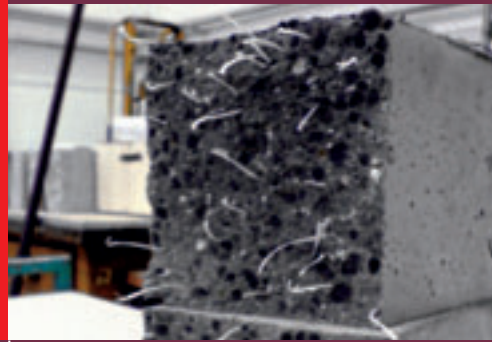
materiály pro stavbu

9 / 2006

XII. ročník – listopad–prosinec – 85 Kč

Využití vláken v lehkých betonech



Téma: Pasivní a nízkoenergetické domy

Sádrokartonové desky podle evropských norem

Zpevňovače silikátových materiálů

Energeticky pasivní dům v Rychnově u Jablonce nad Nisou

Teoretické diskuze o energeticky pasivních domech (EPD), jejichž konstrukce vyžaduje opravdu vynikající teoretické znalosti architektů a projektantů stejně jako praktické řemeslné zkušenosti a návyky techniků a stavebníků, často vedou odborníci, kteří s praktickou realizací EPD ještě do styku nepřišli. Ale i v našich podmínkách se můžeme na řadě příkladů přesvědčit, že energeticky pasivní dům je možné skutečně postavit. Jeden takový stojí v Rychnově u Jablonce nad Nisou.

Obr. 1: Energeticky pasivní dům v Rychnově u Jablonce nad Nisou

Sebelépe tepelně izolovaný rodinný dům ještě není nízkoenergetickým nebo energeticky pasivním domem, pokud jeho provozní podmínky nejsou uzpůsobeny požadavku minimální spotřeby energie.

Dispoziční řešení EPD v Rychnově u Jablonce nad Nisou

Jedná se o samostatně stojící rodinný dům o dvou podlažích, zastřešený sedlovou střechou o sklonu 38 °. V domě je pět obytných místností, kuchyň s jídelním prostorem, který je volně propojený s obývacím pokojem. Dále koupelna, oddělené zádveří a technická místnost, čili jde o dům standardního typu, který dostačuje potřebám čtyř- až šestičlenné rodiny (obr. 1, 2, 3).

Zastavěná plocha domu činí 87,8 m^2, obestavěný prostor představuje 320 m^3. Dům je nepodsklepený a byl realizován jako lehká dřevostavba na bázi plošné prefabrikace. Přistavěná garáž a sklad byly realizovány až na stavbě bez prefabrikace.

Obvodové stěny (obr. 4, 7) jsou silné 479 mm, takže jsou srovnatelné s tloušťkou běžných stěn domů postavených klasickým zděným způsobem. Součinitel prostupu tepla ***U*** této stěny je 0,103 (tepelný odpor ***R*** = 9,7).

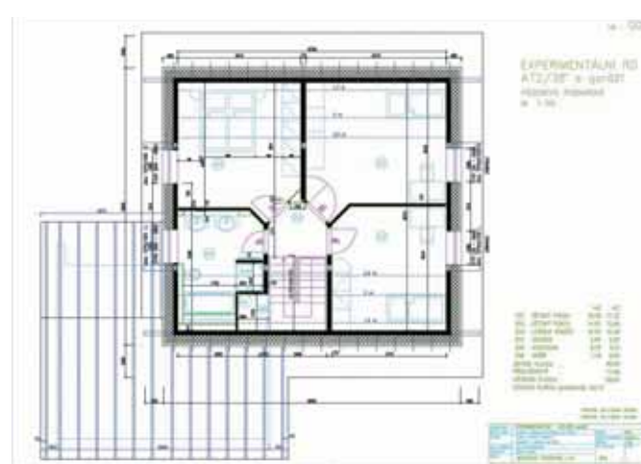
Střešní konstrukce

Základem střešní konstrukce je kombinace samonosného vodorovného a šikmého stropu (obr. 5, 6) podkroví, jak je tomu zvykem u montáže běžných prefabrikovaných domů. Tyto panely nejsou nijak vázány na krovy a již z výroby obsahují vrstvy tepelné izolace. Střední vrstvy jsou pak osazovány před krovy, čímž jsou eliminovány a dokonale odděleny veškeré tepelné mosty. Poslední vrstvy izolace jsou vkládány po osazení krovů do mezer mezi krovy. Veškeré práce se provádějí z vnější strany, takže se snadno řeší i překrytí důležitých přechodových míst, jako jsou například spoje přechodů šikmého a vodorovného stropu.

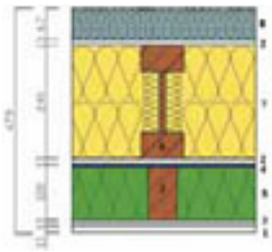
Montáž popsaným způsobem je velmi rychlá a manipulačně nenáročná. Po osazení samonosných stropních panelů se dá položení tepelné izolace, osazení krokví a zakrytí střešní konstrukce difuzní fólií zvládnout během dvou až tří hodin (obr. 8). Tento velmi krátký čas umožňuje pracovat v každém ročním období. Po instalaci pojistné střešní difuzně otevřené fólie je střecha zalaťována a může se pokládat střešní krytina.

