

Zkušenosti z realizací a provozu EPD v ČR

Martin Jindrák

Autor působí ve společnosti Atria.

Pojem energeticky pasivní dům (EPD) v roce 2013 již prakticky nikoho neohromí, stává se běžným. Kolem roku 2020 by jiný než energeticky nenáročný dům neměl být ani postaven. Při realizaci prvních EPD v České republice v roce 2004 byla situace jiná. Nebylo kde získávat zkušenosti, úzká skupinka zasvěcených byla netrpělivá očekáváním. První domy tak sloužily v podstatě jako obydlené laboratoře.

EPD Rychnov

► Nejpodrobněji byl zmapován provoz, spotřeby a mikroklima energeticky pasivního domu Rychnov, modrého domu z Jizerských hor. Potvrdily se teoretické výpočty potřeby tepla na provoz skutečnou spotřebou v průběhu několika let. Ověřily se předpoklady velikosti prosklení – realizace EPD v ČR měly daleko menší procento prosklení než například energeticky stejné domy v Rakousku. Místo tam běžných 30–40 % jižního prosklení u nás bylo obvyklé cca 11 %. Na slunce chudé zimy 2012/13 nebo 2008/09 potvrdily, že volba byla správná. Obyvatelé Rakouska mají k dispozici 2–3x více slunečního záření, než je běžné u nás.

Ve spolupráci s ČVUT byl podrobně měřen provoz vzduchového zemního výměníku. Po technické stránce se zdál ideální pro potlačení zamrzání rekuperačního výměníku. Na závěr analýz však bylo konstatováno, že energetický přínos v zimním období díky předehřevu vzduchu na úrovni cca 60 kWh/rok (v sazbě elektro přínos 165 Kč) a chladič výkon v letním období nejsou rozumně vyváženy pořizovacími náklady. Vzhledem k nim je vhodnější realizace například tepelného čerpadla vzduch/vzduch s propojením přímo do vzduchotechnické jednotky.

Dále se ověřovala tepelná stabilita objektu jak v zimním období, tak hlavně v období letním při extrémních teplotách. Obava

z přehřívání se nepotvrdila, přímé srovnání s dřevostavbami v okolí jasně prokázalo pozdější reakci na venkovní vlivy, v létě nižší teploty v pokojích až o 4 °C, v zimním období vyrovnanější stav s daleko menším požadavkem na dodávku energie.

K dispozici jsou tisíce údajů, vzájemně se ovlivňujících. Po pochopení jednotlivých vazeb je nyní možné předpovídat chování objektu při užívání. Mnohaleté měření tak boří některé mýty, které se k otázce EPD v ČR vážou. Některé údaje mohou v současné době přispět k vytvoření a hlavně zajištění komfortního prostředí obytných budov. Energeticky pasivní domy splňovaly už v roce 2004 technické parametry, které jsou požadovány nyní (hlavně vzduchotěsnost), jsou vybaveny systémy řízeného větrání se zpětným získkem tepla a bydlí v nich spokojení lidé. Je tedy možné tyto zkušenosti rozšířit na všechny obytné budovy, školy nebo kanceláře.

Vnitřní mikroklima – CO₂ a relativní vlhkost ve vazbě na intenzitu větrání

Většinu dne bohužel trávíme v budovách. Abychom se v nich cítili dobře a mohli podávat odpovídající výkon, je potřebné zajistit v interiéru odpovídající teplotu, vlhkost a přívod čerstvého vzduchu. Legislativa je v požadavcích poněkud roztříštěná, je možné si vybrat mezi několika možnost-

