

Poznámky k pilotnímu projektu regenerace panelového domu na Oblé 14

Jan Hollan, Hvězdárna a planetárium M. Koperníka v Brně

12. dubna 2003

Obsah

1	Větrání	1
1.1	Průřezy vzduchovodů musí být několikanásobně větší	2
1.2	Tempo větrání by mělo být regulovatelné	3
1.3	Centrální přehřev vzduchu	4
1.4	Solarwall	4
1.5	Zvlhčování z koupelny?	5
1.6	Těsnění a blow-door test	5
1.7	Otevírání oken a vnitřní izolace	5
1.8	Poznámka o větrání nové nástavby	6
2	Měření a rozúčtování nákladů	6
3	Doporučuji lépe izolující a důmyslná okna	7
4	Diskuse solárního systému	7
4.1	Nemalá část každé budovy má být slunečním kolektorem	7
4.2	Náklady, výnosy, estetická kritéria	8
4.3	Dimenzování a využití zbytku fasády	9
4.4	Poznámka o typech kolektorů	9
4.5	Ohřev teplé vody nad 60 °C je zbytečný	10
4.6	Poznámka o sklech	10
5	Tepelné mosty	11
5.1	Balkony	11
5.2	Stříška nad vchodem	11
6	Drobnosti	11

1 Větrání

Na celém projektu vidím jen jedinou nedokonale navrženou část: totiž soustavu mechanického větrání.

1.1 Průřezy vzduchovodů musí být několikanásobně větší

Základní zásadou při mechanickém větrání, jehož účelem je maximální komfort a současně zamezení plýtvání energií, je používání jen velmi malých rychlostí proudění, a tedy i malé spotřeby elektřiny na pohon takové větrací soustavy. Základním limitem, který nesmí být pro takové opravdu dobré větrání přesažen, je elektrický příkon maximálně $0,4 \text{ W/m}^3\text{s}$. Taková mez nebývá nikdy v nejkvalitnějších (pasívních) domech překročena (viz např. Stärz [1]). Pro větrání s navrženým průtokem vzduchu asi tři tisíc krychlových metrů za sekundu pro celý dům (s takovou hodnotou zcela souhlasím, jakožto s průtokem maximálním) to tedy znamená maximální přípustný souhrnný elektrický příkon ventilátorů 1,2 kW.

Tato hodnota je ale překročena výrazně už pro realizované domy Oblá 2 a Kamínky 6, kde se používají průtoky vzduchu téměř jen poloviční. Projekt pro Oblou 14 přesto počítá se stejně dimenzovanými vzduchovody, které jsou příliš malého průřezu i ve výše uvedených domech. Není divu, že plánovaná spotřeba elektřiny vychází nepříjemně vysoká, naprosto nepřijatelná pro realizaci, která má být pilotní. Projekt je zde ve zřejmém rozporu i s podkladem prof. Streichera [2], který mluví o nutnosti nepřesáhnout rychlost proudění $2,5 \text{ m/s}$ (též z důvodů akustických), a udává k tomu i potřebné minimální průřezy potrubí ($1,0 \text{ dm}^2$ pro každou z odboček do bytu a 16 dm^2 pro součet průřezů vedení v šachtě).

Naštěstí je náprava snadná, a dokonce realizaci nijak výrazně nezdraží. V budově totiž lze realizovat vzduchovody dimenzované velkoryse. Stačí k tomu neinstalovat žádné svislé samostatné potrubí, ale *jako vzduchovodů využít celý průřez instalačních šachet*. Stačí je k tomu rozdělit na poloviny (požárně odolným způsobem) a případně opatřit vhodným vnitřním obkladem (např. skelnou vatou kaširovanou hliníkovou fólií). I při přítomnosti potrubí pro ostatní účely (odpad, voda, plyn) zbudou průřezy tak velké, že ani v nejvyšším podlaží nepřesáhne rychlost proudění dva metry za sekundu. Konkrétně, průřez celé šachty je $4 \text{ dm} \times 8 \text{ dm}$, z toho izolovaná potrubí zabírají $4,2 \text{ dm}^2$, po instalaci přepážky mezi čerstvý a odpadní vzduch a obložení šachty v tloušťce $2,5 \text{ cm}$ (to zabere max. 7 dm^2) zbývá stále ještě přes 20 dm^2 . I přes lokální zúžení armaturami, odbočkami a měřidly zůstane podmínka rychlostí proudění pod $2,5 \text{ m/s}$ s rezervou zachována.

Jedinou podmínkou funkčnosti takového řešení je dostatečná těsnost přístupových dveří do instalační šachty každém bytě. Dvířka by měla být dvoje, zpřístupňující zvlášť každý ze vzduchových kanálů, nejlépe upravená tak, aby nemohla být otevřená současně (tím by se vytvořil zkrat a nižší podlaží by přestala být větraná). Je vhodné je vybavit spínači, které by indikovaly, že nejsou dokonale zavřené – taková indikace by měla být součástí celého měřicího a regulačního systému domu, přístupnou po internetu.