Celková tloušťka izolací v šikmém stropě se u energeticky pasivního domu pohybuje v rozmezí 400 až 500 mm. Tloušťka se sice může v porovnání se stěnou zdát předimenzovaná, ale do hry vstupují i další okolnosti, např. ochrana před teplem v létě. Důležité je také dokonalé prolepení střešní fólie, aby nedocházelo při poryvech větru k extrémnímu průniku vzduchu na tepelné izolace. Přímým kontaktem tepelné izolace s proudícím vzduchem může dojít k prochlazení vrst-

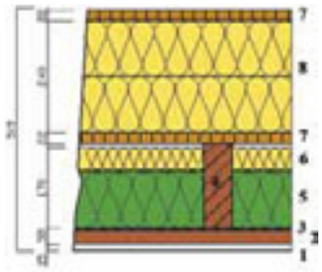
Obr. 2: Půdorys přízemí



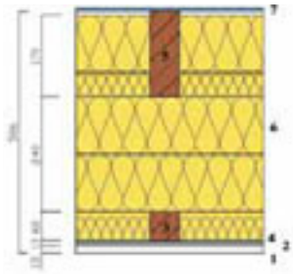
Obr. 3: Půdorys patra



Obr. 4: Řez konstrukcí obvodové stěny: 8 – kontaktní termofasáda, 7 – vnější izolační vrstva – skelná izolace, 6 – I profil vnější izolační vrstvy, 5 – minerální izolace nosné části stěny, 4 – parozábrana, 3 – hranol nosné rámové konstrukce, 2 – sádrovlákno, 1 – sádrokarton



Obr. 5: Řez stropem v podkroví: 8 – skelná izolace, 7 – záklop stropu, 6 – skelná izolace, 5 – minerální izolace, 4 – nosník stropního elementu, 3 – parozábrana, 2 – rošt sádrokartonu, 1 – sádrokarton



Obr. 6: Řez šikmým stropem podkroví: 7 – difuzní fólie, 6 – skelná izolace, 5 – krokev, 4 – parozábrana, 3 – hranol samonosné konstrukce šikmého stropu, 2 – sádrovlákno, 1 – sádrokarton

vy izolace až do hloubky 40 mm, a tím ke snížení účinnosti tepelné ochrany. Uvedený montážní postup byl úspěšně vyzkoušen právě na tomto domě.

Zaizolování stropních a střešních konstrukcí lze také řešit až po osazení krokví a dokončení střešního pláště. V tomto případě se tepelná izolace vkládá z vnitřního prostoru pod střechou do prostoru mezi krovy při dodržení zásad práce s daným typem použité difuzní fólie. Tímto způsobem je možné osadit tepelnou izolaci do tloušťky maximálně 240 mm (dle výšky krovu), takže zbývající vrstvy se osazují pod krokve, nejčastěji na podvěšený rošt, pod kterým je pak osazena parozábrana. Tento způsob je mnohem náročnější na manipulaci s materiálem, na čas a na pečlivost provedení, ve stísněných prostorách je také horší možnost kontroly usazení vrstev v kritických místech konstrukce. Tepelnou izolaci je nutné provizorně kotvit a provádět činnosti, které při osazování izolace zvenčí zcela odpadají.

Okna a dveře

Výplně stavebních otvorů jsou další důležitou součástí celkové tepelné obálky EPD. Výběru oken a vchodových dveří z hlediska tepelněizolačních vlastností je tedy třeba věnovat velkou pozornost. Okna propouštějí do domu sluneční záření. Zatímco světelná složka záření přispívá k lepšímu komfortu bydlení, tepelná složka záření může působit potíže. Solární zátěž se absorbuje do předmětů v interiéru, zvyšuje teplotu povrchů stěn, stropů, podlah a nábytku. Aby nedocházelo k přetápění místností, je nutné optimalizovat poměr energetických ztrát a tepelných zisků. Nesprávnou volbou velikosti a kvality oken by mohlo dojít k přehřívání interiéru v zimě i v létě, takže by bylo třeba vynakládat další energii na řízené ochlazování místností.

U energeticky pasivních domů se pro zasklení oken používají skla s hodnotou ***U*** kolem 0,7 W/m^{2}K (a nižší) a selektivní vrstvou. Je možno použít trojsko nebo sklo typu HEAT MIRROR (dvojsklo s vnitřní fólii, napnutou v prostoru uprostřed mezi skly a s napařenou selektivní vrstvou kovu). Tyto parametry zajišťují, že v našich zeměpisných šířkách v zimě okna nepropustí teplo ven z domu, ale venkovní energii ze slunce do domu v určitém poměru ano. Zároveň povrchová teplota interiérové strany zasklení je i ve studených obdobích dostatečně vysoká, aby nedocházelo k citelnému proudění ochlazovaného vnitřního vzduchu od těchto ploch. V létě, kdy je slunce vysoko nad obzorem, pak zajišťují odraz tepelného záření, a tím se snižuje přehřívání interiéru. Energeticky pasivní dům není problém vytápět v zimním období, ale spíše chladit nejen v létě, ale paradoxně například už v březnu.

