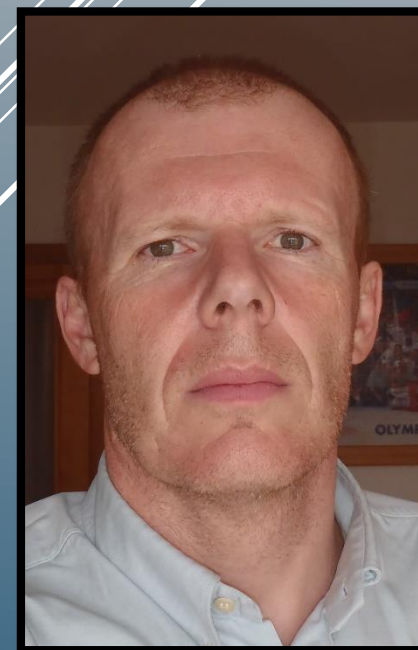


# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY



**NESSY**  
inżynierskie usługi

Ing. Waltr Sodomka  
revizní technik spalinových cest



Ukončení – 10:15



**NESSY**  
založeno 1992

Olivová 1412, 251 68 Kamenice - [WWW.MESSY.CZ](http://WWW.MESSY.CZ)



**NESSY**  
dodavatel komínů

# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## KOMÍNOVÝ EFEKT a KOMÍNOVÝ TAH

Termínem **komínový efekt** se nazývá fyzikální jev, kdy vertikálně orientovanou dutinou začne proudit vzduch, přičemž toto proudění je vyvoláno pouze vlivem rozdílné teploty a tudíž i hmotností vzduchu na jednotlivých koncích dutiny. Vzhledem k tomu, že teplý vzduch je lehčí než studený, dochází ke stálému pohybu teplého vzduchu směrem nahoru. Tato definice ale platí obecně pro všechny svislé dutiny splňující podmínku rozdílných teplot na svém vstupu a výstupu (např. schodiště, výtahové šachty, větrací šachty apod.). *Komínový efekt* není plně vyvolán pouze u velmi malých a dlouhých dutin (je uváděn štíhlostní poměr 1:187).

*Komínový efekt*, tedy proudění vertikální dutinou přirozeně způsobuje tlakovou diferenci mezi vnějším prostředím a vnitřkem dutiny. Pokud je touto dutinou spalinová cesta (komín) používá se termín **komínový tah**. Pojmem *komínový tah* se potom označuje tlaková diference (rozdíl tlaků) mezi vnějším prostředím a vnitřním prostředím v komínovém průduchu.

Tato tlaková diference nemusí být obecně způsobena pouze *komínovým efektem*, tedy čistě fyzikálním dějem, ale může být způsobena rovněž mechanicky, a to umělým vytvořením proudění nejčastěji pomocí elektrického větráku.

# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## PRINCIPY KOMÍNOVÉHO TAHU

