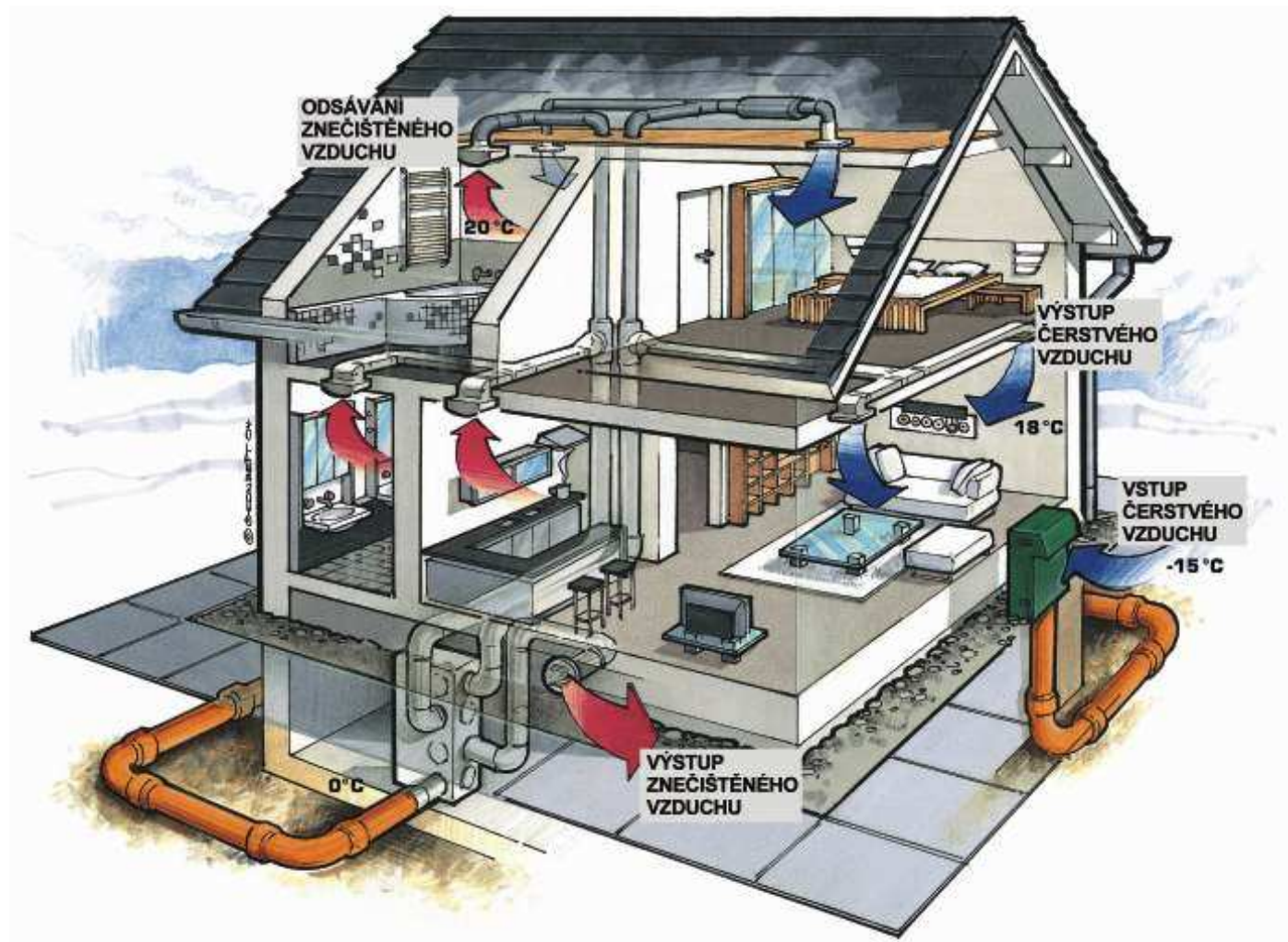




**PAUL**  
WÄRMERÜCKGEWINNUNG  
REKUPERACE TEPLA

**adan**  
- úspory energie, s.r.o



D. Veselý, J. Fišer

# REKUPERACE

*Větrání s novou myšlenkou*

D.Veselý, J.Fišer

# **REKUPERACE**

*Větrání s novou myšlenkou*

# Rekuperace - Úspora energie

## Úvod

**Životní úroveň** roste a s ní je i spojena stále větší poptávka po energii. To logicky umožňuje jejím výrobcům a distributorům trvale navyšovat ceny. Tento trend se nezastaví. Jistě nikdo z nás nechce omezovat svoje pohodlí. Naopak, tlak na zvyšování tepelné pohody je patrný. Jestliže tedy chceme, aby nám v zimě bylo teplo, a letní vedra jsme snášeli bez zdravotních komplikací, je nutné změnit styl myšlení. Taková změna vyžaduje seznámit se i s jinými možnostmi, jak dosáhnout komfortu a přitom neplatit více, než je nezbytně nutné.

**Energetickou náročnost** je možné zlepšit zvýšením izolačních standardů staveb. Nutnost větrat však zůstává a s tím je spojená i tepelná ztráta. Právě větrání je u silně izolovaných domů vzhledem k jejich vysoké těsnosti věcí nezbytnou. Týká se to především nízkoenergetických a pasivních domů, u nichž je ztráta větráním zpravidla vyšší než 50% ze ztráty celkové.

**Čerstvý vzduch** je z pohledu zdraví člověka primární záležitostí, stejně jako potřeba jíst, pít nebo spát. Vzduch stejně jako dýchání bereme obvykle jako samozřejmost do té doby, než je čerstvého vzduchu nedostatek. Dokážeme si však uvědomit, jaký přínos má řízené větrání? Hlavním argumentem je zdraví. Stačí si položit jednoduchou otázku. Jak dlouho dokáže člověk žít bez jídla, bez vody? A jak dlouho bez vzduchu? Není třeba citovat Guinnessovu knihu, odpověď je zřejmá. V běžném životě nejde ovšem o přežití. Jde nám o to, aby vzduch měl neustále optimální kvalitu. Jinými slovy, aby byl čerstvý. Kdo jednou poznal, už nechce jinak. Pocit osvěžujícího spánku ve volné přírodě je možné zažít i ve Vašem domově. Pak přestanete pátrat, po čem jste ráno unavení, proč Vás bolí hlava. Je marné řešit následky nákupem drahých léků, když příčina - nekvalitní vzduch - zůstává.

**Ekonomika:** Taková investice se rozhodně vyplatí. Při největších mrazech proudí z výústek předeřhřátý vzduch o minimální teplotě 18 °C. Kvalitní rekuperační jednotka vyniká účinností zpětného zisku tepla nejméně 90%, a to v celém rozsahu otáček ventilátoru. Z toho plyne, že takové zařízení nám může eliminovat skoro úplně tepelné ztráty větráním.

**V jednoduchosti je krása.** A taková je i rekuperační jednotka Paul. Kvalitní zpracování a hlavně patentovaný výměník s bezkonkurenční předávací plochou dávají záruku dlouhodobého bezproblémového fungování.

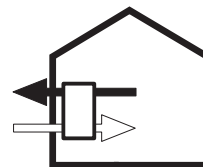
### **Pro tyto případy máme řešení:**

Větrací jednotky s rekuperací tepla

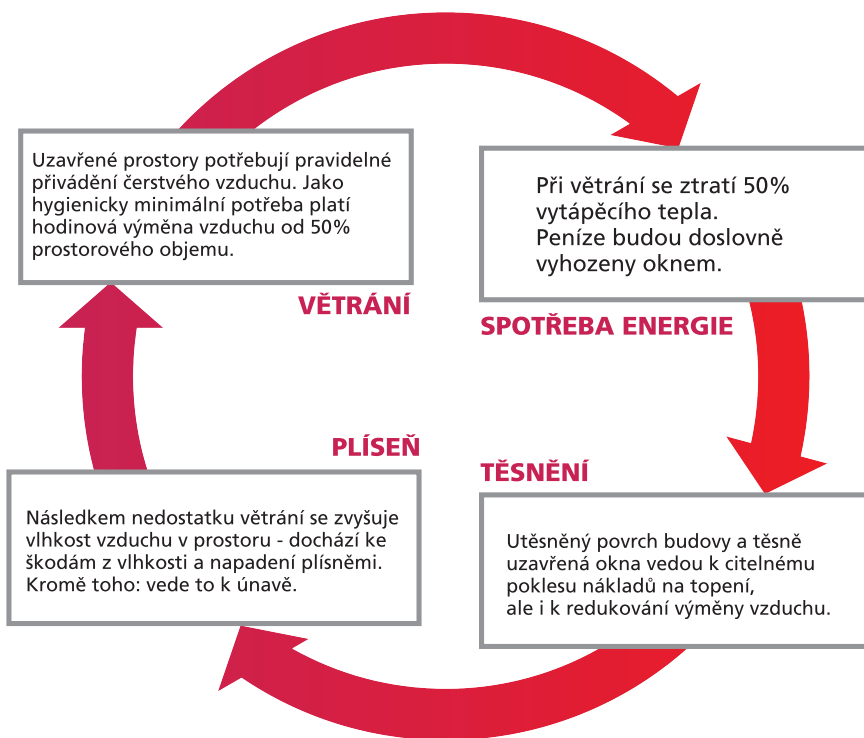
Výrobce rekuperačních jednotek: Paul Wärmerückgewinnung GmbH

Výhradní dovozce pro ČR a SR: Firma ADAN – úspory energie, s.r.o.

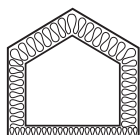
# Informace ke kontrolovanému větrání s 90% rekuperací tepla



## PROBLÉM



### Problémový okruh klimatu v bytě



Moderní budovy jsou vzduchotěsné. Dobře utěsněný povrch budovy a těsná okna jsou nutně potřebná - když se chce dosáhnout v novém (nebo sanovaném) domě standardu nízké energie; tedy tepelně technického pořádku.



vzduchotechnicky nedostatečné



Pro člověka je bezpodmínečně potřebná správná míra čerstvého vzduchu - když chce mít mezi 4 stěnami dobrý pocit.



Čerstvý, na kyslík bohatý vzduch podporuje naše všeobecně dobré zdraví. Nedostatečné větrání vede také k vzrůstající vzduchové vlhkosti - denně v domácnosti se 4 osobami přes umývání se, sprchování, sušení prádla, květiny, vaření atd. se odpaří cca 10 l vody.



Hygienicky potřebná míra na větrání znamená ale i drastickou ztrátu tepla prostřednictvím větrání: bude utraceno cca 50 až 75% výdajů na topení.

## Rekuperační jednotka

Rekuperační jednotka je zařízení, kde se využívá teploty vzduchu odsávaného z prostoru k ohřevu chladného vzduchu přiváděného z vnějšího prostředí. Tyto dva „vzduchy“ jsou od sebe odděleny tak, že nemůže dojít k jejich promísení a zároveň stykové plochy jsou vyrobeny z materiálu, který zaručuje maximální přestup tepla.

Výsledkem je, že použitý vzduch se všemi v sobě obsaženými pachy (pachy z kuchyně a WC, kouř, „vydýchaný vzduch“) je odváděn mimo objekt a je nahrazen čerstvým, ohřátým (v létě ochlazeným) vzduchem. Touto výměnou vzduchu je dosaženo příjemného a hygienicky nezávadného životního prostředí v obytných prostorech.

Metoda větrání s rekuperací zajišťuje optimální využití vytvořeného (a zaplaceného) tepla až s 90% účinností. V letním období naopak můžeme rekuperační jednotky využít k ochlazení obytného prostoru, což začíná být při stávajících klimatických změnách velmi aktuální problémem.

Topení i ochlazení probíhá při zavřených oknech, to však neznamená, že okna se nesmí otevírat. Dům s rekuperační jednotkou žije jako každý jiný dům a je na uživateli, jestli bude větrat okny nebo ne. Rekuperační jednotka vás nijak neomezuje. Právě naopak, zajišťuje vám komfort a velmi výrazně snižuje náklady spojené s vytápěním a chlazením vašeho domova.

Neméně podstatný je i hygienický aspekt. Je řada míst, kde emise hluku nejenže obtěžují, ale způsobuje i poškození zdraví (poruchy spánku, ztráta schopnosti soustředit se, nechutenství, deprese). Jedním z řešení je výměna oken za velmi těsná okna s malou prostupností hluku. Tato okna jsou však tak těsná, že znemožní jakýkoli přístup vzduchu do místnosti a v nevětraném prostoru pak v důsledku vlhkosti dochází k tvorbě plísní a vzduch se stává zatuchlým. V takovém případě je rekuperace jediným řešením, jak vytvořit optimální klima v bytě nebo pracovním prostoru.

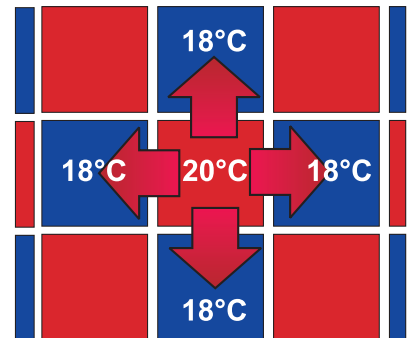
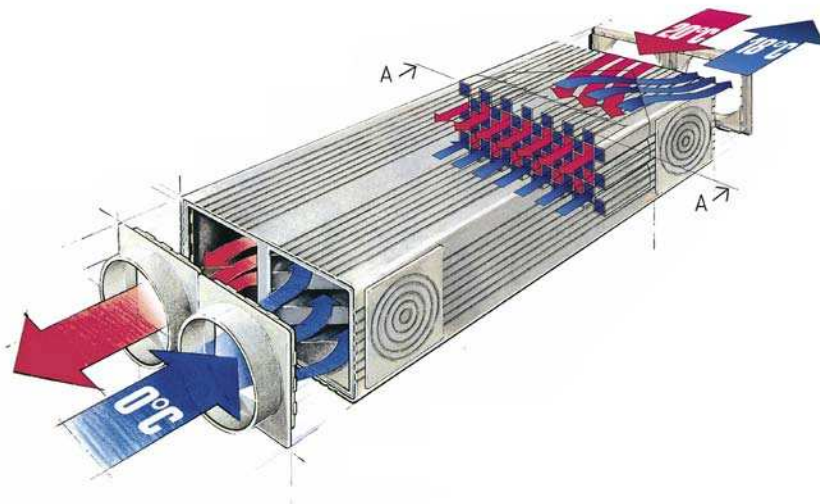
Další benefit, který lze získat použitím rekuperace je možnost využití filtrů pro vyčištění přichozího vzduchu od prachu nebo alergenů, které řadě z nás komplikují život.

