



# Zhodnocení instalací nuceného větrání v rodinných a bytových domech



Autor: Ing. arch. Martin Šimůnek  
Zpracování publikace: prosinec 2017



Dílo bylo zpracováno za finanční podpory  
Státního programu na podporu úspor energie na období 2017–2021  
Program EFEKT 2 pro rok 2017





# Obsah



<b>Úvod</b>	<b>4</b>
<b>Národní požadavky na větrání obytných budov</b>	<b>4</b>
<b>Zdravé vnitřní prostředí obytných budov</b>	<b>4</b>
<b>Způsoby větrání</b>	<b>4</b>
<b>Doporučené systémy větrání</b>	<b>6</b>
<b>Kontrolní měření koncentrace ppm v bytě</b>	<b>6</b>

	<b>Rodinný dům Praha-západ</b>	<b>8</b>
	<b>Rodinný dům Praha-východ</b>	<b>12</b>
	<b>Rodinný dům okres Kladno</b>	<b>16</b>
	<b>Rodinný dům okres Jablonec n/N</b>	<b>20</b>
	<b>Rodinný dům okres Kolín</b>	<b>24</b>
	<b>Rodinný dům okres Opava</b>	<b>28</b>
	<b>Rodinný dům Praha</b>	<b>32</b>
	<b>Rodinný dům okres Nymburk</b>	<b>36</b>
	<b>Rodinný dům okres Litoměřice</b>	<b>40</b>
	<b>Byt Praha I.</b>	<b>44</b>
	<b>Byt Praha II.</b>	<b>48</b>



<b>Závěrečné zhodnocení</b>	<b>52</b>
<b>Shrnutí</b>	<b>52</b>
<b>Hodnotící kritéria</b>	<b>52</b>
<b>Závěr</b>	<b>58</b>
<b>Seznam použité literatury</b>	<b>58</b>

## Úvod

V souvislosti se snižováním energetické náročnosti budov se výrazně zvyšují požadavky na tepelně-technické vlastnosti jejich konstrukcí. Zlepšení tepelně-technických vlastností konstrukcí s sebou nese také zvýšení celkové těsnosti budov. Znatelné je to především u výplní otvorů (oken a dveří). U starších výplní otvorů se vyskytovaly netěsnosti, díky kterým docházelo k tzv. infiltraci (výměně vzduchu mezi interiérem a exteriérem). Díky výše zmíněným změnám v požadavcích na energetickou náročnost budov, mají výplně otvorů nejen lepší tepelněizolační vlastnosti, ale jsou také těsnější. Kvalita celého řešení okenních konstrukcí a těsnění zasklívací, funkční i připojovací spáry musí zajistit vysoké nároky na neprůvzdušnost konstrukce. Proto se u současných oken a dveří již nevyskytují netěsnosti a s přirozeným prouděním vzduchu přes netěsné spáry nelze pro trvalé větrání uvažovat. Nežádoucím důsledkem instalace nových těsných oken a dveří je často nedostatečné větrání s negativními dopady na vnitřní mikroklima budov. V případě nedostatečného větrání budov může docházet k celé řadě negativních jevů, jakými jsou např. kondenzace vodní páry na chladných površích stavebních konstrukcí, vlhnutí konstrukcí vedoucí až ke vzniku plísní nebo nedostatečný přívod vzduchu pro spalování.

Současný stav větrání obytných budov (nových i rekonstruovaných) bohužel ve většině případů neodpovídá požadavkům na vytvoření zdravého vnitřního prostředí. Běžná praxe u rodinné a bytové výstavby je taková, že problematika větrání a zdravého vnitřního prostředí se v podstatě neřeší. Většina nových rodinných domů se projektuje pouze s podtlakovým větráním (odtahy z koupelen, WC a z kuchyně) a normový požadavek na dostatečné trvalé větrání je formálně splněn konstatováním, že prostory budou větrány přirozeně (pravidelným otevíráním oken). Toto větrání je ale naprosto nedostatečné a podle odborných studií není možné tímto větráním dosáhnout požadované kvality vnitřního prostředí, zejména uspokojivé koncentrace CO<sub>2</sub>.

Normové požadavky na větrání obytných budov. Zdroj: SZU

### Požadavky na větrání obytných budov ČSN EN 15665/ změna Z1

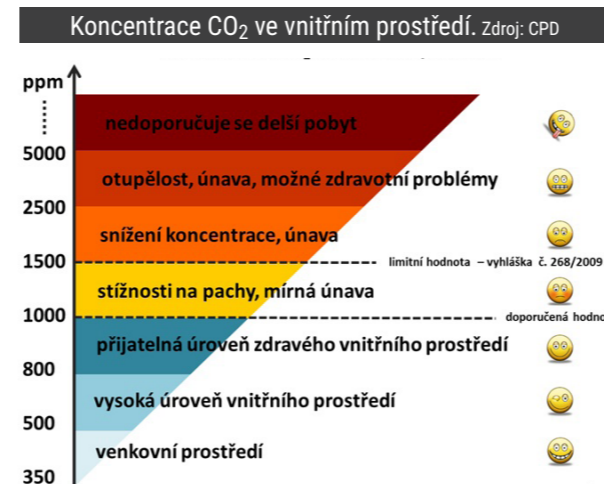
Požadavek	Trvalé větrání (průtok venk. vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h <sup>-1</sup> ] zákl. pož.	Dávka venk. vzd./os [m <sup>3</sup> /(h.os)] dopl. kritérium	Kuchyně [m <sup>3</sup> /h]	Koupelny [m <sup>3</sup> /h]	WC [m <sup>3</sup> /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporuč. hodnota	0,5	25	150	90	50

Při dlouhodobé nepřítomnosti lze připustit intenzitu větrání 0,1 [h<sup>-1</sup>]  
(int.větr. = jen venkovní vzduch, intenz.výměny vzduchu = venk. i oběhový vzduch)

## Národní požadavky na větrání obytných budov

Závazným právním předpisem pro větrání obytných budov v České republice je vyhláška ministerstva pro místní rozvoj č. 20/2012 Sb., o technických požadavcích na stavby (prováděcí předpis ke stavebnímu zákonu č. 183/2006 Sb.). V současnosti jsou požadavky na větrání obytných budov definovány jednoznačně v podobě konkrétních hodnot intenzity větrání nebo průtoku vzduchu na osobu. Pro návrh větrání je nutné použít platnou normu ČSN 15665/Z1, která definuje požadavky na větrání obytných budov v ČR. Základním požadavkem této normy je zajištění trvalého přívodu venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání 0,3 h<sup>-1</sup>. V obytných prostorech (pokoj, ložnice apod.) a kuchyních. Pro vyšší požadovanou kvalitu vnitřního prostředí se doporučuje v souladu s ČSN EN 15251, intenzita větrání 0,5–0,7 h<sup>-1</sup>.

V roce 2011 byla společností REHVA vypracována studie, která sledovala normové požadavky na větrání obytných budov v různých evropských zemích. Z této studie vyšel průměrný požadavek na větrání budov ve vybraných státech (16 zemí) 0,52 h<sup>-1</sup>. Z toho vyplývá, že český požadavek na větrání je hluboko pod tímto průměrem a odpovídá spíše doporučeným hodnotám.



### Nejvýznamnější znečišťující látky patří ve vnitřním prostředí:

- vodní pára,
- oxid uhličitý,
- oxid uhelnatý,
- pachy a oděry,
- cigaretový kouř,
- těkavé organické látky VOC, metan, formaldehyd atd.

určuje teplota vzduchu, střední radiační teplota, rychlost proudění, intenzita turbulence, relativní vlhkost vzduchu.

Venkovní vzduch přiváděný do vnitřního prostředí obsahuje vždy určité množství znečišťujících látek – tuhých částic, plynů a par. Při přirozeném větrání okny do místností proudí nefiltrovaný znečištěný vzduch.

V interiérech se uvolňují znečišťující látky z povrchu stavebních materiálů, nábytku, ale i z povrchu osob a z jejich činností (vaření, úklid apod.).

**Koncentrace oxidu uhličitého v interiéru je dobrý ukazatel míry znečištění vnitřního prostředí.** Koncentrace CO<sub>2</sub> se uvádí v jednotkách ppm (1 ppm = 0,0001% objemu). Koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním prostředí v ČR se pohybuje okolo hodnoty 400 ppm (v urbanizovaných oblastech by hodnota měla být vyšší, v Praze byly naměřeny hodnoty 430–470 ppm). Zdrojem oxidu uhličitého v obytných budovách jsou metabolické procesy (dech, pot apod.). Nejmenší hodnota odpovídá produkci spícího dítěte, nejvyšší dospělé osobě při vysokém stupni fyzické aktivity. Doporučená maximální hodnota pro vnitřní prostředí je 1000 ppm. Limitní hodnota pro vnitřní prostředí podle vyhlášky 268/2009 Sb. je 1500 ppm. Tyto hodnoty jsou v domech s novými okny běžně překračovány.

## Způsoby větrání

V době výstavby bytových a rodinných domů, kdy nebyly na okna a dveře kladeny takové nároky jako dnes, pronikal trvale do vnitřních prostor čerstvý vzduch okenními spárami a netěsnostmi kolem oken. Tímto přirozeným způsobem byl zajištěn dostatečný přívod čerstvého vzduchu do interiéru. Tomuto způsobu větrání společně s dostatečným větráním okny se říká přirozené větrání. Přirozené větrání vyžaduje od obyvatelů domu jistou sebekázeň a systematickosti (závisí na chování člověka) a na tento způsob větrání se nelze plně spolehnout. Do domu se dostává studený vzduch z exteriéru, který je třeba ohřát na pokojovou teplotu



### Rozlišujeme systémy nuceného větrání:

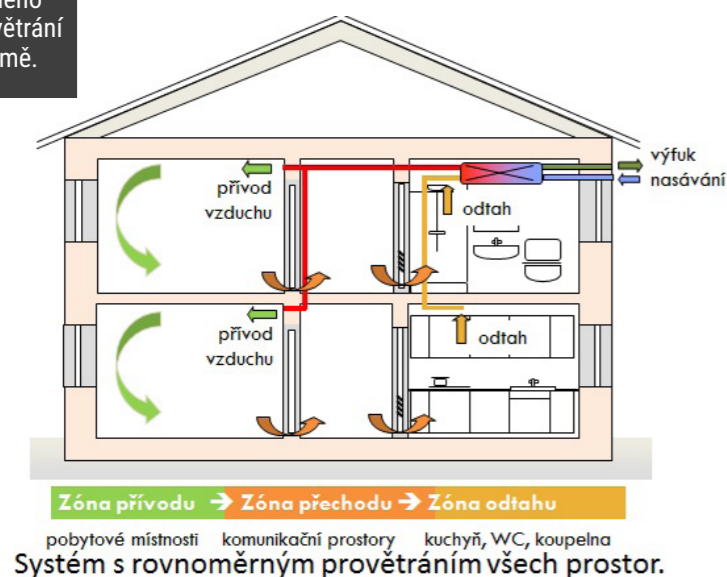
- Lokální systémy:
  - Nucené podtlakové větrání
  - **Nucené rovnotlaké větrání**
  - Hybridní větrání
- Centrální systémy
  - Nucené podtlakové větrání
  - **Nucené rovnotlaké větrání**
  - Hybridní větrání

a s sebou přináší další náklady na drahé energie. S často zmiňovanou „mikro-ventilací“, což je poloha okna mezi otevřeným a zavřeným rámem, nelze pro dostatečné provětrání vnitřního prostoru uvažovat, protože objem přivedeného vzduchu je zcela nedostačující. Tímto způsobem nelze dosáhnout doporučené výměny (poloviny objemu vzduchu v obytné místnosti jednou za hodinu).

Sofistikovanější řešení dostatečného větrání zajišťují systémy s nuceným větráním. Při nuceném větrání je proudění vzduchu ve větraném prostoru zajištěno nuceným (mechanickým) způsobem – ventilátory. Do těchto systémů je zpravidla vřazen rekuperační výměník, který zajišťuje rekuperaci odpadního tepla (předává teplo odcházející z budovy společně s odpadním vzduchem přiváděnému čerstvému vzduchu). Hybridní větrání pak představuje kombinaci přirozeného a nuceného větrání. Nucené větrání lze rozdělit na větrání podtlakové a rovnotlaké.

V bytových domech s podtlakovým větráním se uvažuje s tím, že odpadní vzduch je z bytů odváděn ventilátory. V případě lokálních systémů je ventilátor umístěn v každém bytě a je napojen na centrální rozvod, který je umístěn na střeše. V případě centrálního podtlakového systému je odtahový ventilátor umístěn na střeše objektu a odsává všechny bytové jednotky. Odpadní vzduch je odsáván zpravidla z WC, koupelen a z kuchyně, pro přívod čerstvého vzduchu by měly být v obvodové stěně otvory, ty ale zpravidla v bytech nebývají. Při návrhu se stále uvažuje, s nasáváním čerstvého vzduchu netěsnostmi kolem oken, ale s použitím těsných oken tento předpoklad nelze splnit. Stav původních vzduchovodů

Schéma nuceného rovnotlakého větrání v rodinném domě. Zdroj: CPD



v bytových domech často není uspokojivý. Toto řešení je při použití současných těsných oken nedostatečné. Analogicky lze problematiku nuceného podtlakového větrání uvažovat i u rodinných domů.

### Doporučené systémy větrání

Pro zajištění dostatečného množství přivodního čerstvého vzduchu lze doporučit nucené rovnotlaké větrání s rekuperací odpadního tepla. Nucené rovnotlaké větrání představuje vyšší kvalitu větrání než nucené podtlakové větrání, hybridní nebo přirozené větrání. Zároveň se dá říci, že představuje jediné skutečně funkční řešení pro zajištění dostatečné výměny vzduchu a kvalitního vnitřního prostředí. Zároveň se uplatní i v případech, kdy není z hygienických důvodů možné zajistit přívod přirozeně (například v blízkosti zdroje znečištění nebo hlučné komunikace). Nucené větrání pomáhá i v domech, kde jsou problémy s vlhkostí.

V praxi instalované systémy nuceného rovnotlakého větrání s rekuperací tepla jsou popsány v následujících kapitolách u hodnocených objektů.

Pomocí centrálního systému nuceného větrání s rekuperací tepla lze i vytápět rodinné domy. Teplovzdušné vytápění je vhodné pro rodinné domy s velmi nízkou energetickou náročností. Výhodou je sdružené vytápění a větrání do jednoho systému a snížení investičních nákladů na otopnou soustavu, celý systém se ale hůře reguluje.

### Kontrolní měření koncentrace CO<sub>2</sub> v bytě

Pro ověření teoretických předpokladů bylo provedeno kontrolní měření koncentrace oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub> v jednotkách ppm) ve dvou bytech se srovnatelnými okrajovými podmínkami.

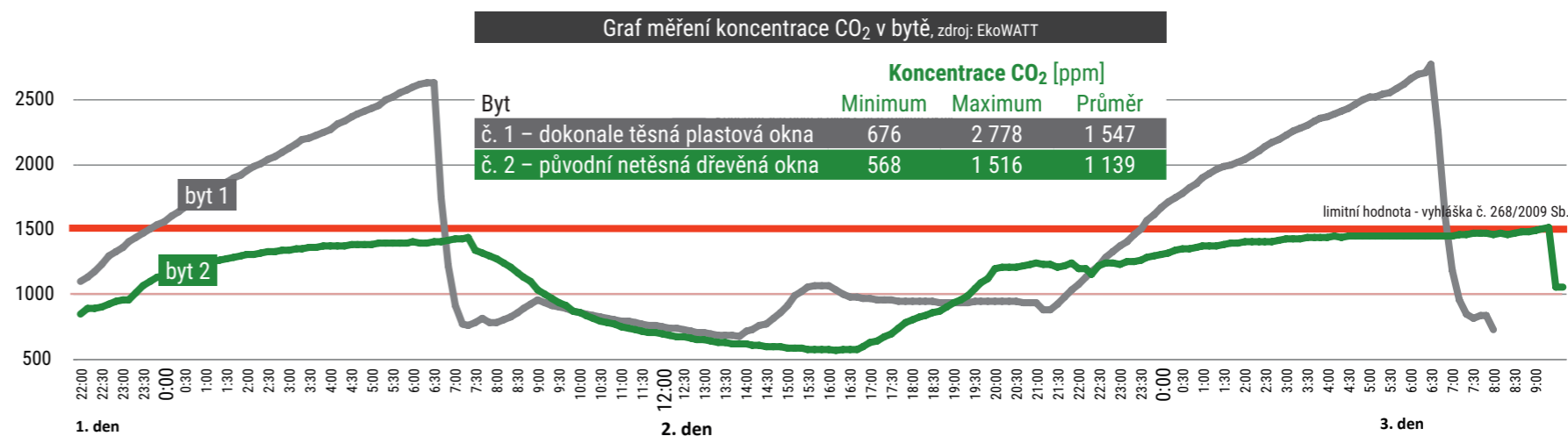
V bytě č. 1 v zatepleném panelovém domě byla vyměněna původní dřevěná okna za **těsná plastová okna** s izolačním trojsklem. Měření probíhalo v ložnici s dokonale těsnými plastovými okny po dobu 35 hodin. V ložnici o objemu 30 m<sup>3</sup> spal jeden člověk.

V bytě č. 2 v cihlovém domě bez zateplení jsou původní **netěsná dřevěná okna**. Měření probíhalo v ložnici po dobu 35 hodin. V ložnici o objemu přibližně 65m<sup>3</sup> spali dva lidé.

Vstupní data pro měření koncentrace CO<sub>2</sub> jsou srovnatelná (přibližně 30 m<sup>3</sup> objemu vzduchu v místnosti na osobu). Měření probíhalo od večerních hodin 1. dne přes noc, den a další noc do dopoledních hodin 3. dne v listopadu 2017.

Z grafu je patrný nárůst koncentrace ppm v nočních hodinách. Zatímco v bytě s původními netěsnými okny se maximální koncentrace CO<sub>2</sub> dostala na hodnotu kolem 1500 ppm, v bytě s těsnými plastovými okny tato hodnota přesahovala 2600 ppm. Rozdíly v naměřených hodnotách koncentrace CO<sub>2</sub> v posuzovaných bytech jsou zcela zásadní. Z grafu je také patrné, že koncentrace ppm v bytě s dřevěnými okny nerostla lineárně a při vyšších koncentracích se nárůst koncentrace zpomaluje. V bytě č. 1 majitel po ránu důkladně vyvětral, zatímco v druhém bytě nebylo třeba větrat a stačilo, aby z místnosti obyvatelé odešli. Koncentrace CO<sub>2</sub> díky netěsným oknům postupně klesla až pod hodnotu 600 ppm.

V bytě s těsnými plastovými okny přesahovaly koncentrace CO<sub>2</sub> v nočních hodinách 1500 ppm, což je považováno za hraniční hodnotu zdravého vnitřního prostředí. V bytě s dřevěnými okny tato hodnota nebyla překročena. Ve dne se koncentrace oxidu uhličitého pohybovaly kolem hodnoty 1000 ppm, ale je třeba říci, že v bytě č. 1 se po ránu vždy důkladně větralo. V bytě č. 2 nebylo nutné pro dosažení uspokojivých hodnot koncentrace oxidu uhličitého větrat vůbec.





# Rodinný dům Praha-západ



## Popis objektu

Dvoupodlažní pasivní rodinný dům je umístěn uvnitř stávající zástavby v obci v okrese Praha-západ. Dům je obdélníkového půdorysu se sedlovou střechou. Rodinný dům je v provozu asi 3 roky.

Stavba se nachází v zadní části zahrady, cca 35 metrů od komunikace. Dům je založen na železobetonové desce a pěnovém skle tl. 250 mm, nosnou obvodovou konstrukci tvoří vápenopískové cihly se zateplením z grafitového polystyrenu tl. 300 mm, střecha je izolována minerální vatou tl. 500 mm. Okna a dveře jsou s izolačním trojsklem.

Jako hlavní zdroj tepla je v objektu navrženo tepelné čerpadlo vzduch-vzduch Atrea DUPLEX RA4\_EC s rekuperací tepla. Vytápění domu je teplo-vzdušné (cirkulačně-směšovací) a větrání je s rekuperací odpadního vzduchu. Záložním zdrojem tepla na vytápění je elektrokotel, který se spouští jen při extrémně nízkých teplotách. Teplá voda je připravována v elektrickém bojleru s integrovaným tepelným čerpadlem vzduch-voda ARISTON – NUOS o objemu 255 litrů.



