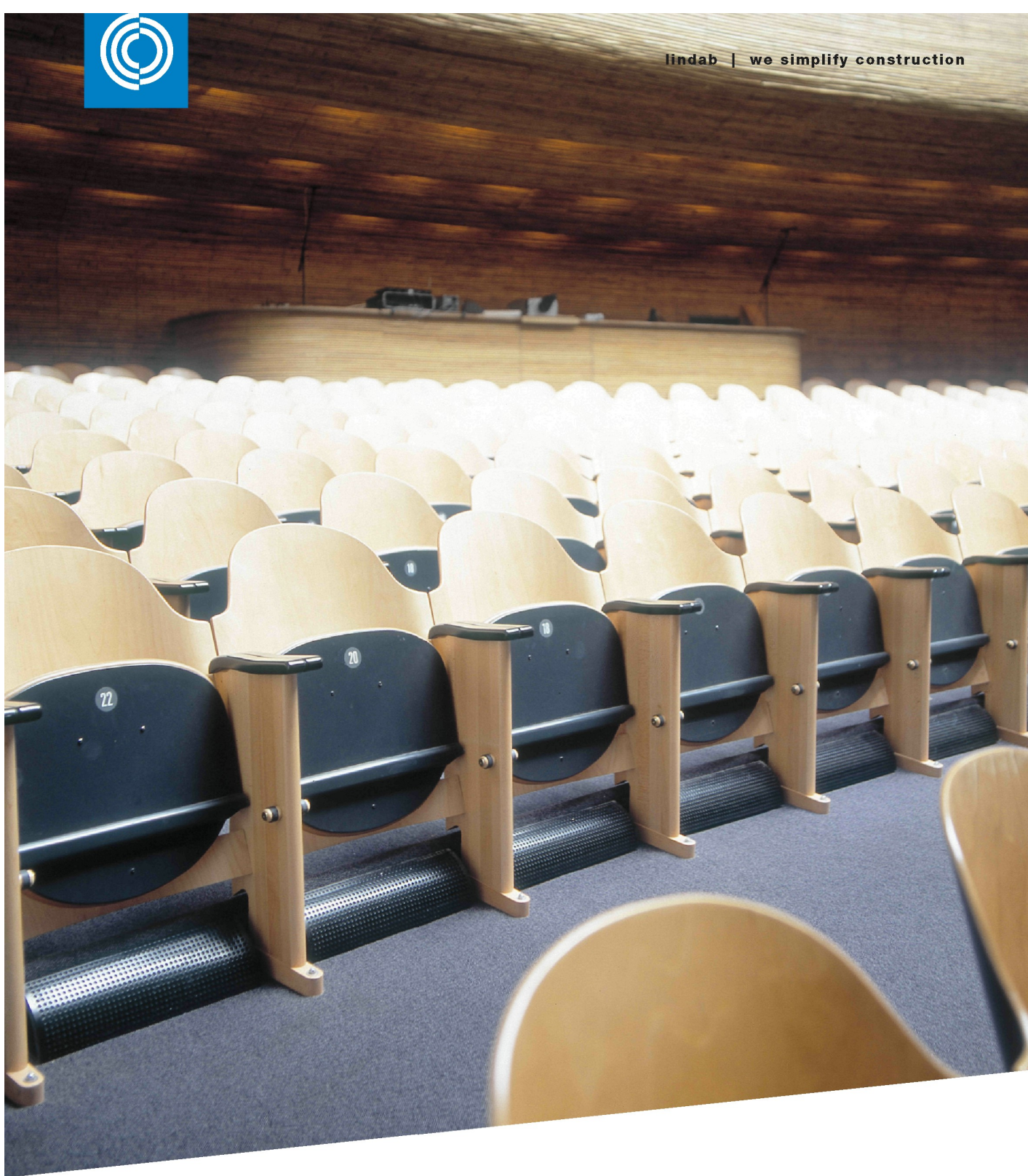




lindab | we simplify construction



Lindab - teorie distribuce vzduchu

Technická řešení a návrh výrobků pro distribuci vzduchu



Teorie

	Strana
Systémy distribuce vzduchu	3
Směšování	3
Záplavové větrání	3
Vytěšňování	4
Výběr systému distribuce vzduchu	4
Směšování	6
Popis	6
Tlaková ztráta	6
Akustický výkon a akustický tlak	6
Izotermní přívod vzduchu	6
Coanda efekt	7
Rychlost uvnitř proudu vzduchu	7
Přívod vzduchu s odlišnou teplotou	8
Návrh směšovacího větrání	8
Záplavový systém větrání	12
Popis	12
Vertikální distribuce vzduchu	12
Teplotní účinnost	12
Tlaková ztráta	12
Akustický výkon a akustický tlak	12
Blízká zóna (u velkoplošného difuzoru)	13
Návrh distribučních elementů systému záplavového větrání	13
Výpočet hladiny hluku	16
Výpočet hladiny hluku	16
Akustický tlak	16

Systemy distribuce vzduchu

Teorie

Směšování

Ve vzduchotechnických systémech využívajících princip směšování je vzduch přiváděn relativně vysokou rychlostí mimo zónu pobytu osob a to nejčastěji ze stropu nebo ze stěn. Vysoká rychlost přiváděného vzduchu zajišťuje dobrou cirkulaci vzduchu v místnosti. Rychlost přiváděného vzduchu musí umožňovat vznik indukčního efektu a kvalitní promíchání přiváděného vzduchu se vzduchem v místnosti, avšak bez negativního vlivu na kvalitu prostředí v zóně pobytu osob. V zóně pobytu osob musí být již rychlost proudění dostatečně nízká, nesmí zde docházet k pocitu průvanu chladného vzduchu. Požadavek na vysoký směšovací výkon a rychlost proudění klade značné nároky na účinnost a kvalitu distribučních elementů.

S nárůstem rychlosti přiváděného vzduchu roste současně hluk na distribučních elementech. Požadavky na nízkou hlučnost jsou ve svém důsledku omezujícím faktorem využití výkonu distribučních elementů. Teplota a koncentrace znečišťujících látek je při tomto způsobu distribuce vzduchu v celé místnosti zhruba stejná a to jak v případě přívodu izotermního, tak i studeného vzduchu.

Systém směšování vzduchu není ve většině případů ovlivňován vnějšími vlivy a lze ho použít pro chlazení i pro vytápění.

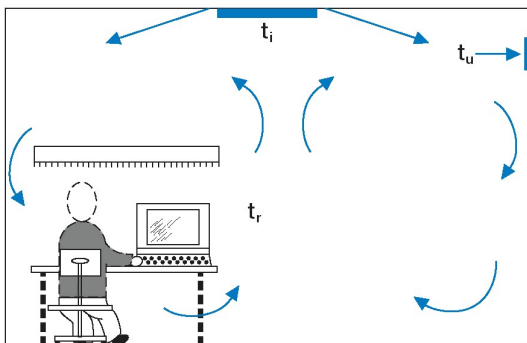
Přívod teplého vzduchu

Teplý přívodní vzduch je lehčí než vzduch v místnosti a proto je pro jeho nucenou distribuci do zóny pobytu osob potřeba určitá energie. Rychlost přívodního vzduchu musí být proto vyšší a narůstá s výškou místnosti a teplotou přívodního vzduchu. Od určité výšky místnosti je nutno směřovat proud přívodního vzduchu vertikálně přímo dolů směrem k zóně pobytu osob.

Přívod studeného vzduchu

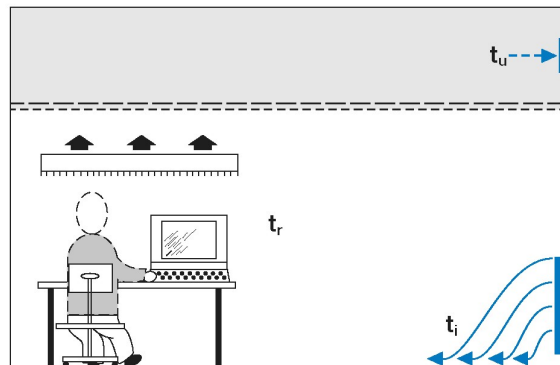
Těžší studený vzduch přiváděný ze stropu může mít za následek příliš vysokou rychlost proudění v zóně pobytu osob a při vysoké tepelné zátěži v místnosti způsobovat nežádoucí pocit průvanu. Rychlost a obraz proudění vzduchu v místnosti jsou výslednicí rychlosti proudění z distribučních elementů (obvykle vodorovné) a konvekčních proudů ze zdrojů tepla (osoby, osvětlení, strojní zařízení). Závisí také na chladícím výkonu vzduchu uváděným ve W/m^2 a na nastavení jednotlivých distribučních elementů.

Přívod teplého a chladného vzduchu ze stropu stejným distribučním elementem obvykle nemůže současně zajistit požadovaný teplotní spád, účinnost větrání a správnou rychlost proudění v zóně pobytu osob.



Obr. 1: směšování vzduchu

Situaci může vyřešit použití difuzorů se servopohonem, u kterých je možno změnou natočení lopatek měnit obraz proudění přiváděného vzduchu. Dalším řešením je navrhnout difuzory pro přívod studeného vzduchu a přívod teplého vzduchu řešit nezávisle vertikálními tryskami.



Obr. 2: záplavové větrání

Záplavové větrání

U záplavového větrání je distribuce vzduchu zajišťována v zásadě konvekčními silami ze zdrojů tepla v místnosti. Vzduch je přiváděn nízkou rychlostí přímo do zóny pobytu osob na úrovni podlahy. Teplota přiváděného vzduchu je nižší než teplota vzduchu v místnosti, přiváděný vzduch tedy zajišťuje chlazení místnosti. Přiváděný vzduch se nad podlahou pozvolna šíří směrem od přívodních elementů a vytlačuje přitom teplý kontaminovaný vzduch, který je díky působení konvekčních sil ze zdrojů tepla v místnosti směřován ke stropu. Zde se teplý znečištěný vzduch shromažďuje a je odtažován.

