



1 Bytový dům Dubňany

Energeticky pasivní bytový dům Dubňany – úspěšná konverze školní budovy

V České republice se nachází velké množství nevyužitých školních, armádních a výrobních budov. Většina z nich chátrá. Přitom se neustále stavějí budovy nové – potenciál obnovy a regenerace budov se trestuhodně opomíjí. Článek přináší popis úspěšné konverze školní budovy na pasivní bytový dům.

Historie

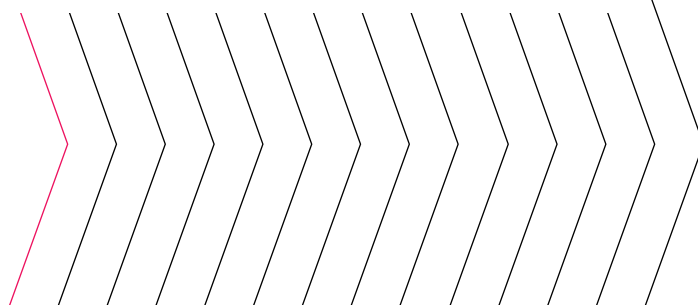
V Dubňanech, malém městečku nedaleko Hodonína, byl vybudován velký školní areál na přípravu učňů pro lignitové doly. S útlumem hornictví se

postupně uzavíral, jako poslední jej opustili žáci základní školy, kteří využívali nejnovější budovu kolaudovanou v roce 1989. Od roku 2001 tak areál zůstal opuštěný. Naštěstí nedošlo k vel-

ké devastaci budov, město totiž relativně včas nabídlo téměř celý areál k prodeji. Zájemce, který areál koupil, přišel na české poměry s velmi ambiciózním plánem obnovy – přestavět část



realizace autoři: Martin Jindrák, Zdeněk Kaňa



Bytový dům Dubňany:

- dvacet sedm bytových jednotek typu 2+kk až 4+1 pro celkem 81 obyvatel;
- podlahová plocha bytů: 57,83–107,65 m²;
- budova byla navržena a realizována v energeticky pasivním standardu;
- měrná potřeba tepla na vytápění podle TNI 73 0330:
 $E_a = 11,10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$; podle výpočtu metodikou PHPP:
 $E_a = 12,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;
- tepelná ztráta pro dimenzování výkonu zdroje tepla (lokalita s návrhovou teplotou $-12 \text{ }^\circ\text{C}$): 38,87 kW;
- celková roční potřeba tepla na vytápění podle velikosti bytu: 700–1304 kWh/a.

budov na bytové domy v energeticky pasivním standardu. Ze školní jídelny má v plánu vybudovat místo pro semináře nejen o energeticky pasivní výstavbě, ale také pro zábavu; v ostatních částech pak obnovit saunu, vybudovat prostory pro rehabilitaci. Tedy spojit bydlení, vzdělávání a zábavu.

Proč volit obnovu a konverzi budovy?

Výhody regenerací budov do energeticky pasivního standardu jsou následující:

- Budovy jsou už připojeny na inženýrské sítě, není potřeba složitě jednat o kapacitách jednotlivých sítí – např. ve školách bylo více osob než v budoucích bytech.
- Jsou 100% prověřeny základací podmínky – je zřejmé, zda je budova bez poruch, nebo jsou poruchy již viditelné a je možné stanovit způsob jejich opravy.
- U školských staveb jsou minimalizovány bourací práce; např. třída s kabinetem má zpravidla plochu odpovídající běžnému bytu, tj. cca 70–90 m².