Důvodem pro použití svislého potrubí o průměru 20 cm pro předešlé realizace byla zřejmě snaha vyhnout se nutnosti instalovat požární klapky do jednotlivých bytů. Projekt pro Oblou 14 ale s takovými klapkami beztak počítá, takže použití velkých průřezů pro svislé vzduchovody nestojí nic v cestě. Při nich budou tlakové ztráty na výšku domu jen asi tři paskaly, čímž prakticky odpadá nutnost jakéhokoliv „zaregulování“, čili předem nastaveného rozdílného škrcení průtoků do jednotlivých bytů, tím většího, čím jsou blíže k ventilátorům (postačí tlaková ztráta na výústkách a vstupních filtrech odsávání – teď si ale nejsem jist, zda jsou v projektu vůbec navrženy, sloužily by i jako tlumiče hluku).

Projekt je potřeba upravit i pokud jde o průřezy odboček pro jednotlivé byty. Ty musí mít, jak ostatně uvádí už prof. Streicher, minimální průřezy jednoho decimetru čtverečního. To je samozřejmě krajní mez, vhodnější jsou průřezy dvojnásobné, aby rychlosti vzduchu v nich byly výrazně pod dva metry za sekundu. Pokud možno by takové průřezy měly mít všechny komponenty, tj. i požární klapka a registr, který má sloužit k dohřevu vzduchu – není to možná

o moc dražší, než z takových ztenčených míst instalovat redukce do zbylého, dostatečného průřezu vzduchovodů. Jako vhodný průměr, bude-li použito kruhového potrubí, doporučuji 15 cm. Lepší je ale řešení konstrukční, kdy budou jako velkorysé vzduchovody použity vhodné rozdělené dutiny sádkartonového podhledu bytového jádra. Pokud jde o jejich ev. čištění po letech (to se může týkat jen vedení odpadního vzduchu), může být ještě jednodušší než čištění potrubí.

Oproti projektu je potřeba připojit na přívod a odvod vzduchu i spízní skříně, na to stačí trubky o vnitřním průměru čtyř centimetrů, viz níže v části Těsnění a blow-door test.

Samozřejmostí je i vedení vzduchovodů na střeše v dostatečných průřezech, zhruba čtyřnásobných, než uvádí projekt.

Projekt neuvádí tlakovou ztrátu na navržených rekuperátorech ani některých jiných komponentách. Pro její snížení bude možná potřeba volit jiná zařízení, zajišťující rychlosti proudění pod tři metry za sekundu.

1.2 Tempo větrání by mělo být regulovatelné

Cíl projektu, totiž snížit při regeneraci tepelné ztráty domu tak výrazně, že nebude potřeba klasická otopná soustava, je jistě chvályhodný. Protože ale projekt moudře počítá s ponecháním alespoň jednoho radiátoru v každém bytě, je možné uvažovat i o tom, že celý topný příkon nemusí být dodáván vždy jen čerstvým ohřátým vzduchem.

Topení jen pomocí vzduchotechniky, bez cirkulace, jen čerstvým vzduchem, má totiž jednu nepříjemnou vlastnost: větrání musí naplno fungovat zrovna tehdy, kdy je z hygienických (ostatně i energetických) důvodů žádoucí větrat nejméně. Mám na mysli případ mrazů, kdy má venkovní vzduch v sobě méně než čtyři gramy vodní páry na krychlový metr, a po ohřátí na dvacet dva stupňů (běžná teplota v pasívních domech, viz např. Thür [3]) tedy vlhkost menší než dvacet procent. Mechanické větrání má ale zvyšovat komfort, ne jej zhoršovat! Jeho zeslabením v mrazivém počasí lze vlhkost v interiéru zvýšit na komfortních alespoň čtyřicet procent, pokud v bytě někdo bydlí a jsou tam tedy zdroje vlhkosti, např. dýchání (z dvaceti na čtyřicet procent si člověk vzduch zvlhčí sám, pokud na něj připadá jen deset kubíků čerstvého vzduchu na hodinu).

Snížením tempa větrání a následným zvýšením vlhkosti budou mít obyvatelé pocit vyhovující teploty, i když bude mít vzduch jen 21 °C místo 22 °C, díky menšímu ochlazení výparem z pokožky. Zdůrazněme, že ani případná vlhkost k šedesáti procentům (v létě zcela běžná), nemůže v takovém domě dělat v zimě hygienické problémy, neboť v interiéru nebudou chladné plochy, kde by voda mohla kondenzovat. Kromě zvýšení komfortu se sníží i požární nebezpečí.

Na druhé straně, potřebný maximální topný příkon pro jeden byt (10 W/m², tedy 0,6 kW na jeden byt) dokáže jeden radiátor hladce dodat a vzhledem k nepřítomnosti tepelné izolace uvnitř bytu a naopak důkladné izolace pláště budovy příliš nezáleží na tom, kde je umístěn.

Zejména pro dobu delší nepřítomnosti (zimní prázdniny) je proto vhodné větrání v bytě výrazně omezit, řekněme na desetinu, a mírný dohřev (sice ne potřebný pro daný byt, ale ohleduplný kvůli sousedům) svěřit radiátoru. Omezovací zařízení je možné instalovat na výústkách, v nouzi i centrálně na odbočce z instalační šachty. Instalace na výústkách má velkou výhodu v tom, že umožňuje např. v noci větrat vydatně jen místnosti, kde někdo spí, a nevysušovat zbytečně místnosti jiné.