Všechny tyto argumenty stojí za to zvážit dříve, než začnete stavět nebo rekonstruovat váš dům.

### Účinnost rekuperační jednotky

Tato hodnota nám definuje, kolik tepla jsme schopni díky rekuperaci převést zpět z odpadního vzduchu do vzduchu čerstvého. Účinnost rekuperátoru ovlivňuje především jeho konstrukce a přestupní plocha. Standardní rekuperátory s křížovým deskovým výměníkem dosahují účinnosti kolem 60-70%, při maximálním objemovém průtoku klesá účinnost pod hranici 50%. Z toho plyne, že rekuperátor je schopen ušetřit méně než 1/2 z tepelných ztrát větráním. Většina firem nyní dodává rekuperační jednotky s křížovoprotiproudými výměníky. Deklarovaná účinnost je vždy nejméně 90%. Bohužel, často se ukazuje, že tato hodnota platí pro 25% maximálního objemového průtoku vzduchu. Při 100% zátěži klesá účinnost pod 70%.

Termodynamicky optimální jsou čistě protiproudé kanálové výměníky. Pokud mají dostatečnou plochu (např. pro větrací množství 300m<sup>3</sup>/hod ca 60m<sup>2</sup>), lze zodpovědně prohlásit, že jednotka splňuje podmínku 90% účinnosti v celém rozsahu větrání. Pro výběr vhodné jednotky je tedy důležitý parametr vzduchového výkonu, plochy a konstrukce výměníku.



## ➤ Zemní kolektor

K dokonalému efektu je vhodné kombinovat jednotku se vzduchovým zemním kolektorem, který umožní během zimního období fungovat jako přirozená protimrazová ochrana. Během léta naopak umožní předchlazení vzduchu a zlepšení tepelné pohody v objektu. Proto je nutné, aby jednotka byla vybavena letním obtokem rekuperátoru (tzv. by-passem), tak aby nedocházelo k devalvaci chladu teplem odváděným z domu.

## ➤ Ventilátory

Pro transport vzduchu přes rekuperátor do místností jsou používány ventilátory. Podmínkou je, aby jejich chod byl co nejnižší a jejich provoz úsporný. Velmi dobrých hodnot dosahují stejnosměrně napájené ventilátory, ať už s napětím 24 nebo 48V. Předpokládaný maximální společný příkon ventilátorů by neměl přesáhnout hodnotu ca 150W při 300m<sup>3</sup>/hod. Měrný příkon by neměl být větší než 0,5W/(m<sup>3</sup>/hod). Hlučnost jednotky by neměla přesáhnout v místě instalace 35dB a v jednotlivých místnostech i s ohledem na hluk tvořený výústkou 25dB. Pokud jsou ventilátory vybaveny proměnným řízením otáček, je to ku prospěchu. Otáčky se dají upravovat na základě kontrolních měření objemové aktivity (viz dále).

## ➤ Protimrazová ochrana

Jednotky je nutné vzhledem k vysokým větracím množstvím vybavit aktivní protimrazovou ochranou. Jednou z možností je výše uvedený zemní kolektor. Pro 300m<sup>3</sup>/hod je dostatečná délka kolektoru ca 30m. Pokud nelze zemní kolektor použít, musíme zařadit elektrický předhřev nebo předřadit teplovodní výměník. Občas se používá i technologie snižování otáček ventilátoru vstupního vzduchu. Jde ovšem o metodu kontraproduktivní neboť tak dochází v objektu k vytváření podtlaku, který je například v případě radonové zátěže nepřijatelný.

## **Vlhkost v objektech s ohledem na řízené větrání**

Během zimního období klesá množství vody (vodních par) ve venkovním prostředí. Ohřátím vzduchu v rekuperátoru se sníží relativní vlhkost na nízkou hodnotu. Uživatelé rekuperačních jednotek si pak mohou stěžovat na suché prostředí v bytě. Výjimečné nejsou ani hodnoty relativní vlhkosti pod 15%. Z hygienického hlediska je minimální únosnou hranicí 30% relativní vlhkosti. Řešením je využít přirozeného zvlhčování. Vhodným zdrojem jsou například pokojové rostliny nebo aktivní zvlhčování. Poslední možností jsou rekuperátory se zpětným získáváním vlhkosti (viz dále kapitola „Zpětný zisk vlhkosti při řízeném větrání – nové dimenze větrání“).

## **Řešení radonové zátěže ve vnitřním mikroklimatu – řízené větrání**

Radon je plyn, který má při krátkodobém působení (dny až týdny) léčivé účinky. Toho je využíváno především v lázeňství. Bohužel při dlouhodobém působení je plynem nebezpečným a zdraví škodlivým. Jakožto radioaktivní nuklid je původcem rakovinných onemocnění, zejména rakoviny plic. V menší míře může zapříčinit i rakovinu krve – leukémii.

Radon je jeden z nejvzácnějších přírodních plynů. Přesto je všudypřítomný. Jedná se o plyn, který se projevuje velmi nenápadně. Když se projeví, je to spíše po delší době a bohužel se to týká našeho zdraví. Většina z nás má všeobecné povědomí, že před radonem je lepší se chránit. Nakonec i stavební řízení vyžaduje měření přítomnosti radonu v místě, na kterém se uvažuje se stavbou jakéhokoli objektu.

## **Pronikání radonu do objektů**

Radon je plyn, který má přirozenou schopnost unikat z prostředí s vyšší hustotou (geologické podloží, půdy) do prostředí vzduchu. Objemová aktivita ve volném prostředí je v řádu jednotek Bq/m<sup>3</sup>. Pokud ovšem postavíme unikajícímu radonu překážku např. základovou desku objektu. Začne se radon pod touto deskou hromadit a jeho koncentrace v půdě je mnohem vyšší.

Radon se z podloží dostává pomocí dvou základních jevů – difúze a konvekce. Konvekce hraje v migraci radonu majoritní roli. K průniku do objektu pak už stačí jen několik prasklin, puklin v podlaze, základové desce nebo obvodové zdi a vzniká problém.

Koncentrace radonu nejsou během roku konstantní. V letním období jsou objemové aktivity na nižší úrovni než v zimě. Radon se během dnů, kdy je země nasycena vodou kumuluje více. Navíc v zimním období vzniká v budovách tzv. komínový efekt. Přirozené teplotní vrstvení zapříčiňuje vytváření mírného podtlaku v nejnižším podlaží a v důsledku toho dochází k nasávání radonu do objektu.

Nápravná pasivní opatření u starších objektů vychází z možnosti utěsnit všechny netěsnosti v konstrukci přilehlé podlaží. Je nutné se soustředit i na netěsnosti kolem prostupů inženýrských sítí. V omezené míře je možné provést pasivní opatření aplikací protiradonových folií. Tuto činnost musí provést specializovaná firma.

Jednoznačně lze však prohlásit, že větrání objektu ve vyšší intenzitě než je obvyklé je zaručený způsob, jak se vypořádat s problematikou radonu.

Řízené větrání dává dobrý předpoklad k odvedení škodlivin mimo objekt a tím pádem snížit koncentraci radonu. Větrání musí být spolehlivě navrženo se zohledněním následujících aspektů:

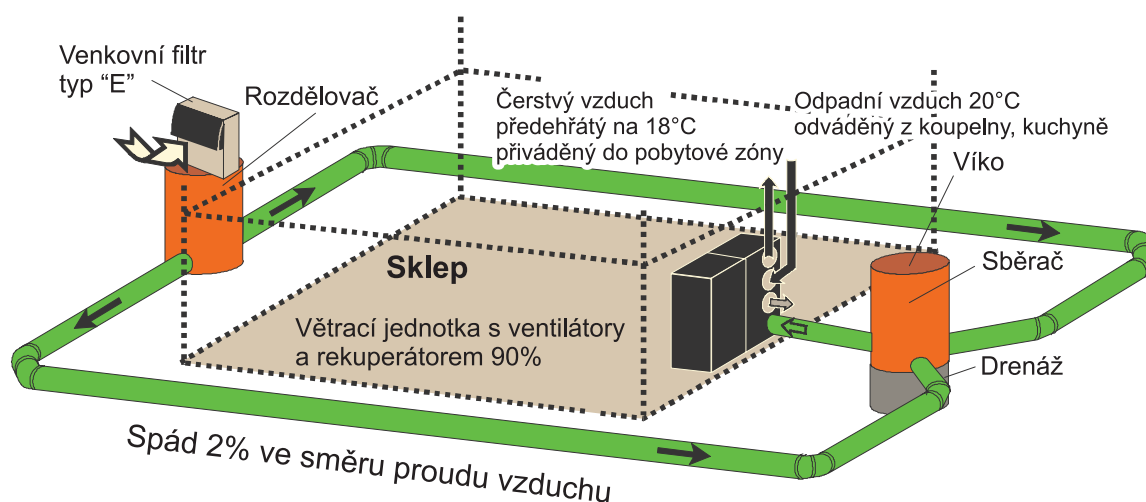
- přirozené větrání – pokud se změní návyky uživatelů je možné docílit zlepšení. Psychologicky je někdy složité změnit lety získaný návyk větrat v mrazivých dnech otevřením okna. Tím však dochází k největším tepelným ztrátám!
- Je naprosto nevhodné používat podtlakové větrání. Vytvoření podtlaku je spojeno s nasáváním většího množství radonu z podloží
- Z hlediska odvádění radonu je vhodným způsobem řízené přetlakové větrání. Zvýšení intenzity větrání je provázeno vyšší energetickou náročností v zimních měsících na pokrytí energetických ztrát
- Řízené větrání s rekuperací tepla umožňuje řádné provětrání objektu. Získaným benefitem je snížení popřípadě eliminování tepelných ztrát větráním.

Výhodou větrání s rekuperací tepla je to, že skutečně řeší problém bez ohledu na to, čím je způsoben. Navíc větrání řeší i odvod jiných škodlivin než radonu, které se tvoří ve vnitřním prostředí (pachy, kouř, těkavé látky z barev, lepidel nábytku a textilu)

## ► Využití zemních výměníků tepla ve spojení se zařízením pro bytové větrání s rekuperací tepla

Země jako sezónní zásobník sluneční energie se v poslední době stále častěji využívá u zemního výměníku tepla k předehřevu čerstvého vzduchu pro větrací zařízení. V létě se naproti tomu využívá chladu zeminy k ochlazení čerstvého vzduchu přiváděného do obytných místností.

Zemní výměník tepla (ZVT) tvoří potrubí uložené do země, kterým se nasává vzduch prostřednictvím ventilátoru rekuperační jednotky. Schéma je uvedeno na obrázku:





Sběrač s drenáží  
a vstup do domu



Dvě paralelní trubky zemního  
výměníku tepla umístěné 2 m vedle  
základové konstrukce

U kontrolovaného bytového větrání se ve vysoce účinném protiproudém kanálovém tepelném výměníku (rekuperátoru) z odváděného vzduchu získává zpět tepelná energie a tím se venkovní vzduch ohřívá např. z 0 °C na 18 °C. Při ochlazování odváděného vzduchu může docházet ke tvorbě kondenzátu. Za velmi nízkých venkovních teplot by mohla tato kondenzovaná voda na deskách rekuperátoru namrzat a tím omezovat, nebo zcela blokovat funkci rekuperátoru.

K tomu, aby při venkovních teplotách -3 °C mohl rekuperátor fungovat, je zapotřebí vzduch předehřívát. Použití výměníku tepla je pro předehřev optimální.

## ► Předehřívání vzduchu v zimě

Teplota zeminy se v zimě pohybuje mezi 4 a 8 °C. V zemním výměníku tepla se na výstupu dosahují následující hodnoty teploty vzduchu:

Venkovní teplota [°C]	- 15	- 9	- 7	- 4	- 10	- 15	- 10	- 20
Výstupní teplota vzduchu ze ZVT[°C]	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 2	+ 1	+ 2	0
V [m <sup>3</sup> /h]	200				140		160	
Průměr Ø [mm]	200				125		100	
Délka l [m]	23				42		40	
Hloubka uložení [m]	1,7				1,5		1	

Tabulka 1 - Předehřev vzduchu v zimě

Kromě toho nabízí ZVT cenově výhodnou variantu větrání a ochlazování místností v létě. To je velmi důležité u nově architektonicky řešených budov u kterých se příjemného, světlem zaplaveného vzhledu místnosti dosahuje využitím velkých skleněných oken, zimních zahrad a podobně.

