

topenářství[®] instalace



časopis pro vytápění, instalace, vzduchotechniku a ekologii



2004
prosinec-leden

27 Kč



INFO 001

Nový princip teplovzdušného vytápění a řízeného větrání nízkoenergetických obytných domů

Ing. Petr Morávek, CSc., Atrea s.r.o., Jablonec n.N.

1. Současné problémy

Stav větrání je v naprosté většině nových a utěsněných stávajících obytných budov v ČR zcela nevyhovující. Dokonale těsná okna nezaručí ani nejzákladnější infiltraci, hodnoty součinitelů spárové průdušnosti oken klesají pod $0,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ a hodnoty průměrné výměny vzduchu klesají pod $n_e < 0,05 \text{ (h}^{-1}\text{)}$. Otevírání oken neřeší řízenou výměnu při proměnných meteorologických hodnotách, gradientů teplot, různé konfigurace bytu návětrných a závětrných orientací fasád, atd. Zároveň tím okno ztrácí akustický útlum, do bytů vniká prach a odvádí se bez užítku teplo.

Osazení lokálních odsávacích systémů ze sociálních zařízení a kuchyní zajišťuje řízenou výměnu vzduchu optimálně jen při instalaci přívodních akustických větracích šterbin do fasád. Dochází však k diskomfortu při proudění chladného venkovního vzduchu k podlaze obytného prostoru, a podle zkušeností ze SRN uživatelé šterbiny stejně zakrývají, a tím znehodnocují celý systém řízeného odsávání, který je pak při zcela těsných uzavřených oknech zcela nefunkční. Často doporučované nárazové větrání pravidelným otevíráním oken je provozně zcela neakceptovatelné a stejně nemůže řešit dostatečné odvětrání sociálních zařízení.

2. Charakteristika nové výstavby

Nově realizované stavby jsou charakterizovány především výrazným zlepšením tepelných vlastností budov normou ČSN 730560-2 přibližující ČR zahraničním normám. Pro nízkoenergetické domy jsou dále doporučeny další snížení až o 50 % a zde již jsou podstatné ostatní parametry tj. poměr A/V a dokonalá těsnost obvodového pláště pro dosažení spotřeby tepla pro vytápění do $35 \text{ kWh m}^{-2}/\text{rok}$. U pasivních domů jsou dále požadovány hodnoty $U \leq 0,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ s limitem $0,3 \text{ W m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ (tj. $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ pro $t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$) a ročním limitem do $15 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ rok (podle ČSN EN 832). Pro jednotlivé místnosti pak ztráty nepřesáhnou 120 až 250 W, celý běžný dům pak 1,5 kW. Je pak otázkou, čím vůbec tyto domy vytápět a hlavně chladit. Dnešní požadované parametry těsnosti domu $n = 0,6\text{--}0,9 \text{ (h}^{-1}\text{)}$ při $\Delta p = 50 \text{ Pa}$ zjišťované tzv. Blower door testem dle EN 13829, posouvají těsnost do dříve nepředstavitelných hodnot, při požadavku prakticky nulové infiltrace oken a hermetizace všech spár. Dříve požadované průduchy např. pro větrání spíše pak jsou naprostým anachronismem. Že tyto požadavky budou zásadou v EU svědčí i skutečnost, že v SRN budou zavedeny tyto hodnoty pro novou výstavbu jako závazné již od roku 2005.

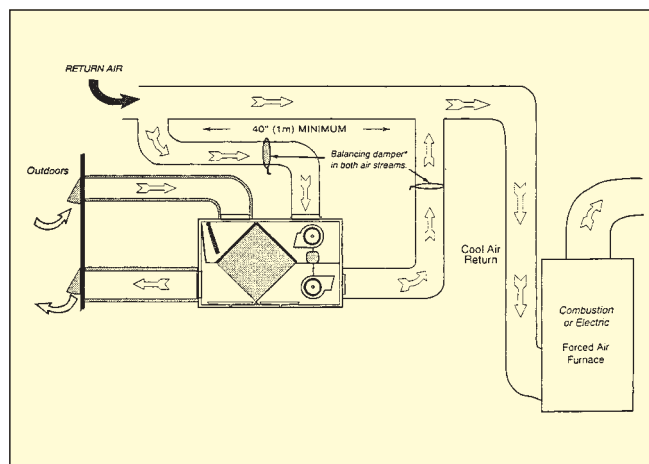
3. Používané systémy pro větrání a vytápění nízkoenergetických staveb

Pro novou výstavbu nízkoenergetických domů, která bude pro dosažení požadovaných parametrů v EU vlastně obecným standardem, je již rovnotlaké nucené větrání s účinnou rekuperací nenahraditelné.

V Evropských zemích se zatím řeší většinou odděleně tj. vytápění konvenční teplovodní nízkoteplotní soustavou, podlahovými systémy, lokálními zdroji, s oddělenou soustavou VZT s rekuperací s dohřívací.

Pro pasivní domy pak klasický systém ÚT odpadá a doplňkové množství tepla zajišťuje VZT dohříváč rovnotlakým teplovzdušným systémem.

