

VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ

Radíme a vzděláváme

Centrum pasivního domu je neziskovým sdružením právnických i fyzických osob, které vzniklo za účelem podpory a propagace standardu pasivního domu a za účelem zajištění kvality pasivních domů.

Členy sdružení jsou jako podporující členové architekti, projektanti, stavební firmy, výrobci stavebních materiálů a prvků, a všichni ostatní odborníci se zájmem o pasivní domy. Podporující členové se podílí na realizaci aktivit sdružení, zejména svými odbornými znalostmi a zkušenostmi, aktivně spolupracuje s ostatními členy.

Čerstvý vzduch a příjemné teplo

Kvalitní čerstvý vzduch je pro život nepostradatelný ať už na pracovišti nebo doma. Zabezpečit větrání v pravidelných intervalech ale není jednoduché. Správně by se mělo větrat každé dvě hodiny po dobu 3 až 5 minut (i v noci!), ideálně dokořán otevřenými okny. Kdo ale doopravdy takto větrá? Nikdo si nechce zbytečně přivádět chlad do teplých místností, a tak se hlavně v zimě větrá mnohem méně, než je potřebné. Výsledkem je zvyšování koncentrace škodlivin, relativní vlhkosti až případný růst plísní atd. Dvoj i trojnásobné překročení hodnot koncentrace oxidu uhličitého v ložnicích po přespané noci nejsou žádnou výjimkou. A pak, že se máme dobře vyspat. Běžným větráním okny navíc často není možné potřebné výměny vzduchu dosáhnout.

Nedílnou součástí pasivních domů jsou proto větrací jednotky s rekuperací tepla, které zabezpečují vynikající kvalitu vzduchu při dodržení tepelné pohody. Čerstvý vzduch je přiváděn do obytných místností, a to přesně v potřebném množství. Odpadní vzduch je odváděn z míst s produkcí škodlivin a vlhkosti, jako jsou kuchyň, WC, koupelna. Oproti běžnému větrání nevzniká průvan a rychlosti proudění vzduchu jsou velmi malé. Výměna vzduchu tedy probíhá prakticky necitelně a samozřejmě neslyšně.

Teplo (a že ho není málo), které se odvádí při větrání z domu, je škoda pouštět ven, když lze zpětně využít. V pasivním domě o ně nepřicházíme. V rekuperačním výměníku odevzdává odváděný ohřátý vzduch své teplo vzduchu přiváděnému, a to s účinností až 90 %.



Obr. 1 O kvalitní vnitřní prostředí a neustálý přísun čerstvého vzduchu se stará větrací jednotka. Jediné, co je většinou z celého systému vidět, jsou výústky a nasávací ventily, které lze vhodně zakomponovat do interiéru.

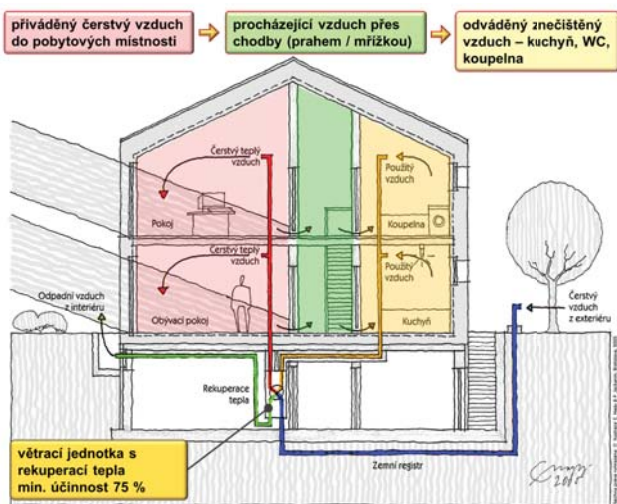
Čerstvý vzduch se jednoduše ohřívá na téměř pokojovou teplotu a nevznikají tak nepříjemné teplotní rozdíly v místnostech. Jde o jednoduchý princip. Nasávaný (studený) a odpadní (teplý) vzduch proudí proti sobě v sousedních kanálcích a pohání je pouze dva pomaloběžné ventilátory. To je vše. Vzduch se nesmíchá, takže kvalita nasávaného vzduchu není ovlivněna. Díky filtraci vzduchu se snižuje prašnost v domě, což oceníte při uklízení. Pro alergiky to zase může být možnost, jak se zbavit svých sezónních potíží. Ve městech je obrovskou výhodou snížení hlukosti, protože není nutno větrat otevřenými okny.

Ztráty tepla větráním jsou tak velké, že bez rekuperace tepla by pasivní dům zdaleka nedosahoval potřebných parametrů a stěžel i hodnot pro nízkoenergetický dům.

Větrací jednotka může být umístěna v technické místnosti, v podhledu stropu, ve sklepě, podkroví nebo přímo v místnostech. Rozvody pro přívod a odtah jsou pak vedeny v podlaze, v podhledu pod stropem nebo ve stěnách. Další možnosti jsou přiznané rozvody (např. kruhové), které mohou v interiéru působit dokonale efektně.