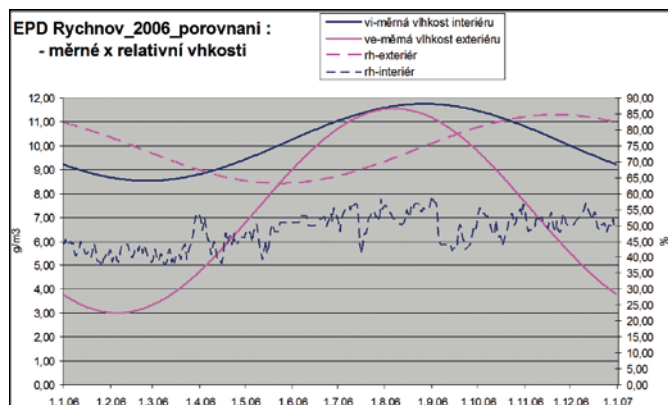
mi dimenzování. Vzhledem ke zkušenostem z EPD je vhodná realizace systému řízeného větrání, kdy je výměna vzduchu řízena nezávisle na užitelích. Jako nejlepší se ukázala instalace a řízení podle čidel kvality vzduchu, konkrétně CO₂. Čím je vyšší koncentrace CO₂ v interiéru v důsledku většího počtu uživatelů a jejich dýchání, tím je vyšší požadavek čidla na výměnu vzduchu, kterou zajišťuje řízené větrání. Přívod vzduchu se tak v průběhu dne neustále mění s cílem zajistit optimální parametry vnitřního prostředí.

Vyhláška o technických požadavcích na stavby (268/2009 Sb., znění 2012) definuje požadavky na výměnu vzduchu pobytových místností: „§ 11 – Denní a umělé osvětlení, větrání a vytápění.

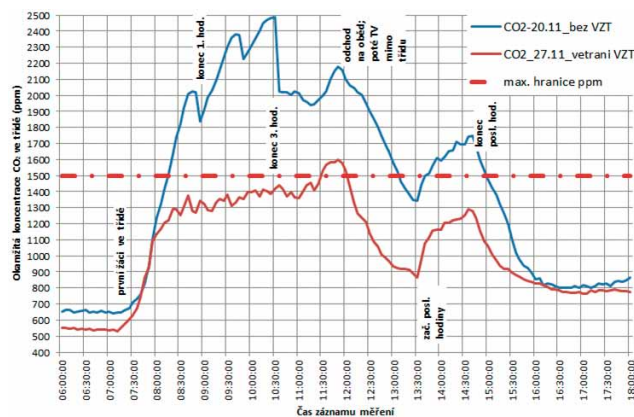
Pobytové místnosti musí mít zajištěno dostatečné přirozené nebo nucené větrání a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty. Pro větrání pobytových místností musí být zajištěno v době pobytu osob minimální množství vyměňovaného venkovního vzduchu 25 m³/h na osobu, nebo minimální intenzita větrání 0,5 1/h. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO₂, jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1 500 ppm.“ Bohužel parametr maximální koncentrace CO₂ je v drtivé většině bytů, škol a kanceláří překračován.

Tab. 1 Porovnání norem v oblasti větrání

Česká státní norma	Intenzita větrání neobsazené místnosti (h ⁻¹)	Intenzita větrání (h ⁻¹)	Dávka na osobu (m ³ /h)	Kuchyň (m ³ /h)	Koupelny (m ³ /h)	WC (m ³ /h)	
ČSN EN 15665 – Z1	minimální hodnota	0,3	0,3	15	100	50	25
	doporučená hodnota		0,5	25	150	90	50
ČSN EN 15251	1. třída	0,1–0,2	0,7	36	100	72	50
	2. třída		0,6	25	72	54	36
	3. třída		0,5	15	50	36	25
ČSN 73 0540 – 2	0,1	0,3–0,6	15–25	odkaz na jiné předpisy			



Obr. 1 Vazba relativní vlhkosti interiéru a exteriéru EPD Rychnov na měrnou vlhkost

Obr. 2 Větrání školní třídy v ZŠ Kostelní Lhota – porovnání koncentrací CO₂ bez VZT systému a s ním

Využití zkušeností

Na základě několikaletých měření zátěží, reakcí systémů, obsazení apod. byla v roce 2006 stanovena požadovaná nastavení výměny vzduchu podle počtu osob, podle typů místností a také výměny vzduchu bez pobytu osob v budově. Na tyto parametry byl následně dimenzován provoz několika tisíc systémů větrání v dalších domech. Jistě stojí za zmínku, že prakticky totožné požadavky navrhuje ČSN EN 15251, která byla přejata z evropské legislativy v květnu 2007 a která se mezi odbornou veřejností začala rozšiřovat po roce 2009. Pro podmínky ČR potřebuje ale ještě drobné korekce.