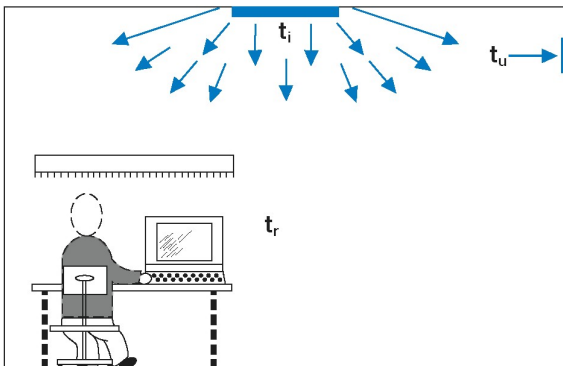
Díky přirozené stratifikaci vzduchu v místnosti je účinnost záplavových systémů větrání vyšší, než účinnost systémů na principu směšování. Účinnost záplavového systému narůstá se světlou výškou místnosti.

Vyšší teplotní účinnost záplavového systému znamená, že při jeho použití lze dosáhnout provozních úspor díky menší spotřebě energie pro chlazení a lze také ve větší míře využít chlazení venkovním vzduchem. Další výhodou je, že odpadní vzduch je teplý a díky většímu rozdílu teplot lze z místnosti odvést vyšší tepelnou zátěž.

Za běžných okolností nelze záplavový systém použít pro vytápění.

Velikost tak zvané blízké zóny u velkoplošných difuzorů (někdy nazývaných také záplavové výustě) závisí zejména na množství přiváděného vzduchu, návrhové teplotě chlazení a na jejich umístění. Pokud je množství přiváděného vzduchu v doporučené oblasti průtoku daného difuzoru, tak samotná velikost difuzoru geometrii blízké zóny prakticky neovlivňuje. Geometrii blízké zóny lze v případě potřeby jednoduše upravit podle individuálních potřeb pomocí změny nastavení trysek velkoplošného difuzoru.

Systemy distribuce vzduchu Teorie



Obr. 3: větrání na principu vytěšňování vzduchu

Vytěšňování

U větrání na principu vytěšňování vzduchu je přívodní chladící vzduch přiváděn nízkou rychlostí na úrovni stropu a postupně vytěšňuje znehodnocený vzduch v místnosti směrem k místu odtahu.

Nejlepších výsledků se dosahuje, je-li přívodní vzduch distribuován v malých množstvích rovnoměrně po celé ploše stropu.

Systém vytěšňování nelze použít pro přívod teplého vzduchu pro vytápění místnosti.

Výběr systému distribuce vzduchu

Popsané systémy distribuce vzduchu mají své výhody a nevýhody a výběr systému pro konkrétní aplikaci je třeba vždy dobře zvážit.

Všechna řešení mají jedno společné: čím více distribučních prvků je použito a čím lépe jsou v řešeném prostoru rozmístěny, tím lepší je dosažený teplotní komfort a kvalita vzduchu.

Jednotlivé systémy distribuce vzduchu mají tyto výhody a nevýhody:

Směšování

- + Lze použít pro chlazení i vytápění
- + Větší indukční efekt umožňuje jít na nižší teplotu přiváděného chladícího vzduchu
- + Stejná teplota a kvalita vzduchu prakticky v celé místnosti, tj. malý teplotní spád a malý spád koncentrace nečistot ve vzduchu
- + Stabilní obraz proudění vzduchu
- + Flexibilita při umísťování difuzorů
- + Žádné omezení využití plochy místnosti (důvodu blízké zóny)
 - Nebezpečí zkratování přívodu a odtahu
 - Nízká účinnost větrání (především při vytápění)
 - Pro chlazení je potřeba více energie
 - Při vyšším chladícím výkonu nebezpečí průvanu chladného vzduchu

Zaplavování

- + Vysoká účinnost větrání a vysoká teplotní účinnost
- + Vysoká kvalita vzduchu v zóně pobytu osob
- + Nízká rychlost vzduchu v zóně pobytu osob, nikoliv však v blízké zóně
- + Vhodné pro chlazení místností s vysokou světlou výškou
 - Méně volnosti při umísťování nábytku
- Využití místnosti je částečně omezeno v důsledku přítomnosti velkoplošných difuzorů a jejich blízkých zón
 - Nízká indukce vzduchu
 - Vysoký vertikální teplotní spád
 - Systém nelze použít pro vytápění

Vytěšňování

- + Žádné omezení využití plochy místnosti
- + Systém je vhodný pro velké výměny vzduchu s omezenou teplotou chladícího vzduchu
- + Vysoká místní účinnost
 - Nízká indukce vzduchu
 - Systém nelze použít pro vytápění
 - Nebezpečí zkratování přívodu a odtahu pokud je odtah umístěn ve stropě

Návrh hlukových parametrů

Teorie

Výběr systému distribuce vzduchu

		Směšování							Zaplavování		Vytěsňování	
		Trysky	Mřížky	Stěnové difuzory	Stropní jednořadé difuzory	Difuzory s perforací	Kuželové difuzory	Vířivé anemostaty	Lineární šterbinové vývody	Stěnové difuzory	Podlahové difuzory	Přívod vzduchu pod sedadly
Kanceláře	Teplo + chlad 0-30 W/m ² 30-60 W/m ² >60W/m ²			••	•••	•••	•••	•••	•	•••	•••	
Veřejné prostory	Konferenční sály Kina Posluchárny Restaurace Prostory pro výuku Výstavní haly		•	••	•	••	••	••	•	•••	•••	•••
Obchody	Obchody Supermarkety	•	•	••	••	•••	•••	•••	•			
	Sportovní haly Plavecké bazény	•••	••			•	••	••		•		
	Závodní kuchyně				•	••	••	••		••		•••
	Laboratoře				•	••	••	••		••		•••
	"Čisté prostory" Prostory pro bydlení Úřady		••	••	•••	•••	••	•••	••	••		

• Použitelné •• Dobrá volba ••• Nejlepší volba

Výběr systému distribuce vzduchu v průmyslových aplikacích

Potřeba větrání	Potřeba vytápění	Potřeba chlazení	Směšování	Zaplavování	Vytěsňování
❄	❄	❄	X		
❄	❄	❄	X		
❄	❄	❄	X		
❄	❄	❄		X	X
❄	❄	❄	X		X
❄	❄	❄	X		
❄	❄	❄	X		
❄	❄	❄		X	X

❄ Nizký výkon ❄ Vysoký výkon

Směšování

Směšování

Distribuční elementy musí zajistit dostatečný přívod čerstvého vzduchu pro řádné větrání místnosti. Současně však musí být splněny akustické požadavky, dodržena maximálně přípustná rychlost proudění vzduchu a teplotní spád v zóně pobytu osob. Aby bylo možno všechny tyto požadavky dodržet, musí být distribuční elementy navrženy v souladu s určitými projekčními principy. Nejdůležitější z nich jsou uvedeny v dalším textu. Při návrhu distribučních elementů je třeba sledovat důležité technické parametry jako jsou tlaková ztráta, akustický výkon a dosah proudy vzduchu. Pro každý distribuční element jsou tyto technické parametry k dispozici v datových listech. Technické parametry výrobků Lindab uváděné v datových listech jsou výsledkem pečlivých měření prováděných v našich laboratořích, při kterých používáme přesné měřicí přístroje.

Reálné podmínky na stavbě jsou však málokdy ideální a od laboratorních podmínek se liší. Konstrukce budovy, nábytek, rozmístění distribučních elementů atd. mají na distribuci vzduchu v místnosti velký vliv. Společnost Lindab nabízí službu komplexních zkoušek fungování distribuce vzduchu v reálných podmínkách přímo na místě instalace. Tyto testy v reálném prostředí jsou velmi užitečné zejména u rozsáhlých anebo složitých projektů.

Vysvětlivky zkratk fyzikálních veličin

A	Celková pohltivá plocha místnosti	[m ²]
b _n	Max. vodorovný rozptyl s konečnou rychlostí 0,2 m/s	[m]
b _v	Max. svislý rozptyl s konečnou rychlostí 0,2 m/s	[m]
F	Volná průřezová plocha (q/v ₀ , kde v ₀ je měřeno)	[m ²]
K _{ok}	Oktávová korekce pro hodnotu akustického výkonu	[dB]
l _{0,2}	Dosah proudy vzduchu s konečnou rychlostí 0,2 m/s	[m]
l _{0,0}	Bod obratu při svislém přívodu vzduchu	[m]
l _b	Vzdálenost elementu od bodu maximálního dosahu	[m]
L _A	Akustický tlak vážený filtrem A	[dB(A)]
L _{WA}	Akustický výkon vážený filtrem A	[dB(A)]
L _{Wok}	Akustický výkon v oktavových pásmech	[dB]
L _p	Akustický tlak	[dB]
L _w	Akustický výkon	[dB]
ΔL	Akustický útlum	[dB]
D	Útlum místnosti	[dB]
Δp _t	Celková tlaková ztráta	[Pa]
q	Průtok vzduchu	[m ³ /h], [l/s]
Δt	Teplotní rozdíl mezi teplotou přívodního vzduchu a teplotou vzduchu v místnosti	[K]
v ₀	Rychlost přívodního vzduchu	[m/s]
v _x	Rychlost proudy vzduchu ve vzdálenosti 'x' od středu difuzoru	[m/s]
v _{term}	Maximální termická rychlost v zóně pobytu osob	[m/s]

Tlaková ztráta

Na grafu je znázorněna celková tlaková ztráta difuzoru (při p = 1,2 kg/m³), uvažovaná jako součet statického a dynamického tlaku (vč. případného plenum boxu) připojeného k přímému kusu potrubí délky 1 m a o stejném rozměru jako je rozměr difuzoru.

