

Historie a perspektivy vývoje energetické náročnosti budov

Ing. Bronislav Bechník, PhD.

reing@seznam.cz

Úvod

Energetická náročnost v užším pojetí - podle ČSN - zahrnuje spotřebu energie na vytápění, případně ještě na přípravu teplé vody. V širším pohledu - podle Směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov (EPBD) - zahrnuje energetická náročnost veškerou spotřebu vnější elektrické energie, tepla a paliv k zajištění provozu stavby z hlediska jejího účelu.

Směrnice EPBD rozlišuje **bilanční hodnocení** (= energetická náročnost podle ČSN, vypočtená za normových podmínek, pro porovnávání různých staveb) a **operativní hodnocení** (= energetická bilance podle ČSN, skutečná spotřeba energie ve stavbě).

V současnosti se začíná prosazovat komplexnější pohled na energetickou náročnost staveb - analýza životního cyklu, která zahrnuje do energetické bilance kromě spotřeby v době užívání budovy rovněž spotřebu energie na těžbu a zpracování surovin, na výrobu stavebních hmot a dílců a jejich dopravu a zabudování na stavbě a nakonec i spotřebu energie na likvidaci stavby na konci její životnosti.

Při vyhodnocování spotřeby primárních zdrojů se uvažuje kromě užití energie i spotřeba energie na těžbu a zpracování paliv a vlastní spotřeba elektráren při výrobě elektrické energie [EnEV]. Komplexní ekologické studie vyhodnocují kromě spotřeby energie ještě další dopady: produkci oxidu uhličitého a ostatních skleníkových plynů a zdraví škodlivých látek, někdy i celkovou náročnost na obnovitelné i neobnovitelné zdroje

Vývoj výpočtu energetické náročnosti budov

V polovině minulého století byl nejvýznamnější položkou energetické bilance budov prostup tepla obalovými konstrukcemi. Ostatní položky byly natolik nevýznamné, viz graf na obrázku vlevo, že je bylo možno zanedbat nebo zahrnout jednoduchou přírážkou. Vzhledem k tomu, že prostup tepla stěnami a zasklením byl srovnatelný, bylo možno počítat například potřebný výkon otopných těles pouze z plochy obalových konstrukcí. Komplexnější přístupy, jako je analýza životního cyklu, se vzhledem k tehdejšímu výpočetním možnostem nepoužívaly vůbec.

Naproti tomu v současnosti jsou tepelná ztráta větráním, solární zisky, tepelné zisky od osob a spotřebičů a další vlivy natolik významné, že jsou součástí standardních výpočetních metod. U nízkoenergetických domů současnosti je ztráta větráním nejvýznamnější položkou spotřeby energie, proto se na ni logicky zaměřuje pozornost [75]. U pasivních staveb podíl energetických zisků na celkové energetické bilanci přesahuje 50 %.

Přesto ještě v současnosti existuje řada vlivů, které nejsou v energetické bilanci stavby uvažovány, například vlhčení větracího vzduchu, sorpce vlhkosti ve stavebních konstrukcích, sálání proti noční obloze a řada dalších. S dalším poklesem energetické náročnosti budov lze očekávat postupné rozšíření standardních výpočetních metod o další v současnosti zanedbávané položky.

Z výše uvedených důvodů je vhodné, aby energetické posouzení stavby prováděli kvalifikovaní odborníci, což je i požadavek směrnice EPBD.

Vývoj požadavků na tepelnou ochranu budov

Až do poloviny minulého století byla úroveň tepelné ochrany budov (TOB) okrajovou záležitostí. V odborné literatuře se objevovaly formulace typu: „...konstrukce by musela mít tepelný odpor nad $R=0,8$ ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$) (odpovídá hodnotě $U=1,25$ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$). Tak vysoký tepelný odpor nemá zpravidla žádná obvodová stěna, a nakonec není ani třeba...“. Změny oproti stavu v 19. století byly s výjimkou zdvojeného zasklení malé. Dnes, po padesáti letech, jsou normové požadavky několikanásobně vyšší. Přesto již v té době se objevovaly projekty nízkoenergetických a pasivních staveb.

Od sedmdesátých let lze ve všech vyspělých zemích, zejména v Evropské unii, sledovat postupné zpřísňování normových požadavků na tepelně technické vlastnosti staveb. Impulsem byly ekonomické studie o neudržitelnosti trvalého růstu spotřeby při omezenosti materiálových a energetických zdrojů, publikované počátkem 70. let a následné ropné krize. Vývoj v České republice je obdobný vývoji v celé Evropské unii, konkrétní údaje jsou uvedeny v grafu a v tabulce. Posun směrem k pasivním stavbám je zřejmý.

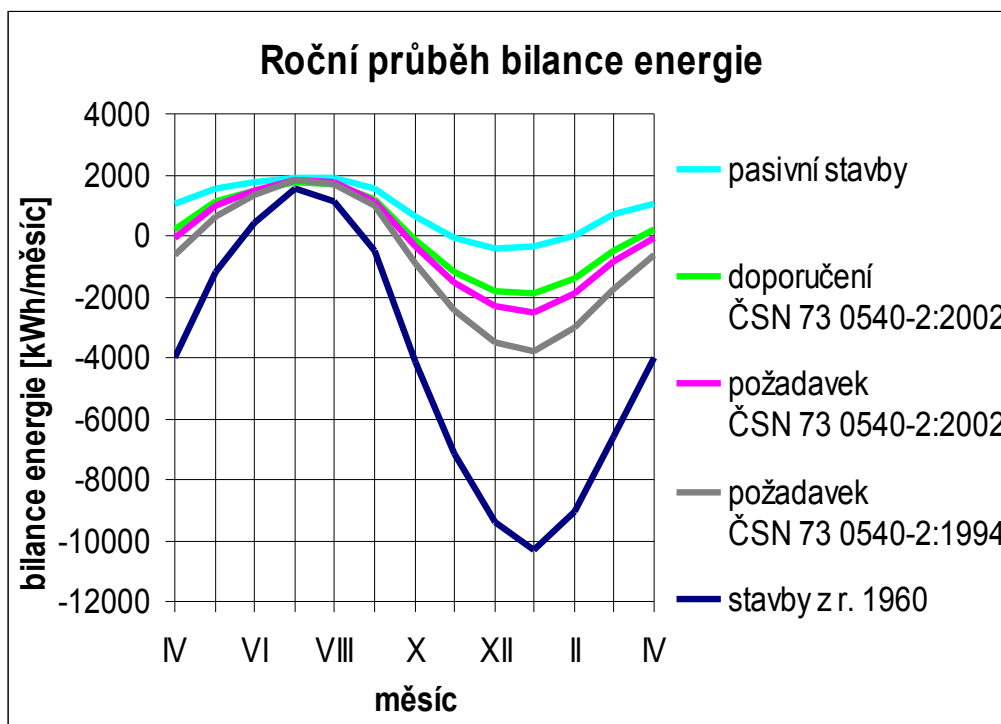
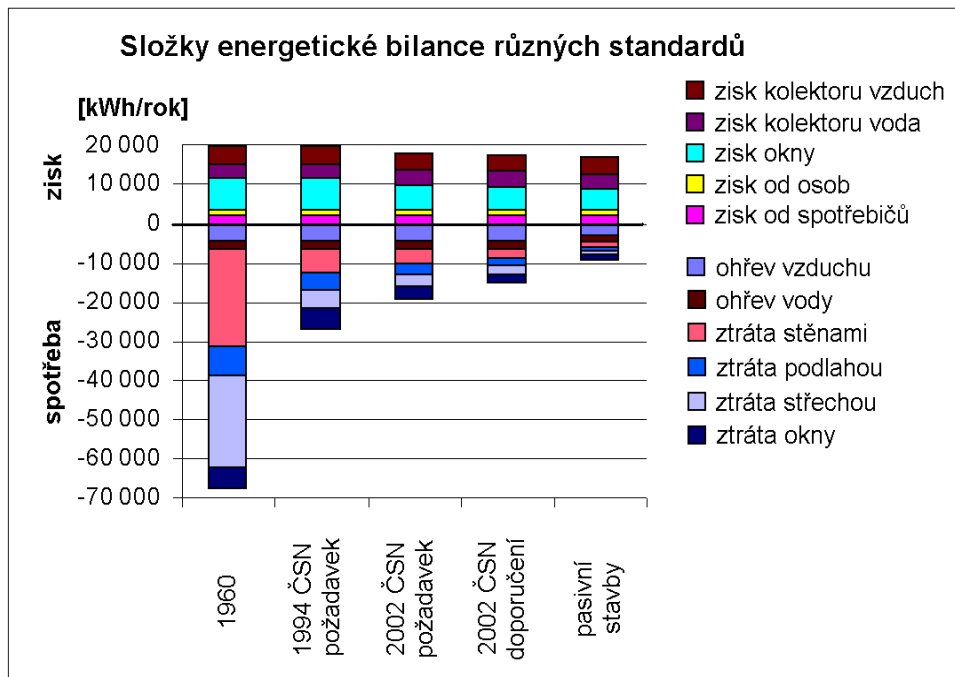
Srovnání normových požadavků na tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí v České republice a v Evropské unii

Stát	Stěna	Střecha	Podlaha na terénu	Okna
.	U	U	U	U
.	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
ČR 1960	2,00	-	-	2,90
ČR 1994	0,46	0,32	1,03	2,90
ČR 2002 požadované	0,38	0,24	0,60	2,00
ČR 2002 doporučené	0,25	0,16	0,40	1,35
ČR 2005 požadované	0,38	0,24	0,60	1,70
ČR 2005 doporučené	0,25	0,16	0,40	1,20
Nízkoenergetický dům	0,20	0,15	0,25	1,00
Pasivní dům	0,12	0,10	0,20	0,85
Dánsko 2002	0,35	0,20	0,30	1,80
Finsko 2002	0,28	0,22	0,28	2,10
Francie 2002	0,54	0,35	0,98	2,20
Holandsko 2002	0,30	0,25	0,31	2,00
Irsko 2002	0,60	0,40	0,60	-
Německo 2002	0,45	0,22	0,35	1,80
Norsko 2002	0,22	0,15	0,30	-
Rakousko 2002	0,50	0,25	0,50	1,90
Švédsko 2002	0,30	0,20	0,30	1,80
Velká Británie 2002	0,45	0,25	0,45	3,30

V nejbližších letech lze očekávat další zpřísnění požadavků na tepelnou ochranu budov. Hlavními důvody jsou: snaha o snížení závislosti na fosilních palivech, zvýšení spolehlivosti dodávek energie a v neposlední řadě i ochrana klimatu.

V této souvislosti se hovoří i o předefinování standardu nízkoenergetického respektive pasivního domu. V současnosti je za nízkoenergetický považován dům s měrnou spotřebou tepla na vytápění 50 $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, u tak zvaných pasivních domů má tento parametr hodnotu 15 $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, navíc přistupuje požadavek na celkovou spotřebu primární energie nepřesahující 120 $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$. Celková spotřeba energie na provoz nízkoenergetických domů je 70 - 110 $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, u pasivních domů do 50 $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$. Do budoucna je plánováno zpřísnění ukazatelů měrné spotřeby pro tyto typy staveb.

Zvýší-li se úroveň tepelné ochrany, zvýší se význam vnitřních a vnějších energetických zisků. S každým zvýšením tepelně technického standardu se tak zkracuje otopné období, jak je patrné z grafu na obrázku vpravo.



