

SNIŽOVÁNÍ HLUKU TEPELNÝCH ČERPADEL

A CHLADICÍCH JEDNOTEK

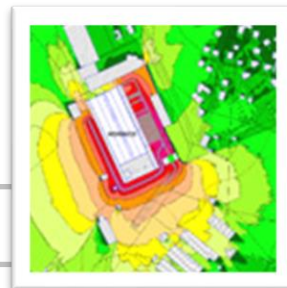


*Akustické kryty s vestavěnými
tlumiči hluku na sání a výtlaku*

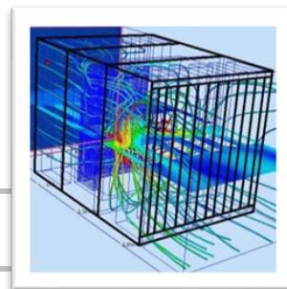
MĚŘENÍ



MODELOVÁNÍ



SIMULACE



Ing. Ladislav Mička
Greif-akustika, s.r.o.

www.greif.cz



Základní akustické veličiny

Akustický výkon x akustický tlak = zásadní rozdíl a dobré vědět

$$L_W = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0} \text{ [dB]}$$

Kde znamená:

W – sledovaný výkon [W]

W_0 – referenční výkon, $W_0 = 10^{-12}$ [W]

*Vymyšlená
hodnota*

$$L_W = L_p + 10 \cdot \log(s) \text{ [dB]} \quad \text{!}$$

Kde znamená:

L_W – hladina akustického výkonu [dB]

L_p – hladina akustického tlaku [dB]

S – plocha izofony [m^2]

*Akustický výkon je červená koule o $\sim \varnothing 564 \text{ mm}$ (1 m^2).
Všechno ostatní je akustický tlak přepočtený na plochu.*

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} \text{ [dB]}$$

Kde znamená:

p – sledovaný tlak [Pa]

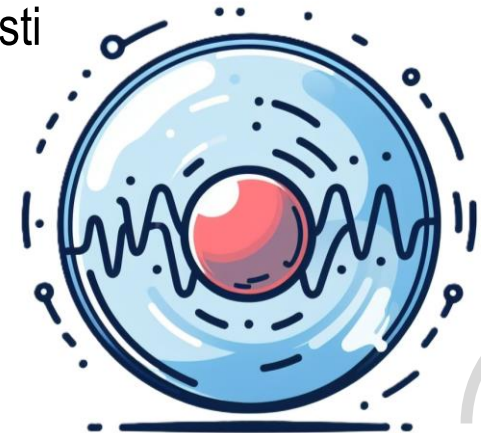
p_0 – referenční tlak, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ [Pa]



Akustický tlak je závislý:

- na vzdálenosti
- na prostředí
- na směrovosti

*Vymyšlená
hodnota*



Přepočet akustického výkonu na tlak

Orientační výpočet tlaku

$$L_{pA} = L_{WA} + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4\pi R^2} \right) \text{ [dB]}$$

Kde znamená:

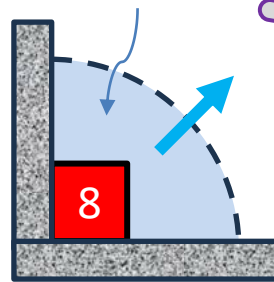
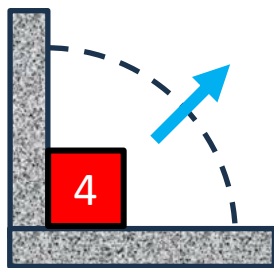
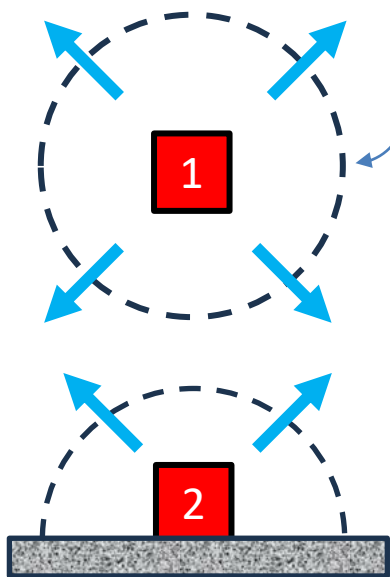
- Q – směrový činitel (Q = 1 až 8)
- R – vzdálenost TČ a sledovaného bodu