V rámci měření byl navržen i jednodušší postup pro výpočet množství energie potřebné na dohřev vzduchu. Vzorec známý např. z TNI 73 0329 – „počet osob × 25 m³/h × 0,7“ – a v trochu jiné formě z nejnovejší TNI 73 0331 má původ právě v měření prvních EPD v ČR. Byla vyvrácena tvrzení, že teplovzdušné cirkulační vytápění vysušuje interiér. Je ale úplně lhostejné, jaký systém rozvodu energie zvolíme – jestli radiátory, podlahové topení nebo teplovzdušné cirkulační vytápění. Ve všech případech ohříváme interiérový vzduch. Vysušování interiéru se váže na výměnu vzduchu při větrání. Pokud je výměna interiérového vzduchu za exteriérový buď samovolně infiltrací, nebo předimenzováním řízeného přívodu vzduchu zbytečně vysoká, vzniká deficit mezi vnitřní a venkovní vlhkostí. Typický příklad je panelový dům se starými okny, kterými i při zavření neustále proudí vzduch do bytu v množství 2–4krát vyšším, než je požadavek na přívod vzduchu pro 4 osoby v době pobytu. V zimním období, kdy klima v ČR ovlivňuje suchý vzduch z vnitrozemí Ruska, relativní vlhkost v těchto bytech klesá i na 20 %. Po výměně oken se dostáváme do obráceného problému – lidé nebyli zvyklí větrat. Výměna vzduchu klesá a kromě rostoucích koncentrací CO₂ se zvyšuje i relativní vlhkost, a to i nad 70 %. Následně dochází ke kondenzaci této vlhkosti na trochu chladnějších okenních plochách. Ve vzduchotěsných domech vybavených systémem řízeného větrání není problém zajistit odpovídající stav prostředí. Naprosto

běžně se koncentrace CO₂ udržuje v rozsahu 800–1 200 ppm, relativní vlhkost od 38 (spíše však od 40) do 52 %. Uživatelé si na tento stav velmi rychle zvyknou, pobyt v jiném prostředí pak ale vnímají s daleko větší citlivostí. Nejvíce podnětů je od dětí, které nejsou ještě ovlivněny konvencemi a nemá problém si postěžovat. Oblast parametrů vnitřního prostředí školních budov může sloužit jako ukázkový příklad i pro kancelářské prostory nebo obchodní centra.

Větrání školních budov

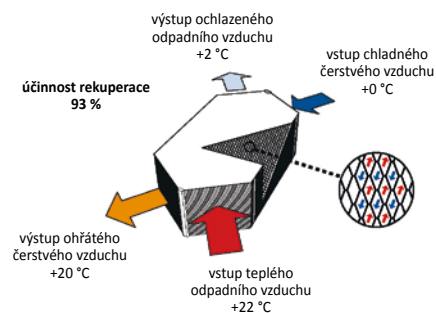
Už v prvních stavebních předpisech c. k. mocnářství bylo definováno větrání školních síní. Od té doby jsme na to pozapomněli, obvykle z finančních důvodů. Koncentrace CO₂ ve třídách jsou zvýšené, delší část vyučování nad maximální hodnotou 1 500 ppm. Děti tak nejsou hyperaktivní a rozjívěné, ale unavené a mají problém udržet pozornost z důvodu nekvalitního prostředí. Ani o přestávkách není zajištěno provětrání, protože okna se z bezpečnostních důvodů nesmějí otvírat. Navíc často by otevřeným oknem do třídy šel hluk z blízkých komunikací, prach atd. Povinností zřizovatele je přitom zajistit přívod vzduchu 20–30 m³/h na žáka. Tuto povinnost mu ukládá vyhl. 410/2005 Sb. Z ekonomických důvodů je ale toto mlčky přecházeno. K dispozici je mnoho měření, studií a návrhů na zlepšení. Můžeme však navštívit školu, kde je výměna vzduchu zajištěna. Je to taková analogie prvních energeticky pasivních domů, které fungovaly jako vzorová realizace pro přesvědčení zájemců.