## Ochlazování vzduchu v létě

Venkovní teplota [°C]	24	28	26	33	26	33
Výstupní teplota vzduchu ze ZVT[°C]	14	16	15	19	17	22
V [m <sup>3</sup> /h]	140		155		155	
Průměr Ø [mm]	125		100		100	
Délka l [m]	42		40		20	
Hloubka uložení [m]	1,5		1		1	

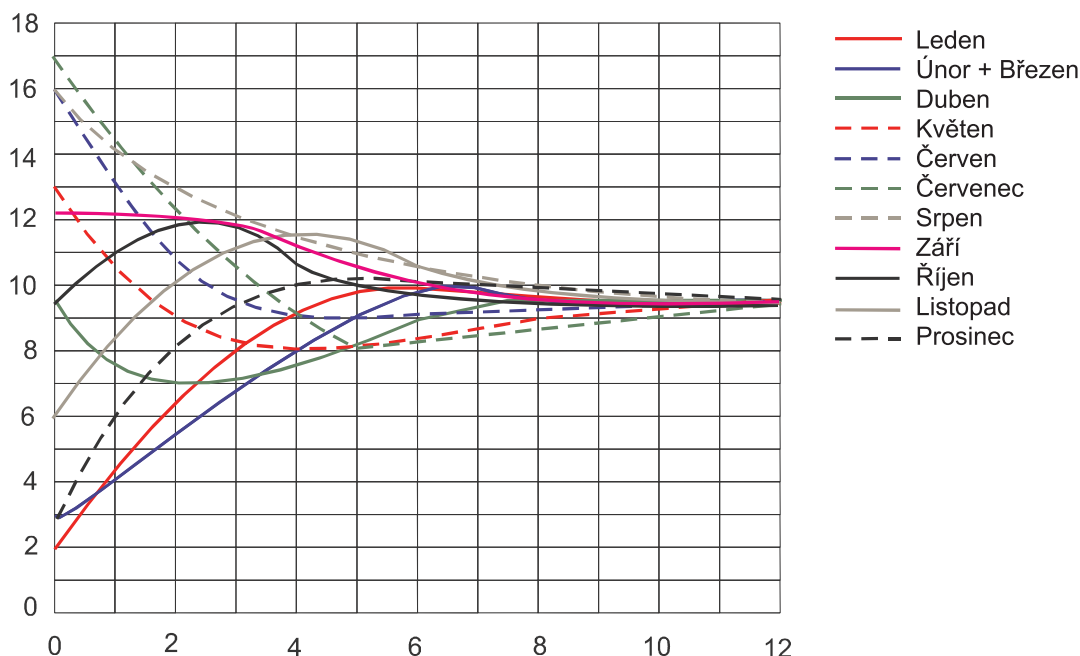
Tabulka 2 - Chlazení vzduchu v létě

Při ochlazování vzduchu v létě při venkovní teplotě 32 °C s 40% relativní vlhkostí vzniká 0,17 l kondenzátu za hodinu.

Jednoroční měření prováděné odbornou školou ve Winterthuru na zemním výměníku tepla v bytovém domě Hausäcker prokázala následující výsledky:

Průměrné denní teploty vzduchu na konci potrubí ZVT se do konce října pohybovaly ještě kolem 15°C a až počátkem prosince klesly tyto teploty na 5 °C. Během celé zimy však zůstaly nad bodem mrazu. Od března teploty opět vystoupily na 15 °C.

## Teplota zeminy v průběhu roku



Teplotní pole neporušené zeminy

## Faktory ovlivňující teplotní chování zemního výměníku tepla

Výstupní teploty vzduchu ze zemního výměníku tepla ovlivňuje celá řada faktorů, které je nutno chápat komplexně. Vlivy lze shrnout do rozsáhlého simulačního programu pro návrh ZVT. Tím lze zhruba předem vypočítat výstupní teplotu vzduchu. Při sledování dále popsanych tendencí vlivů a při dodržování pokynů pro dimenzování potrubí, lze zhruba docílit výstupní teploty vzduchu, uvedené v tabulkách viz výše.

a)	Ovlivňující faktor zemina/klima	Přenos tepla do zemního výměníku
1.	Vysoká hustota zeminy	↑
2.	Dobré zhutnění zeminy	↑
3.	Vysoký podíl jílu/hlíny	↑
4.	Vysoká vlhkost zeminy	↑
5.	Povrchová voda - průsak přes zemní výměník	↑
6.	Vysoká hladina spodní vody	↑
7.	Vysoký přenos slunečního tepla (na podzim) do zeminy	↑
8.	Krátká perioda období chladu (tepla)	↑
b)	Ovlivňující faktor dimenzování trubky	Přenos tepla do zemního výměníku
9.	Nízká rychlost proudění vzduchu	↑
10.	Velká délka trubky	↑
11.	Malý $\varnothing$ trubky a více paralelních trubek	↑
12.	Větší mezera mezi trubkami	↑
13.	Velká hloubka uložení max. 6 m	↑

Tabulka 3 - Ovlivňující faktory

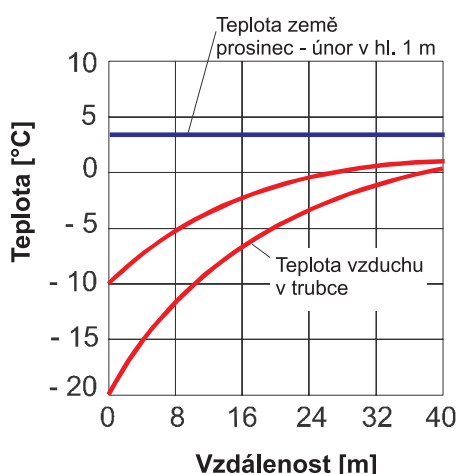
Vysoká měrná tepelná kapacita  $c_p$  zeminy znamená velkou schopnost akumulace solární energie (ve vztahu k 1 kg). Vysoká tepelná vodivost naproti tomu vypovídá o tom, že se teplo z okolních vrstev zeminy dobře transportuje k trubce zemního výměníku.

# Směrnice pro dimenzování zemního výměníku tepla

## Délka trubek

Je známo, že u 40m dlouhé podzemní trubky již po 1/3 délky dochází k ohřátí vzduchu o polovinu rozdílu teploty mezi vstupem a výstupem. To ukazuje, že nemá smysl používat příliš dlouhé trubky (delší než 35 m) – teplota vzduchu se asymptoticky přibližuje teplotě zeminy. Smysluplná délka trubky je od 25 do 35m a o průměru 150 až 200mm. Přitom se vzduch může vést rozděleně ve dvou paralelních větvích v délce každé větve 15 až 20m

Rozhodující je doba setrvání vzduchu v potrubí.



*Závislost teploty vzduchu na délce trasy v zemním výměníku tepla při různých vstupních teplotách (-10 a -20 °C) a průtočném množství 150 m<sup>3</sup>/h.*

*Trubka má Ø 100 mm a celkovou délku 40 m.*

## Maximálně dosažitelný ohřev vzduchu v zimě

Při navrhování ZVT se často klade otázka týkající se závislosti teploty vzduchu na délce potrubí a zvětšené hloubce uložení potrubí v zemi.

Je důležité, aby výstupní teplota vzduchu ze ZVT neklesla pod -3 °C, aby se v rekuperátoru tepla zabránilo namrzání kondenzátu. V opačném případě by bylo nutné rekuperátor rozmrazit: odpojení ventilátoru přiváděného vzduchu včetně jeho automatického řízení. To s sebou přináší ztrátu energie a porušení rovnováhy přiváděného a odváděného vzduchu (v budově pak dochází k infiltraci studeného vzduchu). Z grafu vyplývá, že tento bod (-3 °C) se u trubky o průměru 100mm (hloubka uložení 1m) dosahuje už po 25m. Další zvyšování výstupní teploty ze ZVT je nutno z energetického hlediska (zimní provoz) sledovat v souvislosti s provozem rekuperátoru.

Zvýšení účinnosti rekuperátoru (WRG) pomocí zemního výměníku tepla

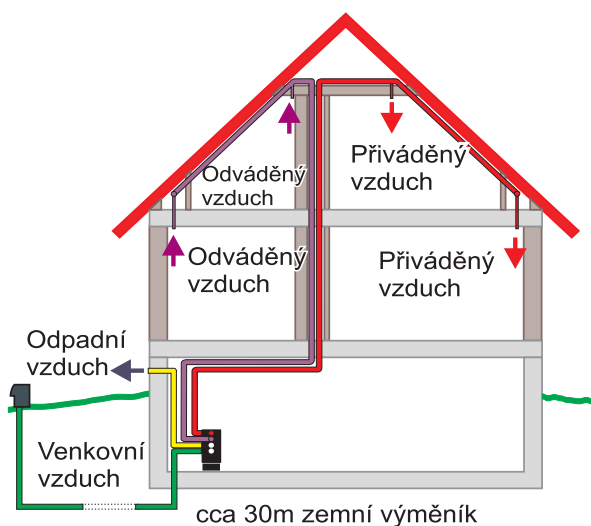
Ø WRG ... tepelná účinnost rekuperátoru

Ø EWT ... tepelná účinnost rekuperátoru se zemním výměníkem tepla

Předpoklady:

a) ZVT ohřívá venkovní vzduch z -15 °C na +2 °C, při délce 30m

b) ZVT ohřívá venkovní vzduch z -15 °C na +3 °C, při délce 40m



Okrajové podmínky:

- Trubka zemního výměníku  $\varnothing = 200 \text{ mm}$
- $t_{Au1} = \text{venkovní teplota: } -15 \text{ }^\circ\text{C}$
- $t_{Au2} = \text{výstupní teplota zemního výměníku}$
- $t_{Ab} = \text{teplota odváděného vzduchu: } +20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Hloubka uložení: 1,5 m

*Zemní výměník tepla v kombinaci s přístrojem na rekuperaci tepla (WRG)*

	Tepelná účinnost		Teplota přiváděného vzduchu $t_{Zu}$	
	bez zemního výměníku	se zemním výměníkem	bez zemního výměníku	se zemním výměníkem
	$\phi_{WRG}$	$\phi_{EWT}$		
<b>a) při délce zemního výměníku tepla 30 m</b>				
rekuperátor s křížovým výměníkem tepla	65 %	82 %	7,7 °C	13,7 °C
rekuperátor s protiproudým výměníkem tepla	75 %	87 %	11,2 °C	15,5 °C
rekuperátor s výměníkem tepla s protiproudovými kanálky (patent PAUL)	90 %	95 %	16,5 °C	18,2 °C
<b>b) při délce zemního výměníku tepla 40 m</b>				
rekuperátor s křížovým výměníkem tepla	65 %	82,9 %	7,7 °C	14 °C
rekuperátor s protiproudým výměníkem tepla	75 %	87,7 %	11,2 °C	15,7 °C
rekuperátor s výměníkem tepla s protiproudovými kanálky (patent PAUL)	90 %	95,1 %	16,5 °C	18,3 °C

Prodloužení trubky ZVT z 30m na 40m ovlivňuje zvýšení výstupní teploty ZVT nepatrně (cca 1 K), což se za rekuperátorem projeví jen zvýšením teploty přiváděného vzduchu o 0,1 až 0,3 K.

Zvýšení hloubky uložení trubky z 1 na 2m zvýší teplotu (v zimě) o 2 K. Další zvýšení hloubky ze 2 na 3m zvýší výstupní teplotu ještě asi o 1,5 K.

## Průměr trubky

Při porovnání výstupních teplot vzduchu lze konstatovat, že ohřev vzduchu je v menší trubce (při stejné délce) menší. To lze vysvětlit tím, že délka setrvání je poměrně malá. Doporučují se trubky o průměru 150 až 200mm. Průměry větší než 200mm vytvářejí jádro proudu, které se jen málo podílí na tepelné výměně na stěně trubky.

## Zvlněná nebo hladká trubka?

Výše uvedené jádro proudu vzduchu lze přeměnit uvnitř zvlněné trubky do turbulence, čímž se sice zlepší přestup tepla, ale současně se zvýší ztráta tlaku a tím i spotřeba elektrické energie ventilátoru. Dále kvůli odtoku kondenzátu a případnému odtoku proplachovací vody při čištění by trubka ZVT měla mít hladké vnitřní stěny a měla by se pokládat zhruba s 2% sklonem směrem k domu.

	Výhody	Nevýhody
<b>Zvlněná trubka</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dobrý přestup tepla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vysoká ztráta tlaku (vyšší spotřeba elektrické energie)</li> <li>• kondenzát nemůže (nebo může jen špatně) odtékat</li> <li>• kondenzát zůstává ležet ve zvlnění trubky (tvorba zárodků plísní)</li> <li>• usazování nečistoty v "dolíčkách" zvlnění trubky</li> <li>• hůře se čistí</li> </ul>
<b>Hladká trubka</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• menší ztráta tlaku (spotřeba elektrické energie)</li> <li>• dobrý odtok kondenzátu</li> <li>• dobře se čistí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• trochu horší přestup tepla (závisící na drsnosti a průměru)</li> </ul>

## Paralelní trubkové registry

Při pokládání dvou nebo více paralelních větví je v každé větvi nutno dbát na zhruba stejné ztráty tlaku, aby se zaručilo rovnoměrné proudění (doba setrvání) vzduchu v každé větvi.

Zemním výměníkem tepla by stále měl proudit vzduch – nehybný vzduch by mohl způsobit zápach.

## Materiál trubek

Pro průchod tepla v hraniční vrstvě mezi trubkou a zeminou jsou rozhodující podmínky přestupu tepla vnitřní stěna – vzduch. Materiál trubky jako takový má v důsledku jeho relativně vysoké tepelné vodivosti druhořadý význam. Nejslabší článek v procesu přenosu tepla je součinitel přestupu tepla (na straně vzduchu) a ten právě celý proces přenosu tepla determinuje.

Dosud nejmenovanou veličinou je drsnost povrchu. Rozdíl mezi drsnostmi plastové a betonové trubky je velmi podstatný. Rozdíly neovlivní jen velikost součinitele přestupu tepla, ale i zvýšení ztráty tlaku a tím i spotřeby energie ventilátoru.

Pro ZVT se používají potrubí z materiálů:

- plastové trubky z tvrdého PVC
- polypropylenové trubky
- kameninové trubky (DIN 1230, DIN EN 295)
- betonové trubky (DIN 4032, DIN 4035)
- vláknocementové trubky (DIN 19840, DIN 19850)
- Litinové trubky (DIN 19522)

## ➤ Venkovní předřazený vstupní filtr vzduchu



Pro návrh zemního výměníku tepla je důležité zabudování předřazeného filtru pro čištění nasávaného vzduchu. Tím se zaručí, aby se na stěnách trubek nemohl usazovat prach a pyl. Zamezí se tím také tvorbě kultur bakterií a mikroorganismů. U nefiltrovaného vzduchu je usazování prachu v trubce velice pravděpodobné – tloušťka vrstvy prachu a složení prachu a mikroorganismů jsou uživateli zpravidla neznámé. Usazeniny na filtru lze oproti tomu velmi dobře pozorovat. Výměna filtru je také podstatně levnější a méně komplikovaná než čištění potrubí.