Výhody nuceného větrání s rekuperací tepla

- 80% až 95% úspora energie oproti běžnému větrání během topné sezóny
- neustále čerstvý vzduch bez překračování koncentrace obsahu CO₂
- filtrovaný vzduch bez znečištění prachem a pyly – vhodné pro alergiky
- vysoký komfort – teplý vzduch bez průvanu a ochlazování konstrukcí
- bez hlukového zatížení – větrání se zavřenými okny
- kontinuální odvod vlhkosti – ochrana proti plísním
- bezobslužný provoz



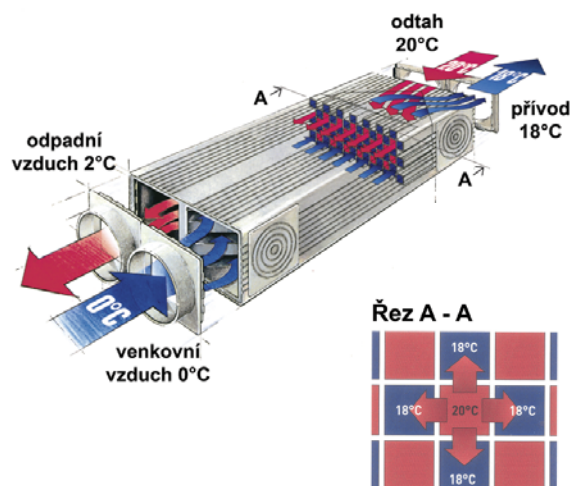
Obr. 2 Koncepce větrání je jednoduchá – čerstvý ohřátý vzduch je přiváděn do obytných místností, prochází přes chodby, které současně provětrávají, a je odtahován v místech vzniku znečištění nebo vlhkosti, jako jsou kuchyň, WC nebo koupelna. Vzduch pak prochází rekuperačním výměníkem, čímž se zpátky do čerstvého vzduchu vrací cenné teplo.

ZPĚTNÝ ZISK TEPLA REKUPERACE

Úspory energie

Teplé ztráty větráním u pasivního domu bez použití nuceného větrání s rekuperací jsou příliš velké. Při intenzitě výměny vzduchu $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ činí tepelné ztráty větráním kolem $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Použitím nuceného větrání s rekuperací s účinností nad 80 % se tyto ztráty sníží na hodnotu 5 až $8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Co vyjadřuje účinnost rekuperace, neboli účinnost zpětného získávání tepla? Udává, jaká část tepla z celkového množství tepla obsaženého v odváděném vzduchu je využita (předána přiváděnému vzduchu). Hodnoty se pohybují mezi 0 až 100 %, přičemž nulová účinnost je účinnost otevřeného okna, kdy je teplý vzduch bez užítu odváděn, a stoprocentní účinnost by byla tehdy, pokud by se přiváděný vzduch ohřál od odváděného na jeho původní teplotu. Reálně dosažitelná hodnota účinnosti je až 95 % a za vynikající je považována účinnost rekuperace nad 80 %.



Obr. 3 Téměř dokonalou výměnu tepla mezi nasávaným čerstvým vzduchem a ohřátým odpadním vzduchem zajišťují rekuperační výměníky tepla. Aniž by došlo ke smíchání přiváděného vzduchu s odpadním, a tím k narušení jeho kvality, dosahují účinnosti až 95 %. Čerstvý vzduch je ohříván na teplotu blízkou pokojové a jenom zbylých pár stupňů je nutno dohřát.

Poměr výkon/příkon, neboli **výkonový faktor větracích jednotek**, udává poměr výkonu rekuperace (energetických úspor zpětnou výměnou tepla) a energie spotřebované na pohon ventilátorů. Vyšší výkonový faktor znamená větší úspory energie. Je-li výkonový faktor 10, je na každých 10 W uspořených rekuperací spotřebován chodem jednotky 1 W. Na výsledné hodnotě se významně podílí účinnost rekuperace, která je ovlivněna více faktory (viz dále). Stejně důležitá je spotřeba energie ventilátorů. Většina vysoce efektivních větracích jednotek využívá úsporných ventilátorů se stejnosměrným pohonem. Výkonový faktor takových jednotek se pohybuje v rozmezí 10 až 15, nejkvalitnější jednotky dosahují až hodnot 20.

Účinnost zpětného zisku tepla (ZZT), respektive celého systému, je přímo závislá na více faktorech – na účinnosti samotného rekuperačního výměníku, průtoku vzduchu, možnosti využití kondenzačního tepla a stupni neprůvzdušnosti objektu. Účinnost udávaná výrobcí větracích jednotek je měřena v ideálních podmínkách a při provozu celého systému je nutno počítat s účinností o několik procent nižší v závislosti na provedení celého systému.

Výměníky

V minulosti používané křížové deskové výměníky s účinností 50–70 % jsou dnes nahrazovány protiproudými kanálovými výměníky, které dosahují účinnost až 95 % (obr. 3). Mezi proudy vzduchu je více styčných ploch, přes kterou je výměna tepla realizována a účinnost rekuperace klesá s narůstajícím objemem větraného vzduchu pomaleji.

Rekupační výměníky, typy, účinnost

Schéma			
Typ výměníku	křížový	křížový protiproudý	protiproudý
Plocha výměníku [m ²]	4–10	6–14	17–60
Profil proudění (řez)			
Účinnost rekupačního výměníku [%] efektivní účinnost celého systému [%]	50–70	70–85 (60–75)	85–99 (75–93)

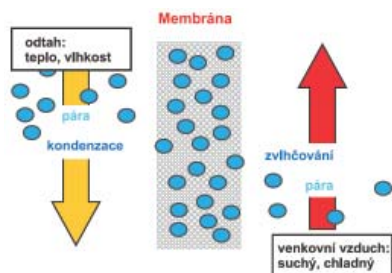
Obr. 4 Na účinnost zpětného zisku tepla má zásadní vliv druh použitého rekupačního výměníku i jeho plocha. U pasivních domů se nejčastěji používá protiproudý výměník s účinností 85–95 %.