## Parametry budovy

### Pasivní dům

Energetická náročnost budovy: **A** mimořádně úsporná  
Průměrný součinitel prostupu obálky budovy  $U_{em}$ : 0,18 W/(m<sup>2</sup>K)  
Měrná potřeba tepla na vytápění: 18 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Celková průvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$ : 0,32 h<sup>-1</sup>



## Projekční příprava a stavba

### Architektonický návrh a stavební část:

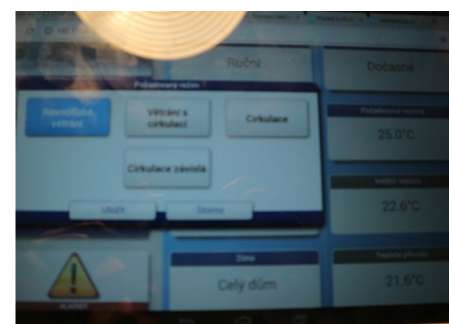
Re:architekti – MgA. Ondřej Synek, Ing. Arch. Jan Vlach

**Energetické hodnocení:** PORSENNA o.p.s.

Již od architektonické studie byl rodinný dům koncipován jako pasivní. Motivací uživatelů pro výstavbu pasivního domu byla ochrana životního prostředí a nízké náklady na vytápění a přípravu teplé vody. Dům byl stavěn svépomocí se subdodávkou jednotlivých částí.

Vzduchotěsnost domu byla v projektu řešena jen okrajově. V projektu sice byla definována vzduchotěsná hranice na vnitřní hraně zdiva, ale při výstavbě budovy bylo přikročeno k vytvoření vzduchotěsné vrstvy z vnější strany fasády. Při realizaci musela být vzduchotěsnost důsledně kontrolována majitelem domu a kritická místa dolepena. Největší ztráty vzduchu byly při testu těsnosti obálky nalezeny v oblasti základové spáry a v rozích oken. Blower-door-test vyšel 0,32 h<sup>-1</sup>.

Vyústky v obytných místnostech, zdroj: EkoWATT



Ovládání vzduchotechnického systému na tabletu

Objekt byl podpořen z programu Nová Zelená úsporám v podoblasti B – výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.



## Popis systému VZT

Vzduchotechnická jednotka DUPLEX RA4\_EC se střední účinností 85 % (podle ČSN EN 308) je umístěna v technické místnosti v 2. patře. Jednotka je dimenzována na maximální vzduchové množství 210 m<sup>3</sup>/h. Sání čerstvého vzduchu je řešeno prostupem přes stěnu objektu na jižní fasádě a zároveň je do jednotky napojen vývod ze zemního výměníku. Výfuk odpadního vzduchu je veden na střechu objektu. Přiváděný venkovní a cirkulační vzduch je dle potřeby dohříván pomocí přímého výparníku tepelného čerpadla vzduch-vzduch. Jako záložní zdroj je v technické místnosti instalován elektrokotel a i ten je zapojen přes topný registr do vzduchotechnické jednotky.

Systém nuceného větrání v domě je centrální s celkem osmi přívodními body a s několika body odtahu v místnostech hygienického zázemí, kuchyně a z technické místnosti. Dispozičně je v rodinném domě propojen obývací pokoj s kuchyňským koutem, chodba v 1. NP, schodiště a chodba ve 2. NP do jednoho prostoru. Přívodní čerstvý nebo cirkulační vzduch je přiváděn do jednotlivých obytných místností, dále proudí mezerami pod dveřmi a je odváděn odtahovými vyústkami. V centrální halové části domu je sání cirkulačního vzduchu zpět do jednotky. Rozvody vzduchu jsou vedeny ve stropu 1. NP a v podlaze 2. NP. Na přívodním vzduchovodu do místností je instalován tlumič hluku.

Před vzduchotechnickou jednotkou nebylo nutné instalovat ochranu proti zamrznutí, protože je přívodní vzduch přiváděn zemním registrem a do jednotky je zaveden topný registr z tepelného čerpadla. Jednotka umožňuje chlazení (pomocí tepelného čerpadla vzduch-vzduch), ale neumožňuje vlhčení vzduchu.





## Rodinný dům Praha-západ



### Měření a regulace

Ovládání a regulace systému nuceného větrání s rekuperací tepla je přes tablet (může to být i počítač nebo mobilní telefon) přes WIFI. Realizační firma systém zaregulovala.

Systém umožňuje v základu dva stupně větrání nebo přednastavené týdenní programy (případně nastavení režimu dovolená/párty), které ale nejsou majiteli příliš využívány. V letním období je možné naprogramovat režimy přetlakového větrání pro noční předchlazení objektu. Dále je systém nuceného větrání ovládán pomocí tzv. externích signálů. Pokud obyvatelé domu zapnou spínač v koupelně, na WC nebo v kuchyni, jednotka je automaticky uvedena do režimu vyššího větrání bez ohledu na nastavený nebo naprogramovaný provoz. Pokud se obyvatelům zdá, že teplota v domě je nízká, spustí vzduchotechnický systém na nejvyšší úroveň vytápění pomocí cirkulačního vzduchu.

V létě je systém nuceného větrání vypnutý (4–5 měsíců), pouze v teplých dnech je využíván systém nočního provětrávání. V extrémně horkých dnech je využíváno chlazení, které umožňuje instalace tepelného čerpadla. Toto chlazení ale není nezbytně nutné, protože teplota v domě nestoupne přes 26°C a případné teplotní rozdíly v těchto extrémních dnech nejsou



Vzduchotechnické rozvody v technické místnosti, zdroj: EkoWATT

pro obyvatele domu žádoucí. V zimě je provoz vzduchotechniky na 90% cirkulační. V systému je nastaveno periodické větrání, kdy je po 40 minutách celý dům provětrán a při překročení koncentrace ppm se také sepne přívod čerstvého vzduchu (například při větší koncentraci lidí). Čidlo CO<sub>2</sub> je v centrální místnosti na stěně.

Vlhkoměr byl v domě instalován dodatečně do centrální místnosti. Spotřeba elektrické energie rekuperačního výměníku a koncentrace CO<sub>2</sub> není měřena.



### Údržba

Rekuperační jednotka se nečistí. U rozvodů vzduchu není počítáno s tím, že by se někdy čistily. Filtry obyvatelé domu mění dvakrát za rok. Podle ovládacího systému by se filtry měly měnit čtíkrát ročně.



### Subjektivní hodnocení majitelů domu

Systém nuceného větrání není hlučný a hlučnost neobtěžuje obyvatele domu. Při nejvyšší úrovni otáček je vzduchotechnika slyšet, ale člověk se musí na tento hluk soustředit, aby ho registroval. V domácnosti jsou instalovány jiné spotřebiče, které jsou daleko hlučnější. Hlukové přeslechy z místnosti do místnosti v domě nejsou. V posuzovaném rodinném domě nejsou s hlukem žádné problémy.

Určitým problémem je sdružené vytápění a větrání. Centrální systém je nastaven tak, že jakmile je potřeba v obývacím pokoji zatopit, teplý vzduch je přiváděn i do ostatních místností. To je samozřejmě problém v okamžiku, kdy jsou místnosti v patře výrazně menší než hlavní místnost. I díky tomu, že teplý vzduch stoupá nahoru, je v místnostech v patře vyšší teplota.

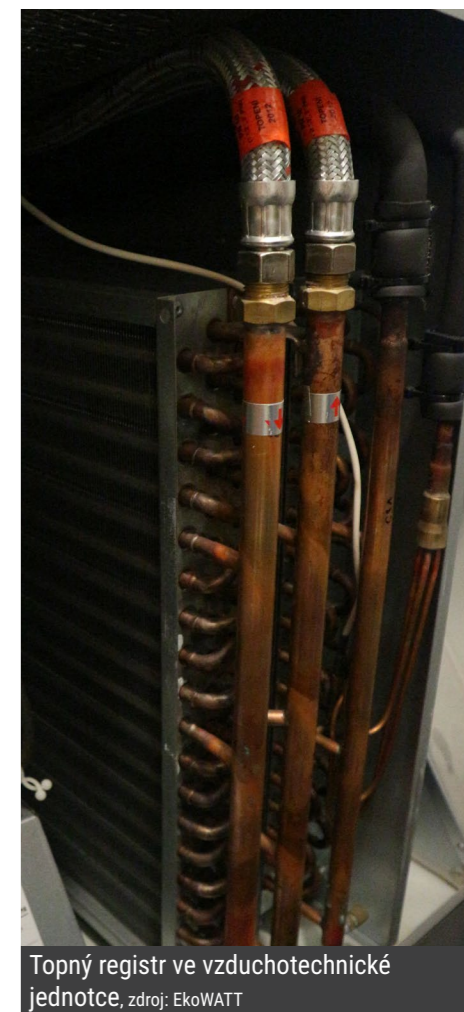
V případě, že v pokoji v patře stoupne koncentrace CO<sub>2</sub> a vznikne požadavek na přívod čerstvého vzduchu, lze do místnosti přivést čerstvý vzduch, ale bude to zároveň vzduch vytápěcí a výrazně stoupne teplota v této konkrétní místnosti. Řešením je pouze otevření okna, což je ale v zimních měsících nežádoucí. Dočasně je tento problém řešen ucpáním přívodní vyústky v nejmenším pokoji. To má ale za následek nemožnost větrání tohoto pokoje.

Pokud se topí v interiéru na víc než 23 °C je vzduch sušší (vlhkost klesá pod 50 %), což je nekomfortní hlavně pro majitelku domu, pro kterou je ideální vlhkost vzduchu okolo 60 %. V domě majitelka suší prádlo a do vzduchu se dostává vlhkost z prádla a tím se udržuje na přijatelné úrovni. Případně lze dát do prostoru hrnec s vodou (z hladiny se odpařuje voda, a pomocí cirkulace vzduchu se vlhkost rozvádí po domě). Prašnost je stejná nebo vyšší než v prostoru bez nuceného větrání. Rozhodně se nedá říci, že by byla nižší díky filtrům v rekuperační jednotce.

Ovládání rozhraní v tabletu je pohodlné. Obyvatelé jsou se systémem regulace a s ovladatelností systému spokojeni.

Obyvatelé domu jsou spokojeni s teplovzdušným vytápěním, protože v tomto systému nemusí být instalováno podlahové vytápění ani radiátory. Investoři striktně nechtěli podlahové topení a to hlavně kvůli prkenné podlaze, pod kterou by nešlo instalovat. Teplovodní systém s radiátory se jim také nelíbil. Toto řešení je také investičně levnější.

Obyvatelé domu kladně hodnotí přísun čerstvého vzduchu, což pocítovali několik měsíců po nastěhování, kdy si uvědomili, že vůbec není potřeba otvírat okna. A to i přes to, že majitelka domu se ze začátku ke všemu stavěla skepticky. Hluk není obtěžující, ani v noci.



Topný registr ve vzduchotechnické jednotce, zdroj: EkoWATT





# Rodinný dům Praha-východ



## Popis objektu

Dvoupodlažní slaměný pasivní rodinný dům je umístěn v okrese Praha-východ. Dům má obdélníkový půdorys a je zastřešen sedlovou zelenou střechou. Výrazně prosklenou stěnou je obrácen k jihojihozápadu. Na ostatních fasádách nejsou téměř žádné okenní otvory. Dům je v provozu necelý rok.

Obvodové stěny domu jsou z velkoformátových slaměných balíků tloušťky 800 mm v dřevěné nosné konstrukci. Z vnitřní strany je vzduchotěsná vrstva (hliněná omítka tl. 40 mm) a další vrstva hliněné omítky tl. 40mm je pro rozvod instalací. V podlaze nad vzduchovou dutinou, která je tvořena nosníky STEICO, je 400 mm foukané tepelné izolace. V trémové střešní konstrukci je celkem 440 mm foukané tepelné izolace. Okna a dveře jsou s izolačním trojsklem.

Na střeše jsou instalovány fotovoltaické panely (5 kWp), které vyrábějí elektrickou energii pro provoz domu. Přebytková energie je odváděna do akumulační nádoby o objemu 1000 l a použita pro ohřev teplé vody a vytápění. Zbytek elektrické energie je dodáván do sítě. Teplá voda je připravována průtočným způsobem v trubkovém výměníku v akumulační nádobě,



## Parametry budovy

### Pasivní dům

Energetická náročnost budovy: **A** mimořádně úsporná  
Průměrný součinitel prostupu obálky budovy  $U_{em}$ : 0,18 W/(m<sup>2</sup>K)  
Měrná potřeba tepla na vytápění: 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Celková průvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$ : 0,23 h<sup>-1</sup>

v které jsou instalovány elektrické spirály pro dohřev systému vytápění. V domě je instalována krbová vložka s teplovodním výměníkem, který je také napojen na akumulační zásobník.

V domě je nucené větrání s rekuperací tepla. Větrání je zajištěno vzduchotechnickou jednotkou Atrea DUPLEX 390 ECV 4.A.



## Projekční příprava a stavba

### Architektonický návrh a stavební část:

Nature systems – Ing. arch. Jan Márton, Ing. arch. Petr Klápště

**Energetické hodnocení:** EKOSTEP – Ing. Pavel Minář

Již od architektonické studie byl dům koncipován jako pasivní. Původní představa investorů byla, že si postaví dům spjatý s přírodou v nízkoenergetickém standardu - „vesnickou chaloupku s krbem“. Nakonec se nechali přesvědčit k výstavbě pasivního domu. Použití slaměných balíků na obvodové stěny znamenalo zcela individuální stavebně-architektonické řešení. Původně bylo uvažováno, že slaměné stěny budou nosné, ale v průběhu realizace došlo k vyztužení těchto stěn dřevěnou nosnou konstrukcí.

Vzduchotěsnost domu byla v projektu důsledně řešena. Architekt tohoto domu měl zkušenosti s výstavbou pasivních domů a vzduchotěsná vrstva i všechny detaily byly řešeny už v projektu (páskování, tmelení, řešení prostupů apod.). Při realizaci byly veškeré detaily konzultovány s odborníky. Blower-door-test B vyšel 0,26 h<sup>-1</sup> a finální Blower-door-test A vyšel 0,23 h<sup>-1</sup>. Při takto nízké hodnotě nebylo možno nalézt konkrétní chybu ve vzduchotěsné vrstvě. Pro dřevostavbu je výsledná hodnota vynikající.

Objekt byl podpořen z programu Nová Zelená úsporám v podoblasti B – výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.



## Popis systému VZT

Vzduchotechnická jednotka AT-REA DUPLEX 390 ECV 4.A se střední účinností 86 % (podle ČSN EN 308) je umístěna v technické místnosti v 1. NP. Jednotka je dimenzována na vzduchové množství 390 m<sup>3</sup>/h. Sání čerstvého vzduchu je řešeno vstupem přes východní stěnu objektu. Na sání je osazen elektrický ohřivač (předehřev vzduchu). Výfuk odpadního vzduchu je vyveden na severní fasádu.

Systém nuceného větrání v domě je centrální s celkem čtyřmi přívodními body. Do obytných místností je přiváděn čerstvý vzduch z rekuperační jednotky, který je dále veden přes mezery pod dveřmi a odváděn odtahovými výstky z kuchyně, WC a z koupelny. Rozvody vzduchu jsou kruhového průřezu (průměr 200 mm) ze SPIRO potrubí a jsou vedeny ve stropech. Za vzduchotechnickou jednotkou na přívodním i odtahovém potrubí jsou umístěny tlumiče hluku. Ve stropě 2. NP je rozvaděč, ve kterém je dodatečně instalován další tlumič hluku. Z tohoto rozvaděče je vzduch veden do dvou dětských pokojů a do ložnice. Odtahová výstka v kuchyni slouží zároveň pro odvod pachů z vaření.

Na přívodním potrubí před vzduchotechnickou jednotkou je instalován předehřev jako ochrana proti zamrznutí. Do jednotky není zavedeno vlhčení ani chlazení (ale o jeho instalaci majitel uvažuje).





## Měření a regulace

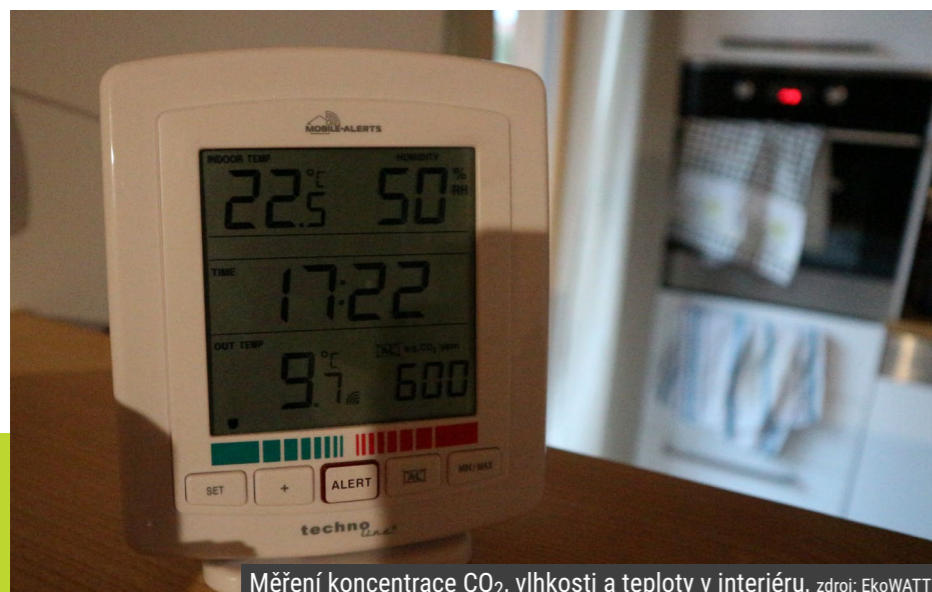
Ovládání systému je ruční pomocí regulačního kolečka a automatické na základě CO<sub>2</sub> čidla. Regulace je jednoduchá a intuitivní.

Systém umožňuje nastavení větrání regulačním kolečkem, kterým je možné ručně nastavovat intenzitu větrání. V případě použití WC a koupelny nebo digestoře v kuchyni se jednotka automaticky spouští na vyšší intenzitu větrání. Intenzita větrání se nastavuje ručně pomocí šroubováku přímo ve VZT jednotce. Čidlo CO<sub>2</sub> je umístěno v ložnici.

Provoz systému nuceného větrání je celoroční a je převážně nastaven na minimální průtok vzduchu. Jednotka se nevypíná ani v létě, vyjma doby, kdy rodina odjíždí na dovolenou.

Protože jsou v domě v letních měsících problémy s přehříváním (především v pokojích v 2. NP), bude do jednotky dodatečně nainstalováno chlazení. Chlad bude odebírán z nádrže na dešťovou vodu. Při extrémních teplotách v létě muselo být nucené větrání také vypínáno, protože by byl do domu nasáván příliš horký vzduch (s teplotou přes 30 °C).

Vlhkoměr a měřič ppm byly v domě instalovány dodatečně do centrální místnosti. Jedná se o malou lokální stanici, která navíc měří teplotu uvnitř domu i v exteriéru. Jsou známy celkové podrobné centrální spotřeby elektrické energie, ale rekuperační jednotka není měřena samostatně.



Měření koncentrace CO<sub>2</sub>, vlhkosti a teploty v interiéru, zdroj: EkoWATT



## Údržba

Filtry se mění jednou za dva měsíce a jsou dost špinavé. To je podle majitele domu dáno tím, že dům je blízko Prahy a tudíž v prašném prostředí.

Rekuperační jednotku není třeba nečistit. V rodinném domě jsou instalovány kovové SPIRO-trubky, které jsou čistitelné. Rodina bydlí v domě necelý rok a zatím nebyla potřeba trubky vyčistit. To je způsobeno i tím, že jednotka je v provozu non-stop. Pachy z kuchyně se do domu nešíří (pach je cítit maximálně 15 minut po vaření).



## Subjektivní hodnocení majitelů domu

Vzduchotechnická jednotka, která je v domě instalována, není vhodná pro tento typ objektu. V kombinaci s rozvody typu SPIRO pak dochází k přenosu hluku přes vzduchovody. Největší problémy jsou v nočních hodinách, kdy je tento hluk pro obyvatele velmi problematický. V noci je potřeba v ložnicích vyměnit vyšší objem vzduchu a při spuštění na vyšší otáčky dochází k přenosu hluku z rekuperační jednotky přes rozvody vzduchu. Nepomáhají ani tlumiče hluku umístěné na vzduchovodech. Pokud vzduchotechnická jednotka běží na plné otáčky (390 m<sup>3</sup>/h), je hlukové znečištění neúnosné.

