

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Vyhodnocení různých způsobů větrání s hlediska úspor
energie a kvality vnitřního prostředí**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš TIMOFIEJEV**
Osobní číslo: **E15N0095P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Vyhodnocení různých způsobů větrání s hlediska úspor energie a kvality vnitřního prostředí**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte problematiku, požadavky norem a možnosti větrání v budovách.
2. Porovnejte tři hlavní způsoby větrání (větrání okny, větrací systém bez rekuperace tepla a větrací systém s rekuperací tepla) s hlediska energetické efektivity a kvality vnitřního prostředí.
3. Vyhodnoťte rozdíly v energetické efektivitě a kvalitě vnitřního prostředí pro výše uvedené způsoby větrání.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Székyová M., Ferstl K., Nový R.: **Větrání a klimatizace, JAGA Bratislava, 2006**

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2017**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení různých způsobů větrání s hlediska úspor energie a kvality vnitřního prostředí. V první části jsou uvedeny požadavky na větrání obytných budov. Dále je zde uvedeno obecné rozdělení systémů větrání, na které následuje podrobný popis těchto způsobů větrání. V další části jsou uvedeny výpočty pro porovnání přirozeného, nuceného větrání s rekuperací tepla a nuceného větrání bez rekuperace tepla. V závěru je uvedeno vyhodnocení rozdílů mezi těmito způsoby větrání.

Klíčová slova

Intenzita větrání, systém větrání, obytné prostory, kvalita vnitřního prostředí, infiltrace, neprůvzdušnost, celková roční dodaná energie, energie dodaná na vytápění, měrný tok větráním.

Abstract

The aim of this diploma thesis is to evaluate a variety of ventilation from the point of view of energy saving and the quality of inner space. The first part shows requirements on ventilation for residential buildings. Next there is a general division of ventilation types, following that is detailed description of these types of ventilations. In the next part, there are calculations for evaluation of natural ventilation, forced ventilation with heat recovery and forced ventilation without heat recovery. The final part show final evaluation of these three types of ventilation.

Key words

Ventilation intensity, ventilation systém, residential spaces, quality of inner space, infiltration, impermeability, total annual energy delivered, energy delivered for heating, specific flow through ventilation.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 17.5.2017

Tomáš Timofiejev

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Janu Škorpilovi CSc. za odborné vedení diplomové práce. Dále pak bych chtěl poděkovat panu Václavu Švábovi za cenné rady, které mi poskytl při jejím zpracování, a zároveň bych chtěl poděkovat celé své rodině za psychickou a finanční podporu během celého mého studia.

Obsah

OBSAH	7
ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	11
1 POŽADAVKY NA VĚTRÁNÍ OBYTNÝCH BUDOV DLE ČSN EN 15 665/Z1	12
1.1 ÚVOD	12
1.2 POŽADAVKY NA VĚTRÁNÍ.....	13
1.2.1 Požadavky národní přílohy ČSN EN 15 665/Z1	13
1.3 DOPORUČENÉ SYSTÉMY VĚTRÁNÍ.....	14
1.4 POŽADAVKY NA KONCEPCI VĚTRÁNÍ.....	15
2 ZPŮSOBY VÝMĚNY VZDUCHU	18
2.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ	18
2.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ.....	18
2.3 NUCENÉ VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA.....	18
2.4 CENTRÁLNÍ PODTLAKOVÉ VĚTRÁNÍ PLYNULOU REGULACÍ PRŮTOKU VZDUCHU.....	21
2.4.1 Princip elektromotoru.....	24
3 SYSTÉMY VĚTRÁNÍ OBYTNÝCH BUDOV	25
3.1 ROZDĚLENÍ VĚTRACÍCH SYSTÉMŮ.....	25
3.2 VŠEOBECNÉ PODMÍNKY PRO VĚTRÁNÍ BYTOVÝCH DOMŮ	25
3.3 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ	26
3.4 NUCENÉ VĚTRÁNÍ.....	27
3.5 NUCENÉ PODTLAKOVÉ VĚTRÁNÍ.....	28
3.5.1 Centrální podtlakové systémy.....	28
3.5.2 Lokální podtlakové systémy	29
3.6 NUCENÉ ROVNOTLAKÉ VĚTRÁNÍ	31
3.6.1 Centrální rovnotlaké systémy	32
3.6.2 Lokální rovnotlaké systémy.....	34
3.6.3 Teplovzdušné vytápění.....	34
3.7 HYBRIDNÍ VĚTRÁNÍ	35
3.8 VĚTRÁNÍ POMOCNÝCH PROSTOR	38
3.8.1 Garáže bytových domů	38
3.8.2 Sklepy.....	39
3.8.3 Kolárny a kočárkárny.....	39
3.8.4 Domovní prádelny a sušárny.....	39
3.8.5 Schodiště a domovní chodby.....	40
3.8.6 Zdroj tepla pro daný objekt	40
4 TEORIE KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	41
4.1 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV	42
4.2 LIDSKÉ POŽADAVKY NA VZDUCH	44
5 POROVNÁNÍ TŘÍ HLAVNÍCH ZPŮSOBŮ VĚTRÁNÍ	46
5.1 O PROGRAMU ENERGIE 2016.....	46
5.2 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ	47
5.3 NUCENÉ VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA.....	48
5.4 NUCENÉ VĚTRÁNÍ BEZ REKUPERACE TEPLA.....	48
5.5 VYHODNOCENÍ.....	49
6 ZÁVĚR	51

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....	52
PŘÍLOHY	1

Úvod

Větrání je nezbytnou součástí lidských životů. Hned poté, co člověk vstoupí do domu, pocítí charakter vzduchu. Čerstvý vzduch je nejen příjemný, ale je také první vizitkou propojení interiéru a venkovního prostředí.[1]

Cílem této práce bude porovnání tří vybraných způsobů větrání a to z hlediska úspor energie tak i z hlediska kvality vnitřního prostředí. Práce bude dále obsahovat přehled několika ostatních typů větrání pro srovnání.

Člověk tráví uvnitř budov 90 % svého času, takže hodně záleží na kvalitě vzduchu, který v nich dýchá. Většina lidí bere větrání jako přirozenou činnost, přesto se však v interiérech často nedosahuje potřebné úrovně větrání. Při různých aktivitách (vaření, praní a sušení prádla), se do vzduchu dostává vlhkost, které může negativně ovlivňovat lidské zdraví. Produkce vlhkosti na jednoho člověka bývá nejčastěji kolem 2,5 litru za den, což je důvodem k otevření okna a odvětrání této vlhkosti. Optimální míra vlhkosti v místnosti by měla být zhruba 45 %. Další z důvodů proč větrat, je aby byla udržována optimální koncentrace CO₂, vysoký obsah CO₂ ve vzduchu je ukazatelem zhoršené kvality vzduchu a člověk jí vnímá jako bolesti hlavy, zhoršenou schopnost soustředit se, pálení očí či únavu.[1]

Znalost správných zásad a typů větrání jsou hlavní podmínkou k dosažení optimálního vnitřního klimatu:

- Zavírat dveře do koupelny. Dobré je po sprchování otřít podlahu a stěny a otevřít okno.
- Větrat alespoň třikrát denně. Hlavně v kuchyni, koupelně a ložnicích.
- Na začátku topné sezóny větrat častěji.
- Větrat ve svém vlastním pokoji ve formě častého krátkodobého otevírání oken.
- Nestavit nábytek podél obvodových stěn budovy.
- Při vaření vždy používat poklice na hrnce a hrnce (zároveň se tím šetří energie)
- Nesušit mokré prádlo (či jiné věci) ve vnitřních prostorách bytu. Ideální je používat balkon či sušárnu (popř. sušit prádlo u otevřeného okna).[1]

Při zpracování této práce bude použito článků, sbírky zákonů a vyhlášek a dalších internetových zdrojů zabývajících se oblastí větrání.[1]

Seznam symbolů a zkratek

ČSN	Česká technická norma
EN.....	Evropská norma
ZZT.....	Zpětné získávání tepla
EC	Elektricky komutované
AC.....	Střídavé napětí
PWM.....	Pulzně šířková modulace
VZT	Vzduchotechnické
ppm	Parts per milion – jedna miliontina celku
TNI	Technický národní dokument
ISO.....	Mezinárodní organizace pro normalizaci

1 Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1

Intenzita větrání je v současné době velmi diskutovaným tématem, a to hlavně z hlediska energeticky úsporného bydlení. Bohužel dříve toto téma komplikovala nepřesnost a nedostatek požadavků v zákonných předpisech a technických normách. Pro zlepšení této situace vešla v únoru 2011 v platnost národní příloha normy ČSN EN 15 665 v podobě změny Z1, která stanovuje požadavky na větrání v obytných prostorech a definuje vhodné systémy větrání.[2]

1.1 Úvod

Hlavní prostředek pro zajištění požadované kvality vzduchu vnitřního prostředí je větrání, které přispívá ke zlepšení zdravotního stavu přítomných osob. V důsledku růstu ceny energií se při výstavbě obytných budov v současné době nejvíce klade důraz na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí. Na vyplnění okenních a dveřních prostorů z hlediska neprůvzdušnosti je ovšem kladen mnohem větší důraz. Proto nelze přirozené větrání infiltrací okenními spárami a netěsnostmi v obvodovém plášti použít pro dlouhodobé větrání budov, ve kterých jsou vystavěna nová či rekonstruovaná okna. Instalace nových těsných oken ovšem často způsobuje nedostatečné větrání obytných prostor s negativními dopady, jako například zvýšená vlhkost či vyšší koncentrace škodlivin ve vnitřním prostředí. Světové studie navíc poukazují na zvýšení výskytu plísní v důsledku nedostatečného větrání.[2]

Dříve se za požadavky na větrání často uvažovaly hodnoty z vyhlášky č. 268/2009 Sb. Vyhláška je ovšem nešťastným způsobem formulována, neboť stanovuje požadavky na větrání nesmyslným vztahem k výplni otvorů. Výplň otvorů nemůže splňovat zároveň podmínky na kvalitu prostředí a akustické podmínky, jelikož současný technický stav výplní otvorů prakticky neumožňuje přirozený přívod vzduchu spárami oken. V ČSN EN 15 251 jsou k nalezení doporučené průtoky venkovního vzduchu pro návrh větracího zařízení s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu. Další dokument, jenž stanovuje požadavky na větrání obytného prostředí v našich podmínkách je Směrnice STP-OS 04/č. 1/2005.[2]

Situace okolo větrání obytných budov v České Republice byla velmi nepřehledná a neexistoval prakticky žádný dokument, který by přehledně a jasně stanovoval požadavky na množství přiváděného venkovního vzduchu a udával správný návrh větracího systému. Situaci v oblasti větrání v obytných budovách by měla ovšem zlepšit národní příloha evropské normy ČSN EN 15 665 Větrání budov – Stanovení kritérií pro větrací systémy obytných budov, která definuje požadavky na větrání v obytných budovách. Zároveň se mění i kapitola 6.5 v normě ČSN 73 4301 Obytné budovy, která přejímá národní přílohu v kompletním znění.[2]

1.2 Požadavky na větrání

- *Zahraniční předpisy*

Hlavní celosvětovou tendencí ve vývoji požadavků na větrání v různých zemích světa je minimalizace energetické náročnosti větrání (hlavně požadavků na nucené větrání a rekuperaci) a zohlednění počtu osob žijících v bytě – jednak z důvodu energetické náročnosti a jednak i z důvodu kvality vnitřního vzduchu. Nynější předpisy v zemích Evropské Unie jsou z velké části založeny na jednoznačném požadavku pro minimální intenzitu větrání s občasným doplněním dávky větracího vzduchu na osobu. Nejčastější požadovanou minimální intenzitou větrání je 0,3 až 0,5 h⁻¹ a návrhová intenzita větrání 0,7 h⁻¹. [2]

1.2.1 Požadavky národní přílohy ČSN EN 15 665/Z1

- *Přívod vzduchu*

Přívod venkovního vzduchu je dán intenzitou větrání (v odborné literatuře často zaměňováno za intenzitu výměny vzduchu), která udává poměr objemového průtoku přiváděného venkovního, čerstvého vzduchu k objemu větraného vnitřního prostoru. [2]

Jako jedním ze základních požadavků národní přílohy normy ČSN EN 15 665/Z1 je udržování trvalého přívodu venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání 0,3 h⁻¹ v kuchyních a obytných prostorech (ložnice, pokoje, apod.). Aby se v souladu s ČSN EN 15 251 zvýšila kvalita vnitřního vzduchu, doporučuje se intenzita větrání 0,5 až 0,7 h⁻¹. Pokud ovšem nejsou obytné prostory delší dobu využívány (víkendy, dovolené), je možné připustit provoz s intenzitou nižší, např. 0,1 h⁻¹, vztaženou k celkovému vnitřnímu objemu

rodinného domu/bytu. Vyhláška č. 268/2009 Sb. Pracuje s doporučenými hodnotami pro trvalé větrání dle Tab. 1. V chystaném novelizovaném znění bude jasně dáno, že větrání musí být provedeno v souladu s prezentovanou normou a s normovými hodnotami.[2]

Národní příloha udává doplňující kritérium pro dimenzování přívodu vzduchu v podobě minimální dávky čerstvého vzduchu pro osobu (viz Tab. 1), zároveň však musí být splněn požadavek na minimální intenzitu větrání. V případě, že se jedná o větrací systém řízený podle kvality vzduchu, je za doplňující kritérium pro průtok vzduchu považována koncentrace oxidu uhličitého v obytném prostoru.[2]

Tabulka 1 požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1[2]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m ³ /(h·os)]	Kuchyně [m ³ /h]	Koupelny [m ³ /h]	WC [m ³ /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

- **Odvod vzduchu**

Další požadovanou vlastností systému větrání budov, je schopnost zajistit odvod vzduchu z místnosti obsahující znečišťující látky (škodliviny vznikající při vaření a jiných kuchyňských činnostech v domácnosti, pachy a vlhkost) především z hygienického zázemí a kuchyně. Při dlouhodobém větrání je průtok odváděného vzduchu roven průtoku vzduchu přiváděného, který je stanoven na základě požadavku na intenzitu větrání. Doporučuje se odvádět vzduch z obytných místností přes hygienické zázemí. Dále jsou v normě definovány průtoky odsávaného vzduchu pro nárazové (krátkodobé) větrání hygienického zázemí a kuchyně (Tab. 1). Odsátý vzduch je nahrazován buď zvýšeným přívodem vzduchu větrací jednotkou, nebo přísáváním větracími otvory.[2]