Protimrazová ochrana rekupačních výměníků

U vysoce účinných výměníků vyvstává potřeba protimrazové ochrany, protože odpadní vzduch je při velice nízkých venkovních teplotách ochlazován na teploty nižší než 0 °C. Ohřátý odpadní vzduch nese s sebou vlhkost, která ve výměníku při ochlazení kondenzuje a po zamrznutí může způsobit dočasnou nefunkčnost systému nebo i poškození výměníku. Nasávaný vzduch je proto před vstupem do rekupačního výměníku předehříván pomocí zemního výměníku tepla nebo elektrické spirály. Odpadní vzduch má pak po přechodu výměníkem teplotu, při které již nedochází k zamrznutí výměníku. Protimrazová ochrana je přímo součástí některých, zejména decentrálních větracích jednotek. Více v části „Předehřev a předchlazení zemním výměníkem“.

Zpětný zisk vlhkosti

Některé systémy kromě zpětného zisku tepla umožňují i zpětný zisk vlhkosti. Tyto systémy mají význam zejména v místech, kde dochází k nadměrnému vysoušení vzduchu např. vlivem malé obsazenosti v zimním období nebo potřebou vysoké výměny vzduchu.



Obr. 5 Princip zpětného zisku vlhkosti ve výměnících používajících membránu.

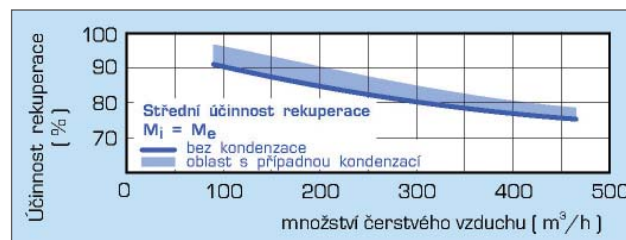
Průtok vzduchu a tlakové ztráty

Účinnost rekuperace je ve velké míře závislá na množství vzduchu procházejícího výměníkem. Pokud je průtok vzduchu větší, než pro jaký byla dimenzována daná jednotka, účinnost rekuperace klesá. Ta se uvádí pro určitý objem vyměňovaného vzduchu, obvykle pro 25–60 % výkonu jednotky). Při větším výkonu než u daném účinnost klesá, v některých případech až více než o třetinu (zejména u malých výměníků). U vysoce kvalitních rekupačních výměníků není snížení tak závažné. Představu o průběhu účinnosti v závislosti na objemu větraného vzduchu nám udává křivka účinnosti, která by měla být součástí popisu každé jednotky.

U špatně navrženého systému rozvodů s velkou délkou, počtem kolen a distribučních elementů narůstá tlaková ztráta v rozvodech. To vyžaduje k zabezpečení stejného větracího výkonu výměny vzduchu nasazení hnacích ventilátorů s větším příkonem. Výsledkem je navýšení spotřeby elektřiny k pohonu ventilátorů a zhoršuje se výsledná efektivita systému. Na správné fungování systému větrání mají zásadní vliv:

- těsnost a materiál rozvodů
- délka, průměr a trasování vedení
- správné umístění a použití distribučních elementů (výústek, odsávacích ventilů atd.)
- výběr jednotky
- vyregulování systému na potřebné průtoky.

Návrh i instalaci větrání by proto měli provádět jen specialisté, kteří mají zkušenost s pasivními domy.



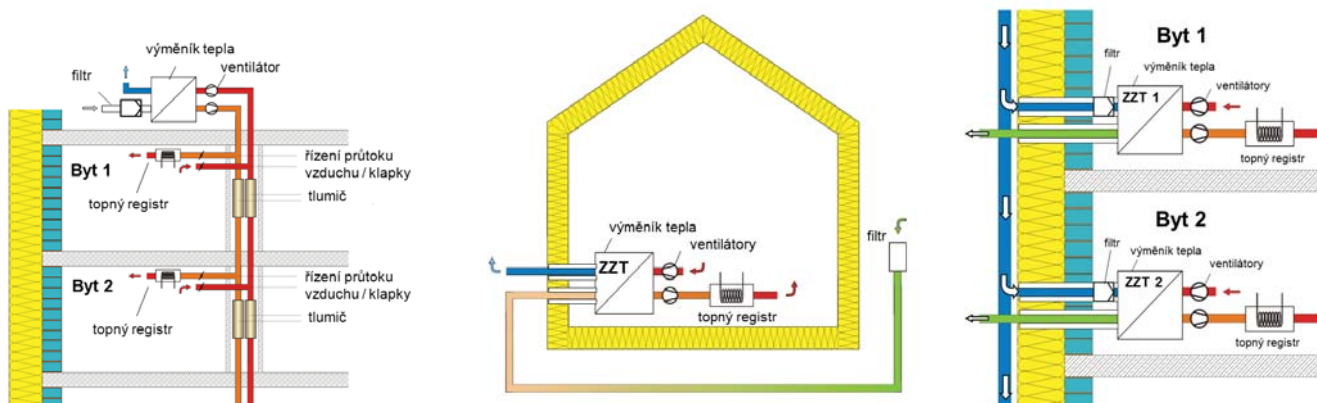
Obr. 6 Křivka znázorňuje snižování účinnosti při zvyšování průtoku vzduchu. Je-li objem vzduchu procházejícího výměníkem výrazně vyšší, než je projektováno, účinnost zpětného zisku tepla se může snížit až o 20 %.