Odvod vzduchu z kuchyně, zdroj: EkoWATT



Pohled do vzduchotechnické jednotky, zdroj: EkoWATT

Tlumič hluku na vzduchotechnickém potrubí, zdroj: EkoWATT



Regulační kolečko, zdroj: EkoWATT

Tuto intenzitu větrání nemohou mít obyvatelé domu nastavenou. Zároveň je cítit nepříjemný pohyb vzduchu.

Po zkušenostech s instalovaným systémem řízení (ruční ovládání), by si investor dnes nainstaloval digitální regulaci systému. Bylo by vhodné nastavit několik režimů větrání na základě vnitřní a venkovní teploty, aby vše fungovalo automaticky s regulací na základě teplot. Bylo by více možností nastavit optimální stav. Podle majitele by byla nejlepší regulace ta, na kterou člověk nemusí myslet a která funguje automaticky.

Spokojenost je s čidly na WC a v koupelnách a s vlhkostí není žádný problém. Nastavení větrání v koupelnách a na WC bylo postupně doladováno v průběhu provozu domu po instalaci systému. V místnostech je vlhkost stále kolem 50 % (i v zimě), což je pro rodinu optimální. Požadované vlhkosti je docíleno i díky sušení prádla v interiéru.

Prašnost je podle majitele vyšší než v předchozím bydlišti, což je pravděpodobně způsobeno vyšším objemem vyměňovaného vzduchu, blízkostí Prahy a velkých dopravních tahů. Podle majitele se rozhodně nedá říct, že by v domě byla menší prašnost, i když jde o subjektivní pocity.

Jednotka běží neustále na nejnižší intenzitu a pouze nárazově je intenzita provětrávání zvýšena (například po použití koupelny nebo WC)

Podle majitele by bylo rychle znát, kdyby v domě nebylo nucené větrání. Vypnutí nuceného větrání s rekuperací tepla v těsném domě jako je tento, by mělo za následek nárůst koncentrace ppm. V původním bydlišti majitelé počítali s infiltrací netěsnostmi oken a s přirozeným větráním okny. Pocit 100% ideálního větrání a nejzdravějšího vnitřního prostředí mají obyvatelé přesto jen při otevřených oknech. To je ale také způsobeno tím, že kvůli hluku nelze jednotku pustit na nejvyšší intenzitu provětrávání. Podle majitele je klíčové, aby jednotka byla málo hlučná.







# Rodinný dům okres Kladno



## Popis objektu

Posuzovaný pasivní rodinný dům je umístěn v městě v okrese Kladno. Dvoupodlažní dům má obdélníkový půdorys a je zastřešen sedlovou střechou. Velké prosklené plochy jsou orientovány na jižní a západní stranu. Dům je v provozu přibližně tři roky.

Obvodové stěny domu jsou z vápenopískových cihel a jsou zatepleny tepelným izolantem z grafitového polystyrenu tloušťky 300 mm. V podlaze je izolace z polystyrenu tloušťky 200 mm. V šikmé střeše je izolace z minerální vaty tloušťky minimálně 500 mm. Okna a dveře jsou s izolačním trojsklem.

Vytápění domu je teplovodní (podlahové topení) a je zajištěno tepelným čerpadlem vzduch-voda. Teplá voda je primárně připravována fotovoltaickou elektrárnou umístěnou na střeše (8 panelů – 2 kWp, není zapojena do elektrických okruhů v domě) a je dotápěna elektrickou patronou.

V domě je instalováno nucené větrání s rekuperací tepla pomocí jednotky Paul NOVUS 300.



## Parametry budovy

### Pasivní dům

Energetická náročnost budovy: **A** mimořádně úsporná  
Průměrný součinitel prostupu obálky budovy  $U_{em}$ : 0,17 W/(m<sup>2</sup>K)  
Měrná potřeba tepla na vytápění: 18 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Celková průvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$ : 0,35 h<sup>-1</sup>



## Projekční příprava a stavba

### Architektonický návrh a stavební část:

Ing. arch. Jan Červený, Ing. Vít Přibíl

**Energetické hodnocení:** PORSENNA o.p.s.

Dům měl být původně vystavěn jedinou realizační firmou, ale po špatných zkušenostech byly některé dílčí části řešeny subdodavatelsky.

Vzduchotěsnost domu byla v projektu definována, veškeré detaily byly důsledně řešeny a vzduchotěsná vrstva vede po vnitřní hraně zdiva. Veškerá kritická místa byla řešena, problematická místa páskována a elektrické zásuvky byly dotěšňovány. Největší problémy se vzduchotěsností byly u největších oken (na jižní a západní fasádě) a kolem rozvodů vzduchotechniky, která nebyla provedena dokonale. Dodržení vzduchotěsnosti při realizaci bylo třeba stále kontrolovat, protože některé realizační firmy s touto problematikou nemají zkušenosti.

Před dokončením stavby domu byl změřen kontrolní Blower-door-test B finální Blower-door-test A potom vyšel 0,35 h<sup>-1</sup>.



Předehřev na přívodním vzduchovodu do jednotky, zdroj: EkoWATT

Objekt byl podpořen z programu Nová Zelená úsporám v podoblasti B – výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.



## Popis systému VZT

V technické místnosti ve 2. NP je umístěna vzduchotechnická jednotka Paul NOVUS 300 se střední účinností 93 % (podle ČSN EN 308). Přívod čerstvého vzduchu do jednotky je přes stěnu z jižní fasády a výfuk odpadního vzduchu je vyveden na střechu. Jednotka je dimenzována na maximální vzduchové množství 300 m<sup>3</sup>/h. Před jednotkou je umístěn elektrický předehřev vzduchu.

Větrání rodinného domu je rovnotlaké centrální s přívodem venkovního vzduchu do obytných místností a odvodem vzduchu z hygienického zázemí domu. Vzduch proudí mezerami pod dveřmi. Rozvody vzduchu jsou kombinované ze SPIRO potrubí a z hadic SONOFLEX, které jsou umístěny u výústek.



Rekuperační jednotka, zdroj: EkoWATT





## Měření a regulace

Ovládání systému je digitální pomocí ovládacího displeje, kde lze nastavit tři stupně intenzity větrání. Nastavení systému nuceného větrání nebylo dodatečně regulováno a funguje spolehlivě již od instalace (bylo nastaveno podle skutečného počtu osob).

Systém nuceného větrání je nastaven neustále na stupeň 1 a v mimořádných případech majitel intenzitu větrání zvyšuje. V systému regulace je možné přednastavit různé programy. Lze si například nastavit, že se v létě v noci spustí vyšší intenzita větrání (když je venku nejnižší teplota) a díky tomu se dům vychladí. Nebo lze nastavit v době dovolené program, který spustí jednotku jednou za cca 10 minut a celý dům se pravidelně provětrává.

Teplota v exteriéru je měřena na přívodu vzduchu a v interiéru v obývacím pokoji. Čidlo CO<sub>2</sub> nainstalováno není. Spotřeba elektrické energie není měřena.

Vlhkost v interiéru není měřena a není možnost zjistit reálné hodnoty. Prádlo se suší v domě a i díky tomu se v domě vlhkost zvyšuje.



Digitální ovládání nuceného větrání, zdroj: EkoWATT



## Údržba

V rodinném domě jsou instalovány kovové SPIRO-trubky, které jsou čistitelné. Rodina bydlí v domě tři roky a zatím rozvody vzduchu nikdo nečistil (nebylo to potřeba). Majitel hledal i firmy, které by tuto službu zajišťovaly, ale nenašel žádnou. Rekuperační jednotka by se měla osprchovat jednou za 5 let.

Filtry by se měly měnit čtyřikrát ročně. Ale kompletní sada filtrů (včetně filtru v předehřevu) vyjde na 1 700 Kč, což určitě není levná záležitost. Majitel mění filtry jen dvakrát ročně a nárazově filtry luxuje.



Předehřev, zdroj: EkoWATT



Filtr v předehřívacím boxu, zdroj: EkoWATT



## Subjektivní hodnocení majitelů domu

Jednotka je tichá. S hlučností nejsou žádné problémy. Přeslechy mezi místnostmi majitel neregistruje.

Majitel měl původně obavu, že se čerstvý vzduch nedostane do všech částí místnosti. Jednoduchým pokusem s balonkem bylo ověřeno, že čerstvý vzduch se dostane všude (bylo vidět, jak balonek putuje po místnosti).

Podle majitele je drobnou nevýhodou centrálního řešení systému nuceného větrání šíření zvuku uvnitř domu. Pod všemi dveřmi je mezera, aby vzduch správně proudil, a to je samozřejmě problém pro přenos hluku z místnosti do místnosti. Tento problém je dán koncepcí a charakterem celého systému nuceného větrání. Řešení s přívodem vzduchu a odvodem v každé místnosti by bylo dražší, protože vzduchové rozvody by musely být dvojnásobné.

Ovladatelnost systému je zcela vyhovující, řešení je intuitivní a jednoduché.

Když je jednotka spuštěna na nejvyšší otáčky, je znát že v místnostech proudí vzduch a pro někoho to může být nepříjemné. Nejvyšší intenzita větrání tzv. „párty“ se spouští jen ve výjimečných provozních případech. Při provozu na nižší otáčky není pohyb vzduchu cítit.

Prašnost v rodinném domě s nuceným větráním je nižší než v prostorech bez nuceného větrání. Většina prachu ne zachytává na dvojici filtrů.

Okna se v létě otevírají normálně, ale v zimě obyvatelé okna neotvírají vůbec. Majitel domu zmiňuje výhodu, že zavřená okna lze považovat za dobrou pasivní ochranu proti zlodějům.



Filtr, zdroj: EkoWATT





# Rodinný dům okres Jablonec n/N



## Popis objektu

Posuzovaný pasivní rodinný dům se nachází v obci v okrese Jablonec nad Nisou. Dvoupodlažní dřevostavba má obdélníkový půdorys a šikmou střechu. Štíty domu jsou orientovány na západ (do ulice) a na východ (do zahrady). Dům je koncipován jako pasivní, tomu odpovídá orientace ke světovým stranám, kompaktní tvar, kvalita obalových konstrukcí a další klíčové parametry pro dosažení pasivního standardu. Dům je součástí celku třinácti pasivních domů stejného konceptu, které byly vystavěny v rámci pilotního projektu v roce 2006.

Nosná konstrukce domu je z dřevěných sloupů. Obvodové stěny domu jsou vyplněny tepelným izolantem z minerální vaty tloušťky 400mm. Ze strany exteriéru je instalační mezera, z vnější strany domu je dřevěné obložení. V podlaze je izolace z EPS v tloušťky 200 mm, V šikmé střeše je izolace z minerální vaty tloušťky 550 mm. Okna a dveře jsou dřevěné s izolačním trojsklem.

Vytápění rodinného domu je teplovzdušné. V technické místnosti je instalován akumulční zásobník, který je vytápěn solárními kolektory, elektrickými patronami, krbovou vložkou s teplovodním výměníkem a tepelným čerpadlem vzduch-voda, které bylo instalováno dodatečně. Teplo



## Parametry budovy

### Pasivní dům

Energetická náročnost budovy: **A** mimořádně úsporná

Měrná potřeba tepla na vytápění: 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub>: 0,53 h<sup>-1</sup>

je distribuováno z rekuperační jednotky vzduchotechnickým systémem, v koupelnách jsou instalovány teplovodní žebříky. Teplá voda je připravována průtočným ohřevem v akumulčním zásobníku.



## Projekční příprava a stavba

### Architektonický návrh a stavební část:

ATREA s.r.o. – domy Atrea

Vzduchotěsnost domu byla v projektu důsledně řešena. Vzduchotěsná vrstva je tvořena difúzně uzavřenou fólií za sádkartonem na vnitřní straně konstrukce. Napojení na okna a další konstrukce bylo provedeno speciálními páskami.

V průběhu realizace nedošlo k zásadním změnám oproti projektovému řešení.



## Popis systému VZT

Vzduchotechnická podstropní jednotka Atrea RB4 s maximálním topným výkonem 4 kW a se střední účinností rekuperace 86 % je umístěna v technické místnosti přístupné ze zádveří. Jednotka původně neumožňovala

Dům je součástí celku třinácti pasivních domů stejného konceptu, které byly vystavěny v rámci pilotního projektu v roce 2006.



chlazení, to bylo instalováno dodatečně. Přívod čerstvého vzduchu je ze severní fasády a výfuk odpadního vzduchu je vyveden na západní fasádu. Přívodní i odvodní rozvody do jednotky jsou velmi krátké, protože sání i výfuk jsou hned u technické místnosti.

Na rozvodech vzduchu jsou instalovány protihlukové hadice (jedna pro rozvody v 1. patře a druhá pro rozvody ve 2. patře).

Vzduch je z rekuperační jednotky do jednotlivých místností v přízemí přiváděn pozinkovanými plechovými rozvody v podlaze s obdélníkovým průřezem (200 × 50 mm).

Proti-mrazová ochrana není instalována. Předeřev byl původně přes vzduchový zemní výměník, ale toto řešení se neosvědčilo a dnes není tento výměník pro přívod vzduchu využíván, ale je využíván jako zásobárna vody.

Systém byl po instalaci vyregulován pomocí regulačních vložek (tzn. pevné nastavení), tak aby do jednotlivých místností dodával požadovaný objem vzduchu. Na distribučních prvcích v podlaze jsou mřížky, kterými lze regulovat přívod vzduchu do konkrétní místnosti.



Rekuperační výměník s teplovodním registrem, zdroj: EkoWATT





# Rodinný dům okres Jablonec



## Měření a regulace

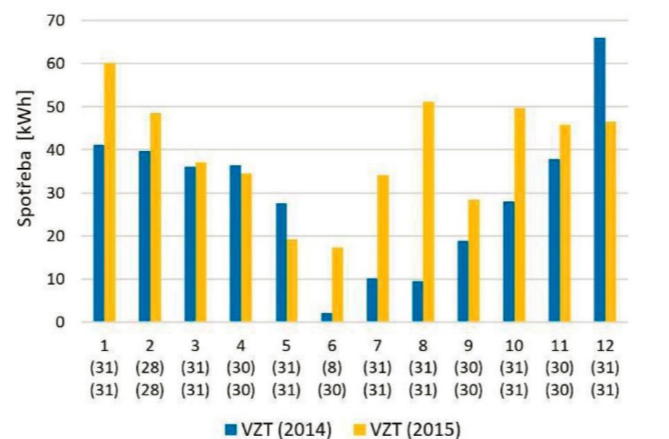
Ovládání systému vzduchotechniky a vytápění je digitální pomocí dotykového ovladače, který je umístěn v obývacím pokoji. Na displeji je vidět aktuální teplota v interiéru i exteriéru. Digitálně lze měnit režimy jednotky (například cirkulaci, cirkulaci s větráním nebo jen samotné větrání) nebo různé týdenní cykly. Na ovladači je možné nastavit požadovanou teplotu v prostoru. Na displeji se také zobrazují chybové hlášky. Tento ovládací systém s dotykovým ovladačem lze nahradit programem v tabletu nebo v mobilním telefonu.

Do systému regulace jsou zařazeny tzv. „externí vstupy“ – v koupelně, na WC a v kuchyni. Při spuštění vypínače se jednotka spustí do režimu cirkulace s větráním a do domu je přiváděn čerstvý vzduch. V koupelně a na WC jsou časové doběhy a větrání probíhá ještě chvíli po opuštění těchto prostor.

Systém lze nastavit na režim „cirkulace“ a dům se při tomto režimu jen vytápí cirkulačním vzduchem a čerstvý vzduch se do domu přivádí pouze přibližně jednou za 10 minut. Systém nárazového větrání neustále dům provětrává. Dále lze nastavit režim „závislá cirkulace“, při kterém je dům jen temperován, takže se cirkulace spouští jen při požadavku termostatu. Na ovladači lze nastavit přednastavené týdenní režimy.



Ovladač systému nuceného větrání, zdroj: EkoWATT



Měsíční spotřeba el. energie na chod VZT jednotky (rok 2014 a 2015)

Experimentální měření spotřeby rekuperační jednotky  
zdroj: DP Marcela Friedrichová - Analýza měřených údajů z pasivního rodinného domu

Měřič vlhkosti není v domě instalován. Čidlo CO<sub>2</sub> je v domě instalováno a na základě tohoto čidla je regulován režim větrání, konkrétní hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> ale nejsou známy. Spotřeba elektrické energie vzduchotechnické jednotky není měřena.



## Údržba

V domě jsou instalovány kovové rozvody v podlaze, které již není možné vyměnit. Kompletní čištění trubek nebylo za dobu provozu 10 let nutné. Zaprášení rozvodů bylo několikrát kontrolováno majitelem v rozdělovací komoře. Podlahové rozvody by bylo případně možné čistit pomocí dlouhého drátu s houbičkou. Podlahové rozvody vzduchu jsou čistitelné.

Při výměně filtrů majitel kontroluje, jak je jednotka špinavá a otřem hadrem viditelnou špinu očistí. V jednotce může kondenzovat voda, a tak je dobré v těchto místech jednotku očistit. Rekuperátor se dá vyjmout z jednotky a očistit. Majitel domu ale doporučuje čistit podlahovou vyústku, kde hrozí, že do ní napadá těžký prach. Vyústku je třeba vyjmout a prostor pod ní vyluxovat nebo případně vytřít.

Filtry řady F7, které jsou více jemné a zachytí více nečistot, by se měly měnit dvakrát ročně a filtry G4 (nejběžněji používané) by se měly měnit

čtyřikrát ročně. Do jednotky lze dát uhlíkový filtr, který zachytí téměř všechny nečistoty, ale také je výrazně dražší, než standardní filtr. Jedna dvojice filtrů vyjde přibližně na 100 Kč.



## Subjektivní hodnocení majitelů domu

Jednotka je tichá. S hlučností nejsou žádné problémy. Na nejvyšší stupeň je jednotka slyšet, ale tento režim je spouštěn jen výjimečně.

Majitelé domu využívají v zimě režim „cirkulace“, při kterém je rodinný dům dostatečně vytápěn a provětráván jen nárazově. Většinou je režim spuštěn jen na nejnižší otáčce, ale když venkovní teploty klesnou, majitel zvedne otáčky na střední nebo vysoké (podle exteriérové teploty). Po ránu někdy majitelé otevírají i v zimě okna (četnost podíl otevírání oken v zimě je asi 20 % ve srovnání s bydlením v panelovém domě).

V letním provozu je nastaveno větrání na „provětrávací režim“ (přívod čerstvého vzduchu se spustí jen na pokyn externího vstupu). V letních měsících majitelé větrají normálně okny.

V místnostech je vlhkost stále 30–50 %, což je pro rodinu optimální. V zimním období byla extrémní vlhkost kolem 80 %, bylo to způsobeno tím, že byl trvale spuštěn režim přímého větrání

Prašnost je podle majitele stejná nebo o něco nižší než v předchozím bydlišti. Rozhodně se nejedná o bezprašné prostředí, i když část prachu je pohlcena filtrem.

Ovladatelnost systému je jednoduchá a zcela vyhovující. Je potřeba, aby bylo instalováno jednoduché ovládání, které zvládne ovládat každý.

V jednom z experimentálních rodinných domů bylo nainstalováno měření spotřeby elektrické energie na provoz vzduchotechnické sestavy. V letech 2015 a 2016 byla průměrná roční spotřeba elektrické energie na provoz vzduchotechnické jednotky 413 kWh za rok. Průměrně tedy bylo spotřebováno 34,4 kWh za měsíc, což odpovídá finančním nákladům přibližně 1236 Kč za rok (103 Kč za měsíc). Měrná spotřeba elektrické energie na nucené větrání v posuzovaném rodinném domě odpovídá přibližně hodnotě 2,4 kWh/(m<sup>2</sup>rok)\*. Data byla převzata z diplomové práce Marcely Friedrichové – Analýza měřených údajů z pasivního rodinného domu.