V zemích Skandinávie, USA a Kanady, kde se užívají vzduchotechnické systémy tradičně, ale s cirkulační teplovzdušnou soustavou, se původní domy s nižší těsností větraly pouze infiltrací. V nové výstavbě se již standardně systém řeší s doplňkovým systémem rekuperace, např. systém fy Lifebreath, kdy do klasického cirkulačního oběhu se instaluje další samostatná jednotka (viz obr. 1) a místo plynového přímotopného ohříváče se již osazuje nízkoteplotní vodní ohříváč.



Obr. 1 Příklad instalace samostatné rekuperační jednotky do cirkulačního systému teplovzdušného vytápění (firma Lifebreath, Kanada)

Při zachování současných principů odděleného vytápění a větrání se pak v místnostech ložnic nízkoenergetické výstavby instalují teplovodní tělesa na výpočtový výkon ložnic maximálně asi do 250 W(!) tj. rozměru cca $400 \times 400 \text{ mm}$, což je již neakceptovatelné i z hledisek estetických i funkčních, neboť tělesa nemohou pokrýt celou šířku oken proti spadu chladného vzduchu a běžná regulace je již nepoužitelná. Zároveň se však musí další soustavou přivádět větrací čerstvý vzduch rovnotlakým systémem podle počtu osob tj. např. pro 2 osoby v množství $2 \times 25 = 50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Je pak paradoxní, že toto hygienicky nutné množství větracího vzduchu s ohřevem při gradientu teplot pouze $\Delta t = 36/21 \text{ K}$ je schopno přenést výpočtový topný výkon bez dalšího tepelného zdroje:

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = 50 / 3600 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (36 - 21) = 250 \text{ W}$$

Při průměrné teplotě $t_{e,\text{stř}}$ je pak nutný výkon cca 70 až 120 W, tj. při konstantním hygienickém minimu přívodu vzduchu $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ stačí ohřev přiváděného vzduchu na pouhých $27 \text{ }^\circ\text{C}$, a přinášený výpočtový topný výkon je:

$$Q = 50 / 3600 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (27 - 21) = 118 \text{ W}$$

Značným problémem u klasických otopných soustav bez instalace sofistikovaných větracích systémů se současně stává odvod nárazových interních a externích zisků v topném období, ale hlavně v letním období.

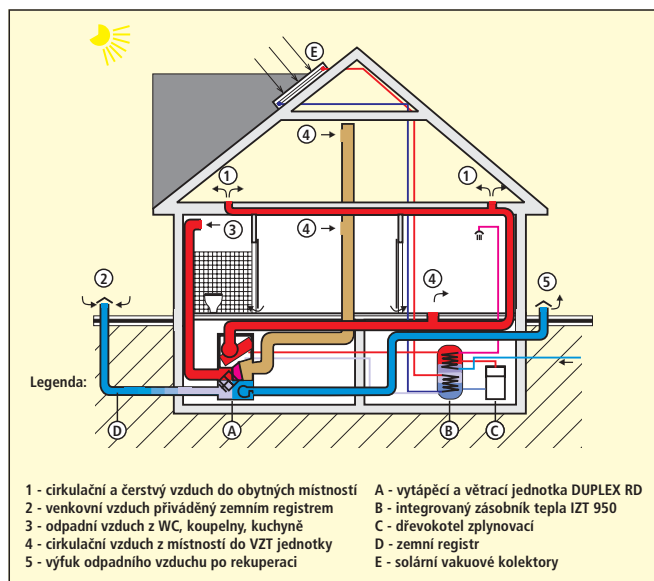
Je pravidlem, že u staveb s větším rozsahem oken bez účinného oslunění a s nižší tepelnou setrvačností (dřevostaveb, ale i staveb s vnitřními tepelnými izolacemi) dochází v létě k rychlému nárůstu vnitřních teplot, často až nad $30 \text{ }^\circ\text{C}$, a tím k výraznému teplotnímu diskomfortu.

4. Integrovaný systém řízeného větrání a teplovzdušného vytápění obytných domů

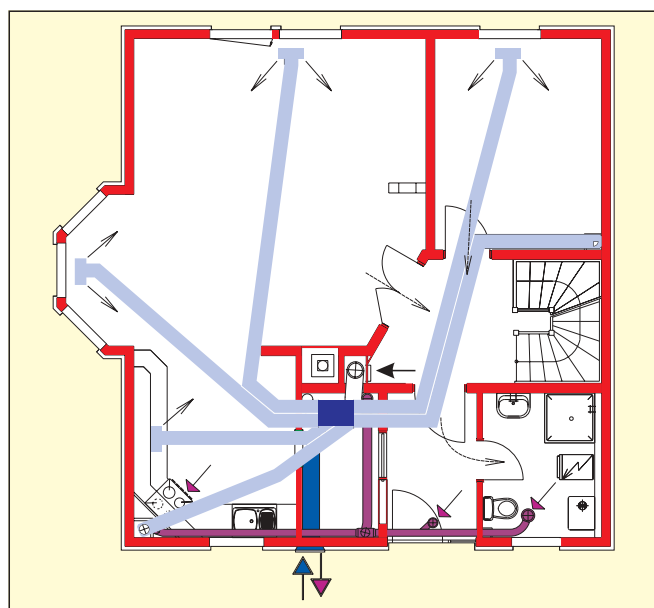
Od roku 2000 je v ČR hromadně používán pro nové rodinné domy kompletní stavebnicový systém teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací tepla a chlazení zemním registrem.

