

# Vytápění zavěšenými sálavými panely

## Část 1 – Nová výpočtová metoda

### Suspended radiant panels heating

#### Part 1 – New method of calculation

Ing. Miroslav KOTRBATÝ  
grafická spolupráce  
Ing. Zuzana KOVÁŘOVÁ

Autoři uvádějí zjednodušenou metodu návrhu vytápění sálavými panely. Zjednodušení proti ČSN 06 0215 i proti složitějším teoretickým výpočtům jsou podložena dlouhodobým vývojem, zkušenostmi a experimentálními poznatky. Navržený postup umožňuje zahrnout okrajové podmínky, nižší výšku zavěšení panelů, vliv prašnosti prostředí i různý sklon sálavých panelů jednoduchým způsobem.

**Klíčová slova:** sálavý panel, druhotná otopná plocha, teplotní gradient, intenzita osálení, ejektor, regulátor s optimalizačním programem, zdrojové větrání

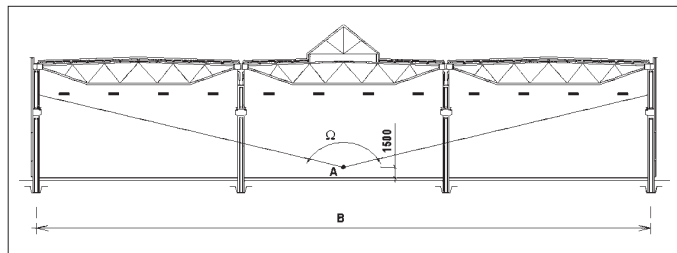
Recenzent  
doc. Ing. Karel Brož, CSc.

The authors present a simplified method of radiant panels heating design. The simplifications in comparison with ČSN 060215 and also with more complicated theoretical calculations are founded by long-term development, experience and experimental knowledge. The proposed procedure enables to include boundary conditions, smaller height of panels suspension, influence of environment dustiness and also different slope of radiant panels in a simple way.

**Key words:** radiant panel, secondary heating surface, temperature gradient, intensity of irradiation, ejector, regulator with optimisation programme, displacement ventilation

Vytápění zavěšenými sálavými panely se v bývalém Československu navrhovalo a realizovalo již od roku 1953. S teorií výpočtu tehdy přišel pracovník Československé akademie věd Doc. Dr. Ing. Jaromír Cihelka, CSc.

Výpočtový postup spočíval v kontrole navrženého zařízení třemi rovnicemi (tepelná rovnováha v prostoru pod rovinou panelů, tepelná rovnováha v prostoru nad rovinou panelů, rovnice tepelné pohody) s referenčním bodem uprostřed vytápěného objektu.



Obr. 1 Příčný řez halou vytápěnou zavěšenými sálavými panely – metodika výpočtu (Cihelka)

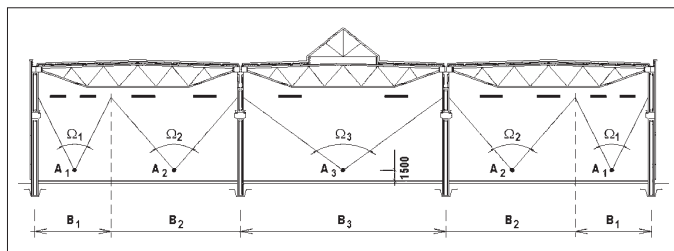
Neznámé veličiny byly:

$t_p$  – teplota panelů,  $t_s$  – teplota stěn dolní části prostoru,  $t_h$  – teplota stěn horní části prostoru.

V případě neshody se kontrola nového upraveného návrhu stejným způsobem opakovala. Při zpracování konkrétních návrhů se ukázalo jako nezbytné provést úpravu výpočtu s ohledem na odlišné vlivy v různých částech haly.

Dalším krokem byl přechod na výpočet tepelných ztrát s upraveným výpočtem ztrát podlahou (místo součinitele prostupu tepla „k“ se tepelná ztráta počítá tepelnou převodností  $\left(\lambda = \frac{\alpha \cdot k}{\alpha - k}\right)$  a s přihlédnutím k poměru osálení.

V praxi se přešlo na řešení metodou pásem (obr. 5 – Kotrbatý 1962), kdy se v krajových částech objektu počítalo s 1,5x a 2x větším výkonem. Pro volbu šíř-

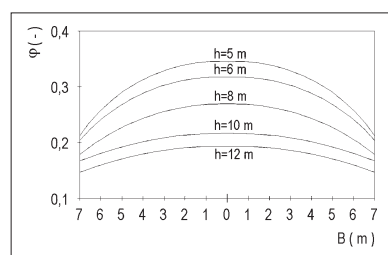


Obr. 2 Příčný řez halou vytápěnou zavěšenými sálavými panely – upravená metodika výpočtu (Kotrbatý)

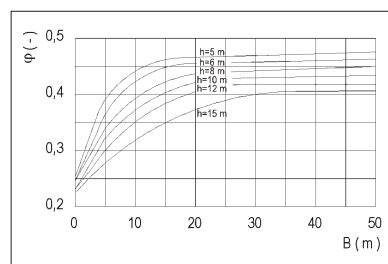
ky okrajových pásem byly použity hodnoty z obr. 3 a obr. 4 – šířka pásem se určila dle poklesu poměru osálení. Zajišťovacím přínosem byla výzkumná zpráva VÚPS Praha – autor pan František – vliv nižší výšky zavěšení panelů ve vysokých halách.