\* počítáno pro větší rozměry rodinného domu v souladu s platnou legislativou





# Rodinný dům okres Kolín



## Popis objektu

Posuzovaný pasivní rodinný dům se nachází v intravilánu vesnice ve Středočeském kraji v okrese Kolín. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepenou dřevostavbu s obytným přízemím a podkrovím. Rodinný dům je založen na konceptu pasivní typové stavby Atrea s hlavní prosklenou fasádou orientovanou na jih. Dům byl dostavěn v roce 2011.

Nosná konstrukce domu je z dřevěných sloupů. Obvodové stěny domu jsou difúzně otevřené a jsou vyplněny tepelným izolantem z foukané celulózy tloušťky 320 mm. V podlaze je izolace z EPS tloušťky 200 mm. V šikmé střeše je izolace z foukané celulózy tloušťky 400 mm. Okna a dveře jsou dřevěné s izolačním trojsklem.

Vytápění domu je řešeno kombinovaně solárními kolektory, elektrickými patronami, krbovou vložkou s teplovodním výměníkem a tepelným čerpadlem země-voda (plošné kolektory jsou vedeny v severní části zahrady).



## Parametry budovy

### Pasivní dům

Energetická náročnost budovy: **A** mimořádně úsporná  
Průměrný součinitel prostupu obálky budovy  $U_{em}$ : 0,18 W/(m<sup>2</sup>K)  
Měrná potřeba tepla na vytápění: 13 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Celková průvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$ : 0,6 h<sup>-1</sup>

V technické místnosti je instalován akumulční zásobník, který je natápěn všemi zdroji tepla. Vytápění rodinného domu je teplovzdušné s doplňkovými otopnými žebříky v koupelnách. Krb je instalován v obývacím pokoji a je využíván jen výjimečně. Teplo z rekuperační jednotky je distribuováno vzduchotechnickým systémem. Teplá voda je připravována průtočným ohřevem v akumulčním zásobníku.

V domě je instalována rekuperační jednotka Atrea DUPLEX RB pro nucené větrání s rekuperací tepla.



## Projekční příprava a stavba

**Architektonický návrh:** Jana Mansíková

**Stavební část:** LINE architektura s.r.o

Motivací majitelů pro výstavbu pasivní stavby bylo zjištění, že pasivní dům není investičně o tolik nákladnější než nízkoenergetický dům ale náklady na provoz jsou výrazně nižší. S přihlédnutím k získání dotace z programu Nová zelená úsporám a následným úsporám provozních nákladů se rozhodli pro stavbu v pasivním standardu.

Vzduchotěsnost domu byla v projektu důsledně řešena. Vzduchotěsná vrstva na stěnách a na šikmé střeše je tvořena OSB deskami na vnitřní straně konstrukce.

Objekt byl podpořen z programu Nová Zelená úsporám v podoblasti B – výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.



## Popis systému VZT

Vzduchotechnická podstropní jednotka Atrea DUPLEX RB se střední účinností 86 % je umístěna v technické místnosti. Přívod čerstvého vzduchu je ze severní fasády a výfuk odpadního vzduchu je vyveden na východní fasádu. Čerstvý vzduch je přiváděn do všech obytných místností kovovými rozvody v podlaze s obdélníkovým průřezem 200 x 50 mm a odváděn z koupelny, WC, chodby a kuchyně. Vzduch cirkuluje v domě mezerami pod dveřmi. Ochrana proti zamrznání není díky teplovodnímu registru v jednotce nutná. Jednotka umožňuje také chlazení v letních měsících díky instalovanému tepelnému čerpadlu země-voda.

Centrální větev cirkulačního vzduchu je vedena do jednotky tepelně a zvukově izolačními hadicemi SONOFLEX.



Mezera pod dveřmi pro proudění vzduchu v domě, zdroj: EkoWATT





## Měření a regulace

Ovládání systému vzduchotechniky a vytápění je pomocí digitálního dotykového ovladače, který je umístěn v obývacím pokoji. Na displeji je vidět aktuální teplota v interiéru i exteriéru a aktuální režim větrání. V systému regulace jsou nastaveny tři režimy – podzimní, zimní a jarní. V létě je vzduchotechnika převážně vypnutá.

Systém sdruženého větrání a vytápění pracuje plně automaticky, majitel domu do něho zasahuje jen zcela výjimečně. Většinu času je v provozu cirkulace, která rozvádí topný vzduch po domě a v pravidelných intervalech je do systému nasáván čerstvý vzduch z exteriéru podle pokynů řízení vzduchotechnické jednotky. Koncentrace ppm není v domě měřena a jednotka není podle CO<sub>2</sub> regulována.

V létě je při maximálních teplotách používán přetlakový režim, aby byl horký vzduch odveden jednorázově ven.

Spotřeba elektrické energie rekuperační jednotky, vlhkost ani koncentrace ppm není měřena.



Ovládání systému nuceného větrání a vytápění, zdroj: EkoWATT



## Údržba

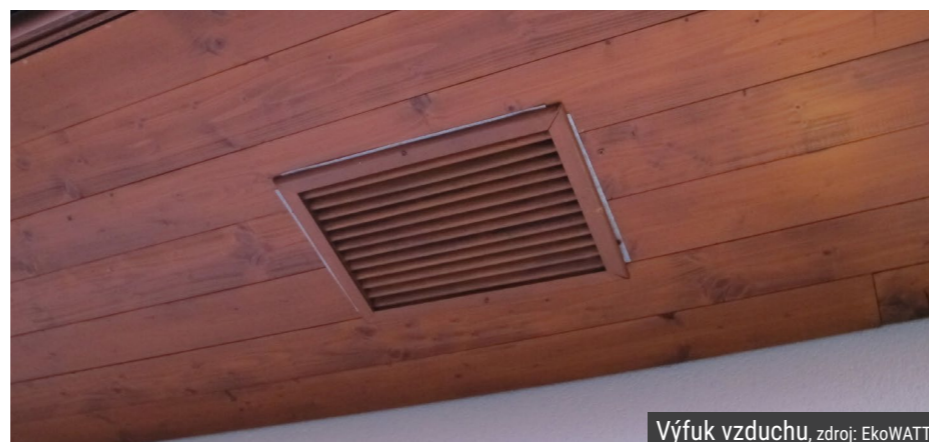
Instalovány jsou pozinkované plechové rozvody v podlaze, které jsou čistitelné. Za 6 let doby provozu nebyly tyto rozvody čištěny (a po vizuální kontrole to nebylo potřeba). Pravidelně jsou čištěny vyústky vzduchotechniky v podlaze, kde se udržuje prach a nečistoty.

Rekuperátor ve vzduchotechnické jednotce nebyl čištěn, i když je to možné a doporučuje se čištění právě po cca 6ti letech. Majitel domu se na toto čištění chystá. Rekuperátor lze jednoduše omýt proudem vody.

Majitel mění filtry po cca třech měsících. Vždy jsou špinavé. Cena jedné sady filtrů je cca 100 Kč.



Podlahová vyústka vzduchotechnického systému, zdroj: EkoWATT



Výfuk vzduchu, zdroj: EkoWATT



## Subjektivní hodnocení majitelů domu

S hlučností vzduchotechnické jednotky nejsou problémy. Majitel domu neregistruje žádnou hlučnost ani na vyšší otáčky, v podstatě proudění vzduchu není slyšet vůbec. Slyšet v domě je někdy provoz oběhového čerpadla, které je součástí tepelného čerpadla země-voda, ale to se systémem větrání nijak nesouvisí. V technické místnosti je vzduchotechnická jednotka slyšet, ale za dveřmi není slyšet nic.

Pocitově je vlhkost v domě vyhovující.

Prašnost je podle obyvatelů domu nižší než v předchozím bydlišti. Dům je na vesnici, kde lze předpokládat čistší ovzduší než kolem velkých měst (i když z pole může být také dost prachu) a část prachu je pohlcena filtrem.

Ovladatelnost je plně automatická, jednoduchá a pro potřeby rodinného domu zcela vyhovující. Majitelé se o ovládání nestarají, jen před příslušným ročním obdobím přepnou na jiný režim.



Nasávání vzduchu do vzduchotechnické jednotky na fasádě, zdroj: EkoWATT





# Rodinný dům okres Opava

## Parametry budovy

### Pasivní dům

Energetická náročnost budovy: **A** mimořádně úsporná

Měrná potřeba tepla na vytápění: 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub>: 0,2 h<sup>-1</sup>

Objekt byl podpořen z programu Nová Zelená úsporám v podoblasti B – výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.



## Popis objektu

Posuzovaný pasivní rodinný dům se nachází na okraji obce nedaleko Opavy v Moravskoslezském kraji. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepenou dřevostavbu s obytným přízemím a podkrovím. Dům má obdélníkový půdorys a sedlovou střechou s orientací hřebene sever-jih. Dům je v provozu dva roky.

Nosnou obvodovou konstrukci tvoří sloupková konstrukce z dřevěných trámů. Izolace stěn je z foukané celulózy tloušťky 400 mm se zaklopením dřevovláknitými deskami. V podlaze je izolace z polystyrenu v tloušťce 200 mm. Střecha je izolována foukanou celulózou. Okna a dveře jsou dřevěné s izolačním trojsklem.

Vytápění objektu je zajištěno elektrickými podlahovými rohožemi - ECOFLOOR LSDTS 80 a ECOFLOOR LSDTS 160. Teplá voda je připravována elektrickým bojlerem o objemu 160 l. Na střechu objektu je instalován ostrovní fotovoltaický systém o výkonu 4,8 kWp.

Větrání objektu zajišťuje protiproudá jednotka Zehnder ComfoAir 155VM. Vzduchotechnické potrubí je plastové s antibakteriální úpravou v systému ED flex a je vedeno v sádkartonovém podhledu.



## Projekční příprava a stavba

**Architektonický návrh a stavební část:** HAZA s.r.o.

**Energetické hodnocení:** GADES solution s.r.o.

Již od architektonické studie byl dům navržen jako pasivní. Motivací uživatelů pro výstavbu pasivního domu byla možnost získání dotace z programu Nová zelená úsporám. Po porovnání celkových nákladů na nízkoenergetický dům bez dotace s investičními náklady na pasivní dům s dotací se majitelé rozhodli pro výstavbu pasivního domu. Příjemným bonusem jsou nízké provozní náklady.

Dům byl navržen a vystavěn kompletně jednou stavební firmou. Vzduchotěsnost domu byla v projektu řešena a při realizaci dodržena.



Výdech z vzduchotechnické jednotky na fasádě, zdroj: EkoWATT



## Popis systému VZT

V technické místnosti je instalována vzduchotechnická rekuperační jednotka Zehnder ComfoAir 155VM se střední účinností 92 %. Nasávání čerstvého vzduchu do jednotky a odvod odpadního vzduchu jsou vyvedeny z technické místnosti na východní fasádu. Přívodní vyústky jsou v každé obytné místnosti a odtahové vyústky jsou v zádveři, technické místnosti, na WC, v koupelně a v kuchyni. Odpadní vzduch se z obytných místností do místností s odtahy dostává mezerami pod dveřmi.

Se vzduchotechnickou jednotkou byly na začátku technické problémy a musela být vyměněna. Firma dodala v rámci záruky bez problému novou jednotku. Jednotka neumožňuje chlazení ani vlhčení, k jednotce lze doinstalovat předehřev či dohřev přírodního vzduchu, ale v tomto domě instalován není. Vzduchotechnická jednotka umožňuje přísun čerstvého vzduchu od 36 m<sup>3</sup>/h do 254 m<sup>3</sup>/h a lze používat dva rychlostní režimy. Standardně je nastavena na 68 m<sup>3</sup>/h a ve zrychleném režimu přivádí 176 m<sup>3</sup>/h čerstvého vzduchu. Jednotka má zabudovaný bypass pro letní větrání.

Přírodní vzduch je z jednotky veden do rozdělovače umístěného v podhledu technické místnosti a odtud vzduchotechnickými rozvody rozváděn do jednotlivých obytných místností.



Rekuperační jednotka v technické místnosti, zdroj: EkoWATT





## Měření a regulace

System nuceného větrání je plně automatický. Rekuperační jednotka je stále nastavena na nejnižší otáčky (stupeň 1). System je nastaven tak, že při vyšší vlhkosti v koupelně se jednotka automaticky spustí na vyšší otáčky (čidla vlhkosti jsou umístěna v hrdlech jednotky). Toto nastavení zůstalo od realizace domu beze změny.

V létě je system v provozu na nejnižší stupeň. Okna majitelé v létě otevírají a nijak se v tomto ohledu neomezují.

V kuchyni, v koupelně a na WC je tlačítko pro spuštění vyšších otáček vzduchotechnické jednotky (jednotka se nárazově na 10–15 minut spustí na vyšší parametry větrání – stupeň 2). Obyvatelé domu si tento vyšší režim také mohou spustit sami na ovládacím displeji, tento režim spouštějí například při návštěvě.

V domě byl dodatečně nainstalován vlhkoměr do centrální místnosti. Spotřeba elektrické energie rekuperační jednotky a koncentrace ppm není měřena.



Sání čerstvého vzduchu na fasádě, zdroj: EkoWATT



Rozvody nuceného větrání, zdroj: majitel domu



## Údržba

Trubky vzduchotechnického systému jsou čistitelné, ale zatím nebylo nutno je čistit (zašpinění vzduchovodů bylo obyvateli domu kontrolováno). Na ocelové lanko lze umístit houbičku a celý system vzduchotechnických rozvodů vyčistit (toto se doporučuje asi po šesti letech provozu). Majitelé domu čistí vyústky vzduchotechniky v jednotlivých místnostech. Vyústky se dají odšroubovat a vyčistit ústí vzduchotechnického rozvodu. Majitelé také mechanicky čistí sítko na přívodu do vzduchotechnické jednotky, kde ulpívají hrubé nečistoty.

Filtry majitelé domu mění 3–4 krát za rok. V okolí domu jsou pole a ve filtrech zůstává hodně prachu. Jedna sada filtrů stojí cca 800 Kč.



Vyústek nuceného větrání v interiéru zdroj: EkoWATT



Ovládání vzduchotechnické jednotky zdroj: EkoWATT



## Subjektivní hodnocení majitelů domu

Při normálním provozu není hluk z rozvodů vzduchu vůbec slyšet. Pokud je v domě absolutní ticho tak proudění vzduchu slyšet je. Pro obyvatele to není nijak obtěžující. Hlučnější je lokální čistička odpadních vod. Podle majitelky domu by hluk ze vzduchotechniky mohl být pro velmi citlivé osoby nepříjemný, protože se jedná o neustálý monotónní zvuk. Hluk z rekuperačního systému je slyšet jen v technické místnosti a nešíří se dále do domu.

V domě nemůže být instalována digestoř s odtahem na fasádu kvůli rovnotlakému větrání, a proto je instalována cirkulační digestoř. Pokud se při vaření smaží, tak majitelé domu otevřou v kuchyni okno, aby se zkažený vzduch nedostal do celého domu. To ale pro obyvatele domu není žádný problém.

Vlhkost se pohybuje kolem 40 %. Majitelce se někdy zdá, že je vzduch v domě suchý (hlavně v noci) a uvažuje o instalaci zvlhčovače.

Prašnost v domě je stejná nebo trochu nižší než v prostoru bez nuceného větrání, kde majitelé bydleli předtím. Nedaleko domu je obdělávané pole, ze kterého prach v okolí domu je a je i nasáván do systému vzduchotechniky.

Provoz systému je plně automatický. Ovládání je vyhovující, splňuje všechny požadavky majitelů domu.

V zimním období je v interiéru cítit lehké proudění studeného vzduchu, pokud se jednotka spustí na vyšší otáčky. Majitelé toto vyřešili tím, že použijí jednotku na nejnižší otáčky (stupeň 1).

Majitelka má ráda v domě přísun čerstvého vzduchu a v předchozím bydlišti byla zvyklá na otevírání oken. Na začátku jí dělalo problémy spolehnout se na vzduchotechniku, protože jí nucené větrání nepřipadalo přirozené. Po roce provozu, ale začala vnímat výhody instalovaného systému nuceného větrání s rekuperační tepla.







# Rodinný dům Praha

## Parametry budovy

### Pasivní dům

Energetická náročnost budovy: **A** mimořádně úsporná  
Průměrný součinitel prostupu obálky budovy  $U_{em}$ : 0,18 W/(m<sup>2</sup>K)  
Měrná potřeba tepla na vytápění: 14 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Celková průvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$ : 0,10 h<sup>-1</sup> (Blower-door test A)

Objekt byl podpořen z programu Nová Zelená úsporám v podoblasti B – výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.



## Popis objektu

Posuzovaná dvoupodlažní novostavba rodinného domu se nachází v Praze. Dům je pasivní a tomu odpovídají klíčové parametry jako orientace ke světovým stranám, kompaktní tvar, kvalita obalových konstrukcí, instalace nuceného větrání a další.

Nosná konstrukce domu je z vápenopískových cihel. Obvodové stěny domu jsou zatepleny tepelným izolantem z grafitového polystyrenu tloušťky 340 mm. V podlaze je izolace z polystyrenu tloušťky 240 mm, v ploché střeše je foukaná celulóza tloušťky 600–800 mm. Okna a dveře na domě jsou dřevěná s izolačním trojsklem.

Vytápění rodinného domu je teplovzdušné. V koupelnách a v kuchyňském koutě je instalováno podlahové topení. V technické místnosti je instalován akumulční zásobník (600 l), který je primárně natápen tepelným čerpadlem země-voda. Teplo je předáváno cirkulačnímu vzduchu ve vodním ohřívači a distribuováno samostatným vzduchotechnickým systémem do všech místností. Teplá voda je připravována průtočným ohřevem v akumulčním zásobníku. Na střeše je instalována fotovoltaická elektrárna s výkonem 4 kWp. Elektřina je primárně použita na provoz domu a přebytky energie se akumulují do akumulčního zásobníku a využívají se pro ohřev teplé vody.

V domě je samostatný systém nuceného větrání s rekuperací tepla z odpadního vzduchu s vzduchotechnickou jednotkou BRINK Renovent Sky 300.



## Projekční příprava a stavba

### Architektonický návrh a stavební část:

Kraus architekti – Ing. arch. Ivan Kraus

**Energetické hodnocení:** EkoWATT s.r.o.

Motivací uživatelů pro výstavbu pasivního domu byla přidaná hodnota oproti nízkoenergetickému domu, tj. nízká spotřeba energií, kvalitní vnitřní prostředí, dostatek čerstvého vzduchu a jako bonus pak možnost získání dotace na výstavbu pasivního domu. Po důkladném zvážení všech aspektů se majitel rozhodl pro výstavbu pasivního domu. Dům byl stavěn subdodavatelsky.

Vzduchotěsnost domu byla v projektu důsledně řešena. Vzduchotěsná vrstva na stěnách je vytvořena mezi zdívkou a polystyrenem pomocí perlinky s lepidlem, ve střeše je vzduchotěsná vrstva tvořena asfaltovým pásem. Napojení na okna a další konstrukce bylo provedeno speciálními parotěsnými páskami a těsnícím tmelem. Vše bylo provedeno v souladu s projektovou dokumentací a v průběhu stavby důkladně kontrolováno. Tomu odpovídá i vynikající hodnota naměřené celkové průvzdušnosti obálky budovy. V průběhu realizace nedošlo k zásadním změnám oproti projektu.



Vyústky vzduchotechniky (dízy) – větrání a vytápění  
zdroj: EkoWATT



## Popis systému VZT

Vzduchotechnická podstropní jednotka pro nucené větrání BRINK Renovent Sky 300 se střední účinností rekuperace 84,9 % (podle ČSN EN 308) je umístěna v technické místnosti přístupné z haly v 1. NP. Nasávání čerstvého vzduchu je ze severní fasády přes garáž a do technické místnosti. Výfuk odpadního vzduchu je vyveden na střechu garáže. Přívodní i odvodní potrubí do jednotky je z izolovaných hadic sonoflex. Jednotka je dimenzována na maximální průtok vzduchu 300 m<sup>3</sup>/h. Jednotka je vybavena by-passem (obtok rekuperátoru), který se využívá v létě při určité exteriérové teplotě. Čerstvý vzduch je přiváděn do všech obytných místností a odvodní je odtahován z WC, koupelen, chodby a kuchyně. Vzduch z místnosti do místnosti proudí profuky pod dveřmi. Na přívodním potrubí je instalována protimrazová ochrana (předehřev). V kuchyni je instalována cirkulační digestoř.