Vývoj standardů energetické náročnosti staveb

Z grafu na obrázku vlevo může vzniknout mylný dojem, že energetická bilance pasivních staveb je nulová nebo dokonce kladná. Při podrobnějším zobrazení ročního průběhu energetické bilance po měsících, viz graf vpravo, se však ukazuje, že i pasivní stavby mají v zimním období energetickou bilanci negativní, letní energetické přebytky nelze jednoduše využít k pokrytí zimní energetické potřeby. Významná část ztráty energie pasivních staveb je však kryta vnitřními a vnějšími energetickými zisky.

Certifikát energetické náročnosti

Směrnice EPBD nařizuje zavést certifikaci budov podle energetické náročnosti. Certifikát musí být k dispozici vlastníkově při výstavbě, kupujícímu při prodeji a nájemci při pronájmu. Certifikát veřejných budov musí být veřejně vystaven na dobře přístupném viditelném místě. Platnost certifikátu je omezena na nejvýše 10 let v souvislosti s požadavkem na pravidelné aktualizace jak metody výpočtu tak minimálních požadavků na tepelně technické vlastnosti staveb.

Předpokládá se, že budovy veřejných institucí by měly být příkladem. Podobně jako v současnosti je příkladem například Ministerstvo životního prostředí v používání recyklovaného papíru.

Závěr

Směrnice EPBD požaduje, aby metoda výpočtu energetické náročnosti budov byla revidována v intervalu nejvýše 5 let podle současného stavu poznání, vývoje nových konstrukčních materiálů a ekonomických možností. Ve stejném intervalu mají být revidovány i požadavky na tepelnou ochranu budov. Do budoucna lze tedy očekávat další snižování energetické náročnosti budov pravděpodobně až na úroveň současného standardu pasivních staveb.

Praktické zkušenosti z realizace nízkoenergetických a pasivních domů

Akad. Arch. Aleš Brotánek

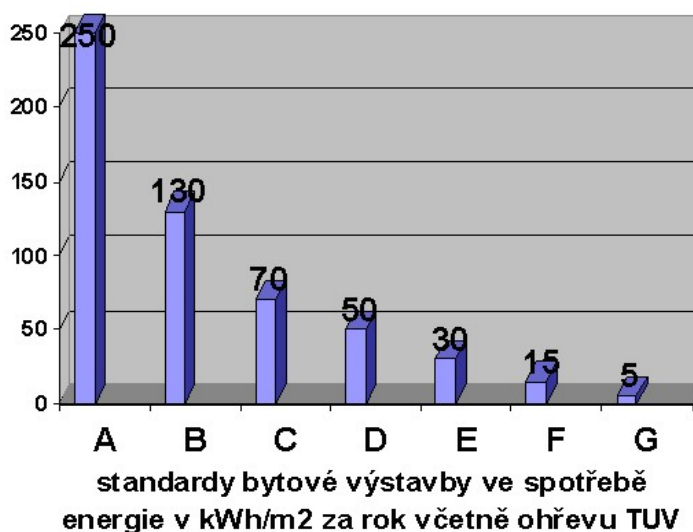
Předseda o.s.Ekodům, Sedlice 65, 262 42 Rožmitál p.Tr., e-mail: abrotanek@volny.cz

Proč se snažit o nízkoenergetické stavění, nebo raději o pasivní domy, případně ekodomy?

Jaký význam má snižování energetické náročnosti v obsluze budov nejen v ČR?

V obsluze budov se spotřebovává **50% světové spotřeby energií**. Z toho logicky vyplývá, že současná architektura se podílí z 50% na celkové produkci skleníkových plynů a tudíž je největším nebezpečím nestability ekosystému celé planety. Doplňme k tomu ještě, že ve vyspělých bohatých zemích žije **jen 20% obyvatel** planety a potřebuje **80% energetických a 90% surovinových zdrojů**. To se zdá být pádný důvod proč se zabývat tím, zda není možné REDEFINOVAT ZADÁNÍ (pojem z knihy *Přírodní kapitalismus od Huntera a Lovinsových, MF2003*) a pokusit se náš životní styl organizovat jinak. Ve zmíněné knize jsou příklady z mnoha oborů, jak lze většinou s desetinou prostředků dosáhnout desetkrát více, neboť doposud plýtvání bylo ekonomicky výhodné. To je ten nevyužívaný prostor, kterému se říká **POTENCIÁL ÚSPOR**.

Jaký je potenciál úspor v obsluze budov bytové výstavby včetně rodinných domů?



V přehledu standardů bytové výstavby od Ing.Miroslava Šafaříka je znázorněná spotřeba energií u různě řešených domů. Z něj je patrné, že stejného komfortu bydlení je možné dosáhnout různými prostředky. V nejlepší řešení je výsledkem dokonce vyšší užitný standard, než je současný dobrý průměr.

Kategorie "A" vyjadřuje vlastnosti naprosté většiny stávajících domů postavených ve 20. století, ve kterých dnes většinou bydlíme.

Kategorie B představuje vlastnosti domů, které mají oproti domům A značnou úsporu energie. V čem jsou jiné než ty předchozí? Dostat se na hodnoty 130 kWh/m² za rok lze pomocí řady opatření a za různou cenu. Můžeme podobného efektu dosáhnout instalací poměrně velkých **SOLÁRNÍCH TEPELOVODNÍCH KOLEKTORŮ**, případně si pomoci i teplovzdušnými kolektory s možností akumulace nebo **VELKÝM TEPELNÝM ČERPADLEM**, ale za poměrně velkých investičních nákladů, kdy je třeba mít ještě nějaký záložní zdroj energie, pro případ, že slunce

nesvítí, nebo se porouchá zařízení nebo vypadne dodávka el.energie. Velkou nevýhodou je omezená doba životnosti, a tudíž v relativně krátké době nutnost opakovat investici. Této lze ale dosáhnout i zlepšením technických vlastností budovy = **TEPELNOU IZOLACÍ o tloušťce 120 až 150 mm**. Velkou váhu má taková investice v tom, že její životnost může být stejná s životností domu se srovnatelnými investičními náklady.

Je pravdivé všeobecně šířené úsloví, že ekologie je drahá?

Kombinací několika opatření je možné dosáhnout hodnot kategorie C = 80-70 kWh/m² za rok, ale tím se dostáváme k řešení, která právem kazí pověst energeticky šetrnějších staveb, neboť jsou nejnákladnější. Zpravidla taková řešení obnášejí izolaci tl. 80-120mm, větší solární systém, tepelné čerpadlo a záložní zdroj (kotel na biomasu, plynový kotel atd.)+ústřední teplovodní vytápění, nejčastěji podlahové. **V takovém domě je velké množství relativně velkých systémů.** Proto pak autoři podobných řešení tvrdí, že **ekologie je drahá**. Ono to ale nemá s ekologií nic společného. Stejněho efektu je možné dosáhnout i zásadním zlepšením technických vlastností budovy = **TEPELNOU IZOLACÍ o tloušťce 200 až 300 mm**.

Tabulka porovnávající tloušťku zateplení s náklady na realizaci						
	1.	2.	3.	NÍZKOENERGETICKÉ DOMY	PASIVNÍ DOMY	
	Fasádní povrch bez zateplení	Tepelná izolace tzv.mokrý způsob	Tepelná izolace tzv.mokrý způsob	Tepelná izolace tzv.mokrý způsob	Tepelná izolace minerální vatou+ omítka na heraklitu	Tepelná izolace slaměnými balíky - omítka na roštu nebo heraklitu
	tl. 0 mm	tl. 50 mm	tl. 100 mm	tl. 150-200 mm	tl. 300-400 mm	tl. 350-400 mm
	Parametry	Parametry	Parametry	Parametry	Parametry	Parametry
Tepelný odpor tep. izolace a zdiva	0,45 m ² kW ⁻¹	1,56 m ² kW ⁻¹	2,95 m ² kW ⁻¹	5,15 m ² kW ⁻¹	7,25 -10,0 m ² kW ⁻¹	7,1 - 8,9 m ² kW ⁻¹
Orientační průměrná cena za m ²	450,- Kč/m ²	1000,- Kč/m ²	1100,- Kč/m ²	1200,- Kč/m ²	1300,- až 1600,- Kč/m ²	900,- až 1200,- Kč/m ²

Jak vyplývá z tabulky porovnávající tloušťku zateplení s náklady na realizaci, cenový nárůst je minimální, ale výsledek v dosažených vlastnostech je neporovnatelný. **NÁRŮST TLOUŠŤKY TEPELNÉ IZOLACE PRAKTICKY NEMÁ VLIV NA NÁRŮST CENY.** Klíčové rozhodnutí děláme ve chvíli, kdy se rozhodujeme, **zda zateplovat**.

Když **ano**, pak je lépe raději více než méně a optimální tloušťka se pohybuje v rozmezí mezi 200-400 mm standardní izolace. V žádném případě by však nemělo jít o hodnoty pod 150mm. Toto rozhodnutí stojí téměř stejně, ale nikdy **(ekonomicky rozumně= optimálně)** z takového domu nelze udělat NÍZKOENERGETICKÝ nebo dokonce PASIVNÍ dům.

Řešení bez izolování objektu (případně s minimální izolací z interiéru) je vždy problematické. Je na místě pouze u starých objektů, např. historických se sochařskou výzdobou, keramickým obkladem nebo režným zdivem. kde není možné zlepšit základní vlastnosti budovy. Pokud ale nic nebrání zlepšení vlastností obvodového pláště při rekonstrukci, nebo pokud se staví nový dům, měl by to být první základní krok, kterým je třeba začít. Jde o dlouhodobou investici, jejíž kvalita limituje všechna další možná řešení, která jsou jinak vždy drahá.

Jsou nízkoenergetické (NED) nebo energeticky pasivní domy (EPD) nákladnější?

Pro ujasnění pojmů je nutno říci, že podle německé metodiky je horní limit spotřeby energie pro nízkoenergetický dům **50 kWh/m²** za rok . Rozumně navržený nízkoenergetický dům lepších parametrů, má spotřebu okolo **30 kWh/m²** za rok , pasivní dům od **15 kWh/m²** za rok. Podle mezinárodních zkušeností není žádný důvod, aby byl nákladnější, než stejně velký dům postavený standardně. **Jak je to možné?** Všechna opatření nejdříve musí směřovat k tomu, aby se snížila na minimum základní spotřeba energií tak, že po většinu roku vnitřní zisky budou větší než jsou celkové ztráty. Pak se zbývající energie může dodávat co nejméně. Tento zbytek se dá poměrně jednoduše pokrýt téměř jakkoli, nejlépe ovšem z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE, tedy kombinací slunečních kolektorů a použitím biomasy.

Společným jmenovatelem kategorií D, E a F je, že jejich parametrů nelze dosáhnout bez řízeného větrání s rekuperací a nejlépe rovnou s teplovzdušným vytápěním. Odpadají náklady na ústřední teplovodní vytápění a klesají náklady na celkovou velikost vytápěcích technologií.

Rozdíl mezi NE domem kategorie D a E je jen v síle izolace. Se 150 mm je možné ještě dosáhnout výsledku **50 kWh/m²** za rok, tedy D. Na kategorii E již potřebujeme alespoň 250 mm, ale pokud použijeme 300mm a ještě kvalitnější okna (se zasklením **U=0,7 W/m².K**) , která od loňského roku se již objevila i na českém trhu, vstupujeme do kategorie F s parametry **15 kWh/m²** za rok . Podle provedených měření na jednom bytovém domě ve Frankfurtu n.M. to v praxi znamenalo, že v topné sezóně 2002/03 se topilo pouhých **11 dní**. Kategorie G, to je s parametry **0-5 kWh/m²** za rok, předpokládá již praktickou soběstačnost i ve výrobě potřebné el. energie. Znamená to napojit pasivní dům na generátor (používající OZE) případně fotovoltaické panely. Opatření na zajištění toho malého zbytku potřebné energie k dosažení plné soběstačnosti jsou však ta nejnáročnější i finančně. Nulový dům je výzva pro přemýšlivé kutily a vynálezce. Technicky to lze, zatím to není levná varianta, ale neřeší to ten hlavní problém, jak využít největší část potenciálu úspor ze současného plýtvání.