Pro Q = 1 je to plocha koule

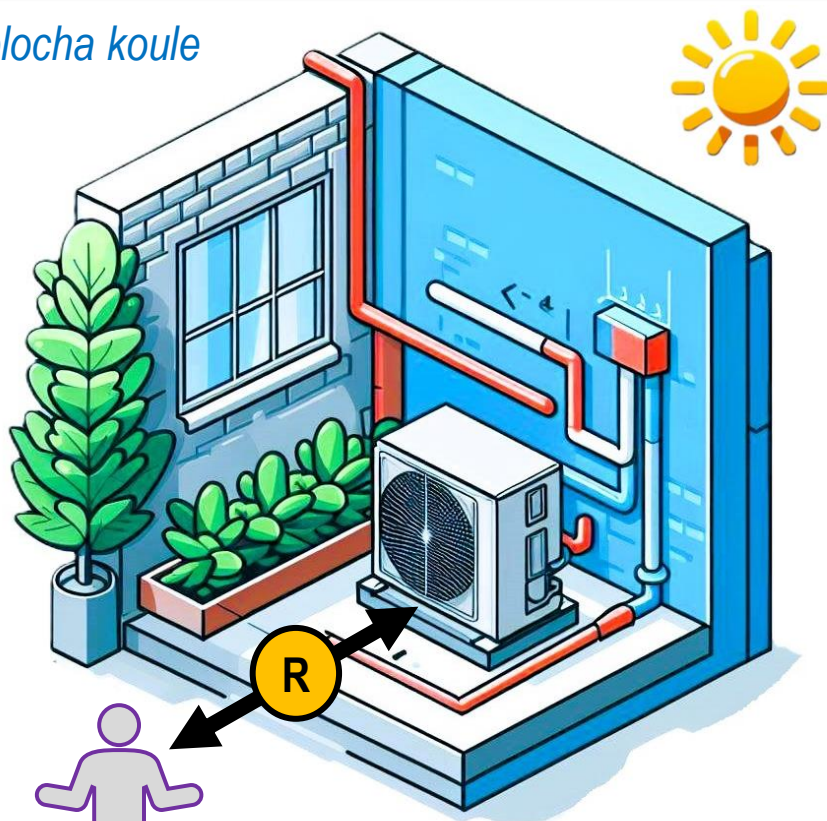
Měřeno od středu TČ

Pro TČ na roštích nad zemí

Hodnota směrového činitele
Q a tvar izofony



2. Stěna



Ve skutečnosti je přepočet složitější, protože izofona není ideální kulová plocha.

Příklad pro $L_{WA} = 70 \text{ dB}$, $Q = 4$, $R = 5 \text{ m}$:

$$L_p = 70 + 10 \cdot \log \left(\frac{4}{4 \cdot \pi \cdot 5^2} \right) = 51 \text{ dB}$$



„Akustická“ matematika aneb 1 „+“ 1 = 4



Sčítání hladin akustického tlaku ve sledovaném bodě

$$L_{p_{celk}} = 10 \cdot \log\left(\sum_{i=1}^n 10^{L_{pi}/10}\right) [\text{dB}]$$

2 shodné
příspěvky +3 dB

100 + 100 = 103,0 dB
100 + 98 = 102,1 dB
100 + 94 = 101,0 dB
100 + 92 = 100,6 dB
100 + 90 = 100,4 dB
100 + 88 = 100,3 dB
100 + 85 = 100,1 dB
100 + 80 = 100,0 dB

Kde znamená:

$L_{p_{celk}}$ – Celková hladina akustického tlaku [dB]

L_{pi} – Hladina akustického tlaku (i) [dB]

n – Celkový počet hodnot [-]

Rozdíl 20 dB
Navýšení 0 dB



3 shodné
příspěvky +5 dB

$$L_{p_{celk}} = L_p + 10 \cdot \log(n)$$

3 x 40 = 44,8 dB
4 x 40 = 46,0 dB
5 x 40 = 47,0 dB
6 x 40 = 47,8 dB
7 x 40 = 48,5 dB
8 x 40 = 49,0 dB
9 x 40 = 49,5 dB
10 x 40 = 50,0 dB

+10 dB



Poznámka:

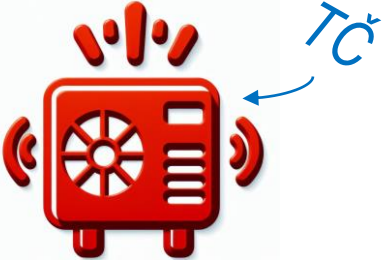
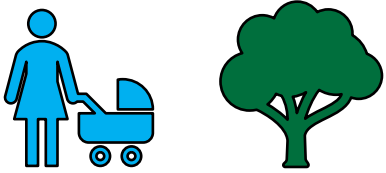
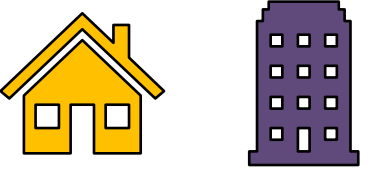
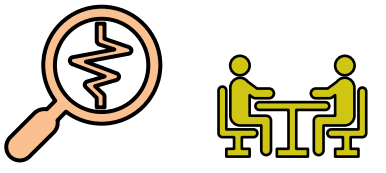
Plus a krát nemají v tabulkách matematický, ale symbolický význam.

*Sčítají se příspěvky ve sledovaném bodě,
nikoliv hluk zdroje v 1 m nebo jeho akustický výkon!*



Požadavky na hluk stacionárních zdrojů

Zjednodušená doporučení pro účely projektování

	Pobytové plochy 	Okolí domů pro bydlení 	Byty a strukturální hluk 
Denní doba (06:00 – 22:00 h) 	50 dB 8 hod	50 dB 8 hod	40 dB MAX
Noční doba (22:00 h – 6:00 h) 	50 dB 1 hod	40 dB 1 hod	30 dB MAX

8 hod Ekvivalentní hladina akustického tlaku, stanovená pro 8 po sobě jdoucích nejhluchnějších hodin ($L_{Aeq,8h}$).

1 hod Ekvivalentní hladina akustického tlaku, stanovená pro 1 nejhluchnější hodinu ($L_{Aeq,1h}$).

MAX Maximální hladina akustického tlaku (L_{Amax}) – neplést s nejvyšší hodnotou L_{Aeq} .