1.3 Doporučené systémy větrání

Hlavním činitelem, který ovlivňuje kvalitu větrání, je přívod venkovního vzduchu. V současné době, se při konstrukci nových, či rekonstrukci starých objektů, instalují těsná okna, která neumožňují použití okenních spár pro přívod vzduchu. Národní příloha však z tohoto důvodu definuje doporučené způsoby přívodu vzduchu a vhodné systémy větrání obytných budov.[2]

Větrání příivodem vzduchu spárami zavřenyými okny (tzv. infiltračí) lze připustit jen u budov, ve kterých nelze vyměnit původní okna za nová těsná okna (např. památkově chráněné budovy). Příivod vzduchu do obytných budov, ve kterých jsou nová či rekonstruovaná okna se tedy řeší některým z těchto alternativních způsobů:

- pomocí větracích štěrbin, integrovaných do výplní stavebních prostorů,
- pomocí specifických příivodních otvorů v obvodových stěnách (kruhové otvory, štěrbiny apod.),
- pomocí větrací jednotky.[2]

Doporučené systémy větrání pro trvalé větrání obytných prostor:

- použití nuceného podtlakového větrání – venkovní vzduchu se přivádí pod tlakem přes větrací otvory, které jsou umístěné ve větracích stěnách nebo integrované do výplní stavebních otvorů, v kombinaci s nuceným odvodem vzduchu z hygienického zázemí a kuchyně,
- použití nuceného rovnotlakého větrání, ohřivaný venkovní vzduchu se přivádí přes větrací jednotku, přes kterou se vzduch také odvádí, je možná metoda zpětného získávání tepla (ZZT).[2]

1.4 Požadavky na koncepci větrání

Čerstvý venkovní vzduch by měl být přiváděn do obytných místností (dětské pokoje, ložnice, obývací pokoje apod.), naopak odváděný vzduch by měl jít přes hygienické zázemí popř. z kuchyně. Veškeré ostatní domovní či bytové prostory (chodby, předsíně aj.) by měly být větrány vzduchem čerstvým (např. technické místnosti), popř. převáděným podle vybavení a účelu místnosti, či dle potřeby individuálně navrženým systémem (např. dílna). Z obytných místností do prostoru hygienického zázemí se vzduch převádí přes převáděcí otvory (stěnové otvory, nebo spáry pode dveřmi), které je doporučeno dimenzovat na rychlost proudění v čistém průřezu $w < 0,5$ m/s.[2]

Pro nárazové větrání je doporučeno nainstalovat do kuchyně nad varnou plochu odsávací zákryt s ventilátorem a filtrem. Odvod vzduchu se doporučuje řešit samostatným vzduchovodem. Z důvodu nedostatečného odvodu vodní páry se nedoporučuje používat cirkulační odsávací zákryt v kuchyni, ve které není nainstalovaný nucený odvod vzduchu. Propojení odvodu vzduchu z WC a koupelny do společného vzduchovodu je možné. Pokud

je odvod vzduchu při nárazovém větrání zaústěn do společného vzduchovodu (např. ve vícepodlažních bytových domech), je nezbytné, aby každá odbočka k odsávanému místu (ventilátoru) byla osazena uzavírací klapkou. Odvod odpadního vzduchu do venkovního prostředí musí být proveden v dostatečné vzdálenosti od otvorů pro přirozené větrání a od míst pro nasávání venkovního vzduchu.[2]

- ***Podtlakové větrání***

Přívod vzduchu u podtlakového větrání lze realizovat ve výplních stavebních otvorů či přívodními otvory v obvodových stěnách, odvod vzduchu pak lokálními odvodními ventilátory, nebo jedním centrálním odvodním ventilátorem. Větrací otvory je možno umístit nad nebo za otopná tělesa, v místnostech s velkoplošným sálavým vytápěním je doporučeno umísťovat otvory nad okny nebo pod stropem. Dále tak aby větrací otvory pro přívod vzduchu obsahovaly regulaci průtoku vzduchu. Je možné také použít ventilátory s proměnnými otáčkami.[2]

U přívodních otvorů je umožněno obsahovat hrubý filtr a vestavěný tlumič hluku. Je nutné navrhnut ventilátory podtlakových systémů tak, aby zvládly překonat tlakové ztráty převáděcích a přívodních otvorů a odvodního vzduchovodu za veškerých provozních podmínek. Topná soustava pak zajišťuje ohřev venkovního vzduchu při podtlakovém přívodu vzduchu větracími otvory.[2]

- ***Hybridní větrání***

Národní příloha umožňuje použití hybridního větrání, které je tvořeno kombinací nuceného a přirozeného větrání. Jeho cílem je udržování kvality vnitřního vzduchu a minimalizace spotřeby energie. Hlavní součástí je řídicí systém, jenž dokáže nastavit provozní režim budovy na základě aktuálních požadavků (koncentrace CO₂). Požadavky návrhu větracího zařízení se shodují s požadavky na návrh nuceného podtlakového větrání.[2]

- ***Nucené rovnotlaké větrání***

Tento typ větrání představuje vyšší kvalitu větrání než nucené podtlakové větrání (hybridní větrání). Je jej možné však použít i tam, kde není možno z hygienických důvodů zajistit přívod vzduchu pod tlakem z obvodové stěny, např. při výrazném znečištění venkovního ovzduší (např. v blízkosti komunikace nebo zdroje znečištění) nebo tam, kde je venkovní prostředí zatíženo nadměrným hlukem (obytný prostor v blízkosti komunikace apod.). Je nutné zajistit přívod vzduchu do obytných místností a kuchyní a odvod vzduchu z místnosti se zdrojem vlhkosti či znečištění (WC, kuchyně, koupelny).[2]

Větrací jednotka pro nucený přívod vzduchu musí obsahovat filtraci vzduchu a ohřívač resp. predehřivač vzduchu. Doporučuje se využívat zařízení pro zpětné získávání tepla (ZZT) a to za účelem snižování spotřeby energie. Dohřev větracího vzduchu je možno realizovat instalací otopné soustavy do daných místností, nebo instalací výměníku tepla (dohřivače) do větrací jednotky.[2]

- ***Větrání prostoru se spotřebiči paliv***

V problematice větrání místností s plynovými spotřebiči je doporučeno postupovat v souladu s platnými plynařskými předpisy (viz příloha 1). V prostorách, ve kterých jsou umístěny spotřebiče paliv uzavřené (dle ČSN 73 4201) či otevřené (provedení B) průtokové ohřívače, pokojová kamna, kotle ústředního vytápění apod., je zakázáno podtlakové větrání.[2]

- ***Ohřev venkovního vzduchu***

Při návrhu otopné soustavy musí výkon pro ohřev venkovního vzduchu odpovídat hodnotám průtoků vzduchu stanovených návrhem větrání. Jelikož národní příloha stanovuje požadavky na trvalé větrání, tzn., že otopná soustava nahrazuje tepelnou ztrátu větráním při aktuální teplotě venkovního vzduchu, počítá otopný výkon s venkovní výpočtovou teplotou sníženou o 3 K.[2]

2 Způsoby výměny vzduchu

2.1 Přirozené větrání

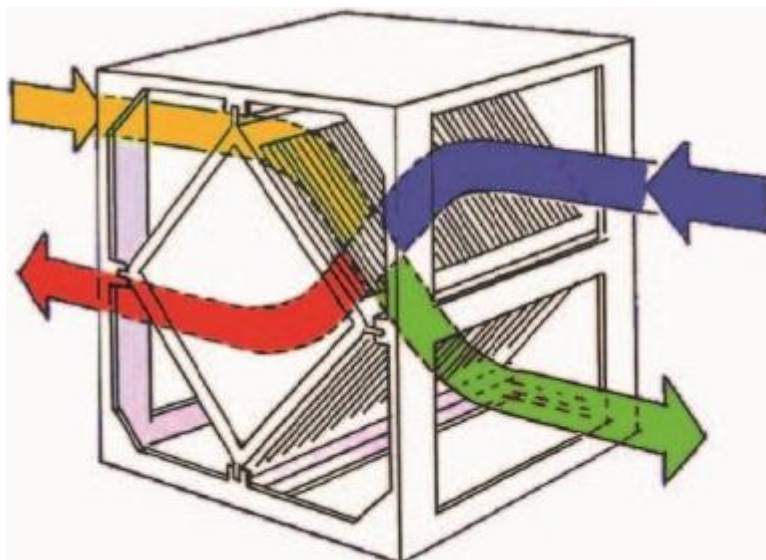
První z těchto způsobů je přirozené větrání, kterým je myšlena (nejčastěji u starších budov) samovolná infiltrace netěsností oken a dveří. Není pravděpodobné, že by tento způsob zajistil požadovanou výměnu vzduchu. Stará okna mají tuto výměnu nejčastěji větší než je třeba a naopak nová okna na požadovanou výměnu vzduchu nestačí.[3]

2.2 Nucené větrání

Tento způsob větrání je zajišťuje vhodný generátor, jehož výhodou je přibližně konstantní výměna vzduchu, která nezávisí na rozdílu teplot. Dále umožňuje například přívod takového množství čerstvého vzduchu do místnosti, kolik je potřeba. Naopak nevýhodou tohoto způsobu větrání je spotřeba elektrické energie, instalace rozvodů a nejvíce pak investiční náklady.[3]

2.3 Nucené větrání s rekuperací tepla

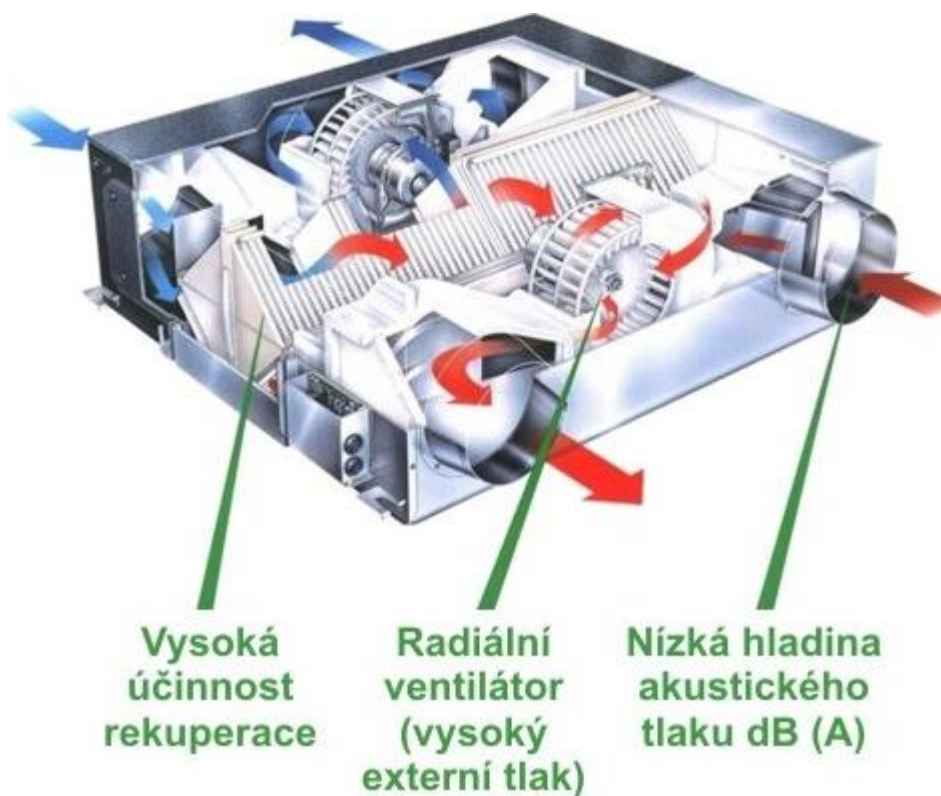
Rekuperace spočívá v získání větší části odpadního vzduchu nazpět a pomocí něj pak ohřev vzduchu přísávaného. To je možné pouze pomocí vhodného výměníku tepla, který je umístěn mezi proudem vzduchu odcházejícího z budovy a proudem vzduchu nasávaného do budovy. Nejčastěji je používán deskový výměník, vyrobený z plastových desek s distančními vložkami, přes který pak proudí nasávaný a odcházející vzduch, mezi nimiž probíhá výměna tepla. Aby k tomuto proudění mohlo dojít, je potřeba vybrat správný ventilátor, který má maximální účinnost a zároveň minimální spotřebu. Tyto podmínky splňují energeticky úsporné motory s řízením otáček tzv. EC motory.[3]



Obrázek 1 Princip výměníku tepla[3]

V systémech větrání s rekuperací tepla se dříve používali nejčastěji AC radiální ventilátory. V posledních letech však dochází ke zvýšení spotřeby elektrické energie a zároveň existuje snaha o úsporu provozních nákladů a energie. To přímo vedlo firmu ebm - papst k vývoji nové generace energeticky úsporných motorů s úplnou kompatibilitou s nynějšími AC motory. Tento typ ventilátorů obsahuje elektronicky komutovaný motor (EC motor) a lze jej použít například s radiálním kolem s dopředu zahnutými lopatkami či s novým oběžným plastovým kolem RadiCal. Hlavními přínosy EC ventilátorů jsou například plynulá regulace ventilátoru a nízká spotřeba elektrické energie. Dále pak nepotřebují k regulaci žádné další externí prvky, delší životnost kvůli nižší teplotě ve vinutí motorů a schopnost pracovat i při velmi nízkých otáčkách s vysokou účinností.[3]

Používáním EC motorů a rekuperace se je možné docílit až 90% úspory nákladů, přívodu dokonale filtrovaného vzduchu, omezení nebo úplného vyloučení vzniku plísní a využití tepelných zisků z prostoru bytu pro předehřev větracího vzduchu. V létě je možné bytové prostory chladit (až o 18°C) a v zimě naopak vzduch předehřívát (až o 20°C). Dále pak zajišťují výrazné snížení spotřeby elektrické energie, což je v dnešní době podmínkou pro vývoj nových, úspornějších a celkově lepších rekuperačních jednotek pro mnoho Evropských výrobních firem.[3]



Obrázek 2 AC radiální ventilátor[3]



Obrázek 3 Radiální ventilátor se zahnutými lopatkami dopředu bez spirální skříně[3]