Na základě těchto skutečností od roku 2003 navrhuji domy, které nemají méně než 300 mm izolace.

Nízkoenergetický nebo pasivní dům není nic technicky nedosažitelného dnešními běžně dostupnými technologiemi. U většiny domů ani není optimální použití tolik prosazovaného tepelného čerpadla, které pro pasivní rodinný dům je použitelné pouze s výkonem 1,5 -2 kW a za cenu do 50 tisíc. Když jsem mezi prodejci tep.čerpadel takové hledal, přemlouvali mě, ať raději do toho domu nedávám tolik izolace, že oni mi pak nemají co nabídnout. Větší tepelné čerpadlo může mít smysl ve větším bytovém domě nebo veřejné budově, kde z nějakých důvodů nelze použít energii z obnovitelných zdrojů. Sluneční energii je důležité použít na ohřev TUV (a tím ušetřit až 2/3 spotřeby), ale prakticky ji v našem klimatickém pásmu nelze použít na vytápění. Ne že bychom nechtěli, ale proto, že v období, ve kterém v šetrném domě potřebujeme topit, u nás prakticky slunce nesvíí.

Pokud chceme dosáhnout optimálního výsledku, je při navrhování nejdůležitější posloupnost opatření, která jsem shrnul do následující tabulky.

Tyto údaje jsou samozřejmě do jisté míry zjednodušující a orientační, neboť vždy záleží na konkrétním řešení konkrétní stavby a jedná se tedy o hodnoty dosažitelné, pokud se autor nedopustí zásadních chyb. Předpokládá se, že půjde o stavbu pokud možno kompaktní, s minimalizací tepelných mostů, logicky orientovanou ke světovým stranám a dostatečně osluněnou pro využívání TUV. Záleží také na funkčním využití domu. Jelikož tyto hodnoty jsou dosažitelné u RD, kde je to nejobtížnější, u většiny ostatních budov jsou možnosti v mnohém ještě příznivější.

<i>Logická posloupnost navrhovaných opatření</i>	<i>Navrhované opatření</i>	<i>Dosažitelné výsledné parametry spotřeby domů v kWh/m² za rok</i>	<i>Potenciál úspor v % Základ 250kWh/m² za rok</i>
0.	<i>Vlastnosti většiny staveb realizovaných během posledního století</i>	250	0%
1.	Minimálně 150 mm standardní tepelné izolace	120- 140	47%
2.	Optimálně 300 mm standardní tepelné izolace	80- 100	62%
3.	Ohřev TUV solárními kolektory s plochou 1,5 -2 m²/na osobu v domácnosti+ 300 mm standardní tepelné izolace	60- 80	71%
4.	Rekuperace + 150 mm standardní tepelné izolace	45- 55	80%
5.	Rekuperace + 300 mm standardní tepelné izolace	25- 35	87%
6.	Okna s $U=0,7-0,85 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ + rekuperace + solár.ohřev TUV + 300 mm standardní tepelné izolace	10-20	93%
<i>Provedenými opatřeními rozhodneme o tom, jak velký problém budeme řešit výběrem vhodného zdroje pro zbytek potřebné energie.</i>		<i>Minimálně 50% problém</i> <i>Optimálně 20-10%</i> <i>Technicky dosažitelně i jen 7%</i>	
7.	a rozhodnutí ovlivňuje především celkový objem potřebné energie, místní podmínky a nároky uživatelů. Ideálně by mělo jít o využití OBNOVITELÝCH ZDROJŮ ENERGIE. Pro rodinné domy je reálné zvažovat alternativy 1. a 2. Ostatní alternativy mohou přicházet v úvahu pro větší celky bytových domů nebo ubytovacích, školních, administrativních nebo objektů u speciálních technologií (zemědělství, čistírny atp.)	1. kotlík na peletky 2. kamínka na dřevo 3. kotel na slámu, štěpku nebo jiné odp. 4. bioplyn, příp. generátorový plyn z bioodpadů, <i>nejlépe kombinovanou výrobu el. energie a dodávek tepla</i>	
8.	Pokud není možné použít OZE, teprve přicházejí na řadu neobnovitelné. Zda plyn nebo el. proud je dilema, zemní plyn má lepší hodnocení vypouštěných emisí a ekol.stopu, ale vyšší pořizovací náklady na zařízení, přípojku i provoz. Elektro přípojka je potřeba v každém případě, a pokud je použit solární systém s akumulační nádrží (do kterého se jen přidá elektrospirála), pak jsou zde jednoznačně nejnižší pořizovací a provozní náklady nižší, ale ekologická stopa je horší.	5. kotel na zemní plyn nebo kogenerační jednotka 6. ohřev nočním el.proudem nebo tepelné čerpadlo 7. uhlí <i>jedině pokud by šlo o kombinovanou výrobu el. energie a dodávek tepla, rozhodně ne u RD</i>	

Závěrečné shrnutí první kapitoly

Z uvedených faktů vyplývá, že potenciál úspor v obsluze budov je až nečekaně velký. Proti současnému stavu většiny budov jsou zde možnosti v rozsahu **minimálně 50%, optimálně 80-90%** u nově stavěných domů a to bez odůvodněného nárůstu ceny, pokud se postupuje ve sledu navrhovaných opatření. (U pasivních domů může cena narůst maximálně o 5-15%). To, že v reálné praxi tomu tak být nemusí, je jen proto, že firem, které umějí postavit takové domy je minimum a zákony trhu pak logicky mohou ceny zvedat. Rakouský a německý vývoj ukazuje, že to je dočasný počáteční stav, který se změní s rozšířením poptávky a podpory domů s lepšími parametry. Zmiňované bytové pasivní domy realizované ve Frankfurtu byly dokonce realizovány o 30% levněji než je německý standard. Tajemství úspěchu je v organizaci stavby.

Je reálné redefinovat zadání a začít věci organizovat jinak? Jak s tím souvisí energetická koncepce státu (EKS) a ekologická daňová reforma (EDR)?

Proč se nestaví více NE a pasivních domů?

Je to jednoduché, plýtvání se vyplácí. Je možné se odvolávat na to, že není dost architektů, stavařů a firem, které to umí. Ale tento nedostatek je jen proto, že není dost investorů, kteří by pocítovali potřebu takových staveb. První zájem ze strany poměrně malé skupiny osvědčených investorů se začal probouzet po prvním citelnějším nárůstu cen energií. Ty ale ještě stále neodrážejí tržní ceny ani škody, které jejich plýtvání přináší. Tudiž, když s realizacemi jsou jen problémy, ani z nich neplynou žádné druhotné výhody, prestižní ani ekonomické, je logické, že zájem o tyto stavby je jen od vysoce poučených osob, které mají mimoekonomické zájmy spíše obrácené k osobnímu svědomí, anebo hledí daleko za současný horizont.

Je možné získat v ČR dotaci na realizaci NED a EPD?

Bohužel ne. Je to proto, že dotace se přidělují na čtyřech různých ministerstvech. I kdyby všechny komponenty NE a pas. domů bylo možné poskládat z různých dotačních titulů, většinou není možné na jeden projekt čerpat více dotací než jednu.

Dalším důvodem je to, na co jsou dotace směřovány. V prvních letech to bylo na tzv. ekologické elektrické přímotopy a na plynofikaci. Později se rozšířily na kotle na biomasu, tepelná čerpadla, sluneční kolektory. Podle tabulky posloupnosti opatření je vidět, že se dotace týkají technologií souvisejících se zdroji vytápění (kromě kolektorů). To znamená těch opatření, která jsou na konci procesu. Pokud se provedou opatření směřující k celkovému snížení spotřeby energií, bude potřeba malý zdroj a tudíž podíl dotace bude také malý. V praxi to znamená, že se pak ani nevyplatí o něco žádat, neboť vyřízení žádosti také něco stojí a může se stát, že se nakonec náklady na žádost s dotací vyruší. Proto je výhodné žádná výrazná opatření nekonat, pořizovat velké zdroje a žádat o velké dotace na ně. A zase jsme u toho, že je plýtvání výhodné. Chyba je v tom, že není stanoven hlavní cíl a k tomu pak voleny vhodné prostředky.

Pokud jednotlivá ministerstva vykazují pouze plošně instalované výkony jednotlivých tzv. ekologických způsobů vytápění, nemůže to nikdy vést k logickému řetězení jednotlivých opatření a k úsporám energií.

Plýtvání neekologické je pouze nahrazováno plýtváním ekologickým

Bohužel, tato zdánlivě nesmyslná teze nejlépe vyjadřuje současný přístup k řešení problému. Pokud by totiž cílem dotací mělo být lepší VYUŽITÍ POTENCIÁLU ÚSPOR, logicky by byli investoři odměňováni za dosažené výsledky. Po uvedení stavby do provozu se dá snadno měřením **skutečných vlastností stavby** ohodnotit (OŠTÍTKOVAT) její zařazení podle mezinárodně uznávané metodiky a podle toho přidělit dotační prostředky. Čím lépe, tím více, bez ohledu na to, jaké technologie a prostředky byly použity. Výsledkem by mohlo být nejen využití potenciálu úspor, ale především snížení rizika plýtvání státních prostředků. Na dotacích by pak nebyly zainteresovány především montážní firmy (položení co největšího počtu solárních kolektorů, velkých tep. čerpadel. atd.), ale hlavně investoři, aby objednávali jen to, co skutečně potřebují. Šetření by mohlo začít být **výhodné** a hlavně průhledně dotovatelné.

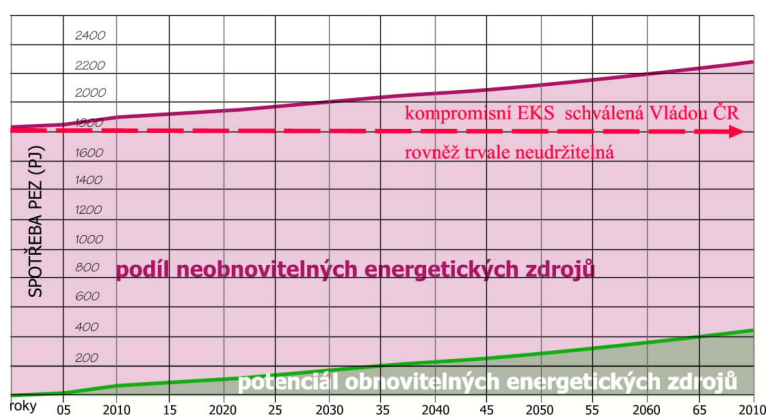
Štítkování by mělo svůj význam ve zvýšení tlaku na kvalitu stavební výroby. Z reálných staveb vím, že hodnoty splnění platné normy jsou často plněny pouze na papíře v dokumentaci ke stavebnímu povolení. Pokud by novostavba nesplňovala deklarované parametry, měla by být nezakládavatelná, nebo by měla platit ze svého provozu pravidelný příspěvek do fondu na odstraňování škod na životním prostředí. Nejde o to za každou cenu někoho trestat, ale o zvýšení povědomí osobní odpovědnosti.