Na základě vývoje sálavých panelů typu KZ a měření na realizovaných stavbách (Kotrbatý, Oppl, Bašus – 1967/68) byly ještě získány další poznatky z hlediska provozu, rozložení teplot ve vertikálním a horizontálním směru.

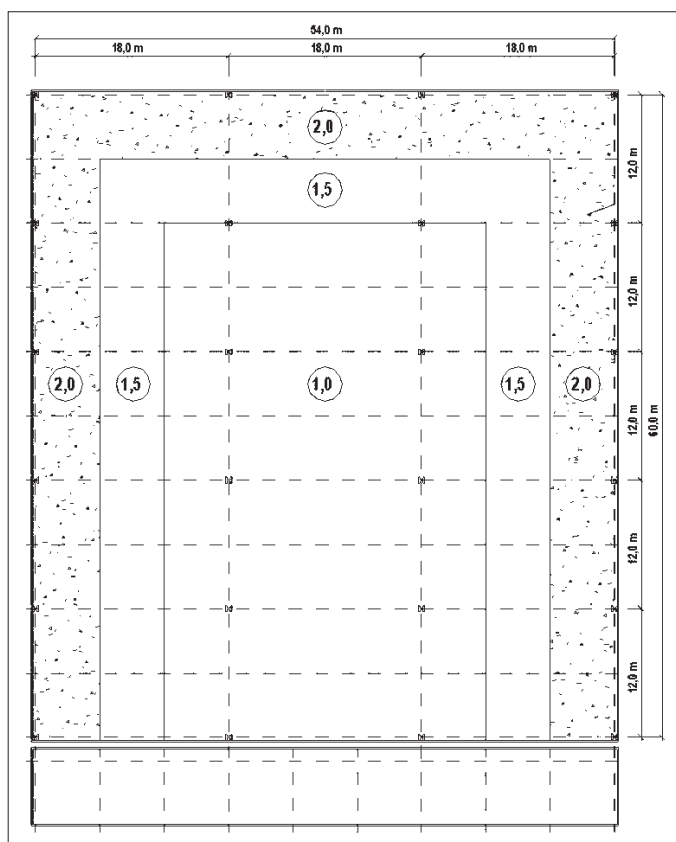
Ověřování pak nastalo po zavedení vlastní výroby (fy. Kotrbatý – 1998) a získání výsledků měření výkonu panelů KZ (AO 242787/88 Kotrbatý)



Obr. 3 Poměr osálení při různých výškách zavěšení (rovnoměrné rozmístění panelů) – úzká hala



Obr. 4 Poměr osálení při různých výškách zavěšení (rovnoměrné rozmístění panelů) – široká hala



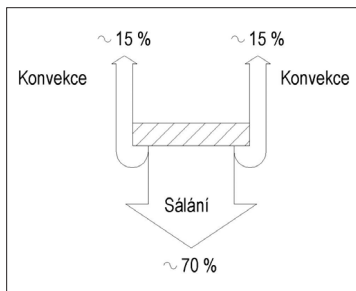
Obr. 5 Metodika výpočtu – volba pásem (Kotrbatý)

v HLK Stuttgart (2001). Zkušenosti z téměř padesátiletého vývoje vytápění sálavými panely vedou ke stanovení metodiky návrhu, který respektuje všechny zvláštnosti tohoto způsobu vytápění velkoprostorových objektů.

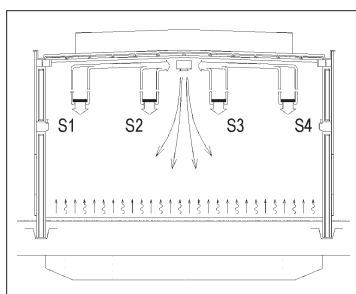
## Ovlivňujícími činiteli jsou:

- ☐ dodávka tepla do vytápěného prostoru,
- ☐ podlaha = druhotná otopná plocha,
- ☐ stoupání teploty vzduchu po výšce objektu – teplotní gradient,
- ☐ infiltrace,
- ☐ výška zavěšení panelů – negativní vliv – prašnost prostředí,
- ☐ výška zavěšení panelů – pozitivní vliv – nižší výška zavěšení ve vysokých halách,
- ☐ šikmé zavěšení panelů,
- ☐ poměr osálení,
- ☐ využití teplé vrstvy vzduchu pod střešním pláštěm,
- ☐ kombinace s větráním,
- ☐ ejektor + regulátory s optimalizačním programem,
- ☐ intenzita osálení.