Princip tohoto moderního a ekonomického systému spočívá v dvouzónovém uspořádání okruhů vzduchotechnických rozvodů v rodinném domě (viz obr. 2, 3), kde:

- primární okruh zajišťuje cirkulační teplovzdušné vytápění, zároveň s řízeným podílem čerstvého vzduchu a rekuperací tepla s přívodem podlahovými mřížkami do každé obytné místnosti,
- sekundární okruh zajišťuje zcela oddělené odvětrání sociálních zařízení, kuchyní, případně šaten, s rekuperací tepla.



Obr. 2 Systém teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací tepla a zemním registrem

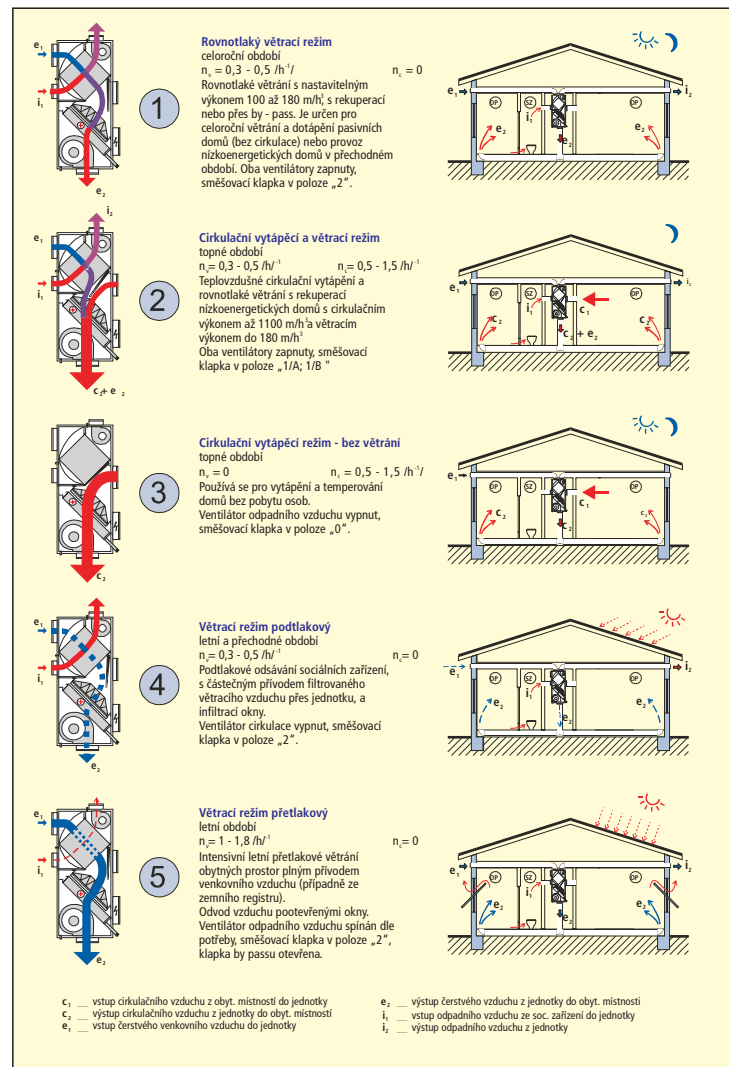


Obr. 3 Systém rozvodů teplovzdušného vytápění a větrání v rodinném domě

Oba okruhy vzduchotechnických rozvodů jsou vyústěny do společné vzduchotechnické jednotky DUPLEX RD. Podle nastavení na regulátoru CP pak zajišťuje jednotka celoročně

požadavky na mikroklima domu (viz obr. 4) v 5ti provozních režimech:

- rovnotlaké větrání s rekuperací tepla,
- teplovzdušné cirkulační vytápění a rovnotlaké větrání s rekuperací,
- teplovzdušné cirkulační vytápění (bez větrání),
- podtlakové větrání sociálních zařízení s přívodem předehřátého vzduchu,
- přetlakové letní větrání, případně chlazení s přívodem vzduchu přes zemní registr, nebo s nočním předchlazením.



Obr. 4 Provozní režimy dvouzónové jednotky DUPLEX RD – systém ATREA

5. Zásady integrovaného vzduchotechnického systému ATREA

- Cirkulační a čerstvý vzduch do obytných místností se společně rozvádí z centrální rozdělovací podlahové komory jednotlivými plochými vzduchovody z pozinkovaného plechu rozměru 200 × 50 mm, uloženými v tepelně – izolační vrstvě podlahy těsně pod nášlapnou vrstvou. Vyústění rozvodů přes podlahové vyústky s regulací do místnosti se doporučuje vhodné pod okny pro eliminaci chladu, a proti případnému zastavení nábytkem. Tímto centrálním systémem se vylučují akustické přeslechy mezi obytnými místnostmi.
 - Cirkulační vzduch z jednotlivých místností se odvádí pod dveřmi bez prahů do předsíně, či chodby, odkud se odsává stěnovou mřížkou pod stropem do svislých vzduchodů a odvádí zpět k jednotce.