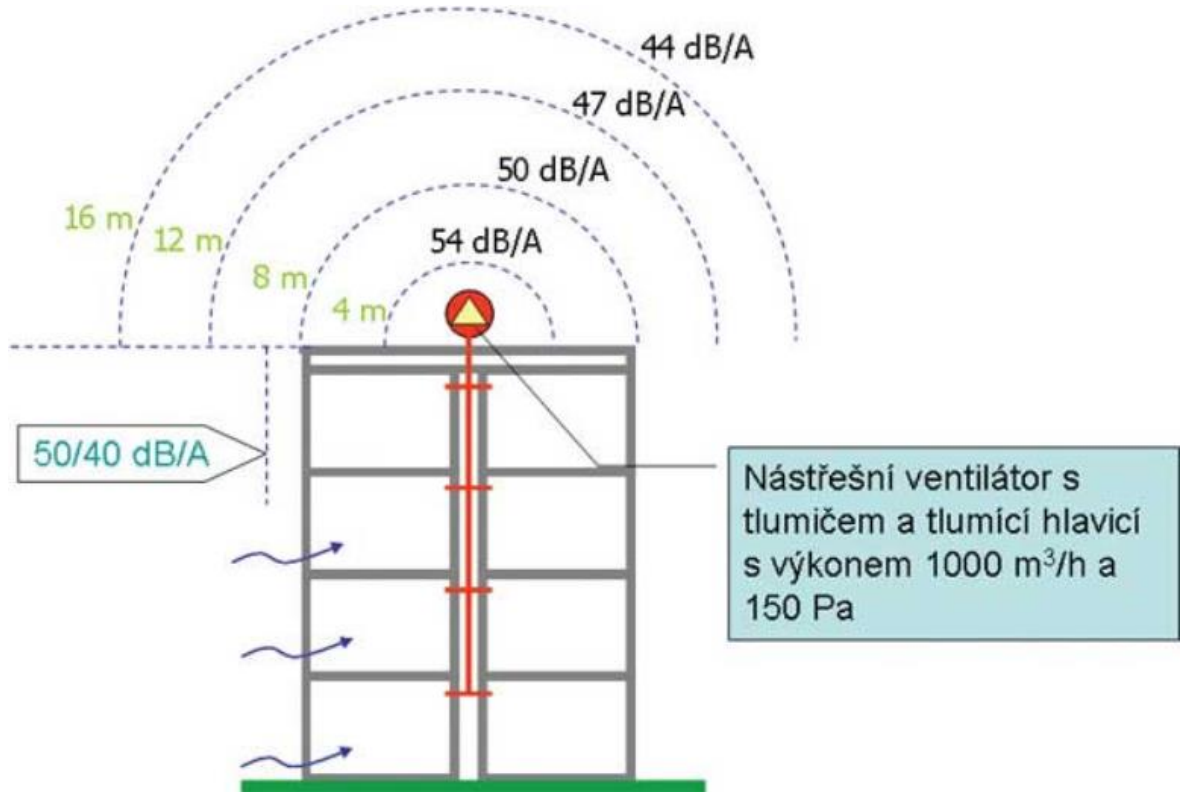


Obrázek 4 Radiální ventilátor se zahnutými lopatkami dopředu se spirální skříní[3]

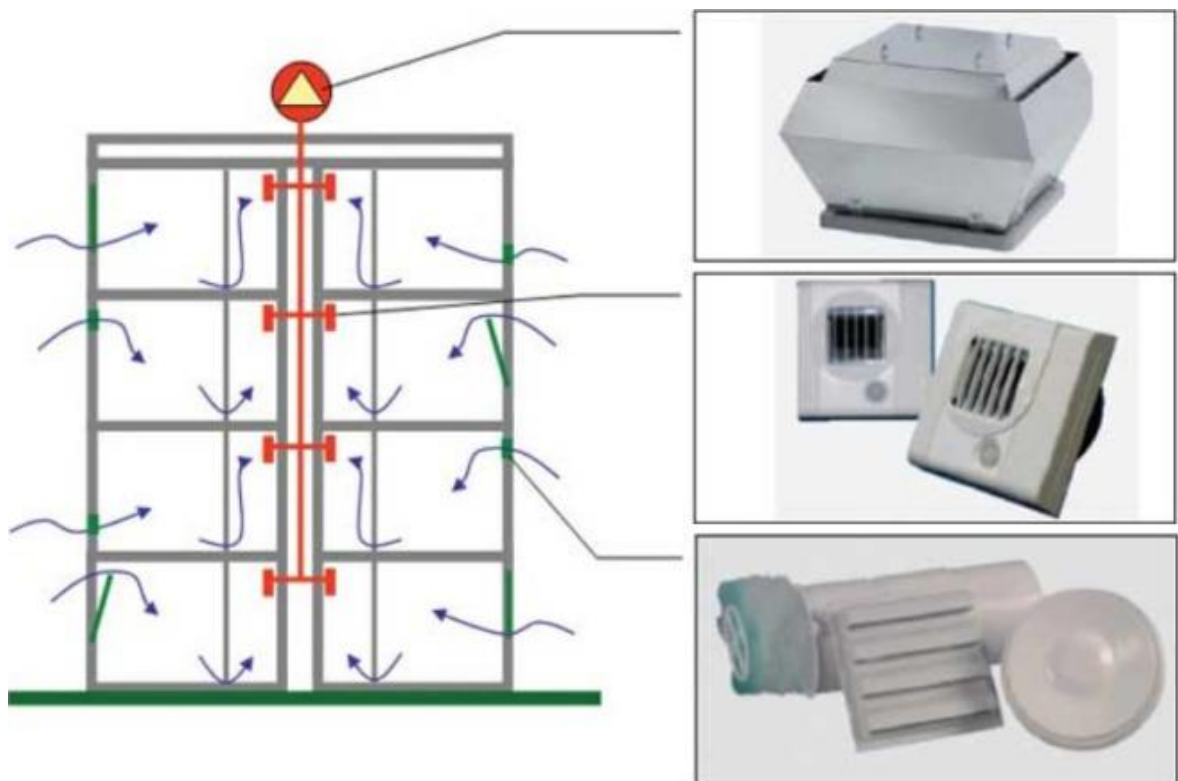
2.4 Centrální podtlakové větrání plynulou regulací průtoku vzduchu

Tento způsob větrání je nejčastěji využíván ve starších bytových domech. V tomto systému je vzduch odváděn z míst obsahujících škodlivé látky (např. vodní pára), to znamená z kuchyní, koupelen a WC. Přiváděn je pak do společného odvodního potrubí přes vyústky či mřížky. Potrubí je zakončeno společným odsávacím ventilátorem, nejčastěji umístěným na střeše objektu. Po několika úpravách lze tento způsob větrání využít pro větrání hygienických místností, pro větrání kuchyní je doporučeno doplnit tento systém odsávacími zákryty a ventilátory.[3]

Dříve ventilátory vydávaly výrazný hluk, a proto byly postupně vyřazovány z provozu. Tento hluk lze u nástřešních ventilátorů odstranit pomocí regulace jejich výkonu. Jednotliví uživatelé mají individuální požadavky na větrání, od nich se odvíjí aktuální průtok vzduchu, který určuje hlučnost systému, což vede k výraznému snížení otáček ventilátoru a snížení vzduchového výkonu zhruba na polovinu. Ideálním řešením tohoto problému je použití ventilátoru s plynule regulovatelnými otáčkami a současným udržováním konstantního podtlaku v potrubí.[3]



Obrázek 5 Schéma umístění nástřešního ventilátoru[3]



Obrázek 6 Schéma společného odvodního potrubí s rozmístěním mřížek, vyústků a nástřešního ventilátoru[3]

Jako náhradu za standartní řešení regulace pomocí frekvenčního měniče lze uvažovat ventilátory s EC (elektricky komutovanými) motory, jenž obsahují řídicí jednotku integrovanou přímo v motoru ventilátoru, což vede k odstranění externího regulátoru a externího frekvenčního měniče, a k možnosti připojit jen snímač fyzikální veličiny, pomocí které jsou řízeny otáčky ventilátoru. Regulovat otáčky je možné od 0 do 100%, tedy v plném rozsahu ventilátoru, což ventilátory s frekvenčními měniči často neumožňují. EC motory mají často větší účinnost než AC motory. U těchto EC úsporných motorů je regulace otáček provedena pomocí digitálního vstupu PWM nebo pomocí analogového vstupu 0-10 V DC. Jedním z dalších způsobů regulace otáček u velmi náročných aplikací je pomocí protokolu ModBUS. Ten umožňuje zapojení až 247 ventilátorů do jednoho systému. EC motory byly navrženy a zkonstruovány tak, aby byla zajištěna maximální bezpečnost. Obsahují 2 termočidla, která zareagují při přehřátí a motor okamžitě vypnou. Jedno z těchto termočidel je umístěno ve vinutí a druhé snímá komutační elektroniku. Dalšími možnostmi ochrany jsou například ochrana proti přepólování či zaseknutí rotoru, pulsní výstup na sledování otáček, nebo detekce výpadku fáze. Pomocí těchto způsobů lze chladit i jiná externí zařízení, která svou cenou vysoce převyšují samotný ventilátor.[3]



Obrázek 7 Oběžné kolo ventilátoru RadiCal[3]



Obrázek 8 EC motor[3]

2.4.1 Princip elektromotoru

Ventilátory obsahující stejnosměrné motory s elektronickou komutací používají k napájení běžné síťové napětí, tedy 230 či 400 V, které se dále usměrňuje a napájí motor ventilátoru. Vnější rotor motoru osahuje silné permanentní magnety s vysokým sycením, vnitřní statorové vinutí využívá k napájení stejnosměrný proud a přepínání mezi jednotlivými vinutími je zajištěno elektronicky. Dále pak je přítomná elektronika s Hallovou sondou, která slouží ke kontrole průběhu komutace. Výhodou stejnosměrných motorů s elektronickou komutací jsou nižší ztráty v železe, v mědi a ztráty skluzové oproti jiným asynchronním motorům. EC motory mohou dosáhnout až 95% účinnosti při nejvyšších otáčkách a účinnost v regulačním režimu není nižší než 60%. Dle výběru pracovního bodu lze ušetřit až 50% energie.[3]



Obrázek 9 Úspora elektrické energie díky programu GreenTech od 1.1.2008[3]

3 Systémy větrání obytných budov

3.1 Rozdělení větracích systémů

Obecně větrání rozdělujeme na 2 principy, podle toho, čím je způsobováno. Pokud jsou hnací silou pro pohyb vzduchu (větrání) síly přírodní (vztlakové), jedná se o větrání přirozené. Naopak pokud je hnací silou pro větrání ventilátor poháněný motorem, jedná se o větrání nucené. Hlavním výkonovým parametrem každého vzduchotechnického zařízení je vzduchový výkon, dále označován také jako objemový průtok vzduchu, či objemové množství vzduchu. Pro větrání místností je hlavním parametrem výměny vzduchu, jenž udává, kolikrát za hodinu je vzduch v místnosti nahrazen (vyměněn) vzduchem čerstvým. Minimální hodnota této výměny vzduchu, která je udávána hygienickými předpisy je 0,5, to znamená, že se vzduch v místnosti plně vymění za 2 hodiny. To platí pro bytové jednotky. Pro stavby občanské vybavenosti, ve kterých se shromažďuje velké množství osob, může výměna vzduchu při nuceném větrání dosahovat až 5-ti či 10-ti násobných hodnot.[4]

Doporučené systémy větrání obytných budov:

- nucené podtlakové větrání,
- nucené rovnotlaké větrání,
- hybridní větrání.[5]

Dále pak systémy větrání rozdělujeme z hlediska příslušnosti větracího zařízení k jednotlivým bytovým jednotkám:

- centrální,
- lokální.[5]

Jednou z věcí, které se nedoporučují používat pro větrání obytných budov, jsou rotační větrací hlavice, a to z důvodu malých dopravních tlaků.[5]

3.2 Všeobecné podmínky pro větrání bytových domů

Přestože existuje mnoho systémů pro větrání obytných místností, které se navíc vzájemně liší jak provozními tak investičními nároky a také kvalitou vnitřního prostředí, je možné formulovat několik obecných pravidel (požadavků), které by se měly dodržovat.

Vzniká tím soubor doporučených opatření, která by bylo vhodné dodržovat, ovšem nikoliv kategoricky všechna najednou:

- Větrací zařízení musí zajišťovat dostatečné množství přiváděného čerstvého vzduchu do bytového prostoru. Zároveň musí, v souladu s odvodem vzduchu, zajistit aby vzduch v bytových prostorech byl v hygienicky nezávadném stavu
- Větrání musí dodržovat hygienické předpisy platné v ČR
- Je nutné zajistit, aby byl čerstvý vzduch přiváděn do obytných místností, ze kterých poté proudí k odvodovým prvkům, které jsou umístěny v kuchyni, koupelně, WC. Aby tento předpoklad byl splněn, musí být hygienické místnosti oproti obytným místnostem mírně v podtlaku
- Čerstvý vzduch musí být sán ze zdravotně nezávadného venkovního prostředí, nejlépe ze stinné strany
- Regulace musí být automatická (optimální kvalita vzduchu, vlhkost či časový program)
- Vhodná regulovatelnost vzduchového výkonu u centrálních zařízení 0/50/100 %
- Odpadní vzduch musí být vyfukován tak, aby neobtěžoval okolí, tzn. nejlépe nad střechu budovy. Pokud se výfuk nachází na fasádě, nesmí být zároveň umístěn pod bytovými okny ale ani v jejich bezprostřední blízkosti
- Přiváděný vzduch nesmí způsobovat průnik hluku a prachu z venkovního prostředí a nesmí lidem způsobovat pocit průvanu
- Zřízení pro větrání nesmí zároveň způsobovat nadměrný hluk
- Výfukové a nasávací otvory musí obsahovat koncové prvky. Ty zabraňují vniku hmyzu, deště, ptáku atd. do potrubí
- Není doporučeno napojení odsávacího zařízení z kuchyně na odvětrávací zařízení na WC, neboť je to v rozporu s platnými hygienickými předpisy v ČR
- Musí být zajištěn snadný přístup pro čištění koncových prvků (vyústků, ventilátorů) a pokud je to možné, aby i potrubí bylo možností čištění[4]