Krásnou ukázkou je školní budova, která byla postavena právě v dobách c. k. a od té doby prošla několika více či méně zdařilými úpravami. Poslední, ale velmi zásadní rekonstrukce proběhla v roce 2012. K hygieně vnitřního prostředí patří dostatek světla. Na základě provedené studie osvětlení bylo doporučeno vybourání nových oken a úprava stávajících. Není bez zajímavosti, že navržená okna přesně kopírovala původní otvory z doby postavení kolem roku 1890, odkryté odsekáním omítek. Stávající akumulční elektrická kamna byla nahrazena radiátory, zdroj tepla je nyní tepelné čerpadlo vzduch/

voda. Samozřejmě se objekt tepelně zaizoloval, ale po doplnění ozdobných polystyrenových říms kolem oken je budova na pohled stejná jako v roce 1890. Jen má daleko menší potřebu tepla na vytápění a ve třídách je stabilnější teplota. Díky odpovědnému přístupu starosty obce, zřizovatele a provozovatele školy, se řešila i výměna vzduchu pro dvě malotřídky. Osazením těsných oken a provedením venkovní termofasády byl předpoklad výrazného zlepšení vzduchotěsnosti, a tím snížení přívodu vzduchu do tříd neřízeně – infiltrací. Povinností zajistit vhodné vnitřní prostředí vedla k posuzování možností a variant, které byly porovnávány hlavně s možnými finančními prostředky na realizaci. Nakonec byla osazena společná vzduchotechnická jednotka s rekuperační tepla, která se běžně používá pro velké rodinné domy. Vzduch je přiváděn do prostoru nad tabulemi a ze zadní části obou tříd je odváděn. Kombinací předvětrání prostoru ráno před příchodem žáků a následného udržování potřebného výkonu prostřednictvím čidel CO₂ v každé třídě dokáže výkonově mírně poddimenzovaná jednotka zajistit udržení parametrů vnitřního prostředí. Za celou topnou sezonu byla okna otevírána pouze pro snížení teploty vzduchu ve třídě na začátku hodin zpěvu. K překročení koncentrace CO₂ nad 1 500 ppm došlo celkem 5krát (při slavnostním otevření školy a podobných akcích) – vždy při výrazně vyšší počtu osob, než je běžné. Požadavky vyhlášky jsou zajištěny a učitelky si pochvalují vyšší pozornost žáků a na sobě pozorují daleko menší únavu z vyučování. Sice se jedná o malý vzorek žáků, ale první nemocný žák byl ve školním roce 2012/13 až po jarních prázdninách. Na nízkou nemocnost má jistě vliv i využívání řízené výměny vzduchu s rekuperační tepla a filtrováním od prachových částic.

Řízené větrání se zpětným ziskem tepla

Přiváděný vzduch je potřeba z venkovní teploty ohřívát na teplotu interiéru. Aby byl tento provoz co nejméně finančně náročný, využívá se možnosti zpětného zisku tepla. Rekuperační výměník uvnitř vzduchotech-