Důležitá je pravidelná kontrola filtru a jeho výměna podle potřeby (zpravidla po 4 – 87 měsících). Na ochranu vysoce hodnotného filtračního materiálu je předřazena hrubá filtrační síťka filtrační kazety. Konstrukce filtru je provedena tak, aby způsobovala co nejmenší tlakovou ztrátu (asi 10Pa ztráty tlaku)

## Umístění předřazeného vstupního filtru

Nasávání vzduchu by se mělo provádět v místě se suchým vzduchem, tedy ne v okolí vlhkého biotopu, rybníka apod. Kvůli kontrole a výměně filtru by se mělo volit snadno přístupné místo. Bod nasávání by neměl být v blízkosti kompostu a v hustě osázené zóně. Nasávání by nemělo být blízko u země aby se zabránilo nasávání větrem zviřeného prachu. Při umísťování filtru je nutné zajistit, aby k němu neměly přístup cizí osoby, které by mohli zařízení úmyslně poškodit. Jako vhodné místo se jeví například místnost na zásoby nebo na jízdní kola, na zadní stranu přístřešku pro auta apod.

## Obtok (by-pass)

Vzduch ochlazovaný v ZVT v létě by se měl ve větrací jednotce vést obtokem kolem rekuperátoru (mimo zónu kudy je odváděn použitý vzduch). Z důvodu již zmíněného možného zamrzání kolem trubky ZVT je nutné zamezit křížení nebo vedení vodovodního potrubí pod trubkou výměníku. Minimální vzdálenost je 1 m.

## Pokládání trubek ZVT a odvádění kondenzátu

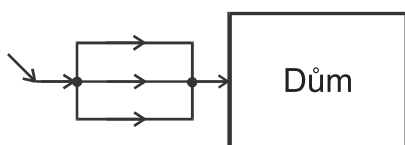
Dále jsou uvedeny příklady správného půdorysu uložení trubek pro ZVT

## ► Pokyny pro pokládání trubek a odvádění kondenzátu

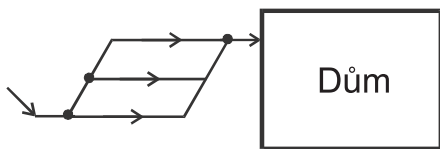
### Možnosti uložení zemního výměníku tepla

Půdorys

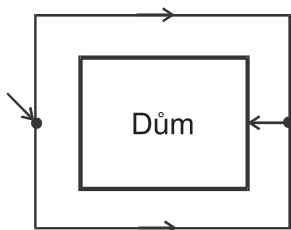
a) Žebřinové uložení



Z hlediska proudění technicky vhodnější položení žebřin:

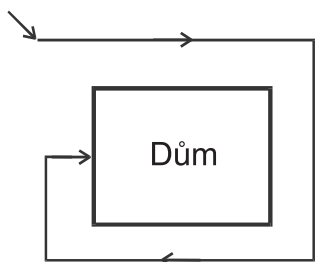


b) Dvě polosmyčky

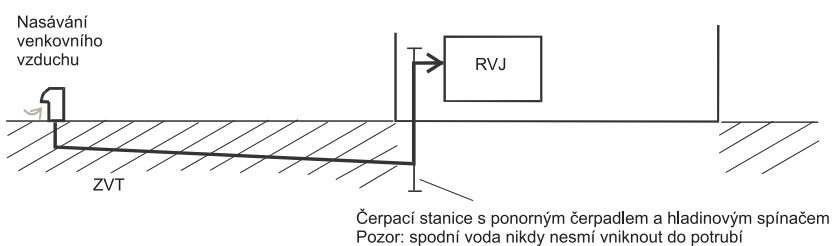
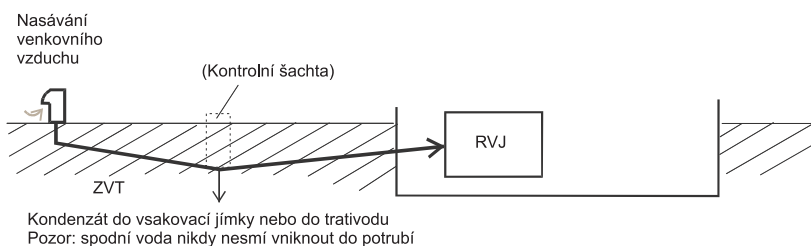
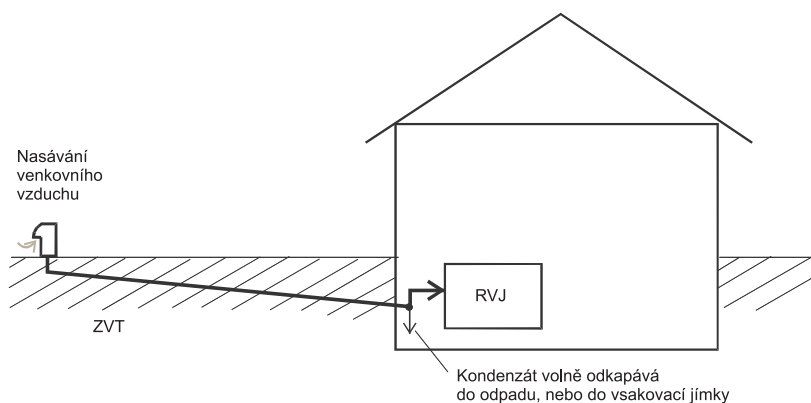


Vzdálenost trubek navzájem a vzdálenost mezi trubkou a domem by neměla být menší než 1 m

### c) Jednotrubkové pokládání

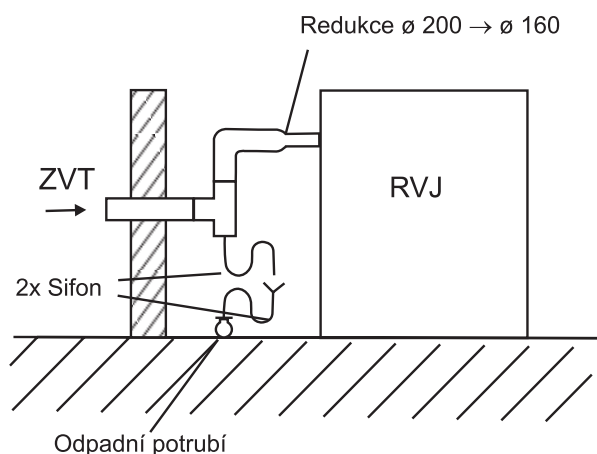


### Možnosti odvádění kondenzátu z trubek ZVT:



Pokud je kondenzát napojen pouze jedním sifonem přímo na odpadní trubku, může při vyschnutí sifonu docházet k tomu, že se vzduch (a s ním i zápachy) budou z odpadní trubky přísávat do proudu venkovního vzduchu. Aby se tomu zabránilo, měl by se kondenzát nechat volně odkapávat prvním sifonem. Trychtýřem a druhým sifonem se pak bude kondenzát odvádět do odpadního potrubí. Aby se oddálilo vysychání sifonu, mělo by se na obou stranách sifonu přidat trochu oleje.

## Konstrukce sifonu



### ZVT z hygienického hlediska

Zařízení ZVT se posuzovalo Ústavem hygieny a fyziologie práce švýcarského vysokého učení technického v Curychu na 12 realizovaných zařízeních ZVT. Byla sledována koncentrace mikroorganismů ve srovnání s venkovním vzduchem. Na třech zařízeních se pokusy opakovaly čtvrtletně, aby bylo možné zjistit změny v jednotlivých ročních obdobích.

Ověřovala se zařízení se ZVT ve:

- čtyřech rodinných domcích
- dvou bytových domech
- šesti větších budov pro různá využití

Ve většině zařízení byla koncentrace zárodků ve vzduchu na konci ZVT nižší než ve venkovním vzduchu. Nejmarkantnější rozdíly byly zjištěny u větších staveb. V rodinných domech byly ojediněle naměřeny vyšší koncentrace ve vzduchu ZVT než ve venkovním vzduchu. Použité filtry, zabudované za ZVT (na vstupu do rekuperátoru) však výrazně snížily počet zárodků, takže přiváděný vzduch u všech zařízení obsahoval výrazně méně bakterií a spor plísní než venkovní vzduch.

### Celoroční průběh

Výkyvy koncentrace škodlivin venkovního vzduchu, které kromě ročního období ovlivňují také geografické a meteorologické faktory, jsou vždy zřejmé ještě ve vzduchu zemního výměníku. Když vzduch projde filtrem, jsou rozdíly mezi ročními obdobími a zařízeními s filtry stejné kvality velice malé. Zvláště u větších zařízení s filtrem na jemný prach byla koncentrace škodlivin v přivodním vzduchu celoročně velmi nízká. Jako výhoda se ukazuje zabudování velkoplošného předfiltru v místě nasávání vzduchu do ZVT. Už zde se zachycuje prach a mikroorganismy. Je nutné dbát na dobré utěsnění mezi filtrační kazetou a tělesem filtru.

V případě zvýšených hygienických požadavků na kvalitu vzduchu lze dalšího snížení množství bakterií a spor dosáhnout použitím jemného filtru.

Před zprovozněním by se mělo provést důkladné vyčištění potrubí ZVT. Dále je nutné věnovat pravidelně pozornost jak ZVT tak ostatním komponentům větrací soustavy.

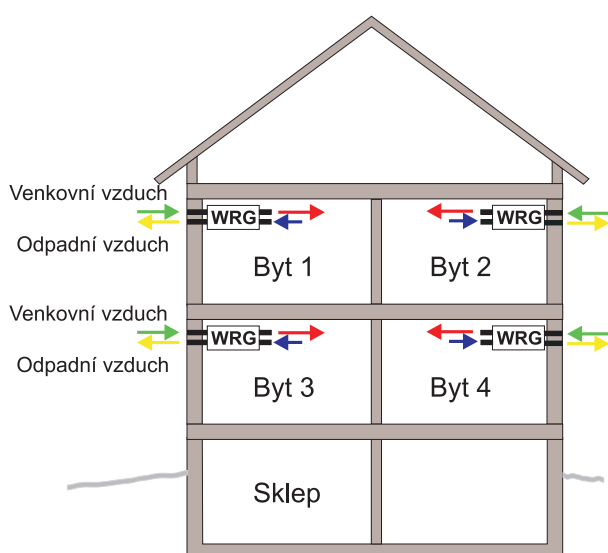
## ➤ Systémy řešení větrání s rekuperací v bytových domech

Nabízí se několik variant řešení:

- a) centrální řešení – pro celý dům je použita jedna větrací jednotka (varianta 7)
- b) decentrální řešení – pro každý byt je použita samostatná jednotka (varianta 1, 2, 3, 4)
- c) semi-decentrální řešení – v každém bytě je použit jen výměník tepla nebo jen ventilátor (varianta 5 a 6)

### Varianta 1

Budova s větrací jednotkou s rekuperací tepla v každém bytě.



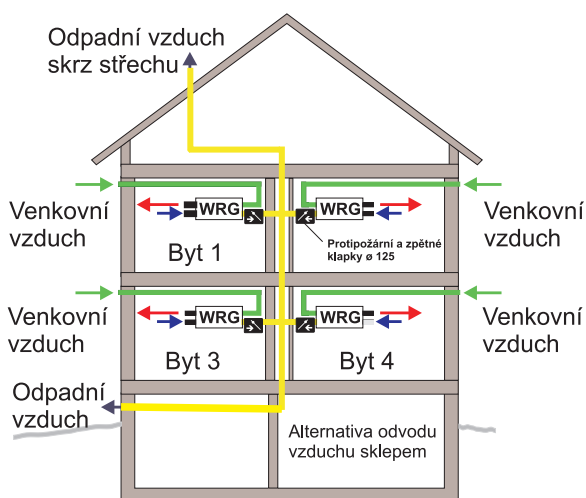
### Výhody:

1. Intenzitu větrání lze nastavit individuálně pro každý byt
2. Rekuperační zařízení pracuje samostatně pro každý byt, tedy využívá teplo z odváděného vzduchu dotčeného bytu k ohřevu přírodního vzduchu (na rozdíl od Variant 6 a 7)
3. Větrací systém je instalován samostatně v každém bytě a je vyloučeno propojení s jinými byty a tím i případné "újmý od sousedů" prostřednictvím:
  - a) pronikání pachů (vůní)
  - b) šíření požáru
  - c) přenos zvuků (telefonní efekt)
  - d) intenzivního větrání

## Nevýhody:

1. Každý byt je vybaven samostatným montážním kompletem - to představuje sice vyšší investiční náklady, jsou ale na druhé straně redukovány, protože nejsou nutná:
  - protipožární opatření
  - dlouhé centrální rozvody s nutností tepelných izolací
2. Nutné dva otvory na fasádě pro každý byt (pro přívod a odvod vzduchu).
3. Nutná zvýšená pozornost při projektování - je nutno vyloučit nasávání odpadního vzduchu do proudu přiváděného čerstvého vzduchu.

## Varianta 2



Budova s centrálním odvodem odpadního vzduchu, protipožárními a zpětnými klapkami, větrací jednotka s rekuperací tepla v každém bytě a přívody venkovního čerstvého vzduchu decentrálně pro každý byt.

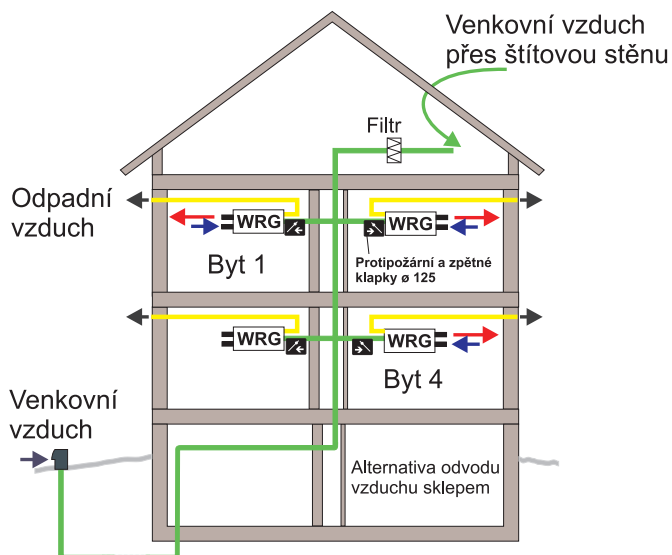
## Výhody:

1. Intenzitu větrání lze nastavit individuálně pro každý byt.
2. Rekuperační zařízení pracuje samostatně pro každý byt, tedy využívá teplo z odváděného vzduchu dotčeného bytu k ohřevu přivodního vzduchu (na rozdíl od Variant 6 a 7).
3. Nasávaný vzduch nemůže být smíchán s odpadním vzduchem (pod střechnou nebo štítovou stěnou).