Při každé regeneraci budovy jsou velmi podstatné náklady na přebudování (vybudování) vnitřních rozvodů vody, kanalizace a elektřiny. U kompletní přestavby jsou náklady těchto částí stejné jako u novostaveb. Navýšení ceny za demontážní přípravné práce

lze vhodně snížit prodejem železa a radiátorů do sběrných surovin. Na první pohled jsou zřejmé vysoké náklady na revitalizaci obálky budovy do energeticky pasivního standardu: výměna otvorových prvků, fasády, zateplení prvního a posledního nadzemního podlaží. Opět však platí – náklady na materiál jsou stejné jako u novostaveb nebo „běžných“, tedy částečných, regenerací budov. Rozdíl spočívá pouze ve zvětšení tloušťky izolací konstrukce obálky a vytvoření vzduchotěsné roviny.

Stavebně technické řešení

Návrh konverze vycházel z původního stavu budovy, která byla v poměrně dobrém technickém stavu bez statických poruch a podmáčení nebo zatékání.



Výhodou pro přestavbu se stalo vnitřní členění na třídy a kabinety, jež nevyžadovalo žádné radikální demoliční zásahy. Vybouraly se jen stěny oddělující hygienická zařízení. Velkou výhodou byla konstrukce stropu tvořená železobetonovými skořepinami o konstrukční výšce 400 mm, doplněná ve spodní části minerální zvukovou izolací o tloušťce 100 mm, položenou na ocelový trapézový plech. Ten byl připevněn ke spodní části železobetonových skořepin. Plech tvořil nosnou konstrukci pro sádkokartonový podhled. Doplněním podlahových konstrukcí a dalšího zavěšeného sádkokartonového podhledu vznikla jak tepelně, ale především zvukově velmi kvalitní konstrukce.

Izolace obálky budovy

Stavební část bytového domu Dubňany byla navržena a postavena podle zásad energeticky pasivní výstavby: stávající štítové stěny a podélné fasády doplnila izolace o tloušťce 200 mm. V sutěru byla stávající tepelná izolace (200 mm) doplněna vrstvou polystyrenu o tloušťce 80 mm. Střešní prostor, který tvořily dřevěné vazníky s tepelnou izolací o tloušťce až 100 mm, byl doplněn foukanou celulózu ve vrstvě 300–400 mm. Původní konstrukci obálky budovy tvořily železobetonové panely a ve spojovacích místech sendvičové boletické panely. Ty byly vyměněny za obvodovou konstrukci



2 Původní stav školní budovy před konverzí

pro dřevostavby s tloušťkou 360 mm. Zkušenosti z realizace jednoznačně potvrdily vhodnost této volby suchého technologického procesu. U klasické zděné konstrukce existuje zvýšené riziko místního nárůstu vlhkosti v budově, která již byla suchá. Tím může lokálně vznikat nebezpečí vzniku plísní nebo drobných prasklin, především v místě styku s původní konstrukcí. Dřevostavba je také vhodná jako přístavba, a to z důvodů rychlosti a nízké náročnosti na staveništní dopravu a montáž.

Vytápění a ohřev vody

Místo původní plynové kotelny se třemi kotli o výkonu 3×120 kW se nově využila bývalá šatna kotelníka. Pro vytápění a ohřev teplé vody slouží dva kondenzační kotle o výkonu 2×28 kW. Stejný typ kotlů se standardně používají v rodinných domech. Systém vytápění je teplovodní se základním spádem 48/40 °C a ekvitermní regulací. Stávající litinové článkové radiátory byly nahrazeny novými deskovými otopnými tělesy

Tepelně technické parametry konstrukcí:

obvodové stěny: $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$;
strop nad 3.NP: $U = 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$;
podlaha v 1.NP: $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$;
okna: $U_w = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$;
střední hodnota $U_{em} : U_{em} = 0,182 \text{ W/m}^2\text{K}$;
vzduchová neprůvzdušnost: $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$.



3 Skica nového řešení – konverze na bytový dům

osazenými termohlavnicemi. Počet otopných těles je oproti původnímu stavu přibližně poloviční s cca 1/3 původní předávací plochy. Teplá voda se ohřívá centrálně plynovým kotlem, je provedena příprava na doplnění solárního systému.