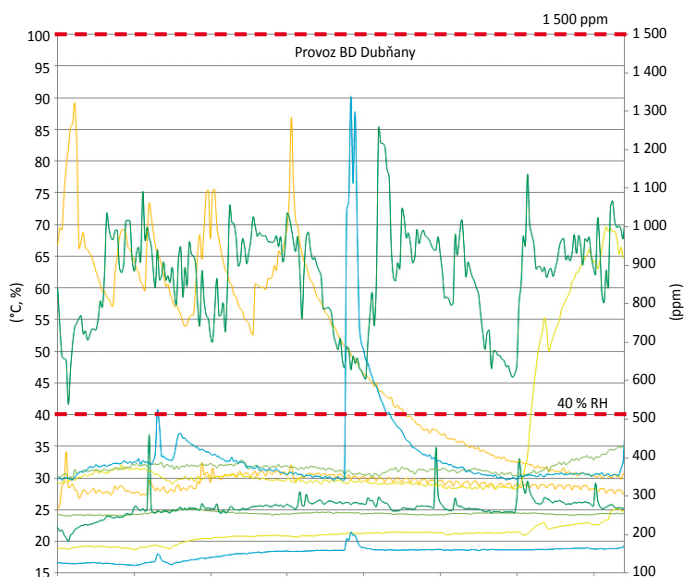


Obr. 3 Rekuperační výměník

nické jednotky tenkými stěnami odděluje vzduch přiváděný do objektu a odváděný z něj. Teplejší odpadní tak předehřívá přiváděný, čímž se šetří průměrně kolem 85 %, nárazově až 95 % energie. Při instalaci tohoto systému je nutné, abychom měli maximum vzduchu pod kontrolou pro možnost využití energie. Proto je tlak na maximální vzduchotěsnost objektu, a tím potlačení neřízeného proudění vzduchu netěsnostmi konstrukcí. V rodinném domě je tak možné ušetřit díky větrání s rekuperací tepla 1 800–3 800 kWh/rok, při topení elektrinou se jedná o snížení provozních nákladů až o 7 000 Kč/rok. Protože ventilátory VZT zařízení jsou poháněny elektrinou, je nutné, aby měly minimální spotřebu. Nejnovější generace zařízení využívá tzv. EC ventilátorů – volné oběžné kolo. Systém v rodinném domě tak za rok spotřebuje 210–290 kWh, v nákladech je to cca 580 Kč/rok. Celková provozní úspora tím je na úrovni cca 6 400 Kč, bonus navíc je komfort bydlení, čerstvý vzduch atd.

Energeticky pasivní bytový dům

Dalším výrazným prostorem pro využití zkušeností energeticky pasivní výstavby jsou rekonstrukce a novostavby bytových domů. V Dubňanech byla provedena přestavba nevyužívané školní budovy na energeticky pasivní bytový dům. Z pohledu řízeného větrání byla zvolena koncepce centrální jednotky zajišťující výměnu vzduchu pro několik bytů s možností nastavení a řízení výkonu větrání individuálně z každého bytu. Běžná kontrola centrálních jednotek včetně výměny filtrů je



Obr. 4 Převětrání bytového domu způsobilo nízkou vlhkost

zajišťována správcem. Uživatelé nemusejí v tomto směru nic zajišťovat, v nákladech je tato údržba stojí 245 Kč/rok/byt. Energeticky ušetří systém řízeného větrání pro celý bytový dům 53 000 kWh, při vytápění plynem je tak finanční úspora cca 84 800 Kč/rok. Pořizovací náklady jsou tedy za cca 11 let provozu zpět, bonus navíc je kvalitní vnitřní prostředí a přívod vzduchu o příjemné teplotě. I tato první velká realizace energeticky pasivního objektu v ČR byla vyžita pro výzkum

a ověřování. Už při nastavení základních parametrů výkonu řízeného větrání bylo jasné, že přijdou problémy, přesto bylo dodrženo znění nejnižšího požadavku ČSN EN 15251 – tedy bez přítomnosti osob výměna vzduchu rovnající se 0,1 násobku obestavěného prostoru. Další předpisy, například ČSN 15665, přitom požadují výměnu vzduchu ještě vyšší (tab. 1). Trvalé větrání tak bylo nastaveno dle ČSN EN 15251 na 20 m³/h bez možnosti vypnutí uživatelem. Zvýšení výkonu větrání

Tab. 2 Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ z ČSN 73 0540-2.