## Nevýhody:

1. K ochraně proti požáru je nutné v každém bytě osadit protipožární a zpětnou klapku na potrubí zaústěné do centrálního odvodu odpadního vzduchu.

### Varianta 3



Budova s centrálním přívodem venkovního vzduchu a decentrálními odvody odpadního vzduchu, protipožárními a zpětnými klapkami. Větrací jednotka s rekuperací tepla v každém bytě.

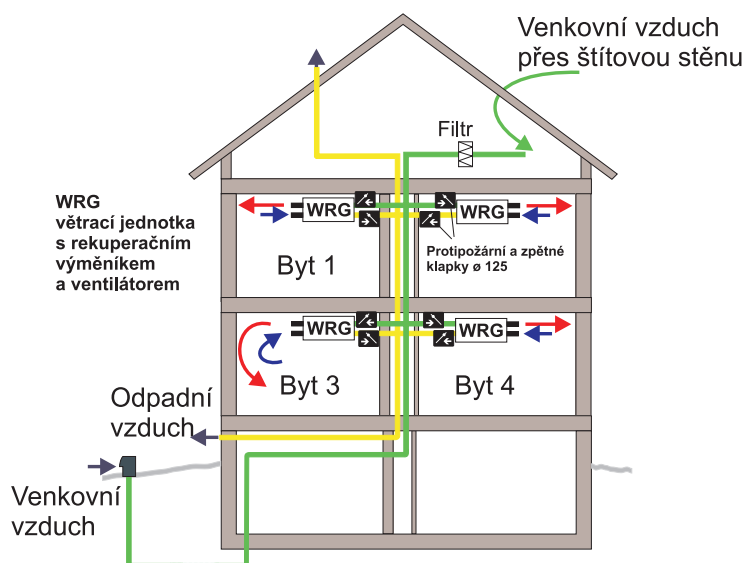
### Výhody:

1. Výhody 1 a 2 jako u Varianty 1
2. Nasávaný venkovní vzduch (centrálně, např. ve štítové stěně půdního prostoru) nemůže být smíchán s decentrálně vyfukovanými proudy odpadního vzduchu.
3. Centrálně nasávaný venkovní vzduch může procházet přes zemní výměník.

### Nevýhody:

1. K ochraně proti požáru je nutné v každém bytě osadit protipožární a zpětnou klapku na potrubí zaústěné do centrálního odvodu odpadního vzduchu.

### Varianta 4



Budova s centrálním přívodem venkovního vzduchu i centrálním odvodem odpadního vzduchu, protipožárními a zpětnými klapkami a větrací jednotkou s rekuperací tepla v každém bytě.

## Výhody:

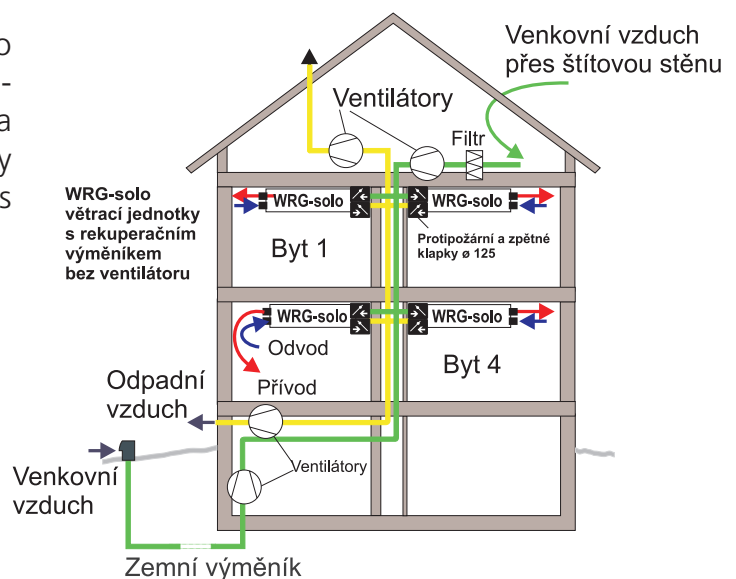
1. Výhody 1 a 2 jako u Varianty 1
2. Centrální sání venkovního vzduchu může být umístěno tak, aby bylo vyloučeno přimíchávání odpadního vzduchu.
3. Centrálně nasávaný venkovní vzduch může procházet přes zemní výměník.

## Nevýhody:

Na každé přípojce bytu k centrálnímu přívodu venkovního vzduchu i k centrálnímu odvodu odpadního vzduchu je nutné osadit protipožární a zpětnou klapku.

## Varianta 5

Budova s centrálním přívodem venkovního vzduchu i centrálním odvodem odpadního vzduchu, centrálními ventilátory a protipožárními a zpětnými klapkami a filtry venkovního vzduchu a větrací jednotkou s rekuperací tepla v každém bytě.



## Výhody:

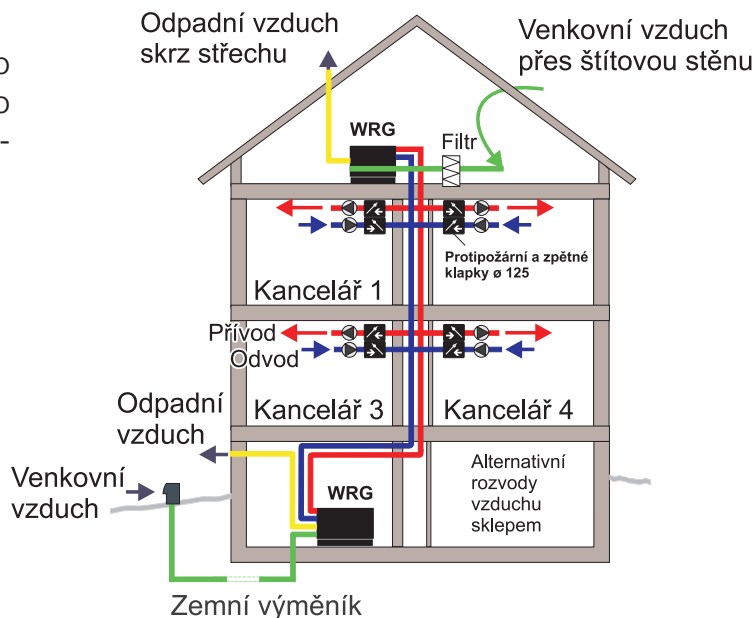
1. Výhoda 2 jako u Varianty 1
2. Při centrálním umístění ventilátoru se jeho hluk méně přenáší do bytových okruhů, ale pozor:
  - velké centrální ventilátory musí být při umístění do půdního prostoru dobře odhlučněny, jinak je hluk přenášen do nejvyššího podlaží.
  - při použití malých tichých ventilátorů v bytech u Variant 1 - 4 a 6 problémy s hlukem nebudou.
3. Otvory pro nasávání venkovního vzduchu popř. výfuk odpadního vzduchu mohou být situovány tak, že nedochází ke směšování.
4. Centrálně nasávaný venkovní vzduch může procházet přes zemní výměník.

## Nevýhody:

1. Intenzita větrání je centrálně nastavena prostřednictvím obou centrálních ventilátorů, individuální ovlivnění je možné jen omezeně. K tomu musí mít centrální ventilátory možnost regulace.

## Varianta 6

Budova s centrálním přívodem venkovního vzduchu i centrálním odvodem odpadního vzduchu, decentrálními ventilátory a centrálním výměníkem tepla.



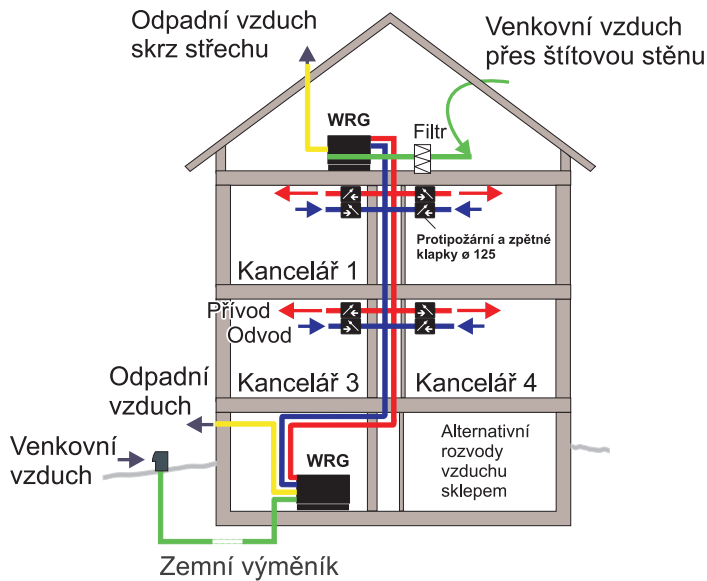
## Výhody:

1. Intenzitu větrání lze regulovat decentrálními ventilátory.
2. Otvory pro nasávání a výfuk vzduchu je možné vzájemně situovat tak, aby nedocházelo ke směšování proudů vzduchu.
3. Centrálně nasávaný venkovní vzduch může procházet přes zemní výměník.

## Nevýhody:

1. Centrální výměník tepla pracuje se směsí vzduchových proudů z jednotlivých bytů, nerozlišuje tedy příspěvek jednotlivých bytů, a naopak přívodní vzduch je do jednotlivých bytů dodáván se stejnou teplotou.
2. Na každé přípojce bytu k centrálnímu přívodu venkovního vzduchu i k centrálnímu odvodu odpadního vzduchu je nutné osadit protipožární a zpětnou klapku.

## Varianta 7



Budova s centrálním přívodem venkovního vzduchu i centrálním odvodem odpadního vzduchu, bytovými protipožárními a zpětnými ventilátory a centrální větrací jednotkou s rekuperací tepla.

### Výhody:

1. Rekuperační jednotka s ventilátory není umístěna v prostoru bytů, tzn. úsporu místa a žádný zdroj hluku v bytě.

### Nevýhody:

1. Centrální výměník tepla pracuje se směsí vzduchových proudů z jednotlivých bytů, nerozlišuje tedy příspěvek jednotlivých bytů, a naopak přívodní vzduch je do jednotlivých bytů dodáván se stejnou teplotou.

## ➤ Zpětný zisk vlhkosti

Těsný dům vybavený komfortním větráním získává na základě řízené výměny vzduchu v kritických zimních obdobích vyšší hodnoty vzdušné vlhkosti než je tomu u netěsných budov postavených například v 60tých letech.

Trvalý odvod vzduchu a tím i odvod vlhkosti není u větracího zařízení nekontrolovaný jako při větrání okny, ať už aktivně nebo infiltrací netěsným oknem. Výměna vzduchu je exaktně nastavena na optimální hodnotu. To platí především pro domy, které jsou obývány jednou osobou nebo nejsou dočasně obydleny vůbec. V takovém případě je výměna snížena na nezbytné minimum.

U jednotek PAUL je možné každý větrací stupeň nastavit. Pro regulaci správné relativní vlhkosti se nabízejí čtyři varianty:

### Zvýšení průtoku vzduchu při překročení max. vlhkosti

Intenzita větrání bude trvale nastavena na nízkém stupni. Relativní vlhkost je sledována čidlem vlhkosti. Při docílení limitní hodnoty je sepnuto tzv. rázové větrání. Toto maximální větrání je aktivní tak dlouho, dokud je překročena hranice max. vlhkosti. Tím je zamezeno přílišnému hromadění vlhkosti nebo naopak vysoušení vzduchu

### Decentrální zvlhčování

Nejjednodušší způsob decentrálního zvlhčování je pomocí pokojových rostlin, které předávají do vzduchu určité množství vody. Na základě určitých návyků je možné přenášet vlhkost v rámci bytu, např. nechat po koupeli otevřené dveře do koupelny nebo po umytí nádobí nechat otevřenou myčku. Svoji funkci velmi dobře plní jednoduché přenosné zvlhčovače vzduchu založené na principu odpařování. Pro zmenšení kolísání vlhkosti je vhodné v budovách využívat materiály schopné pohlcovat a zpět vydávat vlhkost (sádra, dřevo)

### Aktivní zvlhčování

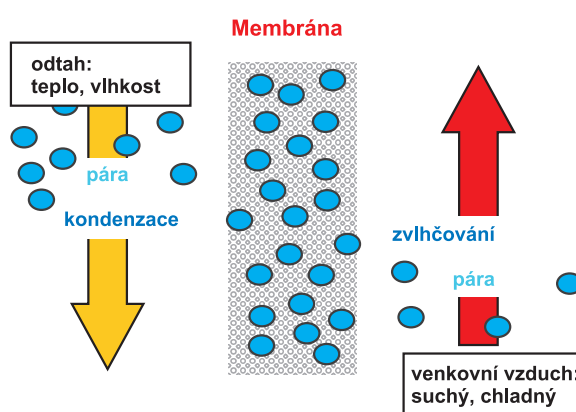
Intenzita větrání se přizpůsobuje uživatelskému nastavení například časovému programu, který je modifikován podle individuální potřeby. Při snížené vlhkosti se prostřednictvím čidla aktivuje parní zvlhčování směrem do čerstvého přívodního vzduchu. Při dosažení požadované vlhkosti je zvlhčování vypnuto. Intenzita parního zvlhčování je řízena analogově. Příliš suchý vzduch se vyskytuje méně než vzduch s vysokou vlhkostí. Větrání probíhá bez omezování výměny vzduchu. Kondenzace páry uvnitř potrubí je omezována čidlem v potrubí

### Zpětné získávání tepla a vlhkosti speciálním výměníkem

Při používání výměníku vlhkosti může být velká část vlhkosti z odváděného vzduchu získávána zpět do vzduchu přiváděného. Byty s malou produkcí vlhkosti a tomu odpovídající vzdušnou vlhkostí tím docílí výrazného zlepšení. Konstrukce výměníku s důsledně odděleným přívodem a odvodem vzduchu zaručuje maximální hygienický provoz.