3.3 Přirozené větrání

Přirozené větrání je založeno na principu stejných fyzikálních zákonů, jež zapříčiňují pohyb vzduchu v atmosféře (vítr). Znalost těchto zákonů již v minulosti umožňovala našim předkům vytvářet velmi složité větrací systémy, které se využívaly například i jako teplovzdušné vytápění. Do dnes na některých našich hradech můžeme pozorovat různé

průduchy a větrací šachty takovýchto systémů. Přirozený pohyb vzduchu vzniká působením gravitačních (vztlakových) sil, které jsou odvozeny z rozdílu hustot vzduchu vnitřního a venkovního a tlakovými gradienty, které vznikají při obtékání budovy větrem. Za působení vztlakových sil vzniká v dolní části budovy, proti atmosférickému tlaku, podtlak a v horní části budovy přetlak. Jelikož hustota vzduchu je závislá na teplotě vzduchu, která je během ročního období výrazně proměnná, mění se s ní i průtok větracího vzduchu. Systém přirozeného větrání je tedy nejúčinnější v zimě, neboť je velký rozdíl teplot mezi vnitřním a vnějším prostředím. Charakteristickým prvkem pro přirozené větrání v obytných budovách jsou světlíky a větrací šachty. Přirozené větrání je nejčastěji využíváno infiltrací okenními spárami.[4]

3.4 Nucené větrání

V systému nuceného větrání slouží k dopravě vzduchu ventilátor. Největší výhodou tohoto systému je nezávislost na klimatu, možnost filtrace vzduchu, chlazení a ohřev a doprava vzduchu na libovolné místo a přesné nastavení průtoku vzduchu. Vzduch je v tomto systému dopravován potrubím a do prostoru je přiváděn skrze koncové elementy, jenž mohou být různě konstruovány, a stejně tak v místnosti mohou vytvářet různé obrazy proudění vzduchu. Na podobném principu je řešen odvod vzduchu. Vzduch je v místnosti sbírán pomocí koncových elementů, které slouží pro odvod vzduchu a zároveň jsou spojeny potrubím s ventilátorem, který slouží k odvodu odpadního vzduchu mimo budovu. Jednou z jednodušších variant tohoto systému větrání je podtlakové nucené větrání, jehož hlavním prvkem je ventilátor, který slouží k odvodu vzduchu. Poté co v prostoru vznikne podtlak, musí být množství vzduchu, které bylo ventilátorem odebráno z místnosti, nahrazeno vzduchem z okolních prostorů, který je do místnosti přisán skrze netěsnosti (popř. skrze elementy k tomu určeny, těmi mohou být např. dveřní či stěnové mřížky).[4]

Pokud se jedná o případ, kdy vzduchotechnické zařízení obsluhuje více místností, jedná se o soustavu centrální (např. pokud je v bytovém domě více koupelen). Jedná-li se však o případ, kdy vzduchotechnické zařízení obsluhuje jen jednu místnost, jedná se o soustavu lokální.[4]

Cílem teplotovzdušného vytápění je vytápění prostoru teplým vzduchem. Vzduch, který je ohřátý na teplotu vyšší, než je teplota v místnosti, je přiváděn do místnosti, kde předá své teplo prouděním. Jelikož takovýto vzduch může v budově jen cirkulovat, nejedná se pak o systém pro větrání. Ovšem systém teplotovzdušného vytápění může obsahovat i systém větrání, při němž je do cirkulačního (oběhového) vzduchu přidáván podíl vzduchu čerstvého.[4]

3.5 Nucené podtlakové větrání

Podtlakové větrání je v obytných budovách realizováno nuceným odvodem vzduchu z místnosti, ze které chceme škodliviny či vlhkost odvětrat (kuchyně, hygienické zařízení) a přívodem vzduchu z prostředí venkovního.[5]

Přisávání vzduchu z venkovního prostředí u podtlakového větrání musí být, s ohledem na současné požadavky na průvzdušnost okenních spár, zajištěno přívodními větracími otvory zabudovanými v obvodních stěnách či integrovanými do výplní stavebních otvorů (oken). Tyto otvory jsou nejčastěji umístěny pod okny nad či za otopnými tělesy, nebo pod stropem nad okny. Přívod vzduchu do jednotlivých obytných místností je umožněn pomocí větracích otvorů, které mohou být osazeny velmi kvalitním filtrem, popřípadě pak tlumičem hluku. Mohou nabývat různých tvarů, jako například kruh, obdélník či úzké štěrbinu, a je možné je opatřit i o regulaci průtoku vzduchu. Ohřívání venkovního vzduchu je poté zajištěno otopnou soustavou.[5]

Hlavními výhodami u podtlakového větrání jsou jednoduchost zařízení a ve srovnání s ostatními způsoby (např. nuceným rovnotlakým) větrání také nižší pořizovací náklady. Velkou nevýhodou je ovšem neschopnost zpětného získávání tepla z důvodu absence zařízení k tomu určeném, s čímž souvisejí vyšší provozní náklady na ohřev větracího vzduchu.[5]

3.5.1 Centrální podtlakové systémy

Zde se využívá centrálního ventilátoru, který slouží k odvádění výduchu. Ventilátor je napojen na stoupačí potrubí, nejčastěji na nejvíce vyvýšené místo (střecha či podkroví). Jeho přítomnost nahrazuje jak tlakové ztráty systému distribuce vzduchu a vzduchovodu, tak zároveň tlumičů hluku a dalších odvodních a přívodních prvků. Hlavním výhodou

centrálních podtlakových systémů oproti např. ventilátorům decentralizovaného větrání, je velmi vysoká účinnost ventilátorů tohoto systému. Nevýhodou těchto ventilátorů je hluk, který vydávají, je proto nezbytné při návrhu tohoto systému počítat s určitými protihlukovými opatřeními. Hlavním cílem, je zabránit šíření hluku stoupacím potrubím, neboť to ovlivňuje veškeré obyvatelstvo bytových jednotek. Dalším cílem je poté zabránit šíření hluku do venkovního prostředí.[5]

V dnešní době se na trhu vyskytují takové centrální podtlakové systémy, které dovolují trvale a řízeně větrat dle potřeby uživatele (tzv. DCV – Demand control ventilation). Dále poté ventilátory, které na základě možnosti regulace otáček (EC motory) mohou měnit vzduchový výkon dle potřeby. Zároveň jsou takovéto systémy vybaveny detektory CO₂ nebo vlhkosti. Odezva těchto detektorů poté automaticky zavírá a otevírá (elektricky či samočinně) odvodní prvek a tím se změní statický tlak v odvodním potrubí. Ventilátory mohou obsahovat i snímač tlakových rozdílů. Ty jsou schopné na základě takovýchto rozdílů měnit otáčky a udržovat ve stoupacím potrubí konstantní tlak.[5]

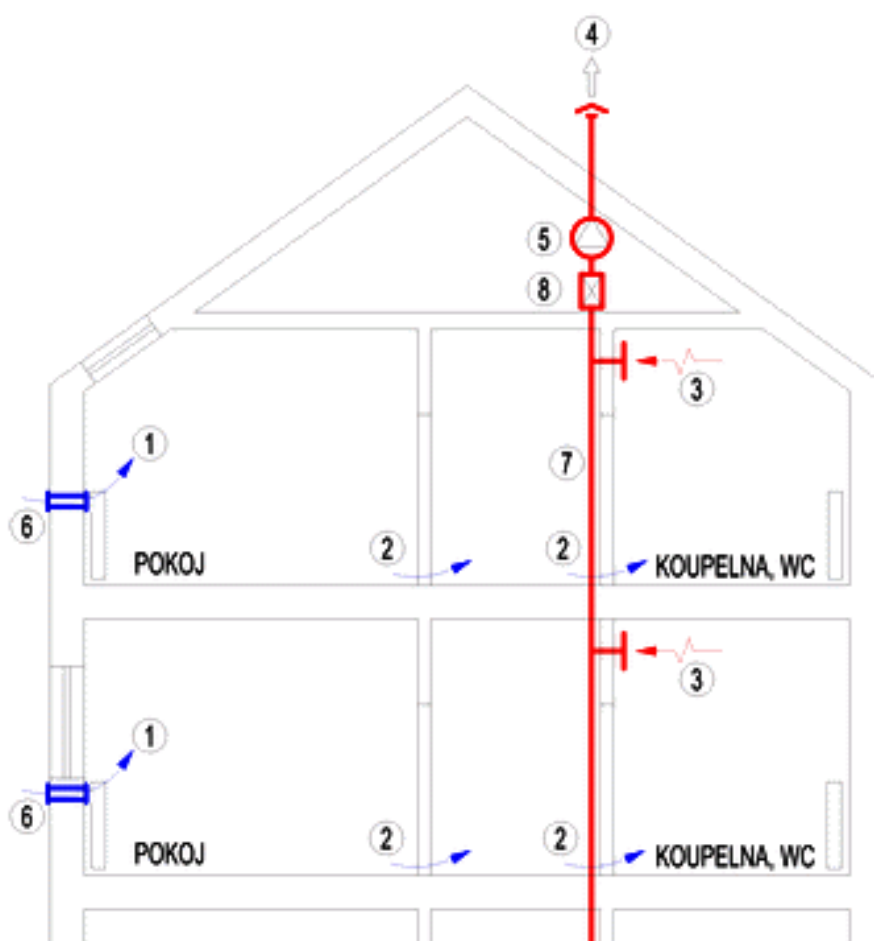
3.5.2 Lokální podtlakové systémy

Pro tento způsob větrání slouží lokální radiální ventilátory, které jsou napojeny na stoupací potrubí, pomocí kterého je vzduch vyfukován, nejčastěji na střechu (viz obr. 11). Dále pak je zde využíván odvodní ventilátor, který se umísťuje nejčastěji buď přímo do dané místnosti, ze které je vzduch odsáván (koupelna, WC), nebo je využíván pro společný odvod vzduchu z několika místností jednoho bytu najednou, v takovém případě musí být ventilátor opatřen dalšími dvěma až třemi hrdly. Pro tento případ je ventilátor umístěn do pohledu, či přímo do svislé stoupací šachty. Hlavními nevýhodami malých radiálních ventilátorů je jejich hlučnost, která ovlivňuje skoro celý obytný prostor, a poněkud nízká účinnost. Pro snížení hlučnosti je potřeba pro trvalé větrání volit ventilátory s nízkou hladinou akustického výkonu, které pracují s nízkým dopravním tlakem.[5]

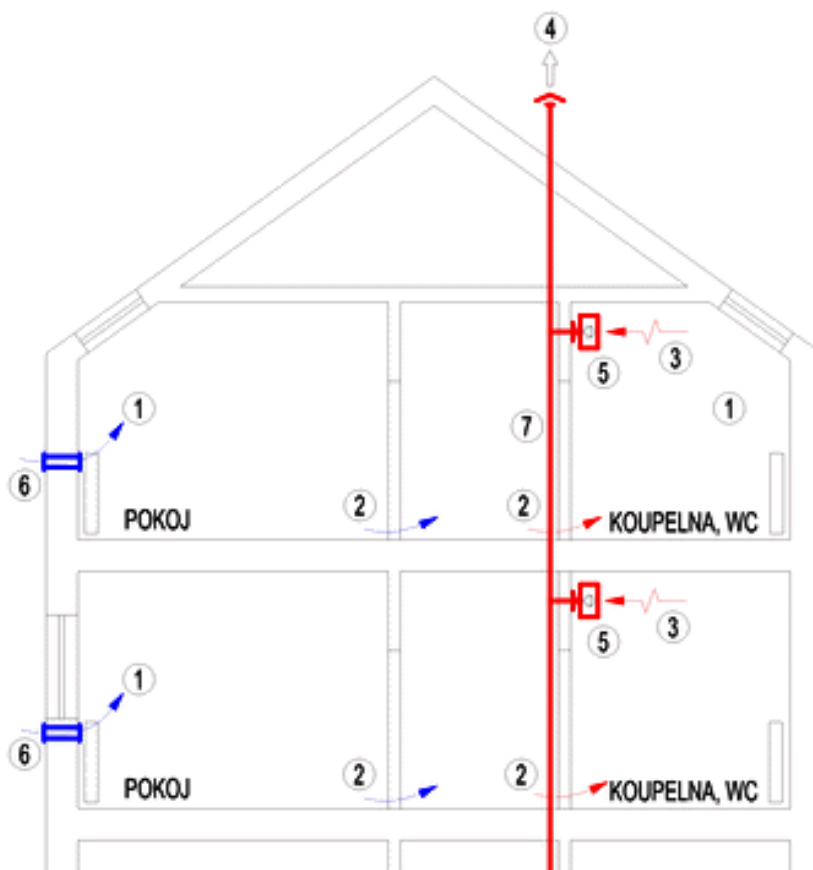
Způsob lokálního podtlakového větrání lze využít také pro nárazové větrání v kuchyních. V tomto případě je ovšem nutno zajistit, aby nedošlo k pachovým přenosům mezi jednotlivými bytovými jednotkami. Kromě příslušného filtru a ventilátoru, obsahují odsávací zákryty často i zpětnou klapku. Její provedení by mělo splňovat těsnost a měla by být dodržována její údržba ve formě vyčištění po určité době provozu. Výrobci

odsávacích zákrytů však většinou neumožňují snadný přístup k těmto klapkám, to má za následek nedůkladnou údržbu, což vede k nefunkčnosti klapky.[5]

V kuchyních, ve kterých není nainstalován nucený odvod vzduchu, není doporučeno používat cirkulační odsávací zákryty. Využívají se však nejčastěji v pasivních obytných domech, na které je kladen důraz na neprůvzdušnost obálky budovy a u kterých je nevhodné využití podtlakového větrání. V kuchyních je větrání řešeno trvale jako rovnotlaké s nuceným přívodem a odvodem vzduchu za současného využití cirkulačního odsávacího zákrytu pro nárazové větrání v době kdy je kuchyně využívána.[5]



Obrázek 10 Centrální nucené podtlakové větrání s přívodem vzduchu větracími otvory a odvodem vzduchu do společného potrubí[5]



Obrázek 11 Lokální nucené podtlakové větrání s přívodem vzduchu větracími otvory a odvodem vzduchu do společného potrubí[5]

1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 odpadní vzduch, 5 odvodní ventilátor, 6 přívodní větrací otvor, 7 potrubní síť, 8 tlumič hluku[5]

3.6 Nucené rovnotlaké větrání

Představuje mnohem lepší kvalitu větrání než nucené podtlakové větrání a hybridní větrání. Výhodou nuceného rovnotlakého větrání je jeho možnost využití tam, kde z hygienických důvodů není možné zajištění přívodního vzduchu pod tlakem z obvodové stěny, tj. v případě že je požadován přívod čistšího vzduchu, než je vzduch venkovní (v blízkosti komunikace či jiného zdroje znečištění). Dále pak lze tento způsob větrání využít tam, kde je venkovní prostředí nadměrně hlukově zatíženo a kde tento hluk není možné tlumit pomocí přívodních elementů podtlakových systémů (v případě, že obytný prostor přiléhá k velmi rušné komunikaci).[5]