Tvrzení o výhodnosti sálavého vytápění proti vytápění teplovzdušnému dojde k uplatnění při maximálním využití všech shora uve-



Obr. 6 Dodávka tepelné energie do vytápěného prostoru sálavým panelem (sálání 58 až 70 %, konvekce 42 ÷ 30 %)



Obr. 7 Znárodnění dodávky tepla sálavými panely do vytápěného prostoru a využití teplé vrstvy vzduchu pod střešním pláštěm

dených činitelů. Nemalý podíl na ještě větší výhodnosti této soustavy má životnost zařízení, která je více jak dvojnásobná proti teplovzdušným soupravám. Sálavé panely pracují 40 ÷ 50 let bez údržby a oprav, což značně ovlivňuje i provozní náklady. Stejně tak je jejich předností, že nepotřebují k provozu další energii jako vytápění teplovzdušné pro pohon ventilátorů a instalaci elektro.

## 1.00 OVLIVŇUJÍCÍ ČINITELÉ PŘI NÁVRHU VYTÁPĚNÍ SÁLAVÝMI PANELE

### 1.01 Dodávka tepla do vytápěného prostoru

Výpočet tepelných ztrát a následné určení velikosti sálavých otopných ploch musí vycházet ze samotného principu dodávky tepla do vytápěného prostoru. V úvahu je třeba vzít jak podíl sálavé, tak i konvekční složky panelů a jejich umístění ve vytápěném prostoru.

Sálavý panel (obr. 6) dodává teplo sáláním – do spodní části vytápěného prostoru (58 ÷ 70 % podle šířky a teploty panelu) a konvekcí – do podstřešní části vytápěného prostoru (42 ÷ 30 %).

Úzké panely ⇒ menší sálavá složka,  
širší panely ⇒ větší sálavá složka,  
nízká teplota teplotnosné látky ⇒ menší sálavá složka,  
vysoká teplota teplotnosné látky ⇒ větší sálavá složka.

Na základě těchto poznatků by se měly používat co nejširší panely a co nejvyšší teplota teplotnosné látky, neboť podstatou hospodárnosti této soustavy je vysoký podíl sálavého tepla.

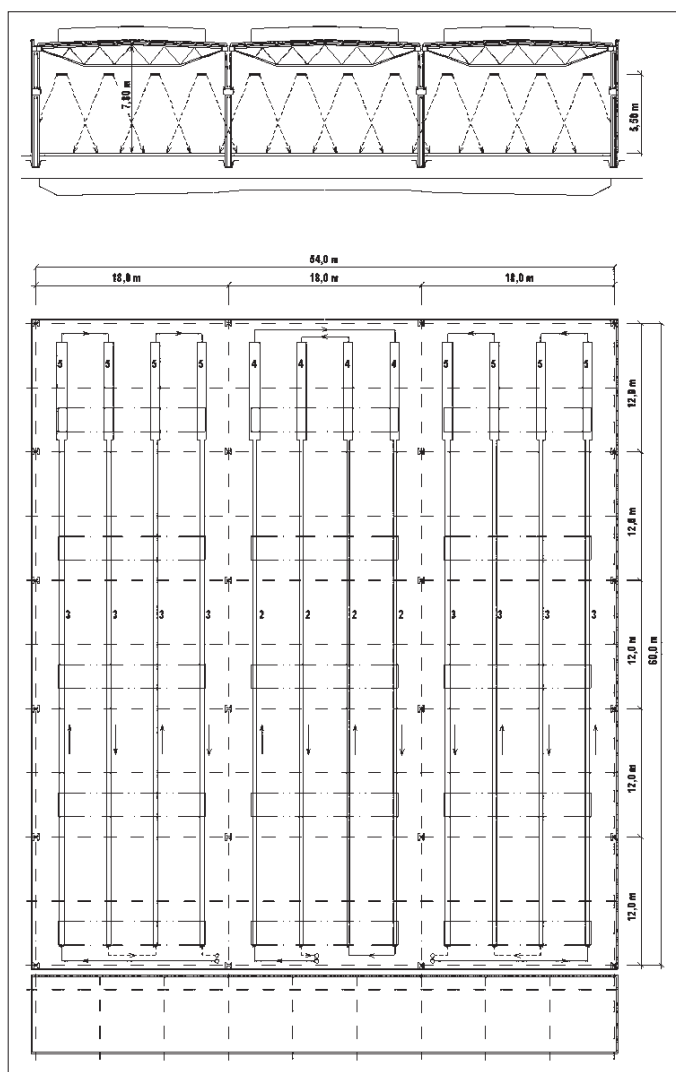
Podíváme-li se na reálný návrh (obr. 8) rozmístění panelů a využití obou složek dodávané tepelné energie, je na první pohled zřejmé, že každá výrobní loď musí mít takové tepelné technické zařízení, které plně pokryje požadavky dané okolními vlivy, jako jsou tepelné ztráty stěn, střechy a podlahy, infiltrace, atd.