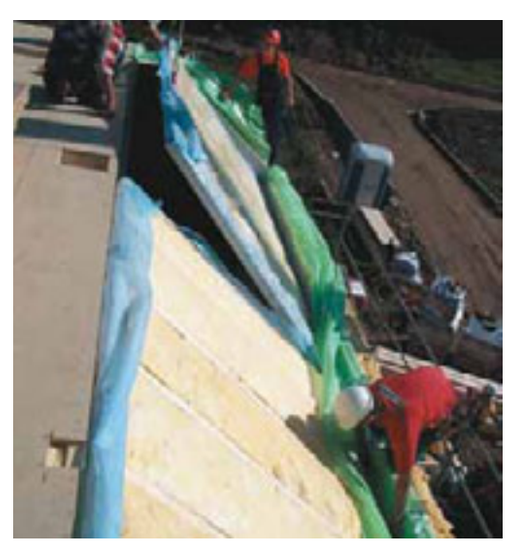
Nízkoenergetická a energeticky pasivní stavba si ale zatím moc nerozumí se střešními okny, protože má výrazně odlišný provozní režim ve srovnání s klasickým rodinným domem. Střešní okna, při minimálních energetických požadavcích energeticky pasivního domu, vykazují velké tepelné ztráty prostupem v zimě a výrazné tepelné zisky v létě. Tepelný zisk střešního okna v přechodovém období je několikanásobně vyšší, než je požadavek na dodatečnou tepelnou energii celého objektu, která se řádově pohybuje v rozmezí 100 až 300 W. Bylo by tedy třeba zajistit dodatečné chlazení domu nebo stínění okna, aby se celý dům nepřehříval. Konstrukční vývoj však jde neustále dopředu, a tak už nyní je možné od tuzemského výrobce získat střešní okno s velmi slušnými parametry vhodnými i pro NED.

Podlaha v přízemí

Důležitou konstrukční součástí domu je správné provedení základové desky domu (obr. 9) a tepelněizolační vrstvy podlahy ve styku se základovou deskou nebo nad sklepním prostorem. Provedená opatření nejsou závislá na volbě technologie obvodových stěn, hlavním požadavkem je dosažení odpovídajícího součinitele prostupu tepla podlahové plochy. Aby byla tepelná izolace dostatečná, musíme počítat s její tloušťkou minimálně 150 mm, přesnější určení závisí na kompletní podlahové skladbě včetně vrstvy podkladového materiálu těsně pod podlahovou krytinou.

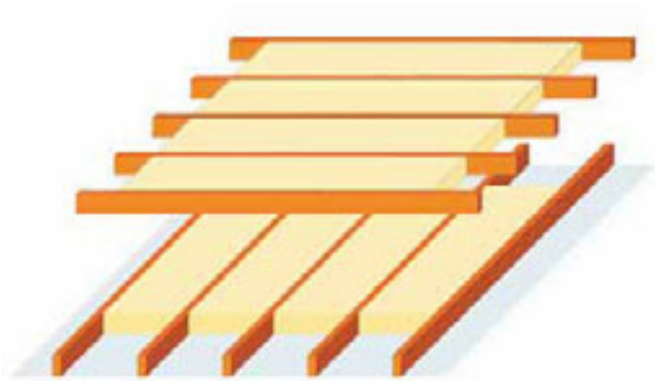
Nejčastěji používaným materiálem je polystyrén, dále skelná nebo minerální izolace (kamenná vlna),

Obr. 7: Obvodová stěna, spojení se stropem 1. NP, detail parozábran



Obr. 8: Střešní konstrukce

Obr. 9: Základová deska



Obr. 10: Konstrukce podlahové skladby: Při použití minerální vlny ve funkci tepelněizolační vrstvy je třeba nad parotěsnou fólií z důvodů malé únosnosti minerální vlny vybudovat dva křížové nosné rošty, které se posunuté kladou přes sebe. Tepelný most vzniká pouze na styku na sobě ležících dřevěných roštů.

Obr. 11: Podlaha v přízemí, montáž se suchým podsypem

Obr. 12: Podlaha v podkroví

která však kvůli velké mocnosti vrstvy a malé plošné nosnosti není použitelná bez dodatečné nosné konstrukce. Ta se dá vytvořit pomocí křížových nosných roštů, nejčastěji dřevěných (obr. 10). Na základovou desku se uloží parotěsná fólie. Na ní se z dřevěných hranolů (profilu například 40×120 mm) vytvoří konstrukce (rastr), která se při montáži srovná do ideální roviny. Do vytvořeného prostoru mezi hranoly se vloží minerální izolace. Vytvoří se druhý stejný rošt, který se položí kolmo přes spodní konstrukci (proto křížové rošty). Minimální tepelný most způsobený dřevem vzniká pouze na přeložení dřevěných prvků. Do dutin druhého roštu se opět vloží tepelná izolace a oba rošty se shora překryjí podkladní deskou (nejčastěji OSB), která bude pod podlahovou krytinou.

