

edice stavitel

Velkoplošné sálavé vytápění

podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení

Jiří Bašta



Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umísťování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.



Copyright © Grada Publishing, a.s.



Copyright © Grada Publishing, a.s.

■ **VELKOPLOŠNÉ SÁLAVÉ VYTÁPĚNÍ** **podlahové, stěnové a stropní vztápění a chlazení**

Ing. Jiří Bašta Ph. D.

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400
jako svou 4141. publikaci

Odpovědná redaktorka Jitka Hrubá
Sazba Vladimír Velička
Fotografie na obálce z archivu autorů
Fotografie a grafické přílohy v textu z archivu autorů

Počet stran 128
První vydání, Praha 2010
Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod a. s.,
© Grada Publishing, a.s., 2010
Cover Design © Eva Hradiláková, 2010

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami
nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.*

ISBN 978-80-247-3524-5 (tištěná verze)
ISBN 978-80-247-7308-7 (elektronická verze ve formátu PDF)
© Grada Publishing, a.s. 2012

■ Obsah

1 Úvodem o převážně sálavém vytápění	7
2 Velkoplošné sálavé vytápění	9
3 Teplovodní podlahové vytápění	11
3.1 Tepelně technické vlastnosti pro podlahové vytápění	13
3.2 Tepelná pohoda	14
3.3 Konstrukce a provedení podlahové otopné plochy	17
3.3.1 Jednotlivé vrstvy	22
3.4 Potrubí otopného hadu	36
3.5 Tepelná rovnováha ve vytápěném prostoru	40
3.6 Tepelně technický výpočet teplovodního podlahového vytápění	42
3.7 Hydraulický výpočet podlahového vytápění	46
3.8 Regulace tepelného výkonu podlahové otopné plochy	50
3.9 Výkresová dokumentace podlahového vytápění	59
4 Elektrické podlahové vytápění	63
4.1 Základní typy elektrického podlahového vytápění	63
4.2 Tepelně technický výpočet elektrického podlahového vytápění	64
4.3 Provedení otopné plochy a časová konstanta	65
4.4 Teplotní poměry v otopné ploše	67
4.5 Tepelné toky a tepelný příkon otopné plochy	71
4.6 Doplnková otopná plocha	73
4.7 Konstrukce elektrické podlahové otopné plochy	75
4.8 Montáž a zkoušky elektrické podlahové otopné plochy	78
4.9 Regulace tepelného výkonu elektrického podlahového vytápění	81
4.10 Provoz elektrického podlahového vytápění	83
5 Stěnové vytápění	85
5.1 Provedení stěnové otopné plochy	88
5.2 Doporučení pro návrh	89

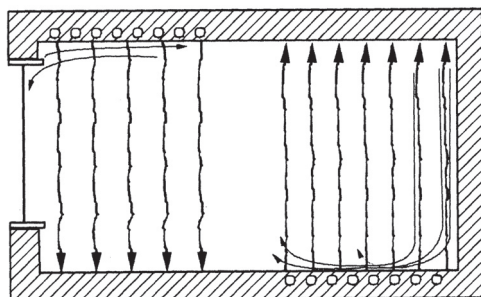
Obsah

6 Stropní vytápění	90
6.1 Trubky zalité ve stropě	91
6.2 Použití lamel	97
6.3 Použití sálavých desek a pasů	99
6.4 Stropní vytápění s dutým podhledem	99
6.5 Stropní velkoplošné chlazení	99
Přílohy	103
P1 Emisivita různých materiálů a povrchů ε	103
P2 Součinitele tepelné vodivosti λ pro různé látky a materiály (při 20 °C)	104
P3 Návrhový nomogram podlahového vytápění pro podlahu s charakteristickým číslem $m = 6,5$	105
P4 Návrhový nomogram podlahového vytápění pro podlahu s charakteristickým číslem $m = 7,0$	106
P5 Návrhový nomogram podlahového vytápění pro podlahu s charakteristickým číslem $m = 7,5$	107
P6 Návrhový nomogram podlahového vytápění pro podlahu s charakteristickým číslem $m = 8,0$	108
P7 Návrhový nomogram podlahového vytápění pro podlahu s charakteristickým číslem $m = 8,5$	109
P8 Návrhový nomogram podlahového vytápění pro podlahu s charakteristickým číslem $m = 9,0$	110
P9 Návrhový nomogram podlahového vytápění pro podlahu s charakteristickým číslem $m = 9,5$	111
P10 Návrhový nomogram podlahového vytápění pro podlahu s charakteristickým číslem $m = 10,0$	112
P11 Návrhový nomogram podlahového vytápění pro stanovení tepelného výkonu okrajové zóny (plochy bez otopného hadu)	113
P12 Základy teorie sdílení tepla sáláním	114
Použitá literatura	124
Rejstřík	126