Další samostatný větrací systém je pro vytápění a zajišťuje cirkulační rozvod teplého vzduchu do všech místností. Cirkulaci topného vzduchu zajišťuje ventilátor Systemair K 250 EC. Vzduch se ohřívá v teplovodním ohřívači VO 60-30/3R. Topný vzduch je veden do každé místnosti a odtahován na chodbě zpět do vodního ohřívače. Teplý vzduch neustále cirkuluje a vytápí celý rodinný dům. Tento systém umožňuje také chlazení díky instalovanému tepelnému čerpadlu. Do každé místnosti jsou zavedeny dvě vyústky – jedna pro přívod čerstvého vzduchu a druhá pro vytápění (v letních měsících chlazení).

Do všech místností je veden vzduch rozvody o průměru 125 mm, do obývacího pokoje jsou přívody o průměru 152 mm. Na všech přívodních vzduchovodech jsou instalovány přístupné regulační klapky pro vyregulování toku vzduchu do každé místnosti.





## Měření a regulace

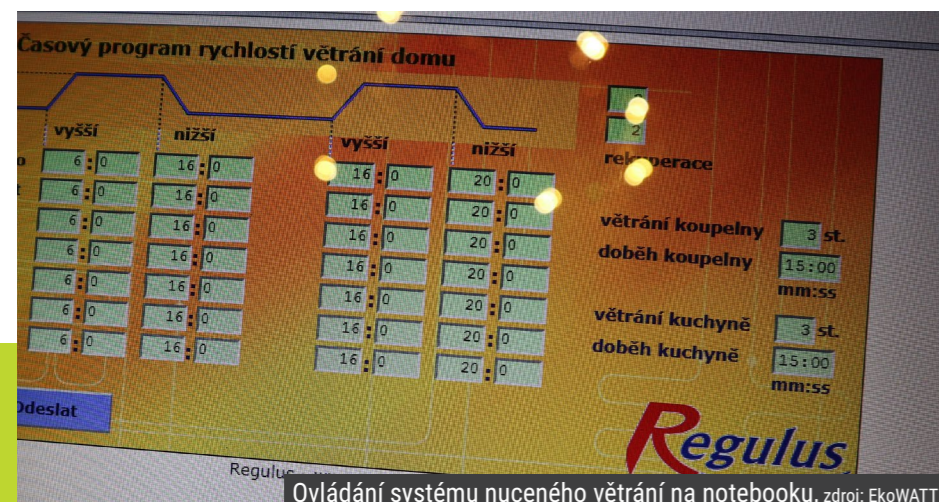
Ovládání technických systémů v domě je dálkové pomocí digitálního rozhraní. Majitel může ve speciálním programu sledovat a nastavovat technologické celky v domě, tj. běh tepelného čerpadla a provozní hodiny, teplotu v akumulaci nádrži, teplotu teplé vody, ovládání žaluzií apod. Vytápění se reguluje na základě pokynů termostatů umístěných v jednotlivých místnostech. Dále může být v každé místnosti vypnut přívod čerstvého vzduchu.

V ovládacím programu lze nastavit provozní dobu vzduchotechniky a výkon jednotky. Po nastěhování do rodinného domu byl systém nastaven do „továrního nastavení“. Postupem času majitel rodinného domu nastavil systém nuceného větrání podle skutečných požadavků obyvatel. Například bylo třeba upravit regulační klapky na přívodních vzduchovodech do místností.

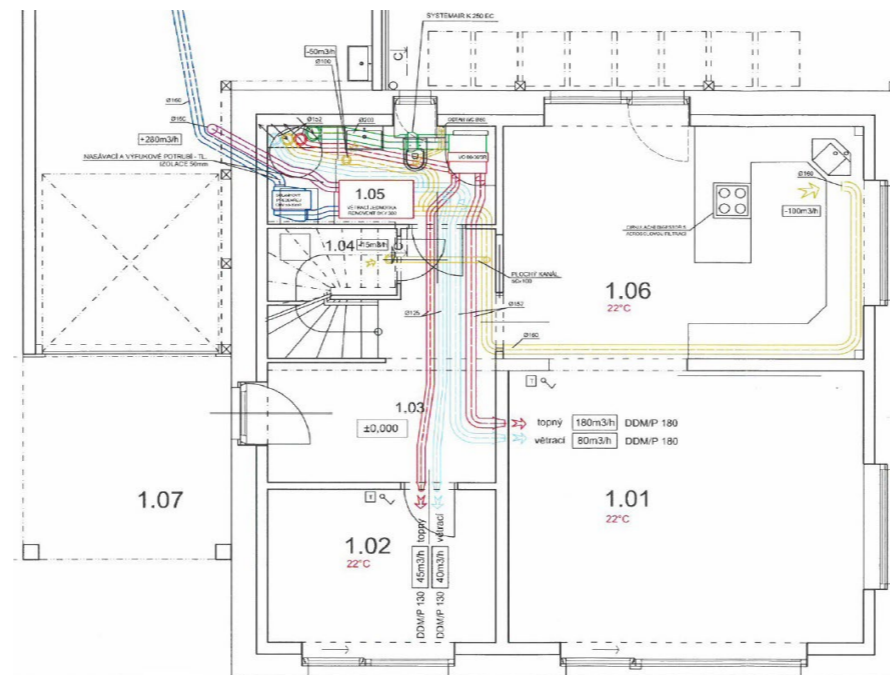
U vzduchotechnické jednotky v technické místnosti je umístěna digitální programovatelná regulační stanice, na které lze nastavit úroveň větrání. Na regulační stanici jsou nastaveny stupně větrání: 1 (100 m<sup>3</sup>/h), 2 (180 m<sup>3</sup>/h) a 3 (225 m<sup>3</sup>/h). Tomuto objemu pak odpovídá intenzita větrání nastaveného v digitálním nastavení na počítači.

Systém je nastaven ve dne na stupeň 3 a v noci na stupeň 2. Pokud se v nějaké místnosti přívod vzduchu ručně vypne, vzduchový výkon se distribuuje do jiných místností.

V každé místnosti je osazen termostat, kterým lze regulovat teplotu v konkrétní místnosti (díky regulační klapce na přívodním vzduchovodu).



Ovládání systému nuceného větrání na notebooku, zdroj: EkoWATT



Projekt systému nuceného větrání, zdroj: Ing. arch. Ivan Kraus

Vlhkost není měřena a není možnost posoudit, jaká je reálná vlhkost v interiéru. Spotřeba elektrické energie vzduchotechnického systému ani koncentrace CO<sub>2</sub> není měřena.



## Údržba

V domě jsou instalovány vzduchovodní trubice sonoflex. Majitel vyčistil prach ve výstcích odvodních rozvodů, ale nebylo ho mnoho. Vzduchotechnické rozvody nebylo třeba po dvouletém provozu čistit. Do výstěků v kuchyni lze vložit tzv. filtrační hmotu, pro zachycení mastnoty z vaření.

Rekuperátor lze vyčistit, ale za dva roky provozu jednotky to nebylo třeba. Filtry v rekuperační jednotce majitelé mění jednou za tři měsíce. Do speciální kazety se vloží filtrační textilie. Filtr cirkulačního teplovzdušného vytápění, na kterém se usazuje jen trochu prachu, majitel mění přibližně jednou za šest měsíců.



## Subjektivní hodnocení majitelů domu

S hlučností nejsou problémy. Hluk je slyšet pouze v technické místnosti, kde je umístěna vzduchotechnická jednotka a dále do domu se nešíří. Hluk z rozvodů je slyšet jen v jediné místnosti v přízemí a to pouze pokud je jednotka v provozu na stupeň 3. Pokud jednotka běží na stupeň 1 nebo 2, tak není slyšet chod vzduchotechnické jednotky nikde. Hluk se nešíří ani z místnosti do místnosti.

Systém nuceného větrání bylo třeba vyregulovat (nastavit regulační klapky na přívodním potrubí do jednotlivých místností a koncové výstky – dýzy, kterými lze regulovat směr proudění vzduchu) v průběhu provozu rodinného domu.

V místnostech je podle majitele ideální vlhkost. V obývacím pokoji se nedaří některým druhům pokojových rostlin. Prašnost je rozhodně nižší než v předchozím bydlišti. V interiéru prach téměř není.

Ovladatelnost celého systému majiteli vyhovuje. Ovládání pomocí software na PC, kde lze sledovat a nastavovat různé parametry je plně využíváno. Systém lze ovládat i vzdáleně pomocí internetu. Systém ovládá jen majitel a majitelka do provozu nezasahuje.

Majitelé oceňují nadstandardní komfort vnitřního prostředí pasivního domu: přísun čerstvého vzduchu, stabilní teploty v zimě i v létě a další výhody.

Obyvatelům domu nevádí proudění teplého vzduchu, teplovzdušné vytápění jim vyhovuje.

Při projektování nuceného větrání je dobré uvažovat, kde bude umístěno nasávání čerstvého vzduchu. Nasávání by mělo být instalováno v místě, kde nehrozí nasávání pachů (septik, kouř z pevných paliv apod.).



Filtr ve vzduchotechnické jednotce, zdroj: EkoWATT





# Rodinný dům okres Nymburk



## Popis objektu

Posuzovaný rodinný dům se nachází ve vesnici v okrese Nymburk. Dům je navržen jako pasivní. Majitelé v domě bydlí dva roky.

Nosná konstrukce domu je z vápenopískových cihel tloušťky 175 mm. Obvodové stěny domu jsou zatepleny tepelným izolantem z grafitového polystyrenu tloušťky 300 mm. Dům je založen na plovoucí teplé základové desce se ztužujícími obvodovými žebry osazené do šterku a na extrudovaný polystyren v celkové tloušťce 280 mm. Střecha je zateplena foukaným izolantem v celkové tloušťce 420 mm.

Vytápění rodinného domu je primárně řešeno tepelným čerpadlem vzduch-vzduch Technibel I Series GRF65, které zároveň připravuje teplou vodu (eMix). Pro přípravu TVV je využit kombinovaný zásobník o objemu 250 l. Celkový výkon jednotky včetně přípravy teplé vody je 6,4 kW. Tepelné čerpadlo vytápí cirkulačně pomocí vzduchu hlavní místnost prvního patra. Teplo zde vyrobené je dále přefukováno pomocí rozvodů vzduchotechniky spolu s větracím a odvětrávacím vzduchem nejprve do ostatních nejprve



## Parametry budovy

### Pasivní dům

Energetická náročnost budovy: **A** mimořádně úsporná  
Průměrný součinitel prostupu obálky budovy  $U_{em}$ : 0,15 W/(m<sup>2</sup>K)  
Měrná potřeba tepla na vytápění: 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Celková průvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$ : 0,50 h<sup>-1</sup> (Blower-door test A)

Objekt byl podpořen z programu Nová Zelená úsporám v podoblasti B – výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.



pobytových místností a poté do koupelny a WC. Takto je zajištěno rovnoměrné rozložení tepla v domě. Doplňkově jsou v některých pobytových zónách instalovány podlahové elektrické rohože. Toto dotápění je spínáno výjimečně jen v extrémních mrazech či při potřebě vytvořit odlišnou teplotu v místnostech.

V domě je instalovaný centrální systém nuceného větrání pomocí vzduchotechnické jednotky s rekuperací odpadního tepla EHR 280 Akor.



## Popis systému VZT

Vzduchotechnická nástěnná jednotka pro nucené větrání EHR 280 Akor se střední účinností rekuperace 89 % (podle ČSN EN 308) je umístěna v technické místnosti u jižní fasády rodinného domu mimo vytápěnou zónu budovy. V technické místnosti je i v zimě stálá teplota okolo 10 °C. Nasávání čerstvého vzduchu je z východní fasády přímo do technické místnosti. Výfuk odpadního vzduchu je vyveden na fasádu technické místnosti. Jednotka je dimenzována na maximální průtok vzduchu 280 m<sup>3</sup>/h. Čerstvý vzduch je přiváděn z rekuperační jednotky jen do obývacího pokoje, kde jsou umístěny dvě přívodní dýzy, které mají dimenzovaný přívod 134 m<sup>3</sup>/h a 148 m<sup>3</sup>/h. Odvodní vedení je potom ze všech obytných místností (4 pokoje), z WC, z koupelen a z kuchyně. Vzduch z místnosti do místnosti proudí profuky nad dveřmi (za obložkou dveří). V kuchyni je instalována cirkulační digestoř.

Přívodní vzduch do obývacího pokoje je veden kombinovaným vzduchovodem z hliníkových flexi rozvodů (na kterém je instalována protihluková ochrana) a z pozinkovaného plechu 200 × 80 mm. Odvodní vzduchovody jsou z hliníkového flexibilního potrubí. Na všech odvodních bodech jsou instalovány regulační výústky, které byly při realizaci vyregulovány podle toho jaké bylo dimenzováno odvodní množství vzduchu.

Na vzduchotechnické jednotce je instalována automatická proti-mrazová ochrana. Je založena na principu směšování. V případě, že na rekuperační jednotce hrozí zamrzání, je do rekuperační jednotky nasáván teplejší vzduch z technické místnosti. V další fázi jednotka spustí jen podtlakový režim. Automatická proti-mrazová ochrana byla v prvním roce provozu často spouštěna. Podtlakový režim byl také spuštěn, ale vzhledem k těsnosti domu příliš nefungoval.



## Projekční příprava a stavba

**Architektonický návrh a stavební část:** Investor

**Energetické hodnocení:** EkoWATT s.r.o.

Motivací majitelů pro výstavbu pasivního domu byly především úspory energií na provoz domu. Pro majitele je důležitá ochrana životního prostředí a úspora provozních nákladů. Motivací byla i dotace na výstavbu pasivního domu. Investor má o principu pasivního domu hodně hluboké znalosti a rozhodl se pro jeho výstavbu. Dům byl stavěn subdodavatelsky.

Vzduchotěsnost domu byla v projektu důsledně řešena. Vzduchotěsná vrstva je vytvořena na vnitřní straně zdiva. V rámci projektové dokumentace byly řešeny veškeré detaily na obálce domu a v nich byly zakresleny veškeré vzduchotěsné vrstvy. Vše bylo při realizaci pečlivě provedeno. Vzduchotěsnost některých detailů bylo nutno řešit přímo na stavbě.





## Měření a regulace

Ve vzduchotechnické jednotce jsou přednastaveny dva stupně větrání (nižší objem vzduchu – 1 a vyšší objem vzduchu – 2), které byly nastaveny už při realizaci. Rekuperační jednotka běží v zimě neustále na stupeň 1. Při vyšším požadavku na větrání interiéru (vaření, pára v koupelně) majitel může ručně spustit jednotku na stupeň 2. Vše nastavuje majitel přímo na jednotce v technické místnosti, která je přístupná dveřmi přímo z obývacího pokoje. Z jednotky má vyveden kabel do obývacího pokoje pro případnou instalaci digitálního ovladače.

Měření koncentrace CO<sub>2</sub> v domě není.

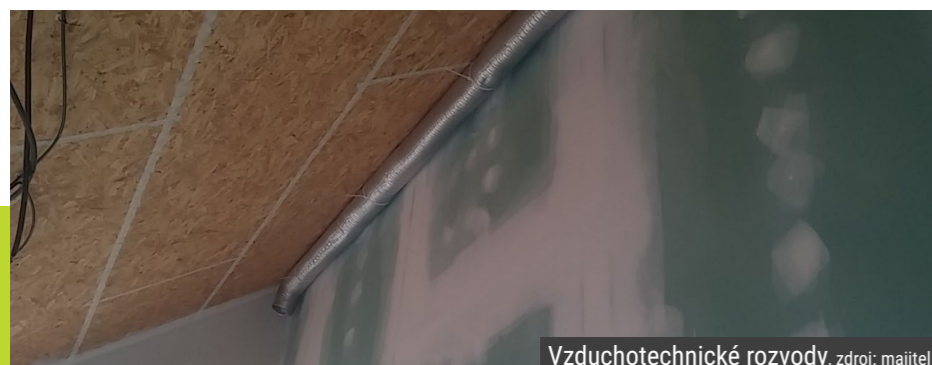
Vlhkost v domě je měřena lokálním vlhkoměrem a je vyšší než 40 %.



## Údržba

V domě jsou instalovány vzduchovodní trubice typu flex a majitel neuvazuje do budoucna s čištěním těchto rozvodů.

Filtry v rekuperaci majitelé mění 3–4 krát za rok. V rekuperační jednotce je výsuvný nástavec, do kterého se vsune textilie G4 nebo F7 (na jemnější částice), kterou si majitel sám nastříhá z většího kusu textilie. Při výměně je filtr vždy šedý. Jedna sada filtrů stojí asi 100 Kč. Existuje také originální dražší filtr, který se navlékne na výsuvný nástavec.



Vzduchotechnické rozvody, zdroj: majitel



## Subjektivní hodnocení majitelů domu

Hluk z rekuperační jednotky se přes přívodní vzduchovody do domu nešíří. Na přívodním potrubí do domu je instalován metrový kus protihlukové ochrany. Hluk se také tlumí v rozvodech vzduchu díky použití vzduchovodů flex. Z odvodních vzduchovodů je chod jednotky slyšet jen málo a vzhledem k tomu, že jsou umístěny převážně v technických místnostech domu, není to obtěžující. Přeslechy z místnosti do místnosti problematické nejsou. Majitelé neslyší chod jednotky, ale je slyšet proudění vzduchu z přívodních vyústek. Vzhledem k velkým dimenzím přívodního vzduchu, lze drobný šum očekávat.

Na výfuku odpadního vzduchu z jednotky do exteriéru je překvapivě problém s hlukem. Majitel plánuje, že na potrubí doplní protihlukovou ochranu. Samotná jednotka je hlučná, ale vzhledem k tomu, že je umístěna mimo dům, nejsou s tím problémy.

Když jsou v exteriéru velmi nízké teploty, je do obývacího pokoje přiváděn studenější vzduch, než je v interiéru, což pro majitele není příjemné. Přívodní vyústky jsou dimenzovány na velký objem čerstvého vzduchu (celá dimenze vzduchu je přiváděna jen dvěma vyústkami) a navíc jsou přívodní rozvody za jednotkou krátké, takže se přívodní vzduch nestihne ve vzduchovodu za jednotkou dostatečně ohřát. Majitel by po těchto zkušenostech za jednotku instaloval elektrický dohřev přívodního vzduchu.

Ovládání je pro majitele domu plně vyhovující, i když je to nejjednodušší možné řešení.

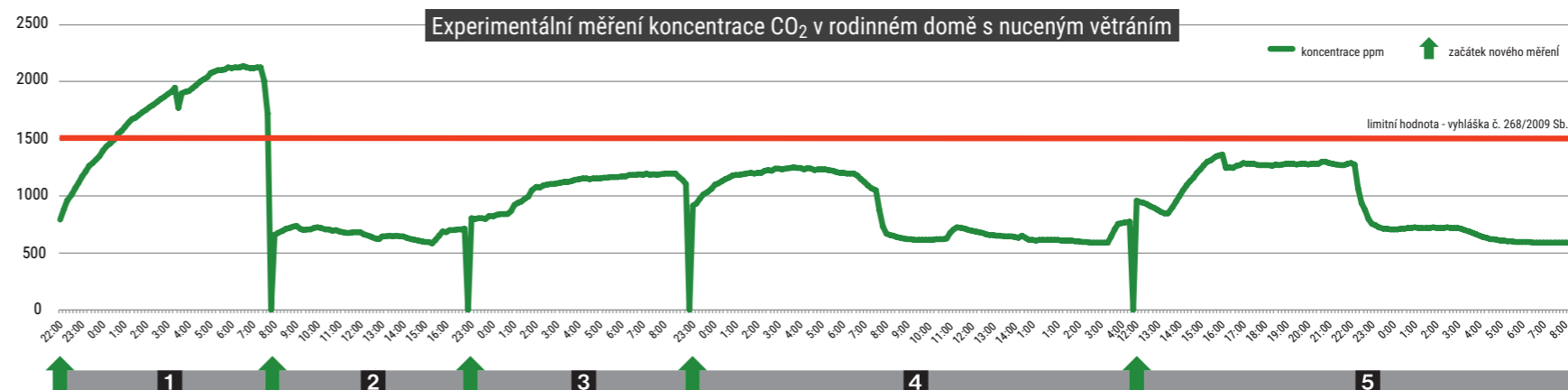
Majitelé v létě okna otevírají a vypínají rekuperační jednotkou a v zimě jednotka běží stále na stupeň 1 a okna neotevírají.