*Tónová složka
všechno mínus
5 dB*

Podrobné informace v platné legislativě:

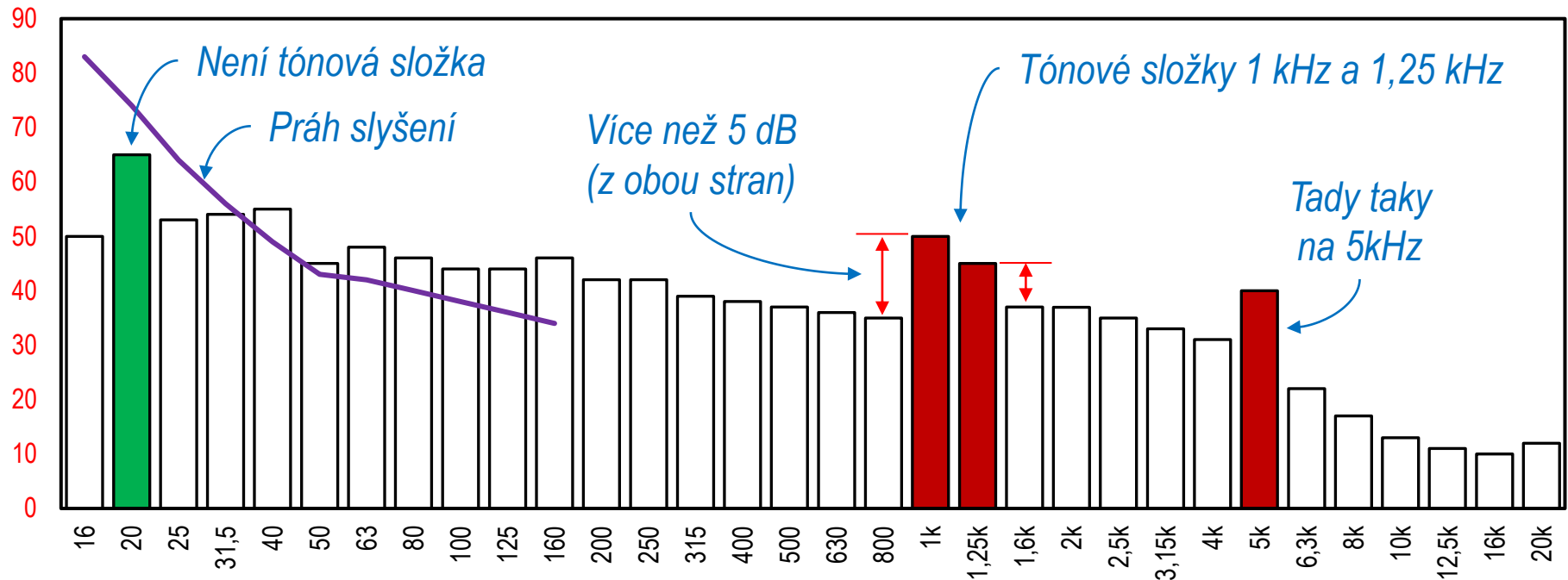
Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Tónová složka – **CO** to je a **KDE** to měřím ?

Snižuje hygienické limity o 5 dB

Graf: **Hladina akustického tlaku [dB]** / frekvence [Hz]



Tónovou složku mají všechny lopatkové stroje, ale to není z hlediska hygienických limitů rozhodující.

Rozhoduje tónová složka zjištěná měřením v chráněném prostoru (vnitřním / venkovním).

U tepelných čerpadel pozor na tónovou složku vyvolanou nepřímo, nevhodnou instalací.

Např. chybným uložením nebo připojením (kmitání pláště jednotky nebo navazujících konstrukcí).

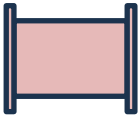
Definice tónové složky dle NV 272/2011 Sb.

Hluk s tónovými složkami je hluk, v jehož kmitočtovém spektru je hladina akustického tlaku v 1/3 oktávovém pásmu, případně i ve dvou bezprostředně sousedících 1/3 oktávových pásmech, o více než 5 dB vyšší než hladiny akustického tlaku v obou sousedních 1/3 oktávových pásmech a v pásmu kmitočtu 10 až 160 Hz je ekvivalentní hladina akustického tlaku v tomto 1/3 oktávovém pásmu $L_{Aeq,T}$ vyšší než hladina prahu slyšení stanovená pro toto kmitočtové pásmo.



Hlavní možnosti tlumení tepelných čerpadel

Hluk šířený venkovním prostorem

Možnosti	Výhody	Nevýhody
Vzdáleností D [m] 	• Nejlevnější řešení • Snadný servisní přístup • Bez omezení výkonu <i>Lze i mírně zlepšit</i>	• Delší potrubí (projekční limity) • Omezený útlum hluku daný pouze vzdáleností od zdroje hluku
Tlumičem 	• Mnohdy dostačující řešení • Minimální omezení výkonu • Lze kombinovat se vzdáleností	• Tlumení pouze jedné složky hluku • Pro jednotky bez kompresorové části • Vyžaduje hlukovou studii
Zástěnou 	• Snadný servis • Minimální omezení výkonu • Omezení přímé viditelnosti	• Vyžaduje hlukovou studii • Vyžaduje statický posudek OK • Netlumí ve všech směrech
Krytem 	• Všesměrový účinek (hlavní benefit) • Bez nutnosti složitých propočtů • Mechanická ochrana jednotky	• Zvýšení příkonu jednotky • Horší servisní přístup • Navýšení ceny instalace

Dále se zaměříme na kryty – projekčně jednoduché opatření



Nejlepší kryt je ŽÁDNÝ kryt

Kdy použít kryt - rychlá orientace pro projektanta

Vzdálenost od bytu	Akustický výkon tepelného čerpadla / chladicí jednotky L _{WA} (dB)								
	55 dB	60 dB	65 dB	70 dB	75 dB	80 dB	85 dB	90 dB	
2 m	NOC	NOC	DEN	DEN	Tady se nesnažte				
4 m		NOC	NOC	DEN					DEN
6 m		NOC	NOC	DEN					DEN
8 m			NOC	NOC	DEN	DEN	DEN		
10 m			NOC	NOC	DEN	DEN	DEN	DEN	
20 m					NOC	DEN	DEN	DEN	
50 m						NOC	NOC	DEN	
100 m							NOC	DEN	
200 m								NOC	