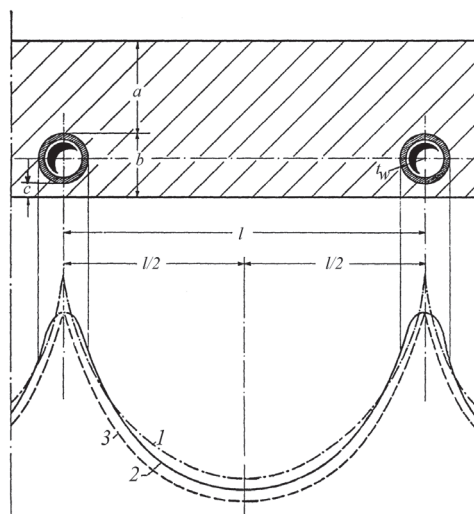
■ 1 Úvodem o převážně sálavém vytápění

K převážně sálavému vytápění řadíme velkoplošné vytápění stropní, stěnové a podlahové, stejně jako celkové či lokální vytápění zavěšenými sálavými panely a tmavými nebo světlými zářiči. U převážně sálavého vytápění se převážná část tepla z otopné plochy sdílí sáláním (zářením; radiací) a pouze malé množství prouděním (konvekci). Podíl tepelného toku sdíleného sáláním např. u stropního vytápění je 80 %, u stěnového 65 % a u podlahového 55 % [13].

Převážně sálavý způsob vytápění se odráží i na míře zastoupení střední radiální teploty (dříve účinná teplota okolních ploch) a teploty vzduchu v operativní teplotě (pro rychlosti proudění vzduchu v rámci vytápěného prostoru ve výsledné teplotě měřené kulovým teploměrem). U převážně sálavého vytápění je střední radiální teplota vyšší než teplota vzduchu, zatímco u konvekčního vytápění je, pro stejnou výslednou teplotu, vyšší teplota vzduchu.



Obr. 1.1 Schematické znázornění sdílení tepla sáláním a prouděním u stropního a podlahového vytápění



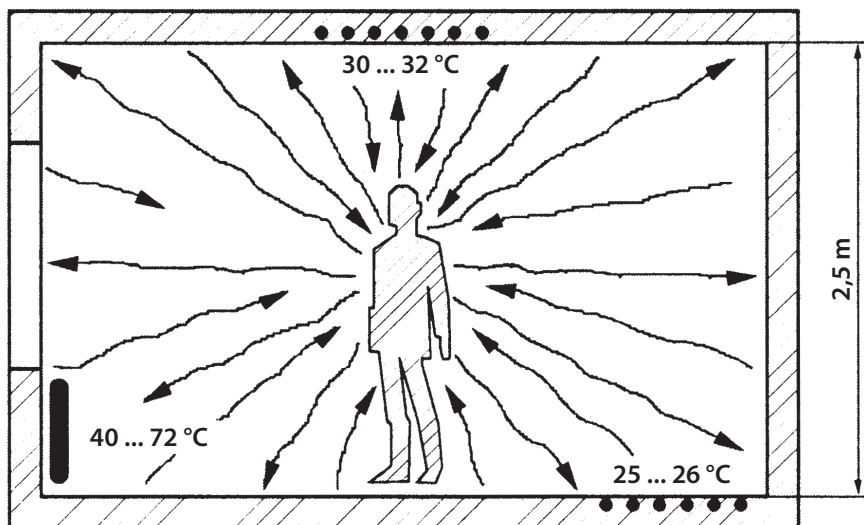
Obr. 1.2 Rozložení a porovnání povrchových teplot u stropního vytápění. 1) vypočtený průběh podle Kalouse, 2) reálný experimentálně získaný průběh, 3) vypočtený průběh podle Heida a Kollmara [17]

U velkoplošných, teplovodních, převážně sálavých soustav je příslušná stavební konstrukce zevnitř zahřívána trubkami, v nichž proudí teplá voda. Ke stanovení výkonu sálavé plochy je potřebné znát průběh teploty po jejím povrchu, resp. střední povrchovou teplotu. Nejvyšší teplota je v místě trubek, nejnižší uprostřed mezi trubkami.