Sálavé panely z jedné lodi minimálně ovlivňují podmínky v lodi vedlejší. Konvekční podíl tepelného výkonu panelu zůstává prakticky celý v daném prostoru (obr. 7). V čistých provozech lze tento konvekční podíl vracet vířivými ventilátory do zóny pobytu. Sálavý podíl výkonu do okolních prostor zasahuje minimálně. Z těchto důvodů je třeba vypočítat tepelné bilance pro **každý prostor s odlišnými vnějšími podmínkami odděleně** a také následně osazovat odpovídající velikosti sálavých panelů.

Z tohoto souboru panelů pak vytvořit samostatně regulovanou sekci.

### 1.02 Podlaha = druhotná otopná plocha

Zásadní zvláštností sálavého vytápění je využívání podlahy jako druhotné otopné plochy. Sálavá složka energie z panelů dopadá na podlahu, ohřeje ji a od ní se teprve ohřívá vzduch (vlnovka – obr. 7). Částečně se též vrací teplo do pracovní zóny sáláním (přímá šipka – obr. 7). Díky tomu, že na „vnější straně“ podlahy je konstantní teplota ( $t_p = +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), dochází během otopné sezóny k trvalému „dobíjení“ tohoto akumulátoru, přičemž právě v zimních špičkách je dodávka tepelné energie největší. Je to pozitivní prvek v soustavách sálavého vytápění. Lze ho velice dobře využít pro **snížení výkonu panelů o přibližně cca 5 %** ( $f_1 = 0,95$ ) za předpokladu regulace výkonu **regulátorem s optimalizačním programem**. V praxi se ukázalo, že při kvalitně izolované stavbě ( $k_{stěn} = 0,45\text{ W/m}^2$ ,  $k_{sv} = 2,8\text{ W/m}^2$ ,  $k_{stř} = 0,4\text{ W/m}^2$ ) a betonové podlaze, od půlky odpoledne, kdy byla soustava úplně odstavena, do pondělí 5:00 hodin rána, klesla teplota  $t_0$  v místě pobytu člověka o 1 K. Průměrná venkovní teplota byla  $t_e = \pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Díky rozmístění otopné plochy v souladu s návrhem dle 1.01 se akumulace liší v okrajových částech objektu od částí vnitřních (obr. 8 – zvýrazněná plocha), což je dáno velikostí otopné plochy v daném prostoru.



Obr. 8 Návrh vytápění trojlodní haly zavěšenými sálavými panely  
Rozmístění panelů – počet modulů,  $s = 150 \text{ mm}$ :  $2 \div 5$ ; množství dodávky tepla sáláním do podlahy v jednotlivých částech = zvýrazněná plocha v řezu haly

Soustava dovoluje krátkodobé úplné odstavení. Využití tohoto režimu je výhodné tam, kde se jako regulační prvek používá regulovatelný ejektor. Ten má proti trojcestnému ventilu v kombinaci s oběhovým čerpadlem výhodu, že nevyžaduje v provozu kromě naprosto zanedbatelné spotřeby el. energie pro ovládání pohonu regulační kuželky, další elektrickou energii. V období útlumu se může využít principu regulace otevřeno – zavřeno.

### 1.03 Stoupání teploty po výšce objektu – teplotní gradient

Ve velkoprostorových objektech dochází po výšce objektu ke stoupání teploty vzduchu. Tato skutečnost ovlivňuje velikost tepelných ztrát střešním pláštěm, světlíky a také obvodovými stěnami včetně oken.

Průběh teploty vzduchu po výšce při sálavém vytápění má zvláštní charakter jak při podlaze, tak nad rovinou panelů (obr. 9). Vyšší teplota podlahy (ku př.  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ ) způsobuje i vyšší teplotu vzduchu v místě styku s touto plochou. Dále vzhůru pak teplota vzduchu mírně klesá do referenčního bodu ( $h_1 = 1,5 \text{ m}$  nad podlahou) na požadovanou hodnotu  $t_1 = 16^\circ\text{C}$ .