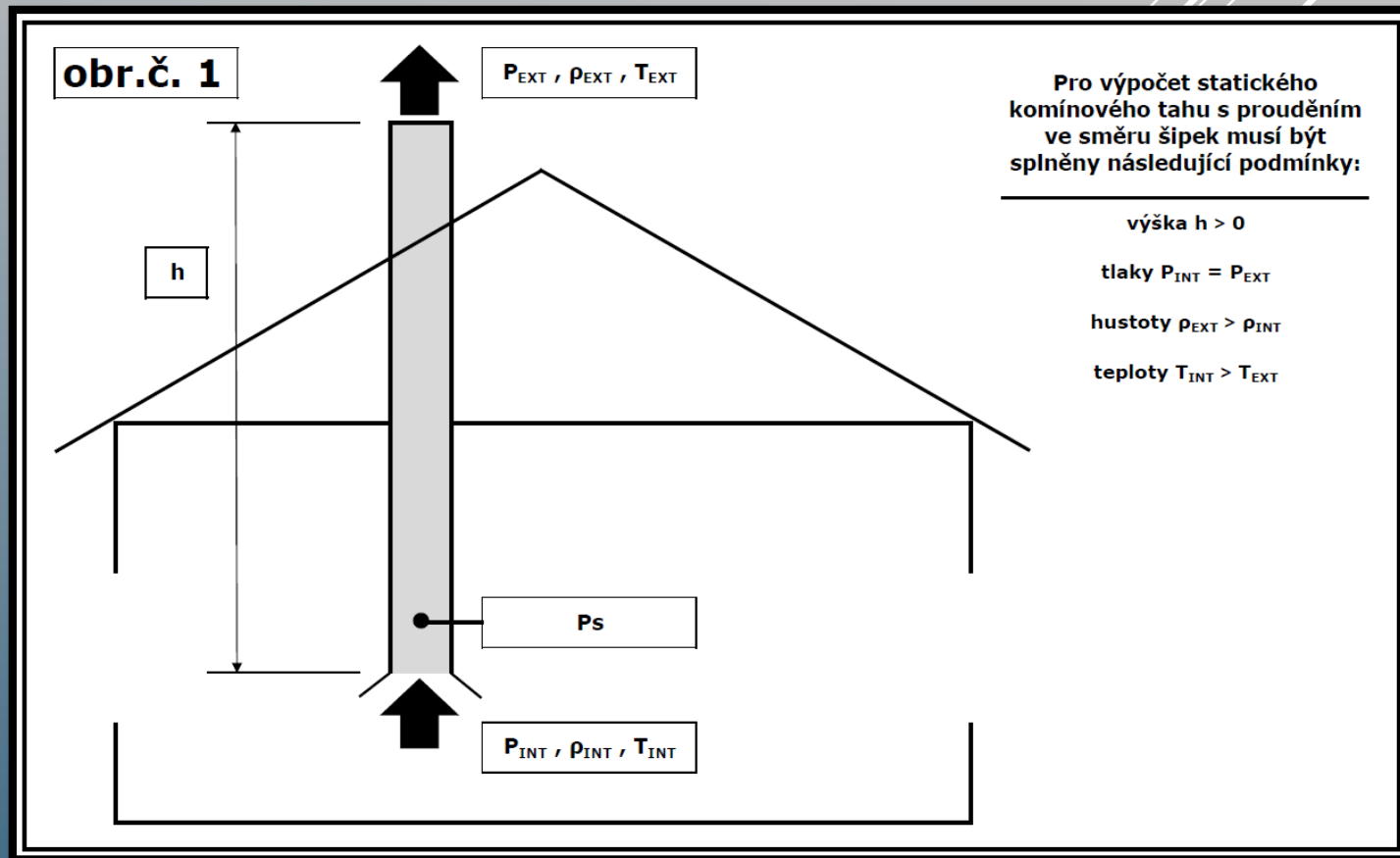
Podle toho, zda a případně kde je větrák osazen můžeme rozlišit tři základní principy vytvoření *komínového tahu*:

- větrák není osazen – tzv. atmosférický provoz – v komíně je podtlak způsobený zejména vlivem *komínového efektu* – v tomto provozu pracuje absolutní většina spotřebičů na pevná paliva (krby, krbová kamna, kotle, atd.) a plynové spotřebiče v provedení B
- větrák je osazen na spodním okraji spalinové cesty – tzv. “přetlakový provoz” – v komíně je přetlak způsobený mechanickým vtačováním spalin – v tomto provozu pracují plynové spotřebiče v provedení C (Turbo), ale i některé speciální spotřebiče na pevná paliva (některé typy peletkových kotlů, atd.)
- větrák je osazen na vrchním okraji spalinové cesty – tzv. “podtlakový provoz” – v komíně je podtlak způsobený mechanickým odsáváním spalin – tento provoz se používá jako alternativa pro spotřebiče využívající atmosférický provoz v případě, že spalinová cesta není schopna generovat sama o sobě dostatečný *komínový tah* (např. nízké nebo poddimenzované komíny, apod.).

# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## STATICKÝ KOMÍNOVÝ TAH

Jedná se především o veličinu výpočtovou a lze ho uvažovat pouze u soustav pracujících principiálně v atmosférickém provozu. Jedná se v podstatě o výpočet tlakové difference způsobené v jinak stabilním prostředí o stejném (atmosférickém) tlaku pouze rozdílnou hustotou vzduchu (špalin) na vstupu a výstupu komínu. Výpočet nezohledňuje žádné další vlivy okolního prostředí a principiálně vychází ze „statických“ veličin.



# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## VÝPOČET

*statický komínový tah* lze spočítat z jednoduché rovnice:

$$P_s = h \cdot g \cdot \Delta\rho \text{ [Pa]}$$

Kde  $h$  – je výška v metrech – u komínu účinná výška

$g$  – je tíhové zrychlení cca  $9,81 \text{ m/s}^2$

$\Delta\rho$  – je rozdíl hmotností vzduchu vstupujícího a okolního –  $\Delta\rho = \rho_{\text{ext}} - \rho_{\text{int}}$  v  $\text{kg/m}^3$

Podmínkou pro takový výpočet je ovšem nulová tlaková ztráta na vstupu do systému, což je u spalinové cesty dodrženo jen výjimečně.

Nicméně jsou z tohoto vzorce patrné následující skutečnosti:

1. - *statický komínový tah* je nejvíce ovlivněn účinnou výškou – s vyšší výškou stoupá
2. - *statický komínový tah* je při konstantní teplotě spalin ovlivněn teplotou okolí – s vyšší teplotou klesá
3. - *statický komínový tah* **NENÍ ovlivněn průměrem komínu** (plochou průduchu) – při jinak stejných parametrech bude stejný *statický komínový tah* vykazovat dutina jakékoliv půdorysné plochy.

**POZOR – statický komínový tah nezohledňuje průtok !!**



**MESSY**  
založeno 1992

**Olivová 1412, 251 68 Kamenice - WWW.MESSY.CZ**



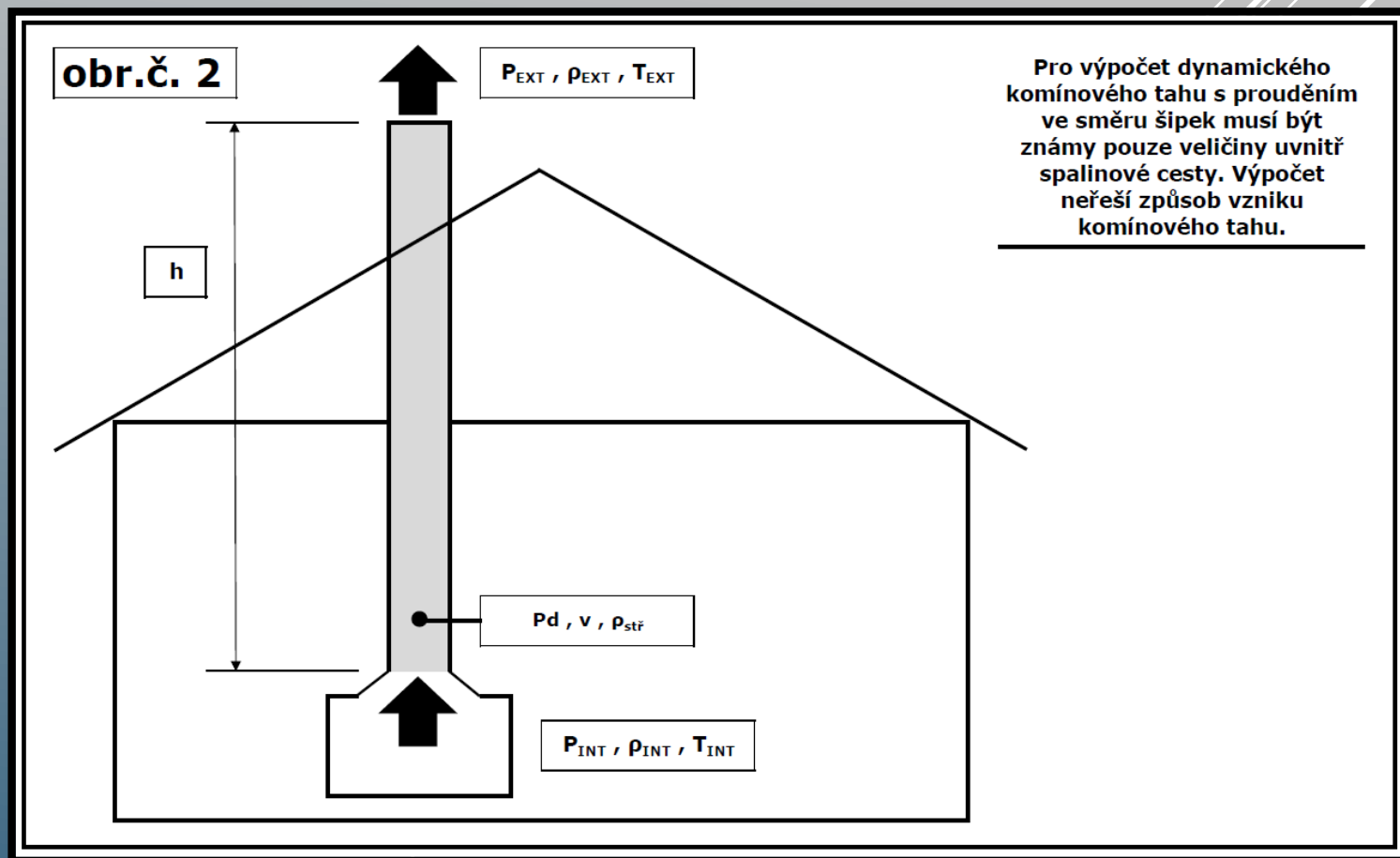
**MESSY**  
dodavatel komínů



# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## DYNAMICKÝ KOMÍNOVÝ TAH

Lze ho uvažovat u všech soustav, tj. pracujících v atmosférickém, přetlakovém i podtlakovém provozu. Jedná se v podstatě o měření (výpočet) tlakové difference způsobené prouděním vzduchu, bez ohledu na způsob vzniku tohoto proudění. Výpočet vychází z „dynamické“ a tudíž vnějšími vlivy ovlivněné veličiny, a to rychlosti proudění. Výsledky jsou tedy prakticky relevantní a měřitelné.



# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## VÝPOČET

Pokud je tedy ve funkční spalinové cestě prakticky změřena hodnota *komínového tahu*, jedná se o *tah dynamický*, který můžeme vyjádřit základní rovnicí:

$$P_d = v^2/2 \cdot \rho_{stř} \cdot c \text{ [Pa]}$$

kde  $v$  – rychlost proudění spalin ve spalinové cestě v m/s

$\rho_{stř}$  – střední hustota spalin v kg/m<sup>3</sup>

$c$  – součinitel místního odporu bez rozměru

Stále se jedná o diferenční tlak, tedy v případě spalinové cesty rozdíl tlaků ve spalinové cestě a v okolí spotřebiče.

Vzhledem k tomu, že pro konkrétní spalinovou cestu jsou hodnoty  $\rho_{stř}$  a  $c$  v podstatě konstanty, lze učinit závěr, že

1. – *dynamický komínový tah* je exponenciálně závislý na rychlosti spalin

Pokud definujeme rychlost jako poměr  $v = \text{Průtok [m}^3/\text{s]}/\text{Plocha [m}^2\text{]}$  tedy objemové množství spalin procházejících plochou průduchu, můžeme učinit závěr, že

2. – ani *dynamický komínový tah* **NENÍ závislý primárně na ploše průduchu**, ale pouze na poměru průtoku a plochy.

Při praktickém výpočtu při použití hodnoty např.  $\rho_{stř} = 1,25 \text{ kg/m}^3$  nám aplikací výše uvedeného vzorce vyjde, že stejná rychlost spalin a tudíž i skutečně naměřený dynamický komínový tah bude v komínu průměru 100 mm při průtoku spalin 20 m<sup>3</sup>/hod (tj.cca 7 g/s) a v komínu průměru 200 mm při průtoku spalin 80 m<sup>3</sup>/hod (tj.cca 28 g/s).

ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

# Ukažme si to názorně v EXCELU

- tah

- rychlost



**MESSY**  
založeno 1992

Olivová 1412, 251 68 Kamenice - [WWW.MESSY.CZ](http://WWW.MESSY.CZ)



**MESSY**  
dodavatel komínů





# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## VÝPOČET MNOŽSTVÍ SPALOVACÍHO VZDUCHU

### MNOŽSTVÍ SPALOVACÍHO VZDUCHU

$$V_o = V_{vs} + V_{vp} \text{ [m}^3\text{/hod]}$$

$V_{vs}$  – objem vzduchu pro stechiometrické spalování [m<sup>3</sup>/hod]

$V_{vp}$  – objem přebytku vzduchu [m<sup>3</sup>/hod]



**MESSY**  
založeno 1992

Olivová 1412, 251 68 Kamenice - [WWW.MESSY.CZ](http://WWW.MESSY.CZ)



**MESSY**  
dodavatel komínů

# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## VÝPOČET MNOŽSTVÍ SPALOVACÍHO VZDUCHU

1 – odhadem z množství spalovacího vzduchu dle výkonu spotřebiče

$$V_o = Q_j \cdot c \text{ [m}^3\text{/hod]} = Q_j \cdot c / 3600 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

- $Q_j$  je příkon spotřebiče při jeho jmenovitém výkonu [kW]
- $c$  je přepočtový koeficient ( $c = 2,2$  plyn; 2 LTO; 3,5-4 dřevo) [m<sup>3</sup>/h.kW]

2 – výpočet z výhřevnosti, jednotkového množství vzduchu, přebytku vzduchu a výkonu

$$V_o = (V_j/q) \cdot \lambda \cdot Q_j \text{ [m}^3\text{/hod]}$$

- $V_j$  je jednotkové množství vzduchu [m<sup>3</sup>/kg]
- $q$  je výhřevnost paliva ( $q$  dřevo = 3,6; plyn = 8,9) [kWh/kg]
- $\lambda$  je přebytek vzduchu [bez rozměru]
- $Q_j$  je příkon spotřebiče při jeho jmenovitém výkonu [kW]



**MESSY**  
založeno 1992

**Olivová 1412, 251 68 Kamenice - WWW.MESSY.CZ**



**MESSY**  
dodavatel komínů

# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## VÝPOČET MNOŽSTVÍ SPALOVACÍHO VZDUCHU

3 – výpočet jednotkového množství vzduchu ze složení paliva

vychází z rovnic hoření

$$V_j = (1,864.C + 5,554.H + 0,698.S - 0,700.O) / 0,21 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$V_o = V_j \cdot m \text{ [m}^3\text{/hod]}$$

- C – obsah uhlíku v palivu [%]
- H – obsah vodíku v palivu [%]
- S – obsah síry v palivu [%]
- O – obsah kyslíku v palivu [%]
- m - množství spotřebovaného paliva [kg/hod]



**MESSY**  
založeno 1992

**Olivová 1412, 251 68 Kamenice - WWW.MESSY.CZ**



**MESSY**  
dodavatel komínů

# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## VÝPOČET MNOŽSTVÍ SPALIN

1 – výpočtem z hmotnostního průtoku udávaného výrobcem spotřebiče

$$V_s = V_h / \rho \text{ [m}^3\text{/s]} = 3600 \cdot V_h / \rho \text{ [m}^3\text{/hod]}$$

- $V_h$  je hmotnostní průtok spalin při jeho jmenovitém výkonu [g/s]
- $\rho$  je hustota spalin ( $\rho = 800$ ) [g/m<sup>3</sup>]

2 – výpočtem z výhřevnosti (dle Rosina) – vztahy pro suché spaliny a stechiometrické spalování

$$V_s = (V_s \cdot m) + V_o' \text{ [m}^3\text{/hod]}$$

- $V_s$  – objem suchých spalin
- tuhá paliva  $V_s = 1,375 + 0,95 \cdot q / 4187$  [m<sup>3</sup>/kg]
- kapalná paliva  $V_s = 1,11 \cdot q / 4187$  [m<sup>3</sup>/kg]
- plynná paliva  $V_s = 0,446 + (1,09 \cdot q / 4187)$  [m<sup>3</sup>/kg]
- $q$  je výhřevnost paliva [kJ/kg] (dřevo 13 MJ/kg, plyn 31,2 MJ/kg)
- $m$  je množství spotřebovaného paliva [kg/hod]
- $V_o'$  je množství přebytku vzduchu zahřátého na teplotu spalin [m<sup>3</sup>/hod]