Vyžívání potenciálu úspor není problém technických řešení, ale nastavení mantinelů ekonomického prostředí

Ve vládě ČR byla v roce 2004 s velkým úsilím schválena energetická koncepce státu (EKS). Polemika, která ji předcházela, se pohybovala v názorech, zda spotřeba energií u nás stále ještě poroste, nebo zda je možné uvažovat aspoň o nepatrném snižování spotřeby. Smutné bylo zjištění, že stále ještě ve vládních strukturách (především na ministerstvu průmyslu a obchodu) převládá názor, že hospodářský rozvoj je možný jedině s nárůstem spotřeby. Pojem POTENCIÁL ÚSPOR, je vytěsněn mimo zorný úhel dlouhodobých úvah, přestože vstupem do EU jsme se přihlásili k trendům trvale udržitelného rozvoje a tendencím zcela opačným. Kompromisem je koncepce, která připouští, že spotřeba neporoste, a která nerada bere na vědomí, že bude nutné rozvíjet i využívání obnovitelných zdrojů energií.

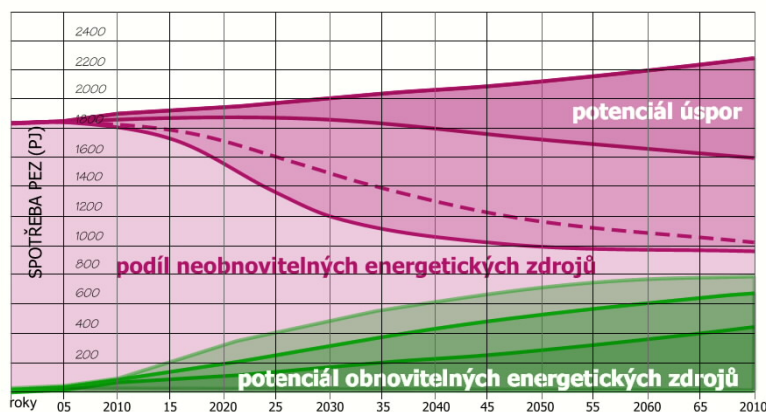
Podíváme na využitelný potenciál obnovitelných zdrojů a současnou spotřebu. Na grafu SCÉNÁŘE TRVALE NEUDRŽITELNÉHO a vládou přijaté EKS vidíme, že i když využijeme veškerých **možností obnovitelných zdrojů**, nemůžeme jimi nikdy pokrýt současné **plytvání neobnovitelnými zdroji**. Má taková koncepce nějaký smysl?

SCÉNÁŘ (trvale neudržitelné) **ENERGETICKÉ KONCEPCE STÁTU**



hledání

SCÉNÁŘ (trvale udržitelné) **ENERGETICKÉ KONCEPCE STÁTU**



EKS by měla vytyčovat dlouhodobé trendy na základě analýzy skrytých nebo nevyužívaných potenciálů současného stavu, pojmenovávat životně důležité cíle budoucího vývoje, ale především udávat směr, kudy je možné hledat cestu k jejich naplnění.

Musíme najít odvahu si přiznat, že se chováme tak, jako kdybychom se nalézali ve světě neomezených zdrojů. Jedině v takovém světě je možné žít s neustálým nárůstem spotřeby.

Pokud přiznáme, že žijeme na planetě omezených zdrojů, kde **trvale udržitelně** je možné žít jedině s **takovým potenciálem energie, který k nám ročně přichází ze slunce, a který je**

redukovaný na využitelný potenciál OZE, teprve definujeme NOVÝ CÍL umožňující budoucí rozvoj.

Z toho vyplývá, že rozvoj a využívání OZE může mít zásadní význam jen tehdy, pokud se s ním spojuje i opačná tendence, a tou je rozvíjení potenciálu úspor. Pokud současné plýtvání začneme nahrazovat jen nezbytně nutnou spotřebou (s lepším komfortem a kvalitou životního prostředí) a tuto zmenšující se spotřebu budeme pokrývat z potenciálu OZE, začne se rýsovat scénář hledající TRVALE UDRŽITELNÉ EKS, jak je vidět na dalším grafu.

Pak bude záležet na tom, kde si zvolíme, že se tyto dvě tendence v čase mají setkat. Kam umístíme vytčený cíl. Pak můžeme diskutovat, jaké potřebujeme prostředky (nejen finanční) a strategie k jeho dosažení.

Jak se na redefinovaném zadání úkolů může podílet architektura budov?

Ze zkušeností 25let vím, že v architektuře takové potenciály jsou. Z toho, co jsem doložil v první kapitole, to již lze vysledovat a pro úplnost stručně rekapituluji:

- a) **v obsluze budov se spotřebovává POLOVINA současné spotřeby energií**
- b) **je možné stavět budovy s energetickými nároky na provoz o 70% - 90% nižšími**
- c) **nová výstavba představuje 1% staveb za rok, za 100let se prakticky obnoví fond budov**
- d) **od určitého data by nebylo možné stavět nové budovy horší než nízkoenergetické, tj. bez zvýšení nákladů realizaci, ale o 80% úspornějších v provozu**
- e) **z toho plyne, že minimálně za 100 let by bylo možné zbývajících 20% energie potřebných na provoz budov pokrývat z obnovitelných zdrojů energie**

Vidíme tedy, že architektura může řešit minimálně polovinu problémů znečištění a globálního oteplování, když pochopí nutnost redefinovat aktuální zadání a začne měnit základní vlastnosti budov. Energetickou koncepci státu by pak bylo možné konstruovat v několika trajektoriích a hledat optimální možnosti budoucího rozvoje, protože podobné potenciály úspor lze hledat i v dalších odvětvích.

Čím by ekologická daňová reforma měla být ?

V již zmíněné knize "Přírodní kapitalismus" je přehledně popsáno, že ve všech oborech lidského konání jsou obrovské, ale nevyužité potenciály umožňující s desetinou prostředků dosáhnout desetkrát lepšího výsledku. Využívání potenciálu úspor není problém technických řešení (ta jsou již známá), ale působení ekonomického prostředí, které nás nutí chovat se **nenormálně = PLÝTVAT**.

Proto klíčovým zlomovým nástrojem může být narovnání tržních vztahů v ekonomickém prostředí, ve kterém by se začalo vyplácet chovat se **normálně = ŠETRNĚ**. O to se ekologická daňová reforma snaží.

Čím EDR není a nesmí být.

EDR není zavádění nového zdanění X má jenom začít vybírat daně na jiných místech než na znevýhodňování lidské tvůrčí práce

EDR není zvýšení daní X má z hlediska daňové výtěžnosti být neutrální a dlouhodobě by měla spíše působit na jejich snížení

Před 150 lety bylo považováno za štěstí, pokud jste našli na cestě podkovu.

Nebylo to proto, jak se nám to může z dnešního pohledu jevit, že by měla nějakou magickou sílu, ale proto, že byla ze vzácné suroviny. Bylo ji možné překovat, nebo z ní udělat hřebíky a vyplatilo se to. Dnes se nevyplatí opravit poměrně složitou tiskárnu od PC. Za cenu opravy + inkoustu dostanete novou, opravovat si ji nechá jen blázen. I starý dům je většinou levnější zbourat a postavit nový. Recyklování se musí dotovat, neboť základní suroviny a energie jsou za režijní náklady = LEVNÉ. Společným jmenovatelem všech šetrných řešení je vysoký nárok

na potřebu lidské tvůrčí práce. Výběr daní na veřejné státní služby stojí nejvíce na vysokém zdanění lidské práce, která se tím stává DRAHOU= ZNEVÝHODNĚNOU V TRŽNÍM SYSTÉMU. Úspěšní v tomto systému jsou ti, kteří lidskou práci nahrazují roboty, nebo otrockou nekvalifikovanou prací z tzv. zaostalých zemí. Výsledkem je neustálý nárůst spotřeby neobnovitelných zdrojů surovin a energií při snižující se psychosociální kvalitě života a mezilidských vztahů, kdy roste počet těch, co nemohou pracovat, ale které musí uživit ti, kteří pracují. Je to schizofrenní kruh. Ví se, co bychom měli a chtěli (ekologie se skloňuje ve všech pádech), ale nastavení ekonomického prostředí nás všechny v každodenním životě i podnikání nutí plynout a spotřebovávat za cenu žití na dluh.

Proto je tak důležité nastavení systému jinak. **Ekologická daňová reforma** ve všech státech Evropy (bohužel v každém trochu jinak) snižuje daňové zatížení lidské tvůrčí práce. Potřebné prostředky vybírá zvýšením daňového zatížení u primárních surovin a energií. Většinou se začíná u benzínu. Vybírat se má tam, kde je třeba znevýhodňovat, a kde každý podnikatel i občan začne šetřit.

Odpady budou mít šanci stát se cennou surovinou

Pojem odpad by mohl ztratit svůj negativní význam, neboť si zachová hodnotu. Bude výhodné ho třídit, prodávat a ekologické chování se začne vyplácet.

Pokud promyslíme do důsledku, jak by navrhovaná EDR mohla působit, zjistíme, že by mohlo vzniknout prostředí, ve kterém pojem **ekologický** zanikne, protože to bude znamenat **normální**. V něm by jiné než **úsporné domy** nemělo smysl stavět a jiné než obnovitelné zdroje by se do sta let nepoužívaly. Stát by nebyl nikoho nucen zvýhodňovat dotacemi a pokřivenými administrativními nástroji zvyšujícími korupční prostředí.

Před pětadvaceti lety, kdy jsem se začal o energeticky úspornou architekturu zajímat, jsem předpokládal, že nejobtížnější je přijít na to, jak podobné domy navrhovat. Dnes vím, že to je ta jednodušší polovina problému. Největší brzdou jejich rozvoje je deformované ekonomické prostředí, dumpingová cena energií (která nezahrnuje škody na živ. prostředí) a vysoká cena lidské práce. To brzdí možnosti zavádět nové koncepční přístupy a individuální **optimální řešení** vycházející z místních podmínek.

Příkladem by pro začátek mohla být alespoň výstavba financovaná ze státního rozpočtu tzn. veřejné/státní budovy, které mají všechny předpoklady stát se stavbami pasivními, to znamená stavbami, ve kterých je téměř zbytečné topit. Proč? Protože školy, školky a administrativa (ať už místní nebo státní samosprávy), případně další jako ubytovací objekty, koleje, nemocnice a atp. mají mnoho vnitřních zisků osob i zařízení a je u nich důležitá hygienická výměna vzduchu. Mají proto mnohem větší šanci stát se NED a EPD domem ještě snadněji, než třeba rodinné domy.

Příklady ze stavební praxe jako inspirace pro tzv. veřejné/státní budovy.

Rekonstrukce, modernizace a pasivace – ubytovny pro středoškolské studenty ve Vysokém Mýtě Studie-2004

autor - Aleš Brotánek, Jan Brotánek

Ukázka, jak je možné transformovat starší administrativní budovu z éry první republiky na nízkoenergetickou stavbu, s vlastnostmi **30,5 kWh/m² za rok** a s využitím pro letní ubytování turistů.

U rekonstrukcí je vždy dilema, jak zachovat něco z původního kouzla místa a přitom dosáhnout co nejlepších výsledků. Zde se zachovaly všechny kamenné vstupní portály a měděné věžičky, které se staly inspirací novým funkčním detailům vstupních přístřešků a okenních markýz na sluneční clony.

Navrhovaná opatření = pasivační prvky.

- Konstrukce stavby dovolí „jen 240 mm“ tepelné izolace
- Teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla
- Okna s tepelnou izolací rámu a trojskly s $U=0,85 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- Spotřeba TUV kryta z 55% z fototermtických kolektorů (nastavených ke slunci jen z části ideálně- ztráta účinnosti 10%) Akumulace ohřevu TUV v centrální stratifikované akumulární nádrži zefektňuje využití sluneční energie z kolektorů. Letní přebytky TUV využity v sousední budově přes ulici.
- Adresný monitoring spotřeby TUV motivující uživatele k úsporám.
- Zbývající energetické nároky jsou zabezpečeny z obnovitelných zdrojů energie spalováním biomasy pomocí kotlů na pelety.