Izolaci z minerální vlny lze nahradit polystyrénovými deskami, které svou pevností umožňují pokládku ve vrstvách bez zpevňující konstrukce. Na tato souvrství je možné natáhnout přímo betonové potěry nebo lité anhydritové samonivelační vrstvy. Při použití betonových potěrů se stavba zastaví na tři až pět týdnů, než vrstva vyzraje. Tento technologický čas lze zkrátit použitím suchých podlahových skladeb (dřevotřískové a OSB desky, sádrovláknité a sádrokartonové podlahové dílce), kdy lze po realizaci ihned pokračovat v práci (obr. 11). Suché podlahové skladby jsou pro energeticky úsporné domy vhodnější i z důvodů menší tepelné akumulace, takže dům rychleji reaguje na požadavek změny teploty při temperování objektu. Výhodou je i malá konstrukční výška nad tepelnou izolací (18 až 25 mm), u betonových vrstev je zpravidla vyšší (obvykle 50 mm). Suché podlahy lze realizovat postupně v jednotlivých místnostech a není třeba vybetonovávat například celé patro najednou.

Podlahová skladba podkroví

Pokud se EPD konstruuje jako dřevostavba, je nutné řešit další problém – otázku přenosu hluku – optimální skladbou podlahy v podkroví. Použitím stavebně lehkých materiálů se připravujeme o možnost částečného útlumu hluku dostatečnou hmotou, proto do skladby podlahy musíme přidat jiné materiály, které řeší zvukový útlum i kročejovou neprůzvučnost v podobě rázů nebo kmitání stropních dílců. Ke snížení přenosu hluku se proto používají systémy s podvěšenou membránou. Nejčastěji takovou konstrukci představují sádrokartonové podhledy, připevněné na závěsech nebo na roštech, přičemž dutiny mezi deskami a stropem vyplňuje tepelná izolace, která zároveň působí jako pohlcovač zvukových vln. Na horní líc se realizují další vrstvy tloušťky kolem 80 až 120 mm, například těžké podsypy, betonové dlaždice nebo lité betonové potěry, skladby dřevovláknitých desek (obr. 12) a sádrokartonových dílců atd. V těchto přídavných vrstvách se řeší i rozvody vzduchotechniky.

VOLBA SYSTÉMU ŽIVOTNÍCH FUNKCÍ – ZKUŠENOSTI Z PROVOZU

Ekonomicky zajímavý provoz energeticky pasivního domu je závislý nejen na dokonale zvládnuté technologii výstavby, ale také na správně dimenzovaném způsobu temperování a větrání objektu.

Vzhledem k dokonalé vzduchotěsnosti energeticky pasivních domů je nutné realizovat nucené větrání, nejlépe s rekuperací odpadního tepla ve vazbě na zdroj tepla. Pro zajištění životních funkcí a každodenního chodu experimentálního rodinného domu v Rychnově u Jablonce nad Nisou byl zvolen kompletní systém temperování a větrání od firmy ATREA, s. r. o. Jako zdroj tepla je použit integrovaný zásobník tepla o objemu 615 litrů (obr. 13), který zajišťuje i průtočný ohřev teplé užitkové vody. Toto řešení vylučuje vznik a rozmnožování bakterií Legionely. Potřebná energie je získávána ze solárního systému. Na základě simulací lze odvodit, že kolektory s aktivní plochou 3x1,78 m^2 přinesou roční energetický zisk 2800 kWh. Vzhledem k tomu, že téměř 75 % ročního úhrnu energie dopadne v letním období, dokáže tento solární systém zabezpečit požadavky čtyřčlenné rodiny na ohřev teplé vody z přibližně 60 %. Při využití integrovaného zásobníku tepla i jako zdroje tepla pro topný systém se bude vyrobené teplo dělit mezi zásobování teplou užitkovou vodou a ohřev ústředního topení (vzduchotechnikou), čímž se celková výtěžnost solárního systému ještě zvýší. Do systému jsou instalovány také tři elektrické topné spirály o celkovém příkonu 10 kW, které v zimě poslouží jako hlavní zdroj tepla. V přechodném období a v letní sezóně budou sloužit jen jako doplňkové nebo záložní zdroje. V reálném provozu sezóny 2004–05 při využití osmihodinové akumulační sazby D 25 bylo využíváno téměř celé topné období nabíjení o příkonu 6 kW, jedna instalovaná spirála byla tedy trvale vypnuta.