Neprůvdušnost konstrukcí vs. účinnost rekuperace

Značnou měrou se na účinnosti celého systému řízeného větrání s rekuperací tepla podílí neprůvdušnost objektu. V případě pasivních domů je jasný požadavek splnění stupně neprůvdušnosti $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$, který je nezbytný nejen kvůli tepelným ztrátám, ale i kvůli správnému fungování větrání.

Netěsnými spoji a konstrukcemi dochází při větrání k infiltraci a exfiltraci vzduchu, který neprochází rekupačním výměníkem a vyměňuje se v podstatě „neřízeně“. Když je například účinnost celého systému 80 % při $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$, navýšením n_{50} na hodnotu 1,0 h^{-1} se účinnost snižuje na 75 % a při $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$ je účinnost menší než 60 %! Obdobně na systém větrání působí otevírání oken, které by měli uživatelé zvážit zejména v zimním období.

KONCEPCE VĚTRÁNÍ



Obr. 7 Obecně rozlišujeme centrální koncepci větrání pro větší objekty (vlevo) nebo pro rodinné domy (uprostřed) a decentrální koncepci pro jednotlivé byty (vpravo)

Centrální koncepce větrání

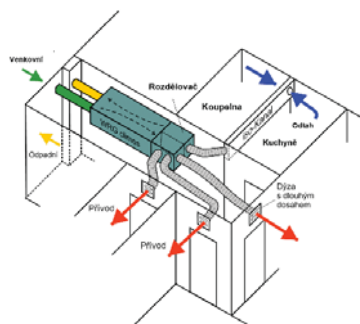
Centrální řešení obsahuje jednu větrací jednotku s rekuperací pro celý objekt (nebo ucelenou část u větších objektů). Tuto koncepci větrání využívá většina rodinných domů i větší objekty, jako jsou bytové domy nebo stavby veřejného vybavení. Výhodou je společná údržba u větších objektů, nevýhodou pak větší průměry rozvodů a složitější regulovatelnost na úrovni jednotlivých bytů nebo částí.

Decentrální koncepce větrání

Decentrální koncepce větrání je založena na odvětrání jednotlivých místností (nebo bytových jednotek) samostatnými menšími větracími jednotkami. Toto řešení je použitelné hlavně u prostorů, kde není místo pro vedení stoupacích rozvodů - např. kanceláře, rekonstruované objekty, panelové domy a podobně. Výhodou je vynikající regulovatelnost a jednoduchost vedení s minimálním počtem a délkou rozvodů. Nevýhodou je nutnost řešit více vstupů fasádou, a také údržba se týká více jednotek.

Více místností lze odvětrat malými lokálními jednotkami s nerovnoměrně nastaveným množstvím přívodu a odtahu vzduchu, čímž je zabezpečeno kvalitní příčné provětrání místností. Lokální (ostrovní) jednotky jsou menší, redukován je počet a délka rozvodů, což zjednodušuje jejich umístění. Dimenzovány jsou většinou na menší objemy větraného vzduchu do 50 m³/h.

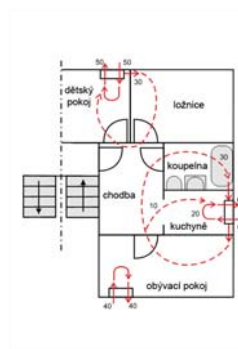
Umístění jednotky



Obr. 8 Umístění jednotky je možné pod stropem v komunikačním prostoru (vlevo), v technické místnosti nebo i přímo v interiéru do skříně v podhledu (vpravo). Důležité je nezapomenout na revizní otvor pro výměnu filtrů a kontrolu jednotky. Je vidět pěkné řešení s tlumiči hluku za jednotkou a protimrazovou ochranou (zdroj Paul Rekuperace)



Obr. 9 Umístění jednotky přímo v interiéru do skříně. Je vidět pěkné řešení s tlumiči hluku za jednotkou a protimrazovou ochranou rekuperačního výměníku. (Zdroj TAUSCH)



Obr. 10 Pokud situace neumožňuje centrální odvětrání bytu nebo prostoru, lze potřebnou výměnu vzduchu zabezpečit i malými nástěnnými jednotkami. Řešení může být výhodné u malých prostor nebo rekonstruovaných objektů. Vzhledem ke kompaktním rozměrům se však jednotky často potýkají se sníženou účinností a vyšším hlukem.

PLÁNOVÁNÍ, PROVOZ A ÚDRŽBA

Výběr jednotky a správný návrh systému je zásadní pro správnou funkci větrání a spokojenost uživatele, proto by měl být ponechán na specialistech. Nepohodlí a zhoršená kvalita vzduchu není většinou způsobena chybou samotného systému, ale jeho chybným návrhem, realizací, vyregulováním nebo nedodržením uživatelských zásad.