ENERGON- pasivní administrativní budova v Ulmu Realizovaná -2003

podrobnosti www.energon-ulm.de

Tato stavba ze zahraničí je ukázkou toho, jak je možné stavět chytře a úsporně v kvalitě pasivního domu **15 kWh/m² za rok**.

Velké administrativní budovy trpí velkými vnitřními zisky, protože je v nich mnoho lidí a techniky a tím mnoho odpadního tepla. Když k tomu přistoupí i neuvážený návrh s velkými prosklenými plochami, většinou to znamená, že na zabezpečení snesitelného pobytu v takové budově je třeba rozsáhlá technologie na vytápění a ještě jednou tak velká na letní klimatizování. Na obdobnou administrativní budovu jako je tato, by to znamenalo přidat ještě tak 1/2 patra na technologii vytápění a 1 patro na technologii chlazení.

V tomto případě to neplatí, neboť na celý technický provoz budovy stačí dvě chodby. Jedna v podkroví a druhá v suterénu. Problém chlazení přitom není třeba řešit složitou technologií, jak se většinou děje, když chlad je dostupný na celém světě (*pokud nebydlíte na Islandu*) v podloží každé stavby v zemské kůře. Tato stavba je demonstrací jak se dá řešit chytře a jednoduše to, co se běžně řeší draho a složitě. Chlazení nebo přehřívání probíhá v železobetonové stropní/podlahové desce (*masivní tepelný setrvačnický zabezpečující stabilitu vnitřního prostředí*), kterou protéká voda potrubím registru příslušné teploty. (*V případě ojedinělých dnů, kdy je třeba topit, zde protéká voda 21°C teplá a ve dnech, kdy je třeba intenzivně chladit, voda namíchaná na 19°C.*). Chlad je získáván pomocí 100m hlubokých vrtů a dvou **běžných vodních čerpadel**, která prohánějí vodu potrubím ve vrtech a po namíchání na správnou teplotu, registry v podlahách.

Voda, která jimi protéká, udělá stejnou službu jako klimatizační zařízení (jejich provoz je energeticky třikrát náročnější než topení) a to za cenu provozu jednoho vodního čerpadla. Technologická patra, která jsou standardně nutná, zde nahradí pouze dvě nevelké chodby, jedna v suterénu a druhá v podkroví.

Realizovaná opatření = pasivační prvky

- 300 mm izolace minerální vlnou v lehkém, dřevěném obvodovém plášti budovy
- řízené větrání s rekuperací odpadního tepla
- okna s tepelnou izolací rámu a trojskly s $U=0,85 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- 100m hluboké vrty
- Stropy monolytického skeletu (akumulační setrvačnický) o síle 300mm vybaveny při betonování potrubními registry.
- Není třeba dodávat, že takové jednoduché řešení má také zásadní vliv na úsporu investičních prostředků.

•

Archa- přístavba a přestavba kravína na multifunkční budovu společnosti Country Life Nenačovice u Loděnice studie-2001, realizace-2003-5 autor - Aleš Brotánek, Jan Brotánek

Ukázka, jak je možné bývalý nefunkční kravín zrecyklovat na něco potřebného. Podobných objektů přestavovaných na menších městech a vesnicích na multifunkční objekty Místní úřadu, školu, jídelnu, chráněné bydlení a tp. je mnoho.

Součástí přestavby stávajícího objektu je přístavba se společenským sálem a vzorkovou prodejnou provedená na úrovni pasivní stavby. Vznikající areál zahrnuje velkoobchodní sklad biopotravin, (přestavěný seník), hospodářské zázemí farmy se sklepy na zeleninu a ovoce a přístřešky na zemědělskou techniku. Areál bude mít též kořenovou čistírnu odpadních vod.

Dřevěné přístavby mění celý objekt v jakousi alegorii „archy“, přivádějící alternativu šetrného životního stylu. V této části jsou hlavní reprezentační prostory společnosti. Izolace 400mm minerální vlny.

Koncepce nového využití podélné stavby se západovýchodní orientací umísťuje do přední části všechny administrativní provozy, školu a jídelnu s kuchyní. Ve střední části jsou ubytovací prostory a zadní část je vyhrazena pro provozy skladovací a výrobní. Komunikační spojení pater řeší přístavba zastřešených pavlačí se schodišti v jednotlivých požárních úsecích.

Pojetí rekonstrukce a přístavby demonstruje celkově šetrný postoj firmy k životnímu prostředí:

Recykluje stávající nevyužité objekty novým obsahem.

- Nově dostavované části jsou maximálně z přírodních materiálů. Kde to jde, je dřevo ponecháno v neopracovaném přírodním stavu a napuštěno pouze emulzí ze lněného oleje a včelího vosku.
- Nově přístavované části nepoužívají spádovanou střešní krytinu rychle odvádějící vodu z krajiny, ale ploché nebo pultové střechy s vegetačním krytem, tzv. bezúdržbové zelené střechy.
- Dešťová voda z původních taškových střech je zachycována v opravených hnojných jímkách a používá se s předčištěním jako užitková.
- Stavba směřuje k maximálnímu možnému snížení energetické náročnosti. Rekonstruovaná část je řešena v kvalitě nízkoenergetické stavby $35 \text{ kWh/m}^2 \text{ za rok}$, přístavba se již blíží úrovni stavby pasivní $20 \text{ kWh/m}^2 \text{ za rok}$.
- Zbývající energetické nároky jsou zabezpečeny z obnovitelných zdrojů: fototermitických kolektorů a dřevokotlů s akumulací v nádržích a bojlerech rozmístěných po objektu vždy nedaleko místa odběru vody.

Realizovaná opatření = pasivační prvky

- 400 mm izolace minerální vlnou v lehkém, dřevěném obvodovém plášti budovy
- teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla
- okna s tepelnou izolací rámu a trojskly s $U=1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- osazení fototermitických kolektorů

Nízkonákladový pasivní bytový dům pro obec Nadějkov studie-2004 autor – Aleš Brotánek

V okolí obce Nadějkov se začalo uvažovat o možnosti vybudování úložiště jaderného odpadu a to místní vyburcovalo k hledání alternativ k JE a dovedlo je i k úvahám o novém bydlení pro občany obce v domě, ve kterém se téměř netopí.

Návrh počítá se založením na pilotech, s izolací minerální vatou 300mm, s využitím solární energie na ohřev TUV v dvoupodlažním bytovém domě pro šest rodin.

Věčné dilema: stavět NED a EPD masivní zděné nebo jako dřevěný skelet?

Odpovědi nemohou nikdy být jednoznačné a absolutizující a vždy záleží na širších souvislostech a podlažnosti budovy. U rodinných domů záleží více na psychosociálních okolnostech. Ve středoevropském kontextu se zdá, že nejen u nás je důležitý pocit masivního nerezonujícího domu s akumulací setrvačností, ten ale můžeme mít i u dřevěného.

CIHLOVÝ DŮM

Pokud z těchto důvodů trváme na domu zděném, jde o to, aby nosná stěna mohla být co nejtenčí, aby po té, co k ní přiřadíme izolaci 300mm, celková tloušťka obvodového pláště nepřesáhla 550mm. Je třeba monolitický, ale tenčí strop a vnitřní příčky jsou rovněž nosné tl.150mm. Jak je vidět na obrázku, izolace je uzavřena do prostoru mezi stěnu a laťový rošt na povrchu obitý heraklitem a omítnutý.

Tento postup je cenově srovnatelný s dnes obvyklým zateplením polystyrénem a stěrkou. Ale vápenná omítka na povrchu zaručuje prodyšnost a menší zranitelnost než tenká stěrková omítka (snadno ji proklouzne datel nebo strakapoud, jak se stává na sídlištích). Klíčové u takto stavěných domů je osazení oken. Ta je třeba osadit do ostění tak, aby se minimalizovaly tepelné mosty a okno bylo co neblíže roviny fasády.

Pro vícepodlažní výškové domy to samozřejmě řešení není, ale zde pak znovu získává na významu klasický Courbusierův monolitický skelet (sloup-deska), který na vnějším plášti potřebuje jenom výplňový sendvič s maximálním zateplením, jak to provedli u pasivní administrativní budovy Energonu v Ulmu. To pak je stavba s masivní hmotou uvnitř domu (s tepelnou setrvačností) s kožichem dřevěného pláště s patřičnou izolací po obvodě fasády.

Paradoxem doby je, že nejrozšířenější zdící systémy z žebírkových tvárnic nebo plynosilikátu veřejnost vnímá jako cihlu, i když samy o sobě nejsou ani masivním materiálem který domu dává tepelnou setrvačnost, ale ani dobrou izolaci. I pro domy podle současně platné legislativy je pak je nutno stejně ještě dozateplovat, stejně jako pro EPD a NED. Použití tvárnic tak ztrácí smysl:

- stěny jsou neúměrně tlusté
- nemají tepelnou setrvačnost
- dodatečným zateplením i třeba jen 50 mm se zvyšuje zásadně cena obvodového pláště

Jediná jejich výhoda je, že mezi makléři s nemovitostmi jsou ceněny lépe, ale to jen do doby skutečné energetické krize.

DŘEVOSTAVBA

Pokud se vrátíme k rodinným domům, je třeba si přiznat, že stavba zděného pasivního domu znamená stavět domy dva. Jeden je z cihel a druhý na izolaci.

Je to dražší a komplikovanější.

Z tohoto úhlu pohledu je výhodnější řešení dřevostavba, neboť nosná konstrukce splývá s izolací a nedochází ke ztrátě prostoru. Má jen jednu nevýhodu, a tím je psychologický pocit nesolidní stavby.

Tento problém je mnohem snáze řešitelný než by se zdálo. Jde o to, nepoužívat vždy jen nejběžnější sádkokarton, ale dostat do domu více hmoty. Ideální je podlahové souvrství s betonovým potěrem 50-70 mm tl. a na stěny omítky nebo přízdívky a použít zděné příčky nejlépe z nepálených cihel.

Nákladnější je vnitřní přízdívka z nepálených cihel, neboť ty jsou mnohem kompatibilnější (pružnější) než cihly pálené. Za hranicemi je řada systémů, které řeší vnitřní přízdívky tvárnicemi ze směsi jílů a plev, řezané slámy nebo pilin. Jejich předností je kromě akumulace tvorba optimálního vnitřního mikroklimatu regulací vlhkosti díky jílové složce, ale hlavně, i když se jedná o dřevostavbu, pocitově je srovnatelná se zděným domem.

Levnější řešení je omítání stěn jílovou omítkou na laťovém roštu případně s rabicovým nebo rákosovým pletivem.

To, co dřevostavbu může udělat ještě výhodnější je, že ji lze postavit nad terénem založením na pilotech nebo pilířkách. Tady pak není třeba drahé nenasákavé tepelné izolace pro zateplení soklu, hydroizolační vrstvy a jakákoli protiradonová opatření.

Jak z předloženého vyplývá, není třeba žádné kosmické technologie, je to třeba dělat jen trochu jinak.

Realizace zděného RD kombinujícího k využití sluneční energie špaletová okna a teplovzdušné kolektory a narůstající sílu tep.izolace

Nízkoenergetický RD studie-2001, realizace-2003 Zdíby u Prahy

autor – **Mg.A.Jan Brotánek konzultant – akad.-arch. Aleš Brotánek**

Požadavek sedlové střechy v zastavovacích podmínkách a solární orientace nárožní parcely předurčily základní konfiguraci rodinného domu. Dům byl navržen do dvou funkčních částí. Hlavní obytná část se sedlovou střechou je natočená boční stranou k jihu. Využívá sklon střechy 45° pro dva solární teplovodní kolektory a jižní plochu fasády pro dva teplovzdušné kolektory. K hlavní části přiléhá horizontálně komponovaná garáž s hospodářským zázemím domu, které chrání obytnou část ze severní strany. Je krytá plochou vegetační střechou (bezúdržbovou). Zelená střecha zadržuje dešťové srážky a tím vylepšuje bioklima v okolí domu. Dešťová voda ze všech zpevněných povrchů je zachytávána v zahradním jezírku.