## Fyzika přenosu vlhkosti membránou výměníku

Pára vlhkého odtažovaného vzduchu kondenzuje na studených plochách membrány. Kondenzace probíhá při teplotách nižších než je teplota rosného bodu. Membrána v sobě obsahuje velmi vysoký obsah soli a absorbuje vzdušnou vlhkost jako houba. Podobně jako se transportuje voda v rostlinách, putují molekuly vody na základě osmotického principu ve formě kapaliny skrz membránu. Pohyb molekul je dán rozdílem koncentrací vlhkosti mezi stranou přívodního venkovního vzduchu a stranou nasyceného odtažovaného vzduchu. Na straně venkovního vzduchu se voda z plochy membrány odnímá a nasycuje přívodní vzduch. Největší díl soli je chemický a pevně vázaný na materiál membrány, takže nemůže být vodou odnímán a vyplavován.



## Spolehlivá bariéra pro pach a mikroorganismy

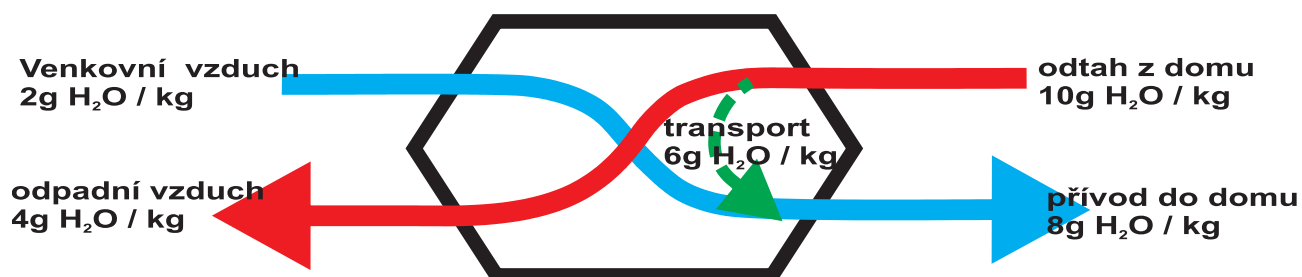
Membrána transportuje molekuly vody díky vysoké dielektrické konstantě a malým rozměrům. V provozu se chová jako nasycený roztok soli, který dokáže minimalizovat absorpci nepolárních molekul jako je např. metan nebo hydrogensulfidy. Dokonce ani metanol, silný dipól, nebude absorbován. Membrána nemá žádné póry na základě toho mohou plyny skrz membránu pouze difundovat. Mikroorganismy mají ve srovnání s molekulou vody mnohem větší rozměry a proto nemohou membránou projít.

Navíc vysoký obsah soli v membráně funguje antibakteriálně. Bakterie, kvasinky, plísně a ostatní mikroorganismy, které byly doposud testovány - nerostou na ploše membrány. Mikroorganismy umírají na inertním povrchu výměníku během několika dní i přestože zde mohou existovat optimální podmínky pro jejich vegetaci- tedy relativní vlhkost vzduchu kolem 80% a teplota cca. 25 °C pro plísně a 35 °C pro bakterie. Tato vlastnost je shodná pro nové i starší typy plastových membránových výměníků.

Metoda byla poprvé použita v roce 1997 a prakticky je ve větší míře do domácností nasazována od roku 2005.

Filtrace odváděného vzduchu z míst odsávání (WC, koupelny, kuchyně) se doporučuje provádět pomocí předřazeného filtru (FEVF 220-220-30 až 50). Čištění výměníku se doporučuje provádět suchou cestou pomocí vysavače. Testy stárnutí předpokládají životnost výměníku kolem 15 let.

## Rekuperace se zpětným získáváním vlhkosti



## Firma Paul Wärmerückgewinnung GmbH vstupuje na český trh

### Kontrolované větrání bytů a rodinných domů

Trvalý tlak na snižování tepelných ztrát budov vyvolaný postupným zdražováním všech energií na vytápění vede k razantnímu zlepšování tepelných parametrů budov. Projektanti nuceni stále se zpřísnujícími požadavky norem i požadavky investorů navrhují obvodové stěny, okna i střešní plášť se stále vyššími tepelnými odpory a souběžně se zlepšuje těsnost těchto obvodových konstrukcí. Tato úsporná opatření přinášejí úspory nákladů na vytápění. Pokud ale není souběžně s nimi řešena **otázka dostatečného větrání**, mohou se projevit velmi negativně na zhoršení vnitřního klimatu obytných prostor, kondenzaci vlhkosti, vzniku plísní a dlouhodobě mohou vést i k poruchám staveb.

Pokud u těchto moderních staveb chceme odstranit výše uvedené nedostatky, musíme obytné prostory vybavit nuceným větráním s dostatečnou intenzitou (kontrolovaným větráním). Tím ale do značné míry negujeme přínosy získané dokonalým zateplením a utěsněním bytu nebo rodinného domu. Tepelná ztráta větráním zde totiž tvoří až 50% celkových tepelných ztrát objektu.

Elegantním řešením, které se stále více prosazuje, je zařadit do systému větrání budovy zařízení umožňující zpětné získání tepla z odváděného vzduchu, tzv. **rekuperační jednotku**. Tímto teplem se pak ohřívá čerstvý vzduch přiváděný do budovy. Jednou ze špičkových evropských firem, která se specializuje na dodávky rekuperačních jednotek v širokém sortimentu nabídky, je německá firma **Paul Wärmerückgewinnung GmbH**, zastupovaná na českém a slovenském trhu firmou ADAN – úspory energie, s.r.o.

Rekuperační jednotky Paul jsou využívány převážně jako řešení kontrolovaného větrání objektů pro bydlení, případně i odvlhčování vnitřních bazénů. Jedná se jak o klasické RD, nízkoenergetické domy tak i pasivní domy. Předností jednotek Paul je především flexibilita jejich použití pro libovolné vytápěcí soustavy (sálavé velkoplošné - podlahové i stěnové, klasické s otopnými tělesy a samozřejmě i teplovzdušné). Použití jednotek Paul je východiskem pro rekonstrukce i novostavby s trvalým výskytem vlhkosti, která bývá neodborně uzavřena těsnou "schránkou" zateplení a oken. Kontrolované větrání, které se ve vyspělých státech stává standardem zakotveným v normách a zákonech, bude jistě stále více diskutovanou otázkou i v ČR.

### Efekty

Použitím rekuperátoru se sníží tepelné ztráty větráním o 50 - 70%, což představuje výrazné úspory nákladů na vytápění a současně samozřejmě i ekologické přínosy v úsporách pevných, plyných paliv, popř. elektřiny na vytápění. Úspory se projeví ve snížení produkce CO<sub>2</sub> z emisí při spalovacích procesech.

S těmito výraznými úsporami energie se stává smysluplným a atraktivním využití obnovitelných zdrojů energie. Solární systém nebo tepelné čerpadlo mohou být dimenzovány na nižší tepelný výkon, vychází levněji a s rekuperačními systémy se velmi dobře doplňují.

## Pozice na trhu

V současné době vyrábí firma Paul Wärmerückgewinnung GmbH více než 1000 rekuperačních jednotek ročně a je vedoucí firmou na německém trhu. Vyplývá to z různých průzkumů trhu, podle kterých nabízí v Německu tyto přístroje asi 67 výrobců a dovozců a na každého v průměru připadá 165 - 400 přístrojů z celkového prodeje. Průměrný prodej firmy Paul je tedy 2 - 5 x vyšší.

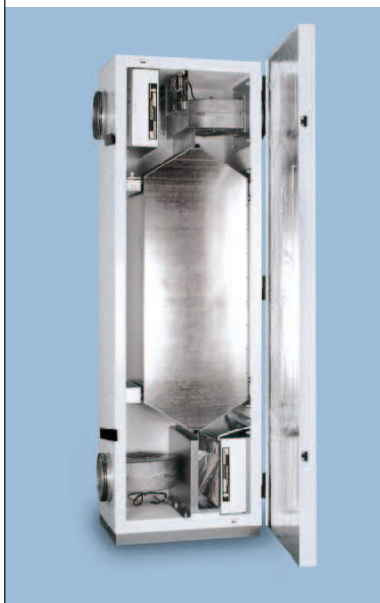
Firma má v Německu 35 obchodních a montážních zastoupení. V Evropě pak 6 zastoupení (Rakousko, Belgie, Lucembursko, Francie, Itálie a Turecko).

## Přehled výrobků firmy Paul

### Atmos 175 DC

*výměník s plochou 60 m<sup>2</sup>*

Množství vzduchu při 100 Pa  
do 300 m<sup>3</sup>/h  
3 modely



### Thermos 200/300 DC

*jednotka s celosvětově  
nejvyšší účinností*

Množství vzduchu při 100 Pa  
do 250 m<sup>3</sup>/h (thermos 200 DC)  
do 400 m<sup>3</sup>/h (thermos 300 DC)

### Multi 100/150 DC

*jednotka určená k vestavbě  
do skříní*

Množství vzduchu při 100 Pa  
do 130 m<sup>3</sup>/h (multi 100 DC)  
do 160 m<sup>3</sup>/h (multi 165 DC)



### Climos 100/150 DC

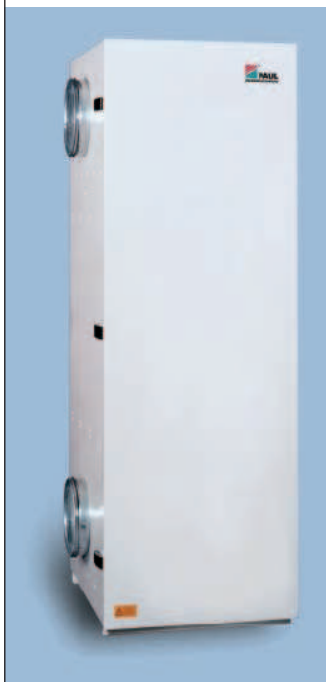
*nízká výška - jen 22 cm  
do panelových domů*

Množství vzduchu při 70 popř.  
100 Pa  
do 100 m<sup>3</sup>/h (climos 100 DC)  
do 150 m<sup>3</sup>/h (climos 150 DC)

### Campus 500 DC

*jednotka do větších objektů*

Množství vzduchu při  
100 Pa do 600 m<sup>3</sup>/h



### Kompakt 350 DC

*jednotka s tepelným  
čerpadlem pro pasivní domy*

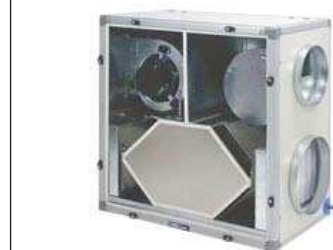
Množství vzduchu do 360 m<sup>3</sup>/h  
Tepelný výkon: 3,3 kW



### Santos 250 DC

*zpětné získávání vlhkosti*

Množství vzduchu při  
100 Pa do 280 m<sup>3</sup>/h



800 DC



### Rotor

*větrání obřích objektů*

Množství vzduchu  
2.000 - 20.000 m<sup>3</sup>/h



### Tantalos 500 DC

*zpětné získávání vlhkosti*

Množství vzduchu při  
100 Pa do 500 m<sup>3</sup>/h



2000 DC

### Maxi

800 DC, 1200 DC, 2000 DC,  
3000 DC, 4000 DC, 6000 DC  
*vyšoká účinnost i u velkých  
aplikací*

Množství vzduchu při 100 Pa  
800 - 6.000 m<sup>3</sup>/h

## Jak vybrat správnou větrací jednotku s rekuperací tepla

Na trhu je větší množství větracích jednotek, které lépe nebo hůře splňují základní požadavek – řízené větrání se zpětným ziskem tepla. Zde je několik pohledů, které Vám pomohou vybrat správně.

### Čistá rekuperace versus teplovzdušné vytápění s rekuperací

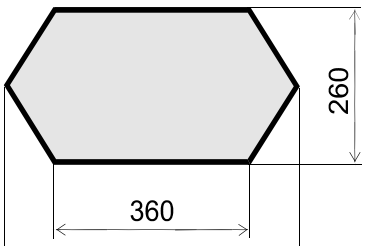
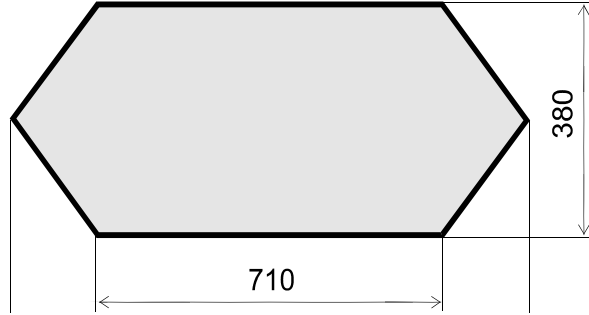
Větrací jednotky dělíme na jednotky pro čistou rekuperaci a jednotky teplovzdušné (ty jsou zároveň jednotky vytápěcí). Porovnání typického teplovzdušného systému s výrobky firmy Paul naleznete v následující tabulce.