Princip rovnotlakých větracích systémů spočívá v zajištění nuceného přívodu čerstvého vzduchu a současného odvodu vzduchu znehodnoceného. Hlavní výhodou tohoto způsobu větrání je schopnost využít zpětně získané teplo z odváděného vzduchu

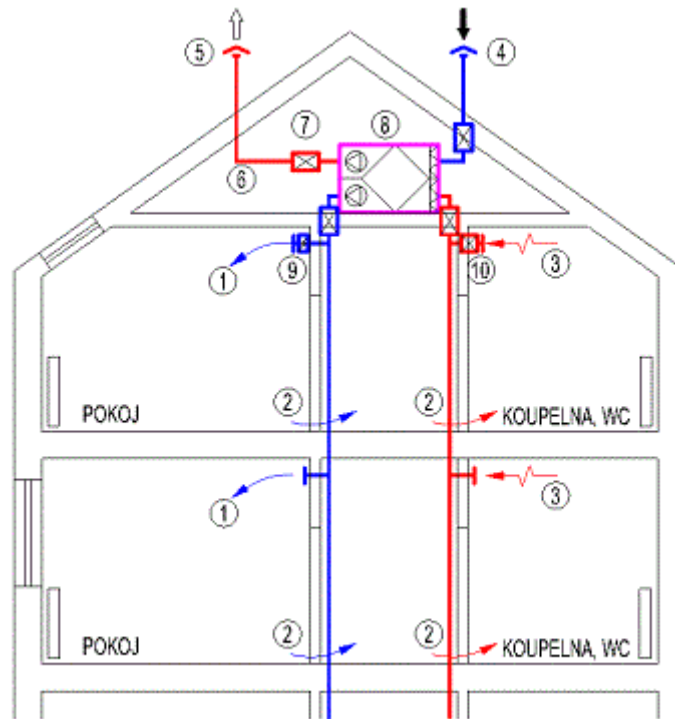
a tím snížit spotřebu tepla na ohřev venkovního vzduchu. Na dopravení vzduchu jsou zde využívány dva ventilátory, které jsou umístěny v kompaktní vzduchotechnické jednotce, jež nejčastěji obsahuje výměník ZZT, filtraci atmosférického vzduchu, popř. i ohřívač (pro možnost teplovzdušného vytápění). Pro přívod a předeřev venkovního vzduchu zde slouží větrací zařízení, dále pak jsou zde využívány otopná soustava či ohřívač, pro doohřev vzduchu. Ventilátory umožňují regulaci výkonu v několika stupních (regulování otáček), tím je umožněno ovládání zařízení dle aktuálních požadavků (koncentrace CO₂, vlhkost apod.).[5]

Hlavními nevýhodami rovnotlakých systémů oproti podtlakovým jsou vyšší pořizovací náklady, prostorové nároky na umístění zařízení větrání a vzduchovodů, vyšší spotřeba energie na pohon ventilátorů (hradí tlakovou ztrátu vzduchovodů) a prvků větrací jednotky (výměníku ZZT).[5]

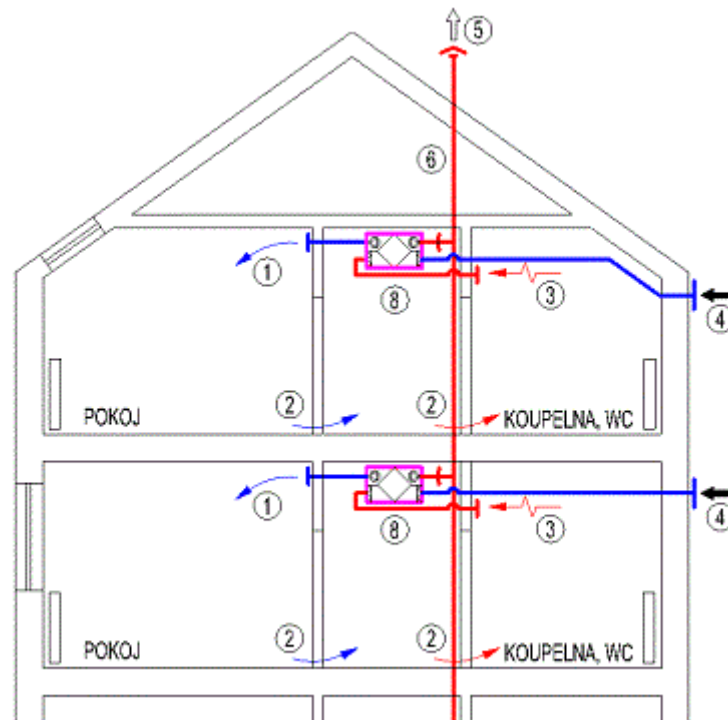
3.6.1 Centrální rovnotlaké systémy

Hlavní částí centrálních systémů je vzduchotechnická jednotka, ta udržuje přísun venkovního a znehodnoceného vzduchu a zároveň zajišťuje i jeho úpravu (předeřev a filtraci). Jednotka nejčastěji obsahuje výměník ZZT (viz obr. 12). Je nutné dodržet minimální vzdálenosti pro vzájemnou polohu výfuku a sání. Systém dále obsahuje dvojici vzduchovodů, pomocí kterých je zajištěn přívod a odvod vzduchu a zároveň jej distribuují k jednotlivým bytovým jednotkám a rozvádějí do příslušných místností. Další součástí systému jsou distribuční elementy, které obsahují dostatečný dosah proudu pro rozptýlení přiváděného vzduchu v obytných místnostech tak, aby byla místnost rovnoměrně provětrána.[5]

Pokud je nucený rovnotlaký systém realizován centrální větrací jednotkou pro více bytů, je nezbytné, aby zařízení při zásahu jednotlivých uživatelů automaticky vyrovnávalo tlakové poměry v přívodních a odváděcích vzduchovodech. Pro tento případ jsou v systému instalovány ventilátory s proměnnými otáčkami.[5]



Obrázek 12 Centrální nucené rovnotlaké větrání s přívodem a odvodem vzduchu realizované větrací jednotkou se ZZT[5]



Obrázek 13 Lokální nucené rovnotlaké větrání s přívodem a odvodem vzduchu realizované větrací jednotkou se ZZT[5]

1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 sání venkovního vzduchu, 5 odpadní vzduch, 6 potrubní síť, 7 tlumič hluku, 8 větrací jednotka se ZZT, 9 alternativní dohřev, 10 přeslechový tlumič[5]

Centrální rovnotlaký systém větrání má jednu velkou nevýhodu, tou jsou zvýšené nároky na prostor pro umístění vzduchovodů a VZT jednotky. Na ventilátory musí být nainstalovány tlumiče hluku, aby se hluk nešířil do venkovního prostředí a aby neobtěžoval obyvatele bytových jednotek. Dále pak se mohou objevit nežádoucí přeslechy mezi bytovými jednotkami. Těm mohou zabránit přeslechové tlumiče, nebo napojení koncových elementů přes ohebné hadice s útlumem hluku.[5]

3.6.2 Lokální rovnotlaké systémy

Tyto systémy jsou navrženy pro individuální větrání bytových jednotek. K větrání zde slouží větrací jednotka vybavená ventilátory, výměníkem ZZT a filtrací vzduchu. Pro sání vzduchu zde slouží společné potrubí či samostatné potrubí (z fasády každé bytové jednotky viz obr. 13). Vzduch je zde odváděn pomocí společného potrubí na střechu objektu.[5]

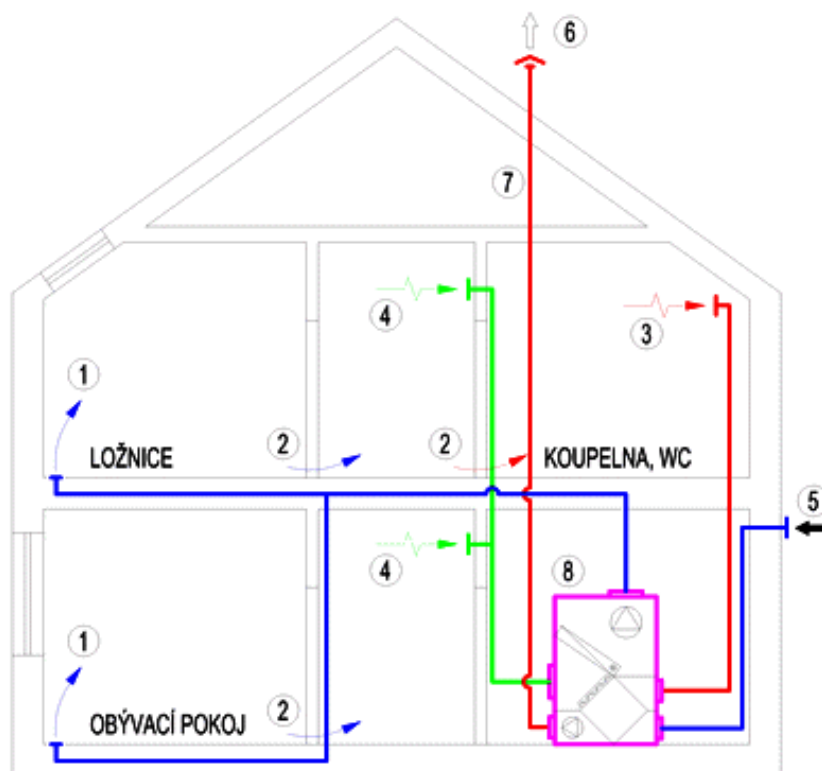
Hlavními nevýhodami těchto systémů jsou velké nároky na prostor pro umístění VZT jednotky a vzduchovodů uvnitř obytného prostoru, velmi nízká účinnost ventilátorů a zvýšené nároky na hlučnost větrací jednotky umístěné přímo v obytném prostoru. Naopak hlavní výhodou je trvalé zajištění kvality vnitřního vzduchu v kombinaci s minimální spotřebou tepelné energie pro ohřev větracího vzduchu.[5]

3.6.3 Teplovzdušné vytápění

Tento způsob větrání a vytápění je nejvíce využívám v rodinných domech a jeho princip spočívá v současném vytápění a větrání objektu. Venkovní vzduch se zde předehřívá pomocí výměníku zpětného získávání tepla, který zároveň ohřívá větrací vzduch, čímž dochází k úspoře energie. Tento způsob je charakteristický využitím cirkulačního vzduchu odváděného z obytných místností či chodeb. Aby byly pokryty tepelné ztráty objektu, tak se přiváděný vzduch dohřívá na požadovanou teplotu.[5]

Jak už jsem zmínil, hlavní výhodou tohoto systému je současné vytápění a větrání objektu a navíc zde topná soustava slouží také pro přípravu otopné vody pro dohřev vzduchu. Jednou z nevýhod je však, kvůli přenosu tepla z vody na vzduch, neschopnost pracovat v nízkoteplotním režimu, jako je tomu např. u podlahového vytápění. Dalšími nevýhodami jsou pak zejména vyšší spotřeba elektrické energie pro pohon ventilátorů, teplotní gradient v místnosti a obtížné regulování teploty v každé z místností v objektu.

Je to většinou způsobeno tím, že průtok přiváděného vzduchu je zde navržen na krytí tepelných ztrát v objektu a tím převyšuje hygienické minimum nutné pro větrání. V porovnání s kombinací řízeného větrání a vodní otopné soustavy zde vycházejí relativně velké dimenze vzduchovodů, je to způsobeno tím, že teplonosnou látkou je zde vzduch. Proto se tento systém používá výhradně u novostaveb v nízkoenergetickém standardu.[5]



Obrázek 14 Schéma teplovzdušného vytápění[5]

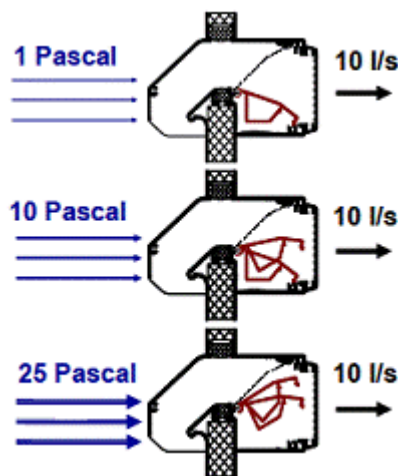
1 přiváděný vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 cirkulační vzduch, 5 sání venkovního vzduchu, 6 odpadní vzduch, 7 potrubní síť, 8 větrací jednotka se ZZT, cirkulační a ohřevem[5]

3.7 Hybridní větrání

Tento systém větrání je kombinací prvků přirozeného i nuceného větrání. Kombinuje přirozenou (vztlakovou) sílu a sílu mechanickou (nucené větrání). Systém hybridního větrání pracuje na principu střídání a kombinace přirozeného a nuceného větrání a zároveň zajišťuje udržení dobré kvality vnitřního vzduchu bez vysokých nároků na spotřebu elektrické energie. Hlavní součástí hybridního systému větrání je řídicí systém, nastavuje provozní režim budovy v závislosti na aktuálních požadavcích (např. koncentrace CO₂), což v podstatě znamená, že je použita definovaná dávka větracího vzduchu v závislosti

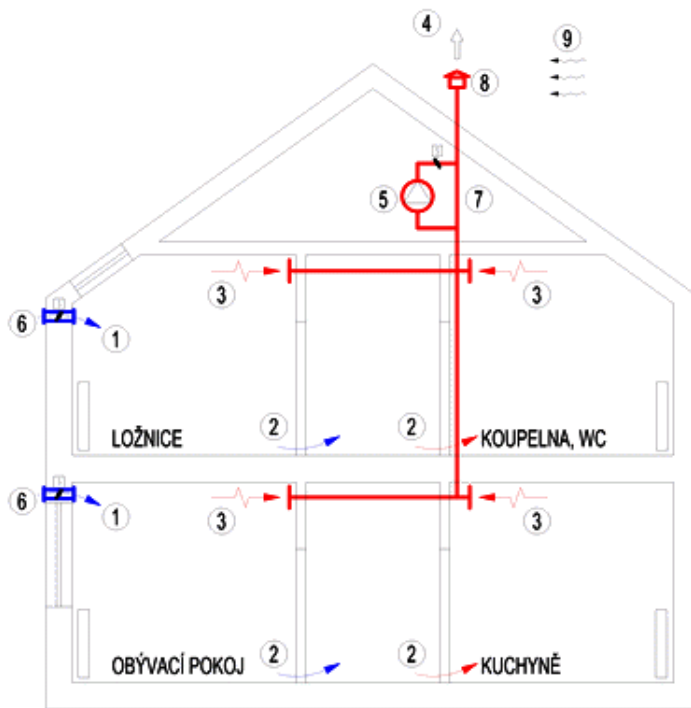
na požadavcích či v závislosti na naměřených koncentracích CO_2 v zimním a letním období, popř. využití nuceného větrání pokud je vyžadováno.[5]