Hlavní izolační materiál – minerální vata (240 mm)

Nosné obvodové zdivo – z odlehčených (18%) pálených cihel typu CDm (240 mm)

Parametry domu **35 kWh/m² za rok**

Hodnoty součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

Obvodový plášť	$U = 0,160 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Sokl	$U = 0,210 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Střecha	$U = 0,144 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Podlaha	$U = 0,285 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Okna a dveře	$U = 1,400 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Technické vybavení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- solární teplovodní kolektory
- integrovaný zásobník tepla (IZT) na akumulaci ohřáté vody k odběru TUV i vytápění s elektrospiralami na nouzový dohřev
- krbová kamínka pro spalování biomasy - 9/5 kW s ohřevem TUV doplňující solární ohřev
- ústředna a regulace

Komentář na závěr

Tato realizace dokresluje zlomové období. Na jedné straně dochází k optimalizaci teplovzdušného solárního systému, kdy se zimní zahrada zmenšuje na dvě špaletová okna a kolektory při menší ploše zvyšují účinnost použitím rastru (rýhované sklo), který koncentruje žádané sluneční paprsky a odráží letní nežádoucí.

Zároveň v tomto období dobíhají zkušenosti z realizací pasivních domů a těžko zastupitelného významu silnější tepelné izolace. Původní projektovaná tloušťka 180mm byla posílena na 240 mm. Paradoxem je, že v tu chvíli se zhorší možnosti využití sluneční energie tím, že se zkrátí období, ve kterém je ho třeba.

realizace zděného RD s 300mm tepelné izolace

Nízkoenergetický (téměř pasivní) RD Černošice u Prahy studie-2000, realizace-2003

autor - Aleš Brotánek odborné vedení stavby - Jan Brotánek

Umístění je podrobeno územním regulacím, které nezohledňují solární orientaci. Sedlová střecha byla podmínkou, a to štítem kolmo ke komunikaci a tím orientovat hřeben směr sever - jih. Proto solární kolektory musely být umístěny na rovnou zelenou střechu. Dům se skládá ze dvou funkčních částí s odlišným vytápěcím zónováním. Hlavní obytná vytápěná část (zastavěná plocha 86.3 m²) pro čtyřčlennou rodinu je v části pod sedlovou střechou. Pomocné skladové a provozní nevytápěné prostory (zastavěná plocha 52.0 m²) přiléhají k hlavní části domu ze severozápadu a chrání jej. V dřevěné přístavbě se zelenou střechou je vše, co je u domu potřeba a nemusí být ve vytápěném prostoru (závěť, sezónní šatna, technologie vytápění, dílna, kola, zahradní potřeby). Na střeše jsou umístěné teplovodní kolektory na ohřev TUV, protože nemohly být na sedlové střeše.

Pokud investor nemá důvěru v dřevostavbu, a chce dům zděný, je třeba se na něj podívat znovu, právě ve světle potřeby dostat 300mm izolace ke zděné konstrukci.

Použít na stěnu dnes nejrozšířenější žebírkové tvárnice Porotherm nebo plynosilikátové Ytong neshledávám v ničem výhodné. Nejsou ani dobrou izolací ani akumulujícím masivním zdivem. De facto zůstávají formálně zděnou stavbou, která je z psychologického a developerského hlediska žádanější, ale získávají nectností dřevostaveb tím, že ztrácejí akumulaci. Použít je v tenčí síle a přidávat izolaci, může navíc být i statický problém. Zateplit klasickým kontaktním způsobem v tloušťce izolace 300 mm jde jen velmi těžko. Minerální vatou s kolmým vláknem ani polystyrénem, na který se nanese stěrková omítka to nejde. V Rakousku je možné vidět speciálně modifikovaný polystyrén grafitem, ale životnost těchto omítek je problematická. Nálety datlí, kteří polystyrén rádi prověřují a případně i zahnízdí, nebo obyčejné kroupy, mohou změnit původní předpoklady.

Dialogickým jednáním s investorem vznikl návrh domu s nejtenčím staticky vyhovujícím zdivem z cihel plných vápenopískových o síle 170mm a s maximální akumulací zdiva. Cihly jsou nepálené a tudíž mají menší ekologickou stop v živ.prostředí. Vnitřní nosné příčky jsou z druhotně použitých, recyklovaných, plných pálených cihel. 300mm izolace je schovaná do prostoru vymezeného laťovým roštem a heraklitem. Na povrchu je difúzně propustná omítka s vápenným hydrátem bez cementu na heraklitovém základu. Stropní konstrukce z monolytického betonu propojuje vnitřní akumulační masivní jádro domu. Solární teplovzdušné kolektory už by měly nepatrný ekonomický přínos.

Střecha zateplená střešním systémem Termodach s pálenou krytinou odstraňující tepelné mosty krokví, mezi kterými je ještě zateplení minerální vatou.

Okna byla z finančních důvodů použita dřevěná s Europrofilem. V budoucnu mohou být doplněná kvalitnějšími skly, aby vylepšila dosazenou bilanci spotřeby z 29 kWh/m² na 15-19 kWh/m². Dvě pole kolektorů, na která nezbyvaly prostředky, by mohla dům přiblížit více standardu pro pasivní domy 15 kWh/m². Dále bylo po rodinných poradách investorem vyžádáno použití technologie kompostování toalety s nadzemním kontejnerem. Tato technologie nepotřebuje splachování a tak šetří 50% spotřeby vody.

Rozvody VZT do místnosti v podlaze ve vrstvě podlahového polystyrénu o síle 50mm plechovým hranatým potrubím o průřezu 200-250x50mm.

Hlavní izolační materiál – minerální vata (320 mm)

Nosné obvodové stěny – fošinkový skelet z profilů 180x40 mm + OSB desky

Parametry domu odhad- -22 kWh/m² za rok

Hodnoty součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

Obvodový plášť $U = 0,122 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Sokl $U = 0,159 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Střecha $U = 0,108 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Podlaha $U = 0,272 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Okna a dveře $U = 1,400 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Technické vybavení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- zemní registr pro předešev nebo předchlazení větracího vzduchu
- solární kolektory - účinná plocha (navržená 5,0 m²) instalovaná 3,2 m²
- integrovaný zásobník tepla (IZT) s elektrospirálami na nouzový dohřev
- krbová kamínka Golemek pro spalování biomasy - 9/5 kW s ohřevem TUV
- ústředna a regulace
- světlovod na osvětlení schodiště denním světlem s minimálními tepelnými ztrátami
- kompostovací toaleta bez splachování

Praktické prověření takto řešeného domu nastalo hned na začátku chybným ovládáním na přepínači programů režimu rekuperace během 14 dní po nastěhování rodiny do domu. Bylo to shodou okolností v době, kdy venkovní teploty se držely na -15 °C i během dne. Omylem nebyl zapnut dohřev vzduchu, a přesto bylo dosaženo průměrné vnitřní teploty 19 °C. Jediným zdrojem byly vnitřní zisky z činností čtyř osob a odpadní teplo z ohřevu TUV v krbových kamínkách, ve kterých se topilo vždy večer asi čtyři hodiny. Dá se říci, že v domě se prakticky netopilo, a přesto v něm nebylo zima.

Co všechno řeší rekuperace

Dnes, po řadě realizací je možné zhodnotit, že dům s tímto systémem vytápění znamená zcela novou, vyšší kvalitu bydlení. Kdo nezažije, neuvěří. Předkládám jen hrubý výčet toho, co všechno umožňuje TEPOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ S ŘÍZENÝM VĚTRÁNÍM A REKUPERACÍ TEPLA, ale to hlavní je, že **je zde příjemně**.

- a) zaručuje hygienicky nutné výměny vzduchu a vyloučení vzniku plísní
- b) úsporu až 85 % energetických nákladů na větrání
- c) rychlý zátop s pružnou regulací teploty
- d) filtraci cirkulačního a větracího vzduchu textilním filtrem (ideální pro astmatiky a alergiky na prach nebo pyl)
- e) dochází k využití všech energetických zisků v budovách pro předešev větracího vzduchu *(každá osoba vyzařuje 100-180W, ale i monitor PC, televize, pračka, žehlička, trouba, lednička, mraznička, elektromotory atd a tyto energie se zvláště u pasivních domů stávají významným zdrojem)*
- f) úspora prostoru v interiéru budov, na místě radiátoru je pouze mřížka v podlaze nebo na stěně
- g) umožňuje využití solárních zisků z osluněných oken případně teplovzdušného krbu a okamžitý transfer do ostatních místností a tím nedochází k lokálnímu přehřívání
- h) účinné letní noční „předchlazení“ interiérů domů
- i) možnost integrace solárních vzduchových systémů

- j) možnost případné další úpravy vzduchu v oblastech s extrémně negativními podmínkami okolního prostředí (čištění, odorizace, vlhčení nebo chlazení)

Proti těmto výhodám stojí jedna nevýhoda. Vzduch procházející jakýmkoli potrubím, ztrácí záporně nabitě částice, tzv. ionty. Ty ale v prašném městském prostředí také chybí, proto se instalují ionizátory, zvláště pro lidi, kteří jsou na jeho nedostatek citliví. V přirozeném prostředí mimo městské aglomerace, kde s nimi osoby přicházejí do kontaktu, to zpravidla není problém k řešení.

Realizace RD s dřevěnou konstrukcí

Nízkoenergetický (možná už pasivní) RD Kroclov u Českých Budějovic studie-1999, realizace-2005

autor – akad.arch. Aleš Brotánek

Tato stavba předznamenává možnosti budoucího vývoje. Tam, kde není nutné z hlediska okolní zástavby se držet sedlových střech, je po všech stránkách výhodné volit zastřešení s mírnějšími sklony nebo rovné s vegetačním krytem (osazené teplomilnými sukulentními rostlinami). Z hlediska stability krajiny má navíc schopnost retence vodních srážek.

Podkroví sedlové střechy u nově stavěného domu s sebou nese vznik prostorů nákladnější konstrukce a horších užitných vlastností (omezená podchodná výška a ztrátové nevyužitelné prostory). V historii byla půda vždy především na seno a sedlová střecha vycházela z materiálových omezení použití došek a šindelů.

Zde je zastřešení pomocí lepených vazníků, které na střeše umožňují vytvořit vlnu se zlomem a sem umístit teplovzdušné a teplovodní kolektory na ohřev TUV. Ty se tak stávají nedílnou součástí stavby.

Pomocné skladové a provozní nevytápěné prostory přiléhají k hlavní části domu ze severní strany a chrání jej. To umožňuje, aby sezónní šatna, technologie vytápění a zahradní náčiní se odehrávalo v levné nevytápěné dřevěné přístavbě rovněž se zelenou vegetační střechou.

Konstrukce je kombinovaná, aby bylo dosaženo optimální ceny. Vnější plášť je lehká dřevěná konstrukce, severní stěna v terénním zlomu a vnitřní nosné akumulární stěny jsou z cihelného režného zdiva. Obvodový plášť a stropy jsou z fošinkového skeletu. Vnitřní dutina s izolací (minerální vata v tloušťce 320mm) je vymezena z interiéru OSB deskou (*konstrukčně zavětrovává stavbu a zároveň plní funkci parobrzdy*) a z vnější strany je uzavřena heraklitem a difúzně otevřenou vápennou omítkou ztuženou pletivem, když investor požadoval fasádu s omítkou. Ze strany interiéru za OSB deskou je na laťovém roštu 50mm silná vrstva jílové omítky. Tato materiálová skladba směřuje k domu, který v sobě propojuje vlastnosti levné dřevostavby amerického stříhu a solidního střeoevropského akusticky a pocitově vyhovujícího domu s potřebnou vnitřní akumulací podporující tepelnou stabilitu domu.