	<b>Teplovzdušné vytápění s cirkulačním vzduchem a rekuperací tepla</b>	<b>Kontrolované bytové větrání (komfortní) kombinované s odděleným vytápěním PAUL</b>
1.	Zařízení slouží jako kombinovaná jednotka na větrání a vytápění.	Jednotka je čistě větrací, lze použít i jako jednotka vytápěcí, pokud je doplněna ohřivačem vzduchu. Většinou je kombinována s externí otopnou soustavou.
2.	Účinnost rekuperátoru je na nižší úrovni, i z toho důvodu je nutné vzduch ohřívat	Účinnost zpětného zisku tepla je více než 95% v celém rozsahu otáček (jednotka termos 300)- není nutné vzduch přehřívat
3.	Nižší tepelná pohoda z důvodu přenosu tepla konvekci- prouděním*. Pocitově je nutné udržovat vnitřní teplotu na vyšší úrovni, oproti sálavým systémům.	Vyšší tepelná pohoda díky přenosu tepla sáláním. Dosažení tepelné pohody při nižší vnitřní teplotě, vzduch se nepohybuje.
4.	Zařízení kombinuje větrání a vytápění v jednom rozvodu- z tohoto pohledu je ekonomicky zajímavé	Samostatný systém větrání je levnější než systém teplovzdušný, u jiných než pasivních a nulových domů musí být doplněn externím topným systémem.
5.	Velké (popř. větší počet) přívodní potrubí teplého vzduchu do místností	Menší potrubí, ~1/3 průtočného průřezu, protože dopravují jen hygienicky nutné množství vzduchu
6.	Nutnost použití cirkulačního vzduchu- tento vzduch neslouží k větrání je nositelem tepla. Jeho množství je zpravidla 2x až 5x větší než vzduchu větracího. Pokud není cirkulační vzduch použit je nutné přivádět větší množství větracího vzduchu a to zmenšuje účinnost rekuperace tepla.	Bez cirkulačního vzduchu
7.	Vytápění a větrání je vedeno jedním potrubím, tudíž jedno ovlivňuje druhé.	Větrání a vytápění je odděleno.
8.	Suchý vzduch v místnostech v zimním období – velké množství přiváděného vzduchu	Žádné problémy se suchým vzduchem, průtok větracího vzduchu je v zimním období snížen na hygienické minimum
9.	Víření prachu v místnostech v zimním období – velké množství vzduchu	Žádné problémy s vířením prachu
10.	Celkové větší množství vzduchu- vyšší rychlosti na výústkách, vyšší aerodynamická hlučnost	Malé rychlosti vzduchu, bez akustických problémů
11.	Víření prachu v místnostech v zimním období – velké množství přiváděného vzduchu	Žádné problémy s vířením prachu
12.	Regulace teploty v každé místnosti zvlášť není možná.	Externí soustava umožňuje regulaci místnost po místnosti.
13.	Díky cirkulačnímu vzduchu se teplota v celém domě průměruje na jednu úroveň.	Teplota v domě je různorodá dle potřeby uživatele.

## Porovnání jednotek bez teplovzdušného vytápění

V případě, že budeme porovnávat jednotky pro čisté větrání, je nutné klást důraz na následující parametry. Základním znakem je účinnost rekuperačního výměníku. Nespokojte se s tvrzením, že má účinnost 90%. Tento údaj je vždy nutné doplnit informací, zda se jedná účinnost při maximálním větracím výkonu nebo jen teoretickou účinnost, kterou jednotka dosahuje při nejmenších větracích množstvích. Obecně účinnost klesá se zvyšujícím se průtokem vzduchu. Klasické křížové rekuperátory dosahují účinností mezi 50-70%. Co o účinnosti výměníků nejvíce svědčí – teplosměnná plocha výměníku - tedy jeho velikost.

Dalšími kritérii jsou hlučnost jednotky, příkon ventilátorů, izolovanost jednotky z pohledu úniku tepla nebo přepravovaného vzduchu.

	<b>Klasická rekuperační jednotka</b>	<b>PAUL</b>
1.	Elektromotory pro pohon ventilátorů na střídavý proud dvojnásobná spotřeba	Elektromotory pro pohon ventilátorů na stejnosměrný proud
2.	Deskový výměník tepla teplosměnný objem 25,5 l  Hloubka 220	Kanálový výměník tepla teplosměnný objem 107 l 4 až 8 x větší teplosměnná plocha  Hloubka 350
3.	Síla izolace pláště jednotky 15 mm navíc s tepelnými mosty	Síla izolace pláště jednotky 35 mm atmos 80 mm thermos bez tepelných mostů

## Zpětné získávání vlhkosti

Dnešní standard nových rodinných domů je zaměřen především na velmi dobrou izolovanost objektu z pohledu tepelných ztrát. S tím je i spojena vzduchotěsnost domu. Nové materiály a konstrukce mají velmi malou schopnost udržovat správné vlhkostní mikroklima. Stavby jsou většinou řešeny jako lehké bez možnosti akumulace vlhkosti. V takových objektech může řízené větrání způsobovat vysušování vnitřního prostoru v období nízkých venkovních teplot. Během tohoto období je množství vlhkosti ve venkovním vzduchu na velmi nízké úrovni. Ohřátí vzduchu znamená další snížení relativní vlhkosti. Při klasickém řízeném větrání s výměnami vzduchu mezi 0,4 – 0,5 objemu místností za hodinu není výjimkou dosažení vlhkostí uvnitř objektu kolem 15 - 20%. Hygienické minimum je 30%. Většina výrobců se snaží tento fenomén neřešit, bagatelizovat nebo ho řeší nevhodnými zásahy. Velmi časté pseudořešení je omezování vstupu čerstvého vzduchu, který je příčinou suchého prostředí uvnitř. Po domě je pak distribuován jen cirkulační vzduch. Nezřídka je čerstvý vzduch úplně zastaven. To však popírá původní poslání větrací jednotky. Odvádět vzduch špatný a přivádět vzduch čerstvý. Rovněž je jistě nerozumné v největších mrazech nevyužívat větrání a tím pádem rekuperačního efektu. Vždyť právě tehdy dochází k největší úspoře tepla.

Řešením je tzv. entalpický výměník tepla, který umožňuje transport vlhkosti z odpadního vzduchu do vzduchu čerstvého. Tento efekt funguje s účinností cca. 60%. Navíc jednotka sleduje, aby nedošlo k převlhčení prostoru přes maximální hodnotu 60% rel. vlhkosti. Vlhkost z odpadního vzduchu kondenzuje na přestupní ploše výměníku a je neabsorbována do porézní hmot napuštěné solným roztokem, na druhé straně vydá výměník vlhkost do čerstvého vzduchu. Výměník transportuje díky krytí membránami pouze vlhkost. Pachy, cizorodé látky odcházejí pryč s odpadním vzduchem nebo odvodem kondenzátu.

## Nejčastěji kladené otázky

### Otázka 1: Není větrání oknem zdravější?

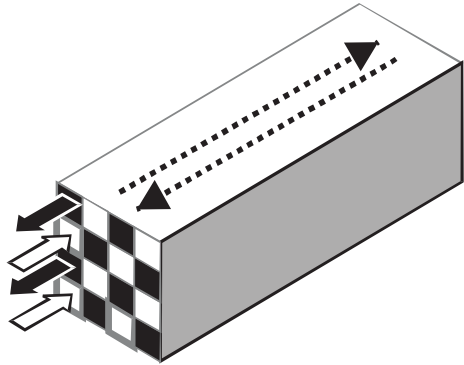
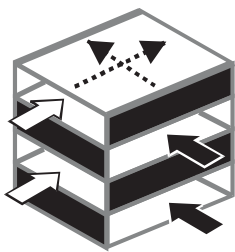
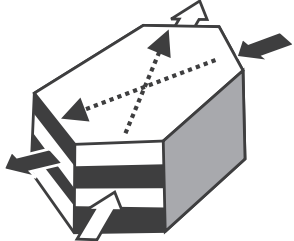
Odpověď: Oknem přichází stejně čistý vzduch jako přes ventilační zařízení.

Rozdíly obou způsobů větrání:

Větrání oknem	Kontrolované větrání (vzduchotechnická jednotka)
Studený vzduch (nepohodlné, průvan – nebezpečí ochlazování)	Ohřátý vzduch (teplý vzduch vzbuzující pohodu bydlení)
Nárazový intenzivní přívod vzduchu (průvan)	Kontrolované v menším množství (bez průvanu)
Vzduch znečištěný prachem	Filtrovaný vzduch
Nebezpečí alergických problémů (pyl)	Bez alergických problémů – pyl je odfiltrován
Pronikání hluku skrz otevřená okna	Bez hlukového zatížení – větrání se zavřenými okny - kontrolované
Absence kontinuálního odvodu vlhkosti; nebezpečí vzniku plísní	Kontinuální odvod vlhkosti
Květiny musí být odstraněny z parapetu	Květiny mohou zůstat v okně
Nebezpečí poškození otevřených oken (např. větrem)	Bez nebezpečí poškození oken

## Otázka 2: Jaký rozdíl spočívá v protiproudém výměníku tepla firmy Paul a výměníky jiných výrobců?

Odpověď: Základním komponentem rekuperátoru je výměník tepla – zde vězí zásadní rozdíl mezi produkty firmy Paul a obdobnými zařízeními jiných výrobců.

Nový princip	Standardní zařízení
Nový kanálový výměník tepla s účinností $\eta = 90 - 99 \%$ (v současnosti světová špička) se čtyřmi novými principy	Deskový výměník tepla (již přes 50 let!) S účinností $\eta = 60 - 70 \%$
Kanálový protiproudý princip	Křížový souprroudý princip Křížový protiproudý princip
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proudění kanály</li> <li>- Transport tepla ve čtyřech směrech</li> <li>- Zdvojnásobení teplosměnných ploch</li> </ul> Typ zařízení: "thermos" 60 m <sup>2</sup> , "multi" 17 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proudění mezi deskami</li> <li>- Přenos tepla ve dvou směrech</li> <li>- Plocha výměníku tepla <math>\eta \leq 7 \text{ m}^2</math></li> </ul>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><math>\eta = 60 \%</math></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><math>\eta = 70 \%</math></p>  </div> </div>

## Otázka 3: Vzniká v bytě provozem vzduchotechniky průvan?

Odpověď: Ne, čerstvý, teplý vzduch je přiváděn pouze v omezeném množství, jež postačuje potřebě větrání bytu ( $w < 0,1 \text{ m/s}$ ) – tedy odlišně než při **větrání okny**, kdy:

- byt je větrán pouze krátkou dobu velkým množstvím (studeného) vzduchu
- diskontinuální větrání je pouze náhradním řešením pro zajištění dodávky čerstvého vzduchu potřebného pro pobyt lidí

## Otázka 4: Jak proudí vzduch do bytu?

Odpověď: Čerstvý vzduch je přiváděn trubkami  $\varnothing 100$  nebo  $\varnothing 125$ ), nebo plochými kanály (110 x 54, nebo 205 x 60) do obytných prostor (ložnice, obývací pokoj, dětský pokoj, pracovna). Z okruhu čerstvého vzduchu je vzduch odtahován přes vnitřní dveře (bez těsnění a prahů s mezerami u podlahy 1 – 2 cm) do prostorů s použitým vzduchem (kuchyň, koupelna, WC). Transport čerstvého vzduchu i odtah použitého vzduchu zajišťují ventilátory umístěné většinou ve větrací jednotce.

### Otázka 5: Může se rekuperační jednotka využít v létě i k chlazení?

Odpověď: Ano, s využitím zemního výměníku tepla (viz. otázka 16)

### Otázka 6: Vzniká hluk od ventilátorů a při proudění vzduchovými kanály (potrubím), jakož i ve vzduchových výústkách?

Odpověď: Hluk ventilátorů je do značné míry pohlcován výměníky tepla a dvěma tlumiči hluku (čerstvý vzduch, odpadní vzduch). V kanálech (potrubích) by měla být dodržena rychlost proudění vzduchu  $w \leq 3 \text{ m/s}$ . (v páteřním rozvodu) a  $w \leq 1,5 \text{ m/s}$  (ve vedlejších větvích). Právě tak je nutné dbát na to, aby nebylo překročeno přípustné množství vzduchu na výústkách. Dodržení výstupní rychlosti  $w \leq 1,5 \text{ m/s}$  odpovídá  $\dot{V} \leq 50 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### Otázka 7: Jaký je poměr provozních nákladů (elektřina pro pohon ventilátorů) k výtěžku tepla?

Odpověď:

	Příklad pro jednotku „thermos“ (typ WRG-90-thermos 200 DC)		Příklad pro jednotku „multi“	
<b>Náklady</b>	46 W	při stejnosměr. pohonu ventilátorů $\dot{V} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$ , 100 Pa extern	51 W	při stejnosměr. pohonu ventilátorů $\dot{V} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ , 100 Pa extern
<b>Výnosy</b>	1020 W	Tepelný zisk při $\dot{V} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ venkovní teploty a $22 \text{ }^\circ\text{C}$ teploty v místnostech jakož i při účinnosti $\eta = 90 \%$	571 W	Tepelný zisk při $\dot{V} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$
<b>Poměr</b>		$\frac{\text{Náklady}}{\text{Výnosy}} = \text{cca } \frac{1}{22}$		$\frac{\text{Náklady}}{\text{Výnosy}} = \frac{1}{9}$ až $\frac{1}{13}$

### Otázka 8: Kde můžeme větrací jednotku s rekuperací umístit?

Odpověď:

- Sklep (např. kotelna, hoby místnost)
- Půda (podstřešní prostor), toto umístění je však nepříznivé kvůli nižší teplotě okolí a případnému přenosu hluku do blízké ložnice.
- Hospodářské příslušenství, (kůlna). Příklad by neměl být přišroubován na stěně (na konzolách) zejména u dřevěných sloupkových konstrukcí. Možnost přenosu chvění stěnovou konstrukcí!

### **Otázka 9: Jak se vyvarovat přenosu zvuku mezi místnostmi přes vzduchové kanály a potrubí (telefonie)?**

Odpověď: Zabudovaným mezitlumičem hluku a rozvětveným paralelním vedením rour.

### **Otázka 10: Musejí být odvětrávány všechny místnosti současně, nebo lze větrání přepínat v určitých časech, např. ve dne v obytné místnosti, v noci ložnice?**

Odpověď: Je to možné při odpovídajícím zadání při objednávce projektu. Pro přepínání je zabudována třícestná motorická přestavná klapka.

### **Otázka 11: Nebude vzduch v zimě při trvalém větráním příliš suchý?**

Odpověď: Stupňovou regulací ventilátoru (zima/léto předprogramováno), lze množství vzduchu regulovat:

- Při minusových teplotách vnějšího vzduchu a tím i malého obsahu vodních par čerstvého vzduchu – nižší stupeň ventilátoru (60% výkonu ventilátoru nastavitelné na ovládacím panelu jednotky).
- Při vyšších teplotách vnějšího vzduchu větrat s větším objemem vzduchu.
- Zvlhčování vzduchu v místnosti pomocí obvyklého odpařovač vody a zelené rostliny.
- Zabránění silnému dohřátí přiváděného vzduchu – při  $t > 60\text{ °C}$  lze očekávat pyrolýzu prachu (tepelný rozklad), což vede k vysychání nosní sliznice,
- Praktická měření (EFH 150m<sup>2</sup>, 150 m<sup>3</sup>/h, 0 °C venkovní teplota) a výpočty s 10 ..15 l/d odpaření udávají jednotně hodnoty asi 40% vlhkosti vzduchu v místnosti, které se řadí do rozmezí pohody (útlunosti) 40...60%,
- Při větrání v zimě je vždy i při větrání oknem přiváděn sušší venkovní vzduch do místnosti.