Dále pak stoupá až do roviny panelů ( $h$ ) cca  $0,3 \div 0,5 \text{ K/m}$ . Nad rovinou panelů nestoupá již teplota vzduchu rovnoměrně. Je ovlivněna konvekční složkou pa-

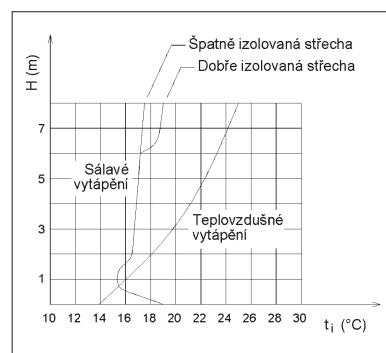
nelů (obr. 6, obr. 7) a také izolačními vlastnostmi střešního pláště. Dají se využít následující orientační hodnoty zvýšení teploty vzduchu nad panely při výšce zavěšení panelů  $1 \div 2 \text{ m}$  pod střešním pláštěm:

$$\Delta t_1 = 1 \text{ K při } k_{\text{stř}} > 2,0 \text{ W/m}^2$$

$$\Delta t_2 = 2 \text{ K při } k_{\text{stř}} = 1,0 \div 2,0 \text{ W/m}^2$$

$$\Delta t_3 = 3 \text{ K při } k_{\text{stř}} < 1,0 \text{ W/m}^2$$

Teplota vzduchu v místě kontaktu se střešním pláštěm je ovlivněna jeho izolační schopností – dobře izol./špatně izol. Při větší vzdálenosti než  $2 \text{ m}$  ( $H - h$ ) se dá počítat s gradientem  $g = 1 \text{ K/m}$ .



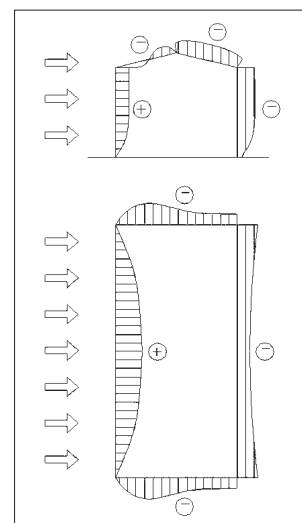
Obr. 9 Stoupání teploty vzduchu po výšce objektu při vytápění sálavými panely

### 1.04 Infiltrace

Infiltrace je jedním z významných činitelů, který ovlivňuje prostředí v blízkosti obvodového pláště s otevíratelnými okny nebo vraty. Podle vnějších podmínek se její okamžitý vliv pohybuje v rozmezí  $0 \div 100 \%$  vypočtené hodnoty, přičemž venkovní teplota vzduchu není externí výpočtová teplota určená dle normy z pětidenního průměru, ale teplota zachycující extrémní podmínky. Stanoví se takto:

$$t_{ei} = t_e - 8 \text{ K}$$

Podle okamžitého směru větru působícího na vytápěný objekt (obr. 10) infiltrace působí vždy pouze na jednu až dvě strany objektu. Části na odvrácené straně jsou v podtlaku a infiltrace neovlivňuje přilehlé prostory. Uváděné rozdíly potřeby okamžitého příkonu sekce přilehlé k návětrné či závětrné straně je otázkou regulace výkonu v dané části objektu.



Obr. 10 Tlakové podmínky při působení větru na vytápěný objekt – vliv infiltrace

### 1.05 Výška zavěšení panelů – negativní vliv – prašnost prostředí

Na dodávku tepla sáláním do prostředí pobytu člověka má vliv prašnost prostředí. Částečky prachu, které se pohybují ve vytápěném prostoru, zachycují určitou část sálavého tepla, čímž snižují jeho množství dopadající na podlahu.

Při standardním provozu bez vznikající prašnosti z výroby lze do výšky  $6 \text{ m}$  počítat s prostředím čistým, neovlivňujícím sálavý příkon na podlahu. V provozech se vznikající prašností (svařování, obrábění, dřevařská výroba, broušení, atd.) se použijí faktory vyšší hodnoty.

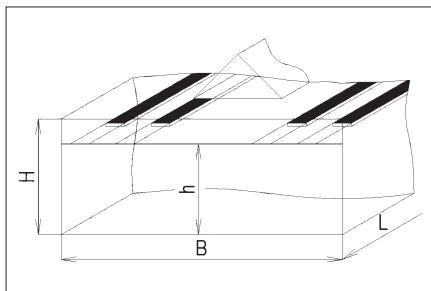
Pro vyšší výšky zavěšení je vhodné zvýšit výkon sálavých panelů následovně podle tab. 1.

Tab. 1 Korekční faktor  $f_1$  – výška zavěšení panelů – prašnost prostředí

Čistý provoz		Zvýšená prašnost	
$h \text{ [m]}$	$f_1 [-]$	$h \text{ [m]}$	$f_1 [-]$
6	1,00	6	1,08
8	1,08	8	1,12
10	1,12	10	1,18
12	1,18	12	1,25
15	1,25	15	1,32

## 1.06 Výška zavěšení panelů – pozitivní vliv – nižší výška zavěšení ve vysoké hale

Umožňuje-li technologický proces ve vysokých halách zavěsit sálavé panely níže, potom může podstatně klesnout jak velikost otopné plochy, tak i spotřeba tepla. Korekční faktor ( $f_3$ ) je závislý na půdorysných rozměrech vytápěného prostoru (obr. 11) Příslušný korekční faktor uvádí tab. 2.