Vzhledem k nízké tepelné ztrátě domu byla pro rozvod tepla vzduchem a pro větrání s rekuperací odpadního tepla zvolena centrální vzduchotechnická jednotka DUPLEX RB s maximálním topným výkonem 3,5 kW při maximální teplotě topné vody 55 °C (obr. 14–18). Teplota topné vody do jednotky je nastavena na hodnotu pouze 42 °C (!), takže se skutečně jedná o nízkoteplotní otopný systém. Teplovzdušně jsou vytápěny všechny obytné prostory s výjimkou koupelny v podkroví a technické místnosti v přízemí, kde jsou instalovány otopné žebříky. Tuzemské předpisy totiž neumožňují přímé cirkulační teplovzdušné vytápění těchto prostor.

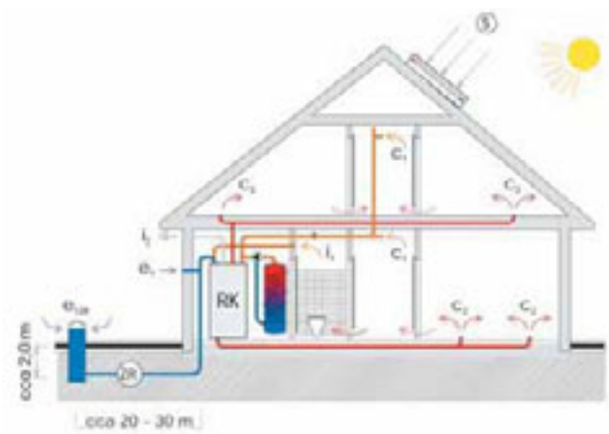
Zvolený vytápěcí systém udržuje teplotu v objektu na základě informací dvou prostorových termostatů. Prvním (TR1) je ovládáno temperování obytného prostoru teplovzdušným systémem, druhým (TR2) je ovládáno topení teplovodní části v koupelně a technické místnosti. Řídicí systém jednotky DUPLEX RB v současné době neumožňuje oddělené ovládání obou topných částí. Buď je na základě TR2 spuštěno topení teplovodní části, nebo na základě TR1 systém spouští jak teplovzdušnou, tak i teplovodní část. Vzhledem k nepatrným požadavkům na přívod tepla do koupelen a následnému velmi pomalému poklesu teplot dochází k výraznému přetápění těchto prostorů, dokonce byly naměřeny i teploty nad 27 °C. Při projekční přípravě stavby byla mezi koupelnou a ložnicí v podkroví zvolena příčka tloušťky cca 110 mm, kde ve stěně tepelná izolace představovala 50 mm. Při požadované teplotě v ložnici nižší než 20 °C a teplotě v koupelně kolem 26 až 28 °C pak tato příčka slouží jako velkoplošný radiátor o povrchové teplotě na straně ložnice 20,7 °C a „topném výkonu" cca 38 W. Tato hodnota se sice může jevit jako zanedbatelná, ale při špičkovém požadavku ložnice na vytápění 140 W je velká část energie přiváděna neřízeně a dochází proto dokonce k přehřívání prostoru.

Obr. 13: Integrovaný zásobník tepla

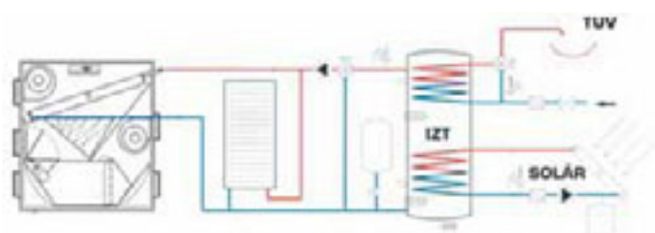
I když se jedná o energeticky pasivní dům, pro vytápění a větrání byl použit cirkulační systém teplovzdušného vytápění s integrovaným větráním a rekuperací odpadního tepla s účinností kolem 90 %. V literatuře se objevují studie, podle kterých temperování energeticky pasivního domu zajistí rovnotlaká větrací soustava objektu předehřátím přiváděného vzduchu na teplotu do maximálně 50 °C v objemu dle hygienických požadavků na větrání. Ohřátý přívodní větrací vzduch pak temperuje obytné prostory.

Před realizací experimentálního domu v Rychnově byly ale o tomto provedení určité pochybnosti. Obavy pramenily z případné nízké relativní vlhkosti vzduchu v interiéru v nejchladnějších zimních měsících. V tomto období má venkovní vzduch nízkou hodnotu měrné vlhkosti – obsahuje malé množství vody v 1 m^3. Zároveň však od topné soustavy v tomto období očekáváme největší topný výkon. V systému rovnotlakého odvádění a přivádění vzduchu by bylo nutné dimenzovat větrací výkon na požadavky temperování. Množství přiváděného vzduchu s jeho relativní vlhkostí při teplotě interiéru by pravděpodobně nebylo v rovnováze s výdejem vnitřní vlhkosti objektu, kterou nejvíce tvoří odpar vlhkosti z květin, z osob, z vaření atd. Tím by mohlo dojít k výraznému snížení relativní vlhkosti interiéru až pod hodnoty 30 %. Zároveň by nebylo možné nárazově zvýšit teplotu v interiéru, například po návratu obyvatel z několikadenní cesty, kdy byl předtím dům vytápěn pouze na cca 18 až 19 °C. Tyto obavy jsou v současné době potvrzovány