Majitel oceňuje, že nucené větrání odvádí z domu veškeré pachy, které se v interiéru mohou vyskytovat. Například to mohou být zvířecí pachy nebo pachy z nového nábytku a podobně. I proto je provoz nuceného větrání spuštěn neustále.

V domě bylo několik dní instalováno experimentální měření koncentrace CO<sub>2</sub>. Majitel provedl celkem pět experimentálních měření s různými vstupními podmínkami:

- 1 měření v noci v ložnici při vypnutém větrání,
- 2 měření ve dne v obývacím pokoji při zapnutém větrání na nižší stupeň,
- 3 měření v noci v ložnici při zapnutém větrání na nižší stupeň,
- 4 měření v noci a přes den v ložnici při zapnutém větrání na nižší stupeň,
- 5 měření ve dne v obývacím při zapnutém větrání – po hodině měření byl zapnut biokrb a po 3 hodinách byla jednotka spuštěna na vyšší otáčky.

Nejvyšších hodnot koncentrace CO<sub>2</sub> (2140 ppm) bylo dosaženo v ložnici při vypnutém nuceném větrání v ranních hodinách. V ložnici spí dvě osoby. V tomto jediném případě hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> přesahovaly limitní hodnoty dané vyhláškou č. 268/2009 Sb. Při zapnutém nuceném větrání se hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> v ložnici dosáhly maximální hodnoty 1250 ppm (hodnoty se pohybovaly v rozmezí 1150–1250 ppm). V obývacím pokoji při zapnutém větrání a s nepravidelnou přítomností osob bylo naměřeno 582–734 ppm. Poslední 5. měření ukazuje, jak stoupá koncentrace CO<sub>2</sub> při zapnutém biokrbu.





# Rodinný dům okres Litoměřice



## Popis objektu

Posuzovaný rodinný dům se nachází uprostřed stávající zástavby ve vesnici v Ústeckém kraji v okrese Litoměřice. Jedná se o původní dvou-podlažní zděnou stavbu, pro bydlení je využíváno jen přízemí. Podkroví je využito jako půda. Jedná se o rekonstrukci stávajícího domu, nucené větrání je v provozu dva roky.

Dům je ze smíšeného zdiva (plynosilikát a plná cihla), zdivo je zatepleno EPS tl. 140 mm. Strop nad obytným přízemím je zateplen foukanou celulózou tl. 100 mm. Základy domu jsou velmi špatné a pod domem se pravděpodobně vyskytuje hodně vlhkosti. Okna a dveře jsou plastové s izolačním dvojsklem.

Vytápění rodinného domu je zajištěno plynovými kamny WAW a teplá voda je připravována elektrickým bojlerem.

Majitelé měli dlouhodobě velké problémy se vztlínající vlhkostí. V domě byly mokré stěny a následně se na nich vyskytovala plíseň. Majiteli domu se zhoršovaly zdravotní problémy až do té míry, že začal uvažovat o prodeji domu. Bydlení v domě se stávalo neúnosné. Nejdříve majitelé zkusili problémy vyřešit různými neefektními způsoby, které situaci spíše zhoršovaly

## Parametry budovy

Jedná se o původní rodinný dům, který byl dodatečně zateplen. Průkaz Energetické náročnosti budovy nebyl vypracován, průměrný součinitel prostupu obálky budovy není známý a celková průvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$  nebyla měřena.

(betonová stěrka na zdech napadených plísní, podřezání domu, instalace nopové folie a vytvoření vzduchového kanálu s kačirkem pod domem). Pak byli nuceni přistoupit ke komplexnímu řešení, které zahrnovalo obkopání domu do hloubky 800 mm a instalaci svislé a vodorovné izolace z XPS, zateplení celého domu a instalaci nuceného větrání s rekuperací tepla.

V domě je instalováno nucené větrání s rekuperační jednotkou Nilan CT150.



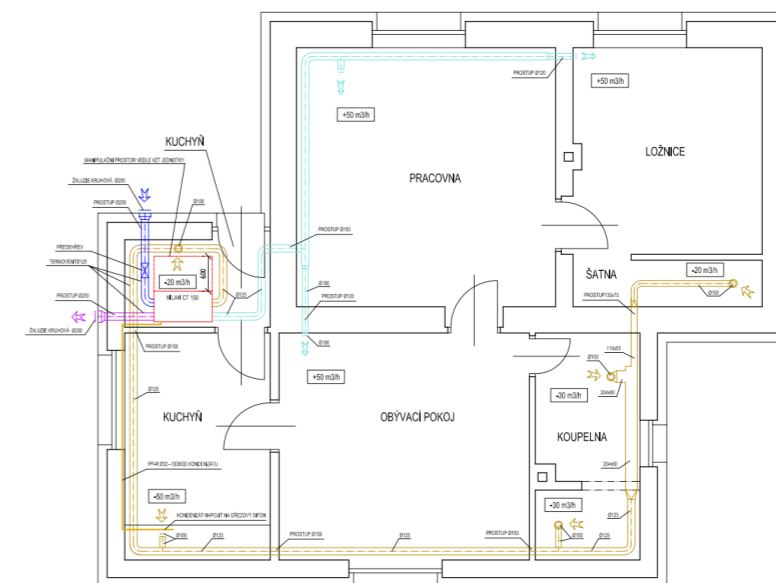
## Projektční příprava a stavba

**Stavební část a návrh nuceného větrání:** Ing. arch. Ivan Kraus

Motivací majitelů pro instalaci nuceného větrání s rekuperací tepla byly přetrvávající problémy s vlhkostí v interiérech, které zásadním způsobem zhoršovaly vnitřní mikroklima domu. Předchozí pokusy o řešení tohoto problému byly neúspěšné (dům byl obkopený dokonce třikrát) a spíše vedly k dalšímu zhoršení problémů s vlhkostí. Nakonec bylo nutno přistoupit ke kvalitnímu, i když nákladnému komplexnímu řešení.

Pro vzduchotechnické rozvody byly vysekány prostupy skrz původní zdi domu. Pro odvod kondenzátu z rekuperační jednotky bylo potřeba vytvořit svod do kanalizace. Realizace proběhla podle projektu.

Vzduchotěsnost domu byla v projektu řešena jen okrajově. Vzhledem k tomu, že u tohoto domu nebyly požadavky na vzduchotěsnost tak přísné jako u pasivní novostavby a také kvůli instalovaným těsným oknům, nebyl po realizaci proveden test průvzdušnosti obálky budovy (blower-door test).



Projekt instalace nuceného větrání v rodinném domě, zdroj: Ing. arch. Ivan Kraus



## Popis systému VZT

Vzduchotechnická podstropní jednotka Nilan CT 150 se střední účinností 87 % je umístěna pod stropem v zádveří. Před jednotkou je zařazen predehřev přívodního vzduchu. Jednotka umožňuje regulovat teplotu přiváděného vzduchu až do teploty 23 °C. Jednotka umožňuje v létě pasivní chlazení díky automatickému by-passu.

Vzduchotechnické rozvody SONOFLEX jsou vedeny pod stropem v rozích obytných místností a jsou zakryty sádkartonovým záklopem. Čerstvý vzduch je přiváděn do obývacího pokoje, pracovny a ložnice a odváděn z šatny, koupelny a z kuchyně zpět do rekuperační jednotky.





## Měření a regulace

Nucené větrání s rekuperací tepla je v provozu celoročně. Ovládání systému vzduchotechniky a vytápění je pomocí digitálního ovladače, který je umístěn u vzduchotechnické jednotky. Na jednotce lze nastavit rychlosti 1–4. Jednotka umožňuje nastavení teploty. Jednotka běží většinu roku v automatickém režimu.

V domě je nainstalován vlhkoměr. Vlhkost v domě se pohybovala v intervalu 60–70 % a po zprovoznění nuceného větrání klesla na 30–35%.

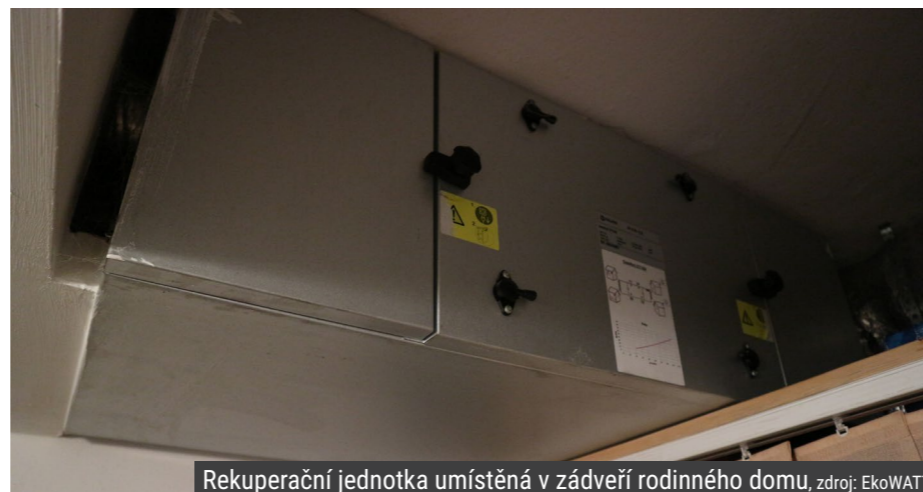
Spotřeba elektrické energie rekuperační jednotky a koncentrace ppm není měřena.



Přehřev zařízení před rekuperační jednotku, zdroj: EkoWATT



Vzduchotechnické rozvody, zdroj: majitel



Rekuperační jednotka umístěná v zádveří rodinného domu, zdroj: EkoWATT



Filtr, zdroj: EkoWATT



## Údržba

Vzduchotechnické rozvody nejsou čistitelné. Při kontrolování rozvodů za vyústkou jsou rozvody na pohled čisté. Čištění rozvodů se nedá předpokládat.

Filtry se mění přibližně po třech měsících. Do speciální kazety se vloží filtrační textilie. Na vzduchotechnické jednotce se spustí oznámení, že je potřeba filtry vyměnit. Cena jedné sady filtrů je do 100 Kč.

Jednou za dva roky je jednotka zkontrolována odborným servisem.



## Subjektivní hodnocení majitelů domu

Jednotka není hlučná. Majitelé mají jednotku nastavenou na stálé větrání na stupeň 2, přičemž neslyší prakticky vůbec nic. Na stupeň 1 byly prostory málo provětrané a na stupeň 3 byla jednotka slyšet, ale hluk nebyl omezující. V jednotce je čidlo vlhkosti. Při zvýšené vlhkosti odváděného vzduchu

(vaření, sprchování) se jednotka spustí na stupeň 4, aby byl vlhký vzduch rychleji odveden. Při sepnutí na stupeň 4 je jednotka samozřejmě slyšet.

Majitelé v zimě okna neotevívají. Mají dostatek čerstvého vzduchu a nemají důvod větrat okny. V létě okna a dveře na zahradu normálně otevírají.

Díky nucenému větrání se do interiéru dostane pach z uhelných topenišť od sousedů, hlavně na začátku topné sezony. Znečištěný vzduch se ale rychle vyvětrá.

Původně si majitelé mysleli, že v létě rekuperační jednotku vypnou, ale majitelce se zdálo, že po týdnu po vypnutí jednotky vlhkost v domě opět stoupla a začal se objevovat původní nepříjemný zápach. Majitelé se tedy rozhodli, že nechají jednotku běžet celoročně.

Prašnost v domě je po instalaci nuceného větrání s rekuperací tepla stále stejná.

Ovládání jednotky je na digitálním displeji u vzduchotechnické jednotky a je pro majitele zcela dostačující. Majitelé by nevyužili žádné sofistikovanější řízení. Ovládání je jednoduché a přehledné.

Majitelé domu pozorují velkou změnu po instalaci nuceného větrání a to nejen co se týče problému s vlhkostí ale i s vnitřním prostředím. Před instalací byla v domě cítit zatuchlina a charakteristický zápach pro staré nedostatečně větrané domy. Po instalaci cítí obyvatelé domu i návštěvy výrazné zlepšení vnitřního prostředí. V domě je po instalaci výrazně lepší vzduch.

Majitelé nemají proti instalovanému nucenému větrání s rekuperací tepla jedinou výtku. Veškeré problémy s vlhkostí byly vyřešeny a navíc mají zdravé vnitřní klima.





# Byt Praha I.

## Parametry budovy

Bytový dům (rok 1978, rekonstrukce 2012)  
Energetická náročnost budovy: **D** méně úsporná  
Měrná potřeba tepla na vytápění: 121 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub>: neměřeno



### Popis objektu

Posuzovaný byt o ploše přibližně 76 m<sup>2</sup> se nachází v Praze. Bytový panelový dům čtvercového půdorysu má 5 nadzemních podlaží a byl postaven v 70. letech 20. století.

Nosnou obvodovou konstrukci tvoří železobetonové stěny. Střecha objektu je plochá. Obvodové stěny bytového domu byly dodatečně zatepleny tepelným izolantem z polystyrenu v tloušťce 140 mm. Střecha byla zateplena polystyrenem v tloušťce 200 mm. Okna a vstupní dveře v domě jsou plastová s izolačním dvojsklem.

Vytápění a příprava teplé vody v bytě je zajištěna lokálním plynovým kotlem umístěným v bytě v technické místnosti, do které je nasáván čerstvý vzduch ze střechy.

Větrání posuzovaného bytu zajišťují dva ventilátory Systemair K 125 EC (jeden přívodní a druhý odvodní) doplněné o filtrační komoru a rekuperační výměník Atrea.



Ventilátor nuceného větrání, zdroj: majitel bytu



### Projekční příprava a stavba

Při kompletní rekonstrukci majitel bytu zvažoval, jak zajistit dostatečný přísun čerstvého vzduchu do bytu s těsnými okny. Majitel se zajímal o problematiku větrání a také měl informace od specialisty, který je jeho příbuzným. Nucené větrání mu připadalo jako logická nutnost v utěsněném bytě. Zároveň bylo možno k instalaci nuceného větrání přistoupit v čase, kdy byl celý byt upravován.

Projekt nuceného větrání s rekuperací tepla nebyl vypracován. Celé řešení bylo konzultováno se specialistou na tuto problematiku. S ním byla řešena trasa rozvodů a řešení uložení ventilátorů a rekuperátoru. Celý systém nuceného větrání majitel dělal svépomocí.

Vzduchotěsnost bytu nebyla řešena. Například vstupní dveře a dveře do technické místnosti nejsou těsné, ale s vzduchotěsností není zásadní problém.



Rekuperátor a rozvody nuceného větrání pod stropem koupelny, zdroj: majitel bytu



### Popis systému VZT

Čerstvý vzduch je nasáván na jižní fasádě v původním otvoru pro větrání spíže a veden pod kuchyňskou linkou do koupelny, kde je umístěn rekuperační výměník ATREA RVU S3-225 a přívodní a odvodní ventilátory (Systemair K 125 EC). Před rekuperačním výměníkem je umístěna filtrační komora. Vzduch je dále rozváděn ve vzduchovodech Sonoflex tloušťky 125 mm (odtahy 100 mm) do čtyř obytných místností (prostupy přes zdi jsou provedeny ze SPIRO potrubí. Odpadní vzduch je odváděn z koupelny, z WC a z kuchyně zpět přes rekuperační výměník a do odtažového potrubí, které je vyvedeno na střechu objektu.

Regulace přívodního vzduchu do místností je pomocí dvou regulačních klapek s Elektropohonem Lufberg DA 04N 220S. Jedna regulační klapka je napojena na termostat a ovládá by-pass větev, která má zabránit zamrznutí výměníku při nízkých teplotách. Druhá klapka umožňuje uzavření nebo otevření ventilace do obývacího pokoje. Předeřhev ani dohřev není u rekuperační jednotky instalován.



Rozvody nuceného větrání, zdroj: majitel bytu





## Byt Praha I.



### Měření a regulace

K ovládání ventilátorů majitel používá tandemový potenciometr. Ten je možné nastavit na úroveň 1–10. Za standardních podmínek je potenciometr nastaven na úroveň 4–5/10. Na přechodnou dobu majitelé zvedají úroveň větrání na více 7–10/10 a to při potřebě odsát vlhký vzduch nebo vyvětrat pachy při vaření, sprchování. Při delší nepřítomnosti je systém nuceného větrání nastaven na 2–3/10.

Regulační klapku do obývacího pokoje zavírají majitelé na noc, aby při stejném výkonnostním nastavení ventilátorů bylo více vzduchu hnáno do ložnic, kde se přes den obyvatelé bytu pohybují málo.

Vlhkost v bytě není měřena, koncentrace CO<sub>2</sub> se v bytě také neměří.

Na přívodním kabelu k celé sestavě vzduchotechnického systému je instalováno měření elektrické energie. Majitel si měří spotřebu jen pro vlastní účely. Na konci kalendářních měsíců pravidelně sbírá informace o spotřebě elektrické energie celé sestavy, abych měl představu, kolik stojí provoz.

Spotřeba elektrické energie na provoz vzduchotechnického systému je nízká. Spotřeba elektrické energie nebyla pro majitele klíčovým faktorem při uvažování o instalaci nuceného větrání.



Ovládání ventilátorů v systému nuceného větrání, zdroj: majitel bytu



### Údržba

Rozvody vzduchotechnického systému nejsou čistitelné. Rekuperátor je čistitelný, ale nebylo třeba ho ještě čistit. Majitel kontroloval vizuálně špínu v rozvodech, ale nebylo vidět, že by v rozvodech vzduchu ulpávala špína.

Do odvodního potrubí se dají vložit filtry. Ty majitelé mění jednou za 2–3 měsíce. Filtry ve filtrační komoře majitelé domu mění 4–6 krát za rok.



### Subjektivní hodnocení majitelů domu

Při normálním provozu není hluk z rozvodů vzduchu vůbec slyšet. Když se jednotka spustí na nejvyšší stupeň, tak slyšet je.

Majitel zkušebně měřil teplotu přívodního vzduchu na vyústce, když bylo v exteriéru kolem 0 °C a z vyústky vycházel vzduch o teplotě kolem 16 °C. Vzhledem k tomu, že v místnosti je více než 20 °C, je tato teplota vyhovující a vzduch se rychle dohřál. Pro obyvatele bytu není tento příchozí vzduch nijak obtěžující. Když by bylo z vyústky cítit zimu, majitel by stáhl provoz na nižší otáčky ventilátorů. Majitelé mají rádi v ložnici nižší teplotu, takže jim tento stav spíše vyhovuje. Ani návštěvy si nijak nestěžovaly.

V původním bytě, ve kterém majitelé bydleli předtím, bylo hodně vlhkosti (hlavně po vaření a praní) a bylo třeba hodně větrat. Dokonce se na stěnách tvořily plísně. V posuzovaném bytě s vlhkostí nebo s plísněmi nejsou vůbec žádné problémy. V tomto bytě majitelé spíše dovlhčují a to pomocí nádržek na vodu na radiátorech.

Ovládání systému je pro majitele vyhovující. Do budoucna by se dalo uvažovat se sofistikovanějším řešením ovládání přes tablet nebo mobilní telefon. Je to ale jen otázka komfortu. Stávající ovládání je jednoduché a intuitivní.



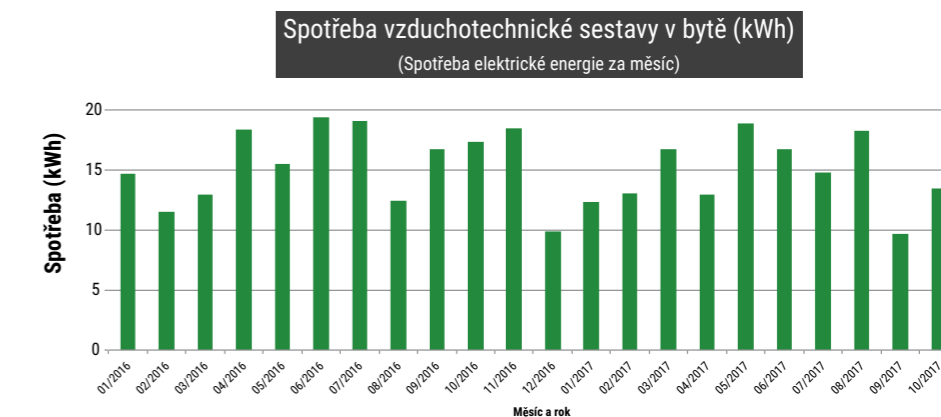
Vzduchotechnická soustava pod sádkartonem, zdroj: majitel bytu

V zimě majitelé okna téměř neotvírají.