Volba nuceného větrání

Každý, kdo v současnosti staví kvalitně nebo zodpovědně regeneruje budovy, by si měl uvědomovat nutnost zajištění zdravého vnitřního prostředí a nevnímat jen úspory energie. Zajistit větrání budovy je důležité v první řadě s ohledem na uživatele, tedy jejich potřeby a zdraví, z tohoto pohledu na energetickém zatřídění budovy nezáleží. Energetické úspory musí z tohoto pohledu figurovat až na druhém místě. V současnosti má běžná regenerovaná budova, nebo i novostavba, realizovaná s ohledem na nízké provozní náklady a komfort budoucích obyvatel, neprůvzdušnost budovy přibližně $n_{50} = 3,5-1,5 \text{ h}^{-1}$. Podle ČSN jsou potřebné parametry vzduchotěsnosti ještě nižší (tab. 1 ⊕). Jde však jen o hodnoty doporučené. Vzduchotěsnosti se dosahuje systémovým provedením obvodového pláště a vhodným napojením těsných oken – plastových nebo dřevěných.

BD Dubňany dosáhl hodnoty $n_{50} = 0,59 \text{ h}^{-1}$. Velmi výrazně se tak snižují požadavky na výkon

otopné soustavy a klesají provozní náklady. Neřízené pronikání venkovního vzduchu do budovy však již nestačí na zajištění nutné hygienické výměny vzduchu. V BD Dubňany pokrývá průměrná infiltrace ($280 \text{ m}^3/\text{h}$) požadavek na větrání pro jedenáct osob, budova je však projektována pro obsazení jednaosmdesáti osobami. Z energetického a také zdravotního hlediska neobstojí konstatování používané v drtivé většině technických zpráv, že větrání bude zajištěno pouze otevíráním oken.

Při systémově neřízeném a v zásadě náhodném větrání okny se do budovy přivádí vzduch o okamžité venkovní teplotě společně s prachem nebo pylem. V některých lokalitách snižuje komfort bydlení i venkovní hluk. Nelze také očekávat, že spící osoba několikrát za noc otevře okno dokořán na rychlé vyvětrání.

Vyhláška o technických požadavcích na stavby (č. 26/2009 Sb., ve znění 2012) stanovuje v § 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 $25 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobu, nebo minimální intenzita větrání $0,5 \text{ l/h}$. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO_2 , jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1500 ppm .

Doplňující české technické normy pak upřesňují další výkonové požadavky na výměnu vzduchu, podle kterých je vhodné zajistit také dostatečnou výměnu vzduchu v obytných budovách (tab. 2 ⊕).

Nucené větrání

Systém nuceného větrání umožňuje snížení provozních nákladů využitím energie z teplého vzduchu odcházejícího z budovy – zpětným získáváním tepla. Zároveň systém komfortně zajišťuje rozdílné požadavky na větrání podle denní doby nebo činnosti uživatelů budovy. Dostatečný přívod čerstvého vzduchu také významně přispívá ke snížení nemocnosti a vyšší výkonnosti uživatelů budovy. Venkovní vzduch je do budovy přiváděn předehřátý, zbavený prachu a pylu, bez hluku z venkovního prostředí. Tyto vlastnosti mohou být klíčové pro alergiky, nebo pro majitele budov v lokalitách s velkou zátěží hlukem (například u rušných komunikací). Nucené větrání tedy přináší nižší provozní náklady a výrazně vyšší komfort pro uživatele budovy.



Větrání BD Dubňany

Během projektové přípravy se podrobně zvažovaly **různé systémy nuceného větrání** – podtlakové, přetlakové, rovnotlaké, systémy centrální a decentrální, včetně využití zpětného získávání tepla. Realizace energeticky pasivní budovy se bez zpětného získávání tepla z větrání neobejde, podíl zpětně získané energie je v celkové spotřebě energie vysoký. U BD Dubňany odpovídá množství energie potřebné na pokrytí ztrát prostupem. Snížení potřeby energie mezi větráním bez zpětného získávání tepla (teoreticky např. okny) a nuceným větráním s rekuperačním výměníkem zlepšil i zatřídění budovy v energetických hodnoceních.