- 5.3. V jednotce se cirkulační a čerstvý vzduch filtruje na filtru G4 s účinností až 94 %, ohřívá na teplovodním registru a radiálním pomaloběžným ventilátorem (s nastavitelným příkonem 60 až 180 W) se rozvádí přes rozdělovací komoru s tlumičem hluku zpět do obytných místností.
- 5.4. V jednotce se do cirkulujícího vzduchu současně přimísí v nastavitelném poměru čerstvý vzduch, který se přivádí z fasády nebo zemního registru přes předfiltr a předehřívá v rekuperačním křížovém výměníku s účinností až 80 % (alter. až 91 %).
- 5.5. Odpadní vzduch ze sociálních zařízení a vodní pára z kuchyně se trvale, případně s nárazovým zvýšením, odvádí odsávacími ventily s regulací a potrubními kruhovými rozvody průměru 100 až 160 mm přivádí k jednotce. Tyto rozvody se osazují do stropů nebo podstropních zákrytů. V rekuperačním výměníku se předává teplo čerstvému vzduchu a po ochlazení se odpadní vzduch odvádí menším větracím ventilátorem přes fasádní žaluzie do atmosféry.
- 5.6. Odsávací digestoře nad sporáky se navrhují jako cirkulační s uhlíkovými filtry pro zachycení pachů, s nastavitelným výkonem 150 až 550 m³·h⁻¹.
- 5.7. Regulaci vzduchových výkonů a tím i teplot v jednotlivých místnostech zajišťují ručně ovládané klapky v podlahových vyústkách rozměru 250 × 100 mm
- 5.8. Zvýšení teploty v koupelnách se řeší instalací topných žebříků s teplovodním nebo elektrickým ohřevem, případně instalací podlahového vytápění (např. topné fólie)
- 5.9. Při max. výkonu přivádí standardní podlahová vyústka 250 × 100 mm až 90 m³·h⁻¹ vzduchu, tj. při spádu 45/20 °C topný výkon až 700 W.
- 5.10. V řadě realizací byl realizován zemní registr pro přirozené letní chlazení budovy. Jedná se o potrubí z hladkých těsných PP, PVC trub Ø 200 mm v délce cca 20 m, uložené v hloubce 1,8 až 2 m pod terémem, kterým se přivádí vzduch k jednotce DUPLEX maximálním výkonem cirkulačního ventilátoru tj. 700 až 1100 m³·h⁻¹. Bylo ověřeno, že v podloží zavodněných jílů se v létě přiváděný vzduch +30 °C v registru ochlazuje až na +18 °C, a tím udržuje teplotu v interiéru max. 24 až 25 °C. V zimním období naopak se přiváděný mrazivý vzduch -15 °C předehřívá až na +6 °C, zamezuje tak zamrzání rekuperačního výměníku jednotky a snižuje spotřebu tepla pro ohřev. Celková účinnost rekuperace se přitom zvyšuje až na 92 %.

6. Výhody teplovzdušného systému s centrálním větráním

- 6.1. Společným systémem podlahových plochých potrubí se v domě rozvádí teplotněná látka (cirkulační vzduch) zároveň se vzduchem větracím (případně i s chlazením).
- 6.2. Sloučení funkcí cirkulačního vytápění a nezávisle řízeného větrání s rekuperací tepla do jediného agregátu.
- 6.3. Úspora nákladů na rozvody a tělesa teplovodního ústředního vytápění.
- 6.4. Záruka hygienicky nutných trvalých výměn vzduchu v domě s možností řízeného nárazového zvýšení.
- 6.5. Úspora až 90 % nákladů na větrání.
- 6.6. Rychlý zátop s pružnou regulací teploty.
- 6.7. Dokonalá filtrace cirkulačního a větracího vzduchu, a tím i celkové snížení prašnosti v domě.
- 6.8. Možnost instalace elektropolarizačního filtru.
- 6.9. Možnost chlazení, vlhčení a odorizace cirkulačního vzduchu.
- 6.10. Možnost integrace solárních vzduchových systémů (vzduchových kolektorů a okenních kolektorů) do vzduchotechnických rozvodů.

- 6.11. Vyloučení vzniku plísní.
- 6.12. Účinné letní noční „předchlazení“ interiéru.
- 6.13. Využití všech energetických zisků v domě z provozu domácnosti pro předehřev větracího vzduchu rekuperací.
- 6.14. Využití solárních zisků z osluněných oken, případně teplovzdušného krbu s okamžitým přenosem tepla do ostatních neosluněných místností.
- 6.15. Instalací zemního potrubního registru se přiváděný větrací vzduch v zimě účinně předehřívá a v létě ochlazuje.
- 6.16. Dokonalou cirkulací se využívá objemu vzduchu v celém domě (zvláště u minimálně obsazených nebo trvale nevyužívaných domů a bytů s částečnou neodstranitelnou infiltrací vzduchu netěsností stavebních konstrukcí).
- 6.17. Podlahové rozvody výhodně zvyšují povrchovou teplotu podlahových nášlapných vrstev.
- 6.18. Rovnotlaký systém větrání vylučuje problémy zvýšené infiltrace ve sparách objektu při podtlakovém větrání.

