) \quad (6.5)$$

kde je

- $A_{w,j}$ plocha zaklení j -té výplně otvorů (bez okenních rámců) (m^2)
 $J_{m,j}$ střední intenzita globálního slunečního záření dopadajícího kolmo na j -tou výplňovou konstrukci ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$), dle ČSN 73 0540-3
 τ_j propustnost slunečního záření j -tou výplňovou konstrukcí, dle ČSN 73 0540-3, tabulka T 6.1

6.1.2 Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti

Pro výpočet této veličiny se obvykle používá některá z metodik, převzatá z evropských norem (např. ČSN EN ISO 13791:2005 [16]) ovšem s použitím okrajových podmínek podle ČSN 73 0540-3.

Položka	Druh zasklení, stínící prostředky	Propustnost slunečního záření τ
1	Jednoduché sklo obyčejné	0,90
2	Dvojité sklo obyčejné	0,81
3	Okenní sklo světle zelené	0,74
4	Sklo šedé (Ombra)	0,70
5	Světlezelené sklo	0,61
6	Tmavozelené sklo	0,54
7	Odráživé sklo (Reflex)	0,64
8	Sklo Determal	0,64
9	Sklo Spektrofloat	0,57
10	Vnější Determal, vnitřní obyčejné	0,54
11	Vnější Spektrofloat, vnitřní obyčejné	0,54
12	Barevné vrstvy stříkané, světlé	0,72
13	Zdvojené reflexní sklo Thermopan	0,27
14	Vitrasilk normal	0,29
15	Vitrasilk special	0,30
16	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, světlé	0,50
17	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, střední barvy	0,59
18	Vnitřní žaluzie, lamely 45°, tmavé	0,68
19	Vnější žaluzie, lamely 45°, světlé	0,14
20	Vnější žaluzie, lamely 45°, ven světlé, dovnitř tmavé	0,12
21	Meziokenní žaluzie, prostor větrán	0,27
22	Meziokenní žaluzie, prostor nevětrán	0,45
23	Závěsy (bavlna, umělá vlákna)	0,72
24	Reflexní folie tmavá	0,23
25	Reflexní fólie světlá	0,38
26	Reflexní záclony světlé (vnější reflexní vrstva)	0,54
27	Reflexní záclony tmavé (vnější reflexní vrstva)	0,63
28	Okno se třemi obyčejnými skly	0,73

Tab. T6.1: Propustnost slunečního záření průsvitnými konstrukcemi a stínícími prvky

6.2. NORMOVÉ POŽADAVKY

Kritická místnost je z hlediska tepelné stability v letním období vyhovující, platí-li

a) buď

$$\Delta\theta_{ai,max} \leq \Delta\theta_{ai,max,N} \quad (6.4)$$

b) nebo

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (6.5)$$

Normou požadované hodnoty nejvyššího denního vzestupu teploty vnitřního vzduchu v místnosti a nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti jsou uvedeny v tab. T 6.2.

Budovy s klimatizací musí v případě výpadku klimatizačního zařízení splňovat buď

□ podmínku

$$\Delta\theta_{ai,max} \leq 12,0 \text{ } ^\circ\text{C, nebo} \quad (6.6)$$

- podmínku

$$\theta_{ai,max} \leq 32,0 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (6.7)$$

Při hodnocení klimatizovaných místností se do výpočtu nezahrnuje chladicí výkon klimatizačního zařízení, ani tepelné zisky od technologických zařízení nebo kancelářského vybavení.

Druh budovy	Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max,N}$ [$^\circ\text{C}$]	Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [$^\circ\text{C}$]
Nevýrobní	5,0	27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	– do 25 W/m ³ včetně	29,5
	– nad 25 W/m ³	31,5

Tab. T6.2: Požadované hodnoty $\Delta\theta_{ai,max,N}$ a $\theta_{ai,max,N}$

6.3. ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ

Z hlediska letní tepelné stability místnosti jsou limitujícím prvkem průsvitné konstrukce. Jejich plocha, orientace a případné clonění mají rozhodující vliv na nárůst teploty vnitřního vzduchu při oslunění místnosti.

V případě, že otopný systém objektu je v zimním období schopen akceptovat energetické zisky od slunečního záření, jsou průsvitné konstrukce jednoznačně aktivním prvkem v celkové energetické bilanci budovy. Je tedy návrh průsvitných prvků obalových konstrukcí budovy svázán se dvěma v podstatě protichůdnými požadavky, to je s minimalizací tepelných zisků v letním období a získáním co největšího množství solární energie v období zimním.

Řešení tohoto problému je v praxi obvykle takové, že návrh průsvitných konstrukcí upřednostňuje akceptaci solárních zisků v zimním období, pro letní období je pak třeba zajistit takovou míru clonění otvorových výplní, aby byly zajištěny nezbytné požadavky na kvalitu vnitřního mikroklimatu. Z popsané situace vyplývá, že navržené clony by měly umožňovat případnou regulaci tepelných zisků pomocí manipulace s clonícími prvky.

Z tohoto pohledu jsou preferovány všechny typy žaluzií, naopak použití reflexních folií je z hlediska stavební fyziky dosti problematické. Nejvyšší účinnost mají žaluzie na vnější straně oken, naopak nejméně účinné jsou žaluzie vnitřní.

Optimálním řešením je obvykle kombinace nastavitelných stínících prvků s pevnými clonícími stavebními prvky jako jsou markýzy, římsy, balkonové desky nebo i přesahující střešní konstrukce. Návrh těchto pevných clonících prvků však musí být velmi pečlivě prověřen jak s ohledem na orientace cloněné stěny vůči světovým stranám, tak i z hlediska kvality denního osvětlení interiérů a možnosti aktivního využití solárních zisků v zimním období.

Mezi další faktory, které jsou schopny příznivě ovlivnit letní stabilitu místnosti patří:

- snížení tepelného toku neprůsvitnými obalovými konstrukcemi vhodnou volbou barvy a struktury jejich vnějšího povrchu - výhodné jsou především světlé barvy
- návrh obalových konstrukcí budovy formou dvouplášťových konstrukcí s provětrávanou vzduchovou vrstvou, kdy vnější plášť konstrukce působí jako radiční clona, snižující prostup energie do interiéru,
- návrh obalových konstrukcí se zvýšenou akumulací schopností - to znamená preference situování vrstev s vysokou objemovou hmotností k vnitřnímu líci konstrukce,
- návrh akumulčních prvků uvnitř budovy - jedná se především o stropní konstrukce a vnitřní dělicí konstrukce, realizované jako masivní konstrukce se zvýšenou akumulací schopností.

6.4. PŘÍKLADY VÝPOČTŮ

Pro výpočet tepelné stability místnosti v letním i zimním období se užívá program STABILITA. Vstupní údaje jsou pro oba výpočty společné, po zadání všech potřebných parametrů se volí požadovaný druh výpočtu.

Zadání výpočtu

- Do formuláře *Základní popis místnosti* se zadávají parametry vnějšího a vnitřního prostředí a základní charakteristika místnosti.
- Údaje o obalových konstrukcích místnosti se vyplňují do formulářů *Popis obalových konstrukcí místnosti*. Počet těchto formulářů v zásadě odpovídá počtu neprůsvitných obalových konstrukcí místnosti.
- Pro jednotlivé neprůsvitné konstrukce se zadávají základní geometrické a klimatické údaje, popis skladby se provádí po jednotlivých vrstvách od vnitřního k vnějšímu líci. Do výpočtu se zadávají pouze vrstvy s výrazným akumulčním účinkem, tenké vrstvy do tloušťky 20 mm se zanedbávají; program umožňuje i případné sloučení takovýchto tenkých vrstev s vrstvou následující.
- Do stejného formuláře se zadávají i údaje o průsvitných konstrukcích.

Numerický výstup výpočtu

Protokol o výpočtu obsahuje:

- popis obalových konstrukcí místnosti včetně jejich tepelně technických parametrů
- bilanci tepelných zisků včetně jejich lokalizace v čase
- hodnotu nejvyššího denního vzestupu teploty.

Grafický výstup výpočtu

Program umožňuje zobrazení časového rozložení amplitud tepelných zisků.

Příklad 6.1

Proveďte posouzení letní tepelné stability pro nárožní místnost v posledním podlaží bytového objektu. Otvorové výplně jsou zaskleny kombinací obyčejného skla a skla Vitrasilk special. Skladba obalových konstrukcí je patrná z tiskového výstupu výpočtu.

Zadání vstupních hodnot:

Základní popis místnosti	
Úpravy Pomůcky Konec práce s daty	
Název úlohy: 6.1	Zakázka: SFII
Zpracovatel: FK	Datum: říjen 2005
Vstupní hodnoty Poznámku k přípravě vstupních dat	
Okrajové podmínky:	
Tepelná oblast v letním období: A - většina ČR, jih SR	
Venkovní teplota v zimním období T_e :	-15,0 C
Návrhová vnitřní teplota T_i :	20,0 C
Přirážka ΔT_{ai} (rozdíl mezi T_i a T_{ai}):	1,0 C
Měrné objemové teplo vzduchu c_v :	1217,0 J/m ³ K
Časový úsek pro výpočet zimní stability:	3600,0 s
Souč. přestupu h,i:	
Léto:	7,7 W/m ² K
Zima:	7,7 W/m ² K
Souč. přestupu h,e:	
Léto:	14,3 W/m ² K
Zima:	25,0 W/m ² K
Parametry místnosti:	
Vnitřní trvalé tepelné zisky (od osob, technologie, přístrojů, osvětlení):	0,0 W
Objem vzduchu v místnosti:	62,81 m ³
Násobnost výměny vzduchu v místnosti:	0,3 1/h
Doplňující formulář Komentář	
Popis jednotlivých obalových konstrukcí hodnocené místnosti	

Popis obalových konstrukcí místnosti

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Neprůsvitná konstrukce (resp. průsvitná vnitřní):

OK Typ: obvodová (vnější) Plocha: 10,77 m²
 Alfa: 0,93 Orientace: jih Te (zima): -15,0 C

Vrstva	Název vrstvy	d [m]	Lambda	Měrné teplo	Ro
1	Porotherm 44 P+D na	0,44	0,149	960,0	800,0
2		0,0	0,000	0,0	0,0
3		0,0	0,000	0,0	0,0
4		0,0	0,000	0,0	0,0
5		0,0	0,000	0,0	0,0
6		0,0	0,000	0,0	0,0
7		0,0	0,000	0,0	0,0
8		0,0	0,000	0,0	0,0
9		0,0	0,000	0,0	0,0
10		0,0	0,000	0,0	0,0

Průsvitná konstrukce vnější (okno, dveře):

OK Název: Jednoduché okno s dv Souč. prostupu tepla: 1,2 W/m²K
 Celková propustnost slunečního záření: 0,09 Orientace: jih
 Plocha okenní konstrukce: 5,76 m² Te (zima): -15,0 C

Zařizovací předmět, topné těleso (jen pro zimní stabilitu):

OK Součinitel přestupu: 0,0 W/m²K Počáteční teplota tělesa: 0,0 C
 Plocha: 0,0 m² Akumulace: 0,00E+0 J/K

Formuláře: +
 1. konstr.
 2. konstr.
 3. konstr.
 4. konstr.
 5. konstr.

Formulář č. 1
 Blok 1-1

Akt. pomůcky:

Popis obalových konstrukcí místnosti

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Neprůsvitná konstrukce (resp. průsvitná vnitřní):

OK Typ: vnitřní neochlazená Plocha: 21,66 m²
 Alfa: 0,0 Orientace: vnitřní konstrukce Te (zima): 21,0 C

Vrstva	Název vrstvy	d [m]	Lambda	Měrné teplo	Ro
1	Dřevo tvrdé (tok kol	0,022	0,220	2510,0	600,0
2	Beton hutný 2	0,04	1,300	1020,0	2200,0
3	ORSIL T	0,03	0,045	1150,0	150,0
4	Železobeton 2	0,14	1,580	1020,0	2400,0
5		0,0	0,000	0,0	0,0
6		0,0	0,000	0,0	0,0
7		0,0	0,000	0,0	0,0
8		0,0	0,000	0,0	0,0
9		0,0	0,000	0,0	0,0
10		0,0	0,000	0,0	0,0

Průsvitná konstrukce vnější (okno, dveře):

OK Název: Souč. prostupu tepla: 0,0 W/m²K
 Celková propustnost slunečního záření: 0,0 Orientace: východ
 Plocha okenní konstrukce: 0,0 m² Te (zima): 0,0 C

Zařizovací předmět, topné těleso (jen pro zimní stabilitu):

OK Součinitel přestupu: 0,0 W/m²K Počáteční teplota tělesa: 0,0 C
 Plocha: 0,0 m² Akumulace: 0,00E+0 J/K

Formuláře: +
 1. konstr.
 2. konstr.
 3. konstr.
 4. konstr.
 5. konstr.

Formulář č. 2
 Blok 1-1

Akt. pomůcky:

Tepelná stabilita místnosti v letním období

Popis obalových konstrukcí místnosti

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Neprůsvitná konstrukce (resp. průsvitná vnitřní):

OK Typ: obvodová (vnější) Plocha: 8,14 m²
 Alfa: 0,93 Orientace: západ Te (zima): -15,0 C

Vrstva	Název vrstvy	d [m]	Lambda	Měrné teplo	R ₀
1	Porotherm 44 P+D na	0,44	0,149	960,0	800,0
2		0,0	0,000	0,0	0,0
3		0,0	0,000	0,0	0,0
4		0,0	0,000	0,0	0,0
5		0,0	0,000	0,0	0,0
6		0,0	0,000	0,0	0,0
7		0,0	0,000	0,0	0,0
8		0,0	0,000	0,0	0,0
9		0,0	0,000	0,0	0,0
10		0,0	0,000	0,0	0,0

Průsvitná konstrukce vnější (okno, dveře):

OK Název: Jednoduché okno s dv Souč. prostupu tepla: 1,2 W/m²K
 Celková propustnost slunečního záření: 0,09 Orientace: západ
 Plocha okenní konstrukce: 2,88 m² Te (zima): -15,0 C

Zařizovací předmět, topné těleso (jen pro zimní stabilitu):

OK Součinitel přestupu: 0,0 W/m²K Počáteční teplota tělesa: 0,0 C
 Plocha: 0,0 m² Akumulace: 0,00E+0 J/K

Formuláře: +
 1. konstr.
 2. konstr.
 3. konstr.
 4. konstr.
 5. konstr.

Formulář č. 3
 Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Popis obalových konstrukcí místnosti

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Neprůsvitná konstrukce (resp. průsvitná vnitřní):

OK Typ: vnitřní neochlazená Plocha: 25,97 m²
 Alfa: 0,0 Orientace: vnitřní konstrukce Te (zima): 21,0 C

Vrstva	Název vrstvy	d [m]	Lambda	Měrné teplo	R ₀
1	Zdivo CDm tl. 1150 m	0,115	0,650	960,0	1400,0
2		0,0	0,000	0,0	0,0
3		0,0	0,000	0,0	0,0
4		0,0	0,000	0,0	0,0
5		0,0	0,000	0,0	0,0
6		0,0	0,000	0,0	0,0
7		0,0	0,000	0,0	0,0
8		0,0	0,000	0,0	0,0
9		0,0	0,000	0,0	0,0
10		0,0	0,000	0,0	0,0

Průsvitná konstrukce vnější (okno, dveře):

OK Název: Souč. prostupu tepla: 0,0 W/m²K
 Celková propustnost slunečního záření: 0,0 Orientace: východ
 Plocha okenní konstrukce: 0,0 m² Te (zima): 0,0 C

Zařizovací předmět, topné těleso (jen pro zimní stabilitu):

OK Součinitel přestupu: 0,0 W/m²K Počáteční teplota tělesa: 0,0 C
 Plocha: 0,0 m² Akumulace: 0,00E+0 J/K

Formuláře: +
 1. konstr.
 2. konstr.
 3. konstr.
 4. konstr.
 5. konstr.

Formulář č. 4
 Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Popis obalových konstrukcí místnosti

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Neprůsvitná konstrukce (resp. průsvitná vnitřní):

OK Typ: obvodová (vnější) Plocha: 21,66 m²
 Alfa: 0,93 Orientace: vodorovná kce (střecha) Te (zima): -15,0 C

Vrstva	Název vrstvy	d [m]	Lambda	Měrné teplo	Bo
1	Železobeton 2	0,14	1,580	1020,0	2400,0
2	Keramzitbeton 1	0,1	0,280	880,0	700,0
3	ORSIL T-SD	0,2	0,045	1150,0	150,0
4		0,0	0,000	0,0	0,0
5		0,0	0,000	0,0	0,0
6		0,0	0,000	0,0	0,0
7		0,0	0,000	0,0	0,0
8		0,0	0,000	0,0	0,0
9		0,0	0,000	0,0	0,0
10		0,0	0,000	0,0	0,0

Průsvitná konstrukce vnější (okno, dveře):

OK Název: Souč. prostupu tepla: 0,0 W/m²K
 Celková propustnost slunečního záření: 0,0 Orientace: východ
 Plocha okenní konstrukce: 0,0 m² Te (zima): 0,0 C

Zařizovací předmět, topné těleso (jen pro zimní stabilitu):

OK Součinitel přestupu: 0,0 W/m²K Počáteční teplota tělesa: 0,0 C
 Plocha: 0,0 m² Akumulace: 0,00E+0 J/K

Formuláře:
 1. konstr.
 2. konstr.
 3. konstr.
 4. konstr.
 5. konstr.

Formulář č. 5
 Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Výstupní protokol výpočtu:

TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI V LETNÍM OBDOBÍ

podle ČSN 730540 a STN 730540

Stabilita 2005

Název ulohy: 6.1
 Zakázka : SFII
 Zpracovatel : FK
 Datum : říjen 2005

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Teplotní oblast:	A	Souč. přestupu h,e:	14.3 W/m ² K
Návrh.teplota int.vzduchu Tai:	21.0 C	Souč. přestupu h,i:	7.7 W/m ² K
Měrné objemové teplo vnitřního vzduchu:	1217.0 J/m ³ K		
Jiné trvalé tepelné zisky či ztráty v místnosti:	0 W		
Objem vzduchu v hodnocené místnosti:	62.8 m ³		
Násobnost výměny vzduchu:	0.3 1/h		

Tepelná stabilita místnosti v letním období

Jednotlivé konstrukce v místnosti:

Konstrukce číslo 1 ... Neprůsvitná kce

Typ konstrukce: Obvodová

Plocha konstrukce: 10.77 m² Pohltivost vnějšího povrchu: 0.93

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Porotherm 44 P+D na	0.4400	0.149	960.0	800.0

Teplotní útlum: 821.60 Fázové posunutí: 21.28 h

Tepelná energie akumulovaná v konstrukci: 0.0 J

Orientace kce: J

Konstrukce číslo 2 ... Neprůsvitná kce

Typ konstrukce: Vnitřní neochlazovaná

Plocha konstrukce: 21.66 m²

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Dřevo tvrdé (tok kol	0.0220	0.220	2510.0	600.0
2	Beton hutný 2	0.0400	1.300	1020.0	2200.0
3	ORSIL T	0.0300	0.045	1150.0	150.0
4	Železobeton 2	0.1400	1.580	1020.0	2400.0

Tepelná energie akumulovaná v konstrukci: 105255664.0 J

Konstrukce číslo 3 ... Neprůsvitná kce

Typ konstrukce: Obvodová

Plocha konstrukce: 8.14 m² Pohltivost vnějšího povrchu: 0.93

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Porotherm 44 P+D na	0.4400	0.149	960.0	800.0

Teplotní útlum: 821.60 Fázové posunutí: 21.28 h

Tepelná energie akumulovaná v konstrukci: 0.0 J

Orientace kce: Z

Konstrukce číslo 4 ... Neprůsvitná kce

Typ konstrukce: Vnitřní neochlazovaná

Plocha konstrukce: 25.97 m²

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Zdivo CDm tl. 1150 m	0.1150	0.650	960.0	1400.0

Tepelná energie akumulovaná v konstrukci: 41564620.0 J

Konstrukce číslo 5 ... Neprůsvitná kce

Typ konstrukce: Obvodová

Plocha konstrukce: 21.66 m² Pohltivost vnějšího povrchu: 0.93

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Železobeton 2	0.1400	1.580	1020.0	2400.0
2	Keramzitbeton 1	0.1000	0.280	880.0	700.0
3	ORSIL T-SD	0.2000	0.045	1150.0	150.0

Teplotní útlum: 423.88 Fázové posunutí: 15.55 h
 Tepelná energie akumulovaná v konstrukci: 0.0 J
 Orientace kce: H

Konstrukce číslo 6 ... Jednoduché okno s dv

Typ konstrukce: Okenní vnější

Plocha konstrukce: 5.76 m² Propustnost sl. záření Tau: 0.09

Orientace kce: J

Konstrukce číslo 7 ... Jednoduché okno s dv

Typ konstrukce: Okenní vnější

Plocha konstrukce: 2.88 m² Propustnost sl. záření Tau: 0.09

Orientace kce: Z

VÝSLEDKY VYŠETŘOVÁNÍ TEPELNÉ STABILITY V LETNÍM OBDOBÍ:

I. Výpočet podle metodiky ČSN 730540-4:

Tepelná energie akumulovaná v neosluněných konstrukcích: 1.468203E+0008 J

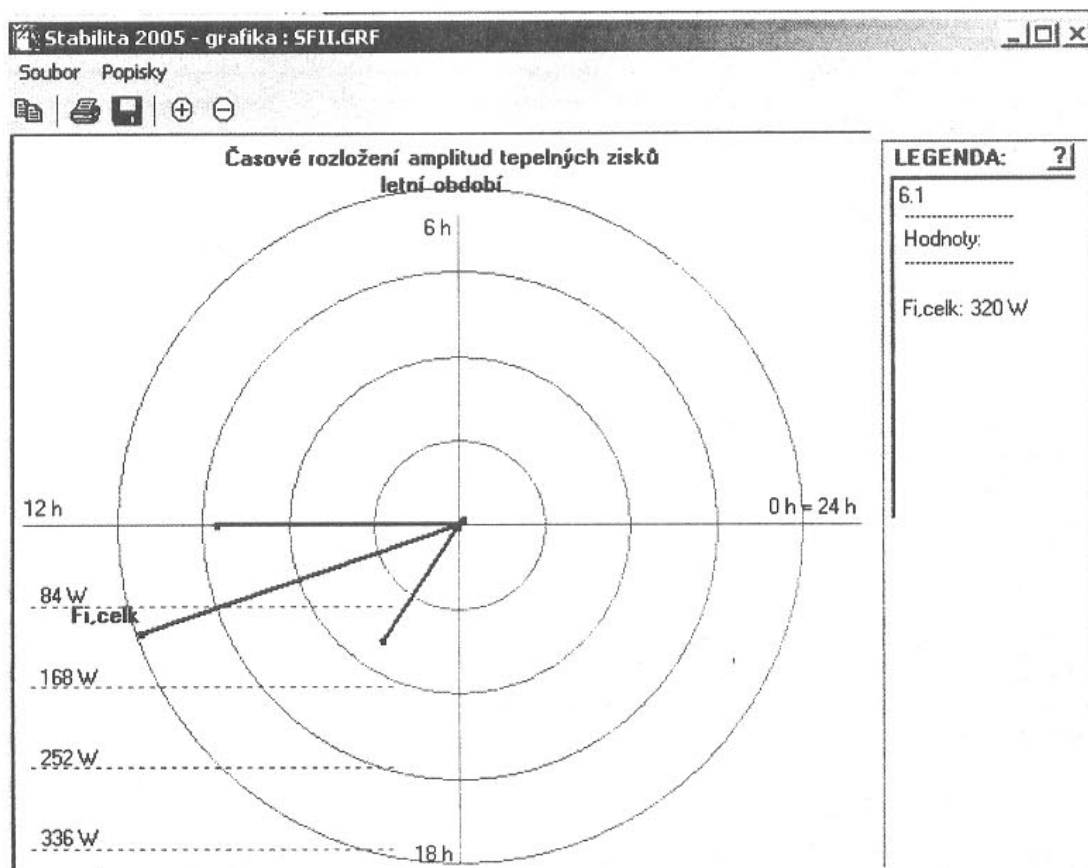
Kce č.	Název	Stř.intenzita záření	Tau	Tep.zisk [W]	Doba zisku [h]
1	Neprůsvitná kce	199.0	12.0	1.62	33.8
3	Neprůsvitná kce	215.0	16.0	1.56	37.1
5	Neprůsvitná kce	306.0	12.0	8.00	28.0
6	Jednoduché okno	199.0	12.0	226.54	12.0
7	Jednoduché okno	215.0	16.0	143.86	16.0

Tepelný zisk průsvitnými konstrukcemi Qok: 158.89 W
 Modul vekt.součtu tepl.amplitud tep.zisků Qoka+Qe: 319.61 W
 Tepelný zisk od vnitřních zdrojů Qi: 0.00 W
 Tepelná ztráta větráním Qv: 3.40 W
 (při násobnosti výměny n = 0.30 1/h)
 Celkový maximální tepelný zisk Qz: 475.10 W

Nejvyšší denní vzestup teploty Delta Ta,max : 5.9 C

STOP, Stabilita 2005

Grafický výstup výpočtu:



Posouzení:

Výsledná hodnota $\Delta\theta_{ai,max} = 5,9^{\circ}\text{C}$, zatímco maximální normou povolená hodnota je $\Delta\theta_{ai,max,N} = 5,0^{\circ}\text{C}$. Posuzovaná místnost neodpovídá normovým požadavkům.

7. TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI V ZIMNÍM OBDOBÍ

Výpočet tepelné stability místnosti v zimním období se zabývá chováním místnosti v době přerušení vytápění místnosti, a to ať již formou otopné přestávky nebo z jiných důvodů, například při havárii otopného systému.

Zimní tepelná stabilita se zkoumá za neustáleného teplotního stavu, předpokládá se konstantní teplota vnějšího vzduchu a v čase proměnná teplota vzduchu vnitřního.

Výpočet vychází z energetické bilance prostoru a zahrnuje tepelné ztráty místnosti prostupem i infiltrací na jedné straně bilanční rovnice, tepelné zisky z chladnoucích konstrukcí, případně i zisky z dalších vnitřních zdrojů tepla (technologická zařízení, nábytek, chladnací otopná tělesa a podobně) na straně druhé.

Hodnotícím kritériem tepelné stability místnosti v zimním období je pokles výsledné teploty v místnosti. Hodnotí se kritická místnost, což je místnost s nejvyšší hodnotou průměrného součinitele prostupu tepla. Obvykle se jedná o místnost s největším podílem prosklených ploch, případně o místnost s největším podílem ploch vnějších ochlazovaných konstrukcí, např. místnost na nároží v posledním podlaží objektu. Kritická místnost pro hodnocení zimní tepelné stability se nemusí shodovat s kritickou místností pro hodnocení tepelné stability letní.

Výhodou počítačového řešení zimní tepelné stability místnosti je možnost získat časový průběh chladnutí místnosti, to znamená průběh výsledné teploty místnosti a vnitřních povrchových teplot jednotlivých konstrukcí i při různých teplotách vnějšího vzduchu. Tyto údaje umožní optimalizovat délku otopné přestávky v dílčích časových úsecích topného období a sledovat případný vznik povrchové kondenzace vodní páry na chladnoucích površích.

Výpočet časového průběhu chladnutí místnosti umožňuje analyzovat některé atypické stavy, jako např. stanovit maximální možnou dobu výluky otopného systému v případě jeho havárie v situaci, kdy pokles teploty vnitřního vzduchu pod technologicky stanovenou hodnotu může nepříznivě ovlivnit výrobu, kvalitu skladovaných produktů a podobně.

Normové hodnocení zimní tepelné stability místnosti vede ke zjištění největší možné délky otopné přestávky při plném využití normových požadavků na pokles výsledné teploty v místnosti..

7.1. ORIENTAČNÍ VÝPOČET

Pokles výsledné teploty v místnosti v průběhu otopné přestávky se stanoví ze vztahu

$$\Delta\theta_v(t) = \theta_v(0) - \theta_v(t) \quad (^\circ\text{C}) \quad (7.1)$$

kde je

$\theta_v(0)$ výsledná teplota místnosti na počátku chladnutí místnosti, to znamená

v čase $t = 0$, kdy je $\theta_v = \theta_v(0)$
 $\theta_v(t)$ výsledná teplota místnosti proměnná v průběhu chladnutí.

Výsledná teplota místnosti

$$\theta_v(t) = \theta_{ai}(t) + 650 \cdot \dot{V}_{LV} \cdot \frac{\theta_{ai}(t) - \theta_e}{\sum (A \cdot h_{si})} \quad (^\circ\text{C}) \quad (7.2)$$

kde je

$\theta_{ai}(t)$ teplota vnitřního vzduchu v době chladnutí t ($^\circ\text{C}$)

\dot{V}_{LV} objemový tok vzduchu proudícího do místnosti (m^3/s), stanovený v souladu s ČSN EN 12831 [17] při větrání obecně ze vztahu

$$\dot{V}_{LV} = \frac{n \cdot V_s}{3600} \quad (7.3)$$

kde je

V_s objem sledované místnosti (vnitřního prostoru) (m^3) a při spárové průvzdušnosti (infiltraci) ze vztahu

$$\dot{V}_{LV} = B.M. \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \quad (7.4)$$

θ_e návrhová venkovní teplota (v zimním období) ($^\circ\text{C}$), viz ČSN 73 0540-3

$\sum(A \cdot h_{si})$ součet násobků ploch vnitřních povrchů všech konstrukcí tvořících místnost a součinitelů přestupů tepla na vnitřní straně těchto konstrukcí ($\text{W} \cdot \text{K}^{-1}$)

Z hlediska hodnocení tepelné stability a následného stanovení součinitele chladnutí dělíme konstrukce na

- symetricky chladnoucí konstrukce, což jsou obvykle vnitřní konstrukce, rozdělující prostory, jejichž teploty se na počátku chladnutí neliší o více než 5°C . U těchto konstrukcí dochází v podstatě ke stejnému poklesu teploty na obou stranách konstrukce.
- nesymetricky chladnoucí konstrukce, které rozdělují prostory, jejichž teplota se na počátku chladnutí liší o více než 5°C . Jedná se buď o vnitřní konstrukce, oddělující prostory s výrazně rozdílnými teplotami nebo o konstrukce obalové, zatížené vnějším a vnitřním prostředím. U vnitřních konstrukcí je pokles teploty na obou stranách konstrukce výrazně rozdílný, u obalových konstrukcí dochází k poklesu teploty pouze na vnitřní straně konstrukce, zatímco vnější strana konstrukce je zatížena konstantní teplotou vnějšího vzduchu.
- konstrukce polonekonečné - konstrukce v kontaktu se zemínou, u kterých dochází v průběhu chladnutí k poklesu teploty pouze na vnitřní straně konstrukce.

Do výpočtu množství tepla, akumulovaného ve vnějších a vnitřních konstrukcích se zahrnují pouze vrstvy s významným akumulacním účinkem.

7.2. NORMOVÉ POŽADAVKY

Kritická místnost musí na konci doby chladnutí vykazovat pokles výsledné teploty

$$\theta_v(t) < \theta_v(t)_N \quad (7.5)$$

kde $\theta_v(t)_N$ je normou požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti, stanovená z tabulky T 7.1.

Druh místnosti (prostoru)	$\Delta\theta_{v,t}(t)$ [°C]
S pobytem lidí po přerušení vytápění	
- při vytápění radiátory, sálavými panely a teplovzdušně;	3
- při vytápění kamny a podlahovým vytápění;	4
Bez pobytu lidí po přerušení vytápění	
- při přerušení vytápění otopnou přestávkou - budova masivní;	6
- budova lehká;	8
- při předepsané nejnižší výsledné teplotě $\theta_{v, \min}$	$\theta_i - \theta_{v, \min}$
- při skladování potravin;	$\theta_i - 8$
- při nebezpečí zamrznutí vody;	$\theta_i - 1$
Nádrže s vodou (teplota vody).	$\theta_i - 1$

Tab. T 7.1: Hodnoty poklesu výsledné teploty místnosti

7.3. ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ

Stejně jako u letní tepelné stability, i v případě zimní tepelné stability místnosti jsou konstrukčním prvkem, rozhodujícím o průběhu chladnutí místnosti, prosklené konstrukce. Z řešení, vedoucí ke zlepšení zimní stability místnosti, je třeba uvést především zlepšení tepelně izolačních vlastností otvorových výplní, a to jak jejich zasklení, tak i konstrukce rámu a křídel i jejich osazení do obalových konstrukcí. Významný vliv má v tomto případě snížení infiltrace vnějšího vzduchu spárami otvíravých okenních konstrukcí.

Z dalších možností, směřujících ke zlepšení tepelné stability místnosti v zimním období, je možno uvést:

- zlepšení tepelně izolačních vlastností obalových konstrukcí,
- zlepšení tepelně izolačních vlastností vnitřních ochlazovaných konstrukcí,
- zvýšení akumulací schopnosti vnitřních vrstev obalových konstrukcí tím, že budou preferovány konstrukce s vrstvami z materiálů o vysoké objemové hmotnosti na vnitřním líci,
- zvýšení akumulací schopnosti vnitřních konstrukcí, především využitím masivních stropních a vnitřních dělicích konstrukcí,
- vytvoření akumuláčnických jader uvnitř objektu.

Stále častěji se - s rostoucími požadavky na tepelně izolační schopnost obalových konstrukcí budov – navrhuje budovy s velmi pružnou otopnou soustavou, které mají minimum akumulčních konstrukcí a u kterých je preferována akceptace solárních tepelných zisků i zisků od vnitřních zdrojů tepla. V takovýchto objektech musí být použit nepřerušovaný, případně tlumený režim vytápění a z hlediska energetického se obvykle jedná o provozně a investičně nejoptimálnější způsob vytápění objektu.

7.5. PŘÍKLADY VÝPOČTU

Pro výpočet tepelné stability místnosti v zimním období se používá program STABILITA, zadání je společné jak pro výpočet letní, tak i zimní tepelné stability místnosti (viz kapitola 6).

Zadání výpočtu

- Specifickým prvkem zadání vstupních údajů pro výpočet zimní tepelné stability místnosti je zadání časového úseku t . Tímto prvkem se volí časový interval, pro nějž je výpočet ve 24 cyklech proveden. V běžných případech se volí hodnota tohoto intervalu v rozmezí 1200 až 7200 sekund.

Numerický výstup výpočtu

Výstupní protokol obsahuje:

- popis jednotlivých obalových konstrukcí místnosti včetně jejich tepelně technických parametrů
- časový průběh teploty vnitřního povrchu jednotlivých konstrukcí, teploty vnitřního vzduchu, výsledné teploty místnosti a poklesu výsledné teploty místnosti v předem zvoleném časovém intervalu.

Grafický výstup výpočtu

Program umožňuje zobrazit křivku časového průběhu poklesu výsledné teploty místnosti.

Příklad 7.1

Proveďte posouzení tepelné stability v zimním období pro místnost z příkladu 6.1. Místnost je vytápěna radiátory.

Zadání vstupních hodnot:

Viz. příklad 6.1

Výstupní protokol výpočtu:

TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI V ZIMNÍM OBDOBÍ

podle ČSN 730540 a STN 730540

Stabilita 2005

Název ulohy: 6.1
 Zakázka : SFII
 Zpracovatel : FK
 Datum : říjen 2005

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Venkovní návrhová teplota T_e : -15.0 C Souč.přestupu h_e : 25.0 W/m²K
 Vnitřní návrhová teplota T_i : 20.0 C Souč.přestupu h_i : 7.7 W/m²K

Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21.0 C
 Dilčí časový úsek pro hodnocení poklesu teploty τ : 1.00 h (celkem 24x τ)
 Měrné objemové teplo vzduchu v místnosti C_v : 1217.0 J/m³K
 Jiné trvalé tepelné zisky v místnosti Q_m : 0 W
 Objem vzduchu v hodnocené místnosti V : 62.8 m³
 Násobnost výměny vzduchu: 0.3 1/h

Jednotlivé konstrukce v místnosti:**Konstrukce číslo 1 ... Neprůsvitná kce**

Typ konstrukce: Nesymetricky chladnoucí
 Plocha konstrukce: 10.77 m² Teplota na vnější straně T_e : -15.0 C

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Porotherm 44 P+D na	0.4400	0.149	960.0	800.0

Tepelný odpor: 2.953 m²K/W Součinitel prostupu tepla: 0.320 W/m²K
 Tep.odpor 1.vrstvy: 2.953 m²K/W Tep. jímavost 1. vrstvy: 114432.0

Konstrukce číslo 2 ... Neprůsvitná kce

Typ konstrukce: Symetricky chladnoucí
 Plocha konstrukce: 21.66 m² Teplota na vnější straně T_e : 21.0 C

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Dřevo tvrdé (tok kol)	0.0220	0.220	2510.0	600.0
2	Beton hutný 2	0.0400	1.300	1020.0	2200.0
3	ORSIL T	0.0300	0.045	1150.0	150.0
4	Železobeton 2	0.1400	1.580	1020.0	2400.0

Tepelný odpor: 0.886 m²K/W Součinitel prostupu tepla: 0.873 W/m²K
 Tep.odpor 1.vrstvy: 0.100 m²K/W Tep. jímavost 1. vrstvy: 331320.0

Tepelná stabilita místnosti v zimním období

Konstrukce číslo 3 ... Neprůsvitná kce

Typ konstrukce: Nesymetricky chladnoucí

Plocha konstrukce: 8.14 m² Teplota na vnější straně Te: -15.0 C

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Porotherm 44 P+D na	0.4400	0.149	960.0	800.0
Tepelný odpor:		2.953 m ² K/W	Součinitel prostupu tepla:		0.320 W/m ² K
Tep.odpor 1.vrstvy:		2.953 m ² K/W	Tep. jímavost 1. vrstvy:		114432.0

Konstrukce číslo 4 ... Neprůsvitná kce

Typ konstrukce: Symetricky chladnoucí

Plocha konstrukce: 25.97 m² Teplota na vnější straně Te: 21.0 C

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Zdivo CDm tl. 1150 m	0.1150	0.650	960.0	1400.0
Tepelný odpor:		0.177 m ² K/W	Součinitel prostupu tepla:		2.290 W/m ² K
Tep.odpor 1.vrstvy:		0.177 m ² K/W	Tep. jímavost 1. vrstvy:		873599.9

Konstrukce číslo 5 ... Neprůsvitná kce

Typ konstrukce: Nesymetricky chladnoucí

Plocha konstrukce: 21.66 m² Teplota na vnější straně Te: -15.0 C

vrstva č.	Název	d [m]	Lambda [W/mK]	M.teplo [J/kgK]	M.hmotnost [kg/m ³]
1	Železobeton 2	0.1400	1.580	1020.0	2400.0
2	Keramzitbeton 1	0.1000	0.280	880.0	700.0
3	ORSIL T-SD	0.2000	0.045	1150.0	150.0
Tepelný odpor:		4.890 m ² K/W	Součinitel prostupu tepla:		0.198 W/m ² K
Tep.odpor 1.vrstvy:		0.089 m ² K/W	Tep. jímavost 1. vrstvy:		3867840.0

Konstrukce číslo 6 ... Jednoduché okno s dv

Typ konstrukce: Okenní vnější

Plocha konstrukce: 5.76 m² Teplota na vnější straně: -15.0 C

Souč. prostupu: 1.20 W/m²K

Konstrukce číslo 7 ... Jednoduché okno s dv

Typ konstrukce: Okenní vnější

Plocha konstrukce: 2.88 m² Teplota na vnější straně: -15.0 C

Souč. prostupu: 1.20 W/m²K

VÝSLEDKY VYŠETŘOVÁNÍ CHLADNUTÍ MÍSTNOSTI:

Teploty vzduchu, povrchů a výsledné poklesy teploty:

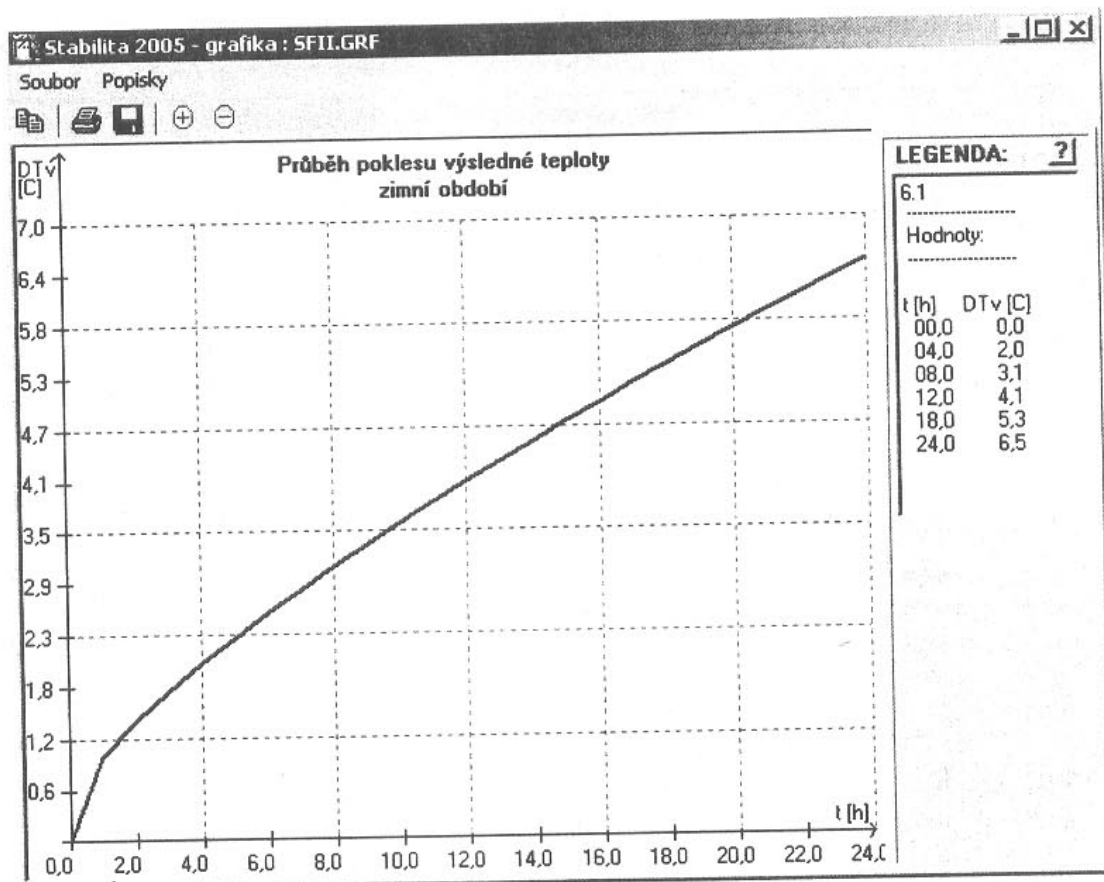
Hod.:	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
Kce č.								
1	19.5	18.2	17.8	17.4	17.1	16.8	16.6	16.3
2	21.0	20.6	20.2	19.8	19.4	19.1	18.8	18.5
3	19.5	18.2	17.8	17.4	17.1	16.8	16.6	16.3
4	21.0	20.2	19.8	19.4	19.0	18.7	18.4	18.1
5	20.1	19.6	19.4	19.2	19.0	18.7	18.5	18.3
6	14.5	12.8	12.5	12.2	12.0	11.7	11.5	11.3
7	14.5	12.8	12.5	12.2	12.0	11.7	11.5	11.3
Ta,i [C]:	21.0	18.9	18.5	18.2	17.8	17.6	17.3	17.0
Tv [C]:	21.2	19.0	18.6	18.3	18.0	17.7	17.4	17.2
DTv [C]:	---	1.0	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.8

Hod.:	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
Kce č.									
1	16.1	15.8	15.6	15.4	15.1	14.9	14.7	14.5	14.3
2	18.2	17.9	17.7	17.4	17.2	16.9	16.7	16.4	16.2
3	16.1	15.8	15.6	15.4	15.1	14.9	14.7	14.5	14.3
4	17.8	17.5	17.3	17.0	16.7	16.5	16.3	16.0	15.8
5	18.1	17.9	17.7	17.5	17.3	17.0	16.8	16.6	16.4
6	11.1	10.9	10.7	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.6
7	11.1	10.9	10.7	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.6
Ta,i [C]:	16.8	16.5	16.3	16.0	15.8	15.6	15.4	15.1	14.9
Tv [C]:	16.9	16.7	16.4	16.2	15.9	15.7	15.5	15.3	15.1
DTv [C]:	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9

Hod.:	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
Kce č.								
1	14.1	13.9	13.7	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7
2	16.0	15.7	15.5	15.3	15.1	14.9	14.7	14.5
3	14.1	13.9	13.7	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7
4	15.6	15.4	15.1	14.9	14.7	14.5	14.3	14.1
5	16.2	16.0	15.8	15.6	15.4	15.2	15.1	14.9
6	9.4	9.2	9.1	8.9	8.7	8.6	8.4	8.3
7	9.4	9.2	9.1	8.9	8.7	8.6	8.4	8.3
Ta,i [C]:	14.7	14.5	14.3	14.1	13.9	13.7	13.5	13.3
Tv [C]:	14.9	14.7	14.4	14.2	14.1	13.9	13.7	13.5
DTv [C]:	5.1	5.3	5.6	5.8	5.9	6.1	6.3	6.5

Pozn.: Ta,i - teplota vnitřního vzduchu v čase Tau
 Tv - výsledná teplota v místnosti v čase Tau
 DTv - pokles výsledné teploty místnosti v čase Tau
 Ostatní hodnoty v tabulce jsou povrchové teploty jednotlivých konstrukcí.

Grafický výstup výpočtu:



Posouzení:

Normou požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti $\Delta\theta_v(t)_N = 3^\circ\text{C}$. Této hodnoty bude dosaženo cca po 7,66 hod. chladnutí místnosti. Tento časový údaj též znamená maximální přípustnou délku otopné přestávky.

8. STAVEBNĚ ENERGETICKÉ VLASTNOSTI BUDOV

Metodika hodnocení energetických vlastností budov doznala v posledních letech řadu zásadních změn. Zatímco dle ČSN 73 0540-2 z roku 1994 byla hodnotícím kritériem energetické náročnosti tepelná charakteristika budovy, táž revidovaná norma z roku 2002 se odvolává na Vyhlášku Ministerstva průmyslu a obchodu č. 291/2001, navazující na zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií a určuje za kritériální veličinu měrnou potřebu tepla na vytápění budovy. Změna citované části normy z března 2005 pak zavádí nový pojem „stavebně energetické vlastnosti budovy“ a jako kritérium pro jejich hodnocení udává hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla. Současně zavádí místo původního stupně energetické náročnosti (SEN), doporučeného ke klasifikaci budov z energetického hlediska další nový pojem – stupeň tepelné náročnosti (STN) – viz. tab. P 10.

Stavebně energetické vlastnosti budovy pak dle uvedené normy vyjadřují vliv stavebního řešení na úsporu energie na vytápění budovy, případně na její nízkou energetickou náročnost.