Stanovení průběhu teploty v otopné ploše a zejména zjištění střední povrchové teploty otopné plochy je jedním z hlavních teoretických problémů sálavého vytápění. Nejprve se tímto problémem zabýval Kalous (1937), který odvodil, na základě klasické Gröberovy teorie vedení tepla v tyči, řešení vhodné pro praxi. Kalousův způsob řešení později upravili a doplnili Kollmar a Wierze (1950), kteří rovněž vyšli z Gröberovy teorie. U nás byla nejlepší a nejrozšířenější prací publikace doc. Cihelky, která shrnula všechny teoretické poznatky a v jejím druhém vydání (1961) se objevily i praktické výstupy s popisem jednotlivých druhů sálavých otopných ploch a sálavých soustav.

■ 2 Velkoplošné sálavé vytápění

U sálavého vytápění se většina tepelného toku sdílí do vytápěného prostoru sáláním. Znamená to, že se od sálající plochy ohřívají plochy osálané a teprve od sálajících a osálaných ploch se ohřívá okolní vzduch, což je ta druhá, konvekční složka z celkového tepelného toku. Vyplyvá z toho skutečnost, že vnitřní povrchové teploty stavebních konstrukcí jsou vyšší než je teplota vzduchu [27].



Obr. 2.1 Znáznornění sálavých tepelných toků a povrchových teplot pro různé otopné plochy

V současnosti můžeme sálavé vytápění rozdělit následovně:

- velkoplošné vytápění (stropní, stěnové a podlahové),
- celkové vytápění zavěšenými sálavými panely,
- lokální vytápění zavěšenými sálavými panely,
- vytápění tmavými a světlými plynovými zářiči, které nepatří do otopných ploch, ale do lokálních zdrojů tepla.

Jak nám rozdělení již napovídá, sálavá otopná plocha může být součástí stavební konstrukce jako její nedělitelná součást, nebo je vytvořena jako samostatná otopná plocha. Hlavní rozdíly jsou nejen v konstrukčním řešení, ale i u povrchových teplot otopných ploch, jejich měrném výkonu či volbě teplotonosné látky.

U velkoplošného vytápění tvoří otopnou plochu obvykle některá ze stěn ohraničujících vytápěný prostor. Je to tedy strop, stěna či podlaha. Povrchová teplota otopné plochy je poměrně nízká (40 až 45 °C u stropního, 55 až 60 °C u stěnového a 25 až 34 °C u podlahového vytápění), tudíž i teplota teplotonosné látky bude nízká.

10 Velkoplošné sálavé vytápění

Otopná plocha je zahřívána:

- teplou vodou,
- teplým vzduchem,
- elektricky.

Nízkoteplotní otopné soustavy jsou vhodné pro využívání tepla z nízkopotenciálních zdrojů.

Podle použité plochy lze velkoplošné otopné soustavy rozdělit na:

- podlahové,
- stropní,
- stěnové.

Podíl tepelného toku sáláním u stropního vytápění je zhruba 80 %, u stěnového 65 % a u podlahového 55 %, přičemž konstrukční provedení otopné plochy bývá různé. Je možno uvést dvě základní řešení:

- otopná plocha je nedělitelnou součástí stavební konstrukce,
- otopná plocha je samostatná:
 - upevněna na některé ze stavebních konstrukcí,
 - nebo umístěna volně ve vytápěném prostoru.

■ 3 Teplovodní podlahové vytápění

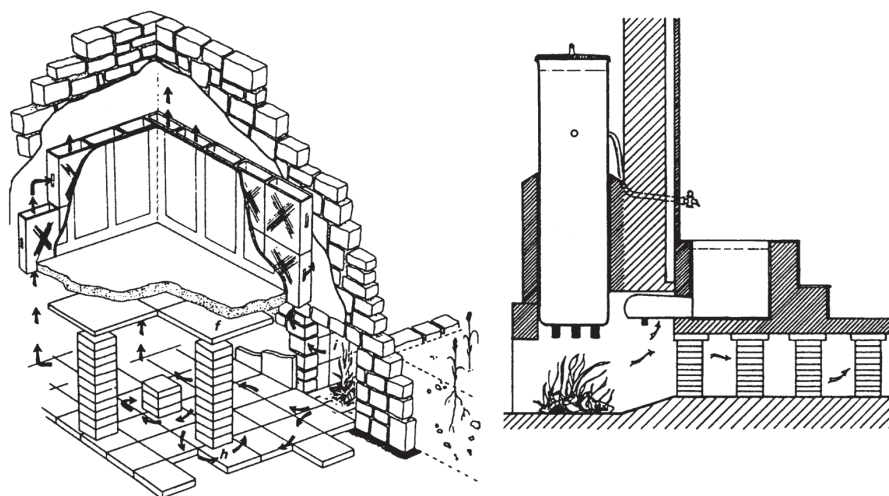
Přesto, že problematika podlahového vytápění není nová, dochází u nás k rozmachu podlahového vytápění až v posledních dvaceti letech. První podlahové vytápění bylo zaznamenáno již ve starověkém Římě, kdy r. 80 př. n. l. Sergius Orata navrhl toto starořímské Hypokaustum tak, že ohniště bylo umístěno pod objektem a bez roštu se v něm spalovalo dřevo či dřevěné uhlí. Teplé spaliny proudily dutinami v podlaze a ve stěnách, prohřívaly je a ty sdílely teplo do vytápěného prostoru.