Majitel zvažuje, že by do jednotky vřadil systém chlazení. Toto řešení by bylo asi dost nákladné.

Celkově jsou majitelé s instalovaným nuceným větráním v bytě velmi spokojeni a pociťují stálý přísun čerstvého filtrovaného vzduchu.

V posuzvaném bytě je nainstalováno měření spotřeby elektrické energie na provoz vzduchotechnické sestavy. V roce 2016 byla **spotřeba elektrické energie na provoz vzduchotechnické sestavy 186,1 kWh/rok**. Průměrně tedy bylo spotřebováno 15,3 kWh za měsíc, což odpovídá finančním nákladům přibližně **881 Kč/rok** (74 Kč za měsíc). Měrná spotřeba elektrické energie na nucené větrání v posuzovaném bytě odpovídá hodnotě 2,0 kWh/(m<sup>2</sup>rok)\*. Podle získaných podkladů byla roční spotřeba plynu na vytápění bytu v kalendářním roce 2016 5,2 MWh, což by odpovídalo průměrným ročním nákladům na vytápění asi 6 300 Kč. Přepočítaná měrná spotřeba tepla na vytápění v posuzovaném bytě odpovídá hodnotě 56,7 kWh/(m<sup>2</sup>rok).



\* počítáno pro vnější rozměry bytu v souladu s platnou legislativou







# Byt Praha II.

## Parametry budovy

Bytový dům (rok 1928, rekonstrukce 2010)  
Energetická náročnost budovy: **E** nevhodná  
Měrná potřeba tepla na vytápění: 197 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
Celková průvzdušnost obálky budovy n<sub>50</sub>: neměřeno



### Popis objektu

Posuzovaný byt se nachází v bytovém domě v Praze. Bytový cihlový dům je součástí blokové zástavby z počátku 20. století. Byt s plochou necelých 50 m<sup>2</sup> je umístěn v přístavku, který byl k bytovému domu přistavěn až po roce 2000. Přístup do suterénního bytu je samostatným vchodem z vnitrobloku.

Nosnou obvodovou konstrukci tvoří cihelné zdivo. Střecha objektu je šikmá. Obvodové stěny bytového domu nejsou zatepleny. Střecha byla zateplena minerální vatou. Okna a vstupní dveře v domě jsou plastová s izolačním trojsklem.

Vytápění a příprava teplé vody v bytě je zajištěna lokálním plynovým kotlem umístěným v chodbě.

V bytě byla v roce 2017 dodatečně instalována vzduchotechnická jednotka Elektrodesign DOMEO 210 FL. Jednotka je v provozu půl roku.



### Projekční příprava a stavba

Majitelem bytu je Společenství vlastníků jednotek. Vzhledem k tomu, že se jedná o suterénní byt, přetrvávaly v něm problémy s vlhkostí. Při rekonstrukci bytu bylo potřeba tento problém řešit. Motivací majitelů k instalaci nuceného větrání tedy nebyl primárně přívod čerstvého vzduchu do interiéru, ale potřeba zásadního řešení problémů se spodní vlhkostí.

Pro instalaci nuceného větrání s rekuperací tepla byl vypracován projekt. V projektové dokumentaci bylo navrženo uložení rekuperační jednotky, trasa rozvodů a řešení uložení výustek. Systém nuceného větrání byl instalován specializovanou firmou podle projektové dokumentace.

Vzduchotěsnost bytu nebyla řešena a ani blower-door test nebyl proveden.



### Popis systému VZT

Vzduchotechnická nástěnná jednotka Čerstvý vzduch je do jednotky nasáván z jihovýchodní fasády objektu. Pro přívodní potrubí byl přes stěnu proražen fasádní přechod, který je opatřen proti-dešťovou žaluzií. Přívodní vzduchovod čerstvého vzduchu vede přes obývací pokoj do zádveří, kde je na stěně umístěna vzduchotechnická rekuperační Elektrodesign DOMEO 210 FL se střední účinností 88 %. Ta je dimenzována na maximální vzduchové množství 210 m<sup>3</sup>/hod. Vzduch je z rekuperační jednotky dále rozváděn ve vzduchovodech flex do obytné místnosti a dvojicí vyústek je distribuován do interiéru. Rozvody vzduchu vedou pod stropem místností pod sádrokartonovým obkladem. Sací otvory jsou osazeny ventily s možností regulace průtoku. Odpadní vzduch je odváděn z koupelny, WC, kuchyně a z ložnice zpět přes rekuperační výměník do odtahového potrubí, které je vyvedeno na jihozápadní fasádu a je osazeno zpětnou klapkou.



Digitální ovladač vzduchotechnické jednotky v obývacím pokoji, zdroj: EkoWATT



Přívod vzduchu do obývacího pokoje, zdroj: EkoWATT



Odvodní vyústka nuceného větrání, zdroj: EkoWATT





## Měření a regulace

Ovládání jednotky je řešeno spínači umístěnými na stěně u vchodu do místnosti. Ovladačem lze volit čtyři režimy provozu. Levým tlačítkem se volí normální režim a případně úsporný chod (pokud se ovladač podrží 3 s). Prostředním tlačítkem se spouští systém nuceného větrání na maximální chod, který se využívá v případě použití WC, koupelny nebo při vaření. Tento chod se po 30 minutách automaticky vrátí na normální chod. Pravým tlačítkem lze spustit režim nočního vychlazování (by-pass), kterého lze využívat v létě. Základní nastavení režimů větrání je na 25 m<sup>3</sup>/hod, na 40 m<sup>3</sup>/hod a na 40 m<sup>3</sup>/hod.

Systém byl zaregulován při instalaci a nebylo nutné do této regulace zasahovat v průběhu provozu.

V ložnici je lokální vlhkoměr a vlhkost v interiéru se pohybuje v rozmezí 40–50 %.



Vzduchotechnická jednotka umístěná v předsíni, zdroj: EkoWATT



## Údržba

Rozvody vzduchotechnického systému nejsou čistitelné. Rekuperátor je čistitelný, zatím ho majitelé nečistili.

Filtry by se měly měnit, jakmile rekuperační jednotka začne vydávat zvukový signál. Jedna sada filtrů stojí přibližně 1 200 Kč. Obyvatelé bytu filtry i tak kontrolují.



Přívod čerstvého vzduchu do rekuperační jednotky, zdroj: EkoWATT



Měření vlhkosti v interiéru, zdroj: EkoWATT



## Subjektivní hodnocení majitelů domu

Obyvatelé bytu mají nucené větrání spouštěno na nejnižší otáčky neustále. Když se sprchují nebo vaří, tak spustí na digitálním ovladači jednotku na vyšší režim větrání.

Obyvatel bytu oceňuje, že veškerá vlhkost, pachy a kouř se z bytu rychle odtahnou ven. Zmiňuje, že když zapálil vonnou tyčinku, tak se kouř do dvaceti minut dostal ven z bytu.

Z výustek v obývacím pokoji je při velmi nízkých teplotách cítit mírný chlad, ale pro majitele to není nijak zásadně nepříjemné. Chladný přívodní vzduch se rychle ohřeje v místnosti na pokojovou teplotu. Majiteli se zdá, že tento chlad není nižší, když se jednotka spustí na vyšší otáčky (otáčky vzduchotechnické jednotky na chladný přívodní vzduch nemají vliv).

Z výustek rozvodů nuceného větrání se nešíří hluk. Rekuperační jednotka umístěná v zádveři vydává hluk, ale když majitelé zavrou do této místnosti dveře, neslyší jednotku v interiéru vůbec. Celkově není hluk pro obyvatele bytu obtěžující.

Nájemníci bytu subjektivně nepociťují, že by instalované nucené větrání přispívalo k lepšímu vnitřnímu prostředí. Nucené větrání zkrátka nevnímají a berou ho jako součást bytu. Nedokáží posoudit, zda je v bytě díky instalaci nuceného větrání méně nebo více prachu.

Nájemníci v létě okna otevírali normálně (nijak se neomezují) a v zimě otevírají okna jednou za den.

Jednoduché regulování nuceného větrání na digitálním ovladači je pro obyvatele bytu zcela vyhovující.

Majitel bytu zdůrazňuje, že se kvůli instalaci nuceného větrání v interiéru výrazně zlepšilo vnitřní prostředí. Díky nízké světlé výšce místností byl vzduch v bytě rychle nasycen parami a pachy, a protože předchází nájemníci bytu málo větrali, hromadila se v bytě dlouhodobě vzdušná vlhkost a způsobovala problémy. Podle majitele bytu je po instalaci nuceného větrání patrné, že kvalita vnitřního prostředí je výrazně lepší.





# Závěrečné zhodnocení

## Shrnutí

V rámci odborné publikace bylo posouzeno celkem 11 realizací nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla v rodinných a bytových domech. V těchto domech byly v průběhu posledních deseti let instalovány různé varianty centrálního nuceného větrání. Osm realizací bylo v pasivních domech, jedna realizace v původním rodinném domě a dvě realizace v bytech v bytových domech.

Většina posuzovaných realizací byla založena na přívodu čerstvého vzduchu do všech obytných místností a s několika odtahovými body (zpravidla v koupelně, na WC, na chodbách a v kuchyni). Ve dvou případech byly posuzovány realizace (jeden rodinný dům a jeden byt) s dvěma přírodními body v jedné obytné místnosti. U všech realizací byl použit rekuperační výměník s účinností přesahující 80 %. V posuzovaných domech byly instalovány rekuperační jednotky dimenzované na maximální přívod vzduchu 210–390 m<sup>3</sup>/h.

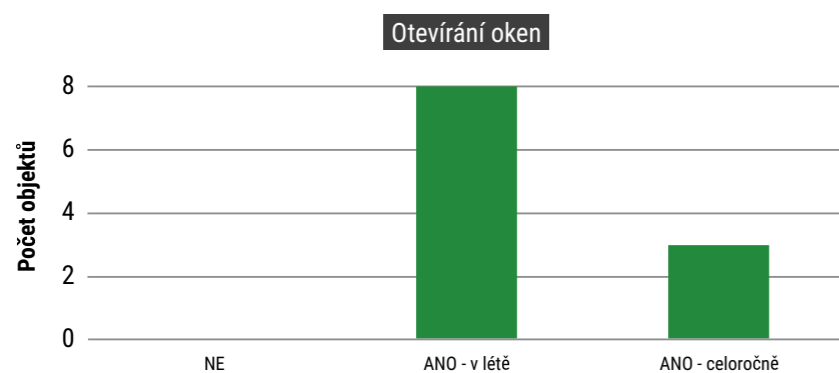
Ve čtyřech případech bylo vytápění v rodinných domech řešeno teplovzdušně (ve třech domech sdruženým vytápěním a větráním, v jednom domě odděleným systémem teplovzdušného vytápění a větrání). U tří systémů nuceného větrání byl instalován elektrický přehřev.

## Hodnotící kritéria

V následujících kapitolách jsou shrnuty a zhodnoceny klíčové parametry pro návrh a provoz větrání.

### Provoz nuceného větrání

V téměř všech posuzovaných domech byl nastaven celoroční provoz nuceného větrání. Jen v jednom případě byl provoz na 4–5 letních měsících



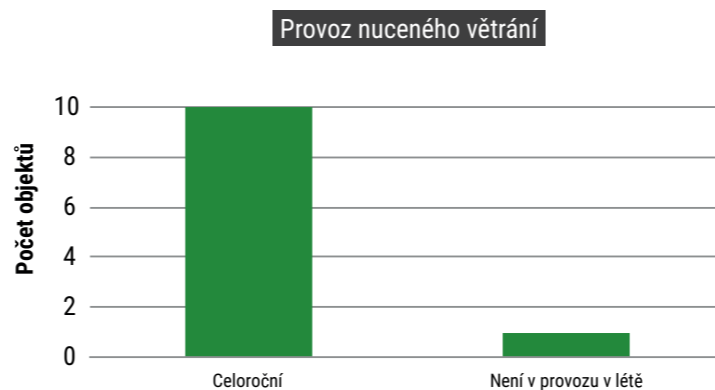
přerušen, ale i v tomto případě lze doporučit celoroční provoz nuceného větrání. Celoroční provoz je důležitý pro kvalitní vnitřní klima, ale také pro zajištění neustálého provětrávání vzduchotechnických rozvodů. Tímto způsobem je zajištěno, že v rozvodech nezůstává nežádoucí prach.

Majitelé hodnocených domů v létě otevírali okna (nijak se v tomto ohledu neomezovali) a někteří otevírali okna i v zimě.

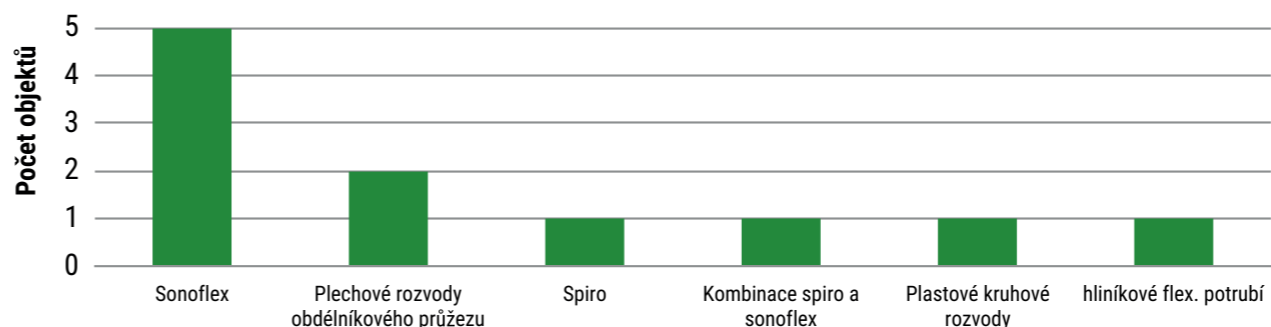
### Provozní režimy

Pokud máme zobecnit získané informace o provozu nuceného větrání v posuzovaných domech, tak základní nastavení chodu systému nuceného větrání je celoroční provoz na „standardní“ režim. Na vzduchotechnických jednotkách je nastaven režim, který odpovídá přívodu přibližně 30–50 % dimenzovaného objemu přírodního vzduchu. Dále je obyvateli domů využíván druhý nebo třetí režim na vyšší otáčky a to především při použití koupelny, WC nebo kuchyně, anebo při vyšším počtu osob. Tento vyšší režim se spíná buď automaticky (na základě čidel) nebo ručně (přímo na vzduchotechnické jednotce nebo spínačem v místnosti) a je zpravidla nastavena na dimenzované množství vzduchu.

V posuzovaných domech je až na jednu výjimku provoz nuceného větrání v provozu celoročně.



Instalované rozvody (v systému převládající)



### Ovladatelnost

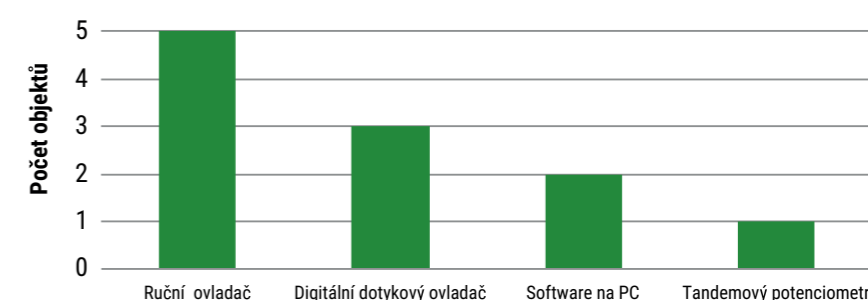
Ovládání systému nuceného větrání v posuzovaných objektech je pomocí tří základních způsobů:

- ruční ovladač na jednotce nebo v obytné místnosti (5×),
- digitální dotykový ovladač (3×),
- software (dálkové připojení) (2×),
- + jedno „hobby“ řešení pomocí tandemového potenciometru.

Na základě zkušeností uživatelů jsme došli k závěru, že pro ovládání vzduchotechnické jednotky v rodinných domech nebo v bytech je zcela postačující ovládání pomocí ručního ovladače. Majitelé domů nepotřebují ovládat složitě systém a nastavovat speciální časové programy. Pro větrání rodinných domů a bytů je stále větrání na nízké objemy vzduchu vhodné.

Jiná situace je u domů s teplovzdušným vytápěním, kde je naopak ovládání regulace větrání velmi důležité, kvůli regulaci vytápění. V případě teplovzdušného vytápění je vhodné mít v domě nainstalovaný digitální dotykový ovladač nebo ovládat systém dálkově. V tomto případě je dobré, aby vše fungovalo automaticky a majitelé do provozu zasahovali jen výjimečně.

Ovládání rekuperační jednotky



## Hlučnost

Hlučnost systému nuceného větrání je bezesporu jedním ze zásadních kritérií, které je nutné při projektování vzduchotechniky zohlednit. Pro obyvatele domu je nežádoucí, aby jakékoliv části nuceného větrání byly hlučné. Největší hluk ve vzduchotechnické jednotce vydávají vždy ventilátory pro přívod a odvod vzduchu. A vzhledem k tomu, že jednotka by měla být v provozu neustále, je tento hluk potenciálně problematický.

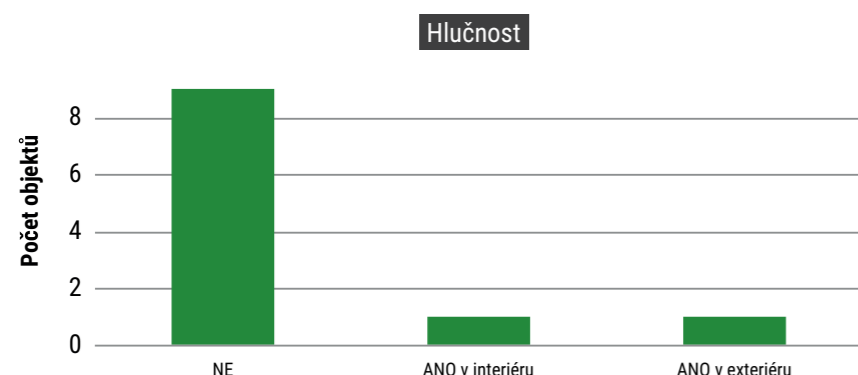
Základním předpokladem pro eliminování problémů s hlučností je výběr rekuperační jednotky s nízkou hladinou akustického výkonu  $L_w$ . Z hlediska přenosu hluku je klíčová volba typu vzduchovodů. Nejlépe vedou hluk rozvody SPIRO nebo čtyřhranné plechové pozinkované potrubí, následují dvouplášťové plastové vzduchovody. Nejvíce tlumí hluk vzduchovody Sonoflex.

Hlučnost v domě s rekuperační jednotkou hrozí ze třech důvodů:

- Hlučnost samotné vzduchotechnické jednotky s rekuperací tepla
- Hlučnost z rozvodů (vyústek) nuceného větrání
- Přeslechy mezi jednotlivými místnostmi

Většina vzduchotechnických jednotek v hodnocených objektech byla umístěna v technické místnosti. Samotná technická místnost byla zpravidla přístupná z chodby. Znamená to tedy, že mezi rekuperační jednotkou a obytnými místnostmi byly většinou dvoje dveře. Majitelé si nestěžovali, že by se hluk přes zavřené dveře z technických místností šířil dále do domu (v samotné technické místnosti byl hluk samozřejmě registrován). V hodnocených domech nebyl s hlukem z rekuperační jednotky problém a to ani v případech, že byly mezi obytnou a technickou místností jen jedny dveře. V posuzovaných objektech se hluk z rekuperační jednotky nešířil ani přes zdi technických místností do sousedních místností.