Regulovatelné větrání v bytech implikuje nezbytnost regulování výkonu ventilátorů – nejsnáze tak, aby byl v šachtách konstantní rozdíl tlaků, tedy aby tempo větrání v kterémkoliv bytě nezáviselo na tom, jak mají nastavené větrání v bytech jiných. Taková regulace samozřejmě povede k dalším úsporám elektřiny na provoz ventilátorů. Je kromě toho možné rozdíl tlaků

snížit, klesnou-li teploty pod nulu, aby tempo větrání nemuseli na komfortní úroveň snižovat obyvatelé všech bytů.

(Takové snížení rozdílu tlaků může být nevhodné jen tehdy, když se v některém z bytů kouří v místnosti, odkud jde znečištěný vzduch ještě do dalších prostor a obyvatelé si jej přejí co nejvíce ředit vzduchem čerstvým – při sníženém větrání by tak mohli činit otevřením oken, což by v mraze mělo být jen zcela výjimečné a krátkodobé. Je to tedy ještě věc ke zvažování.)

1.3 Centrální předeřev vzduchu

V projektu jeden důležitý předeřev chybí, totiž ten, který zabrání zamrznutí výstupu odpadního vzduchu z rekuperátoru. Místo předeřevu lze samozřejmě použít i bypass pro čerstvý vzduch, ale předeřev může být jednodušší a spolehlivější. Snadno jej lze realizovat registrem užívajícím mrazuvzdorný (solární) okruh, umístěným v proudu čerstvého vzduchu před rekuperátorem.

Naopak, velmi sporný je trvalý předeřev vzduchu po výstupu z rekuperátoru na dvacet stupňů (v době, kdy topí, což se samozřejmě u pasivního domu nemůže krýt s dobou, kdy je venku pod dvacet či osmnáct stupňů). Přinejmenším na noc je vhodné jej vypnout, aby lidé, kteří chtějí mít v ložnici chladněji, měli takovou šanci, aniž by museli otvírat okno (to by se stávat nemělo, je to vlastně reakce na přetápění). Moc chladno tam stejně mít nebudou, při účinnosti rekuperace 0,8 je nejnižší možná teplota šestnáct stupňů (pokud bude rekuperátor provozován bez bypassu na hranici zamrznutí). Topné registry v jednotlivých bytech budou schopny dohřívat vzduch až o třicet stupňů, o třicet čtyři to zvládnou případně také, ale nemusejí, když v bytě bude radiátor. Nejjednodušší řešení je proto *centrální předeřev za rekuperátorem úplně vynechat*.

1.4 Solarwall

Předeřev (či někdy přímo ohřev) vzduchu solární stěnou se jeví při používání účinné rekuperace jako velmi málo účinný. Opravdu, z tepla získaného solární stěnou se běžně využijí jen dvě desetiny. Plně se teplo využije jen jako protimrazová ochrana rekuperátoru.

Tím se solární stěna (děrovaný černý plech) velmi liší od kolektoru teplovodního – jeho zisky lze užít v zimním období naplno.

Na druhé straně, solární stěna by měla být cenově srovnatelná s běžnými dosavadními izolacemi štítů – ty také obsahují minerální vatu a plechový plášť. I když v tomto případě asi nebude, protože takové děrované plechy nikdo v Česku nevyrábí. Jejich použití se má stát důležitou pobídkou k tomu, aby s tím někdo začal. U budov bez rekuperace, ale s mechanickým větráním, je to totiž nejlepší, rychle návratné řešení osluněných fasád mimo plochu oken.

Nahrazení solární stěny zdvojnásobením plochy hi-tech teplovodního kolektoru by bylo dosti nákladné. Mluví proti němu také menší oslunění východní poloviny štítu, ten je skoro půl dne zčásti zastíněn vzrostlým stromem – u levné plochy černého plechu to není škoda (jen je potřeba jej umístit zrovna na tuto část štítu). Nahrazení něčím jiným je ale zcela nepřijatelné, z estetických důvodů (jedna polovina tmavá, druhá ne) i z důvodů demonstračních (proč není druhá polovina štítu tepelně využita?).

Po zvážení možností úprav jižního štítu se ale přesto přimlouvám za alternativu uvedenou a zdůvodněnou na konci dodatku: pokrýt teplovodním kolektorem obě souvislé plochy štítu a jako solarwall využít jen členitou plochu mezi okny.

1.5 Zvlhčování z koupelny?

Námětem méně podstatným je instalování cirkulačního ventilátoru v koupelně, který by v mrazivém období mohl páru užitečně přidat do bytových prostor, místo aby byla bez užitku odsáta. Opět jde o zvýšení komfortu. Vzduch z koupelny bývá prostý pachů, a zvýšit zdarma vlhkost vzduchu v bytě (tepelně skvěle izolovaném) je v zimě vždy prospěšné. 60 % je tehdy lepší vlhkost než 40 %. Už proto, že při ní pro stejný pocit tepelné pohody stačí nižší teplota vzduchu a stěn – člověk se méně ochlazuje odpařováním vlhkosti z kůže (to probíhá stále, i mimo viditelné pocení) i dýcháním.

V období mrazů by odtah z koupelny měl být otevřený jen tehdy, když tam někdo chce sušit prádlo.