Obr. 11 Údaje pro určení faktoru  $f_2$  – nižší výšky zavěšení

Tab. 2 Korekční faktor  $f_2$  – nižší výška zavěšení

$\frac{h}{H-1}$	L / B		
	2	2 až 5	5
1,0	1,0	1,0	1,0
0,95	0,967	0,981	0,989
0,9	0,935	0,963	0,979
0,85	0,904	0,944	0,969
0,8	0,874	0,927	0,959
0,75	0,845	0,910	0,949
0,7	0,817	0,839	0,939
0,65	0,790	0,877	0,930
0,6	0,764	0,861	0,920
0,55	0,739	0,845	0,911
0,5	0,715	0,830	0,902
0,45	0,692	0,816	0,893

### Příklad :

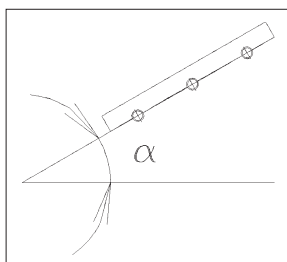
- – rozměry haly  $L = 60 \text{ m}$ ,  $B = 18 \text{ m}$ ,  $H = 10 \text{ m}$   
 □ – výška zavěšení panelů  $h = 5 \text{ m}$

$$\frac{h}{H-1} = \frac{5}{10-1} = 0,56; L/B = 60/18 = 3,33, \text{ tj. rozmezí 2 až 5; } f_2 = 0,845.$$

Otopná plocha pak může být menší:  $Q_p = Q \cdot f_2 = Q \cdot 0,845$ .

## 1.07 Šikmé zavěšení panelů

Dalším negativním vlivem je šikmé zavěšení sálavých panelů. Podle úhlu sklonu (obr. 12) se zvyšuje konvekční složka, kterou je zapotřebí započítat do ztrát a ve výpočtu použít opravný koeficient  $f_3$  – zvýšení výkonu.



Obr. 12 Šikmé zavěšení panelů

## 1.08 Poměr osálení

Při rovnoměrném rozmístění sálavých pásů dochází k nerovnoměrnému osálení referenčních bodů v kontrolované hladině ( $h_1 = 1,5 \text{ m}$  nad podlahou). Tento poměr ukazují obr. 3

Tab. 3 Korekční faktor – zvýšení výkonu

$\alpha [^\circ]$	$f_3 [-]$
30°	1,10
45°	1,15

a obr. 4 při různých šířkách vytápěného prostoru a různých výškách zavěšení panelů.

Poměr osálení je dalším z činitelů, který teoreticky ovlivňuje rovnoměrnost vytápění. Jak již bylo řečeno v odstavci 1.01 o potřebě rozdělení vytápěného prostoru na zóny s rozdílnými vnějšími vlivy, tento faktor jenom zdůrazňuje potřebu vytvořit z krajní lodi samostatně ovládanou sekci.

Vyšší požadovaný výkon proti vnitřním lodím je vyvolán větší tepelnou ztrátou (venkovní stěna, okna, infiltrace). S ohledem na prašnost prostředí nelze tento vliv přeceňovat.

## 1.09 Využití teplé vrstvy vzduchu pod střešním pláštěm

Vlivem stoupání teploty vzduchu po výšce objektu a konvekční složky panelů se pod střešním pláštěm vytváří polštář teplejšího vzduchu. V případě, že se jedná o čistý provoz, je účelné vložit do nejvyššího bodu střešního pláště vířivý ventilátor, který mezi sálavými pásy vrací tento teplý vzduch k podlaze (obr. 7).