7. Reference

Souhrnné zkušenosti s uplatněním teplovzdušných systémů ATREA u více než 60ti realizací u různých typů objektů jsou velmi dobré. Uživatelé hodnotí především kvalitu vzduchu v domě, rovnoměrné klima, výrazné snížení prašnosti (!), chladič účinek zemního registru i převod solární zátěže do neosluněných místností a možnost vytápět krbem nebo krbovými kamny prakticky celý dům, bez nutné instalace dalších potrubních rozvodů. Tyto záložní topné zdroje nezávisle fungující i při výpadku elektřiny lze výhodně dimenzovat i jako bivalentní zdroje období nejnižších venkovních teplot pro paralelní provoz se základním topným zdrojem. V interiéru se dále oceňuje úplně volný prostor bez těles ústředního vytápění, hlavně při obvyklém požadavku spuštění okenních záclon až k podlaze, a v případech souvislých kuchyňských linek.

8. Matematický model řízeného větrání obytných domů

- 8.1. Pro exaktní hodnocení kvality mikroklimatu v objektech s řízeným větráním byl ve firmě Atrea s.r.o. vypracován originální výpočtový model skutečného průběhu hladin CO₂ během dne a noci, s konkrétní simulací provozního režimu reálné rodiny v domě.
- 8.2. Model je vypracován na základě celodenních bilancí dávek čerstvého vzduchu s grafickým vyjádřením lokálních extrémů maximálních a minimálních hodnot CO₂ (v ppm) v reálných provozních podmínkách teplovzdušně vytápěného nízkoenergetického rodinného domu s nárazovým spínáním nuceného větrání s rekuperací tepla (simulující nárazové otevírání oken).
- 8.3. Výchozím požadavkem bylo nepřekročení limitní hladiny CO₂ (jako indikátoru kvality mikroklimatu) stanovené dle EN CR 1752 CEN pro třídu „C“ v hodnotě 1200 ppm.
- 8.4. V části A/ bilančního výpočtu je posuzováno oděrové mikroklima pro čtyřčlennou rodinu, v části B/ výpočtu je hodnoceno vlhkostní mikroklima pro dodržení optimálních relativních vlhkostí.
- 8.5. Průběh hodnot CO₂ je stanoven z rovnice:

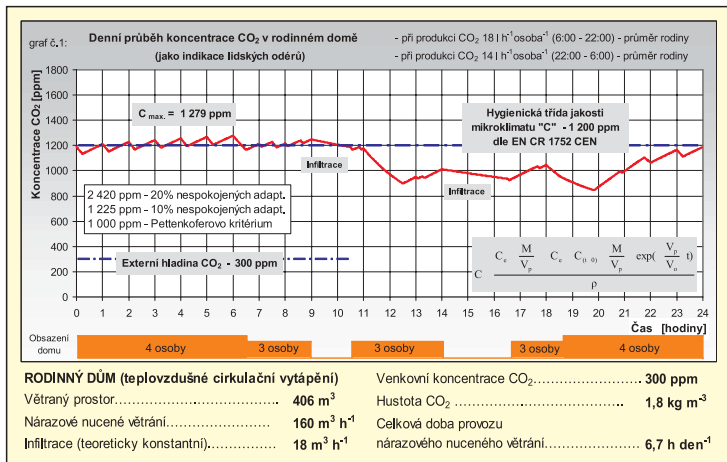
$$C = \frac{1}{\rho} \cdot \left(C_e + \frac{M}{V_p} - \left(C_e - C_{t=0} + \frac{M}{V_p} \right) \cdot \exp\left(\frac{-V_p}{V_o} \cdot t\right) \right)$$

kde značí:

- C koncentrace škodliviny [ppm]
- C_e koncentrace škodliviny v atmosférickém vzduchu [mg·m⁻³]
- C_{t=0} koncentrace škodliviny v interiéru v startovacím čase t = 0 [mg·m⁻³]

- M zdrojový tok škodliviny [$\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}$]
 V_p objemový průtok větracího vzduchu [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]
 V_o objem větraného prostoru [m^3]
 t čas [s]
 ρ měrná hmotnost škodliviny [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