Akustický výkon a akustický tlak

Na grafech v datových listech je znázorněn akustický výkon L_{WA} vážený podle filtru A pro difuzor a případný plenum box připojený k přímému kusu potrubí délky 1 m a o stejném rozměru jako je rozměr difuzoru. Akustický tlak udává sílu zvuku, tj. tlakové vibrace, které vnímáme, zatímco akustický výkon je parametr, kterým je charakterizován zdroj zvuku. Obě veličiny se obvykle uvádějí v dB (decibel), což může být někdy nepřehledné.

Teorie

Akustický tlak (L_p)

Je veličina udávající intenzitu zvuku charakterizovanou tlakovými vibracemi vnímaných uchem nebo měřených mikrofonom hlukoměru. Akustický tlak se měří v Pascalech (Pa) a obvykle je uváděn v decibelech (dB) nebo dB(A).

Akustický výkon (L_w)

Výkon zdroje zvuku (např. nějakého stroje) vysílaná do okolí ve formě zvuku. Akustický výkon se měří ve Watech (W) a obvykle je uváděn decibelech (dB) nebo dB(A).

Akustické parametry difuzorů Lindab jsou v datových listech uváděny jako akustický výkon.

$$L_w = 10 \times \log \frac{N}{N_{re}} \text{ [dB]}$$

N je akustický výkon [W], který je zdrojem zvuku vysílán ve formě tlakových vibrací a N_{re}=10⁻¹² W je referenční akustický výkon.

$$L_p = 20 \times \log \frac{P}{P_{re}} \text{ [dB]}$$

P je akustický tlak [N/m²] a p_{re} = 2 × 10⁻⁵ N/m² je referenční akustický tlak. Útlum místnosti D [dB] je definován jako rozdíl mezi akustickým výkonem a akustickým tlakem.

$$L_p = L_w - D$$

Akustický výkon L_{WA} vážený podle filtru A se přepočítá na akustický výkon v jednotlivých oktavových pásmech.

$$L_{Wok} = L_{WA} + K_{ok}$$

K_{ok} je korekční koeficient. K_{ok} je v tabulce uváděn pro každý distribuční element.

Útlum hluku

Uvádí se pro každý distribuční element a udává pokles akustického výkonu mezi potrubím a místností (vč. konečné odrazivosti).

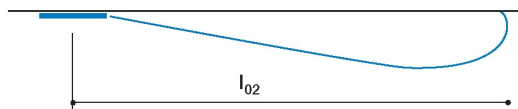
Izotermní přívod vzduchu

Všechny uváděné technické parametry distribučních elementů jsou vztaženy k izotermnímu přívodu vzduchu.

Dosah proudy vzduchu

Dosah proudy vzduchu l_{0,2} je definován jako největší vzdálenost mezi středem distribučního elementu a konečnou rychlostí proudy vzduchu 0,2 m/s.

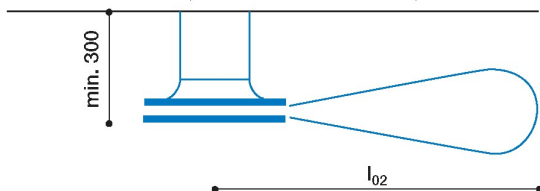
Uváděné hodnoty dosahu proudy vzduchu l_{0,2} platí pro difuzory montované na strop (obr. 4).



Obr. 4: dosah proudy vzduchu l_{0,2} pro stropní difuzory

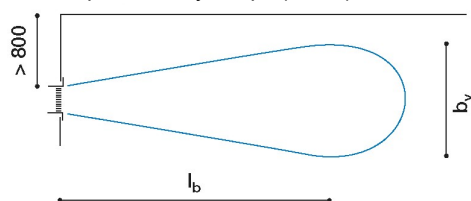
Směšování

Při zavěšené montáži, kdy jsou difuzory namontované více než 300 mm pod stropem (obr. 5), se dosah proudu vzduchu snižuje o 20 %, takže $l_{0,2}$ zavěšená = $0,8 \times l_{0,2}$.



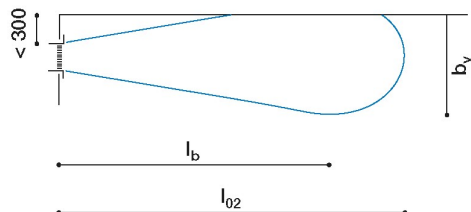
Obr. 5: difuzor zavěšený pod stropem

U mřížek platí hodnota $l_{0,2}$ při montáži mřížky více než 800 mm od spodní hrany stropu (obr. 6).



Obr. 6: dosah proudu vzduchu u mřížek namontovaných více než 800 mm pod stropem

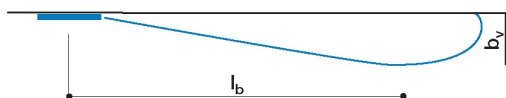
Pokud je mřížka namontovaná méně než 300 mm pod stropem (obr. 7), tak se dosah proudu vzduchu $l_{0,2}$ zvětšuje o 40 %, takže $l_{0,2}$ mřížky u stropu = $1,4 \times l_{0,2}$.



Obr. 7: dosah proudu vzduchu pro mřížky namontované méně než 300 mm pod stropem

Rozptyl proudu vzduchu

Maximální svislý rozptyl vzduchu b_v udává největší svislou vzdálenost mezi stropem a proudem vzduchu s koncovou rychlostí proudu vzduchu 0,2 m/s (obr. 8).

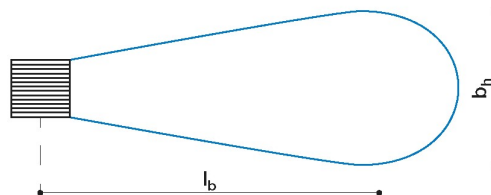


Obr. 8: svislý rozptyl proudu vzduchu

Vodorovný rozptyl vzduchu b_h udává maximální vodorovný rozptyl proudu vzduchu s koncovou rychlostí proudu vzduchu 0,2 m/s (obr. 9). Vzdálenost mezi distribučním prvkem a bodem, ve kterém je proud vzduchu nejširší se označuje l_b .

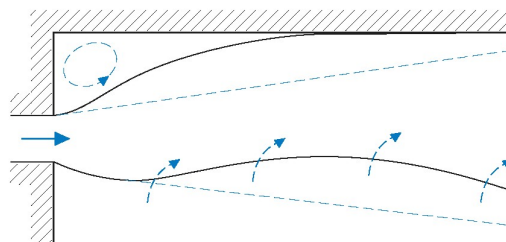
Hodnoty b_v , b_h a l_b jsou uváděny pro každý distribuční prvek jako funkce dosahu proudu vzduchu.

Teorie



Obr. 9: vodorovný rozptyl proudu vzduchu

Coanda efekt



Obr. 10: proud vzduchu ovlivněný Coanda efektem

Pokud je vzduch přiváděn rovnoběžně s nějakým povrchem (např. stropem), vzniká mezi proudem vzduchu a stropem podtlak, který způsobuje „přilepení“ proudu vzduchu ke stropu (tento jev je znám jako Coanda efekt) (obr. 10). Tento jev má velký význam zejména při řešení přívodu studeného vzduchu. Pro dosažení co možná největšího Coanda efektu je třeba vzduch distribučními elementy přivádět v co možná nejmenším množství, s co největším rozptylem po spodní hraně stropu a současně s co nejvyšší rychlostí. Nejlepší je tedy přivádět vzduch distribučním elementem s distribucí vzduchu po celém obvodu v úhlu 360° bez jakýchkoliv bočních zákrytů. Lineární štěrbinové výstřežky (MTL) jsou rozděleny do aktivních a neaktivních úseků, abych nedocházelo k padání masu studeného vzduchu do zóny pobytu osob.

Rychlost uvnitř proudu vzduchu

Rychlost jádra proudu vzduchu ve vymezené oblasti se vypočítá pomocí vzorce:

$$v_x = \frac{l_{0,2} \times 0,2}{x} \Leftrightarrow x = \frac{l_{0,2} \times 0,2}{v_x}$$

Kde x je vzdálenost v metrech mezi distribučním elementem a bodem jádra proudu vzduchu, ve kterém dosahuje rychlost proudu vzduchu hodnoty v_x m/s.

Příklad

Difuzor má dosah proudu vzduchu $l_{0,2} = 3$ m. Vzdálenost bodu, ve kterém je rychlost proudu vzduchu 0,3 m/s se vypočítá takto:

$$x = \frac{3 \text{ m} \times 0,2 \text{ m/s}}{0,3 \text{ m/s}} = 2 \text{ m}$$

Směšování

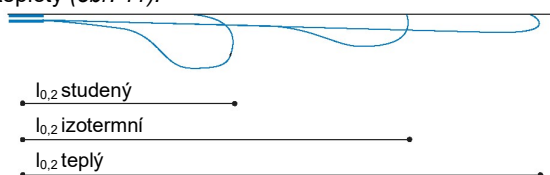
Přívod vzduchu s odlišnou teplotou

Údaje o dosahu proudu vzduchu uvedené v technických listech výrobků platí pro izotermní přívod vzduchu. Pokud je přiváděn vzduch, který je chladnější nebo teplejší než je vzduch v místnosti, ovlivňují obraz proudění termické síly, které ho nutí klesat (v případě chlazení) nebo stoupat (v případě vytápění). Pro přesný popis obrazu proudění vzduchu je v těchto případech potřeba znát poměr rozdílu teplot přiváděného vzduchu a vzduchu v místnosti a rychlosti přiváděného vzduchu (v teorii proudění označovaný jako Archimedeovo číslo). Pokud potřebujete provádět přesnější výpočty rychlosti proudu přivodního vzduchu se započtením výše uvedených jevů, tak kromě vizualizace obrazu proudění vzduchu z difuzorů doporučujeme používat softwarový nástroj DIMcomfort.