Norma udává minimální intenzitu výměny vzduchu $0,5 \text{ h}^{-1}$ při větrání okny. Tato hodnota je určena pro běžné objekty, aby se v nich v zimním období udržela nízká relativní vlhkost. Snižuje se tím riziko kondenzace vodních par na ochlazovaných místech a následného vzniku plísní. U pasivních domů již toto riziko nehrozí. Naopak v zimním období se právě snažíme vzniku nadměrně suchého vzduchu zabránit. Hygienicky nezbytná základní výměna vzduchu je pro pasivní domy stanovena na $0,25\text{--}0,3 \text{ h}^{-1}$ a vychází z reálných potřeb čerstvého vzduchu pro obyvatele. Intenzita výměny vzduchu na osobu je postačující na úrovni $25\text{--}30 \text{ m}^3/\text{h}$ (dle aktivity osob). Požadavky na odvětrávání zatěžovaných prostor jak je určuje norma [3] jsou:

- kuchyně: $40\text{--}60 \text{ m}^3/\text{h}$
- koupelny: $40\text{--}60 \text{ m}^3/\text{h}$
- WC: $20\text{--}30 \text{ m}^3/\text{h}$.

Zásady návrhu

Vhodný návrh rozvodů s ohledem na kvalitní odvětrání prostor, potřebné objemy větraného vzduchu, minimální délku rozvodů a možnost pravidelných kontrol rozhodujícím dílem přispívá na celkovou funkčnost systému. Následující zásady platí pro většinu systémů větrání:

- vysoká těsnost rozvodů, spoje přelepit
- použít tlumiče hluku na rozvodech od jednotky a také mezi místnostmi pro snížení přeslechů
- rozvody přiváděného vzduchu je nutné izolovat v případě teplotního výstupu min. $30\text{--}50 \text{ mm}$ izolace, aby nedocházelo k úbytku výkonu na výstupu
- chladné vedení (nasávaný čerstvý vzduch a odpadní po přechodu rekuperačním výměníkem) je nutné izolovat parotěsnou izolací min. 50 mm proti kondenzaci vlhkosti na chladném potrubí
- materiál rozvodů – pevné pozinkované nebo plastové potrubí kruhového nebo obdélníkového průřezu je vhodnější z hlediska čistitelnosti a tlakových ztrát než ohebné hadice s harmonikovým vnitřkem (tzv. flexihadice); ty umožňují větší variabilitu v prostoru, ale jsou náchylnější k poškození
- prevence udržení čistoty rozvodů pravidelně měněnými filtry
- během realizace stavby a dalších prací s větší prašností je nutné chránit potrubí proti vniknutí nečistot



Obr. 11 Ukázka čistého provedení pomocí pevných rozvodů, které si vyžaduje i návrh trasování. Chladné potrubí je izolováno parotěsnou izolací, aby nedocházelo na jeho povrchu ke kondenzaci vlhkosti.

Použití rozvodů ve stropě, stěnách nebo v podlaze?

Z hlediska provětrání prostor jsou při správném návrhu tyto varianty shodné. Výhodou podstropního vedení jsou kratší rozvody, které zpravidla vedou ve sníženém podhledu komunikačních prostor s použitím nadedvěrných výústek (viz obr. 12). Také lze lépe koordinovat profese během stavby, kdy se rozvody instalují až po dokončení hrubých prací. Různé druhy výústek, větracích mřížek, dýz a dalších distribučních prvků jsou k dispozici pro všechny typy instalací.



Obr. 12 Rozvody v podlaze a pod stropem. Výhodou rozvodů pod stropem je jejich kratší délka a jednodušší koordinace profesí během stavby.

Jsou vidět také telefonní tlumiče, které brání přenosu hluku mezi místnostmi.

Snadný přístup k jednotce je nezbytným předpokladem pro pravidelnou údržbu systému. Výměnu filtrů je nezbytné provádět v závislosti na prašnosti lokality 2 až 4krát ročně. Filtr nasávaného vzduchu i na odtahu vzduchu garantuje čisté rozvody i rekuperační výměník. Samotný výměník lze u většiny jednotek vyjmout a vyčistit. Nezbytným prvkem systému jsou **tlumiče hluku**. Umístěné centrálně nebo dle potřeby před jednotlivé větve zabraňují přenosu hluku z jednotky i telefonickému šíření hluku mezi místnostmi. Dodrženy by měly být hodnoty akustického tlaku v obytných místnostech $< 25 \text{ dB}$ a v technické místnosti $< 35 \text{ dB}$. Tento požadavek je naprosto prioritní zejména u bytových domů.



Obr. 13 Možnosti ovládání je více. Pro většinu uživatelů je vhodný nejjednodušší třípólový ovladač

- 0 Vypnuto
- 1 Minimum
- 2 Standart
- 3 Party

Odvětrání kuchyní by mělo být realizováno cirkulační digestoří s umyvateľným filtrem z tahokovu na zachycení tuků a místem pro odtah odpadního vzduchu.

Nevhodné je umístit fasádní nasávání nízko nad zemí, ideální je umístění ve výšce asi 3 m a na severní fasádě, kde v letním období nedochází k tak výraznému ohřívání vzduchu. Výfuk musí být od nasávání vzdálen minimálně $1,5 \text{ m}$ kvůli riziku znečištění nasávaného vzduchu.

KONCEPCE VYTÁPĚNÍ – DISTRIBUCE TEPLA

Při účinnosti rekuperace 80 % a venkovní teplotě -15°C má běžně dům ztrátu na úrovni do 15 W/m^2 . Na pokrytí tepelných ztrát objektu, i když jsou malé, je potřeba do domu dodat potřebné teplo. V pasivních domech jsou využívány dvě koncepce distribuce tepla: teplovzdušné vytápění, kde je nosičem tepla přímo vzduch, nebo dělený systém větrání a vytápění klasickými zdroji tepla s jiným topným médiem (stropní, stěnové a podlahové vytápění nebo i přímotopné panely a radiátory).