Větrání v budově	$n_{50,N}$ (h ⁻¹)	
	Hodnoty doporučené	Hodnoty cílové
Přírozené nebo kombinované	4,5	3,0
Nucené	1,5	1,2
Nucené se ZZT	1,0	0,8
Nucené se ZZT v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní domy)	0,6	0,4



Obr. 5 Škola v Kostelní Lhotě kolem roku 1930



Obr. 6 Škola v Kostelní Lhotě kolem roku 1963

mělo být zajišťováno osazenými čidly CO₂ a signály při rozsvícení v koupelnách a toaletách a při vaření. Díky instalovaným čidlům CO₂ doplněným čidly relativní vlhkosti a také čidly teploty v regulaci VZT zařízení byly známy provozní parametry ve všech bytech. Výsledek bohužel nebyl překvapením – po několika týdnech provozu byla relativní vlhkost v bytech na nízké úrovni – nejčastěji kolem 29 až 35 % (obr. 4). Ideální vlhkost by se měla pohybovat v pásmu 38–55 %.

Z měření byly jasně patrné zvýšené výkony větrání kvůli požadavkům z koupelen a toalet. Kuchyně se neprojevovaly vzhledem k chybné volbě a zapojení požadavku – místo vypínače byly osazené pouze spínače. Z měření je patrná velmi nízká koncentrace CO₂, drtivou většinu času pod nastavenou úrovní 900 ppm, od které měla čidla CO₂ postupně plynule zvyšovat požadavek na výkon větrání dle aktuální zátěže (např. při 1 000 ppm na 30 m³/h). Jak již bylo naznačeno, nejednalo se o překvapení a výsledek byl bohužel očekáván. Jiná realizovaná měření podrobně mapují celoroční vlhkosti v interiéru a exteriéru budov. Díky vnitrozemskému klimatu a zimnímu vzduchu z Ruska je ve venkovním prostředí malý obsah vlhkosti. Jakýmkoliv větráním a výměnou tohoto venkovního vzduchu za vnitřní, vlhký, vzniká deficit, který je potřeba pokrýt – odparem ze zalévání květin, dýcháním osob apod. Pokud ale obyvatelé ráno odejdou do práce a přijdou odpoledne nebo večer, pak jsou tyto zisky minimální. Dle požadavků norem se však má větrat, byť minimálním výkonem, stále.

V tomto případě bylo následně trvalé provětrávání vypnuto, bez pobytu osob se nevětralo. Veškeré řízení výkonu bylo ponecháno na reakci čidla CO₂ a externích signálech a přednastavil se výkon pro noc, kdy se předpokládá trvalý pobyt osob. Následná měření prokázala, že relativní vlhkost se zvýšila na



Obr. 7 Škola v Kostelní Lhotě po rekonstrukci v roce 2012

úroveň 36–43 %, koncentrace CO₂ se pohybovala do 1 350 ppm – vyšších koncentrací nebylo dosahováno díky reakci čidla a možnosti zvýšení výkonu větrání až na 180 m³/h, tedy několikanásobek požadavku větrání dle počtu osob. Jsou sice porušeny i minimální požadavky ČSN, ale uživatelé vyhodnocují tento stav jako výrazné zlepšení a plně komfortní prostředí.

Budovy v energeticky pasivním standardu, resp. vzduchotěsné potřebují jiný přístup. Bude také potřebné názorově sjednotit požadavky jednotlivých norem. Kromě kvality vnitřního prostředí je rovněž nutné pečlivě posuzovat volbu systému a ekonomické aspekty celé realizace. Větrání by mělo být dimenzováno dle požadavků, zátěže a počtu uživatelů, nikoliv dle obestavěného prostoru. Přesto je možné konstatovat, že pasivní

přestavba nebo novostavba vybavená systémem řízeného větrání je jak z ekonomického, tak zdravotního hlediska podstatně výhodnější, nepochybnitelná je také návratnost investice.

Obrázky: Atrea a archiv obce Kostelní Lhota

Poděkování

Kromě některých částí zpracovávaných ČVUT Praha nebyly ani zpracování článku, ani prováděné výzkumy a měření v uplynulých letech podpořeny žádným dotačním titulem, vše je realizováno za peníze a s ochotou nadšených investorů a soukromých výrobních firem.

Přesto tyto realizace energeticky pasivních rodinných a bytových domů nebo škol ukazují směr dalšího trendu. Zároveň dokazují, že všichni zúčastnění – od projektantů a staveňů až po uživatele – mohou být nakonec finančně spokojeni.