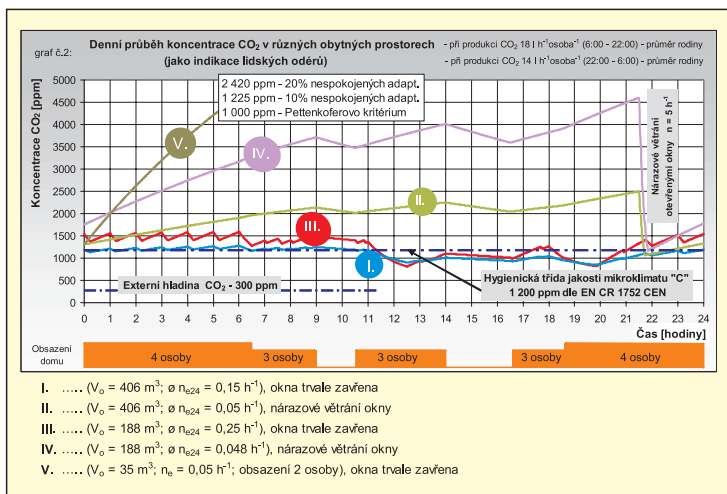
8.7. Průběh hladin CO_2 (v ppm) v průběhu dne pro rodinný dům s teplovzdušným cirkulačním vytápěním a řízeným nárazovým větráním je uveden v grafu 1.



Graf 1

8.8. Pro vzájemné porovnání různých větracích systémů a obytných prostorů jsou v grafu 2 uvedeny průběhy průměrných hladin CO_2 pro shodné obsazení a využití bytu 3 až 4 osobami v průběhu dne:

- I. rodinný dům s teplovzdušným cirkulačním vytápěním
- II. rodinný dům s teplovodním vytápěním
- III. bytová jednotka s teplovzdušným cirkulačním vytápěním
- IV. bytová jednotka s teplovodním vytápěním
- V. ložnice s teplovodním vytápěním (obsazení pouze 2 osoby)



Graf 2

9. Bilanční výpočet větrání rodinného domu

A) ODĚROVÉ MIKROKLIMA

A 1. Zadávací podmínky

1.1. Parametry rodinného domu:

- $F_u = 160 \text{ m}^2$... užitná plocha celkem
 $V_C = 450 \text{ m}^3$... větraný prostor celkem
 $V_o = 406 \text{ m}^3$... větraný prostor obytný

1.2. Infiltrace okny:

$$\text{okna EURO} \dots i = 0,123 \cdot 10^{-4} (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67})$$

$B=16$ charakteristické číslo budovy – krajina s intenzivními větry velmi nepříznivá ($\text{Pa}^{-0,67}$)

$M=0,7$ charakteristické číslo místnosti

$L=35 \text{ m}$ délka spár otevíravých oken na návětrné straně budovy

$$V_{\text{inf}} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \cdot 3600 = 18 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$n_{e \text{ inf}} = \frac{18}{365} = 0,05 \text{ h}^{-1}$$

1.3. Simulace uživatele:

4členná rodina (matka s 2 dětmi doma; vycházky 9–10:30 hod; 14–16:30 hod, otec v práci od 6:30–18:30 hod)

1.4. Simulace provozního režimu:

matka s dětmi : 20 hod pobytu/den doma
 otec : 12 hod pobytu/den doma
 celkem : $D = (3 \times 20) + (1 \times 12) = 72$ pobyt hodin /den

1.5. Oděrové mikroklima:

zvolená kvalita mikroklimatu hodnocená podle CO_2 na úrovni 1100 ppm ($1,1 \text{ l}\cdot\text{m}^{-3}$) při venkovní koncentraci 300 ppm ($0,3 \text{ l}\cdot\text{m}^{-3}$) a produkci $17 \text{ l CO}_2 \text{ h}^{-1}\cdot\text{os}^{-1}$ (průměrná celodenní produkce rodiny pro denní a noční provoz – viz detailní výpočet odst. 1.6) vyžaduje průměrnou dávku čerstvého vzduchu:

$$V_{\text{min}} = \frac{17}{11 - 0,3} = 21 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}^{-1}$$

poznámka: 1100 ppm je nižší než hygienicky přípustná hodnota 1200 ppm pro tř. „C“ podle schválené normy CR 1752 CEN

1.6. Výpočet produkce CO_2 :

a) v klidu (noc):

$q_1 = 40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; frekvence 12 až 16 vdechů·min⁻¹, při kapacitě 500 ml·vdech⁻¹, tj. 360 až 480 l vzduchu·hod⁻¹·os⁻¹. Při obsahu CO_2 ve vydechaném vzduchu 3,5 % obj. je maximální produkce CO_2 :

$p_1 = 480 \times 0,035 = 16 \text{ l CO}_2 \text{ hod}^{-1}\cdot\text{dospělá osoba}^{-1}$. (Obdobně vychází výpočet z produkce $0,26 \text{ l CO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ tj. $15,6 \text{ l CO}_2 \cdot \text{hod}^{-1}$.)

Průměrná produkce CO_2 člena rodiny (2 dospělí + 2 děti):

$$p_{\emptyset} = \frac{(16 \times 2) + 0,8 \cdot (16 \times 2)}{4} = 14 \text{ l}\cdot\text{hod}^{-1}\cdot\emptyset \text{ osoba}^{-1}$$

b) denní:

$q_1 = 60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; při zvýšení produkce na $20 \text{ l CO}_2 \cdot \text{hod}^{-1}\cdot\text{osoba}^{-1}$ je průměrná produkce CO_2 člena rodiny:

$$p_{\emptyset} = \frac{(20 \times 2) + 0,8 \cdot (20 \times 2)}{4} = 18 \text{ l}\cdot\text{hod}^{-1}\cdot\emptyset \text{ osoba}^{-1}$$

1.7. Systém větrání a vytápění:

teplovzdušný cirkulační systém ($n = 1,35 \text{ h}^{-1}$) s řízeným centrálním rovnotlakým větráním s rekuperací, spínaným pouze nárazově pro celý dům podle časového využívání sociálních zařízení a v nočním období časovým relé v periodě 1 hod s nastavitelným doběhem.