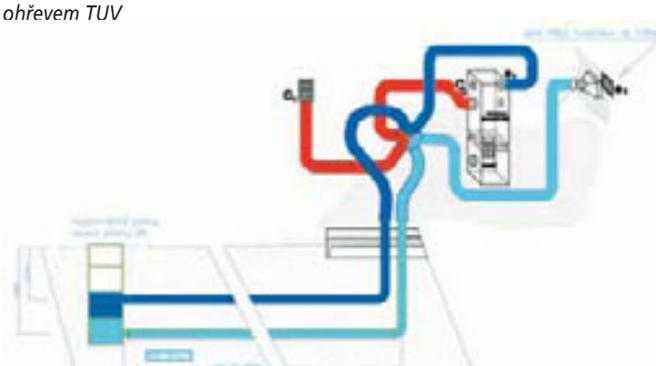
Obr. 14: Osazování rekuperační jednotky DUPLEX RB



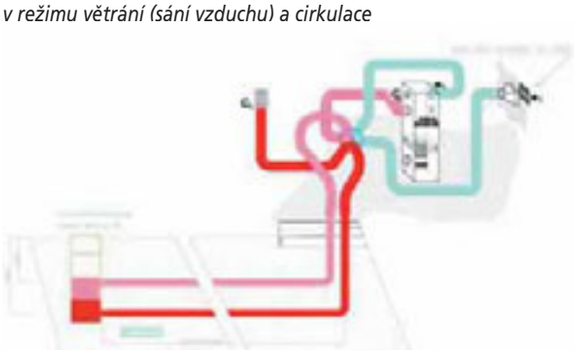
*Obr. 15: Systém teplovzdušného vytápění a větrání s rekuperací tepla a jednoduchým zemním výměníkem tepla, **c_2** – přívod topného a větracího vzduchu do obytných místností, **i_1** – odsávání vzduchu z koupelen a WC (odpadní vzduch), **i_2** – výfuk – odvod odpadního vzduchu z objektu, **e_1** – sání venkovního vzduchu – přívod čerstvého vzduchu do objektu, **c_1** – okruh vnitřní cirkulace vzduchu v objektu, **RK** – vytápěcí a větrací jednotka DUPLEX R, **IZT** – integrovaný zásobník tepla IZT 615, **ZR** – zemní výměník tepla délky cca 25 bm, S – solární systém – kolektory*



Obr. 16: Energetické schéma integrovaného zásobníku tepla o objemu 615 litrů s akumulačním elektroohřevem, solárními kolektory a průtočným ohřevem TUV



Obr. 17: Schéma realizovaného cirkulačního zemního výměníku tepla v režimu větrání (sání vzduchu) a cirkulace



Obr. 18: Schéma cirkulačního ZVT v režimu větrání a cirkulačního chlazení

zkušenostmi z provozu EPD hlavně z Rakouska. Topný výkon teplovzdušných soustav (ať už rovnotlakých větracích, nebo v ČR cirkulačních) je v energeticky pasivních domech vzhledem k jejich parametrům dimenzován s minimální rezervou. Každé předimenzování má za následek zvětšování zařízení a zvyšování příkonu, potřebného například na provoz ventilátorů. Zvýšení teploty v interiéru je proto časově delší v porovnání s předimenzovanými topnými soustavami klasických rodinných domů.

Šíření tepla v EPD

Rozvod teplého topného a větracího vzduchu po objektu byl proveden pomocí plochých kanálů, které byly integrovány do konstrukcí podlah přízemí i podkroví (obr. 19–21). V podkroví objektu byly použity čtyři různé skladby suchých podlahových konstrukcí. Po dokončení objektu bylo provedeno měření parametrů vzduchové a kročejové neprůzvučnosti s velmi zajímavými výsledky, například skladba podlahy v největším pokoji, tvořená sádrovláknitou deskou s těžkým suchým podsypem, splnila při tomto měření parametry pro použití v bytových domech mezi jednotlivými byty.