Tady je provoz TČ možný bez akustických úprav ve dne i v noci

DEN

Kryt je potřeba pro denní i noční provoz

NOC

Kryt je potřeba pouze pro noční provoz

*Je to orientační tabulka,
kdo si není jistý, volá akustika*



Vliv okolí na provoz TČ

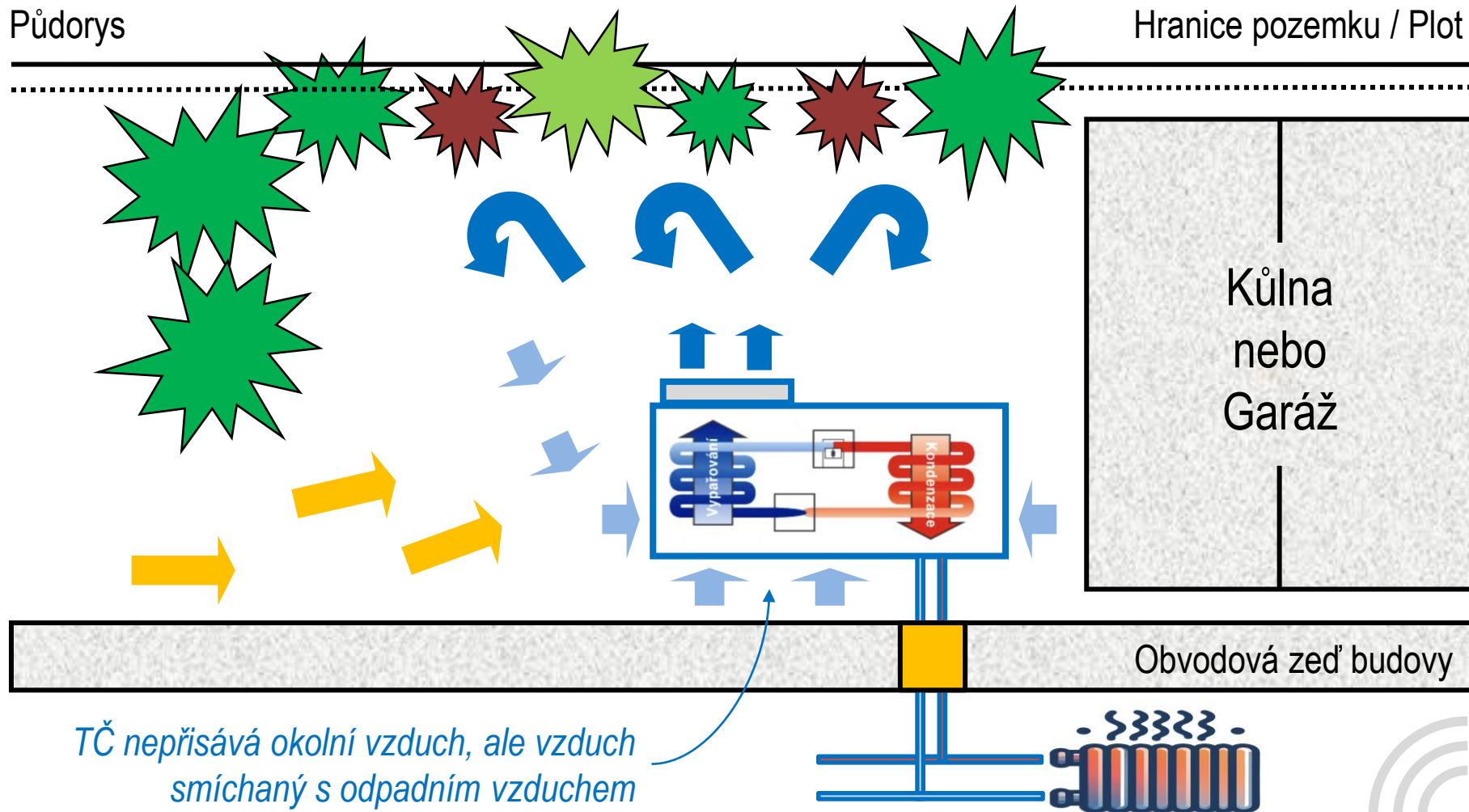
Termodynamický faktor okolí – zimní provoz

Na tohle pozor !

Tepelné čerpadlo vychlazuje své okolí, snižuje svojí účinnost a oddaluje návratnost investice.

Půdorys

Hranice pozemku / Plot



TČ nepřisává okolní vzduch, ale vzduch smíchaný s odpadním vzduchem

Zatlumení TČ s menším výkonem

Elegantní, funkční s dobrým servisním přístupem



Pár základních zásad:

- Odsadit od sebe (servis)
- TČ uložit nad zem (kondenzát)
- Pružně uložit rozvody (vibrace)
- Orientovat výdech (míchání)
- Místo na odkládání dílů krytu