Nástup do domu je z úrovně mezi podlažími z podesty schodiště mezi 1.a 2.NP. Ze severní strany je nástupní zádveř, zázemí domu a prostor pro technologie v provedení lehké stavby.

Vytápění je zajišťováno soustavou s akumulární nádrží společnou pro ohřev TUV a topení, částečně ohřívanou kolektory a kotlem na dřevo, který je doplněn elektroohřevem v nádržích.

V domě je rovněž umístěn kontejner pro kompostovací toaletu. Čištění odpadních vod bude zabezpečovat kořenová ČOV s retenčním rybníčkem a vsakovacím polem.

Hlavní izolační materiál – minerální vata (320 mm)

Nosné obvodové stěny – fošinkový skelet z profilů 180x40 mm + OSB desky

Parametry domu budoucí odhad- 15-22 kWh/m² za rok

Hodnoty součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

Obvodový plášť $U = 0,118 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Sokl	$U = 0,188 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Střecha	$U = 0,108 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Podlaha	$U = 0,285 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Okna a dveře	$U = 1,400 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Technické vybavení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- zemní registr pro přehřev nebo předchlazení větracího vzduchu
- solární kolektory - účinná plocha $5,0 \text{ m}^2$
- solární teplovzdušné kolektory - účinná plocha $14,0 \text{ m}^2$ - zasklené rastrem Raywall 90, *nabíjejí teplým vzduchem dutou akumulární zeď z plných cihel režných cihel*
- integrovaný zásobník tepla na dlouhodobou akumulaci s pohotovostním boilerem s elektrospirálami na nouzový dohřev
- kotel na spalování biomasy
- ústředna a regulace
- kompostovací toaleta bez splachování

Pasivní RD nad terénem Hradčany u Tišnova studie-2005, realizace se předpokládá -2005-7 investorem celé lokality firmou RIGI

autor – Akad.Arch. Aleš Brotánek, MgA. Jan Brotánek, vizualizace –Ing.arch. Jan Praisler

Tento návrh pasivního RD se snaží uplatnit ekologický přístup v návrhu, při realizaci, v provozu, i při event. likvidaci po dožití stavby.

Rodinný dům je situován mimo zastavěnou část obce do samostatné zástavby, která utvoří ucelenou zástavbu takto řešených domů a proto nemusí se snažit o používání sedlových střech (resentimentu vycházejícího z jiných historických a materiálových souvislostí). Dům je přízemní se zastavěnou plochou do 120 m^2 , vynořuje z terénu mírně skloněnou plochou bezúdržbové zelené střechy, zvedající se směrem k jihu. Pod touto střechou je schovaná obytná vytápěná část, na kterou navazuje na severní straně část nevytápěná, zádveří, komora, šatna, dílnička nebo sklad na zahradní náčiní a kola, přístřešek s manipulačním prostorem a na odstavení auta. Za domem tak vzniká krytý dvorek chráněný od povětrnosti, který odděluje terén od domu a zároveň řeší i potřeby vyplývající z života v domě se zahradou, kde je stále třeba něco odkládat a schovávat, ale tak, aby to nestránilo okolí.

Rodinný dům je přízemní obdélníkového půdorysu a je usazený nad terénem na pilotkách. To je šetrnější k přírodě (méně betonu do základů a snáze se dají odstranit), i levnější, neboť pak není třeba řešit hydroizolace, protiradonová opatření a tepelné izolace základů drahými nenasákavými polyuretany s velkou ekologickou stopou.

Obytné místnosti jsou orientovány na jižní stranu s výstupem do zahrady na roštovou terasu, která z jihu tvoří předěl mezi terénem a domem. Před kuchyňským koutem na východ je zvětšený a snížený přístřešek, nad kterým je do střechy tvarově integrovaný teplovodní kolektor. Přesah střechy na jihu má funkci protisluneční clony v letním období a ochrany proti dešti před výstupem z domu.

Přírodní charakter stavby má posílit použití rostlých nehraněných sloupů konstrukce a v interiéru domu použití jílových omítek a režných nepálených cihel, jejichž použití vytváří pro člověka příznivé vnitřní bioklima, jsou snadno recyklovatelné a mají rovněž malou ekologickou stopu. Hlavní konstrukční materiál je lehký fošinkový skelet uzavřený OSB deskami (po dotěsnění vnitřní parobrzda) a vyplněný izolací ze slámy nebo recyklovaného papíru a minerální vaty.

Hlavní izolační materiál 350 mm – Celulóza z recyklovaného papíru (*podle volby investora případně -minerální vlna, konopí nebo balíky obilné slámy, nejlépe žitné*)

Nosné obvodové stěny – trámový a fošinkový skelet z profilů 125x50 mm + OSB desky s vnitřní jílovou omítkou tl.60mm. Vnější opláštění kombinovaný modřínový obklad a vápenná omítka

Parametry domu předpoklad do- -15 kWh/m² za rok

Hodnoty součinitele tepelného prostupu tepla U v jednotlivých konstrukcích:

Obvodový plášť **U = 0,126-112 Wm⁻²K⁻¹**

Střecha U = 0,122 - 108 Wm⁻²K⁻¹

Podlaha U = 0,111 Wm⁻²K⁻¹

Okna a dveře U = 0,7-0,85 Wm⁻²K⁻¹

Technické vybavení:

- teplovzdušné vytápění s řízeným větráním a rekuperací tepla
- zemní registr pro předehřev nebo předchlazení větracího vzduchu
- solární kolektory na ohřev TUV propojený s vytápěním
- integrovaný zásobník tepla (IZT) s elektrospirálami na nouzový dohřev
- krbová kamínka Golemek nebo na pelety (v rozhodování) pro spalování biomasy - 9/5 kW s ohřevem TUV
- ústředna a regulace

K přírodě šetrné použité postupy a řešení:

- snadno recyklovatelný materiál na tepelnou izolaci
- hlavní konstrukční stavební obnovitelný materiál dřevo
- vnitřní povrchová úprava omítkami z místního jílu
- založení obytné stavby nad terénem = *šetrnější a nízkonákladové řešení*

Závěr

Přehled ukázek možných šetrných řešení pro různé budovy od veřejné novostavby státní správy a škol, přes rekonstrukce, kde je to obtížnější, až po rodinné domy ukazuje, že v architektuře budov je minimálně 80% potenciál k úspor, ale v budoucnu spíše 90% i více. Tento potenciál je možný realizovat opatřeními jednoduchými, většinou nezvyšujícími pořizovací náklady, jen je obtížné je realizovat v prostředí, kde se plýtvání vyplácí a kde je deformované tržní prostředí na trhu energií i surovin.

Cesta k trvale udržitelnému rozvoji je v narovnání těchto deformací a energetická koncepce státu má za úkol včas varovat, že ceny energií musí v budoucnu narůstat, i když se budeme sebevíc snažit tento vývoj brzdit.

To samo o sobě nemusí být žádná černá vize budoucnosti, pokud si včas uvědomíme, že největší šance jsou v energii, kterou nemusíme spotřebovávat, v NEGAWATECH, spolu ruku v ruce s OZE.

Na příkladech je vidět, že reálná možnost alternativy tady je, alespoň za svůj obor v architektuře budov mohu prohlásit odpovědně že ANO! A to je polovina světového problému!

Stavby pasivních řadových RD v Židlochovicích a jejich výpočet dle PHPP

Ing. Petr Mareček

HRMA s.r.o. Horní náměstí 12, 772 00 Olomouc, tel.: 602 248 696,
e-mail: marecek.peter@seznam.cz

Společnost Hrma s.r.o. se na podzim roku 2003 začala zabývat myšlenkou výstavby moderních ekologických řadových RD. Situace v našem stavebnictví se v této době dostávala do fáze vysokého nárůstu, který se po hrozbách drastického navýšení DPH proměnil v současnou stavební horečku. Její kulminace je tedy velice blízká a nastane nejpozději ve chvíli tohoto navýšení. Po zkušenostech ze SRN v polovině 90-tých let, kdy došlo během velice krátké doby k přesycení trhu s nemovitostmi spojeným s prudkým (až 25%) poklesem jejich cen nám bylo jasné, že je třeba postavit objekty po všech stránkách atraktivní a výjimečné, domy, které budou i v období sníženého zájmů vykazovat vysokou konkurenceschopnost spojenou s přiměřenou schopností prodeje.

Vzhledem k tomu, že zkušenosti z oblasti výstavby nízkoenergetických, ultranízkoenergetických nebo pasivních domů jsou u nás ojedinělé a prozatím ne zcela dostatečně technicky a technologicky podchycené a zaznamenané (značný díl na této situaci má takřka nulový skutečný zájem příslušných vládních složek a prakticky stejně tak intenzivní podpora z jejich strany) obrátili jsme se v přípravné fázi na naše jižní a západní sousedy. Především Institut pasivního domu v Darmstadtu včele s Prof. Feistem a pan Günter Lang z Rakouska se nám stali bohatým zdrojem inspirací a rad, projekčních pokynů a upozornění, za což jim také tímto děkujeme.

Role průkopníků slepých uliček rozhodně nebyla tou, kterou jsme při našem stavebním záměru toužili nebo mínili hrát.

Priority, které naše budoucí dílo musí splňovat, jsme seřadili podle důležitosti v následujícím pořadí:

1. hygienická nezávadnost objektu a jeho vnitřní pohoda
2. jeho celková ekonomická bilance
3. ekologie stavby a jejího provozu
4. stálost a trvalost jeho hodnoty
5. prodejnost

Inspirací pro prioritu bodu 1. jsou nesčetné hrůzné zkušenosti při užívání novostaveb které se v posledních letech vybudovaly, a které nejsou vybaveny vhodným větráním. Nebezpečnost plísní, které 95% novostaveb RD doslova prorůstají je obecně populaci známá jen částečně, ale ti z nás, kteří se věcí zabývají vědí, že situace je velice vážná a odpovědnost těchto mikroorganismů za mnohé potíže a onemocnění prokazatelná.

K prioritě bodu 2. nás vedla analýza Passivhaus Institutu prokazující nejvyšší efektivitu vynaložených nákladů na pasivní dům ve srovnání s nízkoenergetickými domy s různou spotřebou.

Bod 3. prezentuje přesvědčení a osobní postoje, bod 4. odráží orientaci na potřeby zákazníka a bod 5. orientaci na potřeby naší společnosti.

Součet potřeb a požadavků a schopnost jednotlivých způsobů provedení RD tyto naplnit, nás jednoznačně přesvědčili pro **alternativu pasivní dům**.

Po absolvování tohoto důležitého milníku jsme se tedy ocitli v předprojekční fázi, která se ukázala být velice pestrou, zajímavou, tvůrčí ale také velmi a velmi obsáhlou. Šlo o stanovení základních konstrukčních materiálů a výrobků pro stavbu s ohledem na jejich následující vlastnosti:

- hloubku propracování systémového řešení,
- kompletnost nabídky,

- schopnost eliminace faktoru lidského selhání (technologická kázeň na našich stavbách stále ještě nesplňuje požadovaný standard),
- dlouhodobé zkušenosti s aplikací a následným užíváním,
- ekologickou náročnost a nezávadnost,
- požární bezpečnost,
- ochranu před hlukem,
- a cenu.