Teplovzdušný systém vytápění

Rozvod vzduchu lze současně využít k distribuci tepla a nahradit tím klasickou otopnou soustavu. Teplo dodávané vzduchu slouží nejen pro samotné dohřátí vzduchu, ale hlavně k pokrytí tepelných ztrát místností. Teplovzdušné vytápění lze realizovat jen u objektů s velmi nízkou tepelnou ztrátou. Omezení vyplývá z faktu, že vzduch jako teponosná látka má nízkou schopnost vést teplo a současně je maximální teplota vzduchu z hygienických důvodů omezena na 50°C . Při vyšší teplotě již dochází k rozkladu částic prachu, což zhoršuje kvalitu vzduchu. Ohřev vzduchu zpravidla zajišťuje nízkoteplotní teplovodní výměník zapojený do systému na ohřev teplé vody, případně elektrický ohřivač. Samotný ohřivač může být umístěn centrálně pro všechny větve nebo před každou výústku, což zajišťuje lepší regulovatelnost teplot v místnostech. Regulování teplot uzavíráním klapek jednotlivých větví se z hygienických důvodů nedoporučuje. Zároveň se snižováním výkonu přivedeného do místnosti se totiž snižuje i množství větracího vzduchu. U teplovzdušného systému je nutné tepelně izolovat rozvody min. 30–50 mm izolace ve vytápěném prostoru, aby nedošlo k úbytku výkonu na výústkách.

Výhodou teplovzdušného vytápění oproti sálavým zdrojům tepla je pružnost systému reagovat na změny teplot. Takový systém pak vykazuje větší úspory na vytápění, protože tepelné zisky, ať už solární nebo vnitřní, jsou tak využívány efektivněji. Naopak nevýhodou zůstává nemožnost regulovat teploty na úrovni jednotlivých místností. Také intenzita větrání se zde navrhuje primárně na tepelné ztráty, které je ohřátým vzduchem potřeba pokrýt, a ne na hygienicky potřebnou výměnu vzduchu.

Vzhledem k nízké schopnosti vzduchu vést teplo se prakticky využívá pouze systém teplovzdušného vytápění s cirkulací (tzv. dvouzónové větrací jednotky). Jednou větví navíc oproti běžnému větracímu systému je z obytných místností vzduch odsáván, znova dohříván a vrácen zpět. Odpadní znečištěný vzduch je v domě vyměňován za čerstvý buď nárazově (po užití WC nebo kuchyně), nebo směšováním určitého hygienicky potřebného množství pomocí klapky v jednotce. To umožňuje systému pokrýt i vyšší tepelné ztráty pomocí cirkulace bez narušení hygieny vnitřního prostředí a vysušování vzduchu. V letním období tento výkonnější



Obr. 14 Nízkoteplotní teplovodní ohřivač přímo v dvouzónové větrací jednotce nebo samostatný ohřivač pro jednotlivé větve. (Zdroj Atria)

systém zase umožňuje větší chladicí výkon díky většímu objemu větracího vzduchu. Určitou nevýhodou je složitější rozvodný systém (jedna větev navíc pro cirkulaci), rozvody o větším průměru a také vyšší spotřeba elektřiny na ventilátory.

Kombinace nuceného větrání a klasického vytápění

Kombinace běžného, ale výrazně zmenšeného systému vytápění, a samostatného systému větrání se dnes v pasivních domech používá nejčastěji. Distribuce tepla se realizuje klasickým způsobem – radiátory, stěnovým nebo podlahovým topením. V koupelně se standardně navrhuje topný žebřík nebo podlahové topení. Výhodou je, že u pasivních domů nemusí být umístěny zdroje tepla u oken, protože povrchové teploty skla jsou vyšší a nedochází zde ke kondenzaci vlhkosti. Je ovšem nutno zabezpečit kvalitní regulaci a přiměřený výkon těchto zdrojů. V konečném výsledku je možné se dostat na podobné pořizovací náklady jako u teplovzdušného vytápění. Možností, jak zjednodušit celý systém, může být použití malého otopného tělesa v místě nadevňovací výústky (viz obr. 15). Část tepla ohřívá vzduch a další tvoří sálavou složku. Řešení poskytuje dobrou regulovatelnost při krátkých rozvodech a nízké pořizovací ceně.



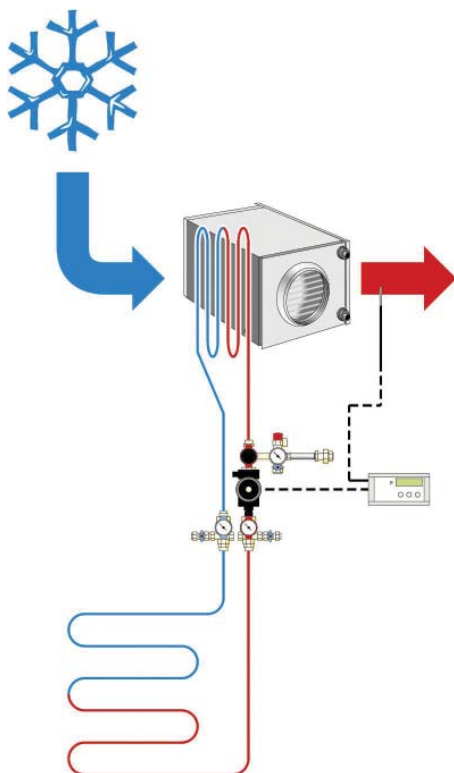
Obr. 15 Kombinace větrání a otopného zdroje v místě výústky poskytuje dobrou regulovatelnost a nízké vstupní náklady (vlevo). Jednoduchým a levným řešením může být například radiátor za dveřmi. Vnitřní dispozice pak zůstává volná.