Hodnocení stavebně energetických vlastností budovy lze u novostaveb provést dvěma způsoby:

- v případě, kdy plocha otvorových výplní nepřekročí 15% plochy celkové podlahové plochy budovy, lze objekt hodnotit pomocí hodnot součinitele prostupu tepla U_N jednotlivých konstrukcí,
- přesahuje-li plocha výplní otvorů výše uvedenou hranici, je třeba k hodnocení použít průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} .

Při změnách a opravách budov musí objekt odpovídat kritériím pro hodnocení stavebně energetických vlastností budov, jestliže dochází ke změně či opravě více než 25% plochy obvodového pláště budovy.

8.1. HODNOCENÍ PODLE DOPORUČENÝCH HODNOT U_N

8.1.1. Metodika výpočtu

V případě, že plocha výplní otvorů nepřekročí 15% celkové podlahové plochy budovy a všechny konstrukce na systémové hranici budovy odpovídají normou doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla, je požadavek na stavebně energetické vlastnosti budovy považován za splněný.

Systémová hranice budovy je definována v ČSN EN 832, ČSN EN ISO 13790 a ČSN 73 0540-4.

Způsob výpočtu součinitele prostupu tepla je popsán v kapitole 2.

8.1.2. Požadavky

Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro jednotlivé stavební konstrukce U_N jsou v tab. T2.4.

8.2. HODNOCENÍ PODLE HODNOTY PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA U_{em}

8.2.1. Metodika výpočtu

V případě, že plocha výplní otvorů překračuje 15% celkové podlahové plochy, hodnotí se budova podle normové hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} .

Podrobný postup výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla budovy stanoví ČSN 73 0540-4.

V praxi je obvykle hodnota průměrného součinitele prostupu tepla součástí výstupu počítačových programů, používaných pro hodnocení energetických vlastností budovy – např. program ENERGIE.

8.2.2. Požadavky

Hodnocená budova musí splňovat podmínku

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (8.1)$$

Požadované a doporučené hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N}$ jsou v tabulce T 8.1.

Faktor tvaru budovy A/V [m^2/m^3]	Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]	
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty
$\leq 0,2$	1,05	0,75
0,3	0,80	0,58
0,4	0,68	0,50
0,5	0,60	0,45
0,6	0,55	0,42
0,7	0,51	0,39
0,8	0,49	0,38
0,9	0,47	0,36
$\geq 1,0$	0,45	0,35
Mezilehlé hodnoty (zaokrouhlené na setiny)	$0,30 + \frac{0,15}{(A/V)}$	$0,25 + \frac{0,10}{(A/V)}$

Tab.8.1: Požadované a doporučené hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla

Faktor tvaru budovy A/V (m^2/m^3) je poměr mezi plochou obalových konstrukcí A a obestaveným prostorem budovy V .

Tabulka T 8.1. platí pro všechny obytné budovy a pro nebytové budovy s poměrnou plochou průsvitných konstrukcí v nadzemní části budovy $f_w \leq 0,50$ s převažující vnitřní návrhovou teplotou $\theta_{im} = 20$ °C.

Pro nebytové budovy s $f_w > 0,50$ se připouští požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{em,N,rq}$, určené ze vztahu 8.2 a doporučené hodnoty téhož součinitele $U_{em,N,rc}$, určené ze vztahu 8.3.

$$U_{em,N,rq} = 0,35 + \frac{0,20}{\left(\frac{A}{V}\right)} \quad (8.2)$$

$$U_{em,N,rc} = 0,30 + \frac{0,15}{\left(\frac{A}{V}\right)} \quad (8.3)$$

Pro faktor tvaru budovy $A/V \leq 0,2$ platí hodnota stanovená pro $A/V = 0,2$, pro faktor tvaru budovy $A/V \geq 1,0$ platí hodnota stanovená pro $A/V = 1,0$.

Ve všech ostatních případech se normové hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla stanoví ze vztahu

$$U_{em,N} = U_{em,A,20} \cdot e_1 \cdot \frac{35}{\Delta\theta_{ie}} \quad (8.4)$$

kde $U_{em,A}$ je součinitel prostupu tepla ($Wm^{-2}K^{-1}$)

e_1 je součinitel typu budovy, bezrozměrný, viz tab. T 1.1

$\Delta\theta_{ie}$ je základní rozdíl teplot vnitřního a venkovního prostředí ($^{\circ}C$)

8.3. ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ BUDOV Z HLEDISKA ENERGETICKÉHO

Zásadami pro optimální návrh objektu z energetického hlediska se podrobně zabývá řada publikací. Komplexně a přehledně je tento problém analyzován např. v (10).

Při architektonickém návrhu je třeba - s ohledem na minimalizaci tepelných ztrát pro vytápění budov - věnovat pozornost především těmto oblastem:

- umístění stavby
- geometrické řešení objektu
- dispoziční řešení objektu.

8.3.1. Umístění stavby

Spotřebu energie na vytápění z hlediska umístění stavby ovlivňují zejména:

- teplota vnějšího vzduchu
- rychlost větru.

Teplotu vnějšího vzduchu ovlivňuje jednak konfigurace terénu, jednak hustota a charakter okolní zástavby. Doporučuje se proto nestavět budovy v uzavřených údolích, kde

dochází ke koncentraci studeného vzduchu a na severních svazích. Stejně tak je z energetického hlediska nevýhodné solitérní umístění budovy, protože v souvislé zástavbě je zimní teplota vyšší než v otevřeném terénu.

Rychlost větru nepříznivě ovlivňuje především tepelnou ztrátu infiltrací. Z tohoto pohledu je třeba označit za nevhodná místa vrcholy kopců a otevřenou krajinu s intenzivními větry, případně i protáhlá údolí.

8.3.2. Geometrické řešení objektu

Geometrické řešení objektu ovlivňuje v první řadě tepelnou ztrátu prostupem tepla. S rostoucí plochou obalových konstrukcí dochází i k nárůstu této tepelné ztráty. Optimalizace tvaru objektu je v podstatě hledáním minimální hodnoty faktoru tvaru budovy, to znamená podílu plochy obalových konstrukcí objektu a jeho objemu. Vztahy pro určení optimální výšky objektu při zadaném půdorysném tvaru uvádí (10). Příznivě se z tohoto pohledu projevuje také vzájemné propojení budov ve větší celek.

8.3.3. Dispoziční řešení objektu

Dispoziční řešení budovy ovlivňuje jednak orientaci budovy ke světovým stranám, jednak vzájemné vztahy mezi vytápěnými a nevytápěnými místnostmi.

Solární zisky jsou významným prvkem v energetické bilanci budovy, především s ohledem na plochu a orientaci transparentních konstrukcí. Je proto výhodné orientovat převládající průsvitné plochy na jih a přilehlé světové strany, naopak ve směru severní orientace, kde u transparentních konstrukcí převažují tepelné ztráty nad solárními tepelnými zisky, plochu průsvitných konstrukcí minimalizovat.

Z pohledu dispozičního řešení budovy se jeví jako optimální seskupovat vytápěné a nevytápěné místnosti do jednotlivých souvislých zón, místnosti s vyšší teplotou situovat pokud možno uvnitř dispozice objektu, k vnějšímu plášti prioritně umísťovat nevytápěné prostory případně prostory vytápěné na nižší teplotu. Samozřejmou podmínkou úspěšnosti tohoto řešení je oddělení prostorů vytápěných na různou teplotu dveřmi, které budou v průběhu otopné sezóny systematicky zavírány.

Zóny s vytápěnými prostory mají být situovány především k jihu, nevytápěné zóny k severu.

8.4. PŘÍKLADY

K výpočtovému hodnocení energetických vlastností budov se užívá program ENERGIE 2005. Tento program umožňuje hodnotit objekt jak podle ČSN 73 0540 (1) tak i podle Vyhlášky MPO č.291/2001 Sb. (3).

Zadání výpočtu

Ve výchozí tabulce *Popis objektu a klimatických podmínek* se zvolí požadovaný druh výpočtu a v závislosti na této volbě se doplní (většinou automaticky) potřebné klimatické údaje.

V následné tabulce *Popis jednotlivých zón objektu* se vyplní základní údaje o posuzované zóně a o použitém způsobu větrání.

V dalších tabulkách *Popis neprůsvitných konstrukcí ve styku s vnějším vzduchem*, *Popis okenních konstrukcí*, *Popis konstrukcí ve styku se zemí* a *Popis nevytápěných prostor a zimních zahrad* se zadávají podrobné údaje o jednotlivých typech konstrukcí, jejich plochy a základní tepelně technické parametry.

Numerický výstup výpočtu

V programu lze volit buď výstup ve formě přehledu výsledků pro jednotlivé zóny nebo ve formě výsledků podrobných.

Protokol s přehledem výsledků obsahuje:

- hodnocení jednotlivých zón včetně solárních zisků
- spotřebu tepla na vytápění
- rozložení měrných tepelných ztrát
- výslednou spotřebu tepelné energie za topné období
- měrnou spotřebu tepla.
- průměrný součinitel prostupu tepla budovy
- stupeň tepelné náročnosti

Grafický výstup výpočtu

Program umožňuje zobrazit:

- roční energetickou bilanci objektu s přehledem vstupující a vystupující energie
- rozdělení měrných tepelných ztrát zóny formou sloupcového grafu ve dvojrozměrném nebo trojrozměrném zobrazení
- rozdělení měrných tepelných ztrát zóny formou kruhového grafu
- potřebu tepla na vytápění a tepelné zisky
- příkon tepla na vytápění objektu

Příklad 8.1

Proveďte hodnocení rodinného domu z energetického hlediska.

Zadání vstupních hodnot výpočtu:

Popis objektu a klimatických podmínek

Úpravy Pomůcky Konec práce s daty

Obecné údaje:

Název objektu: Zakázka: SFII
 Zpracovatel: FK Datum: říjen 2005

Klimatické údaje:

Typ výpočtu:

Červenec | Srpen | Září | Říjen | Listopad | Prosinec |
 Leden | Únor | Březen | Duben | Květen | Červen |

Délka úseku: dnů Prům. vnější teplota: C

Celk. energie glob. slun. záření dopadající za daný úsek na jednotkové plochy orientované:

na sever:	<input type="text" value="39,0"/> MJ/m ²	na severovýchod:	<input type="text" value="0,0"/> MJ/m ²
na jih:	<input type="text" value="178,0"/> MJ/m ²	na severozápad:	<input type="text" value="0,0"/> MJ/m ²
na východ:	<input type="text" value="68,0"/> MJ/m ²	na jihovýchod:	<input type="text" value="0,0"/> MJ/m ²
na západ:	<input type="text" value="80,0"/> MJ/m ²	na jihozápad:	<input type="text" value="0,0"/> MJ/m ²
horizontálně:	<input type="text" value="112,0"/> MJ/m ²		

Formuláře:

Formulář č. 1
 Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Popis jednotlivých zón v objektu | **Popis spojení zón v objektu**

Popis jednotlivých zón v objektu

Úpravy Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Základní popis zóny:

Název zóny:

Vnitřní teplota: C Zadání přerušovaného vytápění

Objem vzduchu v zóně: m³ Průměrné vnitřní tep. zisky: kW

Zpětně získané teplo: MJ Potřeba tepla na ohřev TUV: MJ

Účinnost vytápěcího systému: %

je známa časová konstanta zóny Časová konstanta zóny: h

vliv tepelných vazeb zahrnout přibližně Vliv tepelných vazeb: W/m²K

Popis větracího systému zóny:

větrání v zóně je nucané (s pomocí vzduchotechniky)

Přirozené větrání

Minimální (hygienická) násobnost výměny vzduchu v zóně: 1/h

Návrhová násobnost výměny vzduchu v zóně: 1/h

Při výpočtu měrné potřeby tepla na vytápění podle Vyhlášky MPO č. 291/2001 Sb., ČSN 730540 a STN 730540 se standardně uvažuje přirozené větrání interiéru s intenzitou výměny vzduchu 0,5 1/h.

Formuláře:

Formulář č. 1
 Blok 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**

ZÓNA č. 1 : Popis okenních konstrukcí

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Popis okenní konstrukce

Označení: Šířka: m Výška: m

Součinitel prostupu tepla: W/m2K Lineární činitel prostupu pro ostění: W/mK

Činitel teplotní redukce: ... pro nadpraží: W/mK

... pro parapet: W/mK

Orientace:

Celková propustnost slunečního záření: Korekční činitel rámu:

Korekční činitel clonění:

Korekční činitel stínění jinými budovami:

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

Korekční činitel 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. okno
- 2. okno
- 3. okno
- 4. okno

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

K dispozici je katalog konstrukcí.

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 mosty | Bodové tepelné mosty

Č.	Označení konstrukce	Plocha konstrukce [m ²]	Součinitel prostupu tepla [W/m2K]	Činitel b [-]	
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Stěny	91,00	Odečíst okna	0,300	1,00
<input type="checkbox"/> 2		0,00	Odečíst okna	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 3		0,00	Odečíst okna	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 4		0,00	Odečíst okna	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 5		0,00	Odečíst okna	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 6		0,00	Odečíst okna	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 7		0,00	Odečíst okna	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 8		0,00	Odečíst okna	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 9		0,00	Odečíst okna	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 10		0,00	Odečíst okna	0,000	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 koci

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

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 mosty** Bodové tepelné mosty

Č.	Dznačení tepelného mostu	Délka tepelného mostu [m]	Lineární čísel prostupu [W/mK]	Čísel b [-]
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Styk stěny a stropu	36,800	0,001	1,00
<input type="checkbox"/> 2		0,000	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 3		0,000	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 4		0,000	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 5		0,000	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 6		0,000	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 7		0,000	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 8		0,000	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 9		0,000	0,000	1,00
<input type="checkbox"/> 10		0,000	0,000	1,00

Na každém formuláři lze vyplnit 10 liniových 2D tepelných mostů. Pokud se v zóně nachází více 2D tepelných mostů, lze další mosty 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 kci

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

ZÓNA č. 1 : Popis konstrukcí ve styku se zemínou

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

provést jen přibližný výpočet, neprovádět podrobný výpočet dle ČSN EN ISO 13370

Obecné údaje:

Součinitel tepelné vodivosti zeminy: 2,00 W/mK	Lineární čísel prostupu pro napojení stěny: 0,00 W/mK
Plocha podlahy: 99,00 m ²	Čísel Gw (vliv spodní vody): 1,00
	Exponovaný obvod podlahy: 36,80 m

Typ podlahové konstrukce:

podlaha na zemině zvýšená podlaha vytápěný suterén částečně či zcela nevytápěný suterén

Tloušťka obvodové stěny: 0,10 m Tepelný odpor podlahy: 2,00 m²K/W

Okrajová izolace podlahy:

žádná není vodorovná svislá

doplňková korekce na vliv přídavné izolace je známa

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
Šířka vodorovné okrajové tepelné izolace: 0,00 m

Formuláře: +

1 - typ podlahy

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

ZÓNA č. 1 : Popis nevytápěných prostor a zimních zahrad

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

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

Označení nevytápěného prostoru:

Provést přesný výpočet dle ČSN EN ISO 13789

Objem vzduchu v nevytápěném prostoru: m³

Násobnost výměny vzduchu mezi nevytápěným prostorem a interiérem: 1/h

Násobnost výměny vzduchu mezi nevytápěným prostorem a exteriérem: 1/h

Poznámky:

Za nevytápěný prostor se považují jakékoli místnosti mezi vytápěným interiérem a exteriérem, které nejsou vytápěny (např. garáže, zádveží, zimní zahrady). Pokud jsou nevytápěné místnosti spojeny trvale otevřenými otvory s vytápěným interiérem, považují se za součást interiéru.

Pokud hodnotíte zimní zahradu, je nutné vyplnit i příslušné doplňkové údaje, které není nutné zadávat pro ostatní typy nevytápěných prostor.

Na následujících záložkách lze zadat obalové konstrukce nevytápěného prostoru - tedy konstrukce oddělující tento prostor od interiéru a od exteriéru a zeminy. Maximální počet jednotlivých typů konstrukcí pro jeden nevytápěný prostor je 10.

Pokud hodnocená zóna sousedí s větším počtem nevytápěných prostorů, můžete další nevytápěné prostory zadat na dalších formulářích. Další formulář můžete vytvořit příkazem Další formulář v nabídce menu Pomůcky, stiskem klávesy F4 nebo kliknutím na tlačítko se symbolem šipky.

Formuláře: +

1. nevyt. zóna

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

Výstupní protokol výpočtu:

VÝPOČET POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA

podle ČSN EN ISO 13790, ČSN EN 832, ČSN 730540 a STN 730540

Energie 2005

Název úlohy: 8.1
Zpracovatel: FK
Zakázka: SFII
Datum: říjen 2005

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Počet zón v objektu: 1
Typ výpočtu potřeby tepla: měsíční (pro jednotlivé měsíce v roce)

Okrajové podmínky výpočtu :

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m ²]				Horizont
			Sever	Jih	Východ	Západ	
1. měsíc	31	0,0 C	39,0	178,0	68,0	80,0	112,0
2. měsíc	28	1,9 C	54,0	245,0	108,0	123,0	187,0
3. měsíc	31	4,6 C	88,0	319,0	193,0	193,0	339,0
4. měsíc	30	9,3 C	117,0	340,0	262,0	267,0	486,0
5. měsíc	31	13,0 C	164,0	310,0	310,0	304,0	584,0
6. měsíc	30	16,7 C	186,0	312,0	345,0	332,0	663,0
7. měsíc	31	18,8 C	182,0	343,0	356,0	356,0	699,0
8. měsíc	31	17,6 C	122,0	356,0	300,0	300,0	556,0
9. měsíc	30	15,1 C	93,0	365,0	223,0	239,0	405,0
10. měsíc	31	10,8 C	70,0	313,0	146,0	159,0	261,0

Stavebně energetické vlastnosti budov

11. měsíc	30	5,1 C	39,0	203,0	75,0	85,0	127,0
12. měsíc	31	0,3 C	35,0	178,0	62,0	71,0	95,0

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m ²]			
			SV	SZ	JV	JZ
1. měsíc	31	0,0 C	0,0	0,0	0,0	0,0
2. měsíc	28	1,9 C	0,0	0,0	0,0	0,0
3. měsíc	31	4,6 C	0,0	0,0	0,0	0,0
4. měsíc	30	9,3 C	0,0	0,0	0,0	0,0
5. měsíc	31	13,0 C	0,0	0,0	0,0	0,0
6. měsíc	30	16,7 C	0,0	0,0	0,0	0,0
7. měsíc	31	18,8 C	0,0	0,0	0,0	0,0
8. měsíc	31	17,6 C	0,0	0,0	0,0	0,0
9. měsíc	30	15,1 C	0,0	0,0	0,0	0,0
10. měsíc	31	10,8 C	0,0	0,0	0,0	0,0
11. měsíc	30	5,1 C	0,0	0,0	0,0	0,0
12. měsíc	31	0,3 C	0,0	0,0	0,0	0,0

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :

VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :

Název zóny:	RD
Vnitřní teplota:	20,0 C
Účinnost otopné soustavy:	75,0 %
Teplo na přípravu TUV:	0,0 MJ (za měsíc)
Zpětně získané teplo:	0,0 MJ (za měsíc)

Měrná tepelná ztráta větráním Hv:	43,350 W/K
Tepelná propustnost mezi zónou a exteriérem Ld:	65,337 W/K
Ustálená tepelná propustnost zeminou Ls:	28,762 W/K
Měrná ztráta prostupem nevytáp. prostory Hu:	19,264 W/K
Měrná ztráta Trombeho stěnami H,tw:	---
Měrná ztráta větráními stěnami H,vw:	---
Měrná ztráta prvky s transparentní izolací H,ti:	---
Přídavná měrná ztráta podlahovým vytápěním dHt:	---
Výsledná měrná ztráta H:	156,712 W/K

Měsíc	QI [MJ]	Qi [MJ]	Qs [MJ]	Qg [MJ]	Eta [-]	Qh [MJ]	Q [MJ]
1	8394,757	669,600	1062,245	1731,845	0,999	6664,043	8885,391
2	6862,037	604,800	1502,194	2106,994	0,997	4762,245	6349,660
3	6463,963	669,600	2113,394	2782,994	0,987	3717,049	4956,065
4	4346,317	648,000	2467,476	3115,476	0,925	1465,671	1954,228
5	2938,165	669,600	2550,931	3220,531	0,779	430,131	573,508
6	1340,453	648,000	2693,239	3341,239	0,397	13,258	17,677
7	503,686	669,600	2870,762	3540,362	0,142	0,067	0,089
8	1007,371	669,600	2649,341	3318,941	0,303	3,285	4,380
9	1990,370	648,000	2432,743	3080,743	0,611	108,465	144,621
10	3861,588	669,600	1935,389	2604,989	0,937	1419,471	1892,628
11	6052,349	648,000	1188,151	1836,151	0,997	4222,175	5629,566
12	8268,836	669,600	1032,818	1702,418	0,999	6567,520	8756,693

Vysvětlivky: QI je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty, Qi jsou vnitřní tepelné zisky, Qs jsou solární tepelné zisky, Qg jsou celkové tepelné zisky, Eta je stupeň využitelnosti tepelných zisků, Qh je potřeba tepla na vytápění a Q je celková potřeba energie na vytápění (tj. celkový příkon tepla).

Potřeba tepla na vytápění za rok Qh:	29373,380 MJ
Celk. potřeba energie na vytápění za rok Q:	39164,510 MJ

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELÝ OBJEKT :

Rozložení měrných tepelných ztrát

Zóna	Položka	Měrná ztráta [W/K]	Procento [%]
1	Celková měrná ztráta H:	156,712	100,0 %
z toho:	Měrná ztráta výměnou vzduchu Hv:	43,350	27,7 %
	Ustálená propustnost zeminou Ls:	28,762	18,4 %
	Měrná ztráta přes nevytápěné prostory Hu:	19,264	12,3 %
	Propustnost tepelnými mosty Ld,tb:	0,037	0,0 %

Propustnost plošnými kcmi Ld,c:	65,300	41,7 %
Okna... :	38,000	24,2 %
Stěny... :	27,300	17,4 %
Zbýlé méně významné konstrukce:	0,000	0,0 %
Měrná ztráta speciálními konstrukcemi dH:	---	0,0 %

Měrná ztráta objektu a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných ztrát jednotlivých zón Hc:	156,712 W/K
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	318,8 m ³
Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994):	0,49 W/m ³ K
Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997):	36,1 kWh/m ³ ,a

Poznámka: Tepelnou ztrátu objektu lze získat vynásobením součtu měrných ztrát jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

Potřeba tepla na vytápění podle ČSN EN 832 a ČSN EN ISO 13790

Měsíc	Ql [GJ]	Qi [GJ]	Qs [GJ]	Qg [GJ]	Eta [-]	Qh [GJ]	Q [GJ]
1	8,395	0,670	1,062	1,732	0,999	6,664	8,885
2	6,862	0,605	1,502	2,107	0,997	4,762	6,350
3	6,464	0,670	2,113	2,783	0,987	3,717	4,956
4	4,346	0,648	2,467	3,115	0,925	1,466	1,954
5	2,938	0,670	2,551	3,221	0,779	0,430	0,574
6	1,340	0,648	2,693	3,341	0,397	0,013	0,018
7	0,504	0,670	2,871	3,540	0,142	0,000	0,000
8	1,007	0,670	2,649	3,319	0,303	0,003	0,004
9	1,990	0,648	2,433	3,081	0,611	0,108	0,145
10	3,862	0,670	1,935	2,605	0,937	1,419	1,893
11	6,052	0,648	1,188	1,836	0,997	4,222	5,630
12	8,269	0,670	1,033	1,702	0,999	6,568	8,757

Vysvětlivky: Ql je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty, Qi jsou vnitřní tepelné zisky, Qs jsou solární tepelné zisky, Qg jsou celkové tepelné zisky, Eta je stupeň využitelnosti tepelných zisků, Qh je potřeba tepla na vytápění a Q je celková potřeba energie na vytápění (tj. celkový příkon tepla).