Zatlumení TČ s větším výkonem

Dvouvrtulové jednotky a jednotky s vertikálním výdechem

Vrtule jednotky jsou na boku

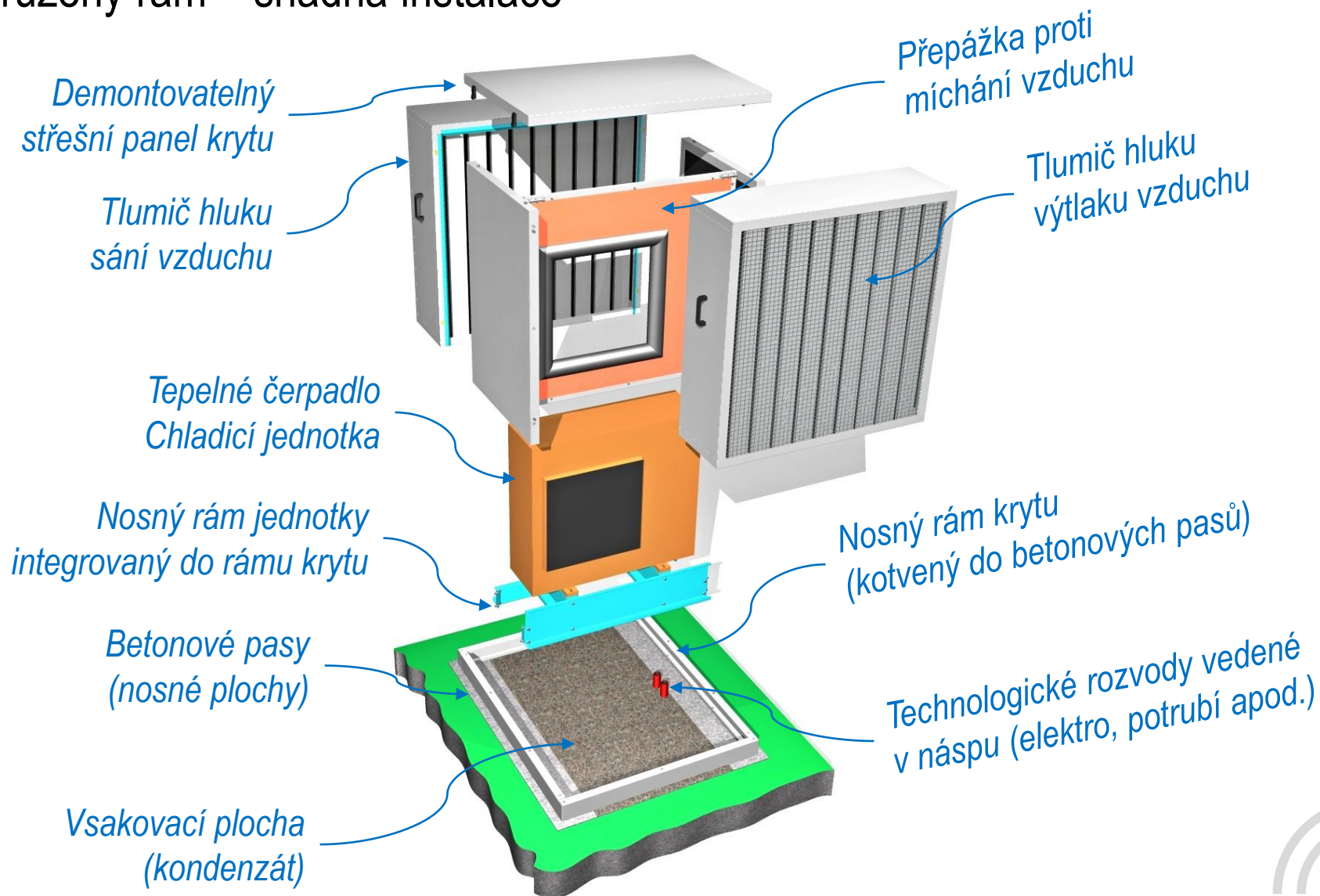
Foto z průběhu montáží

Vrtule jednotky jsou nahoře, asi zde



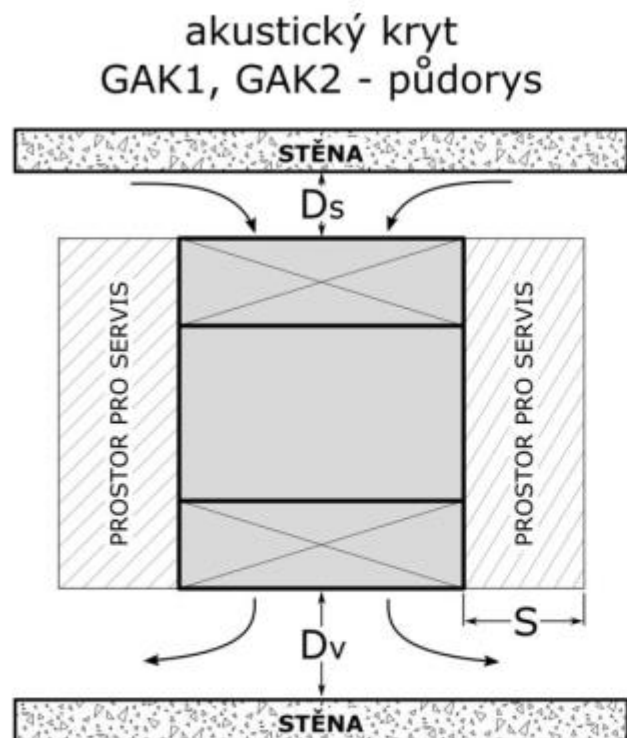
Instalace tepelného čerpadla a krytu

Sdružený rám = snadná instalace

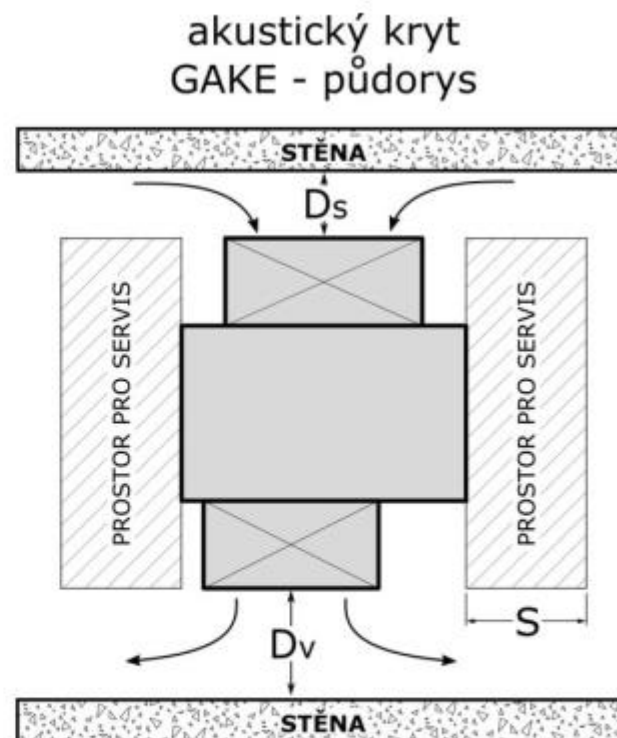


Umístění akustických krytů

Ventilace a servis pro kryty s horizontálním prouděním vzduchu



a)



b)