Následující obecná pravidla pro vodorovný a svislý studený nebo teplý proud vzduchu lze pro korekci dosahu proudu vzduchu využít pouze v jednodušších výpočtech.

Vodorovný přívod vzduchu pod stropem

1. Pokud je přiváděn vodorovně chladný vzduch, tak se dosah proudu vzduchu snižuje o 1,5% na každý stupeň teploty (obr. 11), zatímco svislý rozptyl b_v se zvětšuje.
2. Pokud je přiváděn vodorovně teplý vzduch, tak se dosah proudu vzduchu zvyšuje o 2% na každý stupeň teploty (obr. 11).



Obr. 11: dosah proudu vzduchu $l_{0,2}$ pro stropní difuzory.

Svislý přívod vzduchu pod stropem

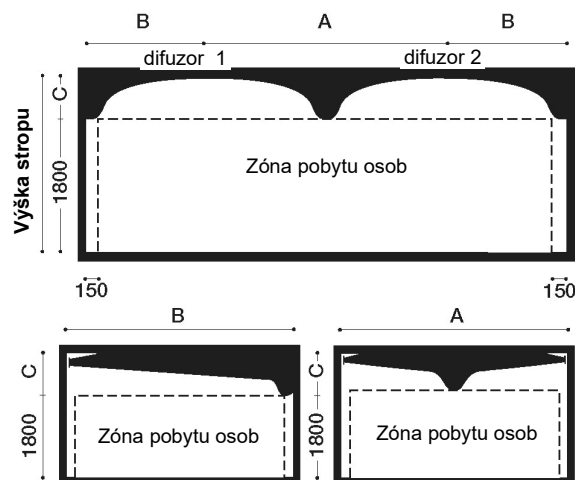
Uvedené dosahy proudu vzduchu pro svislý přívod vzduchu platí pro izotermní přívod.

1. Pokud je přiváděný proud vzduchu chladný (chladičí vzduchu), tak se vzdálenost dosahu proudu vzduchu zvyšuje.
Při $\Delta t = -10^\circ\text{C}$ je dosah proudu vzduchu dvojnásobný.
2. Pokud je přiváděný proud vzduchu teplý (teplovzdušné vytápění), tak se vzdálenost dosahu proudu vzduchu snižuje.
Při $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ je dosah proudu vzduchu poloviční.

U výrobků, které lze použít pro svislý přívod vzduchu existují také grafy bodů obratu pro teplý vzduch ($\Delta t = +5\text{K}$, $+10\text{K}$ a v některých případech také $+15\text{K}$) pro bod obratu $l_{0,0}$.

Teorie

Návrh směšovacího větrání



Obr. 12: návrh směšovacího větrání

Aby rychlost proudění vzduchu v zóně pobytu osob nepřekračovala mezní přípustnou hodnotu 0,2 m/s, musí být difuzory navrženy tak, aby měl dosah proudu vzduchu $l_{0,2}$ správný poměr ke vzdálenostem A, B a C (obr. 12). V případě dvou protilehlých difuzorů musí být při rozmístování difuzorů dodržen následující vzorec:

$$0,75 \times \left(\frac{A}{2} + C\right) \leq l_{0,2} \leq \left(\frac{A}{2}\right) + C$$

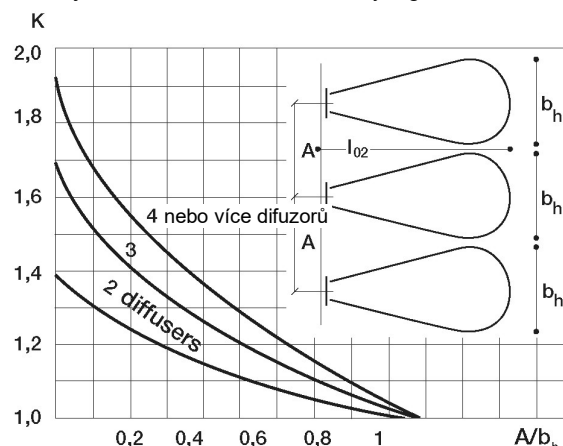
Pokud je vzduch z difuzoru vyfukován proti stěně, musí být při rozmístění difuzoru dodržen vzorec:

$$0,75 \times (B + C) \leq l_{0,2} \leq B + C$$

Pokud jsou dva nebo více difuzorů s rovnoběžnými proudy přivodního vzduchu (jednosměrně nebo dvousměrně) umístěny tak, že mezera mezi nimi je A, přičemž A je menší než b_h , zvyšuje se dosah proudu vzduchu podle následujícího vzorce:

$$l_{0,2} \text{ (korigovaný)} = K \times l_{0,2}$$

kde K je korekční koeficient odečtený z grafu na obrázku 13.

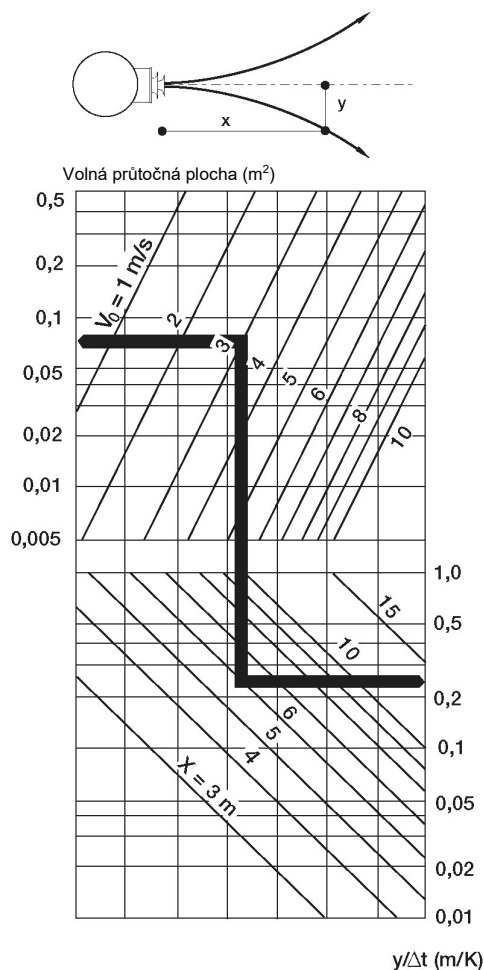


Obr. 13: návrh směšovacího větrání

Směšování

Teorie

Pro trysky a zavěšené difuzory s jednosměrným přívodem vzduchu lze stoupání teplého nebo klesání studeného proudu vzduchu odečíst z grafu na obr. 14.



Obr. 14: návrh směšovacího větrání

Příklad

Tryska má volnou průtočnou plochu $0,075 \text{ m}^2$.

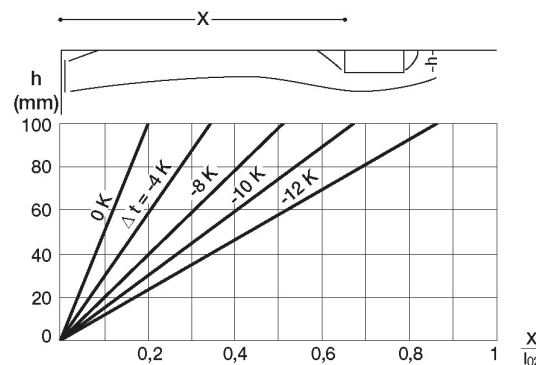
Při objemovém průtoku vzduchu $756 \text{ m}^3/\text{h}$ je rychlost přívodního vzduchu $v_0 = 3 \text{ m/s}$ ($v_0 = q / A_0$).

Na obrázku 14 je zakreslena tlustá čára mezi $A_0 = 0,075 \text{ m}^2$ a $v_0 = 3 \text{ m/s}$.

Pokud sjedete po této tlusté čáře dolů na $x = 6 \text{ m}$ a pak vodorovně doprava, lze odečíst poměr mezi Y (stoupání / klesání) a Δt (rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu a teplotou vzduchu v místnosti) - 0,24.

Pokud činí teplotní rozdíl 10 K je hodnota stoupání / klesání při $y = 0,24 \text{ m/K} \times 10 \text{ K} = 2,4 \text{ m}$ ve vzdálenosti $x = 6 \text{ m}$ od trysky.

Aby nedocházelo k odklánění proudu vzduchu případnými překážkami, je třeba dodržovat minimální vzdálenosti uvedené v grafu na obrázku 15.