Potřeba tepla na vytápění za rok Qh:	29,373 GJ	8,159 MWh
Celk. potřeba energie na vytápění za rok Q:	39,165 GJ	10,879 MWh

Vysvětlivky: Potřeba tepla na vytápění Qh nezahrnuje vliv účinnosti otopné soustavy, tepla na ohřev TUV a zpětně získaného tepla. Všechny tyto další vlivy zahrnuje celková potřeba energie na vytápění Q (tj. celkový příkon tepla).

Poznámka: Potřeba tepla na vytápění Qh a celková potřeba energie na vytápění Q platí pro budovy s automatickou dynamickou regulací otopného systému. Jen u takových budov lze do energetické bilance započítat vnitřní a vnější tepelné zisky. Pokud je otopný systém budovy bez regulace, je potřeba tepla na vytápění Qh totožná s potřebou tepla na pokrytí tepelné ztráty Ql.

Měrná potřeba tepla na vytápění podle ČSN EN 832 a ČSN EN ISO 13790

Celk. potřeba tepla na vytápění budovy:	10879 kWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	318,8 m ³
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy Ev:	34,1 kWh/m³,a

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Součet měrných tepelných ztrát prostupem jednotlivých zón Ht:	113,4 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	308,0 m ²
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U,em:	0,37 W/m²K

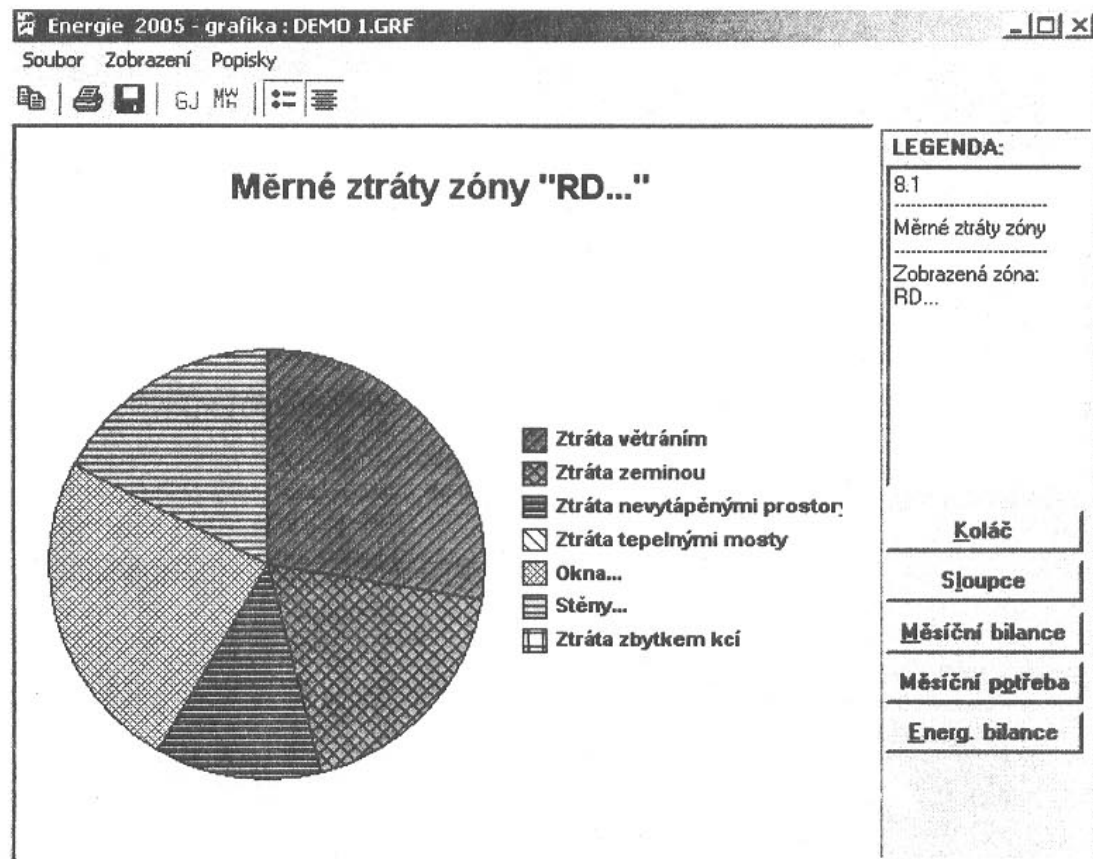
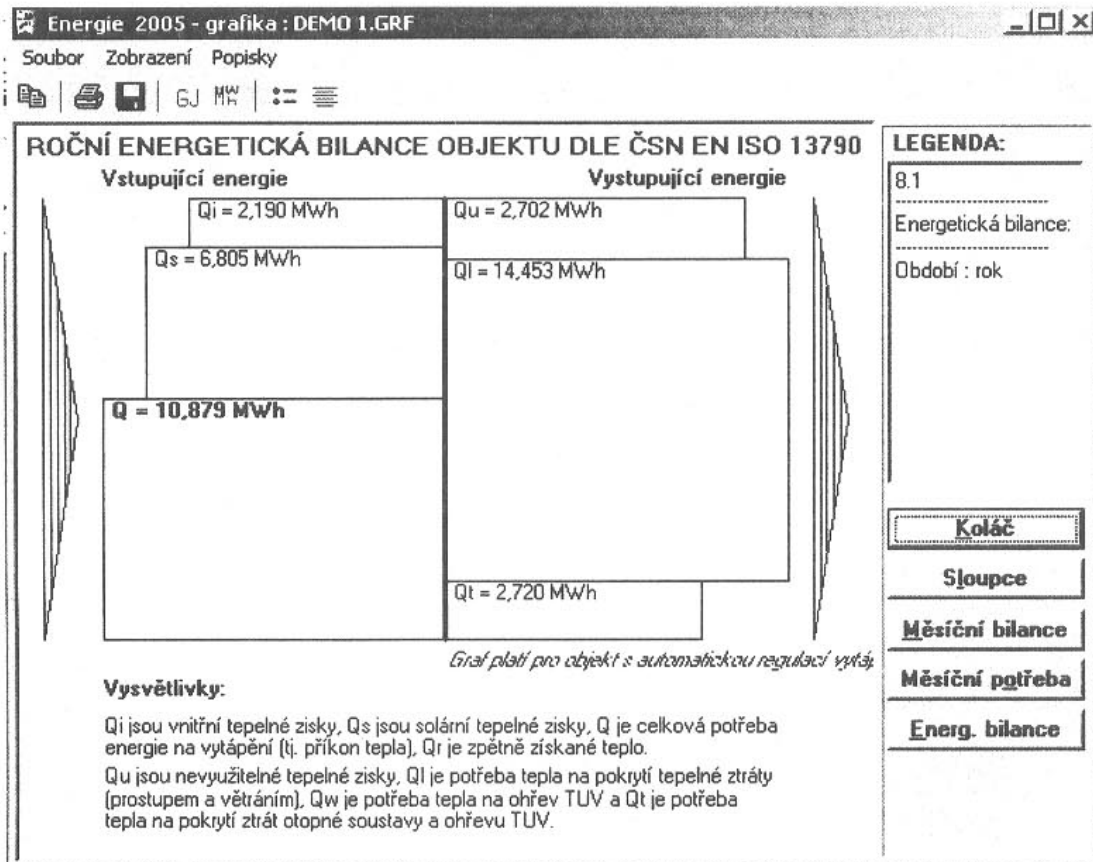
Stupeň tepelné náročnosti podle ČSN 730540 (2005)

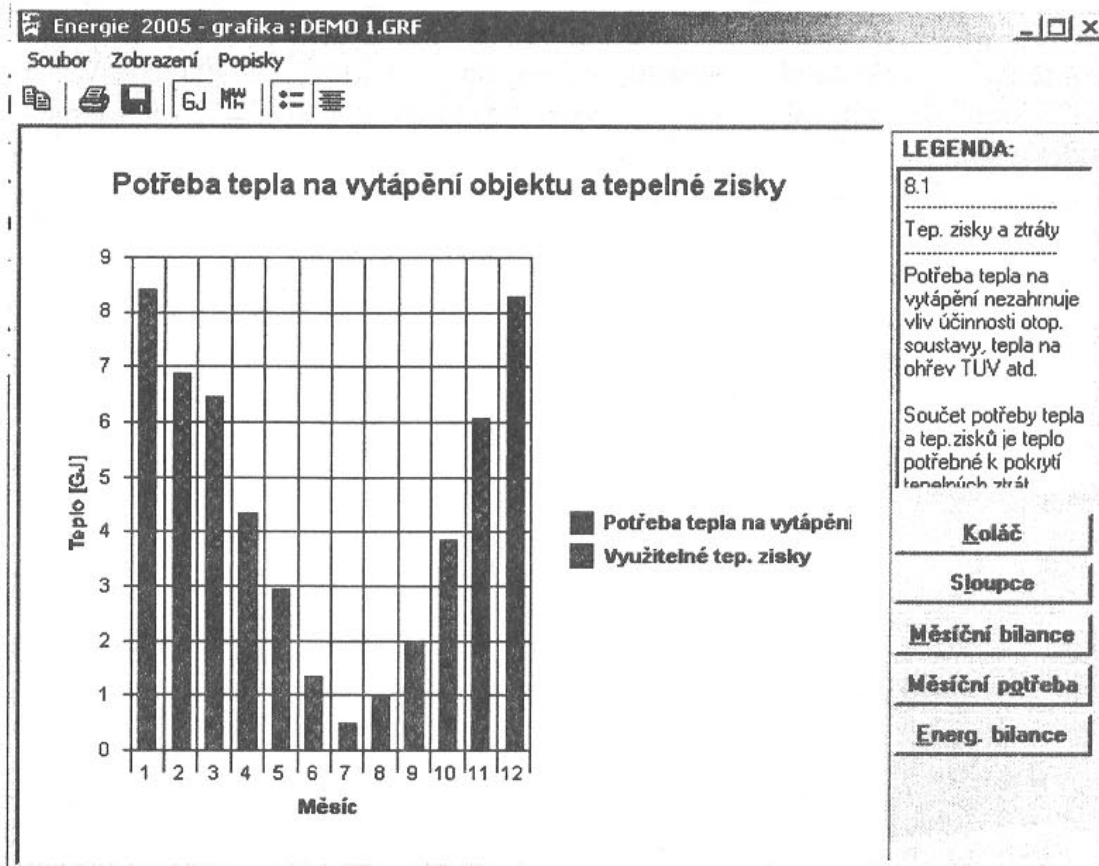
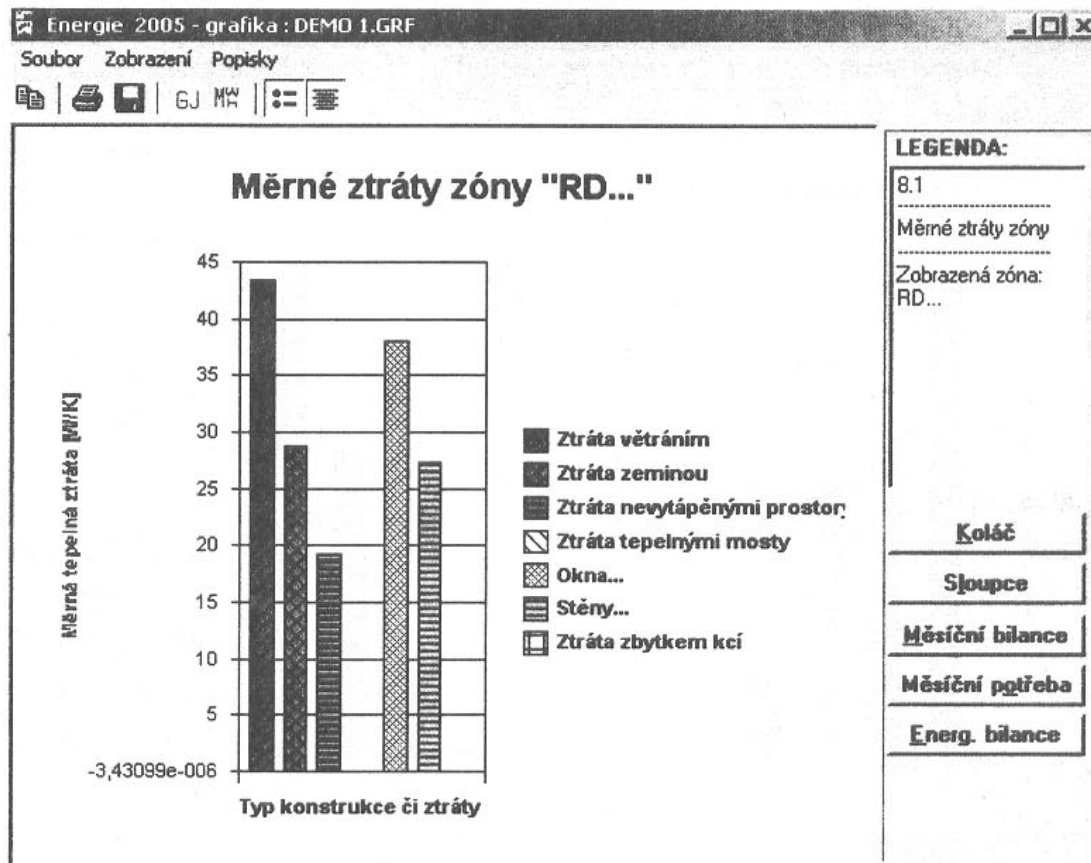
Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla U,em,N:	0,46 W/m ² K
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U,em:	0,37 W/m ² K

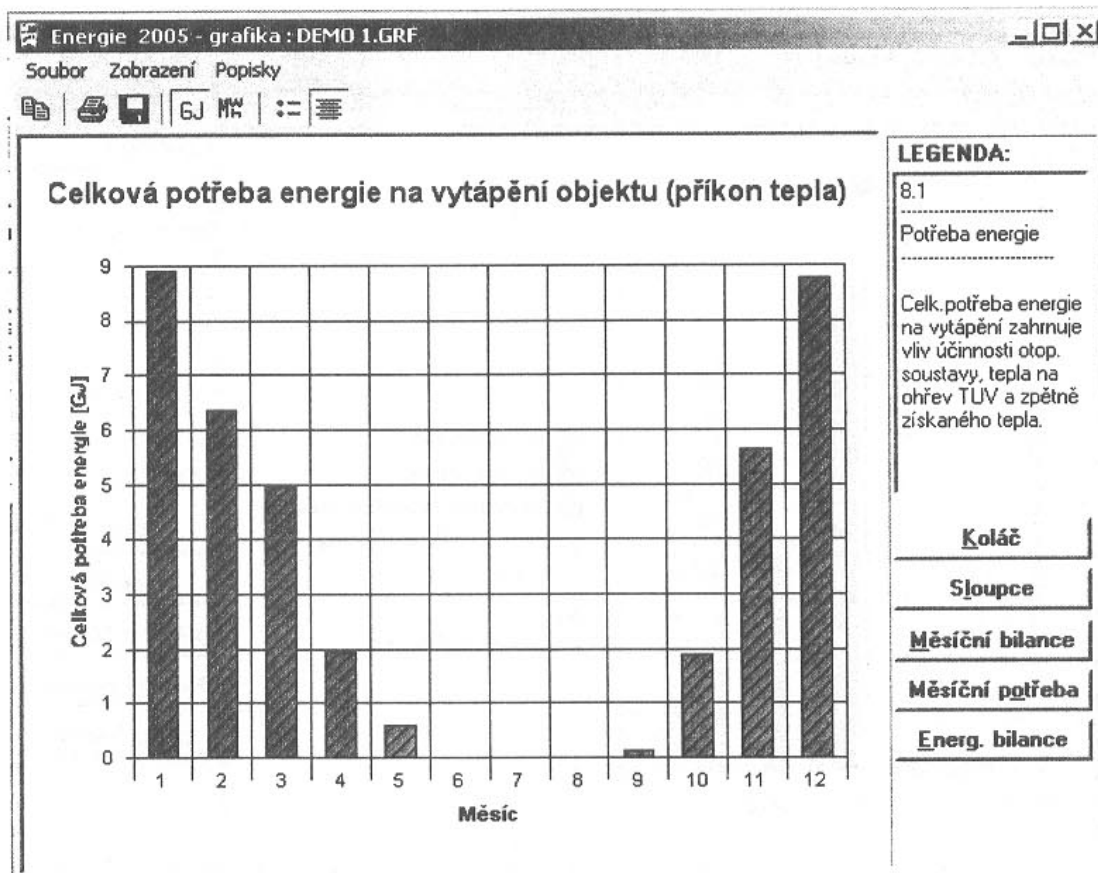
Stupeň tepelné náročnosti STN: 81 %

Poznámka: Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla U,em,N a vypočtený stupeň tepelné náročnosti STN platí pro obytné budovy a pro nebytové budovy s plochou prosklení do 50% fasády budovy, pohybuje-li se převažující návrhová vnitřní teplota v budově v rozmezí od 18 do 24 C. Pro ostatní nebytové budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou od 18 do 24 C je hodnota STN na straně bezpečnosti. Přesnou hodnotu STN pro méně běžné budovy je nutné stanovit individuálním výpočtem.

Grafický výstup výpočtu:







Posouzení:

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy stanovený výpočtem je $U_{em} = 0,37 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, zatímco normou požadovaná hodnota činí $U_{em,N} = 0,46 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

Budova splňuje normové požadavky.

Stupeň tepelné náročnosti budovy $STN = 81\%$, jedná se o objekt energeticky vyhovující.

PŘÍLOHY

Tabulka P 01 – Výpočtová vnitřní teplota θ_i a relativní vlhkost vzduchu φ_i ve vytápěných místnostech

Druh vytápěné místnosti	Výpočtová vnitřní teplota θ_i (°C)	Relativní vlhkost vzduchu φ_i (%)
1 Obytné budovy		
1.1 trvale užívané		
obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20	60
kuchyně	20	60
koupelny	24	90
klozety	20	60
vytápěné vedlejší místnosti (předsín, chodby, aj.)	15	60
vytápěná schodiště	10	60
1.2 občasně užívané (rekreační)		
– v době provozu		
obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20	60
kuchyně	20	60
koupelny	24	90
klozety	20	60
vytápěné vedlejší místnosti (předsín, chodby aj.)	15	60
vytápěná schodiště	10	60
– mimo provoz	5	80
2 Administrativní budovy		
kanceláře, čekárny, zasedací síně, jídelny,	20	60
vytápěné vedlejší místnosti (chodby, hlavní schodiště, klozety aj.)	15	60
vytápěná vedlejší schodiště	10	70
haly, místnosti s přepážkami	18	70
3 Školní budovy		
učebny, kreslírny, rýsovný, kabinety, laboratoře, jídelny	20	60
učební dílny	18	65
tělocvičny	15	70
šatny u tělocvičen	20	60
lázne a převlékárny	24	90
ordinace a ošetřovny	24	80
vytápěné vedlejší místnosti (chodby, schodiště, klozety, šatny jen pro svrchní oděv aj.)	15	
mateřské školky – učebny, herny, lehárny	22	50
– šatny pro děti	20	60
– umývárny pro děti, WC	24	80
– izolační místnosti	22	50
4 Zdravotnická zařízení		
4.1 jesle – učebny, herny, lehárny	22	50
– šatny pro děti	20	60
– umývárny pro děti, WC	24	80
– izolační místnosti	22	50
4.2 zdravotnická střediska, polikliniky, ordinace	24	50
čekárny, chodby, WC	20	60
4.3 nemocnice		
pokoje pro nemocné	22	60
vyšetřovny, přípravny	24	80
koupelny	24	90
operační sály	25	70
předsíně, chodby, WC, schodiště	20	60
4.4 domovy důchodců		
obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, kuchyně	20	60
	20	60

(Pokračování)

Druh vytápěné místnosti	Výpočtová vnitřní teplota θ_i (°C)	Relativní vlhkost vzduchu φ_i (%)
koupelny	24	90
klozety	20	60
vytápěné vedlejší místnosti (předsín, chodby aj.)	15	60
vytápěná schodiště	10	60
Ostatní zdravotnická zařízení a speciální požadavky – viz. Sborník technických řešení (Tepleně technická zařízení – Zdravoprojekt Praha)		
5 Obchodní		
prodejní místnosti všeobecně	20	60
prodej trvanlivých potravin	18	60
prodej masa, mléčných výrobků, ovoce	15	70
vytápěné vedlejší místnosti (chodby, klozety, aj.)	15	70
vytápěná schodiště	10	70
kancelářské místnosti	20	60
chladírny	2 až 5	80
sklady	dle požadavků	70 až 90
6 Hotely a restaurace		
pokoje pro hosty	20	60
koupelny	24	90
hotelové haly, zasedací místnosti, jídelny, sály	20	60
hlavní schodiště	15	70
kuchyně	24	80
vedlejší místnosti (chodby, klozety, aj.)	15	70
vedlejší schodiště	10	70
7 Koleje a ubytovny		
pokoje, hovorny, společenské místnosti	20	60
společná noční harna	16 až 18	60
umývárny	24	80
zařízení mimo provoz	5	80
8 Divadla, kina, koncertní sály a jiné kulturní místnosti		
hlediště a sály včetně přílehlých prostorů	20	60
chodby, schodiště, klozety	15	70
kancelářské místnosti	20	60
šatny pro účinkující	22 až 24	60
koupelny	24	90
výstavní sály, depozitáře	15	55
(nebo dle zvláštních požadavků)		
9 Sportovní budovy		
9.1 sportovní haly		
tělocvičny, haly	15	70
šatny, převlékárnny	22	60
umývárny, sprchy, místnosti pro masáž	24	90
9.2 bazénové haly		
pro dospělé	28	85
pro děti	30	80
klidný provoz (zakrytá hladina)	15	70
sprchy	24	90
šatny	22	80
9.3 sauny		
sauny	115	0
prohřívárny	10	90
ochlazovny	22	60
odpočívárny	22	60

(Pokračování)

Druh vytápěné místnosti	Výpočtová vnitřní teplota θ_i (°C)	Relativní vlhkost vzduchu φ_{ni} (%)
9.4 zimní stadióny		
tréninkové haly (bez diváků)	-5	90
haly s diváky	15 až 20	75
10 Nádraží, letiště		
čekárny, letištní odbavovny (uzavřené)	20	60
nádražní haly (uzavřené)	15	70
11 Zemědělské stavby		
11.1 stájové		
zateplené stáje pro dojnice	14	85
výkrm skotu	6	95
odchov mladého dobytka	6	85
dochov selat	18 až 21	75
nosnice	20	50
bahnice s jehňaty	6	80
11.2 pěstební		
pěstírny žampionů (krátkodobě při desinfekci)	60	100
pěstírny plodnic žampionů čekankových puků	16 až 18	90
naklíčovny brambor	12	90
11.3 skladovací		
sklady brambor	2 až 5	92
chladiřny ovoce a zeleniny	viz ČSN 14 8102	

Tabulka P 02 – Normové, charakteristické a výpočtové hodnoty fyzikálních veličin stavebních materiálů