1.6 Těsnění a blow-door test

Základní podmínkou funkčnosti a účinnosti větrání s rekuperací je, že veškerý vzduch jde skutečně přes rekuperátory. To znamená, že jiné trvalé „cesty“ pro vzduch z domu a do něj nejsou, tj. že dům je jinak těsný.

To nikdy nestačí předpokládat, ale je nutné to prokázat. Během takového prokazování, zvaného blow-door test, se téměř vždy netěsnosti najdou a musí se odstraňovat. Tak dlouho, až se pronikání vzduchu netěsnostmi do bytu sníží na méně než šest desetin jeho objemu za hodinu, při podtlaku padesáti pascalů (viz např. [4]), reálně dosahované těsnosti bývají běžně dvakrát lepší.

Vzhledem k objemu domu je praktické uskutečnit test na každém bytě zvlášť a pak i na suterénních prostorách. Nakonec je potřeba ověřit i těsnost schodiště, tedy zejména všech dveří do bytů. Ty je potřeba zcela důkladně utěsnit.

Podtlaková zkouška domu je nejsnazším ověřením, zda byl plášť domu kvalitně opraven – u panelového domu, kde jsou styky panelů proslulé svou netěsností, je to zvláště důležité.

Problémem by samozřejmě byly větrací otvory do spízních skříní. Jejich existence je v ostrém rozporu s ideou větrání s rekuperací. Oproti projektu je nezbytné otvory skrz plášť domu odstranit a skříně větrat zvláštní odbočkou pro odběr odpadního vzduchu – a protože asi nelze vyloučit kouření v její blízkosti, též i přívodem vzduchu čerstvého. K tomu stačí velmi tenká vedení, o průřezu čtvrt decimetru čtverečního.

1.7 Otevírání oken a vnitřní izolace

V pasívních domech se samozřejmě otevírat okna mohou. Někdy je to ale v nějaké míře nežádoucí – když se v domě topí a také v době, kdy je venku více vedro než uvnitř. V rodinných domech mohou mít lidé zejména o topení sami přehled a chovat se podle toho, ve velkém bytovém domě jsou ale příslušná zařízení tak daleko od nich, že příliš nevnímají, zda jsou v provozu. Jako vhodná informace by měla sloužit např. LEDka, která indikuje, že není vhodné nechat okna otevřená ani pootevřená. Může jít také o součást většího displeje, udávajícího základní teplotu a vlhkost v bytě (viz níže v sekci Měření a rozúčtování nákladů). Mohlo by jít i o dva stupně nevhodnosti – první indikující, že se topí nebo že je venku příliš vedro, druhý, že energetické ztráty tak způsobené jsou už značné.

Jeden důvod otevírání oken byl zmíněn už v části zpochybňující vhodnost centrálního dohřívání vzduchu na dvacet stupňů – totiž snaha vychladit ložnici. Kromě vypnutí centrálního dohřívání je zde ještě jedno možné opatření, které může, ale nemusí být součástí regenerace domu: totiž přidání vnitřních tepelných izolací. Doposud totiž byl vnější plášť natolik tepelně propustný, že uživatelé bytů snadno mohli v topném období udržovat doma dosti různé teploty,

dle svého gusta. Důkladným zaizolováním pláště budovy se budova stane takřka izotermická, tepelné odpory stropů a příček budou zanedbatelné. Nasnadě je umístit několikacentimetrovou tepelnou izolaci na stěny a stropy bytů – ta může přispět i k jejich akustickému oddělení. V úvahu připadá i izolování právě jen ložnic, a to i od ostatního interiéru bytu. Doporučuji, aby takové úpravy byly alespoň fakultativní, na náklady a dle přání uživatelů jednotlivých bytů.

Vnitřní izolace lze docílit pomocí lehkých modulů (šířka asi 1,5 m, výška dle výšky místnosti) s dřevěnou konstrukcí, vyplněných nejlépe ovčí vlnou (pro její stavební použití existují dva certifikované české výrobky), s povrchem již finálně upraveným v různých variantách, dle přání nájemníků (tenká režná OSB deska bez formaldehydu, sádkarton, vrstva z recyklovaného plastu potažená papírem, plátno...), dokonce s již předem vyřezanými otvory pro přístup k elektrickým zásuvkám.

1.8 Poznámka o větrání nové nástavby

Plánovaná nástavba pro novou tepelnou techniku má v projektu navržené mechanické větrání. To je zbytečné, stačí větrání samotížné, v mraze silně přiškrcené. Pokud by se tam příležitostní pracovníci necítili dobře, otevřené dveře a jiný průduch na opačné straně vyvětrá prostor během chvilky.

2 Měření a rozúčtování nákladů

V domě s důkladně izolovanou obálkou nemá mnoho smyslu měřit odběr tepla na topení v jednotlivých bytech, pokud jde o jeho účtování. Byli by tak postiženi ti, jejichž sousedé se doma snaží mít teplotu nižší – tedy za samozřejmého předpokladu, že v době, kdy se topí, sami neotvírají významně okna.