Pro objekty, kde je požadováno, aby byla regulovatelná každá místnost zvlášť, je realizace odděleného topného systému nutností. Výhodou je, že teplo produkované sálavými systémy je pro uživatele příjemnější (fyzicky jsme zvyklí na sálavou složku tepla), a někdy lze dosáhnout snížení vnitřní teploty v obytných místnostech při dosažení stejné tepelné pohody jako u teplovzdušného systému. Vytápění přímotopy (infrapanely, sálavými fóliemi apod.) poskytuje vysoký uživatelský komfort a nízké vstupní náklady, což je však vyváženo provozními náklady o hodně vyššími než u teplovodních systémů, kde je zdroj využíván i na přípravu teplé vody. Problémem zůstává i případná výměna zdroje, protože chybí příprava pro instalaci otopné soustavy.

Kamna a pasivní dům

Při kombinaci krbu nebo kamen s nuceným větráním je nutné zabránit vzniku podtlaku, aby nedocházelo k nedokonalému spalování a nasávání spalin do objektu. Pro bezpečnost provozu kamen v pasivním domě je zásadní navrhnout:

- rovnotlaký nebo ideálně mírně přetlakový režim – zabezpečí správné fungování spalovacího zařízení a vyloučí nebezpečí otravy unikajícími plyny
- externí přívod vzduchu do kamen – zaručí oddělení zařízení od vnitřního vzduchu
- ochranu větrací jednotky proti poruše ventilátoru přiváděného vzduchu formou vypnutí celé jednotky. Zabrání se tím vytvoření podtlaku v místnosti.



Obr. 16 Schéma a zapojení kapalinového zemního výměníku tepla. (Zdroj Sole EWT)

Letní chlazení

Noční větrání ve spojení s vyváženým návrhem oken a jejich stínění je nejjednodušším způsobem, jak zabezpečit letní komfort. Běžné pasivní domy v našich klimatických podmínkách nepotřebují žádné doplňkové chladicí zařízení, jako je klimatizace apod. Systém nuceného větrání spolehlivě funguje i v době, kdy by přirozené větrání okny v důsledku malého pohybu vzduchu nefungovalo. Větrací jednotky obvykle mají i letní režim, kdy odpadní vzduch prochází kolem výměníku tepla přes by-pass a neohřívá nasávaný chladný vzduch. K předchlazení vzduchu se může současně použít zemní výměník tepla. Jeho chladicí výkon je sice omezený, ale při správné koncepci domu stačí k udržení letních teplot v interiéru pod 26 °C.

Větší budovy mohou využít systém šetrného „pasivního chlazení“. Chlad nebo teplo z geotermálních vrtů se předává do betonových stropů, které nejsou tepelně odděleny od vnitřního prostředí. Vzniklé velké sálavé plochy jsou schopny při velice malém teplotním rozdílu několika stupňů zabezpečit komfortní vnitřní prostředí. Na to vše jsou potřeba místo náročných klimatizačních jednotek pouze šetrná oběhová čerpadla.

Předehřev a předchlazení zemním výměníkem

Zemní výměník tepla (ZVT) kromě funkce protimrazové ochrany rekuperačního výměníku v zimě zabezpečuje v létě účinné předchlazení nasávaného vzduchu. Z ekonomických důvodů se však již tyto systémy pomalu opouštějí. Rozlišujeme dva druhy zemních výměníků dle druhu teplotního média – **vzduchový** nebo **kapalinový (tzv. solankový)**. Princip je stejný u obou. Využíváno je teplo země, které má v hloubce asi 1,5–2 m přibližně konstantní teplotu v zimě 4–8 °C a v létě 10–14 °C. Teplotní médium, které prochází potrubím zakopaným v zemi, se na přiměřené délce ohřívá nebo ochlazuje. V zimě je možné pomocí ZVT předehřívát nasávaný vzduch na teplotu 0–5 °C, v létě zase předchladit na teplotu 18–22 °C.

Vzduchový ZVT se navrhuje v délce kolem 20–30 m dle množství větracího vzduchu. Větrací vzduch prochází přímo potrubím, z čehož plynou výhody stejně jako i rizika. Není třeba oběhové čerpadlo, čímž dochází k úsporám energie oproti solankovému ZVT. Problémem však často bývá těsnost a zaplavení podzemní vodou. Dalším rizikem je možné nasávání radonu. Je proto nezbytné použít speciální potrubí PP (vyrábí se i s vnitřní antibakteriální vrstvou) nebo kanalizační potrubí KG PP s hrdlovými spoji. Běžné PVC kanalizační potrubí negarantuje dostatečnou těsnost. Systém musí obsahovat nasávací šachtu s filtry - hrubý (tahokov, plastová síťka) a jemný (min. třída G4 – potřeba měnit 2x za rok). Potrubí je nutno pro odvod kondenzátu pokládat do spádu 1–2 % a v nejnižším místě instalovat odvod kondenzátu, nejlépe přímo do kanalizace. Potrubí ZVT musí být snadno čistitelné, tedy se zlomy max. 45°, perioda čištění jednou ročně. Pro čištění se ponechává uvnitř lanko na protažení hadříku s desinfekcí.