Hodnoty		Normové			Charakteristické			Výpočtové	Položka
Položka	Materiál	Objemová hmotnost v suchém stavu ρ kg · m ⁻³	Měrná tepelná kapacita v suchém stavu c J · kg ⁻¹ · K ⁻¹	Číselný faktor difúzního odporu μ_a —	Součinitel difúze vodní páry ¹⁾ $\delta_a \cdot 10^9$ s	Hmot- nostní vlhkost w_{sk} %	Vlh- kostní souči- nitel mate- riálu Z_w	Součinitel tepelné vodivosti λ_{ob} W · m ⁻¹ · K ⁻¹	
1	2	3	4	4a	5	6	7	8	9
1 Beton hutný					$z_2 = 0,0$				
1.1	Beton hutný		1020			1,5	0,080		1,1
1.1	— 2100			17	0,01			1,05	1,1
1.2	— 2200			20	0,009			1,10	1,2
1.3	— 2300			23	0,008			1,16	1,3
1.2	Železobeton		1020			1,5	0,080		1,2
2.1	— 2300			23	0,008			1,22	2,1
2.2	— 2400			29	0,007			1,34	2,2
2.3	— 2500			32	0,006			1,48	2,3
2 Betony lehké neautoklávané, též z lehčeného kameniva					z_2 dáno tabulkou B.2				
2.1	Beton ze struskové pemzy		890	17	0,011				2,1
1.1	— 1200					2,9	0,070	0,44	1,1
1.2	— 1300					3,1		0,50	1,2
1.3	— 1400					3,1	0,050	0,55	1,3
1.4	— 1500					3,2		0,60	1,4
1.5	— 1600					3,2	0,048	0,67	1,5
1.6	— 1700					3,2		0,76	1,6
2.2	Beton z expandované břidlice		880						2,2
2.1	— 900			4	0,048	2,7	0,065	0,38	2,1
2.2	— 1000			4	0,048	2,6		0,40	2,2
2.3	— 1100			5	0,038	2,9	0,055	0,43	2,3
2.4	— 1200			5	0,038	2,9		0,48	2,4
2.5	— 1300			6	0,031	3,0	0,045	0,54	2,5
2.3	Beton z keramzitu		880						2,3
3.1	— 700			8	0,024	0,2	0,045	0,23	3,1
3.2	— 800			9	0,021	0,3		0,26	3,2
3.3	— 900			10	0,019	0,4		0,30	3,3
3.4	— 1000			10	0,019	0,4		0,36	3,4
3.5	— 1100			11	0,017	0,5		0,43	3,5
3.6	— 1200			11	0,017	0,5		0,50	3,6
3.7	— 1300			13	0,014	0,6	0,030	0,59	3,7
3.8	— 1400			15	0,013	0,6		0,70	3,8
3.9	— 1700			16	0,012		0,035	1,25	3,9
2.4	Beton ze škváry		830						2,4
4.1	— 1000			6	0,031	0,60	0,025		4,2
4.2	— 1100			6	0,031	1,2		0,54	4,2
4.3	— 1200			6	0,031	2,9	0,012	0,57	4,3
4.4	— 1300			6	0,031			0,60	4,4
4.5	— 1400			6	0,031	3,1	0,045	0,64	4,5
4.6	— 1500			6	0,031			0,67	4,6
4.7	— 1600			8	0,024	3,3	0,050	0,71	4,7
4.8	— 1700							0,74	4,8
4.9	— 1800					3,7		0,81	4,9
4.10	— 1900							0,87	4,10
4.11	— 2000							0,91	4,11
2.5	Beton z agloporitu		890						2,5
5.1	— 1350			20	0,009	2,0	0,050	0,60	5,1
5.2	— 1700			23	0,008	2,0		1,0	5,2
5.3	— 1750			23	0,008	2,0	0,045	1,10	5,3
5.4	— 1800			23	0,008	2,0		1,15	5,4

(Pokračování)

Hodnoty		Normové			Charakteristické			Výpočtové	Položka									
Položka	Materiál	ρ kg · m ⁻³	c_p J · kg ⁻¹ · K ⁻¹	μ_n —	$\delta_n \cdot 10^9$ s	w_{04} %	Z_w	λ_{04} W · m ⁻¹ · K ⁻¹		λ_p W · m ⁻¹ · K ⁻¹								
1	2	3	4	4n	5	6	7	8	9									
5.5	Betón z perlitu	-- 1850	1150	23	0,008	2,0	1,29	1,42	5.5									
2.6		-- 300		9	0,021					0,015	0,085	0,091	2.6					
6.1		-- 350		9	0,021													
6.2		-- 400		11	0,017													
6.3		-- 450		11	0,017									0,025	0,12	0,13	6.3	
6.4		-- 500		14	0,013													
6.5		-- 550		14	0,013													
6.6	-- 600	16	0,012	10,0	0,14	0,15	6.6											
6.7							0,16	6.7										
2.7	Betón strusko-pískový	1300	1300			0,045	0,15	0,18	2.7									
7.1				-- 700	2 ¹⁾					0,094	5,0	0,19	0,22	7.1				
7.2				-- 800	5 ¹⁾					0,038	5,0	0,21	0,25	7.2				
7.3				-- 900	8 ¹⁾					0,024	5,0	0,24	0,28	7.3				
7.4				-- 1000	10 ¹⁾					0,019	5,0	0,28	0,32	7.4				
7.5				-- 1100	12 ¹⁾					0,016	5,0	0,30	0,35	7.5				
7.6				-- 1200	13 ¹⁾					0,014	5,0			7.6				
2.8	Betón cihlový	840	840			1,0	0,070	0,43	2.8									
8.1				-- 1300	8					0,024	1,0	0,48	0,58	8.1				
8.2				-- 1400	8						1,0	0,55	0,63	8.2				
8.3				-- 1500	8						1,0	0,62	0,69	8.3				
8.4				-- 1600	8						1,0	0,70	0,78	8.4				
8.5				-- 1700	9					0,021	1,0	0,80	0,89	8.5				
8.6				-- 1800	10					0,019	1,0			8.6				
2.9	Betón pískový	1470	1470			8,0	0,065	0,14	2.9									
9.1				-- 500	9					0,021	8,0	0,17	0,22	9.1				
9.2				-- 700	10					0,019	8,0	0,20	0,25	9.2				
9.3				-- 800	11					0,017	8,0	0,26	0,32	9.3				
9.4				-- 1000	12					0,016	8,0			9.4				
3 Betony lehké autoklávané					$z_2 = 2,2$													
3.1	Pískový pórobeton nevztužený ²⁾	-- 480	840	6 - 9	0,031 - - 0,02	4,5	0,038	0,16	0,19	3.1								
1.1											-- 580			0,18	0,21	1.1		
1.2											-- 680			0,21	0,24	1.2		
1.3	plynobeton)	-- 680							1.3									
3.2	Popílkový pórobeton nevztužený ²⁾	-- 480	840	7 - 10	0,027 - - 0,019	5,5	0,030	0,16	0,18	3.2								
2.1											-- 580			0,18	0,20	2.1		
2.2											-- 680			0,20	0,23	2.2		
2.3	plynosilikát)	-- 680							2.3									
4 Malty					$z_2 = 0,0$													
4.1	Malta vápenná	-- 1600	840	8 - 10	0,024 - - 0,019	0,8	0,11	0,70	0,87	4.1								
1.1																	1.1	
4.2	Malta vápenocementová	-- 1850	840	14	0,013	1,3	0,070	0,86	0,97	4.2								
2.1																	2.1	
4.3	Malta cementová, cement. potěr	-- 2000	840	19	0,01	1,8	0,060	1,02	1,16	4.3								
3.1																	3.1	
5 Omítky					$z_2 = 0,0$													
5.1	Omítka vápenná	-- 1600	840	6	0,031	1,8	0,09	0,70	0,88	5.1								
5.2	Omítka vápenocementová	-- 2000	790	19	0,01	1,3	0,070	0,88	0,99	5.2								
6 Omítky tepelně izolační, silikátové					$z_2 = 2,5$													
6.1	Omítka perlitová	-- 250	850	7 - 15	0,027 - - 0,013	4 - 6	0,022	0,095	0,10	6.1								
1.1											-- 300					0,095	0,11	1.1
1.2																		1.2

¹⁾ Hodnoty součinitele difúze vodní páry a označené hodnoty dalších veličin jsou uváděny orientačními hodnotami

²⁾ Fyzikální vlastnosti vyztuženého pórobetonu se určí pro jeho objemovou hmotnost, (včetně podélné výztuže). Příčná výztuž způsobí nárůst součinitele tepelné vodivosti pórobetonu (pórobetonu s podélnou výztuží) o 3 %.

(Pokračování)

Hodnoty		Normové			Charakteristické			Výpočtové	Položka	
Položka	Materiál	ρ kg · m ⁻³	c_p J · kg ⁻¹ · K ⁻¹	μ_a —	$\delta_n \cdot 10^9$ s	w_{44} %	Z_w	λ_{ef} W · m ⁻¹ · K ⁻¹		λ_p W · m ⁻¹ · K ⁻¹
1	2	3	4	4a	5	6	7	8	9	
1.3	Omítka	— 350					0,10	0,11	1.3	
1.4	perlitová	— 400					0,11	0,12	1.4	
1.5		— 450					0,13	0,15	1.5	
1.6		— 500					0,16	0,18	1.6	
6.2	Omítka perlitová s PPS granulátem	— 120	1000	7 — 15	0,027 — — 0,013	4 — 6	0,025	0,046	0,051	6.2
7 Tepelné izolační pěnoplastické materiály					$z_2 = 4,0$					
7.1	Polystyren pěnový, vypěňovaný — PPS	— 10	1270	40 — 67	0,0047 — — 0,002	2,5	0,002	0,050	0,051	7.1
1.2		— 20				2,0		0,043	0,044	1.2
1.3		— 30				0,6		0,038	0,039	1.3
1.4		— 40						0,036	0,037	1.4
1.5		— 50						0,036	0,037	1.5
1.6		— 60						0,038	0,039	1.6
1.7								0,038	0,039	1.7
7.2	Polystyren pěnový, vytlačovaný — EXP	— 30	2060	100	0,0019		0,0008	0,034	0,034	7.2
7.3	Polymetán pěnový tuhý pěněný freonem, nepláš- ťovaný	— 35	1500	180 — 260	0,001 — — 0,00072	3,0	0,0007	0,032	0,032	7.3
3.1										3.1
3.2	plášťovaný plechem	— 35	1510				0,0007	0,029	0,029	3.2
3.3	Polymetán pěnový, měkký	— 35	800	2,5	0,075	1,1	0,015	0,043	0,048	3.3
7.4	Formaldehydová pěnová pryskyřice, struktura otevírací	— 20 — 30 — 40 — 50	1250	2,5 — 6,5	0,075 — — 0,029	8 — 10	0,0045	0,036	0,037	7.4
4.1								0,040	0,041	4.1
4.2								0,040	0,045	4.2
4.3								0,040	0,061	4.3
4.4								0,059		4.4
4.5	Struktura uzavřená	— 25	1250	2,5 — 6,5	0,075 — — 0,029	8 — 10	0,0045	0,040	0,041	4.5
4.6		— 30	1510	14	0,013		0,0023	0,049	0,050	4.6
4.7		— 50						0,059	0,060	4.7
7.5	PVC pěněné	— 60	1350	265	0,00071		0,030	0,043	0,051	7.5
8 Tepelné izolační vláknité materiály					$z_2 = 2,0$					
8.1	Materiály z minerální plsti — původní čs. vý- robní technologie	— 100 — 200 — 300	880	1,1 — 3	0,17 — — 0,063	< 2	0,065 0,075 0,080	0,044 0,048 0,058	0,056 0,064 0,079	8.1
1.1										1.1
1.2										1.2
1.3										1.3
8.2	Materiály z minerální plsti, lisované — původní čs. výrobní technologie	— 150 — 250 — 350 — 450 — 500	1150	5 — 12	0,038 — — 0,016	2 — 4	0,016 0,020 0,008 0,023 0,029	0,089 0,072 0,052 0,066 0,078	0,095 0,079 0,054 0,073 0,088	8.2
2.1										2.1
2.2										2.2
2.3										2.3
2.4										2.4
2.5										2.5
8.3	Materiály ze skleněné plsti	— 15 — 35	940	2,5	0,075	> 1	0,002 0,013	0,042 0,046	0,046 0,050	8.3
9 Dřevo, materiály z aglomerovaného dřeva a korku					z_2 podle tabulky B.2					
9.1	Dřevo tvrdé, tepelný tok									9.1
1.1	— kolmo k vláknům	— 600	2510	157	0,0012	13	0,025	0,18	0,22	1.1
1.2	— rovnoběžně s vlákny	— 600	2510	4,5	0,042	13	0,018	0,42	0,49	1.2

(Pokračování)

Hodnoty		Normové			Charakteristické			Výpočtové	Položka
Položka	Materiál	ρ kg · m ⁻³	c_p J · kg ⁻¹ · K ⁻¹	μ_n --	$\delta_n \cdot 10^9$ s	v_{z6} %	Z_w	λ_{z4} W · m ⁻¹ · K ⁻¹	
1	2	3	4	4a	5	6	7	8	9
9.2 2.1	Dřevo měkké, teplený tok -- kolmo k vláknům -- 400	2510	157	0,0012	13	0,029	0,15	0,18	9.2 2.1
2.2	-- rovnoběžně s vlákny -- 400	2510	4,5	0,042	13	0,022	0,35	0,41	2.2
9.3	Dřevotřískové desky -- 800	1500	12,5	0,015	7 - 11	0,013	0,10	0,11	9.3
9.4	Dřevovláknité desky měkké -- 230	1380	5	0,038	10	0,019	0,042	0,046	9.4
9.5	Desky z korku lisované -- 150	1880	5 - 10	0,038 -	6,5	0,019	0,058	0,064	9.5
9.6	Desky z dřevitého odpadu s cementem	1580	6,5	0,019 0,31	4,5	0,020	0,10	0,11	9.6
6.1	-- 300				6	0,020	0,13	0,15	6.1
6.2	-- 400				6	0,030	0,14	0,17	6.2
6.3	-- 500				6	0,030	0,16	0,19	6.3
6.4	-- 600				6	0,040	0,19	0,24	6.4
6.5	-- 800				6	0,045	0,22	0,29	6.5
6.5	-- 1000				6	0,050	0,26	0,35	6.5
6.6	-- 1200				6				6.6
9.7	Desky dřevovláknité, lisované	1630	12,5	0,015	12	0,11			9.7
7.1	-- 200						0,070	0,075	7.1
7.2	-- 400						0,092	0,098	7.2
7.3	-- 600						0,12	0,13	7.3
7.4	-- 800						0,14	0,15	7.4
7.5	-- 1000						0,16	0,17	7.5
10 Deskové materiály ostatní					z_2 podle tabulky B.2				
10.1	Azbestocement -- 1800	960	64 - 310	0,003 - 0,0006	9	0,035	0,41	0,45	10.1
10.2	Sádkokarton -- 750	1060	9	0,021	10	0,045	0,15	0,22	10.2
10.3	Desky z PVC -- 1400	1100	17000	0,000011	< 1	0	0,16	0,16	10.3
10.4	Desky z PE -- 930	1470	94000	0,000002	< 1	0	0,34	0,34	10.4
10.5	Polyesterový skelný laminát -- 1600	1050			0		0,21	0,21	10.5
11 Syké materiály					$z_2 = 1,0$				
11.1	Keramzit Expandovaná břidlice Strusková penza	1260	2,5 - 4,5	0,075 - 0,042	3	0,025			11.1
1.1	-- 400						0,12	0,13	1.1
1.2	-- 500						0,13	0,14	1.2
1.3	-- 600						0,15	0,16	1.3
1.4	-- 700						0,17	0,18	1.4
1.5	-- 800						0,19	0,21	1.5
1.6	-- 900						0,21	0,23	1.6
1.7	-- 1000						0,22	0,24	1.7
11.2	Křemelina -- 600	1050	2,5	0,075	2,5	0,08	0,15	0,19	11.2
11.3	Korková dř -- 45	1880	2,5	0,075	2	0,05	0,035	0,04	11.3
11.4	Přiliny -- 200	2510	2,5	0,075	10	0,07	0,10	0,12	11.4
11.5	Písek -- 1750	960	4	0,048	1	0,30	0,55	0,95	11.5
11.6	Popílek	1010	2,5 - 10	0,075 - 0,009	1	0,03			11.6
6.1	-- 85						0,21	0,23	6.1
6.2	-- 1050						0,33	0,36	6.2
11.7	Škvára -- 750	750	3	0,063	3	0,09	0,21	0,27	11.7
11.8	Štítek -- 1650		5 - 23	0,038 - 0,008	0,4		0,58		11.8

(Pokračování)

Hodnoty		Normové				Charakteristické			Výpočtové	Položka
Položka	Materiál	ρ kg · m ⁻³	c_p J · kg ⁻¹ · K ⁻¹	μ_n —	$\delta_n \cdot 10^9$ s	α_{ob} %	Z_w	λ_{ch} W · m ⁻¹ · K ⁻¹	λ_v W · m ⁻¹ · K ⁻¹	
1	2	3	4	4a	5	6	7	8	9	
12 Plasty tuhé – nepěňivé					$z_2 = 0,0$					
12.1	Linoleum – 1200	1880	1880	0,0001		0	0,19	0,19	12.1	
12.2	Polycetylén – 930	1470	94000	0,000002		0	0,34	0,35	12.2	
12.3	Pertinax – 1400	1590				0	0,22	0,22	12.3	
12.4	Celuloid – 1400	1260				0	0,21	0,21	12.4	
12.5	Plexisklo – 1180	1465				0	0,19	0,19	12.5	
12.6	Novodur – 1380					0	0,17	0,17	12.6	
12.8	Polystyren – 1050	1340				0	0,13	0,13	12.8	
12.9	PVC – 1380	1100				0	0,20	0,20	12.9	
12.10	Silon – 1150					0	0,26	0,26	12.10	
12.11	Teflon – 2100					0	0,24	0,24	12.11	
13 Pryž					$z_2 = 0,0$					
13.1	Pryž tvrdá – 1200	1420	55000 ¹⁾	0,000034	0	0	0,16	0,16	13.1	
13.2	Pryž pěnová				0,2	0,002			13.2	
2.1	– 150	1510	4700	0,00004			0,047	0,048	2.1	
2.2	– 230		1450	0,00013			0,058	0,059	2.2	
14 Tmely					$z_2 = 0,0$					
14.1	Chloroprenový – 1440	1300	1350	0,00014	0	0	0,26	0,26	14.1	
14.2	Tmely pro stavební použití – 1500	1300	1350	0,00014	0	0	0,22	0,22	14.2	
15 Sklo					$z_2 = \text{podle tabulky B.2}$					
15.1	Sklo stavební – 2600	840	spárová difúze		0	0	0,76	0,76	15.1	
15.2	Desky z pěnového skla	840	540	0,00035	< 1	0,0002			15.2	
2.1	– 140						0,060	0,060	2.1	
2.2	– 180						0,069	0,069	2.2	
16 Hydroizolace					$z_2 = 0,0$					
16.1	asfaltové pásy a lepenky – 1400	1470	viz tab. A.3		0	0			16.1	
16.2	fólie z PVC – 1400	960	tab. A.3		0	0	0,16	0,16	16.2	
16.3	fólie z PE – 1470	1470	tab. A.3		0	0	0,35	0,35	16.3	
17 Kovy					$z_2 = 0,0$					
17.1	Železo – 7850	440			0	0	58	58	17.1	
17.2	Měď – 8800	380			0	0	372	372	17.2	
17.3	Hliník – 2700	870			0	0	204	204	17.3	
17.4	Ocel uhlíková – 7850				0	0	50	50	17.4	
17.5	Legovaná ocel – 7850				0	0			17.5	
5.1	– manganová 10–14 % Mn						15	15	5.1	
	– wolframová 5,5 %						33	33		
	– chromová 1 % Cr						40	40		
	5 % Cr						31	31		
	13 % Cr						20	20		
	16 % Cr						19	19		
	– niklová 3 % Ni						38	38		
	5 % Ni						32	32		
	10 % Ni						25	25		
	25 % Ni						18	18		
	36 % Ni						11	11		

(Pokračování)

Hodnoty		Normové			Charakteristické			Výpočtové	Položka
Položka	Materiál	ρ kg · m ⁻³	c_p J · kg ⁻¹ · K ⁻¹	μ_n —	$\delta_n \cdot 10^9$ s	w_{ch} %	Z_w	λ_{vh} W · m ⁻¹ · K ⁻¹	
1	2	3	4	4a	5	6	7	8	9
	— chromniklová 22 % Cr, 22 % Ni						15	15	
17.6	Nikl 99,2 %				0	0	67	67	17.6
17.7	Zinek	385			0	0	113	113	17.7
17.8	Mosaz				0	0	102	102	17.8
17.9	Bronz				0	0	70	70	17.9
18 Horniny					$z_2 = 0,0$				
18.1	Čedič				0	0			18.1
1.1	— 2880							2,9	1.1
1.2	— 3200							4,2	1.2
18.2	Pískovec		23	0,0082	0	0			18.2
2.1	— 1800							0,9	2.1
2.2	— 2400							1,4	2.2
2.3	— 2600							1,7	2.3
18.3	Porfyr, Bridlice	— 2800			0	0		1,7	18.3
18.4	Mramor		920		0	0			18.4
4.1	— 2400							3,0	4.1
4.2	— 2800							3,5	4.2
18.5	Vápenc		920		0	0			18.5
	— 2000							1,2	
	— 2500							1,4	
18.6	Žula				0	0			18.6
6.1	— 2500							3,1	6.1
19 Zeminy					$z_2 = 1,5$				
19.1	Rostlá půda písčítá, hlinitopísčítá — vlhká — 2000		2		20	0,40		2,3	19.1
	— s přirozenou vlhkostí — 1800		1,5 ¹⁾				0,85	1,4	
19.2	Hlína suchá — 1600		1,5 ¹⁾			0,40	0,45	0,7	19.2
20 Voda a její skupenství					$z_2 = 0,0$				
20.1	Voda při teplotě	4200			0				20.1
1.1	0 °C — 1000							0,55	1.1
1.2	10 °C — 1000							0,57	1.2
1.3	20 °C — 998							0,60	1.3
1.4	50 °C — 988							0,65	1.4
1.5	100 °C — 958							0,68	1.5
20.2	Sůl	2090			0				20.2
2.1	— 50							0,023	2.1
2.2	— 100							0,029	2.2
2.3	— 150							0,064	2.3
2.4	— 200							0,11	2.4
2.5	— 250							0,16	2.5
2.6	— 300							0,26	2.6
2.7	— 350							0,35	2.7
2.8	— 400							0,45	2.8
2.9	— 450							0,57	2.9
2.10	— 500							0,64	2.10
20.3	Led — 900							2,3	20.3

Tabulka P 03 – Normové a výpočtové hodnoty fyzikálních veličin nehomogenních vrstev – jednovrstvých stavebních konstrukcí a výrobků