A 2. Výpočtová část

2.1. Souhrnné denní hygienicky nutné množství čerstvého vzduchu pro celou rodinu (den = 24 hod.):

$$\sum V_{\text{HYG}} = \sum D \times V_{\text{min}} = 72 \times 21 = 1512 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

2.2. Přirozenou infilrací je teoreticky zajištěno množství čerstvého vzduchu pouze:

$$\sum V_{\text{inf}} = V_{\text{inf}} \times 24 = 18 \times 24 = 432 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

- 2.3. Pro nucené větrání zbývá přivést množství čerstvého vzduchu:

$$\sum \Delta V = \sum V_{HYG} - \sum V_{inf} = 1512 - 432 = 1080 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

- 2.4. Statisticky zjištěna průměrná četnost využití sociálních zařízení v domě s čtyřčlennou domácností
- WC ... 15 den⁻¹, tj. při 5' provozu ... 1,2 hod·den⁻¹
 - koupelna ... 10 den⁻¹, tj. při 5' provozu ... 0,8 hod·den⁻¹
 - koupelna ... 4 den⁻¹, tj. při 15' provozu ... 1,0 hod·den⁻¹
 - vaření ... trvalé sepnutí vypínačem ... 2,1 hod·den⁻¹

celková doba provozu větrání nárazově spínaného větrání ... 5,1 hod·den⁻¹

- 2.5. Automaticky spínané větrání v noci (22 až 06 hod). 7×14' ... 1,6 hod·den⁻¹
- 2.6. Celková doba provozu nuceného větrání ... $d_v = 6,7 \text{ hod} \cdot \text{den}^{-1}$
- 2.7. Při nastavení výkonu centrálního společného odsávání $V_{ods} = 160 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dle DIN 1946-2 (WC = $40 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$; koupelna = $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$; kuchyň = $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) vychází celkové množství odsávaného (a zároveň nuceně přiváděného vzduchu):

$$\sum V_{ODS} = \sum V_{PR} = V_{ODS} \times d_v = 160 \times 6,7 = 1072 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

- 2.8. Celková bilance množství čerstvého vzduchu pro rodinu:

$$\sum V_{ODS, PR} + \sum V_{inf} = 1072 + 432 = 1504 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

$$\cong \sum V_{HYG} = 1512 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

Závěr: Skutečné množství přiváděného a odsávaného vzduchu přesně odpovídá hygienicky požadovanému množství vzduchu dle odst. 1.5.

- 2.9. Celková teoreticky průměrná výměna vzduchu v domě vztahovaná na celý větraný prostor domu v průběhu 24 hodin:

$$n_e = \frac{\sum V_{ODS, PR}}{24 \times V_o} = \frac{1504}{24 \times 406} = 0,15 \text{ h}^{-1}$$

- 2.10. Součinitel doby provozu nuceného větrání

$$K_v = \frac{d_v}{D} = \frac{6,7}{72} = 0,093$$

- 2.11. Grafický průběh koncentrací CO₂ (v ppm) – viz graf 1.

A 3. Předpoklady bilačního způsobu dimenzování větrání

- 3.1. Hygienicky optimální množství čerstvého vzduchu pro částečně adaptované osoby ($21 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{os}^{-1}$) odvádí mimo oděry a CO₂ současně i ostatní škodliviny z interiéru. (TVOC), které jsou vhodným výběrem materiálů v interiéru moderních budov minimalizovány.
- 3.2. Trvalý provoz ventilátoru cirkulačního teplovzdušného vytápění v topném období zajišťuje prakticky homogenní kvalitu ovzduší ve všech obytných místnostech domu.
- 3.3. Výrazně se zvyšuje i „účinnost větrání“ dle ASHRAE (při vyloučení zkratů), při umístění distribučních výústek přiváděného vzduchu v nejbližším místě od dveří.
- 3.4. Statisticky rovnoměrný průběh četnosti využívání hygienického příslušenství a kuchyně v průběhu dne.
- 3.5. Automatické nárazové spínání větrání v nočním období časovým relé nastaveným podle počtu osob (případně spínané čidlem CO₂) s možností individuálního, případně sezónního nastavení požadované hodnoty.
- 3.6. Zásadně rovnotlaký systém větrání s rekuperací vylučuje problémy s kondenzací par v obvodovém plášti, nebo při odtahu spalin z krbu.

B) VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA

B.1. Návrhové parametry mikroklimatu a ovzduší

- 1.1. Zimní období: (3 měsíce topné období)
 $\varnothing t_e = +1,0 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varnothing rh_e = 80 \%$; $\varnothing x_e = 3,5 \text{ g/kg}$
 $\varnothing t_i = +21,0 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varnothing rh_i = 41 \%$; $\varnothing x_i = 6,4 \text{ g/kg}$
- 1.2. Přejícné období: (4 měsíce topné období)
 $\varnothing t_e = +5,3 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varnothing rh_e = 70 \%$; $\varnothing x_e = 4,0 \text{ g/kg}$
 $\varnothing t_i = +21,0 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varnothing rh_i = 45 \%$; $\varnothing x_i = 7,0 \text{ g/kg}$
- 1.3. Letní období: (5 měsíců)
 $\varnothing t_e = +14,0 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varnothing rh_e = 60 \%$; $\varnothing x_e = 6,0 \text{ g/kg}$
 $\varnothing t_i = +23,0 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varnothing rh_i = 50 \%$; $\varnothing x_i = 9,0 \text{ g/kg}$

B.2 Zdroje produkce vodních par v bytě

- | množství | Produkce par |
|---|--------------------------|
| 2.1 osoby – $\varnothing 40 \text{ g} \cdot \text{os}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} - \Sigma 72 \text{ hod} / \text{den}$
2 800 g/den | vývin do obytn. prostoru |
| 2.2 rostliny – $10 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{hod}^{-1} - 5 \text{ ks} = 50 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} \times 24$
1 200 g/den | do obytn. prostoru |
| 2.3 mytí podlah – nárazově
200 g/den | do obytn. prostoru |
| 2.4 kuchyně $500 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1}$ (průměrně) $\times 2,0 \text{ h} \cdot \text{den}^{-1}$
1 000 g/den | do obytn. prostoru |
| 2.5 sušení prádla – $200 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 5 \text{ kg}^{-1} \times 4 \text{ h} \cdot \text{den}^{-1}$
800 g/den | lokálně odtah |
| 2.6 koupelna – $1200 \text{ g} \cdot \text{h}^{-1} \times 2,5 \text{ h} \cdot \text{den}^{-1}$
(\varnothing vana a sprcha), využití jen 50 %
1 500 g/den | lokálně odtah |

Celková produkce $\Sigma Mc = 7 500 \text{ g/den}$

Z toho produkce do obytného prostoru:

$$\Sigma M_{OBYT} = 5 200 \text{ g/den}$$

(přímo ovlivňuje relativní vlhkost obytného prostoru).

B 3. Výpočtová část

- 3.1. Zimní období:

$$\sum V_{min rh} = \frac{\sum M_{OBYT}}{\Delta x_{ie} \cdot \rho} = \frac{\sum \text{produkce par do obytn. prostoru}}{\Delta x_{ie} \cdot \rho} =$$

$$= \frac{pol. 21 \text{ až } 24}{\Delta x_{ie} \cdot \rho}$$

$$\sum V_{min rh} = \frac{5200}{(6,4 - 3,5) \cdot 1,2} = 1494 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \cong$$

$$\cong \sum V_{HYG} = 1504 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

Závěr: Relativní vlhkost v interiéru obytných místností se udržuje v průměru období na požadované hodnotě $rh = 41 \%$.

- 3.2. Přejícné období:

$$\sum V_{min rh} = \frac{5200}{(7,0 - 4,0) \cdot 1,2} = 1450 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \cong$$

$$\cong \sum V_{HYG} = 1504 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

Závěr: Relativní vlhkost se udržuje v průměru období požadované hodnotě $rh = 45 \%$.

- 3.3. Letní období:

$$\sum V_{min rh} = \frac{5200}{(9,0 - 6,0) \cdot 1,2} = 1450 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \cong$$

$$\cong \sum V_{HYG} = 1504 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$$

Závěr: Relativní vlhkost se udržuje v průměru období přibližně na požadované hodnotě (jsou však reálné značně nárazové odchylky).

B 4. Závěr

- 4.1. Množství větracího vzduchu nutného pro dodržení kvality oděrového mikroklimatu (viz část A) bezpečně vyhovuje i pro odvod vlhkosti a hlavně udržení požadované optimální vlhkosti v obytném prostoru prakticky celoročně.
- 4.2. Nárazová zvýšení vlhkosti se vyrovnávají sorpcí a desorpcí do vnitřních povrchů stavebních konstrukcí (běžné sádkokartony, vápenné omítky), vždy s dostatečnou rezervou proti dosažení teplot rosného bodu a vzniku případné kondenzace.

Pozn. redaktora:

Autor o svém přístupu k zajištění větrání a vytápění v nízkoenergetických domech poprvé veřejnost informoval v listopadu 2003 na konferenci CEEERES v Praze, kterou pořádalo Energy Consulting, o.s. ve spolupráci s ČEA ČR a Energy Centre Bratislava. Předkládaný článek vznikl úpravou původního příspěvku. Jedná se o netradiční řešení, které reaguje na požadavky tepelně-technických norem. Článek není recenzován a očekává se, že k němu bude vedena široká diskuze. Významnou příležitostí k ní se jistě stala konference Klimatizace a větrání 2004 pořádaná STP, která proběhla ve dnech 4.–5. 2. 2004 v Praze (dáno do tisku před datem konference).