Doporučené odstupové vzdálenosti pro servis, přívod a odvod vzduchu:

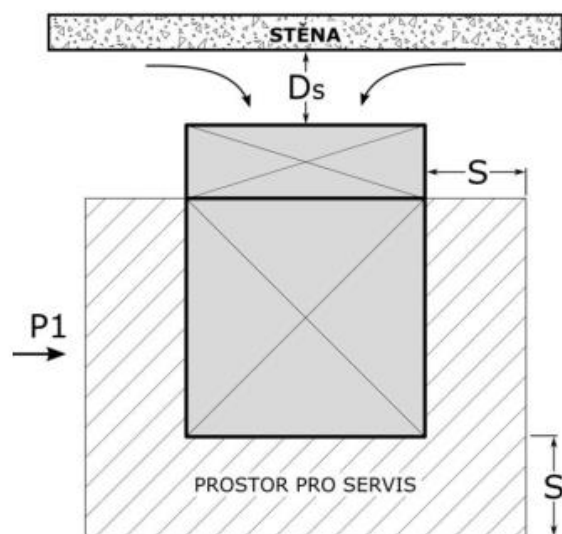
$D_s = \text{min. } 250 \text{ mm}$; $D_v = \text{min. } 500 \text{ mm}$; $S = \text{min. } 600 \text{ mm}$



Umístění akustických krytů

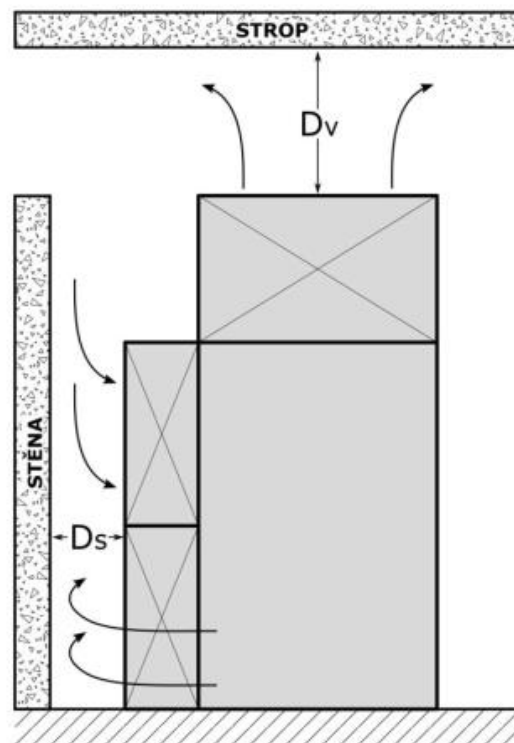
Ventilace a servis pro kryty s vertikálním výtlačkem vzduchu

akustický kryt
GAKV - půdorys a pohled P1



c)

pohled P1 $\curvearrowright 90^\circ$



d)

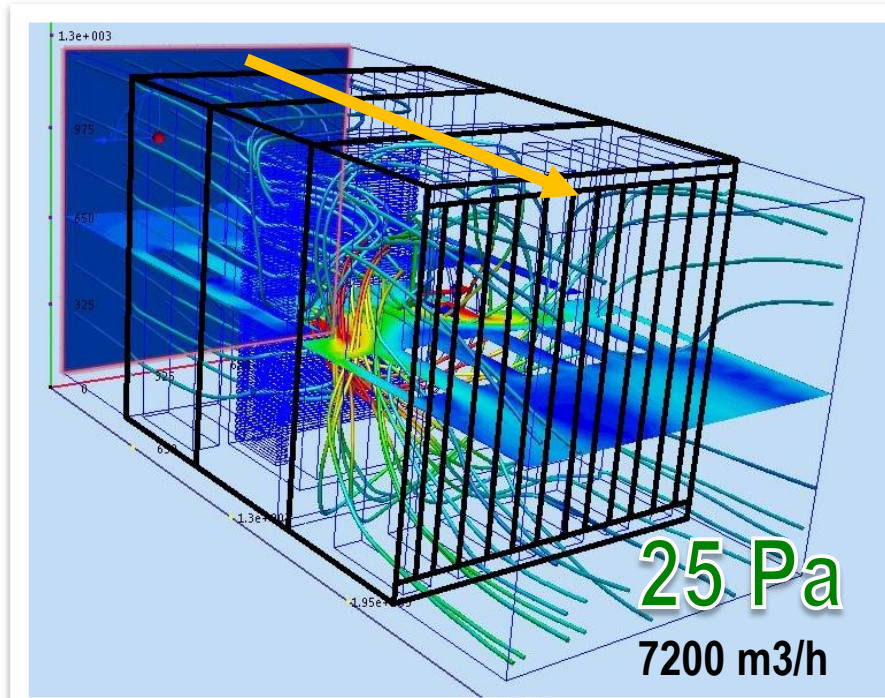
Doporučené odstupové vzdálenosti pro servis, přívod a odvod vzduchu:

$D_s = \text{min. } 250 \text{ mm}$; $D_v = \text{min. } 500 \text{ mm}$; $S = \text{min. } 600 \text{ mm}$