Hodnoty		Normové	Ekvivalentní normové hodnoty ²⁾				Výpočtové
Položka	Stavební konstrukce ¹⁾	Objemová hmotnost v suchém stavu ρ kg . m ⁻³	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda_{0,20}$ W . m ⁻¹ . K ⁻¹	Měrná tepelná kapacita $c_{0,20}$ J . kg ⁻¹ . K ⁻¹	Faktor difúzního odporu $\mu_{0,20}$ -	Součinitel difúze vodní páry $\delta_{0,20}$ s ³⁾	Ekvivalentní hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda_{0,20}$ W . m ⁻¹ . K ⁻¹
1	2		3	4	5	5a	6
1 zdivo z keramických cihel a tvarovek, $z_2 = 0,7$							
1.1	Zdivo z plných pálených cihel CP rozměrů 290/140/65 $Z_{w,c} = 0,13$	- 1700 - 1800	0,73 0,77	900 900	8,5 9,0	0,022 0,021	0,80 0,86
1.2	Zdivo z cihel metrického formátu CDm ⁴⁾ rozměrů 240/115/113, tloušťka 115 mm	- 1400	0,60	960	7,0	0,027	-
2.1		- 1500	0,67		7,0	0,027	-
2.2		- 1350	0,51		7,0	0,027	0,71
2.3	tloušťka 240 mm	- 1450	0,51		7,0	0,027	0,72
2.4		- 1550	0,55		7,0	0,027	0,77
2.5		- 1450	0,52		7,0	0,027	0,69
2.6	tloušťka 375 mm	- 1550	0,57		7,0	0,027	0,73
2.7							
1.3	Zdivo z příčně děrovaných cihel CD 36 ⁴⁾ , podle ČSN 72 2611, rozměrů 360/240/výška			960			
3.1	tloušťka zdiva 240 mm, výška 113 mm	- 1200	0,59				0,63
3.2		- 1250	0,64				0,67
3.3		- 1150	0,58				0,62
3.4		- 1250	0,65				0,69
3.5	tloušťka zdiva 360 mm, výška 113 mm	- 1200	0,47				0,55
3.6		- 1250	0,49				-
3.7		- 1300	-				0,62
3.8		- 1150	0,44				0,52
3.9		- 1250	0,49				0,58
1.4	Zdivo z příčně děrovaných cihel CD 32 ⁴⁾ , podle ČSN 72 2611, rozměrů 320/240/výška			960			
4.1	tloušťka zdiva 240 mm, výška 113 mm	- 1300	-				0,79
4.2		- 1400	0,65				0,88
4.3		- 1350	0,64				0,79
4.4		- 1450	0,70				0,88
4.5	tloušťka zdiva 320 mm, výška 113 mm	- 1300	0,51				0,58
4.6		- 1400	0,57				0,64
4.7		- 1350	0,51				0,57
4.8		- 1450	0,53				0,63
1.5	Zdivo z podélně děrovaných cihel Pk-CD (CpD 8) ⁴⁾ rozměrů 290/290/140, podle ČSN 72 2625			960			
5.1	tloušťka 140 mm	- 750	-				0,49
5.2		- 800	0,49				-
5.3		- 850	0,55				0,55
5.4	tloušťka 290 mm	- 800	0,55				0,58
5.5		- 850	0,58				0,60
1.6	Zdivo z příčně děrovaných keramických tvarovek CD TYN I rozměrů 290/190/215 ⁴⁾			960			
6.1	tloušťka 190 mm	- 1200	0,53				0,59
6.2		- 1300	0,58				0,64
6.3	tloušťka 290 mm	- 1200	0,45				0,49
6.4		- 1300	0,48				0,53
1.7	Zdivo z příčně děrovaných keramických tvarovek CD TYN rozměrů 365/190/215, ⁴⁾ podle ČSN 72 2625			960			
	tloušťka 365 mm	- 1000	-				0,36
1.8	Zdivo z příčně děrovaných keramických tvarovek CD INA-A rozměrů 365/245/140 ⁴⁾			960			
	tloušťka 365 mm	- 1000	-				0,34
1.9	Zdivo z příčně děrovaných keramických tvarovek CD INA-L rozměrů 365/245/140 ⁴⁾			960	2		
	tloušťka 365 mm	- 1150	-				0,37
1.10	Zdivo z příčně děrovaných keramických tvarovek CD IVA-A rozměrů 295/290/140 v kombinaci s CD IVA-B rozměrů 295/140/140 ⁴⁾			960			
	tloušťka 440 mm	- 1100	-				0,35

(Pokračování)

Hodnoty		Normové	Ekvivalentní normové hodnoty ²⁾				Výpočtové
Položka	Stavební konstrukce ¹⁾	ρ kg · m ⁻³	$\lambda_{ekv,n}$ W · m ⁻¹ · K ⁻¹	$c_{ekv,n}$ J · kg ⁻¹ · K ⁻¹	$\mu_{ekv,n}$ -	$\delta_{ekv,n} \cdot 10^9$ s ³⁾	$\lambda_{ekv,n}$ W · m ⁻¹ · K ⁻¹
1	2		3	4	5	5a	6
1.11	Zdivo z příčně děrovaných keramických tvarovek CD IVA-C rozměrů 295/290/140 v kombinaci s CD IVA-B rozměrů 295/140/140 tloušťka 440 mm – 1100			960			0,41
2 zdivo ve škvárbetonových tvárnici z₂ viz tabulka B.2							
2.1	Zdivo z příčně děrovaných škvárbetonových tvárnici s třemi vystředanými řadami otvorů NLM 1 rozměrů 440/290/215, podle ČSN 72 3181 tloušťka zdiva 300 mm – 900 $Z_{wC} = 0,060$ ³⁾ – 1100 – 1300		0,43 0,47 0,52	960			0,52 0,56 0,62
3 Zdivo z tvárnici z kalofrigu							
3.1	Zdivo z příčně děrovaných tvárnici z kalofrigu s dvěma řadami otvorů, č. 6 rozměrů 440/290/290, tloušťka 440 mm – 750			1050			0,33
4 Stropní konstrukce							
4.1	Stropní konstrukce z keramických tvarovek HURDIS, spáry vyplněné MC 50, bez dalších vrstev ⁵⁾ – 710		0,57		18	0,011	0,60
4.2	Stropní konstrukce z keramických tvarovek MIAKO s keramickými nosníky, prostor u nosníků vyplněn maltou na výšku stropnice, výška tvarovky 240 mm, nosníku 160 mm ⁵⁾		0,80	nebylo experimentálně stanoveno			0,83
¹⁾ Zdivo provedeno klasickým způsobem, s nepřerušovaným maltováním ložné spáry. ²⁾ Konstrukce se míní bez omítek. ³⁾ Orientační hodnoty. ⁴⁾ Hodnoty Z_{wC} se stanoví v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu takto: $\rho_{dn} = 1600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $Z_{wC} = 0,060$ $\rho_{dn} = 1400 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $Z_{wC} = 0,045$ $\rho_{dn} = 1200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $Z_{wC} = 0,025$ nestanoví-li se průkazně zkouškou jinak. ⁵⁾ Stanoveno pro směr tepelného toku s dolů nahoru.							

Tabulka P 04 – Hodnoty fyzikálních veličin dalších stavebních materiálů podle údajů výrobců a dovozců

materiál	objemová hmotnost v suchém stavu	součinitel tepelné vodivosti	měrná tepelná kapacita	faktor difuzního odporu
	ρ [kg.m ⁻³]	λ [W.m ⁻¹ K ⁻¹]	c [J.kg ⁻¹ K ⁻¹]	μ [-]
zdivo				
zdivo z tvárnic YTONG	400	0,12	1000	7
zdivo z tvárnic YTONG	600	0,18	1000	7
zdivo z tvárnic YTONG	800	0,27	1000	7
zdivo z tvárnic HEBEL P2	500	0,15	835	7
zdivo z tvárnic HEBEL P4	600	0,18	835	7
Porotherm 44/Týn	800	0,19	960	7
Porotherm 40/Týn	800	0,18	960	7
Porotherm 36,5	1000	0,32	960	7
Porotherm 30, Porotherm 24	1000	0,42	960	7
Porotherm příčka	1000	0,44	960	7
omítky				
omítky YTONG vnitřní	1000	0,35	1000	10
omítky YTONG vnější	800	0,19	1000	35
perlit. omítka LAVAPERL	270-300	0,08		5
perlit. omítka LAVAPERL	350-400	0,10		5
perlit.omítka Terfix	280	0,06	920	
perlit.omítka Terfix	400	0,07		
perlit.omítka Terfix	450	0,08		
Baumit Thermo (tl.20-30 mm)	1000	0,13	850	8
Baumit Thermo extra (tl.40 mm)	1000	0,09	850	8
Granolan stěrka (tl.2 - 4 mm)	1700	0,7	840	121

materiál	objemová hmotnost v suchém stavu	součinitel tepelné vodivosti	měrná tepelná kapacita	faktor difuzního odporu
	ρ [kg.m ⁻³]	λ [W.m ⁻¹ K ⁻¹]	c [J.kg ⁻¹ K ⁻¹]	μ [-]
extrudovaný polystyren				
Dow Chemical Roofmate SL	32-35	0,030		100-200
Dow Chemical Roofmate SP	36	0,030		150-200
Dow Chemical Roofmate STD	36	0,030		150-200
Dow Chemical Roofmate LG	32-35	0,035		100-200
Dow Chemical Styrofoam IB	28	0,040		100
Dow Chemical Styrofoam SM-TG	30	0,035		80-200
Dow Chemical Floormate 200	25	0,035		80-150
Dow Chemical Floormate 500	38	0,030		150-220
Dow Chemical Floormate 700	45	0,030		150-220
Dow Chemical Perimate	32-35	0,035		100-200
Dow Chemical Wallmate CW	25	0,035		80-150
FINA-XR	28	0,040		80-150
FINA-X3	33	0,035		100-225
FINA-PERI 030	33	0,030		100-225
Styrodur 2000	28	0,040		40
Styrodur 2500	25	0,035		50
Styrodur 3000	33	0,030		40
Styrodur 3035	33	0,035		40
Styrodur 4000	40	0,030		40
Styrodur 5000	45	0,030		40
výrobky z min.vlny */				
Desky ORSIL L	50	0,040		
Desky ORSIL M	75	0,040		
Desky ORSIL N	100	0,035		
Desky ORSIL P	120	0,041		
Desky ORSIL T	150	0,040		

*/ Hodnoty součinitele tepelné vodivosti materiálů ORSIL jsou určeny dle DIN 4108

materiál	objemová hmotnost v suchém stavu	součinitel tepelné vodivosti	měrná tepelná kapacita	faktor difuzního odporu
	ρ [kg.m ⁻³]	λ [W.m ⁻¹ K ⁻¹]	c [J.kg ⁻¹ K ⁻¹]	μ [-]
Desky ORSIL S	200	0,040		
Pás z min.plsti - ORSIL	70	0,042		
Prefizol PZ 50	35-50	0,044		
Prefizol PZ 75	60-75	0,040		
Prefizol PZ 100	76-100	0,041		
Prefizol PZ 125	101-125	0,042		
Rotaflex	18-25	0,050		
Rotaflex Super				
Rockwool RFP-L035	100	0,035	840	1,1
Rockwool RFP-L040	150	0,040	840	1,1
Rockwool RP-PL	120	0,045	840	1,4
Rockwool RP-SD	150	0,04	840	1,4
Rockwool Hardrock II	180	0,04	840	1,4
G+H ISOVER Isophen-035		0,035		1,1
G+H ISOVER Isophen-040		0,040		1,1
G+H ISOVER Izol.desky DP		0,040		
G+H ISOVER Plst 320		0,040		
G+H ISOVER Fasád. desky SPF-035		0,035		
G+H ISOVER Fasád.desky SPF-040		0,040		
G+H ISOVER Příkladová plst CW		0,040		
NOBASIL JPS	150	0,040		1,4
NOBASIL TF		0,040		1,4
NOBASIL 120 S	120	0,040		1,4
NOBASIL LF		0,040		1,1
NOBASIL PP	100	0,040		1,1
NOBASIL M 50	50	0,040		1,1
NOBASIL M 75	75	0,040		1,1
NOBASIL M 90	90	0,040		1,1
Rotizol (volná vlna) - Isol Kladno	185	0,041		

materiál	objemová hmotnost v suchém stavu	součinitel tepelné vodivosti	měrná tepelná kapacita	faktor difuzního odporu
	ρ [kg.m ⁻³]	λ [W.m ⁻¹ K ⁻¹]	c [J.kg ⁻¹ K ⁻¹]	μ [-]
výrobky z papírového granulátu				
Climatizer Plus	27	0,037		1,0
Climatizer Plus	50	0,049		1,0
Tempelan	40-50	0,041		1,0
Isodan CS	40-77	0,039		1,0
Isofloc	35-60	0,045		1,0
výrobky z pěnového skla				
Foamglas T4	120	0,040		
Foamglas S3	135	0,044		
desky z heraklitu a pěn.polystyrenu				
heraklit 5 mm, PPS 20 mm	400	0,047	1800	50
heraklit 5 mm, PPS 45 mm	400	0,044	1800	50
heraklit 2x5 mm, PPS 15 mm	500	0,056	1800	50
heraklit 2x5 mm, PPS 40 mm	500	0,047	1800	50
heraklit 2x5 mm, PPS 90 mm	500	0,046	1800	50

Tabulka P 05 – Vzduchové vrstvy podle ČSN EN ISO 6946

Nevětraná vzduchová vrstva

Vzduchová vrstva spojená s vnějším prostředím malými otvory může být považována za nevětranou, jestliže uspořádání těchto otvorů neumožní zřetelné proudění ve vzduchové vrstvě a jestliže tyto otvory nepřesahují:

- pro svislé vzduchové vrstvy 500 mm^2 na každý m délky vzduchové vrstvy
- pro vodorovné vzduchové vrstvy 500 mm^2 na každý m^2 plochy povrchu.

Slabě větraná vzduchová vrstva

Slabě větraná vzduchová vrstva je taková, ve které probíhá pouze omezená výměna vzduchu s vnějším prostředím otvory v rozsahu:

- pro svislé vzduchové vrstvy od 500 mm^2 do 1500 mm^2 na každý m délky vzduchové vrstvy.
- pro vodorovné vzduchové vrstvy od 500 mm^2 do 1500 mm^2 na každý m^2 plochy povrchu.

Výpočtový tepelný odpor slabě větrané vzduchové vrstvy je roven **jedné polovině** odpovídající hodnoty z tab.T.2.4, nejvýše však $0,15 \text{ m}^2\text{K.W}^{-1}$.

Silně větraná vzduchová vrstva

Silně větraná vzduchová vrstva je taková, ve které probíhá výměna vzduchu s vnějším prostředím otvory v rozsahu větším než u vrstev slabě větraných (viz výše). V takovém případě se do tepelného odporu konstrukce započítávají pouze vrstvy zevnitř až ke vzduchové vrstvě. Jako odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce se pak použije hodnota odpovídající klidnému vzduchu - tj. hodnota **shodná s hodnotou odporu při přestupu tepla na vnitřní straně téže konstrukce.**

Tabulka P 06 – Výpočtové hodnoty částečných tlaků nasycené vodní páry $p_{v,sat}$ v Pa, v závislosti na teplotě vzduchu θ_a

°C	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
30	4238	4262	4286	4311	4336	4360	4382	4410	4436	4461
29	4001	4024	4017	4071	4094	4018	4141	4165	4189	4214
28	3776	3798	3820	3841	3864	3886	3909	3932	3955	3978
27	3562	3582	3603	3624	3646	3667	3689	3710	3732	3753
26	3358	3378	3398	3418	3438	3458	3479	3499	3520	3541
25	3165	3184	3203	3222	3241	3260	3280	3299	3319	3338
24	2982	2999	3017	3035	3053	3072	3090	3109	3127	3146
23	2807	2824	2841	2858	2876	2893	2911	2928	2946	2963
22	2642	2658	2674	2691	2707	2723	2740	2756	2773	2790
21	2485	2501	2516	2531	2547	2563	2578	2594	2610	2626
20	2337	2351	2366	2380	2395	2410	2425	2440	2455	2470
19	2196	2210	2224	2238	2251	2262	2279	2294	2308	2322
18	2063	2076	2089	2102	2114	2129	2142	2155	2169	2182
17	1937	1949	1961	1974	1986	1999	2012	2024	2037	2050
16	1817	1829	1741	1853	1864	1876	1888	1900	1912	1925
15	1704	1716	1727	1738	1749	1760	1772	1783	1794	1806
14	1598	1608	1618	1629	1640	1651	1661	1672	1683	1694
13	1497	1507	1517	1527	1537	1547	1557	1567	1577	1588
12	1402	1411	1421	1430	1440	1449	1459	1470	1478	1488
11	1212	1321	1330	1339	1348	1357	1366	1375	1384	1393
10	1228	1236	1244	1252	1261	1269	1279	1286	1295	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1219
8	1073	1080	1087	1095	1102	1110	1117	1125	1132	1140
7	1002	1009	1016	1023	1030	1037	1044	1051	1058	1065
6	935	941	948	955	961	968	975	981	988	995
5	872	878	884	891	897	904	909	916	922	929
4	758	763	769	774	779	785	791	796	802	807
3	758	763	769	774	779	785	791	796	802	807
2	706	711	716	721	726	731	736	742	747	752
1	657	661	666	671	676	681	686	691	696	701
0	611	615	620	624	629	633	638	643	647	652
-0	611	606	601	596	591	586	581	576	572	567
-1	562	578	553	548	544	539	535	530	526	522
-2	517	512	509	504	500	496	492	488	484	480
-3	476	472	468	464	460	456	452	448	445	441
-4	437	433	430	426	422	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	381	378	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	344	341
-7	338	335	332	329	326	323	321	318	315	312
-8	310	307	304	302	299	296	294	291	289	286
-9	284	281	279	276	274	271	269	267	264	262
-10	260	257	255	253	250	248	246	244	242	240
-11	237	235	233	231	229	227	225	223	221	219
-12	217	215	213	211	209	207	206	204	202	200
-13	198	196	195	193	191	189	188	186	184	183
-14	181	179	178	176	174	173	171	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	156	155	153	152
-16	150	150	148	146	145	144	142	141	140	138
-17	137	136	134	133	132	131	130	128	127	126
-18	125	124	122	121	120	119	118	117	116	115
-19	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99,2	98,3	97,3	96,4	95,4	94,5
-21	93,6	92,7	91,8	90,9	90,1	89,2	88,3	87,5	86,6	85,8
-22	85,0	84,1	83,3	82,5	81,7	80,9	80,1	79,3	78,6	77,8
-23	77,0	76,3	75,5	74,8	74,1	73,3	72,6	71,9	71,2	70,5
-24	69,8	69,1	68,4	67,7	67,1	66,4	65,8	65,1	64,5	63,8
-25	63,2	62,6	61,9	61,3	60,7	60,1	59,5	58,9	58,3	57,7
°C	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9

Tabulka P 07 – normové hodnoty pohltivosti a odrazivosti slunečního záření materiálů

Položka	Materiál	Pohltivost slunečního záření A_n	Odrazivost slunečního záření P_n
1	2	3	4
1 Kovy			
1.1.1	Hliník leštěný	0,05	0,95
2	drsný	0,07	0,93
3	oxidovaný	0,20 – 0,30	0,80 – 0,70
1.2.1	Litina opracovaná	0,60 – 0,70	0,40 – 0,30
2	oxidovaná	0,93	0,07
1.3.1	Měď leštěná	0,05	0,95
2	válcovaná	0,63	0,37
3	oxidovaná	0,78	0,22
1.4.1	Mosaz leštěná	0,05	0,95
2	oxidovaná	0,60	0,40
1.5.1	Ocel jemně opracovaná,	0,24	0,76
2	válcovaná	0,77	0,23
3	oxidovaná	0,80	0,20
4	zrezavělá	0,85	0,15
1.6.1	Plech pocínovaný	0,09	0,91
2	pozinkovaný	0,23	0,77
3	oxidovaný	0,52	0,48
2 Stavební materiály			
2.1	Azbestocem. desky	0,96	0,04
2	Beton	0,89	0,11
3	Břidlice	0,66	0,34
4	Pálené cihly	0,93	0,07
5	Šamotové cihly	0,85	0,15
6	Čedič	0,68	0,32
7	Dřevo	0,90	0,10
8	Střešní živičná hydroizolace	0,93	0,07
9	Mramor	0,93	0,07
10	Vápenná omítka	0,93	0,07
11	Pískovec	0,58	0,42
12	Sádra	0,89	0,11
13	Vápenec	0,58	0,42
14	Žula	0,32	0,58
3 Ostatní materiály			
3.1.1	Přez měkká	0,86	0,14
3.1.2	Přez tvrdá	0,93	0,07
3.2	Papír	0,90	0,10
3	Porcelán	0,92	0,08
4	Saze	0,93	0,04
5	Sklo	0,92	0,08
6	Tkaniny	0,80 – 0,90	0,20 – 0,10
7	Voda, led	0,92	0,08
3.8	Nátěry		
3.8.1	hliníkový bronz	0,20 – 0,40	0,80 – 0,60
2	olejové laky a emaily	0,92 – 0,96	0,08 – 0,04
3	syntetické laky	0,85 – 0,90	0,15 – 0,10
4	saze s vodním sklem	0,96	0,04
5	želak	0,82	0,18

Tabulka P 08 – Výpočtové hodnoty relativní vlhkosti vnějšího vzduchu, doby trvání teplot vnějšího vzduchu a střední intenzity globálního slunečního záření

Teplota vnějšího vzduchu θ_e °C	Vnější vzduch		Doba trvání teplot vnějšího vzduchu v (s), při zatažené a jasné obloze a doba celková												Střední intenzita globálního slunečního záření J_m W·m ⁻²
	Relativní vlhkost φ_e %	Částečný tlak vodní páry P_e Pa	pro $\theta_e = -15$ °C				pro $\theta_e = -18$ °C				pro $\theta_e = -21$ °C				
			zatažená obloha $t_z \cdot 10^{-3}$ s	jasná obloha $t_j \cdot 10^{-3}$ s	celková doba $t_c \cdot 10^{-3}$ s	zatažená obloha $t_z \cdot 10^{-3}$ s	jasná obloha $t_j \cdot 10^{-3}$ s	celková doba $t_c \cdot 10^{-3}$ s	zatažená obloha $t_z \cdot 10^{-3}$ s	jasná obloha $t_j \cdot 10^{-3}$ s	celková doba $t_c \cdot 10^{-3}$ s				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
-21	85	79,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
-20	85	87,6	—	—	—	151,2	21,6	172,8	194,4	21,6	216,0	—	—		
-18	85	104,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
-15	84	138,6	583,2	21,6	604,8	410,4	21,6	432,0	237,6	21,6	259,2	—	70		
-10	83	215,4	907,2	86,4	993,6	1404,0	64,8	1468,8	1576,8	64,8	1641,6	—	—		
-5	82	329,1	2440,8	151,2	2592,0	3283,0	129,6	3412,8	4276,8	129,6	4406,4	—	—		
0	81	488,6	5162,4	151,2 259,2	5572,8	5313,6	64,8 324,0	5702,4	5572,8	64,8 324,0	5961,6	—	—		
5	79	689,0	5356,8	432,0	5788,8	5594,4	172,8 194,4	5961,6	5464,8	172,8 194,4	5832,0	—	140		
10	76	933,0	5119,2	496,8	5616,0	5313,6	475,2	5788,8	6436,8	475,2	6912,0	—	302		
15	73	1244,4	5162,4	345,6 324,0	5832,0	5011,2	— 475,2	5486,4	5616,0	— 475,2	6091,2	—	—		
20	68	1589,0	3758,4	345,6	4104,0	2808,0	129,6	2937,6	158,4	57,6	216,0	—	430		
25	59	1835,6	367,2	64,8	432,0	172,8	—	172,8	—	—	—	—	—		
Σ	—	—	28857,6	2678,4	31536,0	29462,4	2073,6	31536,0	29534,4	2001,6	31536,0	—	—		

Tabulka P 09 – Výpočtové hodnoty výsledné teplotní amplitudy vnějšího prostředí A_v a doby jejího maxima t_{max} v závislosti na orientaci stavební konstrukce a pohltivosti záření A_n pro teplotní oblasti