Spravedlivé rozúčtování, odrážející skutečný vliv bytu na spotřebu domu, je jen takové, které se opírá o rozdíl průměrné teploty v bytě a venku během doby, kdy se v domě topí. Tyto teploty je proto potřeba zaznamenávat. Takovou praxi popsal M. Los [5] u projektů v Blansku v polovině devadesátých let, přičemž uváděl velký pokles spotřeby a maximální spokojenost nájemníků. Takové účtování prakticky automaticky eliminuje přetápění (systém získal Grand Prix na Pragothermu 2003).

Podmínkou jeho správnosti je, že v domě nezůstávají ani pootevřená okna, tj. že veškerý vzduch z bytů probíhá rekuperací. To lze naštěstí poměrně snadno ověřit, pokud se současně s teplotou registruje i vlhkost. Otevření oken v chladném období se projeví snížením vlhkosti v bytě.

Oba údaje elektronických čidel, teplota i vlhkost, by měly být nápadně v každém bytě vidět, přístupná by pro obyvatele bytu měla být i jejich historie. Centrální sběr těchto údajů by měl být dostupný (bez rozlišení, o který byt jde) online i na internetu, spolu s dalšími údaji o chodu domu.

Na displeji v bytě by ostatně mohly být k dispozici i další údaje, zejména teplota, případně i vlhkost vnějšího vzduchu (ve skutečnosti ji obyvatelé jižních bytů nemohou za slunného dopoledne resp. odpoledne sami změřit, neb nemají k dispozici neosluněné místo). Rozdíl vnější a vnitřní teploty pak informuje o vhodnosti či nevhodnosti otevření oken (zvláštní indikace téhož by ale také byla užitečná, viz výše).

3 Doporučuji lépe izolující a důmyslná okna

V projektu jsou navržena okna s ještě stále dost velkou tepelnou prostupností. Pro pasívní domy platí požadavek na maximální měrnou prostupnost (celkovou, vč. rámu apod.) $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Až při jeho dosažení skutečně odpadá potřeba mít pod oknem radiátor. Hodnota $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, uvedená v projektu, by vedla už k nepříjemně chladným okenním plochám, které by mohli obyvatelé domu kompenzovat leda přetápěním. Nevím, jak by bylo možné u oken s tak vysokou propustností obhájit, že nejde o chybu pilotního projektu.

Docílit limitu pro pasívní domy lze jen trojitým hi-tech zasklením a dodatečným zaizolováním i pohyblivé části rámu okna (pevná by měla být zaizolována kompletně, ne až na poslední dva centimetry, jako u Oblé 2), nebo použitím rámu, které izolují dostatečně už samy.

Trojité zasklení by nemuselo být standardní, celé plněné kryptonem. Naopak, velmi se přimlouvám za řešení hodné pilotního projektu. Tím mám na mysli jednu dutinu vzduchovou, ale s hliníkovou nenatřenou žaluzií, nejlépe ovládanou i automaticky, elektricky. Ideální je žaluzie opatřená mikrootvory, přes kterou je vidět ven (jako přes velmi tmavý filtr), viděl jsem takovou na veletrhu ve Welsu. Zavřením žaluzie na noc lze hodnotu pro pasívní okno hladce dosáhnout (za předpokladu, že druhá dutina je standardní hi-tech). Současně se večer zabrání svícení oknem ven, což znamená více světla uvnitř i menší světelné znečištění venku.

Žaluzie jako součást projektu jsou ostatně nezbytné, neboť hlavní plocha oken není přesně jižní, ale naopak nejnevýhodnější východní a západní. Takové orientace v létě vedou k přehřívání. Účinnou obranou jsou právě jen čisté hliníkové odrazné plochy, nejlépe instalované co nejvíce směrem ven. Vzduchová dutina se žaluzií by z tohoto hlediska měla být ta vnější, aby sluncem ohřáté sklo (to s hi-tech vrstvou nízké emisivity se sluncem zahřívá vydatně) neohřívalo interiér.

4 Diskuse solárního systému

není už polemikou s projektem, ale jeho podpořením... i když otevírá otázky, jak přesně rozvrhnout různé plochy na jižním štítě.

4.1 Nemalá část každé budovy má být slunečním kolektorem

Svislá kolektorová plocha pro ohřev vody má mnohem kratší tradici než kolektory šikmé, v Česku pak byl první takový solární systém uveden do provozu před rokem, na SPŠ v Břeclavi. Na první pohled je to divné, umístit kolektory svisle, vždyť by měly být namířeny co možná ke slunci, tedy šikmo nad jih...

Na druhé straně, daleko nejtradičtější „solární kolektory“ sloužící pro vytápění budov jsou prostě okna, a tam každý tuší, že nejvhodnější jsou ta, která jsou součástí jižní stěny. V zimě je slunce nízko na nebi a svítí skoro kolmo do oken, takže prosvítí byt až na severní konec. Tehdy je také potřeba tepla nejvíc. V červnu a červenci se přes jižní okna dovnitř moc slunce nedostane, nejvýš trocha těsně pod ně na zem. Jiná orientace oken, k východu či západu, ještě hůře pak šikmých, ve střeše, vede v létě k přehřívání, zato v zimě k topení sotva přispějí.

Pokud se pro ohřev teplé vody používají drahé malé kolektory, kde každý metr čtvereční stojí pěkných pár tisíc korun, tak se jich často instaluje co nejméně a pokud možno se orientují tak, aby alespoň ve slunných letních dnech ohřály tolik vody, kolik je potřeba. Jakmile ale není z nějakých důvodů nezbytně plochou kolektorů velmi šetřit, mohou se orientovat i hodně jinak, než nakloněné o čtyřicet stupňů k jihu.