V každém patře byl použit samostatný hvězdicovitý rozvod vzduchotechniky s umístěním přívodních mřížek v podlaze pod okny. Ačkoliv se v literatuře opět uvádí, že u objektů s minimální energetickou náročností nezáleží na umístění přívodu v podlaze či ve stropě, z provozních zkušeností lze doporučit přívod z podlahy. V rovnovážném stavu při teplotě interiéru 22 °C byla teplota povrchu podlahy obvykle 21,2 °C, povrchová teplota stěny (lhostejno, jestli obvodové nebo vnitřní) 21,2 až 21,8 °C, teplota stropu 21,8 °C. I když má dům oddělené zádveří od obytného prostoru, je podlaha v přízemí nejnižší částí domu. V okamžiku příchodu do objektu se otevřením vchodových dveří, byť jen na krátkou dobu, provětrá celý prostor zádveří. Ochlazený vzduch pak při otevření dalších interiérových dveří „nateče" do prostoru celého přízemí. Vytvoří se vrstva chladného vzduchu těsně nad podlahou. Záleží na tom, jak se prochladilo zádveří, tedy jak dlouho byly otevřeny vchodové dveře, a jaká byla venkovní teplota. Než se pak tato vrstva prohřála (promíchala), byl uvedený stav vnímán jako nepříjemný. Při pokusech přivádět topný vzduch od stropu byla doba prohřátí delší než při přívodu z podlahy. Velký vliv u přívodu od stropu má použitý distribuční element. Je potřeba přivést topný vzduch proudem k podlaze, aby se teplo dostalo na relativně nejchladnější konstrukce objektu. Použitím dýz se ale zvyšuje tlaková ztráta rozvodů, bylo by nutné zvýšit výkon vzduchotechnického zařízení. V další topné sezóně budou prováděny další pokusy s podrobnějším vyhodnocením.

Proti standardnímu provádění cirkulačního teplovzdušného vytápění pro nízkoenergetické domy byla v této realizaci provedena úprava rozvodu topného a větracího vzduchu do místností (C_2). Temperování podkroví v energeticky pasivních domech může být teoreticky zajištěno pouze teplem, které stoupá dle fyzikálních zákonů vzhůru z přízemí. Tato myšlenka byla výchozí vzhledem k různému využití obou podlaží. Doplněním rozdělovací klapky na trase C_2 je možné tzv. zónové vytápění a také zónové větrání. Dle požadavku je tedy možno vytápět a větrat celý dům, nebo střídavě samostatně každé patro s využitím dokonalé izolace celého domu, kdy se nemusíme obávat výrazného poklesu teplot v té chvíli nevytápěné části domu. Tepelná obálka objektu je tak kvalitní, že i při venkovní teplotě v noci mezi –12 až –16 °C klesá vnitřní teplota o maximálně 1,5 °C bez jakéhokoliv dohřívání daného prostoru v době od 16.30 do 6 hodin ráno dalšího dne. Toto zónové řešení se osvědčilo a přispělo k lepší pohodě v celém objektu, kdy například ve večerních hodinách je možné temperovat přízemí bez zvyšování teploty podkroví.

Cirkulační sání vzduchu ze společných prostor bylo provedeno

podle standardních zásad cirkulačního teplovzdušného vytápění. V přízemí z obývacího pokoje a v podkroví bylo umístěno na společné chodbě pod stropem. Přívod zpětného cirkulačního vzduchu do jednotky DUPLEX RB byl integrován do stropní konstrukce.

Také vzduchotechnický rozvod odvětrání koupelen, kuchyně a technické místnosti do jednotky byl integrován do stropní konstrukce, v případě odvodu z kuchyně bylo nad kuchyňskou linkou použito sádrokartonového zákrytu. V technické místnosti byl snížen podhled ze sádrokartonu. Díky možnosti zabudovat rozvody do konstrukce dřevostavby (obr. 21) není v interiéru kromě distribučních elementů (sacích ventilů, podlahových a stěnových mřížek) nikde vidět žádné potrubí vzduchotechniky. Jednotka DUPLEX RB je umístěna na stropě v technické místnosti, kde ve sníženém podhledu jsou viditelné pouze její dveře. Samotná technická místnost byla řešena tak, aby její prostor byl maximálně využit. Do prostoru 2x2,8 m bylo nutno umístit nádrž integrovaného zásobníku tepla (obr. 13), vývod cirkulačního zemního registru, propojení zařízení pro distribuci teplé užitkové vody a vody pro ústřední vytápění, technologii solárních panelů, přípojku vody včetně domácí stanice a vodoměru, otopný žebřík, umyvadlo, sprchu a WC.

Díky dokonalé synchronizaci všechny výše zmíněné předměty našly své místo, dokonce zůstal i manipulační prostor před všemi zařizovacími předměty dle požadavků *DIN* norem, které jsou ještě přísnější než *ČSN*.

Energie zadarmo?

Jako jedno z mnoha netradičních řešení a postupů byl v tomto objektu pokusně zrealizován tzv. cirkulační zemní výměník tepla (ZVTc, obr. 17, 18, 22). Princip „klasického" ZVT je založen na ochlazování vzduchu při průchodu zemí. V hloubce přibližně dvou metrů je téměř stálá teplota zeminy, pohybuje se kolem 7 °C. V zimním období je ZVT využíván pro ohřev vzduchu přiváděného do objektu. V letním období je vzduch, nasávaný z venkovního prostředí o teplotě například 30 °C, při průchodu zemí zchlazen na teplotu cca 15 až 19 °C. Teprve tento ochlazený vzduch je přiváděn a rozváděn vzduchotechnikou po objektu. Následně je z domu například pootevřeným oknem přetlakově odveden. Chladicí výkon tohoto ZVT se pohybuje od 1,2 do 1,6 kW (v závislosti na kvalitě zeminy a dalších parametrech).