Byly také zvažovány aspekty instalace a provozu celého systému vzhledem k obsluze, výměně filtrů, nastavování individuálního výkonu, ceně instalace, zásahů do stavební části (např. kvůli tepelné izolaci potrubí), dispozičnímu umístění vzduchotechnických zařízení v budově, elektrickému propojení a mnoho dalších.

Hlavní prioritou se stala nakonec obsluha, přesněji řečeno minimální zátěž pro koncového uživatele. Po vyhodnocení všech uvedených hledisek byl vybrán **systém centrálního větrání** se zpětným získáváním tepla a s individuálním řízením výkonu větrání z každého bytu, nezávisle na ostatních bytech (**obr. 5**).



4 Letecký pohled na areál s již opraveným bytovým domem

Rozvody VZT potrubí v podhledu pod stropem

Centrální systém nuceného větrání

Navrženy byly dvě centrální jednotky, jedna pro jedenáct a druhá pro třináct bytů. V každém bytě je umístěn regulační bytový box regulující přívod vzduchu do bytu. Uživatel reguluje výkon větrání několika způsoby.

- Vědomě – naprogramováním týdenního režimu nebo okamžitým zásahem na ovladači (manuální korekci). Korekce mohou probíhat i přes webové rozhraní s přístupem přes počítač uživatele, tablet apod.
- Svoji činností – např. rozsvícením světla v koupelně, WC a v kuchyni.
- Automaticky – výkon větrání řídí čidla kvality vzduchu, např. CO₂.

Úspory energie a nákladů

Vzhledem k této koncepci systému není na uživatele kladen žádný požadavek na údržbu zařízení, tedy výměnu filtrů, pravidelné revize – to vše zajišťuje domovník centrálně.

Centrální systém větrání sníží provozní náklady oproti větrání okny o cca 1800–3800 kWh/byt. Pro 27 bytů v BD Dubňany (konzervativní výpočet) jde o tyto úspory: snížení spotřeby energie: 1890 x 27 bytů = 52 920 kWh/rok (včetně započítání příkonu zařízení). Při ceně cca 1,6 Kč/kWh (cca 440 Kč/GJ) jde o finanční úsporu 84 672 Kč/rok.

Centrální jednotka může vzhledem k připojení na webové rozhraní zasílat údržbářům informace o časových termínech prováděných kontrol.

Půdorys 1.NP – původní stav ⊕

Půdorys 1.NP – nový stav po konverzi budovy ⊕

Situace umístění domu v areálu původní školy ⊕



6 Výměna boletických panelů za konstrukci používanou v dřevostavbách

Náklady na výměnu filtrů a běžnou údržbu také nejsou příliš vysoké:

- Výměna filtrů cca čtyřikrát ročně, cena přívodního filtru činí cca 340 Kč/ks, odpadní filtr: cca 240 Kč, práce: cca 10 min. na obě centrální jednotky (včetně času přemístění údržbáře mezi zařízeními). Na byt tak vychází náklad přibližně $(4 \times 320 + 4 \times 240 + 4 \times 100 \text{ Kč práce}) / 11 \text{ bytů} = 245 \text{ Kč/byt za rok}$.
- Drobná údržba a čištění zařízení včetně čištění rekuperačního výměníku v horizontu pěti až sedmi let vychází na jeden byt na cca 60 Kč/rok.
- Celkové provozní náklady na výměnu filtrů a drobnou údržbu tak činí cca 300 Kč/rok a byt.