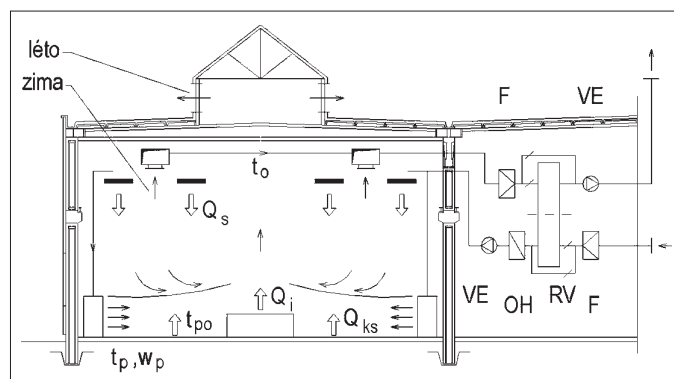
## 1.10 Kombinace s větráním

V provozech, kde vznikají při výrobě škodliviny, je zapotřebí kombinovat vytápění s přívodem čerstvého a odvodem znečištěného vzduchu. Je vhodné v maximální míře využívat principů sálavého vytápění, které umožní provozovat celou kombinovanou soustavu velice hospodárně. Jako nejvhodnější se jeví sálavé vytápění v kombinaci se zdrojovým větráním (obr. 13 – Drkal, Kotrbatý, Vacek). Pro přívod resp. určení množství přiváděného vzduchu, lze počítat s  $n$ -násobnou výměnou vzduchu pouze **pro prostor o výšce 3,5 m nad podlahou**. Čerstvý vzduch se ohřívá na teplotu o  $1 \div 3 \text{ K}$  nižší, než je teplota vzduchu v pracovní zóně. Velkoplošné vyústky osazené na podlaze přivádějí tento vzduch do prostoru malou výstupní rychlostí ( $0,2 \div 0,5 \text{ m/s}$ ).

Vzduch díky nižší teplotě „propláchne“ celou pracovní zónu, ohřeje se od podlahy a strojů a pak stoupá vzhůru ke střešnímu pláště. Sálavé panely mají vyšší výkon v sálavé složce o hodnotu potřebnou pro ohřev přivedeného vzduchu ( $\Delta t = 1 \div 3 \text{ K}$ ).

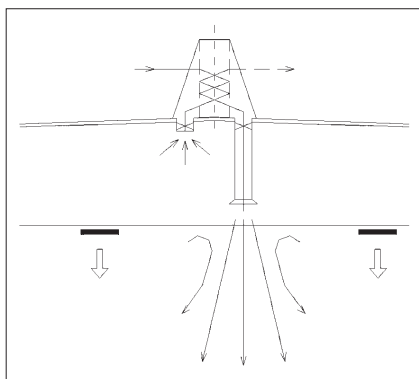
Tento princip větrání umožňuje kontinuálně odvádět vzniklé škodliviny mimo vytápěný prostor. Úspory tepelné energie – uvedená kombinace se oproti tradičnímu – pouze teplovzdušnému vytápění a větrání se pohybují kolem  $50 \div 60 \%$ .

Na obr. 13 je ještě navíc zařazena rekuperace, která však nemusí být využívána, neboť teplota vzduchu pod střešním pláštěm, jak je již řečeno v odstavcích 1.01 a 1.03 není příliš vysoká a ekonomická návratnost nemusí být v tomto případě výhodná.



Obr. 13 Kombinace vytápění sálavými panely se zdvojeným větráním (Drkal, Kotrbatý, Vacek)





Obr. 14 Kombinace vytápění sálavými panely s větráním rekuperační jednotkou a vertikálním přívodem čerstvého vzduchu (Morávek)

Další výhodnou kombinací je v prostorách s čistým provozem, použití rekuperační jednotky s vertikálním přívodem čerstvého vzduchu (Morávek) obr. 14. Dohřev není zapotřebí.

### 1.11 Výška zavěšení panelů – hygienické hledisko

Intenzita osálení v místě pobytu člověka nesmí překročit  $I_s = 200 \text{ W/m}^2$ .<sup>1)</sup>

Tato hodnota se určí ze vztahu:

$$I_s = \frac{Q_p \cdot \alpha_s}{S_1} = [\text{W/m}^2]$$

kde:  $I_s$  – intenzita osálení [ $\text{W/m}^2$ ],  
 $Q_p$  – celkový výkon panelů [ $\text{W}$ ],  
 $\alpha_s$  – sálavá účinnost [–],  
 $S_1$  – plocha podlahy [ $\text{m}^2$ ].  
 $\alpha_s = 0,69$  – pro střední teplotu teplotnosné látky  $t_m = 80^\circ\text{C}$ ,  
 $\alpha_s = 0,69$  až  $0,62$  – pro střední teplotu teplotnosné látky  $t_m < 80^\circ\text{C}$ ,  
 $\alpha_s = 0,69$  až  $0,72$  – pro střední teplotu teplotnosné látky  $t_m > 80^\circ\text{C}$ .

#### Příklad 1:

$$Q_p = 190\,000 \text{ W}; S_1 = 1080 \text{ m}^2; t_m = \frac{130 + 70}{2};$$

$$\alpha_s = 0,72; I_s = \frac{190\,000 \cdot 0,72}{1080} = 126,7 \text{ W/m}^2 < 200 \text{ W/m}^2 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

#### Příklad 2:

$$S_p = 246 \text{ m}^2; S_1 = 1080 \text{ m}^2; h = 6 \text{ m}; t_m = \frac{130 + 70}{2} = 100^\circ\text{C};$$

$$s_o = \frac{S_p}{S_1} = \frac{246}{1080} = 0,227.$$

Z diagramu (obr. 15) pro  $s_o = 0,227$  může být střední teplota teplotnosné látky  $t_{m,\max} = 105^\circ\text{C} \Rightarrow \text{vyhovuje, neboť } t_m = 100^\circ\text{C}$ .