System obsahuje např. samoregulační vyústky se servopohonem (umístěny nejčastěji nade dveřmi obytných místností či nad okny). Ty umožňují, aby průtok vzduchu zůstal konstantní i při jakýchkoliv změnách tlakových poměrů vně i uvnitř budovy (viz obr. 15). Vyústky mají možnost dálkového ovládání, což dává uživateli možnost zasáhnout do činnosti systému kdykoliv je potřeba, např. když je obtěžován průvanem (uzavření vstupního vyústku). System dále může obsahovat centrální řídicí jednotku, senzory CO_2 a také střešní nástavec se solárním komínem či samoodtahovou hlavicí, která využívá účinku větru.[5]

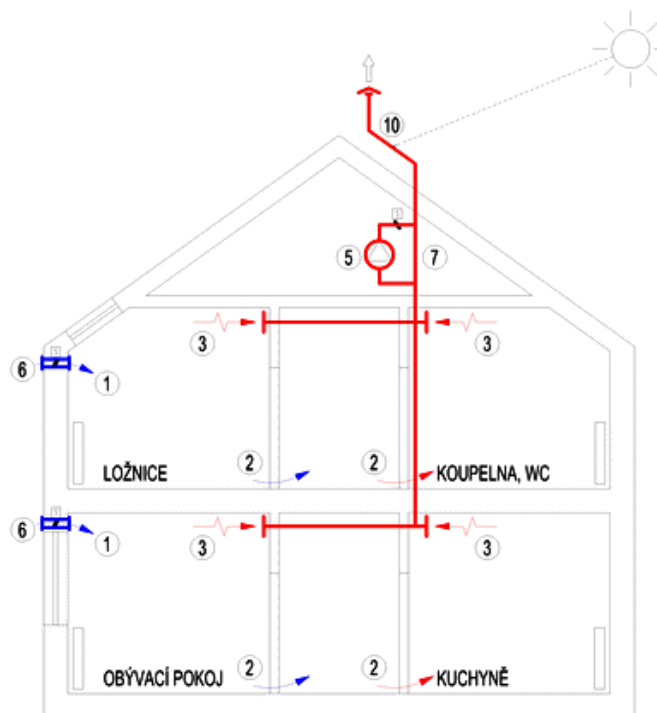


Obrázek 15 Samoregulační vyústky[5]

Pokud je použito řízené větrání na základě aktuálních požadavků, je možné výrazné snížení tepelných ztrát větráním pomocí omezení celkové výměny vzduchu uvnitř budovy při současném zachování kvality vzduchu. Aby bylo možné použití řízeného větrání, je nezbytné, aby budova byla vysoce vzduchotěsná, tzn., že musí splňovat $N_{50} < 3 \text{ h}^{-1}$ při tlakovém rozdílu 50 Pa. Pokud tuto podmínku budova nespĺňuje (nízká vzduchotěsnost), dochází k vysoké infiltraci venkovního vzduchu a tím význam řízeného větrání pozbývá smyslu.[5]



Obrázek 16 Schéma hybridního větrání se samoodtahovou hlavici[5]



Obrázek 17 Schéma hybridního větrání se solárním komínem[5]

1 přiváděný venkovní vzduch, 2 převáděný vzduch, 3 odváděný vzduch, 4 odpadní vzduch, 5 aktivní prvek nuceného větrání (ventilátor), 6 samoregulační vyústka se servopohonem, 7 potrubní síť, 8 samoodtahová hlavice, 9 účinek větru, 10 solární komín[5]

3.8 Větrání pomocných prostor

3.8.1 Garáže bytových domů

Výběr druhu systému větrání garáží bytových domů závisí na jejich hloubce a dispozicích. Pokud se jedná o méně hluboké garáže (6 m), které mají jednu řadu stání automobilů, používá se nejčastěji větrání přirozené, které je provedeno pomocí mřížek umístěných u podlahy vjezdového prostoru a u stropu. Pro rozsáhlejší bytové komplexy, které mají pouze jeden vjezd a výjezd s centrální pojízdečí komunikací a hloubku garáže 6 až 15 m, se větrání nejčastěji řeší jako kombinované s nuceným odvodem a přirozeným podtlakovým přívodem.[5]

Přívodní a odvodní otvory by měli být umístěny tak, aby bylo umožněno příčné provětrávání. Pro případ lokálního provětrávání nutných koutů je možné použít malé proudové ventilátory. Pokud je navrhován větrací systém, je nutné jej navrhovat na základě těchto následujících faktorů:

- Garáž může být velmi často využívána, nejčastěji ráno (7:00 až 7:45 hodin), kdy zhruba 70 % automobilů vyjíždí z garáží. Naopak večerní příjezd je rozložen do většího časového úseku, neboť závisí na jednotlivých uživatelích,
- pokud je přívod vzduchu proveden podtlakem a přisáván rovnou z venkovního prostředí, je nezbytné, aby nasávání nebylo řešené v prostoru, ve kterém je možnost že by např. teplonosné látky mohly zamrznout,
- jelikož garáže mají i noční provoz, může dalším problémem být hlučnost odsávacího systému,
- jako jeden z dalších možných problémů může být tzv. „obrácený chod“ větrání, ten nastává, pokud odsávací ventilátor není v provozu. Během tohoto stavu, skrze navržené otvory pro přívod vzduchu, proudí vzduch z garáže ven, a je zde možnost, že vnikne do bytů, které mají otevřená okna. Množství škodlivin v tomto vzduchu není velké, tudíž je vzduch neškodný, ovšem někteří obyvatelé bytů to mohou brát jako určitý diskomfort. Tento problém lze vyřešit pomocí odklánějících štítů, které jsou umístěny nad přisávacími otvory, a které zabraňují stoupání proudu vzduchu svisle po fasádě,
- pro šetření energie je doporučeno, aby byl chod odsávacích systémů proveden s ohledem na reálnou koncentraci výfukových plynů v ploše garáže. Z tohoto důvodu se doporučuje, aby bylo na odsávací ventilátor napojeno čidlo, které jej

aktivuje, pokud dojde k překročení nastavené hodnoty,

- stejně jako u všech druhů větrání, by měl být odpadní vzduch vyveden nejčastěji nad střechu objektu. [5]

3.8.2 Sklepy

U větrání sklepů je nezbytné zajistit jejich minimální větrání, jelikož většinou se u nich nevyskytuje možnost přirozeného větrání okny. Není zde předpoklad výskytu škodlivin, přesto se však doporučuje, z důvodu odvedení vlhkosti pro zabránění vzniku plísní, zajistit minimální intenzitu větrání, která odpovídá výměně vzduchu cca $0,5 \text{ h}^{-1}$. [5]

Větrání je zde možné řešit podtlakově i přetlakově. Jelikož jsou sklepy často samostatným požárním úsekem, musí být také z hlediska větrání protipožárně zabezpečena. Dále je nezbytné zamezit vniku výfukových plynů z garáží, které nejčastěji se sklepními prostory sousedí. [5]

3.8.3 Kolárny a kočárkárny

Větrání koláren a kočárkáren je založeno na přibližně stejném principu jako u sklepů. Kvůli zimě podzimu, kdy se uvažuje časté sněžení a déšť, uvažujeme, že bude v těchto prostorách zvětšený vnesený objem vlhkosti (mokrý kočárky i kola). Z tohoto důvodu je v těchto prostorech doporučené intenzita větrání 1 až 2 h^{-1} , ovšem je zde větší frekvence vstupu než u sklepů. Hlavní výhodou koláren a kočárkáren oproti sklepům, je nejčastěji jejich poloha, neboť jsou nejčastěji umístěny na vstupním podlaží, čímž je umožněno jejich odvětrávání i přímo na fasádu. [5]

3.8.4 Domovní prádelny a sušárny

V novodobých bytových objektech, domovní sušárny a prádelny již často nenajdeme, neboť v dnešní době již skoro každý uživatel vlastní pračku se sušičkou. Pokud se ovšem tyto prostory v bytových objektech vyskytují, je nezbytné aby byly opatřeny účinným větráním, jenž je nejčastěji řešeno přirozeným větráním, teplovzdušným větráním s ohřevem vzduchu (případně rekuperací), či otevíratelnými okny s upraveným systémem vytápění. V případě teplovzdušného větrání musíme brát v úvahu možné namrzání odvodní strany a zvýšenou koncentraci. Intenzita větrání závisí na typu pračky a možnosti jejího odstředění, doporučuje se 5 až 8 h^{-1} . [5]

3.8.5 Schodiště a domovní chodby

V těchto prostorech je nejčastěji uplatňováno přirozené větrání s otevřenými okny. Další možností je využití účinného vztlaku působícího po většinu roku, za předpokladu určité míry netěsností, které větrání v těchto prostorech umožňují.[5]

Pokud je však schodiště či chodba (některá z jejích částí) chráněnou únikovou cestou, jedná se o jiný případ. Když pomineme výškové bytové objekty, tak ve standardních se nejčastěji jedná o únikovou cestu typu A, u které není nezbytné dodržet přetlak, je však nutné dodržet desetinásobnou intenzitu větrání.[5]

V takovémto případě rozdělujeme únikovou cestu na 2 části, podzemní a nadzemní:

- Pro podzemní části je vždy nezbytné použití nuceného větrání, které zajistí v daném prostoru potřebnou intenzitu větrání (desetinásobnou).
- V případě nadzemní části únikové cesty je více možností větrání. Je zde možné větrat pomocí otevření minimálně 2 m² větracích ploch do fasády na každém podlaží, nebo zajištěním otevření alespoň 2 m² plochy v nejnižším a nejvyšším bodě únikové cesty. Pokud je velikost některé z ploch menší jak 2 m², je zde možno pomocí výpočtu doložit, že tyto plochy velikostně dostačují k zajištění desetinásobné intenzity větrání a to v případě teplotního gradientu vně a uvnitř objektu 10 K. Je zde ovšem možnost použití nuceného větrání, které požadovanou výměnu vzduchu zajistí.[5]

3.8.6 Zdroj tepla pro daný objekt

Jako zdroj tepla pro bytové objekty mohou sloužit elektrické či plynové kotelny, nebo výměňiková stanice napojená na centrální zdroj tepla v příslušné lokalitě. Pokud použijeme výměňikové stanice či kotelny s elektrickým kotlem, je nezbytné, aby u nich byla zajištěna dostatečná výměna vzduchu (pod tlakem či přetlakem), aby zajistila odvod tepelných zisků z daného prostoru. V případě použití uhelných a plynových kotelen je nezbytné splnění legislativních požadavků na bezpečný a spolehlivý chod technologií, které se vyskytují v plynové kotelně. Jedná se hlavně o dostatečný přívod spalovacího vzduchu, aby se zabránilo vzniku obráceného tahu spalin v komíně.[5]

V závislosti na zmíněných důvodech pak vybíráme vhodný typ technologie spalování pro kotelnu, dále pak stanovujeme podmínky, za kterých by tato technologie měla bezproblémově pracovat a zároveň stanovujeme dostatečné množství přiváděného spalovacího vzduchu. Spalovací vzduch je pro některé typy plynových kotlů přiváděn rovnou do spalovací komory z venkovního prostředí, z tohoto důvodu není nutné dodržet důsledné přetlakové větrání kotelny.[5]

4 Teorie kvality vnitřního prostředí

Na kvalitu vzduchu v obytných budovách se zaměřuje norma ČSN EN 15665 (Z1) Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov, která v sobě zahrnuje kvalitu vnitřního vzduchu i hygienická hlediska (veškerá zdravotní rizika, která souvisejí s kouřením, zde nejsou zahrnuta). K zajištění kvality vnitřního prostředí (vzduchu) slouží tyto požadavky na větrání obytných budov (bytových a rodinných budov):

- Dávka venkovního vzduchu (intenzita větrání) na osobu – slouží k zajištění trvalého větrání v kuchyních a v obytných prostorech,
- Průtok odváděného vzduchu – zajišťuje nárazové větrání pro koupelny, WC a kuchyně
- Požadavky na koncepci větrání[6]

Dále pak norma ČSN EN 13779 Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy, která ustanovuje požadavky na klimatizaci a větrání nebytových objektů, a která má za cíl zajištění zdravého a zároveň komfortního prostředí po všechny roční období a to vše za přijatelné provozní a pořizovací náklady. Norma s ohledem na vnitřní prostředí (složky vnitřního prostředí zaměřené na kvalitu vzduchu) rozděluje kvalitu vnitřního vzduchu do 4 tříd:

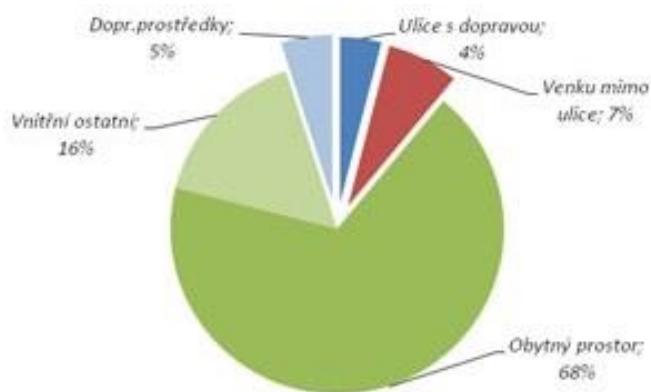
- IDA 1 = vysoká kvalita vnitřního vzduchu
- IDA 2 = střední kvalita vnitřního vzduchu
- IDA 3 = středně nízká kvalita vnitřního vzduchu
- IDA 4 = nízká kvalita vnitřního vzduchu[6]

Každá třída má stanoveny své vlastní požadavky na průtok venkovního vzduchu na osobu, koncentraci CO₂ v místnostech a průtok převáděného či venkovního vzduchu na jednotku plochy nepobytových místností.[6]