Běžnou praxí je, že jednotky běží neustále na nejnižší režim, který je často jen 30–50 % objemu dimenzovaného množství vzduchu po instalované rekuperační jednotku. Hluk, který by se šířil přes rozvody nuceného větrání do interiéru při standardním provozu rekuperační jednotky, nebyl v posuzovaných domech pozorován (s výjimkou jediného rodinného domu). Při sepnutí jednotky na vyšší otáčky byl hluk ze vzduchovodů v některých domech slyšet. Tento vyšší režim ale zpravidla běží maximálně jen několik desítek



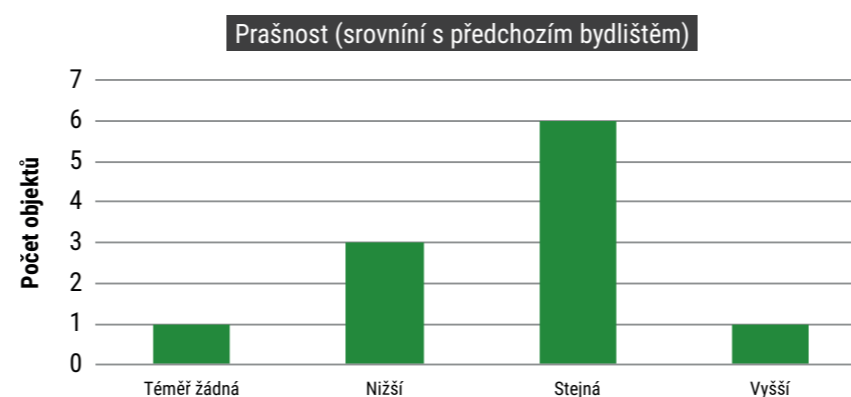
minut, takže pro obyvatele domů není obtěžující. V některých domech nebyl hluk z rozvodů obtěžující ani při vyšším režimu provozu.

Přeslechy mezi místnostmi v posuzovaných domech nebyly obyvateli zaznamenány ani v jednom případě. V posuzovaných domech s přeslechy nebyly žádné problémy.

Významné problémy s hlučností nuceného větrání v interiéru byly u jednoho rodinného domu. Problémy s hlučností v exteriéru byly u jednoho domu. U devíti posuzovaných objektů nebyly majiteli zmiňovány žádné problémy s hlučností.

## Prašnost

Jen v jednom z hodnocených objektů bylo podle sdělení majitelů téměř bezprašné prostředí. Ve většině ostatních domů byla prašnost stejná nebo mírně nižší než v předchozím bydlišti nebo před nainstalováním rekuperační jednotky a v jednom případě udával majitel vyšší prašnost než v předchozím bydlišti. Instalací nuceného větrání s rekuperací tepla nezajistíme vnitřní bezprašné prostředí.

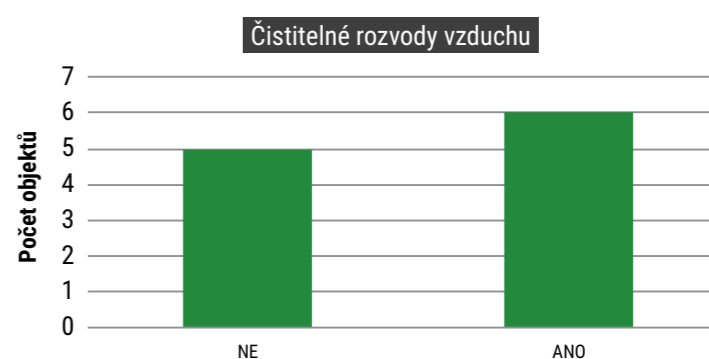


## Čištění rozvodů vzduchu a rekuperační jednotky

V polovině posuzovaných objektů jsou instalovány čistitelné rozvody vzduchu. V dalších objektech se s čištěním rozvodů nepočítá. V žádném z posuzovaných domů majitelé ještě rozvody nečistili a ani se k tomu v nejbližší době nechystají. Vizualní kontrolou zjistili, že čištění není potřeba ani po šesti nebo deseti letech provozu. Majitelé kontrolují a čistí vyústky. Většina vyústek lze odklopit nebo odšroubovat a doporučuje se pravidelně je čistit.

Rekuperátory instalované ve všech jednotkách jsou čistitelné. Rekuperátor nebyl zatím čištěn ani v jednom případě.

Růst hub nebo plísní v rozvodech nuceného větrání se v naší studii nepotvrdil. Přenos bakterií nuceným větráním nezmiňoval žádný z respondentů,



i když u nuceného větrání s cirkulací (u teplovzdušného vytápění) tento problém může nastávat. V žádném z hodnocených objektů nebyl s přenosem bakterií problém.

Čištění rozvodů vzduchu ale není zcela podstatné, protože přivodní vzduch je nejdříve filtrován v rekuperační jednotce (filtr může být zařazen i před předehřevem vzduchu) a následně vyfouknut do interiéru, kde je třeba počítat s úklidem a luxováním. Potenciální prach v odvodním vzduchovodu směřuje ven z domu a do interiéru se nevrací. Základem pro dobrou funkci celého systému nuceného větrání a čistotu vnitřního prostředí je pravidelná péče o celý systém nuceného větrání.

Problematické čištění rozvodů se začínají věnovat některé firmy na českém trhu a začínají vznikat nové možnosti pro čištění vzduchovodů, které při realizaci nebyly uvažovány jako čistitelné.

## Regulace

Regulaci systému by měla provádět odborná firma na základě projektové dokumentace. Regulace se dá provést regulačními vložkami, klapkami anebo přímo na jednotlivých vyústkách. Pro správnou funkci nuceného větrání je zaregulování systému velmi důležité. Velmi důležitá je regulace systému v domech se sdruženým vytápěním a větráním. Ta má zásadní vliv na provoz celého domu. V každém případě by mělo být vše důsledně řešeno v projektu.

## Pocitová relativní vlhkost v interiéru

Ve dvou objektech z jedenácti hodnocených si majitelé stěžovali na nízkou vlhkost. V těchto domech vlhkost zvyšovali sušením prádla v interiéru nebo uvažovali o instalaci zvlhčovače do interiéru. V některých domech obyvatelé dovlhčovali interiér pomocí nádoby s vodou. Každopádně je třeba zdůraznit, že vnímání vlhkosti a optimálního vnitřního mikroklimatu je zcela individuální věc.



### Vlhkost ze spodní stavby

Ve dvou případech instalace nuceného větrání přispěla k řešení dlouhodobých problémů s nadměrnou vlhkostí v interiéru. Při řešení přetrvávajících problémů lze doporučit instalaci nuceného větrání s rekuperací tepla.

### Čidla

Ve třech z hodnocených domů byla instalována čidla CO<sub>2</sub>. Řízení nuceného větrání v rodinných domech a bytech pomocí čidel CO<sub>2</sub> není pro správný chod nuceného větrání podstatné. Řízení na základě čidel CO<sub>2</sub> je vhodné pro provozy s jeho vyšší produkcí. V jednom domě bylo instalováno vlhkostní čidlo na hrdle rekuperační jednotky pro spuštění vyššího větrání v případě zvýšené vlhkosti v odvodním vzduchovodu.

### Proti-mrazová ochrana

Při návrhu nuceného větrání a rekuperační jednotky je nutné vyřešit potenciální problémy se zamrznutím rekuperátoru. Zamrznutí hrozí v rekuperátoru při dlouhodobých teplotách pod -5 °C. Při těchto teplotách vzniká riziko, že vzniklý kondenzát může zamrznout, navyšovat svůj objem a během chvíle se nevratně zničit jemné lamely rekuperátoru. Nejspolehlivější řešení je pomocí aktivní proti-mrazové ochrany (předehřevu). Někteří výrobci u svých jednotek řeší tuto problematiku pasivní protimrazovou ochranou, jako je směšovací klapka, podtlakový režim (pro prohřátí rekuperátoru odpadním vzduchem) a v poslední řadě vypnutí celé jednotky.

### Filtry

Filtry u vzduchotechnických jednotek by se měly měnit 3–4× za rok. V některých objektech je majitelé měnili častěji. Ve městech je znečištění vzduchu z dopravy na vesnicích zase z polí. Znečištění z lokálních topenišť lze předpokládat ve městech i na vesnicích, takže nelze dojít k závěru, že v nějakém prostředí by filtry byly méně znečištěné (možná na samotě v lese).

Nejčastěji se v rekuperačních jednotkách používají filtry G4 (třída filtrace podle EN 779). Tyto filtry jsou účinné pro částice ≥ 10 µm. Pro znečištěnější vnější prostředí nebo pro čistší vnitřní prostředí se používají filtry F7 s vyšší třídou filtrace účinné pro částice ≥ 1 µm. Filtry s vyšší třídou filtrace se v rodinných domech nebo v bytech neuplatňují.

Pro různé vzduchotechnické jednotky existují v základu dva druhy filtrů. Jedny levnější z textilie, které většinou majitelé stříhají z větších kusů a vkládají do speciálních přihrádek ve vzduchotechnických jednotkách nebo dražší originální filtry.

### Měření spotřeby elektrické energie

V jednom rodinném domě a v jednom bytě byla experimentálně měřena spotřeba elektrické energie na provoz rekuperační jednotky.

Průměrná roční spotřeba elektrické energie na provoz nuceného větrání byla v rodinném domě 413 kW/rok. Je třeba zdůraznit, že v tomto domě je instalováno teplovzdušné vytápění, takže ventilátory v rekuperační jednotce zajišťují i cirkulaci topného vzduchu. Pro porovnání energetické náročnosti nuceného větrání je klíčový parametr měrné spotřeby elektrické energie, který odpovídá hodnotě 2,4 kWh/(m<sup>2</sup>rok). V rodinném domě se samotným nuceným větráním je spotřeba elektrické energie srovnatelná.

Průměrná roční spotřeba elektrické energie na provoz nuceného větrání byla v posuzovaném bytě 186 kW/rok. V tomto bytě byl instalován složený systém nuceného větrání z jednotlivých komponent. Měrná spotřeba elektrické energie na provoz nuceného větrání je 2,0 kWh/(m<sup>2</sup>rok). Finanční náročnost rekuperační jednotky pak silně závisí na tom, zda je v rodinném domě nebo v bytě nízký nebo vysoký tarif elektrické energie.

### Měření koncentrace CO<sub>2</sub>

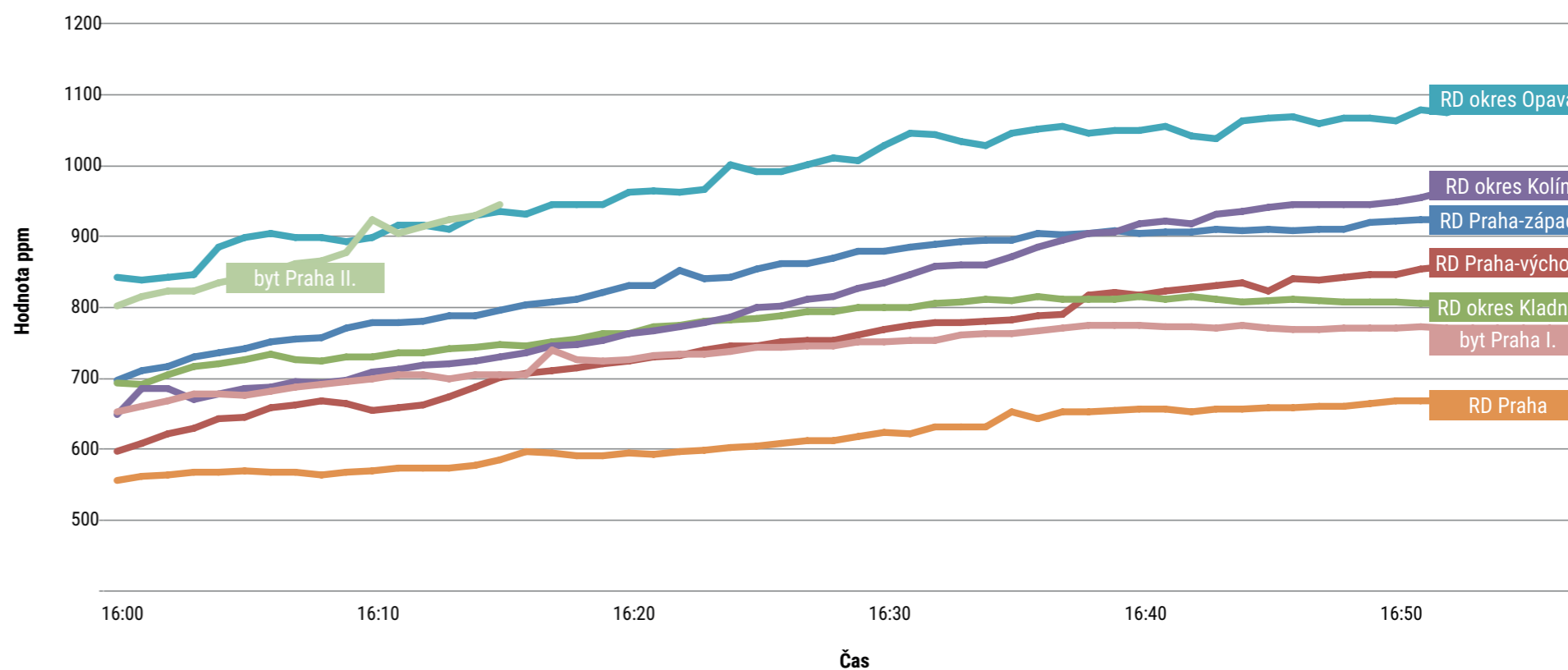
V některých posuzovaných domech a bytech byla experimentálně změněna koncentrace CO<sub>2</sub>. Měření probíhalo přibližně 1 hodinu během prohlídky.

Koncentrace CO<sub>2</sub> se ve všech hodnocených domech pohybovaly na počátku měření od 550 ppm do 840 ppm. To jsou hodnoty hluboko pod limitní normovou hodnotou 1500 ppm, která je daná vyhláškou č. 268/2009 Sb. V průběhu měření koncentrace CO<sub>2</sub> hodnoty vystoupaly na 670–1100 ppm.

Koncentrace CO<sub>2</sub> ve všech objektech v průběhu tohoto měření stoupaly, což je způsobeno tím, že v místnosti, kde měření probíhalo, byly další osoby a tím pádem se v průběhu měření zvyšovala hodnota ppm. U třech měření je patrné, že hodnoty koncentrace začaly po určitém čase stagnovat. Tento trend je způsoben tím, že vzduchotechnická jednotka byla přibližně po 40 minutách spuštěna na vyšší otáčky.

Nejnižší hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> vykazuje měření v rodinném domě v Praze a nejhorší hodnoty v rodinném domě v okrese Opava. V rodinném domě na Opavsku byla nastavena hodnota standardního stálého větrání na 68 m<sup>3</sup>/h a domě v Praze na 225 m<sup>3</sup>/h, tedy na 3,3× vyšší hodnotu při stejné početné rodině. V domě s nejvyšší intenzitou výměny vzduchu z hodnocených objektů bylo dosaženo nejnižších koncentrací CO<sub>2</sub>.

Graf kontrolního měření koncentrace CO<sub>2</sub> v posuzovaných objektech, zdroj: EkoWATT



## Závěr

V hodnocených objektech fungovalo nucené větrání s rekuperací tepla spolehlivě a majitelé oceňovali dostatečný přísuv čerstvého vzduchu.

Provoz nuceného větrání je téměř ve všech případech celoroční. Nucené větrání je v posuzovaných případech v provozu neustále na režim „standardní“ minimální režim. Vyšší větrání (až k maximální dimenzi větrání) bývá spouštěno jen pro odtažení nevyhovujícího vzduchu z koupelen, WC nebo z kuchyně.

Pro řízení systému nuceného větrání s pasivní rekuperací bez teplovzdušného vytápění je zcela dostačující jednoduché ruční ovládání (přímo na jednotce, pomocí manuálního ovladače nebo digitálního dotykového ovladače v místnosti). Sofistikovanější řízení pomocí čidel nebo časových programů jsou majiteli využívány hlavně v systémech s teplovzdušným vytápěním. Pro provoz rodinného domu nebo bytu je vhodný stálý přísuv čerstvého vzduchu.

Nadměrná hlučnost v interiéru byla zaznamenána jen v jednom případě z 11 hodnocených objektů (rodinný dům Praha-východ). S hlučností v interiéru nejsou u hodnocených objektů problémy, ale při návrhu nuceného větrání s rekuperační jednotkou je nutné tomuto problému věnovat zvýšenou pozornost.

Zajímavé realizace nuceného větrání v rodinném domě v okrese Litoměřice a v suterénním bytě v Praze ukazují, že instalace nuceného větrání výrazně přispívá k řešení problémů s vlhkostí od spodní stavby. Při projektování nuceného větrání a návrhu rekuperační jednotky je nutné řešit proti-mrazovou ochranu.

Základem bezproblémové funkce systému nuceného větrání musí být kvalitní projekt, který zhodnotí všechny aspekty správného návrhu systému nuceného větrání. Důležitým předpokladem pro dlouhý a bezproblémový provoz rekuperační jednotky je základní údržba systému nuceného větrání – pravidelné vyměňování filtrů, čištění výustek a rekuperátoru a servisní kontrola jednotky.

Studie nepotvrdila, že by po instalaci nuceného větrání bylo v domě bezprašné prostředí díky použití filtrů v rekuperační jednotce. Majitelé hodnocených objektů konstatovali, že prostředí v rodinném domě nebo v bytě s nuceným větráním je stejně nebo o málo méně prašné jako prostředí v předchozím bydlišti.

Na základě experimentálního měření centrálního systému nuceného větrání v rodinném domě a lokálního systému v bytě bylo zjištěno, že měrná spotřeba elektrické energie na provoz systému je 2–3 kWh/(m<sup>2</sup>rok). Pro standardní rodinný dům okolo 150 m<sup>2</sup> podlahové plochy můžeme uvažovat se spotřebou 300–450 kWh/rok. Náklady na provoz rekuperační jednotky se odvíjí od tarifní sazby v domě.

Kontrolní měření koncentrace CO<sub>2</sub> v rodinných domech a bytech s nuceným větráním potvrdila, že v domech se hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> pohybují pod limitní hranicí 1500 ppm. Při měření v pasivním domě s vypnutým nuceným větráním byly naměřeny hodnoty nad 2100 ppm a v bytě s plastovými okny dokonce nad 2600 ppm.

## Seznam použité literatury

1. Vladimír Zmrhal: Větrání rodinných a bytových domů. 1. vyd. Praha 2014: Grada Publishing a.s., ISBN 978-80-247-4573-2
2. Marta Székelyová, Karol Ferstl, Richard Nový: Větrání a klimatizace. 1. vyd. Bratislava 2006: Jaga Group s.r.o., ISBN 80-8076-037-3
3. Olga Rubinová, Aleš Rubina: Klimatizace a větrání. 1. vyd. Šlapanice 2004: Era group spol. s.r.o., ISBN 80-86517-30-6
4. Jiří Beranovský, Karel Srdečný, Peter Vogela kol.: Pasivní panelák? A to myslíte vážně?. 1. vyd. Praha 2011, EkoWATT, ISBN 978-80-87333-07-5
5. Kolektiv autorů: Manuál energeticky úsporné architektury. 1. vyd. Praha 2010, ISBN 978-80-904577-1-3
6. Imrich Sánka: Experimentálne meranie toxických látok vo vnútornom vzduchu pred a po obnove bytového domu a vykurovanie, [online] (9. 10. 2017) Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/16377-experimentalne-meranie-toxickych-latok-vo-vnutornom-vzduchu-pred-a-po-obnove-bytoveho-domu-a-vykurovanie>
7. Josef Hodboď: Kvalitní větrací jednotka není jen splnění norem, [online] (15. 12. 2016) Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/15109-kvalitni-vecraci-jednotka-neni-jen-splneni-norem>
8. Vladimír Zmrhal: Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1, [online] (30. 01. 2012) Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vecrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vecrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
9. Roman Šubrt a kol.: Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace. [online] (2011) Informační portál Ministerstva průmyslu a obchodu o podpoře energetických úspor a využití obnovitelných zdrojů energie. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace>
10. ČSN EN 15665 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov
11. ČSN EN 15251 Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky
12. ČSN EN 13779 Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy
13. Vyhláška č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
14. ČSN EN 308 Výměníky tepla – Metody zkoušek pro ověření výkonnosti zařízení pro regeneraci tepla



Zhodnocení instalací  
nuceného větrání  
v rodinných a bytových domech

Vydal: EkoWATT,  
Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie  
Praha 8, Švábky 2, 180 00, tel.: +420 266 710 247  
e-mail: [info@ekowatt.cz](mailto:info@ekowatt.cz)  
[www.ekowatt.cz](http://www.ekowatt.cz)  
Autor: Ing. arch. Martin Šimůnek  
Grafika: Pavel Cindr  
© EkoWATT, 2017  
ISBN: 978-80-87333-13-6

Dílo bylo zpracováno za finanční podpory  
Státního programu na podporu úspor energie na období 2017–2021  
Program EFEKT 2 pro rok 2017