Obr. 15: dosah proudu vzduchu $l_{0,2}$ pro difuzory

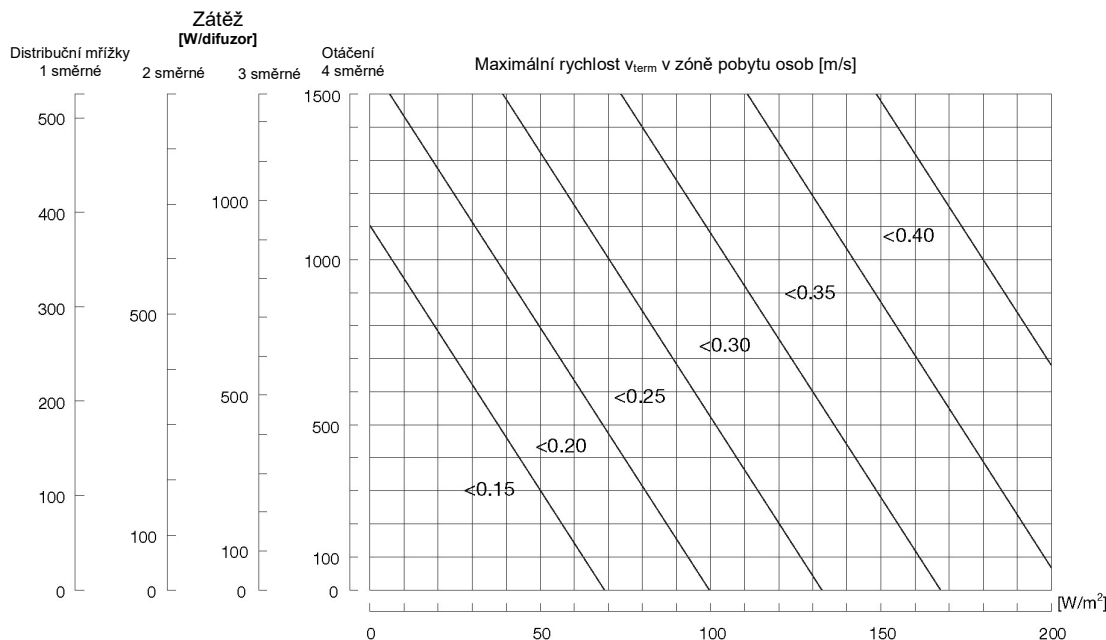
Směšování

Teorie

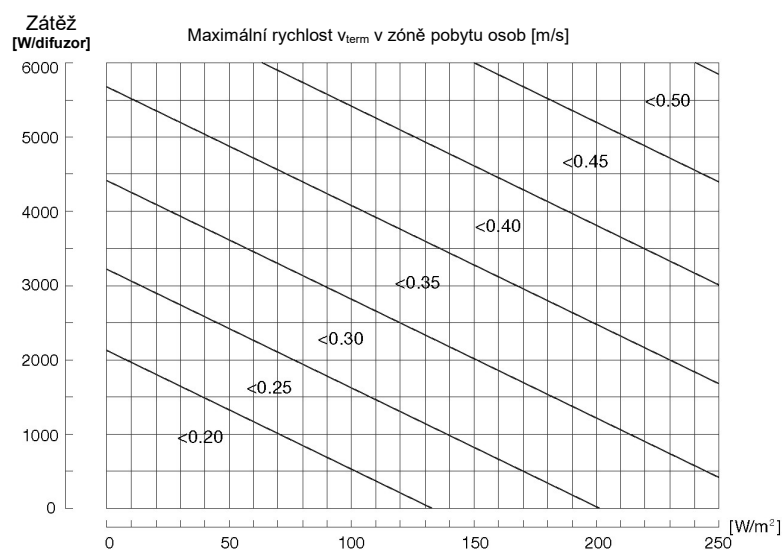
Zdroje tepla v místnosti vytvářejí stoupavé proudy a studený přírodní vzduch vytváří klesající proudy.

Na grafu na obrázku 16 je zobrazena vypočítaná maximální rychlost v_{term} v zóně pobytu osob, která je důsledkem termických proudů vzduchu. Termické proudy vzduchu závisí na teplotní zátěži místnosti (W/m^2) a způsobu distribuce přiváděného vzduchu (počet difuzorů a obraz proudění vzduchu), avšak nikoliv na vytěšňovací schopnosti přiváděného vzduchu.

Rychlost termických proudů vzduchu je dále závislá na výšce místnosti. Určení maximální termické rychlosti v zóně pobytu osob se provádí na základě empirického modelu s uvažováním tepelné zátěže (W/m^2), počtu difuzorů, ($W/difuzor$) a obrazu proudění přírodního vzduchu (1-, 2-, 3-, 4-směrné) při výšce místnosti 2,5 m. V případě pochybností nebo ve speciálních případech vyžadujících podrobnou analýzu, nabízí Lindab provedení testů na modelech ve skutečné velikosti, které jsou na velkých nebo složitých projektech velmi užitečné.



Obr. 16 a: maximální termická rychlost v zóně pobytu osob. Graf je pouze orientační a platí pro výšku místnosti 2,5 m.



Obr. 16 b: maximální termická rychlost v zóně pobytu osob. Graf je pouze orientační a platí pro výšku místnosti >4 m.

Směšování

Teorie

Příklad výpočtu

Rozměry místnosti: L x B x H = 10 m x 6 m x 4 m

Tepelná zátěž:

10 osob, činnost v sedě (10 x 130 W) = 1300 W (22 W/m²)

10 stolních lamp po 60W (10 x 60W) = 600 W (10 W/m²)

10 strojů po 100 W (10 x 100 W) = 1000 W (17 W/m²)

Celkem = 2900 W (48 W/m²)

Pro dosažení uspokojivé kvality vzduchu v místnosti bylo stanoveno, že přívod vzduchu by měl být v rozmezí 4 - 10 l/s na osobu a k tomu dalších 0,4 l/s na m² podlahové plochy. Pokud je pro další výpočet vzata hodnota 10 l/s, vypadá výpočet potřebného množství vzduchu takto:

$q_{\min} =$

10 osob x 10 l/s / osoba + 60 m² x 0,4 l/s na m² = 124 l/s

Pokud má vzduchotechnika současně eliminovat celkovou tepelnou zátěž v místnosti je třeba, aby byl mezi teplotou přívodního vzduchu a vzduchu v místnosti / odpadního vzduchu určitý rozdíl Δt .

Δt se vypočítá podle vztahu:

$$\Delta t = \frac{2900 \text{ W}}{\frac{124 \text{ l/s}}{1000 \text{ l/m}^3} \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1007 \text{ J/kg/K}} = 19,4 \text{ K}$$

Protože teplotní rozdíl Δt téměř 20 K by zjevně způsobil značný teplotní diskomfort, mimo jiné v důsledku klesání proudu studeného přívodního vzduchu z difuzoru, doporučujeme navýšit množství přiváděného vzduchu a použít menší Δt mezi teplotou přívodního vzduchu a teplotou vzduchu v místnosti.

Pokud zvolíme $\Delta t = 6 \text{ K}$, tak množství vzduchu vychází:

$$q = \frac{2900 \text{ W}}{6 \text{ K} \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1007 \text{ J/kg/K}} \times 1000 \text{ l/m}^3 = 400 \text{ l/s}$$

Záplavové větrání

Záplavové větrání

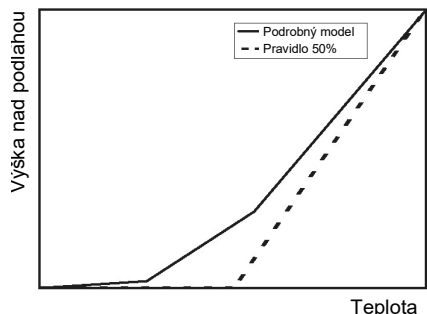
Difuzory záplavového větrání musí do místnosti dodat dostatečné množství vzduchu potřebné pro řádné větrání místnosti. Současně však musí být splněny akustické požadavky, dodržena maximálně přípustná rychlost proudění vzduchu a teplotní spád v zóně pobytu osob. Aby bylo možno všechny tyto požadavky dodržet, musí být velkoplošné difuzory navrženy v souladu s určitými projekčními principy. Nejdůležitější z nich jsou uvedeny v dalším textu. Při návrhu velkoplošných difuzorů je třeba sledovat jejich hlavní technické parametry jako jsou tlaková ztráta, akustický výkon a dosah proudu vzduchu. Pro každý distribuční element jsou tyto technické parametry k dispozici v datových listech. Technické parametry výrobků Lindab uvedené v datových listech jsou výsledkem pečlivých měření prováděných v našich laboratořích, při kterých používáme přesné měřicí přístroje. Reálné podmínky na stavbě jsou však málo kdy ideální a od laboratorních podmínek se liší. Konstrukce budovy, nábytek, rozmístění distribučních elementů atd. mají na distribuci vzduchu v místnosti velký vliv. Společnost Lindab nabízí službu komplexních zkoušek fungování distribuce vzduchu v reálných podmínkách přímo na místě instalace. Tyto testy v reálném prostředí jsou velmi užitečné zejména u rozsáhlých anebo složitých projektů.

Vysvětlivky zkratk fyzikálních veličin

$a_{0,2}$	Šířka blízké zóny (u velkoplošného difuzoru)	[m]
$b_{0,2}$	Délka blízké zóny (u velkoplošného difuzoru)	[m]
s_t	Teplotní účinnost	[-]
K_{ok}	Oktávová korekce pro hodnotu akustického výkonu	[dB]
L_A	Akustický tlak vážený filtrem A	[dB(A)]
L_{WA}	Akustický výkon vážený filtrem A	[dB(A)]
L_{Wok}	Akustický výkon v oktavových pásmech	[dB]
L_p	Akustický tlak	[dB]
L_W	Akustický výkon	[dB]
ΔL	Akustický útlum	[dB]
D	Útlum místnosti	[dB]
Δp_t	Celková tlaková ztráta	[Pa]
q	Průtok vzduchu	[m ³ /h], [l/s]
t	Teplota přírodního vzduchu	[°C]
t_r	Teplota vzduchu v místnosti (1,1 m nad podlahou)	[°C]
t_u	Teplota odváděného vzduchu	[°C]
Δt	Rozdíl teplot vzduchu v místnosti a přírodního vzduchu	[K]
v_x	Rychlost ve vzdálenosti x od středu velkoploš. difuzoru	[m/s]

Vertikální distribuce vzduchu

V důsledku stratifikovaného proudění vzduchu nastává u záplavovacího systému velký rozdíl teplot po výšce místnosti. U komfortního větrání, kde jsou zdroje tepla umístěny ve spodní části místnosti je teplotní



Obr. 17: porovnání modelů popisujících vertikální distribuci teploty v místnosti

Teorie

gradient, tedy nárůst teploty na metr (K/m) větší v dolní části místnosti a menší v horní části místnosti. Nejjednodušší modely popisující vertikální distribuci teploty jsou tak zvaná procentuální pravidla. Nevíce používané je pravidlo 50 %, které předpokládá, že polovina nárůstu teploty v intervalu od teploty přírodního vzduchu do teploty odváděného vzduchu nastává u podlahy a druhá polovina pak ve zbytku výšky místnosti (viz. obr. 17). Tento model je vhodný pro prvotní posouzení běžných místností a difuzorů, avšak v důsledku své jednoduchosti neumožňuje přesné určení teplotního gradientu v zóně pobytu osob. Lindab doporučuje používat podrobnější model, který popisuje změnu teplotního gradientu po výšce místnosti přesněji. Reálný předpoklad je, že teplotní gradient v zóně pobytu osob je polovička rozdílu teplot mezi teplotou místnosti a teplotou přírodního vzduchu. Tento podrobnější model vychází z řady zkoušek v reálném prostředí a faktorů teplotní účinnosti a také skutečnosti, že teplotní gradient je v dolní části místnosti větší, než v horní části místnosti.