Norma navíc obsahuje také doporučené hodnoty hladiny akustického tlaku v určitých typech budov (prostorů). [6]

4.1 Vnitřní prostředí budov

S ohledem na dobu, kterou člověk tráví ve vnitřních prostorech budov, má prostředí těchto prostorů velký vliv na lidském zdraví. Kvalita vnitřního prostředí v budovách je z velké části spojována s výskytem alergií a jiných obtíží dýchacích cest. Na základě mnoha testů a pozorování bylo zjištěno, že pokud je v budovách dostatečně větráno (je zajištěno dostatečné množství přiváděného čerstvého vzduchu) a nevyskytuje – li se zde vlhkost, poté riziku vzniku problémů souvisejících s kvalitou vnitřního prostředí bývá nízké. Jak už jsem zmínil, nejhlavnější nemocí spojenou s kvalitou vnitřního prostředí, jsou alergie. Je zde předpokládána závislost mezi vlhkostí v budovách a přecitlivělostí. Stejně tak je tomu u výskytu chlupatých zvířat v interiéru a tabákového kouře.[4]



Obrázek 18 Celoroční expozice člověka[6]

Vnitřní prostředí v budovách je rozděleno na několik složek:

- tepelně vlhkostní,
- aerosolová,
- mikrobiální,
- akustická,
- oděrová.[4]

Nejvíce člověka ovlivňují tepelně vlhkostní parametry obytné místnosti. S ohledem na dopad na lidské zdraví, je nejdůležitějším faktorem kvalita vzduchu. Většina složek je ovlivnitelná větráním.[4]

Kvalita vzduchu je daná obsahem aerosolu a odérových látek. Kvalita vzduchu zahrnuje dvě hlavní hodnocení. Prvním je objektivní hodnocení z hygienického hlediska (intenzita škodlivých plynů, které lidský čich nemusí detekovat) a druhým je subjektivní hodnocení (pachy). V mnoha případech je kvalita vzduchu venkovního prostředí mnohem lepší než kvalita vzduchu v uzavřených prostorech budov. Dnes již se mezi látky toxické řadí také i tabákový kouř. Člověk sám o sobě je zdrojem tepla, vodních par a mnoha dalších látek. Hlavními těmito látkami jsou odérové látky, oxid uhličitý (CO₂) a pevný aerosol (způsobený neustálým obnovováním pokožky). Vydechovaný vzduch však není jedinou škodlivinou, dále jimi pak jsou formaldehyd z nábytku, radioaktivita a radon ze zdiva a vlhkost v koupelně a v jiných prostorech (např. při sušení prádla). Hlavním měřítkem obecně kvality vzduchu je koncentrace CO₂. V obytném prostředí, ve kterém z důvodů lidské činnosti (koupání, vaření) vzniká vlhkost, je nejvýznamnějším parametrem relativní vlhkost vzduchu.[4]

Vnitřní prostory (resp. jejich části), které nejsou dostatečně větrané, se velmi často stávají příčinou znečištění prostředí plísněmi. Hlavní příčinou vzniku plísní je vysoká vlhkost, ideálním místem výskytu plísní jsou tedy místa s vlhkostí prostředí kolem 70 % a prospívá jim také vlhký podklad. Pokud mají všechny tyto dobré podmínky pro vývoj, nevadí jim ani suchý vzduch. Nejčastějšími místy výskytu plísní jsou stropy opatřené podhledy, obložené zdi (vznik plísní na stěnách je umožněn kombinací nízké povrchové teploty stěn a vysoké vzdušné vlhkosti), pod přilepenými koberci a tapetami. Obsah vodních par ve vnitřních prostorech je udáván jak jejich zdrojem uvnitř budovy, tak i obsahem vodních par v exteriéru. Hlavním zdrojem vodních par ve vnitřním prostředí je člověk a veškeré jeho činnosti, jako např. vaření, sušení prádla, sprchování. Dalšími zdroji vodních par mohou být také květiny a člověk sám.[4]

Nejvýznamnější riziko plísní spočívá v tom, že plísně, které se vyskytují nejčastěji, jsou hlavní příčinou vzniku a projevu alergií. Plísně dokáží dále vyvolávat i jiné potíže než alergie, např. obtíže podobné syndromu nemoci z budov, dráždění dýchacích cest

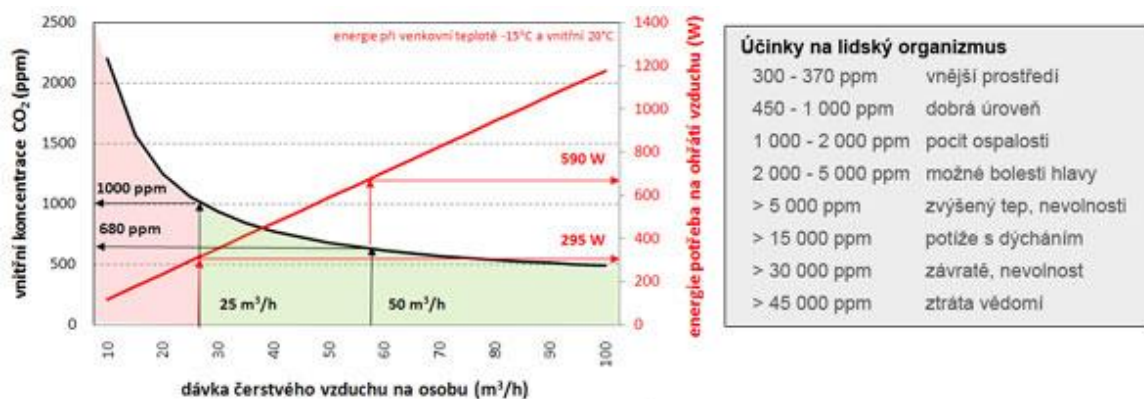
a v některých případech i těžká onemocnění dýchacích cest (zápaly plic apod.) a mohou být příčinou vzniku některých nádorových onemocnění.[4]

Dalším významným hlediskem působení na člověka, kromě kvality vzduchu, jsou tepelně-vlhkostní podmínky prostředí, které určují tepelnou pohodu.[4]

Novodobý trend minimalizace spotřeby energie na vytápění, má za následek stavbu budov s velice kvalitním obvodovým pláštěm, jak z hlediska tepelné těsnosti, tak i tepelné izolace. Ovšem těsnění vnitřního prostoru omezuje funkčnost přirozeného větrání.[4]

4.2 Lidské požadavky na vzduch

Člověk k přežití potřebuje minimálně zhruba 1 m³ vzduchu za hodinu. Tato dávka čerstvého vzduchu však není přijatelná, udává pouze limit k přežití. Po několika letech, byla ustanovena přijatelná spodní mez přibližně 25 m³/hod, jenž odpovídá přijatelné hladině vnitřní koncentrace oxidu uhličitého (CO₂). Čerstvý venkovní vzduch obsahuje zhruba 0,035 % - to odpovídá 350 ppm a člověk vydechuje z plic vzduch, který obsahuje 4,5 % CO₂ – tedy 45 000 ppm. Pokud by byl člověk několik minut uzavřen v malém prostoru bez přístupu vzduchu, tak se udusí. Po několika letech pokusů byla stanovena přijatelná horní mez ve vnitřním prostředí 1000 – 1200 ppm CO₂. Tuto hladinu udává vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby v § 26 odst. 3.[7]

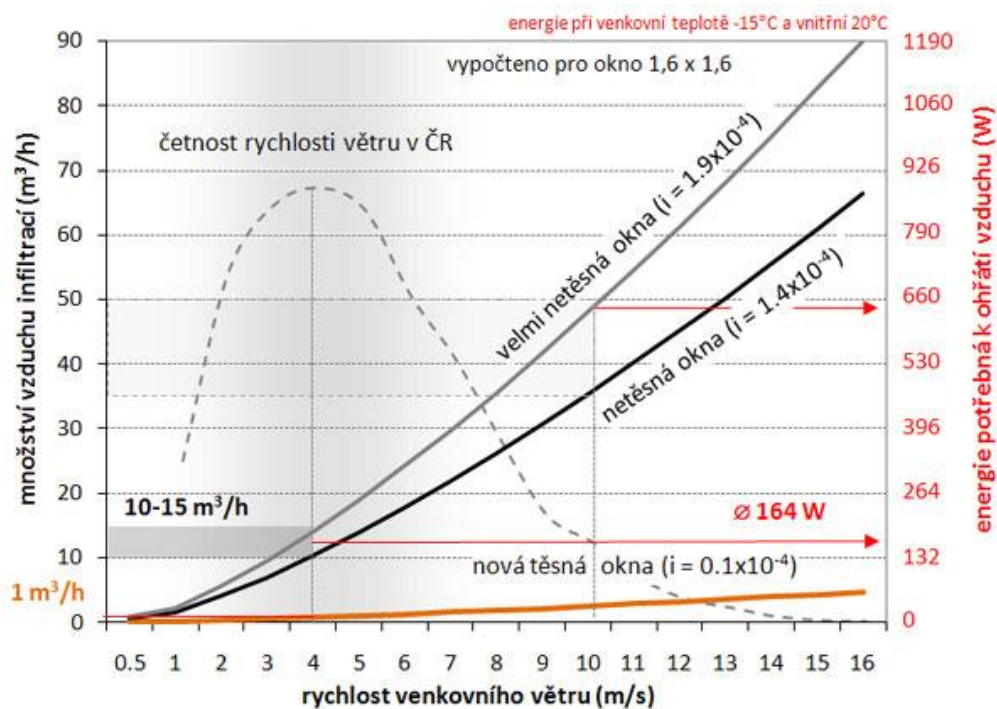


Obrázek 19 Závislost množství čerstvého vzduchu na koncentraci oxidu uhličitého v interiéru (levá osa) a na energetické potřebě na ohřátí vzduchu (pravá osa)[7]

Pokud se rozhodneme pro intenzivnější větrání - 50 m³/hodinu, dosáhneme ve vnitřním prostředí přijatelnější koncentrace CO₂, zhruba 700 ppm (viz obr. 19), to ale na úkor vyšších energetických ztrát. Na základě tohoto faktu, uvažujeme dávku

25 m³/hodinu za přijatelnou jak z hlediska kvality vnitřního prostředí, tak z hlediska energetických ztrát. Záleží tedy na tom, zda-li člověk v místnosti, kde např. spí, tuto dávku dostává. V dnešní době, výrobci oken vyrábějí více a více těsnější okna, tím jsou hodnoty součinitele průvzdušnosti spár až dvacetkrát nižší než u oken starších. Graf na obr. 20 ukazuje množství vzduchu, které skrze spáry různě těsných oken, pronikne při různých rychlostech venkovního větru. Nejčastější rychlosti větru jsou 4 – 5 m/s a při nich spárami starých oken pronikne 10 – 15 m³/hod. vzduchu. U nových oken jen 1 m³/hod.[7]

Tato skutečnost má negativní dopad na kvalitu vnitřního prostředí. Zmíněných 10 – 15 m³/hodinu (pokud jsou velké poryvy větru, může tato hodnota dosahovat až 50 – 60 m³/hodinu) je velice nestabilní a těžko kontrolovatelná a proniká do vnitřního prostředí, i když se vlastníci zrovna nenacházejí doma. Tím samozřejmě rostou i provozní náklady na vytápění. Stejně pak i fakt, že doma vítr hýbá se záclonami, vede většinu uživatelů k výměně stará okna za nová plastová okna (popř. nová dřevěná vysoce těsná okna s nižším součinitelem spárové průvzdušnosti a prostupem tepla). Již zmíněný graf ukazuje vzájemnou souvislost mezi množstvím vzduchu a koncentrací CO₂ ve vnitřním prostředí. Novými okny lze přivést zhruba 1 m³/hodinu a k docílení požadovaných 1000 ppm je zapotřebí intenzivního větrání.[7]



Obrázek 20 Množství vzduchu, které pronikne spárami různých typů oken při určitých rychlostech venkovního větru a energie potřebná pro ohřátí tohoto vzduchu[7]

5 Porovnání tří hlavních způsobů větrání

Pro porovnání těchto tří hlavních způsobů větrání jsem použil program Energie 2016 a výpočty byly prováděny na rodinném domě o celkovém obestavěném objemu zóny 361,77 m³. Z toho objem vzduchu v zóně činil 289,4 m³.