**MESSY**  
založeno 1992

**Olivová 1412, 251 68 Kamenice - WWW.MESSY.CZ**



**MESSY**  
dodavatel komínů

# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## VÝPOČET DIMENZE KOMÍNU Z PRŮTOKU

Lze použít jednoduchý vztah pro rychlost proudění:

$$v = Vs/p \text{ [m/s]}$$

- v je rychlost [m/s]
- Vs je objem spalin [m<sup>3</sup>/s] !!!
- p je plocha průduchu [m<sup>2</sup>]

Odtud úpravou:

$$p = Vs/v \text{ [m}^2\text{]}$$

- příčemž
- Vs jsme vypočítali (odhadli)
  - v můžeme zvolit (dle ČSN  $v_{\min} = 0,5 \text{ m/s}$ )



**MESSY**  
založeno 1992

**Olivová 1412, 251 68 Kamenice - WWW.MESSY.CZ**



**MESSY**  
dodavatel komínů



# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## VÝPOČET VÝKONU SPOTŘEBIČE (do vzduchu)

Lze použít jednoduchý vztah závislosti na spotřebě paliva:

$$Q_i = q \cdot m \cdot \eta \text{ [m/s]}$$

- $Q_i$  - reálný výkon do vzduchu [kW]
- $q$  - výhřevnost paliva ( $q$  dřevo = 3,6; plyn = 8,9) [kW/kg]
- $m$  - množství spotřebovaného paliva [kg/hod]
- $\eta$  - reálná účinnost spalování [%]

Lze odvodit a použít pro kontrolu množství paliva:

$$m = Q_i / (q \cdot \eta) \text{ [kg]}$$

!!! normální polínko váží asi 0,5 – 1 kg !!!

ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

Ukažme si to

názorně v EXCELU

- objem vzduchu a spalin

- výkon



**MESSY**  
založeno 1992

Olivová 1412, 251 68 Kamenice - [WWW.MESSY.CZ](http://WWW.MESSY.CZ)



**MESSY**  
dodavatel komínů

# ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY

## ODVOD / PŘÍVOD VZDUCHU

- ▶ Každý vzduchový průduch je schopen vykonávat dvě funkce, a to funkci větrací (tj.odvod vzduchu z objektu), nebo funkci zásobovací (tj.přívod vzduchu do objektu).
- ▶ Funkce větrací je primární funkcí pro svislé průduchy vycházející z horní části místnosti a je daná fyzikálním zákonem (teplý vzduch stoupá vzhůru). Každý svislý průduch v objektu tedy obecně generuje tah směrem vzhůru. Toto lze využít pro větrání kotelny. Větrací otvor se v tomto případě osazuje pod strop kotelny (stačí jeden). Při uvažované 0,5 násobné výměně vzduchu a rychlosti proudění 0,5 m/s lze jednoduše objem kotelny vydělit 3600 a získáme výsledek v m<sup>2</sup>. Aby větrání bylo funkční musí být doplněno přívodem vzduchu (u podlahy a horizontálně).
- ▶ Funkce zásobovací je bohužel podstatně složitější, protože je takříkajíc "proti přírodě". Zajistit stabilní proudění vzduchovou šachtou směrem dolů je možné v podstatě dvěma způsoby. Prvním je osazení ventilátoru, který vzduch přesouvá mechanicky. Druhým je vytvoření stabilního podtlaku v objektu. Teoreticky lze předpokládat, že tento potřebný podtlak vytvoří při provozu spotřebiče komínový tah. Bohužel je to poněkud složitější a výpočet tlaků a potřeb vzduchu je již nad rámec této přednášky. Pro zásobování spalovacím vzduchem se proto doporučuje použít pro spalování pevných paliv horizontální vedení průměru min.100 mm a pro spotřebiče plynové (typu C) dodržet předpisy výrobce.



**MESSY**  
založeno 1992

**Olivová 1412, 251 68 Kamenice - WWW.MESSY.CZ**



**MESSY**  
dodavatel komínů