Teplotní účinnost

Vysoká účinnost záplavového systému větrání spočívá ve stratifikaci vzduchu. Rozdíl teplot po výšce místnosti se s její výškou zvyšuje. Teplotní účinnost je přímo úměrná teplotnímu rozdílu ($t_u - t_i$).

Protože u záplavového větrání je teplota odváděného vzduchu (t_u) vyšší než teplota vzduchu v místnosti (t_r), lze stejnou účinnost dosáhnout v místnosti s vyšší teplotou přiváděného vzduchu (t_i), než u systému větrání založeném na směšování, kde $t_u < t_r$. Vyšší teplotní účinnost záplavového systému znamená, že při jeho použití lze dosáhnout provozních úspor díky menší spotřebě energie pro chlazení a lze také ve větší míře využít chlazení venkovním vzduchem.

Záplavový systém větrání je částečně samoregulační, protože s nárůstem tepelné zátěže současně automaticky roste teplotní gradient a následně také narůstá teplota pod stropem v místě odtahu vzduchu. Teplotní účinnost je vyjádřena vztahem:

$$\epsilon_t = \frac{t_u - t_i}{t_r - t_i} \times 100\%$$

V případě záplavového větrání platí, že $\epsilon_t > 100\%$ ($t_u > t_r$), zatímco u směšování je $\epsilon_t < 100\%$ ($t_u < t_r$). V případě ideálního směšování platí $\epsilon_t = 100\%$ ($t_u = t_r$).

Tlaková ztráta

Na grafu je zobrazena celková tlaková ztráta velkoplošného difuzoru (při $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$), uvažovaná jako součet statického a dynamického tlaku (vč. případného plenum boxu) připojeného k přímému kusu potrubí délky 1 m a o stejném rozměru jako je rozměr difuzoru.

Akustický výkon a akustický tlak

Na grafech je znázorněn akustický výkon L_{WA} vážený podle filtru A pro difuzor a případný plenum box připojený k přímému kusu potrubí délky 1 m a o stejném rozměru jako je rozměr difuzoru. Akustický tlak udává sílu zvuku, tj. tlakové vibrace, které vnímáme, zatímco akustický výkon je parametr, kterým je charakterizován zdroj zvuku. Obě veličiny se obvykle uvádějí v dB (decibely), což může být někdy nepřehledné.

Záplavové větrání

Teorie

Akustický tlak (L_p)

Je veličina udávající intenzitu zvuku charakterizovanou tlakovými vibracemi vnímaných uchem nebo měřených mikrofonom hlukoměru. Akustický tlak se měří v Pascalech (Pa) a obvykle je uváděn v decibelech (dB) nebo dB(A).

Akustický výkon (L_w)

Výkon zdroje zvuku (např. nějakého stroje) vysílaná do okolí ve formě zvuku. Akustický výkon se měří ve Wattlech (W) a obvykle je uváděn decibelech (dB) nebo dB(A).

Akustické parametry difuzorů Lindab jsou v datových listech uváděny jako akustický výkon.

$$\text{Akustický výkon: } L_w = 10 \times \log \frac{N}{N_{re}} \text{ [dB]}$$

N je akustický výkon [W], který je zdrojem vysílán ve formě tlakových vibrací a $N_{re}=10^{-12}$ W je referenční akustický výkon.

$$\text{Akustický tlak: } L_p = 20 \times \log \frac{P}{P_{re}} \text{ [dB]}$$

P je akustický tlak [N/m²] a $P_{re} = 2 \times 10^{-5}$ N/m² je referenční akustický tlak. Útlum místnosti D [dB] je definován jako rozdíl mezi akustickým výkonem a akustickým tlakem.

$$L_p = L_w - D$$

Akustický výkon L_{WA} vážený podle filtru A se přepočítá na akustický výkon v jednotlivých oktaóvových pásmech.

$$L_{Wok} = L_{WA} + K_{ok}$$

K_{ok} je korekční koeficient. K_{ok} je uváděn v tabulce pro každý distribuční element.

Útlum hluku

Uvádí se pro každý distribuční element a udává pokles akustického výkonu mezi potrubím a místností (vč. konečné odrazivosti).

Blízká zóna (u velkoplošného difuzoru)

Jedná se o oblast kolem velkoplošného difuzoru, ve které je rychlost proudění vzduchu vyšší než 0,2 m/s. Velikost blízké zóny se stanovuje pro každý difuzor pro teplotu přívodního vzduchu $\Delta t = t_r - t_i = 3$ K (chlazení vzduchem o teplotě o 3 K nižší, než je teplota vzduchu v místnosti). Délka blízké zóny (a_0) a její šířka (b_0) platí pro rovnoměrně rozloženou tepelnou zátěž v místnosti.

Návrh záplavového systému větrání

Návrh záplavového systému větrání, který využívá termických konvekčních sil a kde je přívodní vzduch distribuován přímo do zóny pobytu osob, klade vysoké nároky na správné dimenzování a umístění přívodních elementů - velkoplošných difuzorů. Velkoplošné difuzory by neměly být umísťovány přímo o velkých zdrojů tepla jako jsou například otopná tělesa. Správné fungování systému také narušuje silné sluneční záření, které může v některých případech dokonce způsobit, že systém začne fungovat jako směšovací. Velké chladné povrchy stěn nebo oken mohou způsobit, že se proud vzduchu obrátí a kontaminovaný vzduch se začne dostávat do zóny pobytu osob.

Záplavový systém větrání není vhodný pro vytápění a z tohoto důvodu musí být větrání a vytápění zajišťováno dvěma různými systémy. Odtah odpadního vzduchu je třeba umísťovat co nejvýše jak to je v dané místnosti možné.

V případě pochybností nebo ve speciálních případech vyžadujících podrobnou analýzu, nabízí Lindab provedení testů na modelech ve skutečné velikosti, které jsou na velkých nebo složitých projektech velmi užitečné.

Konvekční proudění

Množství přiváděného vzduchu do místnosti musí být alespoň stejné, jako celkové konvekční proudění v místnosti (obr. 18). Pokud je množství přiváděného vzduchu menší, než konvekční proudění v místnosti, bude docházet ke strhávání kontaminovaného vzduchu z výše položených částí místnosti do zóny pobytu osob (obr. 19). Na konvekční proudění mají vliv následující faktory:

- Tvar a povrch zdroje tepla
- Povrchová teplota zdroje tepla
- Velikost konvekční složky topného výkonu
- Střední teplota místnosti
- Výška zóny kontaminovaného vzduchu ve vztahu k výšce zdrojů tepla v místnosti

Konvekční proudění od osob, osvětlení a strojů lze stanovit na základě výkonu a umístění zdrojů tepla v místnosti (viz. tabulka 1 a tabulka 2).

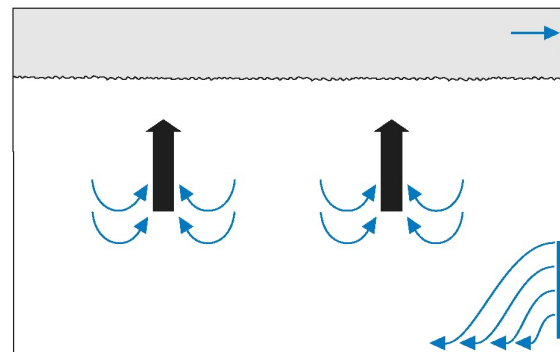
Tabulka 1: konvekční proudění od osob na základě zkušenosti

Činnost	met	Tepelný výkon W	Průtok vzduchu l/s	
			1,2 m nad podlahou	1,8 m nad podlahou
Sezení, odpočinek	1,0	100	8-10	-
Činnost v sedě	1,2	130	10-12	-
Lehká činnost, ve stoje	1,6	170	-	25-30
Střední činnost, ve stoje	2,0	200	-	30-35
Náročná činnost, ve stoje	3,0	300	-	35-40

Met: metabolismus, 1 met = 58 W/m² povrchu lidského těla.