Obrázek 21 Plošný plán rodinného domu

5.1 O programu Energie 2016

Energie 2016 je program, který slouží k celkovému vyhodnocení energetické náročnosti budov. Je schopen výpočtů měrných tepelných toků, průměrného součinitele prostupu tepla budov, potřeby tepla na vytápění, produkci energií (fotovoltaika, kogenerace, solární konektory), dílčích dodaných energií (chlazení, nucené větrání, vytápění, příprava teplé vody, osvětlení, úprava vlhkosti vzduchu), emisí CO₂ primární energie (celkové i neobnovitelné) a celkové dodané energie. Při výpočtech jsou zohledněny postupy a požadavky TNI 730329, ČSN 730540, STN 730540, TNI 730330, EN ISO 13370, EN ISO 13789, EN ISO 13790 a mnoha dalších evropských norem. Energie 2016 vypracovává energetický štítek podle ČSN 730540-2 (2011) a energetický průkaz dle vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb, resp. 230/2015.[8]

Program Energie 2016 poskytuje:

- výpočet průměrného součinitele tepla a zároveň jeho vyhodnocení v souladu ČSN 730540-2 (2011)
- výpočet potřebné energie na chlazení a vytápění dle EN ISO 13790 a EN 832, jak pro jednozónové tak i vícezónové objekty. Zároveň jsou uvažovány výpočty po jednotlivých měsících nebo přímo za otopné období (zahrnující vliv přerušovaného vytápění) nebo chlazení
- výpočet měrných tepelných toků větrání a prostupem podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370
- výpočet neobnovitelné a celkové primární energie a emisí CO₂
- výpočet dodané energie na chlazení, přípravu teplé vody, vytápění, nucené větrání, osvětlení a úpravu vlhkosti vzduchu v souladu s metodikou MPO ČR č. 78/2013 Sb. a s TNI 730331
- zpracování energetického štítku obálky budovy dle ČSN 730540-2 a průkazu energetické náročnosti budov v souladu s vyhláškou MPO ČR č. 78/2013 Sb.
- výpočet parametrů referenční budovy dle ČSN 730540-2 a v souladu s vyhláškou MPO ČR č. 78/2013 Sb.
- zohlednění produkce energie fotovoltaickými systémy, kogeneračními jednotkami a solárními kolektory,
- . Vše je možno exportovat do veřejné sítě
- Vyhodnocení parametrů pasivních a nízkoenergetických bytových a rodinných budov dle TNI 730330 a TNI 730329[8]

5.2 Přírozené větrání

Pro první výpočet jsem použil jak minimální (hygienickou), tak návrhovou intenzitu větrání 0,19 (násobek výměny celkového objemu vzduchu za hodinu), která vychází z přibližného osídlení tohoto rodinného bytu třemi osobami. Dále pak se uvažuje potřebné množství čerstvého vzduchu pro 1 osobu 25 m³/h a 70% předpokládaná přítomnost osob. Po provedení výpočtu vychází výsledná celková roční dodaná energie 26,127 GJ (7,257 MWh), z toho energie dodaná na vytápění 11,904 GJ (3,307 MWh). Dále pak měrný tok větráním 18,146 W/K.[9]

Jako druhý příklad jsem použil minimální (hygienickou) a návrhovou intenzitu danou TNI 730331 rodinné a bytové domy – obytné místnosti a to 0,3. Při použití této intenzity poté vychází celková roční dodaná energie 30,109 GJ (8,364 MWh), z toho energie dodaná na vytápění 15,887 GJ (4,413 MWh) a měrný tok větráním 28,652 W/K.[9]

Pro přirozené větrání se uvažuje ideální intenzita větrání 0,5, ale bohužel v praxi se této intenzity málokdy dosahuje z důsledku nedodržování pravidelnosti větrání ze strany obyvatel domu. Pro ukázkou jsem však tento stav uvedl. Celková roční dodaná energie zde vychází 37,617 GJ (10,449 MWh), z toho energie dodaná na vytápění 13,395 (6,498 MWh) a měrný tok větráním 47,754 W/K.[9]

5.3 Nucené větrání s rekuperací tepla

V tomto případě uvažujeme rovnotlaké větrání přívodně odvodními VZT jednotkami se dvěma ventilátory. Uvažujeme-li, že se jedná o malou větrací jednotku, bez ohříváče nebo chladiče, s objemovým průtokem vzduchu 100 m³/h, pak je průměrný měrný příkon takového ventilátoru 1650 W.s/m³. [9]

V prvním případě jsem opět pro srovnání zvolil intenzitu větrání 0,19. Po provedení výpočtů vychází celková roční dodaná energie 21,805 GJ (6,057 MWh), z toho energie dodaná na vytápění 6,996 GJ (1,943 MWh) a z důvodu přítomnosti ventilátorů pak navíc i energie dodaná na nucené větrání 0,586 GJ (0,163 MWh). Dále pak měrný tok větráním 4,928 W/K.[9]

Jako v předešlém druhém příkladu tak i zde jsem jako druhou intenzitu pro porovnání použil 0,3. V tomto případě vychází celková roční dodaná energie 22,484 GJ (6,246 MWh), z toho energie dodaná na vytápění 7,383 GJ (2,051 MWh) a stejně jako v předešlém případě také energie dodaná na nucené větrání 0,878 GJ (0,244 MWh). Měrný tok větráním poté vychází 5,443 W/K.[9]

5.4 Nucené větrání bez rekuperace tepla

Pro tento typ větrání uvažujeme stejný typ ventilátorů jako v předešlém. Jelikož se jedná o nucené větrání bez rekuperace tepla, účinnost zpětného získávání tepla uvažujeme 0.[9]

Opět pro srovnání bereme v prvním případě intenzitu větrání 0,19. Celková roční dodaná energie poté vychází 27,807 GJ (7,724 MWh), z toho energie dodaná na vytápění 12,998 GJ (3,611 MWh) a stejně jako u předešlého typu nuceného větrání, musíme zahrnout také energii dodanou na nucené větrání 0,586 GJ (0,163 MWh). Dále pak měrný tok větráním, který vychází 21,113 W/K.[9]

Pro druhý výpočet opět pro srovnání uvažujeme intenzitu větráním 0,3. V tomto případě vychází celková dodaná energie 31,758 GJ (8,822 MWh), z toho energie dodaná na vytápění 16,657 GJ (4,627 MWh) a dále pak energie dodaná na nucené větrání 0,878 GJ (0,244 MWh). A nakonec měrný tok větráním vychází 30,650 W/K.[9]

5.5 Vyhodnocení

Tabulka 2 porovnání tří typů větrání z hlediska celkové roční dodané energie[9]

Intenzita větrání	Typ větrání	Celková roční dodaná energie v GJ (MWh)
0,19	Přirozené	26,127 (7,257)
	Nucené s rekuperací tepla	21,805 (6,057)
	Nucené bez rekuperace tepla	27,807 (7,724)
0,3	Přirozené	30,109 (8,364)
	Nucené s rekuperací tepla	22,484 (6,246)
	Nucené bez rekuperace tepla	31,758 (8,822)

Tabulka 3 porovnání tří typů větrání z hlediska dílčích dodaných energií[9]

Intenzita větrání	Typ větrání	Energie dodaná na vytápění v GJ (MWh)	Energie dodaná na nucené větrání v GJ (MWh)
0,19	Přirozené	11,904 (3,307)	0
	Nucené s rekuperací tepla	6,996 (1,943)	0,586 (0,163)
	Nucené bez rekuperace tepla	12,998 (3,611)	0,586 (0,163)
0,3	Přirozené	15,887 (4,413)	0
	Nucené s rekuperací tepla	7,383 (2,051)	0,878 (0,244)
	Nucené bez rekuperace tepla	16,657 (4,627)	0,878 (0,244)

Tabulka 4 porovnání tří typů větrání z hlediska měrných toků větrání[9]

Intenzita větrání	Typ větrání	Měrný tok větráním ve W/K
0,19	Přirozené	18,146
	Nucené s rekuperací tepla	4,928
	Nucené bez rekuperace tepla	21,113
0,3	Přirozené	28,652
	Nucené s rekuperací tepla	5,443
	Nucené bez rekuperace tepla	30,65

Z tabulek lze vyčíst, že energeticky nejlépe z těchto tří vybraných způsobů větrání, je na tom nucené větrání s rekuperací tepla. Nejen že celková energie dodaná za rok na chod tohoto systému je nejmenší z těchto tří vybraných, ale také poměr energie dodané na vytápění a celkové roční dodané je u tohoto typu větrání nejmenší. Tento poměr energií u nuceného větrání s rekuperací tepla je přibližně třetinový, kdežto u ostatních je hodnota tohoto poměru zhruba polovina. Toho je dosaženo pomocí rekuperace tepla. Přirozené a nucené větrání bez rekuperace tepla na tom zhruba nastejno, s tím že nucené větrání bez rekuperace tepla je o něco horší.

Z hlediska kvality vnitřního prostředí jsou na tom lépe oba typy nuceného větrání, neboť u přirozeného větrání není možnost filtrace vzduchu. Oba typy nuceného větrání jsou z pohledu kvality vnitřního prostředí identické, neboť jsou tam stejné průtoky vzduchu.

6 Závěr

Z hodnot které jsem vypočítal a z vyhodnocení, které jsem provedl, poté můžeme vidět, že nejlepší z těchto tří typů větrání je nucené s rekuperací tepla. Energeticky je na tom tento typ větrání oproti zbývajícím dvěma lépe. Z hlediska kvality vnitřního prostředí jsou oba typy nuceného větrání stejné. Oba typy nuceného větrání mají možnost přívodu libovolného množství čerstvého vzduchu do místnosti, ovšem u nuceného větrání s rekuperací tepla je možné použitím EC motorů a rekuperace docílit až 90% úspory nákladů, přívodu dokonale filtrovaného vzduchu, omezení nebo úplného vyloučení vzniku plísní a využití tepelných zisků z prostoru bytu pro předehřev větracího vzduchu.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Zásady správného větrání. *Jak a proč správně větrat* [online]. VELUX Česká republika, 2012 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/vetrani-okny/8925-jak-a-proc-spravne-vetrat>
- [2] Normy a právní předpisy. *Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1* [online]. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D., 2012 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [3] Větrání bytových domů. *Požadavky na větrání obytných budov, snižování elektrické energie a systémy větrání* [online]. ebm-papst CZ, 2005n. 1. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/12795-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-snizovani-elektricke-energie-a-systemy-vetrani>
- [4] Vnitřní prostředí. *Větrání obytných místností a budov* [online]. Olga a Aleš Rubinovi, 2005 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka>
- [5] Větrání rodinných domů. *Systémy větrání obytných budov* [online]. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. a Ing. Jiří Petlach, 2011 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- [6] Vnitřní prostředí budov. *Kvalita vzduchu* [online]. JAGA GROUP [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/tzb/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov>
- [7] Kvalita vnitřního prostředí současného panelového domu. *Kolik čerstvého vzduchu vlastně potřebujeme?* [online]. EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/kvalita-vnitriho-prostredi-soucasneho-paneloveho-domu_N3813
- [8] Energie 2016. *Energie 2016* [online]. K-CAD [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/energie/>
- [9] Můj přínos

Přílohy

Příloha A Příklad výsledků výpočtů

PRĚHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELOU BUDOVU :

Faktor tvaru budovy A/V: 0,9 m²/m³

Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Plocha [m ²]	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	---	54,379	100,00 %
z toho:	Měrný tok větráním Hv:	---	18,146	33,37 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	8,669	15,94 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	---	0,00 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:	---	-4,208	-7,74 %
	Měrný tok do ext. plošnými kcemi Hd,c:	---	31,772	58,43 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:				
	Podlaha:	82,2	8,669	15,94 %
	Otvorová výplň:	4,7	3,465	6,37 %
	Východ:	2,5	1,749	3,22 %
	Západ:	8,6	6,313	11,61 %
	Sever:	3,2	2,310	4,25 %
	Stěna sever:	40,5	3,567	6,56 %
	Stěna jih:	38,9	3,427	6,30 %
	Stěna západ:	27,8	2,445	4,50 %
	Stěna východ:	34,0	2,989	5,50 %
	Střecha - strop:	82,2	5,509	10,13 %

Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc:	54,379 W/K
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	361,8 m ³
Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994):	0,15 W/m ³ K
Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997):	11,0 kWh/(m ³ .a)

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu budovy lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht:	36,2 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	324,7 m ²
Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20:	0,37 W/m ² K
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em}:	0,11 W/m²K

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy:	9,826 GJ	2,729 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	361,8 m ³	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	82,2 m ²	
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m ³):	7,5 kWh/(m ³ .a)	

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 33 kWh/(m².a)

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3752.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinnosti systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Produkce energie sol. systémy a kogenerací v budově a její využití v energ. bilanci

Měsíc [GJ]	Q,SC,W[GJ]	Q,SC,ht[GJ]	Q,MAX,el[GJ]	Q,PV,el[GJ]	Q,CHP,el[GJ]	Q,r		
				k dispozici	využito	k dispozici	využito	
1	---	---	8,135	0,318	0,318	---	---	---
2	---	---	6,579	0,522	0,522	---	---	---

3	---	---	5,132	0,979	0,979	---	---	---
4	---	---	2,988	1,170	1,170	---	---	---
5	---	---	2,312	1,213	1,156	---	---	---
6	---	---	2,274	1,202	1,137	---	---	---
7	---	---	2,300	1,213	1,150	---	---	---
8	---	---	2,312	1,152	1,152	---	---	---
9	---	---	2,429	0,947	0,947	---	---	---
10	---	---	3,897	0,695	0,695	---	---	---
11	---	---	6,230	0,348	0,348	---	---	---
12	---	---	7,664	0,266	0,266	---	---	---

Vysvětlivky: Q,SC,W je produkce energie solárními kolektory použitá pro přípravu teplé vody; Q,SC,ht je produkce energie solárními kolektory použitá pro vytápění; Q,MAX,el je maximální započitatelná produkce exportované elektřiny (omezení v rámci výpočtu primární energie); Q,PV,el je produkce elektřiny fotovoltaickým systémem (celková i využitá při výpočtu primární energie); Q,CHP,el je produkce elektřiny kogeneračními jednotkami (celková i využitá při výpočtu primární energie) a Q,r je zpětně získané teplo např. z odpadů.

Celková energie dodaná do budovy

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	2,809	---	---	---	1,069	0,190	---	4,068
2	2,110	---	---	---	1,038	0,141	---	3,290
3	1,367	---	---	---	1,069	0,130	---	2,566
4	0,333	---	---	---	1,059	0,103	---	1,494
5	---	---	---	---	1,069	0,087	---	1,156
6	---	---	---	---	1,059	0,079	---	1,137
7	---	---	---	---	1,069	0,081	---	1,150
8	---	---	---	---	1,069	0,087	---	1,156
9	0,051	---	---	---	1,059	0,105	---	1,214
10	0,751	---	---	---	1,069	0,129	---	1,949
11	1,906	---	---	---	1,059	0,150	---	3,115
12	2,576	---	---	---	1,069	0,187	---	3,832

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Dodané energie:

Vyp.spotřeba energie na vytápění za rok Q,fuel,H:	11,904 GJ	3,307 MWh	40 kWh/m2
Pomocná energie na vytápění Q,aux,H:	---	---	---
Dodaná energie na vytápění za rok EP,H:	11,904 GJ	3,307 MWh	40 kWh/m2
Vyp.spotřeba energie na chlazení za rok Q,fuel,C:	---	---	---
Pomocná energie na chlazení Q,aux,C:	---	---	---
Dodaná energie na chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q,fuel,RH:	---	---	---
Pomocná energie na úpravu vlhkosti Q,aux,RH:	---	---	---
Dodaná energie na úpravu vlhkosti EP,RH:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na nucené větrání Q,fuel,F:	---	---	---
Pomocná energie na nucené větrání Q,aux,F:	---	---	---
Dodaná energie na nuc.větrání za rok EP,F:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na přípravu TV Q,fuel,W:	12,753 GJ	3,542 MWh	43 kWh/m2
Pomocná energie na přípravu teplé vody Q,aux,W:	---	---	---
Dodaná energie na přípravu TV za rok EP,W:	12,753 GJ	3,542 MWh	43 kWh/m2
Vyp.spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q,fuel,L:	1,470 GJ	0,408 MWh	5 kWh/m2
Dodaná energie na osvětlení za rok EP,L:	1,470 GJ	0,408 MWh	5 kWh/m2
Celková roční dodaná energie Q,fuel=EP:	26,127 GJ	7,257 MWh	88 kWh/m2