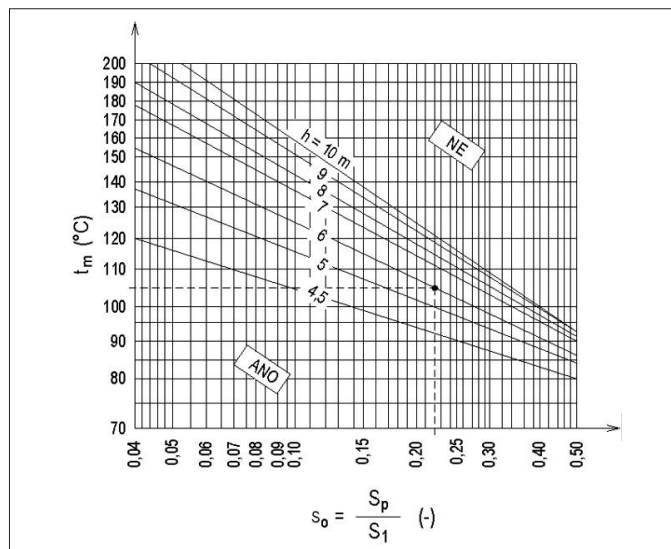
### Závěr

Nový zdokonalený způsob výpočtu respektuje jak tepelné ztráty objektu, tak také umístění sálavé otopné plochy a princip dodávky tepla do vytápěného prostoru.

Tato metodika vychází z téměř 50leté praxe z vývoje, měření a projektování zavěšených sálavých panelů. Při respektování všech uváděných vlivů lze docílit skutečně optimální soustavu vytápění velkoprostorových objektů s minimálními nároky na spotřebu energie.

<sup>1)</sup> Pozn. rec.

Cihelka v [3] uvádí podle Chrenka závislost přípustné intenzity osálení hlavy v závislosti na teplotě vzduchu: pro  $t_v = +10^\circ\text{C}$ ,  $I_s = 160 \text{ W/m}^2$ ,  
 pro  $t_v = +15^\circ\text{C}$ ,  $I_s = 105 \text{ W/m}^2$ .



Obr. 15 Dovolené výšky zavěšení panelů s ohledem na poměr zakrytí podlahové plochy ( $S_1$ ) sálavými panely ( $S_p$ ) a střední teploty média ( $t_m$ )

kde:  $s_o$  – poměr zakrytí podlahové plochy [–],  
 $S_p$  – plocha sálavých panelů [ $\text{m}^2$ ],  
 $S_1$  – plocha podlahy [ $\text{m}^2$ ],  
 $t_m$  – střední teplota média [ $^\circ\text{C}$ ],  
 $h$  – výška zavěšení panelů [ $\text{m}$ ].

V další části budou uvedeny konkrétní postupy návrhu.

### Literatura:

- [1] CIHELKA, J., KOTRBATÝ, M.: Sálavé vytápění. Matice hornicko – hutnická, Praha 1957
- [2] KOTRBATÝ, M.: Sálavé vytápění – sálavé panely, infrazářiče. STP, Praha 1993
- [3] CIHELKA, J.: Sálavé vytápění. SNTL, Praha 1961, str. 102.

Spojení na autora: [www.kotrbaty.cz](http://www.kotrbaty.cz), [kotrbaty.vvr@kotrbaty.cz](mailto:kotrbaty.vvr@kotrbaty.cz)

### \* Chladicí technika v technickém vybavení budov

Pod uvedeným názvem se uskutečnilo koncem r. 2001 zasedání odborné společnosti VDI ve Fürthu za účasti 40 odborníků.

V první části byly představeny čpavek a voda jako zdroje chladu. Zatím co čpavek, vzhledem ke svým dobrým termodynamickým vlastnostem, se již po řadu let v průmyslu používá jako chladivo, v technice budov hraje zatím jen podřadnou roli. Nové konstrukce kompresorů umožní svou polohermetickou konstrukcí a malou náplní chladiva použití čpavku v budoucnu i v klimatizaci budov. Odpovídající jednotky „na zástrčku“ jsou dnes již k dispozici. Vzhledem k ekologickým vlastnostem, prosazují výrobci jejich označování jako „Green Box“. Tyto jednotky jsou, vzhledem k malému počtu vyráběných kusů a k bezpečnostním zařízením, zamezujícím únik čpavku, zatím ještě drahé.

Zařízení s vodou jako chladivem jsou pro životní prostředí neoptimálnější. Voda je používána již dlouho v absorpčních i adsorpčních zařízeních. Nové je naproti tomu použití v kompresorových chladicích strojích, které mezitím ve vývoji dožrály. Avšak nízký objemový chladicí výkon vyžaduje speciální kompresory a velké objemy přístrojů, které pracují za podtlaku. Na zasedání byly předneseny první zkušenosti v ILK Dresden se zařízeními s dvoustupňovými axiálními kompresory.