Decentrální systém nuceného větrání

Pro porovnání byl ve čtyřech bytech navržen a instalován decentrální systém větrání. Každý z těchto bytů má vlastní, samostatnou větrací jednotku, umístěnou přímo v daném bytě. Snížení potřeby energie na vytápění se bude na byt pohybovat obdobně jako pro centrální systém. Provozně se opět jedná o výměnu filtrů a drobné čištění zařízení, které však tentokrát provádí uživatel každého bytu – nezapočítává se tak jeho práce. Náklady činí cca 30 Kč/přívodní a odvodní filtr, při výměně standardně čtyřikrát ročně se tak jedná o cca $(4 \times 2 \times 30) = 240 \text{ Kč/rok}$, bez započítání času uživatele.

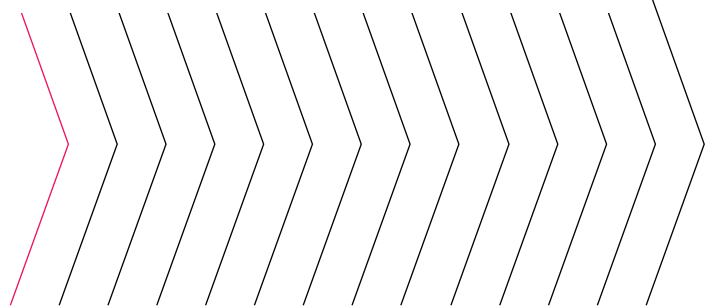
Provozně-uživatelské náklady jsou pro oba systémy v zásadě stejné. Pořizovací náklady na re-


alizaci jsou od cca čtyř bytů výše výhodnější pro systém centrálního větrání se společnou VZT jednotkou a regulačními bytovými boxy.

Pořizovací náklady a návratnost investic

Pro srovnání pořizovacích, zvýšených nákladů na regeneraci domu v energeticky pasivním standardu a pro posouzení jejich finanční návratnosti lze uvést následující rozdíly oproti pouze částečným stavebním úpravám (tyto rozdíly však platí i pro novostavby), viz **tab. 3 ⊕**.

Při běžné ceně jednoho bytu 1,5 mil. Kč je cena vyšší o 7%. Pro budoucí uživatele jsou podstatné náklady na provoz. V bytech energeticky pasivního bytového domu Dubňany, které mají



podlahovou plochu 64–130 m², se pohybují náklady na vytápění (zdrojem tepla je plyn) na úrovni cca 1150–2340 Kč/rok, a to s veškerým komfortem nuceného větrání, vyššími povrchovými teplotami konstrukcí atd. V novostavbě ve stejné oblasti, avšak v nižším energetickém standardu, jsou však náklady na vytápění poněkud vyšší. Pro porovnání byla referenční podlahová plocha bytu převedena na 80 m² odpovídajících vybrané novostavbě. Porovnání provozních nákladů v současných cenách energií po dobu deseti let ukazuje **tab. 4** .


V tomto modelovém případě se vyšší pořizovací náklady vrátí přibližně za 8,5 roku (bez zohlednění vlivu zvyšování cen energií). Zohlední-li se také vliv rozdílného chování uživatelů, lze konstatovat, že pasivní přestavba je jak z ekonomického, tak zdravotního hlediska podstatně výhodnější.

Zkušenosti z provozu

Už při nastavení základních parametrů výkonu nuceného větrání bylo zřejmé, že nastanou problémy, přesto bylo dodrženo znění nejnižšího požadavku ČSN EN 15251 – výměna vzduchu rovnající se 0,1 násobku obestavěného prostoru (intenzita větrání neobsazené místnosti). Další předpisy, např.




7 Původní (nahoře) a nová kotelna (dole)

ČSN 15 665, přitom požadují výměnu vzduchu ještě vyšší (tab. 2). Trvalé větrání tak bylo nastaveno podle ČSN EN 15 251 na 20 m³/h, bez možnosti vypnutí uživatelem. Zvýšení výkonu větrání měla zajišťovat osazení čidly CO₂, signály při rozsvícení v koupelnách a toaletách i při vaření. Vzhledem k instalovaným čidlům CO₂, doplněným čidly relativní vlhkosti, a také čidlu teploty v regulaci VZT zařízení byly známy provozní parametry ve všech bytových jednotkách. Výsledek bohužel nebyl překvapením – po několika měsících provozu se pohybovala relativní vlhkost v bytech na nízké úrovni – okolo 29–35 % (**graf 1** ). Ideální

vlhkost by se měla pohybovat v pásmu 38–55 %.