Solankový ZVT se navrhuje v délce 0,5 násobku objemu nasávaného vzduchu, z materiálu, který je odolný vůči bodovému zatížení. Rozvody nevyžadují revize ani zvláštní pozornost při ukládání. Provozní náklady navyšuje chod čerpadla a nutnost výměny nemrznoucí kapaliny po několika letech provozu. Náklady šetří kvalitní regulace, která dle teploty nasávaného vzduchu spíná nebo vypíná oběhové čerpadlo, a tudíž je roční spotřeba takového systému jen kolem 50 kW. Systém obsahuje navíc oproti vzduchovému ZVT výměník tepla voda-vzduch, potrubí, nemrznoucí kapalinu, oběhové čerpadlo, topenářské napojení a expanzní nádobu.

Doporučení pro pokládku ZVT:

- hloubka 1,5–2 m dle charakteru zeminy
- obsyp zeminou, ve které nesmí být písek, štěrky a další izolanty (doporučená zemina – vlhká, jílovitá půda)
- vzdálenost sousedních potrubí: vzduchový ZVT – 700 mm, solankový 500 mm

ZÁVĚR

Kvalitně navržený a realizovaný systém větrání má zásadní vliv na kvalitu vnitřního prostředí v pasivním domě a současně na pohodlí uživatelů, měl by proto splňovat následující doporučení:

Návrh

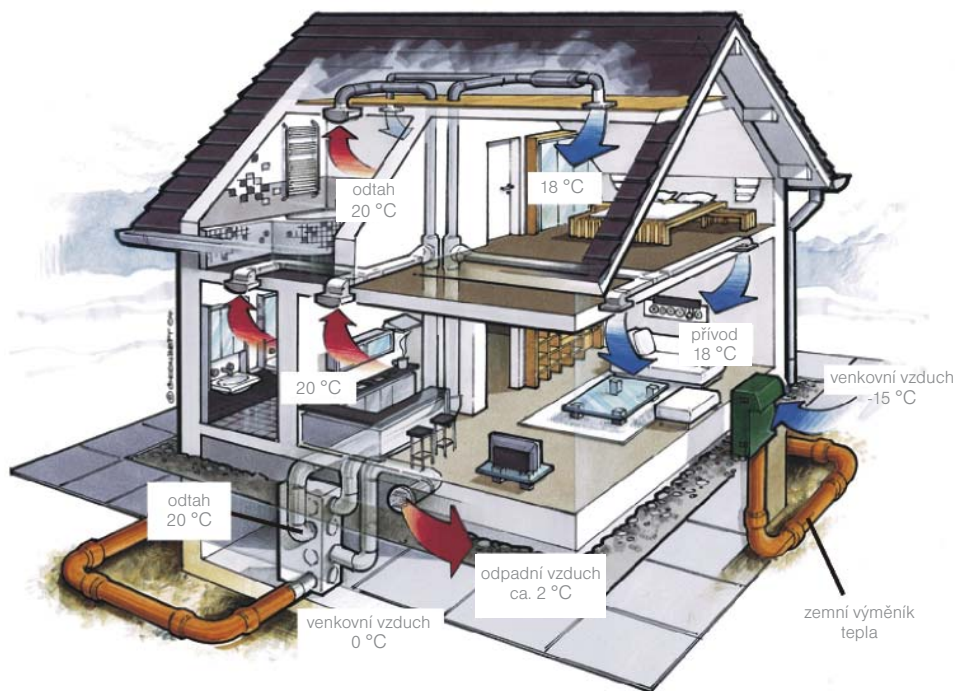
- správný výběr jednotky pro daný prostor a užívání objektu, její správné dimenzování, co nejlepší výkonový faktor, malá hlučnost
- krátké rozvody, jejich odhlučnění, možnost revizí, izolace min. 30 mm při teplovzdušném vytápění
- protimrazová ochrana výměníků
- kvalitní a jednoduchá regulace – lépe méně režimů, ale srozumitelných pro uživatele

Realizace

- dokonalá těsnost systému i samotné jednotky
- ochrana vnitřku rozvodů před zaprášením během stavby
- komunikace mezi profesemi (kvůli přístupu k rozvodům, časové následnosti a ochraně vedení)
- vyregulování systému

Provoz

- seznámení uživatelů se systémem a dodržování uživatelských zásad pro správný chod systému
- pravidelná údržba v doporučených intervalech – revize, čištění, výměna filtrů



Obr. 17 Ukázka větracího systému v rodinném domě

Doporučená a použitá literatura a normy

- 1 FEIST, W.: *Lüftung im Passivhaus, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 4*, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1998
- 2 PAUL, E.: *Rekonstrukce s větráním – umístění jednotky a nové varianty větrání v domech a bytech*, Sborník z konference Pasivní domy 2007, Brno 2007
- 3 DIN 1946-6, *Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen*; Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung
- 4 www.atrea.cz
- 5 www.paul-rekuperace.cz
- 6 www.drexel-weiss.cz
- 7 www.rehau.cz
- 8 www.sole-ewt.de



poradna@pasivnidomy.cz | +420 773 071 444 | www.pasivnidomy.cz

finanční podpora

Vydalo: Centrum pasivního domu

Údolní 33, 602 00 Brno

Autor textů: Juraj Hazucha

Fotografie: Paul Wärmerückgewinnung,

Atrea, Jan Bárta, Solární systémy,

Netec Energietechnik, Vladimír Štefek,

Passivhaus Institut

© 2013 Centrum pasivního domu



Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu podpora úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2012 – Program EFEKT.