V těch měsících, kdy je den nejkratší, od listopadu do února, se dá ale získat více tepla ze svislé jižní plochy než z plochy nakloněné. Důvodů je několik:

- za jasného počasí je svislá plocha více osluněná, hlavně když před ní leží sněh
- šikmé kolektory zůstávají část slunných dní zasněžené a tedy mimo provoz, jsou také trvale méně čisté
- fasádní kolektor může mít několikrát tlustší tepelnou izolaci než je dostupná pro samostatné moduly (např. 16 cm místo 4 cm; jak tlustou izolaci použít, je vhodné zvážit, cenu moc nezvyšuje)
- svislá kolektorová plocha má zřetelně menší ztráty, zejména je-li vybavena hi-tech absorberů s tzv. emisivitou kolem čtyř procent¹ – za slunných dní tak i v zimě může ohřát vodu až na šedesát stupňů s účinností přes padesát procent

V letních měsících je tomu samozřejmě naopak, ale na tom moc nezáleží, protože za slunného počasí dá i svislá plocha tepla dostatek, není-li malá, a naopak velkoryse zvolená plocha nakloněná je většinu doby souvislého slunečného počasí mimo provoz – není už co ohřívat. Podrobná diskuse a výsledky výzkumu chování fasádní kolektorové plochy viz [6].

Ve skutečnosti platí jednoduché pravidlo: jako kolektorová plocha má být využita ta osluněná část budovy, která není využita coby okna. Má-li budova střechu skloněnou k jihu, má alespoň její část být slunečním kolektorem. Pokud šikmou jižní střechu nemá, pak oním kolektorem má být neprůsvitná část fasády. Ušetří se tak za krytinu, omítku či obložení a tepelná izolace, kterou dům stejně musí mít (ve střeše pravda jen tehdy, je-li půda obytná), má hned dvojí využití. Navíc, hlavně při použití hi-tech absorberů s velmi nízkou emisivitou, se ta část pláště, která je opatřená kolektorovou plochou, stává v zimě za slunného počasí fakticky bezztrátovou a i za pošmourných dní izoluje v průměru dvakrát lépe, než by odpovídalo tloušťce izolace.

4.2 Náklady, výnosy, estetická kritéria

Kolektorová plocha se zlevní, když je součástí budovy. Přídavné náklady jsou v principu omezeny na cenu skla (kaleného a s nízkým obsahem železa, tzv. solárního) oproti jinému povrchovému materiálu budovy a ovšem cenu absorberů a jejich propojení (už neizolovaného, jen černého a schovaného pod sklem).

U samostatných, neintegrováných kolektorů se platí navíc jejich vana (často z drahého hliníku), těsnost a tuhost celého souvrství. A také množství propojení, jde-li o malé moduly. V neposlední řadě pak konstrukce pro jejich upevnění.

Zvláště nákladná je taková konstrukce v případě, že stojí na ploché střeše (už proto, že musí zajistit kolektory proti vichřicím). Jedinou výhodou umístění na plochou střechu je, že je to ideální pro svépomocnou montáž bez jeřábů a pro údržbu, bude-li potřeba, např. odhrnování sněhu... A ovšem, oproti fasádním také to, že se z nich získá více tepla vztaženo na jednotky jejich plochy. V celoročním úhrnu až jedenapůlkrát více.

Alternativa samostatných kolektorů na ploché střeše není použitelná v případě vícepatrových budov, kdy střecha není už dost velká. Aby se kolektory vzájemně nestínily, musí být od sebe daleko alespoň pětinasobek své výšky. Instalovat tak lze (při náklonu 45°) jen kolektorovou plochu, která činí stěží třetinu plochy střechy. V tomto případě by nebylo možné ani to, neb střecha obsahuje nástavbu výtahu a má tam být i nástavba tepelné techniky. I kdyby ta byla na severním okraji střechy místo na jižním, zbylo by na kolektorovou plochu stěží devadesát metrů čtverečních, ani ne tři metry čtvereční na byt... Byl by to drahý solární systém s velmi

¹Pak se totiž ochlazuje prakticky jen prouděním vzduchu, které ale v případě svislé orientace nejde rovnou od absorberu ke sklu. Podobně, svislými hi-tech okny se za zimních nocí dům ochlazuje až o čtvrtinu méně než střešními okny.

malými výnosy. Kolektory na ploché střeše jsou alternativou jen pro budovy s méně než pěti obytnými podlažími.

Kolektorová plocha integrovaná do budovy je velmi pěkná na pohled. To se týká už šikmých střešních ploch, jsou-li pojaté jako jediný veliký kolektor. V případě fasád je to ale daleko zřetelnější – často iracionální snahu dvacátého století po skleněných fasádách tak mění na věc dokonale účelnou. Kdo je už dobře zná, každá neprosklená jižní fasáda, na kterou padá slunce v zimě zbůhdarma, mu připadá špatná... Je zkrátka dobře, když je solární architektura vidět, může se tak stát dřív samozřejmostí.