Z měření byly jasně patrné zvýšené výkony větrání díky požadavkům z hygienických zařízení. Požadavky z kuchyně se neprojevovaly kvůli chybné volbě – místo vypínače byly osazeny pouze spínače (na základě měření byl dán podnět k nápravě). Měření také ukázalo velmi nízké hodnoty koncentrace CO₂. Drtivou většinu času se pohybovaly pod nastavenou úrovní 900 ppm, od které měla čidla CO₂ postupně plynule zvyšovat požadavek na výkon větrání podle aktuální zátěže (např. při cca 1000 ppm na cca 30 m³/hod).

Tento výsledek se však očekával. Jiná měření, např. z roku

2006, podrobně mapovala celoroční vlhkost v interiéru a exteriéru budovy (graf 2 ). Vzhledem k vnitrozemskému klimatu a zimnímu proudění vzduchu z kontinentálního Ruska má v zimě venkovní prostředí malý obsah vlhkosti. Jakýmkoliv větráním a výměnou venkovního vzduchu za vnitřní, vlhký, vzniká deficit, který je potřeba pokrýt – odpařováním ze zalévání květin, dýcháním osob apod. Pokud však obyvatelé odejdou ráno do práce a přijdou až odpoledne nebo večer, jsou tyto zisky minimální.

Podle požadavků z platných předpisů se však má větrat stále, byť minimálním výkonem. Přes tyto požadavky bylo následně z výše uvedených důvodů trvalé větrání v domě vypnuto, bez pobytu osob se tedy nevětralo. Veškeré řízení výkonu bylo ponecháno na reakci čidla CO₂, externích signálech a přednastavení výkonu pro noc, kdy se předpokládá trvalý pobyt osob. Následná měření prokázala, že relativní vlhkost se zvýšila na úroveň 36–43 %, koncentrace CO₂ se pohybovala do 1350 ppm. Vyšších koncentrací CO₂ dosaženo nebylo, a to vzhledem k reakci čidla a možnosti zvýšit výkon větrání až na 180 m³/h, tedy několiknásobku požadavku větrání podle počtu přítomných osob. Tím sice vzniká nesoulad s minimálními požadavky norem ČSN, ale uživatelé vyhodnocují tento stav jako výrazně lepší a prostředí považují za plně komfortní.



8 Stínění zamezuje přehřívání interiéru v letních měsících

Závěr

Budovy v energeticky pasivním standardu, respektive vzduchotěsné budovy, očividně potřebují jiný přístup a možná i posun v myšlení, než se obecně předpokládá. Bude rovněž potřeba sjednotit rozdílné požadavky jednotlivých norem. Kromě kvality vnitřního prostředí je také nutné pečlivě posuzovat volbu systému a ekonomické aspekty celé realizace. Větrání by mělo být nastaveno podle požadavků, zátěže a počtu uživatelů, nikoliv podle obestavěného prostoru.

Celkovou realizaci ani zpracování článku nepodpořil žádný dotační titul, vše hradil investor. Projekt BD Dubňany ukazuje možnosti dalšího vývoje a trendů. Zároveň dokazuje, že lze nalézt řešení, které zajistí i ekonomickou spokojenost všech zúčastněných – od projektantů, stavbařů, až po uživatele budovy.

Autor:

Martin Jindrák, Atrea s.r.o.

E-mail: martin.jindrak@atrea.cz

www.atrea.cz

Zdeněk Kaňa, Úsporné bydlení s.r.o.

E-mail: uspornebydleni@email.cz

www.uspornebydleni.cz