S_p	Teplotní oblast		Orientace stavební konstrukce								
			V	JV	J	JZ	Z	SZ	S	SV	H ¹⁾
0,40	A	A_{vp}	14,5	15,7	17,0	20,1	21,2	17,1	8,6	9,5	20,5
		$t_{max,p}$	9,8	11,2	13,1	14,7	15,7	16,2	15,8	9,5	12,9
	B	A_{vp}	14,7	16,3	17,9	21,0	22,2	18,0	9,6	9,7	21,4
		$t_{max,p}$	10,0	11,4	13,2	14,7	15,7	16,2	15,7	9,9	13,0
0,45	A	A_{vp}	16,1	17,3	18,4	21,7	23,1	18,4	8,9	10,7	22,4
		$t_{max,p}$	9,6	11,0	13,0	14,7	15,7	16,3	15,8	9,2	12,8
	B	A_{vp}	16,3	17,8	19,3	22,7	24,0	19,3	9,8	10,8	23,2
		$t_{max,p}$	9,8	11,2	13,1	14,7	15,7	16,2	15,8	9,6	12,9
0,50	A	A_{vp}	17,8	18,8	19,8	23,4	24,9	19,7	9,1	11,8	24,2
		$t_{max,p}$	9,4	10,9	12,9	14,6	15,7	16,4	15,9	9,0	12,8
	B	A_{vp}	18,0	19,3	20,6	24,4	25,9	20,7	10,1	11,9	25,0
		$t_{max,p}$	9,6	11,1	13,0	14,7	15,7	16,3	15,8	9,3	12,8
0,55	A	A_{vp}	19,6	20,4	21,2	25,1	26,7	21,1	9,4	13,0	26,1
		$t_{max,p}$	9,3	10,8	12,9	14,6	15,8	16,4	16,0	8,8	12,7
	B	A_{vp}	19,7	20,9	22,0	26,1	27,7	22,0	10,3	13,0	26,9
		$t_{max,p}$	9,5	10,9	13,0	14,7	15,7	16,3	15,9	9,1	12,8
0,60	A	A_{vp}	21,3	22,0	22,6	26,7	28,5	22,4	9,6	14,3	27,9
		$t_{max,p}$	9,2	10,7	12,8	14,6	15,8	16,4	16,0	8,6	12,7
	B	A_{vp}	21,4	22,4	23,4	27,7	29,5	23,4	10,6	14,2	28,8
		$t_{max,p}$	9,4	10,8	12,9	14,6	15,7	16,4	15,9	8,9	12,7
0,65	A	A_{vp}	23,0	23,6	24,0	28,4	30,4	23,8	9,9	15,5	29,8
		$t_{max,p}$	9,1	10,6	12,8	14,6	15,8	16,5	16,1	8,5	12,6
	B	A_{vp}	23,1	24,0	24,9	29,4	31,4	24,7	10,9	15,4	30,6
		$t_{max,p}$	9,3	10,7	12,8	14,6	15,8	16,4	16,0	8,7	12,7
0,70	A	A_{vp}	24,8	25,2	25,4	30,1	32,2	25,1	10,2	16,8	31,7
		$t_{max,p}$	9,0	10,5	12,7	14,6	15,8	16,5	16,2	8,4	12,6
	B	A_{vp}	24,8	25,6	26,3	31,1	33,2	26,1	11,1	16,7	32,5
		$t_{max,p}$	9,2	10,7	12,8	14,6	15,8	16,4	16,1	8,6	12,6

(pokračování)

S_f	Teplotní oblast	Orientace stavební konstrukce									
		V	JV	J	JZ	Z	SZ	S	SV	H ¹⁾	
0,75	A	$A_{1,p}$	26,6	26,8	26,9	31,8	34,0	26,5	10,4	18,1	33,6
		$t_{mou,p}$	8,9	10,5	12,7	14,6	15,8	16,5	16,2	8,3	12,5
	B	$A_{1,p}$	26,6	27,2	27,7	32,8	35,0	27,4	11,4	17,9	34,4
		$t_{mou,p}$	9,1	10,6	12,8	14,6	15,8	16,5	16,1	8,5	12,6
0,80	A	$A_{1,p}$	28,4	28,4	28,3	33,4	35,9	27,9	10,7	19,4	35,5
		$t_{mou,p}$	8,9	10,4	12,6	14,6	15,8	16,5	16,3	8,2	12,5
	B	$A_{1,p}$	28,4	28,8	29,1	34,4	36,9	28,8	11,7	19,2	36,3
		$t_{mou,p}$	9,0	10,5	12,7	14,6	15,8	16,5	16,1	8,4	12,6
0,85	A	$A_{1,p}$	30,2	30,1	29,7	35,1	37,7	29,2	11,0	20,7	37,3
		$t_{mou,p}$	8,8	10,4	12,6	14,6	15,8	16,6	16,3	8,1	12,5
	B	$A_{1,p}$	30,1	30,4	30,5	36,1	38,7	30,1	11,9	20,5	38,1
		$t_{mou,p}$	9,0	10,5	12,7	14,6	15,8	16,5	16,2	8,3	12,6
0,90	A	$A_{1,p}$	32,0	31,7	31,1	36,8	39,5	30,6	11,3	22,0	39,2
		$t_{mou,p}$	8,8	10,3	12,6	14,6	15,8	16,6	16,3	8,0	12,5
	B	$A_{1,p}$	31,9	32,0	31,9	37,8	40,5	31,5	12,2	21,8	40,0
		$t_{mou,p}$	8,9	10,4	12,7	14,6	15,8	16,5	16,2	8,2	12,5
0,95	A	$A_{1,p}$	33,8	33,3	32,6	38,4	41,4	31,9	11,5	23,3	41,1
		$t_{mou,p}$	8,7	10,3	12,6	14,6	15,8	16,6	16,4	8,0	12,4
	B	$A_{1,p}$	33,7	33,7	33,4	39,4	42,3	32,8	12,5	23,1	41,9
		$t_{mou,p}$	8,9	10,4	12,6	14,6	15,8	16,6	16,3	8,1	12,5
1,00	A	$A_{1,p}$	35,6	35,0	34,0	40,1	43,2	33,3	11,8	24,7	43,0
		$t_{mou,p}$	8,7	10,2	12,5	14,6	15,9	16,6	16,4	7,9	12,4
	B	$A_{1,p}$	35,5	35,3	34,8	41,1	44,2	34,2	12,7	24,4	43,8
		$t_{mou,p}$	8,8	10,3	12,6	14,6	15,8	16,6	16,3	8,1	12,5

¹⁾ H – horizontální poloha.

Tabulka P 10 – Klasifikace energetické náročnosti budov

Stupeň tepelné náročnosti budov STN [%]	Klasifikace energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření klasifikace budovy
≤ 40	A	Mimořádně úsporná
≤ 60	B	Velmi úsporná
≤ 80	C	Úsporná
≤ 100	D	Vyhovující
≤ 120	E	Nevyhovující
≤ 150	F	Výrazně nevyhovující
> 150	G	Mimořádně nevyhovující

Tabulka P 11 – Normové a výpočtové hodnoty fyzikálních veličin okenních a dveřních konstrukcí

Ploška	Druhy oken	Normové hodnoty		Výpočtová hodnota součinitele prostupu tepla U_{ov} $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
		Součinitel prostupu tepla U_{ov} $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	Součinitel spárové průvzdušnosti $g_v \cdot 10^{-4}$ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}$	
1	2	3	4	5
Okna dřevěná, kombinovaná a z plastů				
1 Jednoduchá okna				
1.1	s jedním sklem	4,5	1,9	5,2
1.2	s přidavným sklem v rámečku z plastu nebo kovu (sdružené křídlo)	2,6	1,9	3,0
1.3	s izolačním dvojsklem bez selektivní vrstvy	2,5	1,9	2,9
1.4	s izolačním dvojsklem se selektivní vrstvou	1,8	1,9	2,1
1.5	s izolačním dvojsklem bez selektivní vrstvy a s přidavným sklem v rámečku z plastu nebo kovu (sdružené křídlo)	1,9	1,9	2,2
1.6	s izolačním trojsklem	1,8	1,9	2,1
2 Zdvojená okna				
2.1	se dvěma skly	2,4	1,4	2,8
2.2	se třemi skly s izolačním dvojsklem na vnitřní straně okna	1,7	1,4	2,0
2.3	se třemi skly, třetí sklo v rámečku mezi křídly	1,65	1,4	1,9
3 Dvojitá okna dřevěná, kombinovaná a z plastů				
3.1	dvojitá, dvě skla	2,35	1,2	2,7
3.2	dvojitá, sklo jednoduché a dvojsklo	1,4		1,6
Okna kovová				
4 Jednoduchá				
4.1	s jedním sklem	5,65	1,9	6,5
4.2	s izolačním dvojsklem	3,9	1,9	4,5
4.3	s izolačním dvojsklem a přerušeným tepelným mostem	3,2	1,9	3,7
4.4	s izolačním dvojsklem, se selektivní vrstvou a přerušeným tepelným mostem	2,35	1,9	2,7
4.5	s izolačním trojsklem a přerušeným tepelným mostem	2,5	1,9	2,8
5 Zdvojená okna				
5.1	se dvěma skly	3,3	1,4	3,8
5.2	se dvěma skly a přerušeným tepelným mostem	2,8	1,4	3,2
5.3	se třemi skly s izolačním dvojsklem na vnitřní straně okna a přerušeným tepelným mostem	2,4	1,4	2,8

(Pokračování)

Položka	Druhy dveří	Normové hodnoty		Výpočtová hodnota U_{sep} $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
		U_{dva} $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	$g_{dva} \cdot 10^{-4}$ $m^{-2} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0.5}$	
1	2	3	4	5
6 Dveře				
6.1	domovní dřevěné bez skleněné výplně	2,3		2,6
6.2	domovní dřevěné s jedním sklem	4,0		4,7
6.3	domovní kovové s jedním sklem	5,65		6,5
6.4	balkónové, viz okna			
6.5	vnitřní dřevěné plně	2,0		2,0
6.6	vnitřní dřevěné zasklené jedním sklem	3,5		3,5
6.7	vnitřní dřevěné zasklené jedním sklem ze 2/3	3,0		3,0

Tabulka P 12 – Kritické povrchové vnitřní teploty pro kritickou vnitřní povrchovou vlhkost $\varphi_{si,cr} = 100\%$ (teploty rosného bodu θ_w)

Návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{wi} (°C)	Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ (%)										
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
0	-10,67	-9,35	-8,15	-7,06	-6,06	-5,13	-4,26	-3,45	-2,68	-1,96	-1,27
1	-9,86	-8,53	-7,33	-6,23	-5,22	-4,28	-3,41	-2,59	-1,82	-1,09	-0,40
2	-9,05	-7,71	-6,50	-5,39	-4,37	-3,43	-2,55	-1,73	-0,95	-0,22	0,54
3	-8,24	-6,89	-5,67	-4,56	-3,54	-2,59	-1,70	-0,87	-0,09	0,73	1,52
4	-7,43	-6,07	-4,85	-3,73	-2,70	-1,74	-0,85	-0,02	0,87	1,71	2,51
5	-6,63	-5,26	-4,03	-2,90	-1,86	-0,90	0,00	0,95	1,84	2,69	3,50
6	-5,82	-4,45	-3,20	-2,07	-1,03	-0,06	0,95	1,91	2,82	3,67	4,49
7	-5,02	-3,64	-2,39	-1,24	-0,19	0,88	1,91	2,88	3,79	4,66	5,48
8	-4,22	-2,83	-1,57	-0,42	0,72	1,83	2,87	3,85	4,77	5,64	6,46
9	-3,42	-2,02	-0,75	0,46	1,66	2,78	3,83	4,81	5,74	6,62	7,45
10	-2,62	-1,21	0,07	1,39	2,60	3,73	4,79	5,78	6,71	7,60	8,44
11	-1,82	-0,41	0,99	2,32	3,55	4,68	5,75	6,75	7,69	8,58	9,42
12	-1,03	0,45	1,91	3,25	4,49	5,63	6,71	7,71	8,66	9,56	10,41
13	-0,23	1,36	2,83	4,18	5,43	6,58	7,66	8,68	9,63	10,54	11,40
14	0,63	2,27	3,75	5,11	6,37	7,53	8,62	9,64	10,61	11,52	12,39
15	1,53	3,18	4,67	6,04	7,31	8,48	9,58	10,61	11,58	12,50	13,37
16	2,42	4,09	5,59	6,97	8,25	9,43	10,54	11,57	12,55	13,48	14,36
17	3,32	4,99	6,51	7,90	9,19	10,38	11,49	12,54	13,53	14,46	15,35
18	4,21	5,90	7,43	8,83	10,13	11,33	12,45	13,50	14,50	15,44	16,34
19	5,11	6,81	8,35	9,76	11,07	12,28	13,41	14,47	15,47	16,42	17,32
20	6,00	7,72	9,27	10,69	12,00	13,22	14,36	15,43	16,44	17,40	18,31
21	6,90	8,62	10,19	11,62	12,94	14,17	15,32	16,40	17,42	18,38	19,30
22	7,79	9,53	11,11	12,55	13,88	15,12	16,28	17,36	18,39	19,36	20,28
23	8,68	10,43	12,02	13,48	14,82	16,07	17,23	18,33	19,36	20,34	21,27
24	9,58	11,34	12,94	14,40	15,76	17,01	18,19	19,29	20,33	21,32	22,26
25	10,47	12,25	13,86	15,33	16,70	17,96	19,15	20,26	21,31	22,30	23,24
26	11,36	13,15	14,77	16,26	17,63	18,91	20,10	21,22	22,28	23,28	24,23
27	12,25	14,06	15,69	17,19	18,57	19,86	21,06	22,19	23,25	24,26	25,22
28	13,14	14,96	16,61	18,11	19,51	20,80	22,01	23,15	24,22	25,24	26,20
29	14,03	15,86	17,52	19,04	20,44	21,75	22,97	24,11	25,19	26,22	27,19
30	14,93	16,77	18,44	19,97	21,38	22,69	23,92	25,08	26,17	27,20	28,18

Tabulka P 13 – Kritické povrchové vnitřní teploty pro kritickou vnitřní povrchovou vlhkost $\varphi_{si,cr} = 80\%$

Návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{ni} (°C)	Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ (%)									
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
0	-12,75	-10,84	-9,16	-7,65	-6,29	-5,04	-3,89	-2,82	-1,82	-0,88
1	-11,86	-9,93	-8,23	-6,71	-5,34	-4,08	-2,92	-1,84	-0,84	0,11
2	-10,96	-9,02	-7,31	-5,78	-4,39	-3,12	-1,95	-0,87	0,15	1,1
3	-10,07	-8,11	-6,39	-4,84	-3,45	-2,17	-0,99	0,11	1,13	2,09
4	-9,18	-7,2	-5,46	-3,91	-2,5	-1,21	-0,02	1,09	2,12	3,09
5	-8,28	-6,29	-4,54	-2,97	-1,55	-0,25	0,95	2,06	3,1	4,08
6	-7,39	-5,38	-3,62	-2,04	-0,6	0,71	1,91	3,04	4,09	5,07
7	-6,5	-4,47	-2,69	-1,1	0,34	1,66	2,88	4,01	5,07	6,06
8	-5,6	-3,57	-1,77	-0,17	1,29	2,62	3,85	4,99	6,05	7,06
9	-4,71	-2,66	-0,85	0,77	2,23	3,58	4,81	5,96	7,04	8,05
10	-3,82	-1,75	0,07	1,7	3,18	4,53	5,78	6,94	8,02	9,04
11	-2,93	-0,84	0,99	2,64	4,12	5,49	6,75	7,91	9,01	10,03
12	-2,04	0,06	1,91	3,57	5,07	6,44	7,71	8,89	9,99	11,03
13	-1,15	0,97	2,83	4,5	6,02	7,4	8,68	9,87	10,98	12,02
14	-0,26	1,88	3,75	5,44	6,96	8,36	9,64	10,84	11,96	13,01
15	0,63	2,78	4,67	6,37	7,9	9,31	10,61	11,82	12,94	14
16	1,52	3,69	5,59	7,3	8,85	10,27	11,57	12,79	13,93	14,99
17	2,41	4,59	6,51	8,23	9,79	11,22	12,54	13,76	14,91	15,99
18	3,3	5,5	7,43	9,17	10,74	12,18	13,5	14,74	15,89	16,98
19	4,19	6,4	8,35	10,1	11,68	13,13	14,47	15,71	16,88	17,97
20	5,07	7,3	9,27	11,03	12,62	14,09	15,43	16,69	17,86	18,96
21	5,96	8,21	10,19	11,96	13,57	15,04	16,4	17,66	18,84	19,95
22	6,85	9,11	11,11	12,89	14,51	15,99	17,36	18,64	19,83	20,95
23	7,73	10,01	12,02	13,82	15,45	16,95	18,33	19,61	20,81	21,94
24	8,62	10,92	12,94	14,75	16,4	17,9	19,29	20,59	21,79	22,93
25	9,51	11,82	13,86	15,68	17,34	18,86	20,26	21,56	22,78	23,92
26	10,39	12,72	14,77	16,61	18,28	19,81	21,22	22,53	23,76	24,91
27	11,28	13,62	15,69	17,54	19,22	20,76	22,19	23,51	24,74	25,9
28	12,16	14,52	16,61	18,47	20,17	21,72	23,15	24,48	25,73	26,9
29	13,04	15,42	17,52	19,4	21,11	22,67	24,11	25,45	26,71	27,89
30	13,93	16,32	18,44	20,33	22,05	23,62	25,08	26,43	27,69	28,88

Tabulka P 14 – Česko-anglický slovník základních výrazů ze stavební tepelné techniky

Český výraz	Anglický výraz
absolutní vlhkost vzduchu	absolute humidity
atmosférický tlak	atmospheric pressure
bezpečnostní teplotní přírážka	protective temperature overcharge
bodový činitel prostupu tepla	point thermal transmittance
bodový tepelný most	point thermal bridge
celková spotřeba energie budovy	total energy use of the building
celkový součinitel prostupu tepla, celková U-hodnota	total transmission heat loss coefficient; total loss thermal transmittance; total U-value
čas	time
částečný tlak nasycené vodní páry	partial saturated water vapour pressure
částečný tlak vodní páry	partial water vapour pressure
denostupně	accumulated temperature differences
difuzní odpor	diffusion resistance
difuzní tok	water vapour diffusion flow rate
dodaná energie	delivered energy
doporučená normová hodnota	recommended standard value
ekvivalentní difuzní tloušťka	equivalent diffusion thickness
ekvivalentní faktor difuzního odporu	equivalent moisture resistance factor; equivalent water vapour diffusion resistance factor
ekvivalentní součinitel difuzní vodivosti	equivalent diffusion conductivity factor
ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti	equivalent thermal conductivity coefficient
faktor difuzního odporu	moisture resistance factor; water vapour diffusion resistance factor
faktor tvaru budovy, geometrická charakteristika budovy	shape of building
globální sluneční záření	global solar irradiance
hmotnostní vlhkost	moisture content mass by mass
hustota difuzního toku vodní páry	density of water vapour diffusion flow rate
hustota tepelného toku	density of heat flow rate
charakteristická hmotnostní vlhkost	characteristic moisture content mass by mass
intenzita výměny vzduchu n_{50}	space rate changing air n_{50}
intenzita výměny vzduchu v místnosti	space rate changing air
kritická místnost	critical room
kritická normová hodnota	critical standard value
kritická vnitřní povrchová teplota	critical surface temperature
kritická vnitřní povrchová vlhkost	critical surface moisture
lehký obvodový plášť	curtain walling
lineární činitel prostupu tepla	linear thermal transmittance
lineární tepelná propustnost	linear thermal coupling coefficient
lineární tepelný most	linear thermal bridge
lineární tepelný odpor	linear thermal resistance
měrná spotřeba tepla na vytápění	specific heat use for heating
měrná tepelná kapacita	specific heat capacity
měrná tepelná ztráta	heat loss coefficient; heat transfer coefficient
měrná tepelná ztráta větráním	ventilation heat loss coefficient
měrná vlhkost vzduchu	humidity by mass
měrná ztráta prostupem tepla	transmission heat loss coefficient
nasákavost	water absorption

návrhová hmotnostní vlhkost; praktická hmotnostní vlhkost	practical moisture content mass by mass
návrhová průměrná letní denní teplota venkovního vzduchu	design external average day temperature in the summer
návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu	design relative external air humidity
návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu	design relative internal air humidity
návrhová střední intenzita globálního slunečního záření	design mean global solar irradiance
návrhová teplota venkovního vzduchu v letním období	design external temperature in summer
návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období	design external temperature in winter
nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období	maximum rise of internal temperature in the summer period
nejvyšší teplota vnitřního vzduchu v místnosti v letním období	maximum internal temperature in the summer period
neustálený stav	non-steady state
normová hmotnostní vlhkost	standard moisture content mass by mass
obestavěný prostor budovy	build-up volume of the building
objemová hmotnost	density
objemová hmotnost v suchém stavu	dry density
objemová vlhkost	moisture content volume by volume
objemový tok vzduchu	air flow rate
obnovitelná energie	renewable energy
odpor konstrukce při prostupu tepla	heat transfer resistance of the structure
odpor konstrukce při prostupu vodní páry	structure resistance to water vapour transfer
odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	external resistance of heat transfer
odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	internal resistance of heat transfer
odpor při přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce	external surface resistance to water vapour transfer
odpor při přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce	internal surface resistance to water vapour transfer
operativní teplota	operative temperature
plošná tepelná propustnost	thermal conductance
podlaha na zemině	slab on ground
pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období	drop of internal dry resultant temperature in the winter period
potřeba energie na vytápění	heat use for space heating
potřeba tepla na vytápění	heat use; energy use for heating
požadovaná hodnota	required value
požadovaná normová hodnota	required standard value
primární energie	primary energy
průměrná rychlost větru	average wind speed
průměrný součinitel prostupu tepla	average transmission heat loss coefficient
průvzdušnost	air permeability
převažující návrhová teplota vnitřního vzduchu	prevailing design internal temperature
přímé sluneční záření	direct solar radiance
relativní vlhkost vzduchu	relative humidity
roční množství zkondenzované vodní páry	annual amount of condensed water vapour
roční spotřeba tepla	annual heat use
sálavý tepelný tok, tepelný tok sáláním	radiation heat flow rate

Přílohy

sluneční záření	solar irradiance
součinitel prostupu tepla výplně otvoru	total transmission heat loss coefficient of pane opening; total heat thermal transmittance of pane opening
součinitel prostupu tepla zabudované konstrukce	transmission heat loss coefficient of build in structure
součinitel prostupu tepla, U-hodnota	transmission heat loss coefficient; heat thermal transmittance value, U-value
součinitel průvzdušnosti	flow coefficient
součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce	external surface coefficient of heat transfer; external surface resistance
součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	internal surface coefficient of heat transfer; internal surface resistance
součinitel přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce	water vapour transfer at the external surface of the structure
součinitel přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce	water vapour transfer at the internal surface of the structure
součinitel spárové průvzdušnosti	coefficient of length joint air permeability
součinitel tepelné vodivosti	thermal conductivity coefficient
součinitel teplotní vodivosti	temperature conductivity factor
součinitele podmínek působení	condition operation coefficients
spárová difuzní vodivost	joint gap conductivity factor
stupeň tepelné náročnosti budov	level of thermal performance of building (LTP)
systémová hranice budovy	boundary of building heated space
šíření tepla	heat transfer
šíření vlhkosti	moisture transfer
šíření vzduchu	air transfer
tepelná charakteristika budovy	thermal characteristic of building, volume heat loss coefficient
tepelná jímavost	thermal effusivity
tepelná jímavost podlahy	thermal effusivity of floor
tepelná pohltivost	thermal absorption
tepelná propustnost	thermal coupling coefficient
tepelná vazba	thermal connection
tepelně izolační materiál	thermal insulation material
tepelný most	thermal bridge
tepelný odpor vrstvy, konstrukce	thermal resistance
tepelný odpor vzduchové vrstvy	thermal resistance of air gap
tepelný tok	heat flow rate
teplota	temperature
teplota rosného bodu	dew point temperature
teplota vnitřního vzduchu	design internal temperature
teplotní útlum	thermal heat damping
ustálený stav	steady state
vlhkostní součinitel materiálu	material moisture coefficient
vlhkostní veličiny	moisture quantities
vypařené množství vodní páry	evaporated water vapour
výplň otvoru	opening pane; opening infill
výsledná teplota	internal dry resultant temperature; globe temperature
zdroje energie	energy sources
zkondenzované množství vodní páry	condensed water vapour