4.3 Dimenzování a využití zbytku fasády

V případě domu na Oblé 14 by bylo zcela adekvátní pokrýt vodním kolektorem obě části štítu kolem oken. Zvýšilo by to ale náklady, absorberová plocha ani upevnění skel (nebo hotové dřevěné kolektory) přece jen nejsou levné. Zato by se dokonale využilo všechno zimní slunce (připomínám, že nemrznoucí kapalina solárního okruhu se výborně hodí pro protimrazovou ochranu rekuperátorů).

V úvahu by připadalo i využití tří čtvrtin dostupné souvislé plochy, zbylá čtvrtina by zůstala pro nezasklený vzduchový kolektor.

Ať již využití souvislé plochy jižního štítu bude rozděleno mezi vodní a vzduchový kolektor jakkoliv, stále zůstává otázkou využití plochy mezi okny. Původní návrh na solární vyhřívání skrze stěnu vážne na nedostupnosti vhodné papírové voštiny, jak ji (extrémně draze) nabízí firma ESA Solarfassade – ale není obdobný produkt na trhu pro jiné účely? Pokud se nenajde, je alternativou využití prostoru mezi okny pro členitý vzduchový kolektor, to by nemělo být obtížné, a slunce dopadající na štít mezi okny by bylo také alespoň zčásti využito.

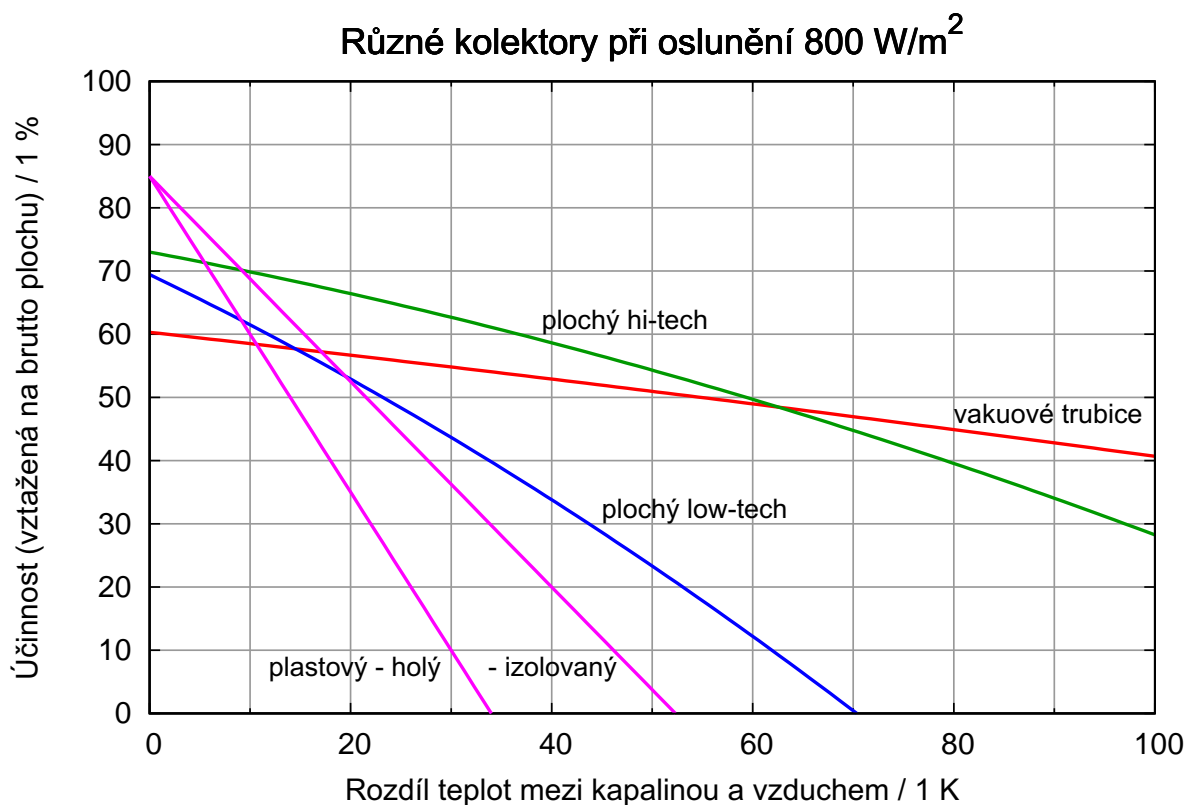
V takovém případě mi jako ideální, sice nákladné, ale nejlépe návratné, připadá pokrytí obou souvislých ploch štítu dvěma hi-tech kolektory s absorberů typu TiNOX (takový absorber předpokládá podklad [2], jak plyne z uvedených parametrů) a právě jen členité střední části plochy mezi okny vzduchovým kolektorem typu Solarwall, tedy děrovaným černým trapézovým plechem.

Vhodnost takové maximální kolektorové plochy pro ohřev vody, ke třem stům metrů čtverečních, ukázal velmi zřejmě výpočet skupiny prof. Streichera, viz [2], až s ní lze docílit téměř poloviční pokrytí ohřevu teplé vody. Naopak plocha uvedená v projektu dává solární pokrytí potřeb teplé vody malé, ani ne třetinové.