Tabulka 2: konvekční proudění od různých zdrojů tepla

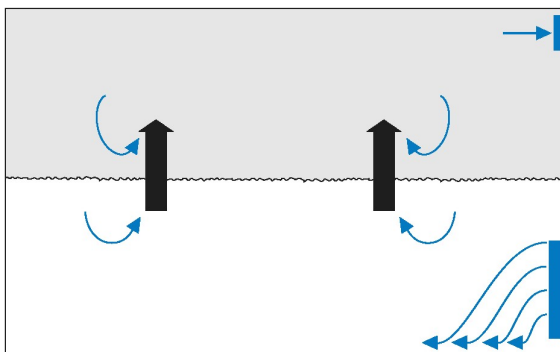
Zdroj tepla	Průtok vzduchu l/s na W	
	1,2 m nad podlahou	1,8 m nad podlahou
Stolní lampy	0,10	0,20
Stropní svítidla	-	-
Stroje	0,10	0,20
Sluneční záření	0,11	0,22



Obr. 18: záplavové větrání s dostatečným přívodem vzduchu

Záplavové větrání

Teorie



Obr. 19: záplavové větrání s nedostatečným přívodem vzduchu

Teplotní gradient

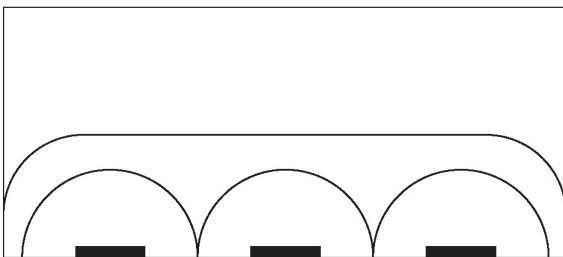
Požadavky kladené na teplotní komfort v zóně pobytu osob stanovují limit na velikost teplotního gradientu. V tabulce 3 jsou uvedeny maximální teplotní gradienty doporučené programem Lindab Comfort pro různé činnosti. Dále jsou v tabulce uvedeny odpovídající maximální chladicí teploty ($t_r - t_i$) při použití difuzorů Lindab COM-DIF. Teplotní gradient v zóně pobytu (K/m) lze s malou rezervou uvažovat v polovině chladicí teploty $t_r - t_i$ (K).

Tabulka 3: doporučený teplotní gradient a doporučené chladicí teploty

Činnost	Max. teplotní gradient (K/m)	Max. rozdíl teplot přívodního vzduchu a vzduchu v místnosti $t_r - t_i$ (K)
Sezení, odpočinek	1,5	3,0
Činnost v sedě	2,0	4,0
Lehká činnost, ve stoje	2,5	5,0
Střední činnost, ve stoje	3,0	6,0
Náročná činnost, ve stoje	3,5	7,0

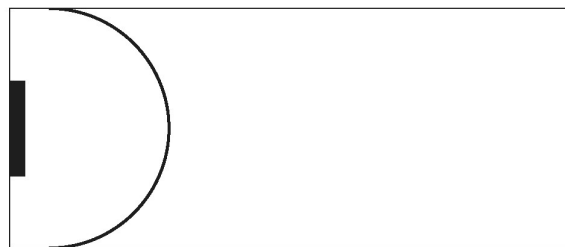
Blízká zóna (u velkoplošného difuzoru)

Velikost blízké zóny je uvedena v datovém listu každého velkoplošného difuzoru. Pokud je několik difuzorů umístěno blízko sebe, tak se velikost blízké zóny zvětšuje (obr. 20).



Obr. 20 - velkoplošné difuzory umístěné příliš blízko sebe, schopnost indukce jednotlivých difuzorů je omezena

Velký průtok vzduchu z jedné výustě může mít za následek nadměrnou velikost blízké zóny (obr. 21). Pokud je stejné množství vzduchu distribuováno dvěma výustěmi, jsou blízké zóny menší (obr. 22). Pro dosažení co nejmenší rozměrů blízkých zón a tedy co nejlepšího využití místnosti by měl být přívod vzduchu v místnosti distribuován rovnoměrně za použití co největšího počtu velkoplošných difuzorů.



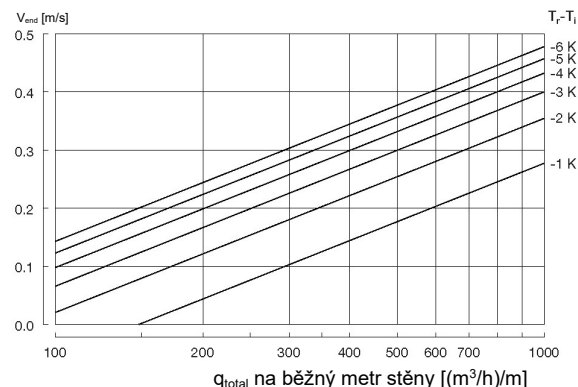
Obr. 21: příliš vysoký průtok na velkoplošném difuzoru má za následek velkou blízkou zónu



Obr. 22: menší průtok vzduchu velkoplošným difuzorem a díky tomu menší blízká zóna

Použití více velkoplošných difuzorů

Pokud je více velkoplošných difuzorů umístěno příliš blízko sebe u jedné stěny, tak se velikost blízké zóny zvětšuje (viz. obr. 20), protože mezi difuzory mohou vznikat proudy vzduchu. Avšak v určité vzdálenosti od difuzorů se již vytvoří kontinuální proud vzduchu s téměř konstantní rychlostí. Tato tak zvaná koncová rychlost závisí na celkovém průtoku vzduchu na běžný metr stěny a na chladicí teplotě přívodního vzduchu. Na grafu na obr. 23 lze koncovou rychlost proudu vzduchu odečíst. Často je výhodné distribuovat vzduch difuzory umístěnými na přilehlých kolmých stěnách. V tomto případě je rovněž potřeba difuzory rozmístit rovnoměrně podél celé délky stěn, protože proudy vzduchu se mohou vytvářet i mezi příliš blízko umístěnými difuzory u rohů stěn.



Obr. 23: koncová rychlost souvislého proudu vzduchu

Záplavové větrání

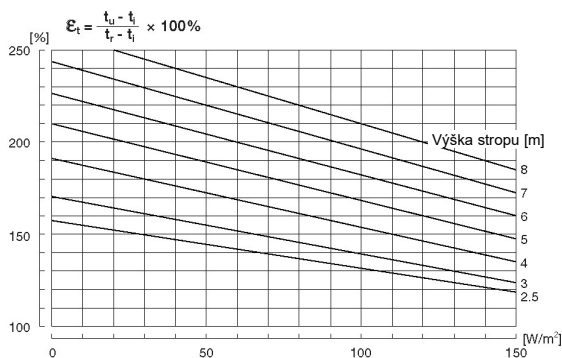
Teorie

Chladicí výkon

Aby bylo možno vypočítat chladicí výkon záplavového systému větrání, musí být znám rozdíl teplot $t_u - t_i$ (závisí na tepelné zátěži místnosti, výšce místnosti a chladicí teplotě ($t_r - t_i$)).

Výpočtem teplotní účinnosti a potřebného rozdílu teplot $t_u - t_i$ se pro zdroje tepla v blízkosti stropu (například osvětlení) alokuje 50 % celkové tepelné zátěže místnost.

Z obr. 24 lze odečíst teplotní účinnost ϵ_t při různých kombinacích výšky místnosti a tepelné zátěže.



Obr. 24: teplotní účinnost závisí na výšce místnosti a tepelné zátěži

Příklad výpočtu

Rozměry místnosti: L x B x H = 10 m x 6 m x 4 m

Tepelná zátěž:

10 osob, činnost v sedě (10 x 130 W) = 1300 W (22 W/m²)
 10 stolních lamp po 60 W (10 x 60 W) = 600 W (10 W/m²)
 10 strojů po 100 W (10 x 100 W) = 1000 W (17 W/m²)

Celkem = 2900 W (48 W/m²)

Minimální průtok vzduchu (podle tabulky 1 a 2):

$q_{\min} = 10 \text{ osob} \times 11 \text{ l/s/osobu} + 10 \text{ stolních lamp} \times 60 \text{ W} / \text{stolní lampu} \times 0,1 \text{ l/s/W} + 10 \text{ strojů} \times 100 \text{ W/stroj} \times 0,1 \text{ l/s/W} = 270 \text{ l/s}$

Potřebný rozdíl teplot ($t_u - t_i$):

$$t_u - t_i = \frac{2900 \text{ W}}{\frac{270 \text{ l/s}}{1000 \text{ l/m}^3} \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1007 \text{ J/kg/K}} = 8,9 \text{ K}$$

Z obr. 24 lze odečíst teplotní účinnost při $\epsilon_t = 178\%$ při výšce stropu 4 m a tepelné zátěži 48 W/m².

Následně lze stanovit teplotní rozdíl $t_r - t_i$ pomocí vzorce:

$$\epsilon_t = \frac{t_u - t_i}{t_r - t_i} \Leftrightarrow t_r - t_i = \frac{t_u - t_i}{\epsilon_t} = \frac{8,9 \text{ K}}{1,78} = 5 \text{ K}$$

z něhož vychází teplotní gradient v zóně pobytu osob 2,5 K/m (protože teplotní gradient v zóně pobytu osob je možno určit jako polovinu chladicí teploty $t_r - t_i$).

Lindab doporučuje teplotní gradient < 2 K/m a proto je třeba navýšit množství přívodního vzduchu.

Z teplotního gradientu 2 K/m vychází $t_r - t_i = 4 \text{ K}$ a při nezměněné teplotní účinnosti 178 % vychází akceptovatelný teplotní rozdíl $t_u - t_i = 7,1 \text{ K}$.

Pro eliminaci tepelné zátěže 2.900 W musí být průtok vzduchu navýšen na:

$$q = \frac{2900 \text{ W}}{7,1 \text{ K} \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1007 \text{ J/kg/K}} \times 1000 \text{ l/m}^3 = 337 \text{ l/s}$$

Výpočet hladiny hluku

Teorie

Výpočet hladiny hluku

Na grafech v datových listech je znázorněn akustický výkon L_{WA} vážený podle filtru A pro difuzory a případný plenum box připojený k přímému kusu potrubí délky 1 m a o stejném rozměru jako je rozměr difuzoru. Akustický tlak, který vnímáme uchem lze stanovit podle postupu uvedeného dále v textu.