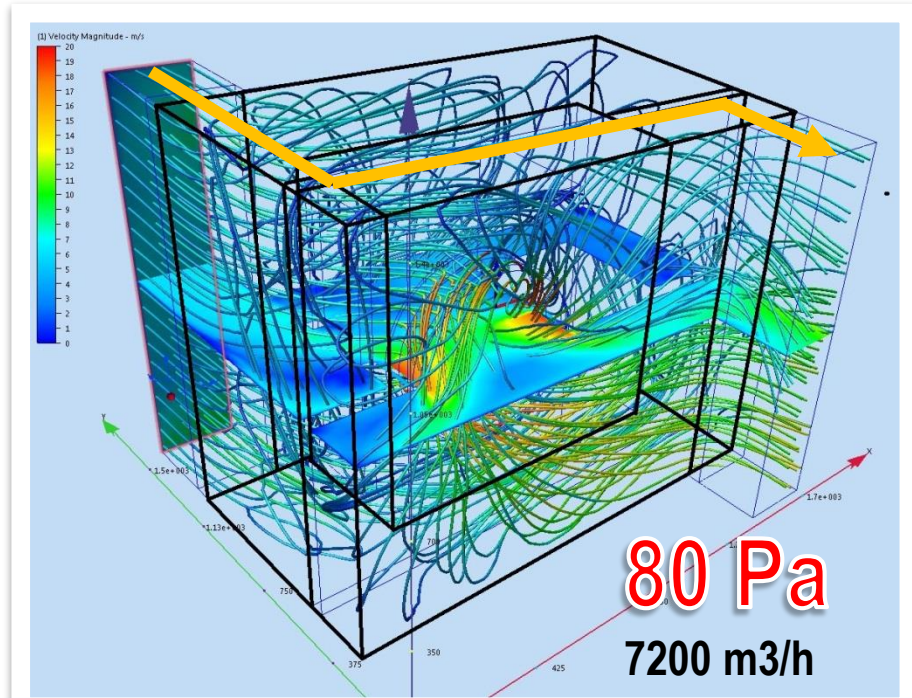


Porovnání tlakové ztráty (CFD simulace)

Správně navržený kryt rozhoduje o výkonu jednotky a návratnosti investice



Akustické kryty
s přímou cestou
proudění vzduchu



Akustické kryty
s komplikovanou cestou
proudění vzduchu



Ptejte se dodavatele na tlakovou ztrátu



Zatlumení výdechu ventilátorové části

Tlaková ztráta tlumiče mínus úspora na difuzoru = 0 Pa

*Když je místo, tak
klidně i do mínusu*



Řazení:

- Difuzor
- Tlumič
- Servisní díl
- Ventilátor
- Jednotka



Proč?

V difuzoru dochází k přeměně kinetické energie na tlakovou.



*Nesmí se odtrhnout
proudnice → CFD sim*

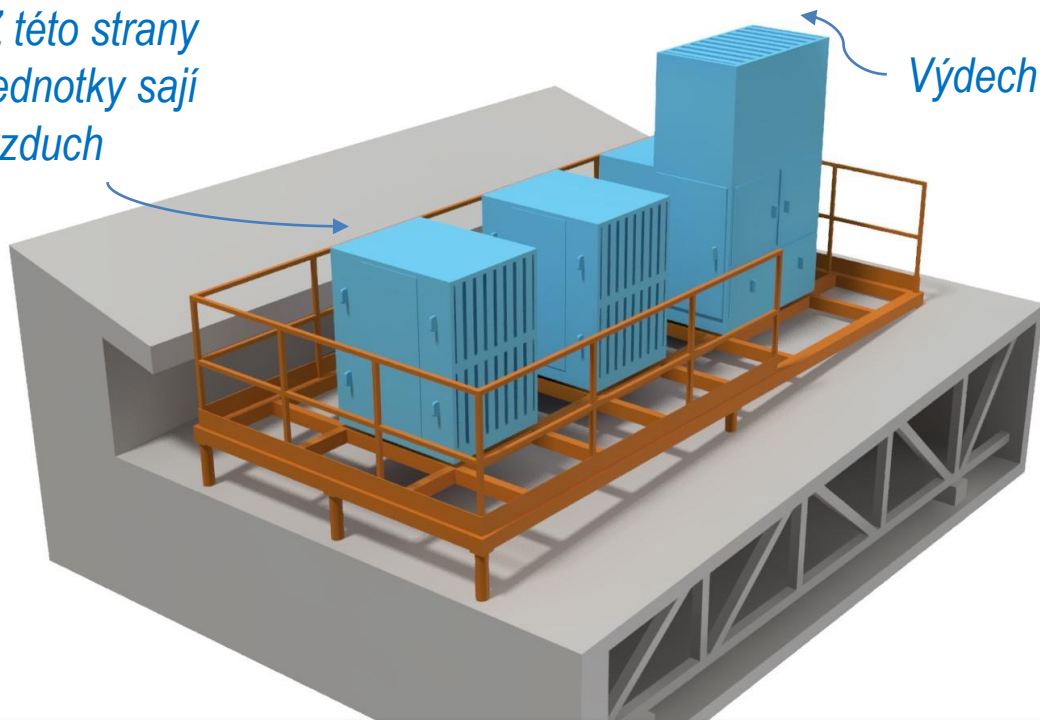


Umístění krytů na střechy objektů

Orientace, servisní prostor, bezpečnost

*Z této strany
jednotky sají
vzduch*

Výdech

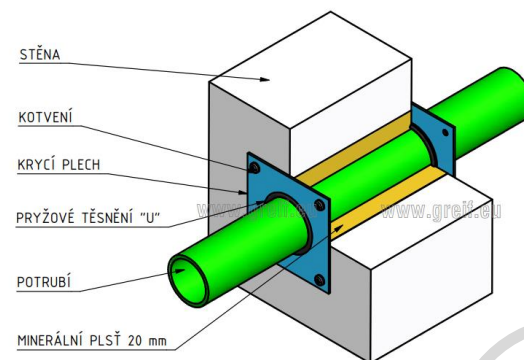


*3x kryt pro
2 vrtulová
tepelná
čerpadla*

Základní vlastnosti:

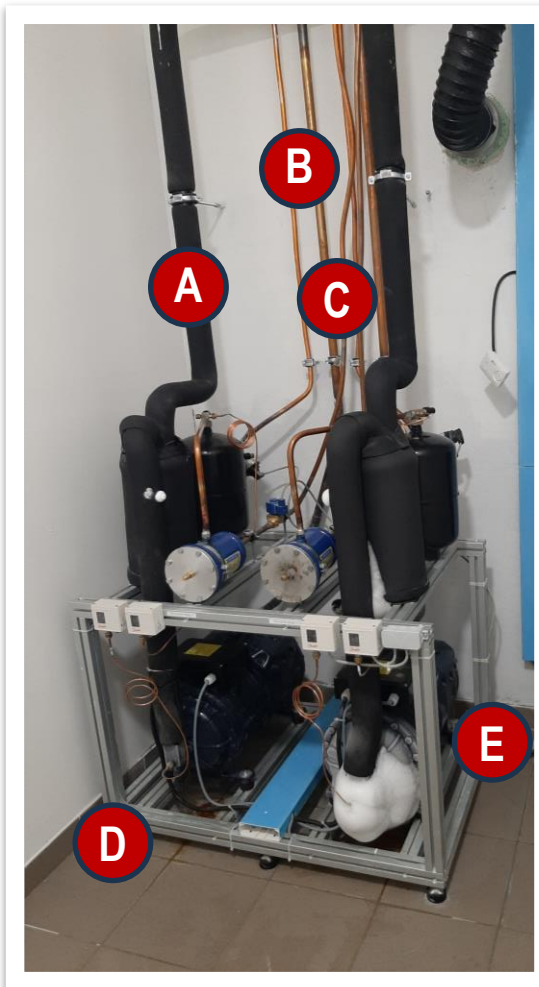
- Vynést váhu do svislých konstrukcí mimo chráněné prostory objektu;
- Shodná orientace sání;
- Zajistit odvod odpadního vzduchu;
- Pružně uložit kryty (balastní váha);
- Pružně napojit technologie jednotek;
- Pružně uzemnit (smyčka, pletený pás);
- Zajistit odtok kondenzátu;
- Zvukoizolační prostupy konstrukcemi;
- Umožnit servisní přístupy;
- Zabezpečit proti pádu osob a **nářadí** !

Zvukoizolační prostupka



Zatlumení sekundárních zdrojů hluku

Hluk šířený vibracemi a chvěním po konstrukcích



Chladicí jednotka s odděleným kondenzátorem



Základní požadavky:

- Pružné uložení kompresorové části vůči konstrukcím (D);
- Pružné kotvení potrubních rozvodů do konstrukcí (A);
- Instalace tlumičů pulsací (C);
- Pružné napojení potrubních rozvodů kompenzátory (B);
- Pružné uzemnění (smyčka, pletený pás) (E);
- Zvukoizolační prostupy potrubních rozvodů konstrukcemi;

Zdroje informací:

muepro.cz; sinop.cz; getzner.com

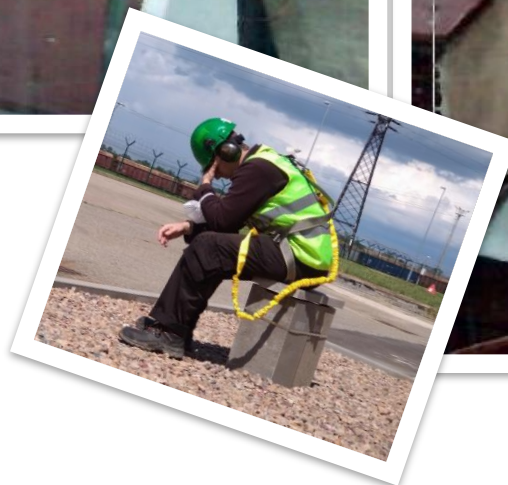


Tohle **FAKT** radši ne !

Certifikované panely neznamenají funkční kryt...



Jak vysvětlit majiteli tohoto „nového“ krytu, že opravit nelze a že je nutné navrhnout nové řešení.



Vyhozené peníze v praxi ...

Akustické úpravy sice nepotřebujeme,
ale musí tam něco být (protože projekt, dotace atd.)



*Nedochází k tlumení výdechu ani sání jednotky,
pouze k omezení proudění vzduchu do výměníku*



Zatlumení nevhodně umístěné jednotky

Nevzhledné, komplikované řešení ☹️



*Demontovatelné panely pro
servisní přístup k výměníkům*



*Před krytem následně
vystavěn dřevěný paraván*

Jednotku nelze přesunout na jiné místo (vnitroblok)

Investor požaduje pouze denní provoz (restaurace)

Požadavek na servis a čištění teplosměnných ploch

Výdech nesmí omezovat užívání balkónu (soused)

Řeší se kolaudační závada, požaduje se nízká cena

Nepřístupnost prostoru vyžaduje ruční transport



Tepelné čerpadlo u RD

Nevhodně umístěné tepelné čerpadlo vs. soused

Přívod vzduchu



*Umístění TČ hned
za dveřmi domu, $Q = 8$*



*Tlumič zasahuje do
profilu dveří*



Tepelné čerpadlo u RD

Celkový pohled na instalaci / zadní vchod domu



DĚKUJI ZA POZORNOST

SNIŽOVÁNÍ HLUKU

TEPELNÝCH ČERPADEL

Jen opakovaným měřením se hluk nesníží !

Ing. Ladislav Mička

micka@greif.cz

Další zajímavosti
ohledně snižování hluku na:

www.greif.cz