4.4 Poznámka o typech kolektorů

Obchodníci u nás i v Německu často tvrdí, že „více tepla lze získat pomocí kolektorů vakuových, hlavně v zimě“. To je tvrzení, které mohlo platit v době, kdy se nepoužívaly selektivní absorberů, které se málo nebo jen zanedbatelně ochlazují vyzařováním. Dnes již dávno neplatí. Pokud se jedná o ohřev pitné vody nebo o přitápění budov, kdy jde o ohřívání na teploty do šedesáti stupňů, pak lze z dané plochy fasády či střechy získat vždy více tepla pomocí hi-tech plochých kolektorů (s vakuově povrstvenými absorberů a zakrytých „solárním sklem“ bez obsahu železa). To ilustruje obrázek účinnosti ohřevu vztažené na brutto plochu kolektoru.

Při použití vakuových trubic je totiž absorpční plocha, kterou lze na danou fasádu (brutto plochu) umístit, značně malá. Více tepla než ploché kolektory by mohly dodat až při pracovních teplotách trvale nad osmdesát stupňů, tedy pro speciální technologické účely (ovšem ne levněji než kolektory ploché, protože jsou mnohem dražší, ekonomicky výhodnější se mohou stát až při pracovních teplotách hodně nad sto stupňů).



Obrázek je syntézou dat zveřejněných solární zkušebnou ve švýcarském Rapperswilu [7]. Ukazuje zhruba nejlepší typy plochých i trubicových kolektorů. Pokud jde o low-tech kolektor, data jsou převzata z brožury Arsenal Research z Vídně (studie [6] uvádí vyšší účinnost low-tech kolektoru, dle mého názoru přehnanou, s „ k “ nižším než $5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Pokud jde o holé absorbery, jde o odhady autora (k či U $13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, resp. $20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Solarwall, tedy děrovaný plech, má účinnost blízkou nejnižší křivce, dle odkazu uvedeného v [2].

4.5 Ohřev teplé vody nad 60°C je zbytečný

Projekt obsahuje zmínku o periodickém ohřevu teplé vody nad 60°C , jako prevenci proti množení legionel. To je ale zbytečné, v těsné vodovodní soustavě zůstává v Brně stále přebytek chlóru, který přítomnost legionel vylučuje. Když teplota vody nepřesáhne nikdy 60°C , je pak také zbytečný regulační směšovací ventil, zabraňující opaření uživatelů. (Kromě toho lze obecně mít pochybnosti, zdali ohřev pod 80°C vodu významně sterilizuje, ale to je zde vedlejší.)

4.6 Poznámka o sklech

Sluneční kolektory se montují s kaleným sklem tloušťky 4 mm, je to něco jiného než velikánská tlustá nekalená skla používaná jako „skleněné fasády“. Někde jsem postřehl zmínku, že se počítá s tloušťkou 8 mm, takové solární sklo (bez obsahu železa) asi ani neexistuje, pokud ano, bylo by velmi drahé (ostatně i jeho upevnění).

5 Tepelné mosty

5.1 Balkony

V projektu nejsou nikde zhodnoceny tepelné mosty, které zůstanou. Jde hlavně o balkóny, zavěšené i nadále na ocelových hácích a třmenech. Odhadnout je lze měřením povrchových teplot v interiéru na již zateplených domech (dokud je venku zima), výpočet je nejistý vzhledem k nejasné styčné ploše třmenu a háku. Nejsou uvedeny materiály třmenů, je vhodné zvážit použití chromnikové oceli s minimální tepelnou vodivostí.

5.2 Stříška nad vchodem

Projekt uvádí, že odřezání dnešní stříšky by bylo drahé. Já odhaduji, že je levnější než její obalení tepelnou izolací. I pak by navíc stříška představovala velký geometrický tepelný most. Prostoru před dveřmi by podle mého názoru prospělo, kdyby dostal stříšku novou, mnohem větší, jen přiloženou k budově. Např. průsvitnou a stojící samostatně na čtyřech sloupcích. O ty se mohou opírat bicykly i lidé...

6 Drobnosti

Nejsem si jist, zda při použití „teplé střechy“ je potřeba drahý XPS a nestačí EPS (tedy extrudovaný polystyren místo expandovaného).

Reference

- [1] Stärz, N.: Planungsgrundsätze für Wohnungs-Lüftungsanlagen, *Erneuerbare Energie*, 2003/3
- [2] Schmidl, J.: Energetická bilance na vzorovém objektu Oblá 14, E.V.A., Wien 2003. Vypracoval tým z Technické univerzity v Grazu (Štýrský Hradec), Institut tepelné techniky pod vedením a.o. Univ.-Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Wolfgang Streichera.
- [3] Thür, A: CEPHEUS (an)gemessene Ergebnisse, *Erneuerbare Energie*, 2003/3
- [4] Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser, Verlag Das Beispiel, 2001, ISBN 3-935243-00-6
- [5] Los, M.: metoda rozúčtování nákladů na vytápění a vodu, viz www.lomex.cz
- [6] Bergmann, I., Weiß, W.: Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung, AEE Gleisdorf 2002. Viz www.energytech.at/download/endbericht_bergmann_1302.pdf (209 stran, 3.413 kByte)
- [7] Institut für Solartechnik SPF, viz www.solarenergy.ch