Vysvětlivky zkratk fyzikálních veličin

A	Celková pohltivost místnosti	[m ²]
K_{ok}	Oktávová korekce pro hodnotu akustického výkonu	[dB]
L_A	Akustický tlak vážený filtrem A	[dB(A)]
L_{WA}	Akustický výkon vážený filtrem A	[dB(A)]
L_{Wok}	Akustický výkon v oktavových pásmech	[dB]
L_p	Akustický tlak	[dB]
L_W	Akustický výkon	[dB]
V	Objem místnosti	[m ³]
T_s	Doba dozvuku	[-]
D	Útlum místnosti	[dB]
Q	Směrový koeficient	[-]
A	Přírůstek akustického výkonu pro daný počet stejných difuzorů	[dB]
r	Vzdálenost k nejbližšímu difuzoru	[m]
a	Absorpční koeficient	[-]
n	Počet difuzorů	[-]

Akustický tlak

Součtový akustický výkon L_W z určitého počtu podobných difuzorů lze stanovit logaritmickým násobením počtu difuzorů s akustickým výkonem každého difuzoru $L_W = L_{W1} \oplus n$ kde L_{W1} je akustický výkon jednoho difuzoru [dB] a n je počet difuzorů. Součtový akustický výkon lze pomocí tabulky na obrázku 25 vypočítat jako $L_W = L_{W1} + \Delta$ kde Δ je přírůstek akustického výkonu pro daný počet identických difuzorů.

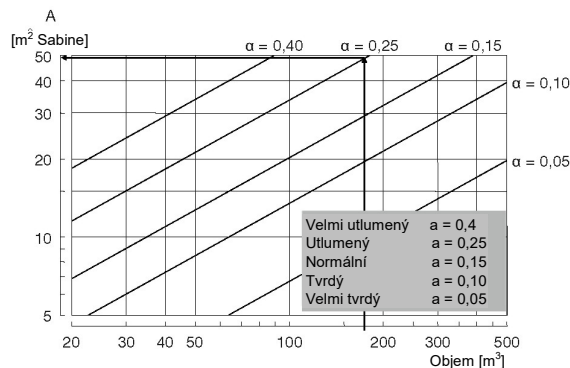
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Δ	0	3.0	4.8	6.0	7.0	7.8	8.5	9.0	9.0	10.0	11.8

Obr. 25: přírůstek akustického výkonu (logaritmické násobení) při určitém počtu identických zdrojů hluku

Pokud známe zdroje hluku a absorpční plochu místnosti, lze pro jeden nebo více identických zdrojů hluku v místnosti určit útlum místnosti pomocí grafu a tabulek na obr. 26, 27 a 28. Hladina akustického tlaku je dána rozdílem mezi akustickým výkonem a útlumem místnosti, kde L_p je hladina akustického tlaku [dB], L_W je akustický výkon [dB] a D je útlum místnosti [dB]. Pokud jsou v jedné místnosti různé zdroje hluku, lze akustický tlak stanovit v daném místě pomocí logaritmického součtu akustických tlaků jednotlivých zdrojů hluku (obr. 29).

Hodnotu A lze vypočítat z doby dozvuku pomocí vzorce:

$$A = 0.16 \times \frac{V}{T_s}$$



Obr. 26: směrový koeficient pro různá umístění zdrojů hluku a vztah mezi objemem místnosti a ekvivalentní zvuk pohltující plochou

Příklad výpočtu

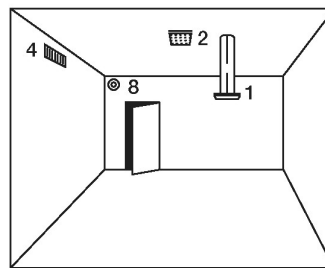
V místnosti o rozměrech $L \times B \times H = 10 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ jsou ve stropě namontovány čtyři difuzory. Každý difuzor má akustický výkon 29 dB(A). Místnost je utlumená, absorpční plocha místnosti činí $A \sim 50 \text{ m}^2$ Sabine (obr. 26). Je třeba vypočítat akustický výkon ve výšce 1,5 m nad podlahou.

Akustický výkon čtyř difuzorů: $L_W = 29 \oplus 4 = 29 + 6 = 35 \text{ dB(A)}$ (obr. 25).

Pro čtyři difuzory montované ve stropě je směrový koeficient $Q = 2$ a následně dostáváme (obr. 27).

$$\sqrt{n} / \sqrt{Q} = 1,4$$

Ve výšce 1,5 m nad podlahou je vzdálenost nejbližšího difuzoru $r = 1 \text{ m}$ a tudíž lze stanovit útlum místnosti $D = 9 \text{ dB}$ podle obrázku 28. Hladina akustického tlaku v místnosti: $L_A = 35 \text{ dB(A)} - 9 \text{ dB} = 26 \text{ dB(A)}$.

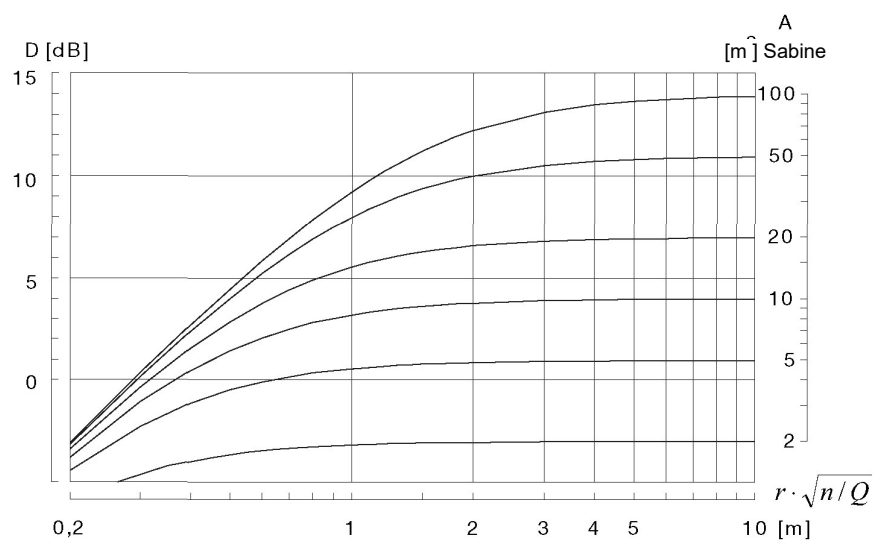


n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Q					$\sqrt{n} / \sqrt{Q}$						
1	1.0	1.4	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.9
2	0.7	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	2.7
4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.9
8	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.4

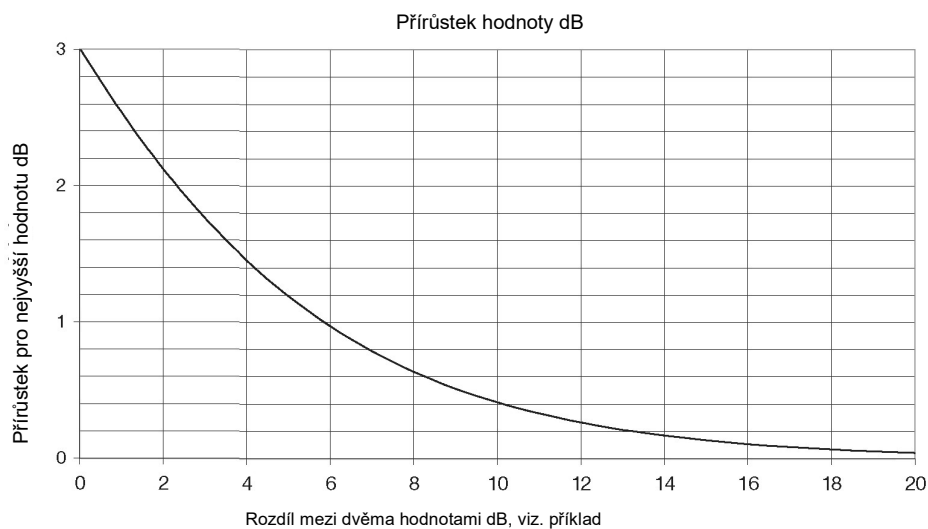
Obr. 27: směrový koeficient pro různá umístění zdrojů hluku a poměr $\sqrt{n} / \sqrt{Q}$ jako funkce počtu zdrojů hluku a směrového koeficientu (na obrázku).

Výpočet hladiny hluku

Teorie



Obr. 28: útlum místnosti jako funkce absorpční plochy a počtu zdrojů hluku.



Obr. 29: přírůstek hladiny hluku (logaritmický přírůstek hladiny hluku nebo akustického tlaku)

Příklad: Dva zdroje hluku – jeden 41 dB a druhý 47 dB;
 rozdíl činí $47 - 41 = 6$;
 odečet z grafu: 6 na ose X = 1 na ose Y;
 $47 + 1 = 48$ dB výsledná hodnota hladiny hluku.



Většina z nás stráví velké množství času uvnitř budov. Dobré vnitřní klima v budovách je zásadní, abychom se v nich cítili dobře, byli produktivní a zůstali zdraví.

My ve firmě Lindab jsme proto vnitřní klima v budovách učinili hlavním smyslem naší činnosti. Chceme přispívat k vytváření dobrého vnitřního klimatu v budovách. Klimatu, které bude lidem zpříjemňovat život. Dosahujeme toho vývojem energeticky úsporných řešení vzduchotechniky a trvanlivých výrobků pro instalaci v zařízení budov. Naším cílem je rovněž přispívat ke zlepšení klimatu na naší planetě tím, že při práci používáme technologie udržitelné jak pro lidi, tak pro životní prostředí.

[Lindab | Pro lepší klima](#)