Tabulka P 15 – Značky, jednotky a veličiny

Značka	Veličina	Jednotka	Značka původní
a	Součinitel replotní vodivosti	m^2/s	a
A	Plocha	m^2	S
A/V	Faktor tvaru budovy; geometrická charakteristika budovy	m^2/m^3 ; $1/m$	A/V
A_e	Plocha vnější konstrukce	m^2	-
A_e	Teplotní amplituda venkovního vzduchu v zimním období	K	A_e
A_J	Amplituda intenzity globálního slunečního záření	W/m^2	A_J
A_{si}	Teplotní amplituda na vnitřím povrchu konstrukce	K	A_{si}
A_w	Plocha výplně otvoru	m^2	-
A_f	Plocha rámu výplně otvoru	m^2	-
A_g	Plocha zasklení	m^2	-
b	Šířka	m	b
b	Tepelná jímavost	$W^2 \cdot s / (m^4 \cdot K^2)$	b
b_1	Činitel teplotní redukce	(-)	-
B	Tepelná jímavost podlahy	$W \cdot s^{0,5} / (m^2 \cdot K)$	B
c	Měrná tepelná kapacita	$J / (kg \cdot K)$	c
c_d	Měrná tepelná kapacita v suchém stavu	$J / (kg \cdot K)$	-
c_u	Návrhová hodnota měrné tepelné kapacity	$J / (kg \cdot K)$	c_p
c_n	Normová hodnota měrné tepelné kapacity	$J / (kg \cdot K)$	c_{dn}
C	Součinitel průvzdušnosti	$m^3 / (s \cdot Pa^n)$	-
d	Tloušťka	m	d
d_m	Počet dnů v měsíci		-
d_q, d_{cav}	Tloušťka vzduchové vrstvy, mezery	m	-
D_p	Denostupně	K·den	D
E	Součinitel vzájemného sálání	(-)	-
F_v	Tepelná charakteristika budovy	$W / (m^3 \cdot K)$	q_c
e_v	Měrná spotřeba tepla na vytápění	kWh/m^3	-
f_{Rsi}	Teplotní faktor vnitřního povrchu	-	-
$f_{Rsi,cr}$	Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu		
f_{Rsi}^{2D}	Teplotní faktor vnitřního povrchu vypočtený z 2 D teplotního pole	-	-
f_{Rsi}^{3D}	Teplotní faktor vnitřního povrchu vypočtený z 3 D teplotního pole	-	-
g	Hustota difuzního toku vodní páry	$kg / (m^2 \cdot s)$	g_d
g	Celková propustnost slunečního záření	(-)	-
g_c	Zkondenzované množství vodní páry	$kg / (m^2 \cdot s)$	-
g_{ev}	Vypařené množství vodní páry	$kg / (m^2 \cdot s)$	-
grad	Gradient		grad
G	Difuzní tok	kg/s	-

G	Měrná vnitřní produkce vlhkosti	kg/h	
h	Výška	m	
h_{si}	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$W/(m^2 \cdot K)$	α_i
h_{siK}	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce v koutě	$W/(m^2 \cdot K)$	$\alpha_{i,K}$
h_{se}	Součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$W/(m^2 \cdot K)$	α_e
h_{se}^*	Součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce v letním období	$W/(m^2 \cdot K)$	α_{eu}
h_c	Součinitel přestupu tepla prouděním	$W/(m^2 \cdot K)$	α_s
h_r	Součinitel přestupu tepla sáláním	$W/(m^2 \cdot K)$	α_r
h_{pe}	Součinitel přestupu vodní páry na vnější straně konstrukce	s/m	α_{de}
h_{pi}	Součinitel přestupu vodní páry na vnitřní straně konstrukce	s/m	α_{di}
H	Měrná tepelná ztráta	W/K	-
H_r	Měrná ztráta prostupem tepla (celková)	W/K	-
H_v	Měrná ztráta větráním	W/K	
H_u	Měrná ztráta prostupem tepla nevytápěnými prostory (mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím)	W/K	-
i_{LV}	Součinitel spárové průvzdušnosti	$m^3/(s \cdot m \cdot Pa^{0,67})$	i_{LV}
J_m	Návrhová střední intenzita globálního slunečního záření	W/m^2	J_m
/	Délka	m	
L	Tepelná propustnost	W/K	
L	Plošná tepelná propustnost	$W/(m^2 \cdot K)$	Λ
L_l	Lineární tepelná propustnost	$W/(m \cdot K)$	
L_D	Tepelná propustnost obvodového pláště mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím	W/K	
L_s	Ustálená tepelná propustnost zeminou mezi vnitřním prostorem a venkovním prostředím	W/K	-
L^{2D}	Tepelná propustnost stanovená výpočtem dvourozměrného teplotního pole - 2D výpočtem	W/K	-
L^{3D}	Tepelná propustnost stanovená výpočtem trojrozměrného teplotního pole - 3D výpočtem	W/K; $W/(m^2 \cdot K)$	-
n	Intenzita přirozené výměny vzduchu v místnosti	1/h; $m^3/(m^3 \cdot h)$	n
n_{50}	Intenzita výměny vzduchu budovy při přetlaku 50 Pa	1/h; $m^3/(m^3 \cdot h)$	-
N	Teplotní difuzní funkce	1/s	N
$N_{es}(t)$	Součinitel chladnutí nesymetricky chladnoucí konstrukce v zimním období	-	$N_{es}(\tau)$
$N_{is}(t)$	Součinitel chladnutí symetricky chladnoucí konstrukce v zimním období	-	$N_{is}(\tau)$

$N_{ps}(t)$	Součinitel chladnutí polonekonečné konstrukce v zimním období	-	$N_{ps}(\tau)$
m_d	Hmotnost materiálu / výrobku v suchém stavu	kg	
M	Plošná sálavost povrchu	W/m^2	-
M°	Plošná sálavost povrchu černého tělesa	W/m^2	-
$M_{c,a}$	Roční množství zkondenzované vodní páry	$kg/(m^2 \cdot a)$	G_k
$M_{ev,a}$	Roční množství vypařené vodní páry	$kg/(m^2 \cdot a)$	G_v
p_v	Částečný tlak vodní páry	Pa	p_d
p_{vi}	Částečný tlak vodní páry vnitřního vzduchu	Pa	p_{di}
p_{ve}	Částečný tlak vodní páry venkovního vzduchu	Pa	p_{de}
$p_{v,sat}$	Částečný tlak nasycené vodní páry	Pa	$p_{d'}$
$p_{vq}, p_{v,cav}$	Částečný tlak nasycené vodní páry ve vzduchové dutině, ve vrstvě	Pa	-
$p_{v,sat,w}$	Částečný tlak nasycené vodní páry při teplotě rosného bodu	Pa	-
p_a	Atmosférický tlak	Pa	p_a
p_o	Referenční (normální) atmosférický tlak	Pa	-
q	Hustota tepelného toku	W/m^2	q
q_c	Celková tepelná charakteristika budovy	$W/(m^3 \cdot K)$	q_c
q_{cd}	Tepelná charakteristika budovy prostupem tepla	$W/(m^3 \cdot K)$	q_{cd}
q_{cv}	Tepelná charakteristika budovy výměnou vzduchu	$W/(m^3 \cdot K)$	q_{cv}
Q	Potřeba energie na vytápění		
Q_{pv}	Potřeba tepla na vytápění	Wh	-
Q_h	Roční potřeba tepla na vytápění	Wh	-
R	Tepelný odpor vrstvy, konstrukce	$m^2 \cdot K/W$	R
$R_g; R_{cav}$	Tepelný odpor vzduchové vrstvy	$m^2 \cdot K/W$	R_w
R_{si}	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$m^2 \cdot K/W$	R_i
$R_{si,k}$	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce v koutě (ve vnitřním koutě)	$m^2 \cdot K/W$	R_{ik}
R_{se}	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$m^2 \cdot K/W$	R_e
R_{se}^*	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce v letním období	$m^2 \cdot K/W$	R_e
R_T	Odpor konstrukce při prostupu tepla	$m^2 \cdot K/W$	R_T
R_v	Tepelný odpor vrstev konstrukce od vnitřního prostředí ke vzduchové vrstvě	$m^2 \cdot K/W$	R_v
R_z	Tepelný odpor vrstev konstrukce od vzduchové vrstvy k venkovnímu prostředí	$m^2 \cdot K/W$	R_z
s	Tepelná pohltivost materiálu	$W/(m^2 \cdot K)$	s
s_d	Ekvivalentní difuzní tloušťka	m	r_d
SEV	Úroveň stavebně energetických vlastností budovy	%	-
t	Čas	s	t
T	Termodynamická teplota	K	T

U	Tepelná pohltivost materiálu		U
u	Hmotnostní vlhkost	%	W_m
u_u	Návrhová (praktická) hmotnostní vlhkost	%	W_{mn}
u_{exp}	Okamžitá hmotnostní vlhkost	%	$W_{m,exp}$
u_n	Normová hmotnostní vlhkost	%	W_n
u_p	Praktická hmotnostní vlhkost	%	W_{mp}
$U_T; U$	Součinitel prostupu tepla; U - hodnota	$W/(m^2 \cdot K)$	k
U_c	Celkový součinitel prostupu tepla; celková U - hodnota	$W/(m^2 \cdot K)$	-
U_f	Součinitel prostupu tepla rámu	$W/(m^2 \cdot K)$	-
U_g	Součinitel prostupu tepla zasklením	$W/(m^2 \cdot K)$	-
U_i	Součinitel prostupu tepla vnitřní konstrukce	$W/(m^2 \cdot K)$	-
U_m	Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí místnosti	$W/(m^2 \cdot K)$	k_c
U_N	Požadavková hodnota součinitele prostupu tepla neprůsvitné výplně	$W/(m^2 \cdot K)$	-
U_w	Součinitel prostupu tepla okna	$W/(m^2 \cdot K)$	k_{ok}
U_D	Součinitel prostupu tepla dveří	$W/(m^2 \cdot K)$	-
U_{bf}	Součinitel prostupu tepla podlahy suterénu	$W/(m^2 \cdot K)$	-
U_{bw}	Součinitel prostupu tepla stěny suterénu	$W/(m^2 \cdot K)$	-
U_{em}	Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy(její části); Průměrná U - hodnota obálky budovy	$W/(m^2 \cdot K)$	k_c
U_{id}	Součinitel prostupu tepla ideálního výseku konstrukce	$W/(m^2 \cdot K)$	k_{id}
U_{kc}	Součinitel prostupu tepla zabudované konstrukce	$W/(m^2 \cdot K)$	k_p
U_o	Základní hodnota součinitele prostupu tepla podlahy	$W/(m^2 \cdot K)$	-
ΔU	Korekční součinitel prostupu tepla (korekční člen)	$W/(m^2 \cdot K)$	-
ΔU_{tb}	Zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných vazeb	$W/(m^2 \cdot K)$	-
ΔU_{tb}	Zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů	$W/(m^2 \cdot K)$	-
v	Absolutní vlhkost vzduchu	kg/m^3	-
v_a	Rychlost větru	m/s	v
v_r	Referenční rychlost větru	m/s	-
	Průměrná rychlost větru	-	
v_{sat}	Absolutní vlhkost vzduchu v nasyceném stavu	kg/m^3	-
V	Objem; obestavěný prostor budovy, vytápěné zóny	m^3	V
v_z	Průvzdušnost	m^3/s	-
	Objemový tok vzduchu	m^3/s	Q_v

F. Kulhánek: STAVEBNÍ FYZIKA II - Stavební tepelná technika

V_a	Vnitřní vzduchový prostor budovy; objem vzduchu v budově	m^3	V_a
V_b	Obestavěný prostor budovy	m^3	O_p
W_p	Nasákavost tepelně izolačního materiálu krátkodobá	%	-
W_{tp}	Nasákavost tepelně izolačního materiálu dlouhodobá	%	-
W_{dp}	Dlouhodobá navlhavost tepelně izolačního materiálu při difuzi	%	-
x	Měrná vlhkost vzduchu	kg/kg	
Z_p	Difuzní odpor vztažený k částečnému tlaku vodní páry	$m^2 \cdot s \cdot Pa / kg$, m/s	R_d
Z_{pi}	Odpor při přestupu vodní páry na vnitřní straně	m/s	R_{di}
Z_{pe}	Odpor při přestupu vodní páry na vnější straně	m/s	R_{de}
Z_{pT}	Odpor konstrukce při prostupu vodní páry	m/s	R_{dT}
Z_u	Vlhkostní součinitel materiálu	-	Z_w
α	Činitel pohltivosti	(-)	S
δ_p	Součinitel difuzní vodivosti, součinitel difuze vodní páry, vztažený k částečnému tlaku vodní páry	$kg / (m \cdot s \cdot Pa)$, s	δ
$\delta_{\cdot v}$	Součinitel difuzní vodivosti, součinitel difuze vodní páry, vztažený k absolutní vlhkosti vzduchu	m^2 / s	-
δ_a, δ_o	Součinitel difuzní vodivosti vzduchu; součinitel difuze vodní páry ve vzduchu	$kg / (m \cdot s \cdot Pa)$, s	-
$\delta_{p,ev}$	Ekvivalentní součinitel difuzní vodivosti	$(kg / (m \cdot s \cdot Pa))$, s	δ_{ev}
$\delta_{p,dl}$	Spárová difuzní vodivost	$(kg / (m \cdot s \cdot Pa))$, s	Λ_{dl}
ε	Emisivita; vyzařování	(-)	\leq e
η_o	Činitel využití tepelných zisků; stupeň využití tepelných zisků	(-)	
θ	Celsiova teplota	$^{\circ}C$	t
θ_{ae}	Teplota venkovního vzduchu	$^{\circ}C$	t_{ae}
θ_{ai}	Teplota vnitřního vzduchu	$^{\circ}C$	t_{ai}
$\theta_{ai,min}^*$	Nejnižší teplota vnitřního vzduchu v místnosti v letním období	$^{\circ}C$	$t_{ai,min}$
$\theta_{ai,max}^*$	Nejvyšší teplota vnitřního vzduchu v místnosti v letním období	K	$t_{ai,max}$
$\theta_{ae,m}^*$	Návrhová průměrná denní teplota venkovního vzduchu v letním období	$^{\circ}C$	$t_{e, stř}$
θ_{dm}	Průměrná denní teplota venkovního vzduchu	$^{\circ}C$	-
θ_e	Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období	$^{\circ}C$	t_e
$\theta_{e,100}$	Základní návrhová teplota venkovního vzduchu v příslušné teplotní oblasti o nadmořské výšce 100 m.n.m.	$^{\circ}C$	-

Přílohy

θ_e	Návrhová teplota venkovního vzduchu v letním období	°C	t_{ae}
$\theta_{e,mn}$	Návrhová průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu	°C	-
θ_i	Návrhová vnitřní teplota (v zimním období)	°C	
θ_{im}	Převažující návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období	°C	
θ_o	Operativní teplota	°C	-
$\theta_{si,cr}$	Kritická vnitřní povrchová teplota	°C	
$\theta_{si,N}$	Požadovaná nejnižší vnitřní povrchová teplota	°C	
θ_{se}	Vnější povrchová teplota konstrukce	°C	t_{ep}
θ_{si}	Vnitřní povrchová teplota konstrukce	°C	t_{ip}
θ_{sim}	Průměrná vnitřní povrchová teplota konstrukce	°C	-
θ_v	Výsledná teplota	°C	t_r
$\theta_v(t)$	Výsledná teplota vnitřního prostoru po čase t od počátku chladnutí	K	$t_r(\tau)$
$\Delta\theta_v(t)$	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období	K	$\Delta t_r(\tau)$
$\Delta\theta_{10}$	Pokles dotykové teploty s chladnějším povrchem (podlahy)	K	Δt_{10}
$\Delta\theta_{si}$	Bezpečnostní přírážka k nejnižší požadované vnitřní povrchové teploty	K	-
$\Delta\theta_{ai,max}^*$	Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období	K	$\Delta t_{i,max}$
θ_x	Teplota v konstrukci ve vzdálenosti x	°C	t_x
θ_w	Teplota rosného bodu	°C	t_w
Θ	Teplotní útlum v komplexním tvaru	-	Θ
λ	Součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)	λ
λ_d	Součinitel tepelné vodivosti v suchém stavu	W/(m·K)	λ_s
λ_D	Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti v suchém stavu	W/(m·K)	-
λ_k	Charakteristická hodnota součinitele tepelné vodivosti	W/(m·K)	λ_k
λ_n	Normová hodnota součinitele tepelné vodivosti	W/(m·K)	λ_n
λ_u	Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti	W/(m·K)	λ_u
λ_{ev}	Ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)	λ_{ev}
$\lambda_{gi};\lambda_{cav}$	Součinitel tepelné vodivosti vzduchové vrstvy, mezery	W/(m·K)	λ_w
μ	Faktor difuzního odporu	(-)	μ
μ_n	Normová hodnota faktoru difuzního odporu	(-)	μ_n
μ_u	Návrhová hodnota faktoru difuzního odporu	(-)	μ_p
μ_{ev}	Ekvivalentní faktor difuzního odporu	(-)	μ_{ev}
ν	Teplotní útlum	(-)	ν
ν^*	Teplotní útlum v letním období	(-)	-

F. Kulhánek: STAVEBNÍ FYZIKA II - Stavební tepelná technika

ρ	Objemová hmotnost v definovaném stavu vlhkosti	kg/m^3	ρ
ρ_d	Objemová hmotnost v suchém stavu	kg/m^3	ρ_s
ρ_n	Normová hodnota objemové hmotnosti v definovaném stavu vlhkosti	kg/m^3	ρ_{dn}
ρ_u	Návrhová hodnota objemové hmotnosti v definovaném stavu vlhkosti	kg/m^3	ρ_{dn}
ρ_o	Referenční objemová hmotnost vzduchu	kg/m^3	
φ_a	Relativní vlhkost vzduchu	%	φ_a
φ_e	Relativní vlhkost venkovního vzduchu	%	φ_e
φ_i	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	%	φ_i
$\varphi_{i,cr}$	Kritická vnitřní povrchová vlhkost; povrchová vlhkost	%	-
$\varphi_{si,cr}$	Kritická relativní vlhkost	%	-
φ_o	Referenční relativní vlhkost vzduchu	%	
$s\varphi$	Bezpečnostní přírážka	%	-
ϕ	Tepelný tok; tepelný zisk	W	Q
χ	Bodový činitel prostupu tepla	W/K	-
ψ	Lineární činitel prostupu tepla	W/(m·K)	-
ψ	Objemová vlhkost	%	W_v
ψ^*	Fázové posunutí teplotních kmitů v letním období	h	ψ
Ω	Prostorový úhel	sr	-

Tabulka P 16 – Nejčastěji používané dolní indexy

a	Vzduch
A	Plocha
cr	Kritická normová hodnota vlastnosti výrobku, stavební konstrukce, budovy. Kriteriaální hodnota
cav	Vzduchová dutina
d	Suchý stav; desorpční
D	Deklarovaná hodnota vlastnosti materiálu; výrobku
e	Venkovní teplota, tlak, vlhkost
ev	Ekvivalentní
f	Rám
g	Zasklení, globální teplota, vzduchová dutina
gr	Zemina, terén
i	Vnitřní teplota, tlak, vlhkost
id	Ideální skladba konstrukce, jen ze stejnorodých vrstev mimo tepelné mosty
k	Charakteristická hodnota vlastnosti materiálů, výrobků
kc	Zabudovaný
L	Délka
m	Střední
n	Normová hodnota vlastnosti materiálů, výrobků
N	Normová hodnota vlastnosti výrobků, stavební konstrukce, budovy. Kriteriaální hodnota
rq	Požadovaná hodnota
rc	Doporučená hodnota
R	Doporučená normová hodnota vlastnosti výrobku, stavební konstrukce, budovy. Kriteriaální hodnota
p	Praktická, ustálená hodnota vlastnosti
p	Vlhkostní veličiny vztažené k částečnému tlaku vodní páry
p	Veličiny vztažené ke konstantnímu tlaku prostředí (např. c_p)
s	Sálání. Sálavý povrch
sb	Sorpční
sat	Nasycený
si	Vnitřní konstrukce, vnitřní povrch konstrukce
se	Vnější konstrukce, vnější povrch konstrukce
t	Teplota, veličina závislá na teplotě
tbk	Tepelný most (v konstrukci)
tb	Tepelná vazba (mezi konstrukcemi)
T	Celkový
u	Návrhová hodnota vlastnosti materiálů, výrobků
v	Vlhkostní veličiny vztažené k absolutní vlhkosti
V	Větrání
w	Výplň otvoru. Rosný bod
0	Referenční hodnota

LITERATURA

- 1 ČSN 73 0540: Tepelná ochrana budov
 - Část 1: Terminologie, červen 2005
 - Část 2: Požadavky, listopad 2002
 - Část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování, 1994, včetně následných změn Z1, Z2 a Z3
 - Část 4: Výpočtové metody, červen 2005
- 2 ČSN 06 0210/94: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění
- 3 Vyhláška č. 291/2001 Ministerstva průmyslu a obchodu ČR ze dne 27.7.2001, kterou se stanoví podrobnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách
- 4 Halahyja M., Chmúrny I., Sternová Z.: Stavební tepelná technika. Tepelná ochrana budov, Jaga group Bratislava 1998
- 5 ČSN EN ISO 13370: Tepelné chování budov - Přenos tepla zeminou - Výpočtové metody
- 6 Halahyja M. a kol.: Stavební tepelná technika, akustika a osvetlenie, ALFA Bratislava 1985
- 7 Mrlík F.: Vlhkostné problémy stavebných materiálů a konstrukcií, ALFA Bratislava 1985
- 8 Mrlík F.: Vlhkostní a tepelně technické konstanty stavebních materiálů a konstrukcií, VÚPS Praha 1986
- 9 Kirscher O.: Neue Wege bei der Wärmebedarfsrechnung für Gebäude, VDI - Verlag GMBH, Berlin 1941
- 10 Řehánek J., Janouš A., Kučera P., Šafránek J.: Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov, Grada Publishing a.s., Praha 2002
- 11 Vaverka J., Chybík J., Mrlík F.: Stavební fyzika 2. Stavební tepelná technika, VUTIUM Brno 2000
- 12 ČSN EN ISO 6946: Stavební prvky a konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda
- 13 ČSN EN ISO 832: Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění – Obytné budovy
- 14 ČSN EN ISO 13 790: Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění
- 15 ČSN EN ISO 13 788: Tepelně vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce – Výpočtové metody
- 16 ČSN EN ISO 13 791: Tepelné chování budov – Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení – Základní kritéria pro validační postupy
- 17 ČSN EN 12 831: Topné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu

Ing. František Kulhánek, CSc.

STAVEBNÍ FYZIKA II

Stavební tepelná technika

Vydalo České vysoké učení technické v Praze

Česká technika – nakladatelství ČVUT, Thákurova 1, 160 41 Praha 6,
v únoru 2006 jako svou 10758. publikaci.

Vytisklo Nakladatelství ČVUT - výroba, Zikova 4, 166 36 Praha 6.

143 strany, 13 obrázků.

Vydání třetí přepracované. Náklad 300 výtisků. Rozsah 9,81 AA, 10,14 VA.

Kč 134,-

ISBN 80-01-03408-9



9 788001 034088