Obr. 3.1 Starořímské Hypokaustum – použití kruhových cihel pro tvorbu spalinových dutin



Obr. 3.2 Starořímské Hypokaustum – použití čtvercových cihel pro tvorbu spalinových dutin



Obr. 3.3 Schematické znázornění Hypokausta včetně přípravy teplé vody [26]

U podlahového vytápění se pro otopnou plochu využívá jedna ze stavebních konstrukcí, ohraničující vytápěný prostor. Přenos tepla se uskutečňuje převážně sáláním. Tepelná rovnováha sálavě vytápěného prostoru byla však definována až v minulém století.

Volba podlahového vytápění jako prostředníka k zajištění tepelné pohody je dána objektem samým. Ten musí splňovat tepelně-technické vlastnosti tak, že průměrná tepelná ztráta by měla být menší než 20 W/m^2 , eventuálně průměrná roční spotřeba tepla nižší než 70 až 80 kWh/m^2 . Z těchto údajů je patrné, že minimální náročnost objektu vzhledem ke spotřebě tepla je na prvním místě a teprve následně přistupuje vhodný provozní režim, možnost akumulace tepla či optimální regulace.

Tab. 1 Celkový součinitel přestupu tepla a_p a měrný tepelný výkon q u velkoplošného sálavého vytápění

Použitá plocha		Povrchová teplota plochy t_p (°C)							
		25	30	35	40	45	50	55	60
Stropní	a_p ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)	–	–	7,4	7,5	7,7	–	–	–
	q (W/m^2)	–	–	126	165	208	–	–	–
Podlahová	a_p ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)	9,2	10,0	–	–	–	–	–	–
	q (W/m^2)	64	120	–	–	–	–	–	–
Stěnová	a_p ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)	–	–	–	–	–	11,0	11,4	11,7
	q (W/m^2)	–	–	–	–	–	352	422	491

Tab. 2 Rozdělení velkoplošného podlahového vytápění

Rozdělení podle	Velkoplošné podlahové vytápění
Teplonosné látky	Teplovodní, elektrické, teplovzdušné
Montáže	Mokrý proces, suchý proces
Provedení	Meandr, plošná spirála
Materiálu potrubí	Kovové, plastové, vícevrstvé
Uložení otopného hadu	Zabudované, volně ukládané

U podlahového vytápění je při sdílení tepla podíl sálavé složky jen o málo větší než je podíl složky konvekční (55 : 45 %). Tento poměr u podlahového vytápění vhodně využívá výhod obou způsobů sdílení tepla. Otopná plocha tvoří téměř celou plochu podlahy, čímž napomáhá vytvářet teplotně homogenní uniformní prostředí jak ve vertikálním, tak i horizontálním směru [14].

■ 3.1 Tepelně technické vlastnosti pro podlahové vytápění

Tepelně technické vlastnosti stavební konstrukce jsou dány:

- tepelným odporem stavební konstrukce,
- teplotním útlumem stavební konstrukce,
- tepelnou jímavostí podlahy,
- množstvím zkondenzované a vypařené vodní páry,
- provzdušností spár,
- tepelnou stabilitou místnosti,
- spotřebou energie.

Tab. 3 Tepelná jímavost podlahových konstrukcí

Max. dovolená hodnota B_N ($W \cdot s^{1/2}/m^2 \cdot K$)	Pokles povrchové teploty Δt_{10} (°C)	Kategorie podlahy	Druh budovy a místnosti
do 350	do 2,5	I. velmi teplé	školy: místnosti mateřských škol a jeslí nemocnice: místnosti pro nemocné děti
351 až 700	2,51 až 3,40	II. teplé	obytné budovy: místnosti vesměs školy: učebny, rýsozny, tělocvičny nemocnice: pokoje dospělých nemocných, ordinace, chodby, služební místnosti jiné: kanceláře, pracovny, divadla, koncertní sály, restaurace, hotelové místnosti, kina