### **Otázka 12: Není v ložnici příliš teplo větráním ohřátým čerstvým vzduchem?**

Odpověď: Teplota čerstvého vzduchu činí asi 18 °C (při průměrné teplotě v obytné místnosti 20 °C). Topení by mělo být v ložnici přiškrceno, nebo odstaveno. Tím se sníží teplota v ložnici. Ztrátami tepla přenosem (stěnami, nebo okny) klesne teplota v místnosti pod 18 °C. Nedosáhne-li se požadovaného chladu v místnosti při spaní – vyvětrat chvíli oknem.

### **Otázka 13: Může být větrací zařízení trvale v provozu, nebo je výhodnější jej užívat v časově omezeném provozu ?**

Odpověď: Trvalé větrání je výhodnější:

- K průběžnému odstraňování pachů (textilie, nábytek)
- Pro vysoušení nově postaveného domu (zděné stavby)
- K odstranění rizika tvorby plísní při vysoké vlhkosti
- V případě potřeby může být zařízení stupňovou regulací ventilátoru vypnuto, nebo silně přiškrceno v určitých denních časech (např. 10,00 – 15.00). Touto automaticky ovládanou stupňovou regulací ventilátorů může být už tak nízká spotřeba proudu dále snížena.

### **Otázka 14: Jak vysoká je úspora nákladů na vytápění?**

Odpověď: 30 – 50 %

### **Otázka 15: Je možné použití ventilátorů na stejnosměrný proud, které šetří energii?**

Odpověď: Ano, spotřeba proudu u WRG-90-thermos 200 DC cca. 2 x 18 až 23 W (130 – 150 m<sup>3</sup>/h). U přístroje typu WRG-90-Multi 100 DC je to 2 x 12 až 30 W (70 - 130 m<sup>3</sup>/h)

### **Otázka 16: Je možno doporučit zemní výměník tepla?**

Odpověď: Ano, zemní výměník tepla je 35 – 45 m dlouhá HD plastová trubka DN 150 nebo 200 (většinou červená), nebo kabelová chránička  $\varnothing$  150 mm položená nejméně 1 m hluboko v zemi se sklonem 2%. Položení dvou paralelních trubek DN 150, 20 m dlouhých je výhodnější. Zemní výměník tepla předejde čerstvý vzduch např. z -10 °C na +2 °C, tzn. čerstvý vzduch se dostane s teplotou +2 °C do rekuperačního výměníku, tzn. využití zemního tepla.

- při použití zemního výměníku nebude do tepelného výměníku téměř nikdy přiváděn vzduch s minusovou teplotou, takže téměř nikdy nebude nutno využít zařízení pro odmrazování výměníku
- v letním období slouží zemní výměník ochlazení přívodního vzduchu. Teplota venkovního vzduchu se sníží z 30 °C na cca 20 °C. Při tom vznikne kondenzát, který stéká vypádaným potrubím a je odváděn přes sifon do kanalizace.

### **Otázka 17: Zašpiní se vzduchové kanály v průběhu doby používání?**

Odpověď: Jen nepatrně, odváděný vzduch je filtrován na sacím ventilu (kuchyň, koupelna), právě tak jako i vstupující čerstvý vzduch (v zařízení WRG a na předfiltru). Přesto by mělo být uvažováno s čistícími otvory. Čištění mechanicky kartáčem na ohebné dlouhé tyči, nebo pomocí hadice na stlačený vzduch (speciální tryska) pro povlakované flexipotrubí a pro plastové ploché kanály.

Čištění vzduchových kanálů je např. ve Švédsku předepsáno: v obytných domech každých 9 roků.

### **Otázka 18: V jaké periodě je nutno čistit filtry talířových odsávacích ventilů odváděného vzduchu?**

Odpověď: Filtry u odsávacích ventilů odváděného vzduchu je nutno čistit každých 2-6 měsíců, (saponát). Tato filtrační rohož se dá vyčistit až 4x – nový filtr se dostane na trhu se stavebninami nebo u fy ADAN - úspory energie, s.r.o.

### **Otázka 19: Jak často musí být měněny filtry ve větrací jednotce s rekuperací tepla?**

Odpověď: Všechny za 2-6 měsíců.

Ukazatel výměny filtrů (údaj na ovládacím panelu) ukazuje, kdy je nutno filtr vyměnit.

Dobu provozu filtrů lze změnit na ovládacím panelu (stupeň zašpinění). 2 filtry v zařízení (čerstvý vzduch, odváděný vzduch) musí být po uplynutí této doby vyměněny. První kontrola po 3 měsících. Výměna filtrů podle změřeného rozdílu tlaku na filtru se nedoporučuje. Rozhodující pro dobrou kvalitu vzduchu je co nejkratší doba provozu zařízení se znečištěnými filtry. Filtry jsou dodávány firmou ADAN - úspory energie, s.r.o.

Větrací zařízení by mělo běžet pokud možno celoročně. Aby bylo zaručeno mikrobiologicky bezvadné filtrování vzduchu (filtry při přítomnosti vzduchu bez pohybu by mohly vyvolat event. růst mikrobů na povrchu filtru) Pokud by bylo zařízení odpojeno na delší dobu, pak je nutno filtr vyměnit.

### **Otázka 20: Dodávají se pylové filtry?**

Odpověď: Ano, F8 třída filtru na přání, nutno zakroužkovat na objednávkovém formuláři. Pylové filtry se doporučuje používat pouze v době polétavých pylů. Filtr F8 je však výhodný i pro snížení podílu jemných částic prachu v přiváděném vzduchu.

### **Otázka 21: Vznikají ve větracím zařízení bakterie?**

Odpověď: Ne, protože se jedná o zařízení pro přívod čerstvého vzduchu a ne o klimatizační zařízení s provozem cirkulujícího vzduchu, kde při špatné údržbě filtrů mohou vzniknout problémy s bakteriemi.

Vstupní proudící vzduch je filtrován a je suchý – relativní vlhkost vzduchu klesá dokonce zahříváním čerstvého vzduchu ve výměníku tepla- tím nevzniká žádné nebezpečí znečištění bakteriemi. Firma Paul dodává předfiltr (typ E a typ Z) s antibakteriální filtrační rohoží.

Odpadní vzduch je důsledně odváděn směrem ven a přitom dokonale oddělen od čerstvého vzduchu, ve výměníku tepla je zchlazen – špatný vzduch je odváděn ven – teplo zůstává v domě. Tlakové poměry ve výměníku tepla firmy Paul (proti jiným výrobcům) jsou dimenzovány tak, že žádný odpadní vzduch se nemůže dostat do proudu čerstvého vzduchu (tlak čerstvého vzduchu je vyšší než tlak odpadního vzduchu).

## Otázka 22: Je u větracího zařízení možná podpora vytápění?

Odpověď: Ohřátý čerstvý vzduch (asi 18 °C) může být dohříván ( $t \leq 50$  °C kvůli pyrolýze prachu) pomocí:

- elektrického topného registru nebo
- teplovodního registru.

Vytápění domu v zimě jen pomocí rekuperační větrací jednotky pro čerstvý vzduch je ale možné jen u pasivních domů.

## Otázka 23: Může si investor instalovat větrací zařízení svépomocí?

Odpověď: Za příslušného návodu výrobce nebo montážní firmy (projektová dokumentace) je to možné. Firma Paul provádí k tomu školení. Prosím dotazte se na termín.

Po montáži je nutné zregulování systému. K tomu je nutné změřit pomocí anemometru průtočná množství vzduchu na jednotlivých výústkách a talířových ventilech a tyto elementy příslušně nastavit. Potřebné údaje pro nastavení jsou u firmy ADAN - úspory energie, s.r.o. k dispozici na vyžádání.

## Otázka 24: Může být sušička prádla napojena do systému opotřebeného vzduchu větracího zařízení?

Odpověď: Ano, při dobrém odlučování nitek v sušičce.

## Otázka 25: Může být napojen do systému kuchyňský odsavač par (digestoř)?

Odpověď: Pro ochranu rekuperačního výměníku před znečištěním (tuky) není dobré počítat s připojením digestoře na větrací systém se zpětným získáváním tepla.

Zdůvodnění:

- Obyčejná digestoř je vybavena ventilátorem  $s = 300$  až  $600$  m<sup>3</sup>/h. Při této rychlosti vzduchu je tukový filtr i ostatní filtry méně účinné – výměník tepla se bude zanášet usazeninami tuků a jeho účinnost bude klesat – musel by být častěji čištěn.
- Vysoká rychlost vzduchu ventilátorem digestoře zmenšuje účinnost rekuperace tepla během provozu digestoře, protože výměník tepla není dimenzován na tak vysoký průchod vzduchu.
- Vysoké množství vzduchu dodané ventilátorem digestoře přiváděné do okruhu odpadního vzduchu by mohlo částečně zase unikat v koupelně a na WC (zápachy z kuchyně).

Řešení:

- Vlhký vzduch s obsahem vodních par odsávat do okruhu cirkulačního vzduchu!
- Kuchyňské páry dopravovat do větrací jednotky odděleně a odsávací ventil opatřit filtrem

## Otázka 26: Mohou být pomocí větracích jednotek s rekuperací tepla odvětrávány i bytové domy?

Odpověď: Ano – pomocí malého multi-přístroje (výměník tepla, 2 ventilátory, 2 filtry), který může být umístěn ve/na skříni v kuchyni, v nábytku koupelny nebo v mezistropu nebo ve zdravotní šachtici. Vodorovná poloha je výhodná – lepší odtok kondensátu a tím vyšší účinnost.

Při zabudování 2 centrálních vedení vzduchu (odvětrávaný vzduch a vnější vzduch) může být v bytových domech upuštěno od 2 ventilátorů u zařízení (multi solo = jen výměník tepla).

2 ventilátory se při tom umístí na podlaze půdy nebo ve sklepě (pro všechny byty domu s více rodinami).

Kromě toho může být pro zařízení k získávání zpětného tepla pro všechny byty domu s více rodinami nabídnuta kompletní ústředna větrání:

- a) přístroj campus (600 m<sup>3</sup>/h)
- b) systém rotor (1.500 až 150.000 m<sup>3</sup>/h).

Prosím vyžádejte si speciální podklady pro různorodé možnosti řešení k odvětrávání domů s více rodinami u firmy ADAN - úspory energie, s.r.o.

## Otázka 27: Kde lze použít rekuperační výměník tepla?

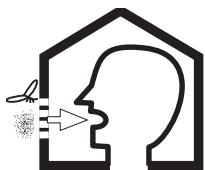
Odpověď: Pro zpětné získávání tepla při větrání budov. Oblasti použití zařízení pro zpětné získávání tepla:

Obytné budovy	Nemocnice	Velkoprostorové kuchyně	Elektromobily
Kancelářské budovy	Lékařské ordinace	Restaurace	Garáže
Obchodní domy	Čekárny	Kryté bazény	Průmyslové objekty
Školy	Divadla	Tělocvičny	Výrobní haly
Mateřské školy	Koncertní sály	Nádražní haly	Skladové haly
Jízdárny	Kinosály	Záchody	Ubytovny
Knihovny	Zahradnictví	Stáje	
Sušicí zařízení (průmyslová)		Vysoušecí zařízení pro novostavby	

## Otázka 28: Existují možnosti použití větracích jednotek s rekuperací tepla s vysokou účinností i pro vyšší průtočné objemy vzduchu?

Odpověď: Pro průtočné objemy do 600 m<sup>3</sup>/h je vhodná jednotka typu „campus“. U této jednotky se dosahuje tepelné účinnosti 90%. Kromě toho je nabízen systém s použitím rotačního regenerativního výměníku tepla s účinností přibližně 80% při 1.500 až 150.000 m<sup>3</sup>/h.

## Výhody rekuperace tepla



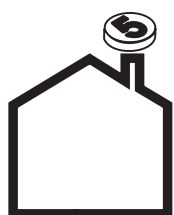
### **Více příjemných pocitů**

stále čerstvý vzduch, pylový filtr



### **Žádné škody na budově z vlhkosti**

žádná plíseň, žádný domácí prachový roztoč



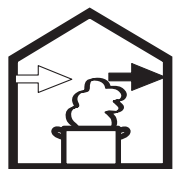
### **Méně výdajů na topení**

90% rekuperace tepla při větrání



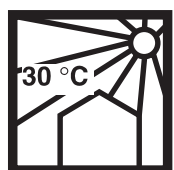
### **Tiché bydlení**

klidné spaní, žádný silniční hluk



### **Automatické odstranění zápachu**

např. cigaretový kouř a zápachy budou nepřetržitě odsávány



### **Chlazení přiváděného vzduchu**

nepřímé odpařovací chlazení



### **Zpětné získávání vlhkosti**

## Závěr

Nový větrací systém zajišťuje stálý přívod čerstvého vzduchu do obytných prostor obytných budov a tím vytváří příjemné a zdravé vnitřní klima.

Využitím 90% tepla odváděného vzduchu je přehříván čerstvý přiváděný vzduch.

Tento princip zajistí optimální využití energie vložené do ohřevu vzduchu. V důsledku toho se snižují náklady nutné na vytápění objektu až o 50%.

V letních měsících lze naopak využít rekuperace k ochlazení prostoru. Navíc, na rozdíl od klimatizace je do obytných prostor přiváděn stále čerstvý ochlazený vzduch (klimatizační zařízení vzduch vychladí, ale stejný vzduch i se všemi mikroorganismy, které v sobě obsahuje, cirkuluje v obytném prostoru).

Větrací systém s rekuperací je výhodný nejen z titulu významných finančních úspor, ale je především zárukou zdravého bydlení.

## Autorský tým

Ing. Daniel Veselý

vesely@adan.cz

## Kontakt

### **ADAN - úspory energie, s.r.o.**

dovozce rekuperačních jednotek PAUL®

[www.paul-rekuperace.cz](http://www.paul-rekuperace.cz), [www.adan.cz](http://www.adan.cz)

Dědinova 2011  
148 00 Praha 4

IČO: 27864421  
DIČ: CZ27864421

+420 605 983 425