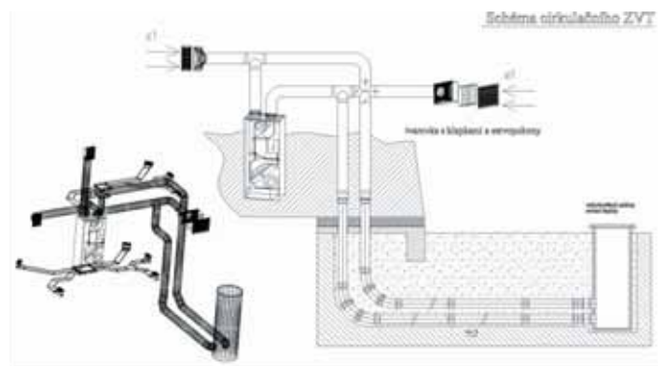
Realizovaný cirkulační ZVT v experimentálním domě v Rychnově využívá stejného principu. Proti základnímu provedení je však přidána další trubka uložená v zemi a soustava uzavíracích klapek. Trubky jsou položeny nad sebou, i když energeticky výhodnější by bylo samostatné vedení dvou trubek v hloubce kolem dvou metrů s cca 0,4m odstupem mezi sebou. Vzhledem k tomu, že v lokalitě kolem domu je kompaktní vrstva jílu o síle 80 až 130 m, který je na povrchu ještě slušně zavodněn, bylo zvoleno toto řešení, realizačně levnější.

Cirkulační vzduch z interiéru je vháněn jednou trubkou do země a přes uzavřenou šachtu se druhou trubkou vrací zpět do domu. Chladicí výkon tohoto ZVT je vyšší při stejném průtoku vzduchu než u jednoduchého zemního registru. Je to způsobeno nejen tím, že trasa vedení je delší, ale i nasáváním vzduchu z interiéru, který je zchlazován a znovu do interiéru přiváděn. Snižuje se tím množství případné kondenzace vzdušné vlhkosti. Na předpokládaných 15 až 19 °C ochlazujeme vzduch interiérové teploty (například 24 °C), nikoli tedy vzduch teploty venkovního prostředí. Všechny ostatní funkce ZVT, například při větrání přívod vzduchu, v zimě předehřev atd., jsou na základě regulace zachovány.

Díky tomu, že je dům trvale obydlen, odrážejí veškeré měřené veličiny, tedy vlhkost interiéru, teploty interiéru a teploty povrchů, spotřeba elektrické energie pro vytápění i ohřev TUV atd., běžné využívání objektu. Jsou mimo jiné průběžně srovnávány s matematickým modelem větrání, který byl firmou ATREA zpracován v roce 2004 a který je využíván v realizacích cirkulačního teplovzdušného vytápění pro nízkoenergetické a energeticky pasivní domy. Řídicí systém vzduchotechniky umí na základě venkovní okamžité teploty upravovat režim větrání tak, aby nedocházelo k přesušování interiéru. Například změřená vlhkost interiéru v sezóně 2004–05 i 2005–06 se pohybovala v rozmezí 43 až 52 %.

Obr. 19, 20: Kanálky v podlaze v přízemí

Obr. 21: Instalace rozvodů VZT do stropní konstrukce



Obr. 22: Cirkulační zemní výměník, úprava 2006 na základě zkušeností z EPD v Rychnově

První kroky na dlouhé cestě

Zemní práce a realizace základové desky experimentálního domu byly po částečném provedení inženýrských sítí lokality zahájeny 8. září 2004. Montáž horní stavby byla zahájena 4. října 2004, dům byl kompletně dokončen 27. října 2004. Kolaudace proběhla 16. listopadu 2004 a dům byl obydlen 3. prosince 2004. Objekt slouží k ověření teoretických výpočtů a doladění celé řady důležitých parametrů, které ekonomiku energeticky pasivních domů ovlivňují. Teprve dlouhodobá měření prověří použité materiály a technologie. Současná měření jsou bezpochyby zkreslena například spotřebou energie, potřebnou na prohřátí celého objektu po dokončení domu. Zahraniční prameny udávají, že je potřeba dokonce minimálně čtyř až pěti týdnů, než se takový dům prohřeje a začne vykazovat parametry energeticky pasivního domu. Některé prameny jdou ještě dál – najdeme v nich, že pokud takový dům nezažil celoroční provoz, tedy hlavně léto, není ještě optimálně připraven. Výsledky měření realizovaných od ledna 2005 byly představeny na konferenci *Pasivní dům 2006* v Brně. V zásadních věcech se poznatky shodují se současnými závěry kolegů ze SRN, a přispívají tak k rychlejšímu širšímu zavedení EPD.

MARTIN JINDRÁK