Stanovení veškerých materiálů a výrobků společně s celkovou pečlivou kalkulací je rozhodující činností pro naplnění platnosti všech pěti určených priorit.

Z nejrůznějších možností či jejich kombinací, které připadají pro stavbu pasivního domu v úvahu jsme se rozhodli z důvodů nižší řemeslné náročnosti a lepší ochrany před letním přehřátím pro **masivní dům**.

Z materiálů pro hrubou stavbu potom především z důvodů kompletnosti nabídky (jediný dodavatel střešního systému) a ekologické nezávadnosti a nízké energetické výrobní náročnosti pro materiál YTONG.

Projektantem a dodavatelem technologie se z důvodů, které jsme naznačili již výše stala firma ÖKOLUFT z Rakouska.

Technický popis stavby

Situační poměry a velikost pozemku nás v rámci založení objektu donutily, vyhloubit rozsáhlou stavební jámu do hloubky tohoto založení (1,1 m) v oblasti stavby a do hloubky uložení zemního přehříváče a tepelného čerpadla (2,5 m) v celém rozsahu zbývajících pozemku.

Po odtěžení celé plochy na hloubku založení a sestavení systémového bednění byly betonovány pasové základy z betonu prostého šířky 40 cm. Tyto byly na vnějším líci do hloubky 90 cm zateplený perimetrickým polystyrénem třídy 0,035 na P+D o tloušťce 15 cm.

V zahradní části bylo nutno mezitím položit vedení zemního přehříváče firmy Rehau AWADUKT PP SN 10, které je opatřeno speciální antibakteriální úpravou a zároveň bylo položeno vedení tepelného čerpadla.



Obr.2 Pokládka zemního přehříváče



Obr.3 Pokládka registru pro tepelné čerpadlo

Zásyp prostoru v domě byl proveden kvalitním štěrkopískem, zhuštěným deskou po vrstvách. Zásyp přehříváče a čerpadla jemnou spraší ve vrstvě 50 cm, Další zásyp pak mezideponovanou zeminou z předešlého výkopu.

Svislé konstrukce tvoří zdivo YTONG P5 – 600, tl. 20 cm na obvodu 25cm. V místě schodiště je postavena nosná zeď z vápenocementové cihly tl. 12,5 cm, založena na pásu YTONG tl. 20cm,

který leží na betonovém základovém pásu. V mezeře 30 mm mezi jednotlivými domy je vložena kamenná vlna Rockwool tl. 30 mm.

Vodorovné konstrukce jsou tvořeny systémovým strop YTONG – bílý strop a střechou YTONG-bílá střecha.



Obr. 4 Zed' VC na Ytong



Obr. 5 Strop YTONG

Dělicí příčky jsou rovněž z materiálu YTONG P5 - 500 a v 2. NP také z VC cihel z důvodů lepších akustických vlastností.

Srdcem technického zabezpečení budovy je centrální větrací jednotka PAUL santos F 250 DC se schopností zpětného získávání vzdušné vlhkosti (zcela ojedinělou novinkou vylepšující ve svém důsledku mikroklima v zimních měsících), doplněnou tepelným čerpadlem země-voda s topným faktorem 3,6 a výkonem 2,5 kW a zásobníkem teplé vody pro 290 l při provozní teplotě 52°C. Rozvody teplého vzduchu jsou provedeny stropem nad 1. NP a stropem nad 2. NP.

Zateplovací systém byl zvolen od firmy Alsecco, zateplení střechy je kombinací polystyrenu firmy Bacht a střešního zateplovacího systému Thermodach, krytina pálená režná. Okna a dveře jsou dřevěné s PUR jádrem a zasklením trojsklem a dodává je firma Vašíček. Pro snížení nákladů je v každé místnosti pouze jedno okno otevíravé a vyklápěcí ostatní jsou fixní.

Výpočet dle PHPP (Passivhaus-Projektierungs-Paket – Projekční balíček pro pasivní domy)

Protože jsme chtěli být o kvalitě svého projektu opravdu přesvědčeni a ujistěni, zvolili jsme pro jeho prokázání výpočtový program Institutu pasivní dům, který slouží v SRN, Rakousku a Švýcarsku jako průkaz pro pasivní dům. Je to průkaz, který opravňuje stavitele dané nemovitosti k čerpání státních dotací pro pasivní výstavbu.

Zde jsou jednotlivé pracovní listy výpočtového programu

Název listu	Krátký popis	Podrobný popis	nutno pro certifikaci?
Průkaz	Data objektu; Souhrn výsledků	Popis objektu, volba výpočtové metody, souhrn výsledků	ano
Plochy	Sestavení ploch	Plochy stavebních dílů, tepelné mosty, vztažné plochy energií. Dbát venkovních rozměrů!	ano
U-List	Sestavení U - hodnot	list výpočtových hodnot z listu U - hodnot, Databanka stavebních dílů	ano
U-hodnoty	Výpočet U - hodnoty obvyklých stavebních dílců	Výpočet koeficientu průchodu tepla podle DIN EN ISO 6946	ano
Zemina	Výpočet redukčních faktorů proti zemině	Upřesňující výpočet tepelných ztrát proti zemině	je-li použit
Okna	Určení U_w -hodnot	Zadání údajů o geometrii, orientaci, délce a šířce rámu, U_g a U -hodnot rámu a dále ztrátové koeficienty tepelných mostů v oblasti napojení; z toho vyplývající: Zjištění o U_w a celkovém záření	ano
OknoTyp	Jmenovité hodnoty zasklení a rámu	List zasklení a okenních rámu se všemi potřebnými jmenovitými veličinami	ano
Zastínění	Určení koeficientu zastínění a vlivu orientace	Zadání údajů o situaci zastínění, např. balkónem, sousední budovou nebo ostěním a výpočet koeficientu zastínění	ano
Větrání	Množství vzduchu; Bilance přívodu a odvodu, údaje o výsledcích tlakového testu	Výpočet množství vzduchu z mezního minimálního přívodu a odvodu vzduchu podle DIN 1946 díl 6, výpočet vzduchové výměny infiltrací a efektivního stupně přípravy tepla, údaje o výsledcích tlakového testu	ano
Topné teplo	Roční spotřeba tepla k vytápění /Roční metoda	Výpočet roční spotřeby tepla k vytápění metodou energetické bilance v souladu s EN832: Transmise + Větrání - □ (solární zisk + vnitřní zdroje)	ano
Měsíční metoda	Měsíční metoda podle EN832	Výpočetní postup pro měsíční metodu podle DIN EN 832. Výběr v listu Objekt, pokud je proveden výpočet touto metodou.	je-li zvolena
Topná zátěž	Výpočet topné zátěže budovy	Výpočet jmenovitého topného zatížení bilanční metodou pro výpočtový den: maxTransmise + maxVětrání - □ (minimální Solární zisk + vnitřní zdroje)	ano
Léto	Odhad letního klimatu	Výpočet četnosti přehřívání jako měřítka letní bytové pohody	ano
Zastínění – L	Určení koeficientu zastínění pro případ léto	Situace zastínění pro případ léto	ano
LetVětr	Určení letního větrání	Odhad objemového proudu vzduchu při letním větrání okny	Je-li použito
TV+rozdělení	Ztráty rozdělením; potřeba teplé vody a ztráty	Výpočet tepelných ztrát v rozdělovacích vedeních (topení; teplá voda); výpočet spotřeby tepla pro ohřev užitkové vody a akumulací ztráty	ano
Solární TV	solární příprava teplé vody	Výpočet solárního stupně krytí pro přípravu teplé vody	při použití solárního zdroje
Proud	Spotřeba proudu	Výpočet spotřeby proudu pasivních domů	ano
Pomocný proud	Spotřeba pomocného proudu	Výpočet spotřeby proudu a primární energie pomocných spotřebičů tepla	ano
PE-JmenHodn	Jmenovitá hodnota primární energie a CO ₂	Volba systému přípravy tepla, výpočet jmenovité hodnoty primární energie a CO ₂ na základě dosavadních výsledků	ano

Název listu	Krátký popis	Podrobný popis	nutno pro certifikaci?
Kompakt	Nákladová hodnota pro tepelné čerpadlo – kompaktní přístroj	K výpočtu nákladové hodnoty kombinované produkce tepla pro topení a teplou vodu výlučně s pomocí elektricky poháněného tepelného čerpadla – kompaktního přístroje za okrajových podmínek daných pro daný projekt.	je-li k dispozici
Kessel	Nákladová hodnota pro topný kotel	K výpočtu nákladové hodnoty produkce tepla spomocí běžných kotlů (Nízkoteplotní a vysoce účinné kotle) za okrajových podmínek daných pro daný projekt.	je-li k dispozici
Dálkovod	Výměňiková stanice dálkového vytápění	Výpočet koncové energie a potřeby primární energie (teplo)	je-li k dispozici
Klima-data	Výběr klimatické oblasti nebo definice vlastních klimatických - dat	Klima - data pro listy Topné teplo, Okna, Topná zátěž, Měs. Metoda a Léto	pokud není standard
VTZ	Vnitřní tepelné zisky	Výpočet vnitřních tepelných zisků na základě výpočetních listů Proud a pomocný proud	ne

Posledních pět listů výpočetního programu (zde neuvedených) slouží výlučně potřebám podle specifických předpisů v SRN a nejsou z tohoto důvodu uvedeny. Nejsou zároveň nutnou přílohou certifikace pasivního domu.

Na závěr výsledky průkazu středního řadového domu v areálu bývalého cukrovaru v Židlochovicích tak, jak byly zjištěny výpočtem. (viz další stranu)

Průkaz pasivního domu

Fotografie nebo kresba

Objekt:	Koncový pasivní dům v areálu cukrovaru		
Místo a klima:	Židlochovice		Wien
Ulice:			
PSČ/Místo:			
Země:	Česká republika		
Objekt-Typ:	Řadový dům krajní		
Stavitel:	HRMA s.r.o.		
Ulice:	Horní náměstí 12		
PSČ/Místo:	772 00 Olomouc		
Architekt:	Ing. Petr Mareček		
Ulice:	Bezručova 15		
PSČ/Místo:	602 00 Brno		
Technologie:	Paul Santos		
Ulice:			
PSČ/Místo:			
Rok výstavby:	2006		
Počet byt. Jedn.:	1		
Obestavěný prostor V_e :	411,8	m ³	
Počet osob:	3,0		
Innentemperatur:	20,0	°C	
Interne Wärmequellen:	2,1	W/m ²	

Jmenovité hodnoty ve vztahu na energeticky zohledněnou plochu			
Vztažná plocha energie	92,50	m ²	
Verwendet:	Jahresverfahren		PD-Certifikát: Splněn?
Jmenovitá hodnota energie na vytápění:	15	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a) ✓
Výsledek tlakového testu:	0,60	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹ ✓
Jmenovitá hodnota primární energie (TV, Topení, pomocný e.proud a spotřebiče):	69	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a) ✓
Jmenovitá hodnota primární energie (TV, topení a pomocný el.proud):	33	kWh/(m ² a)	
Jmenovitá hodnota primární energie Úspora pomocí fotovoltaiky:	0	kWh/(m ² a)	
Topné zatížení:	12,2	W/m ²	

Četnost přehřívání: 17,7% přes 25 °C

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	131,8	m ²	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	22,8	kWh/(m ² a)	Požadavek: Splněn? 40 kWh/(m ² a) ✓

Prohlašujeme, že hodnoty zde uvedené byly zjištěny na základě jmenovitých hodnot budovy v souladu s metodikou PBPD. Výpočty podle PBPD jsou přiloženy.

Vystaveno dne:

podpis:

Obr 6. Průkaz pasivního řadového RD Židlochovice Areál cukrovaru.

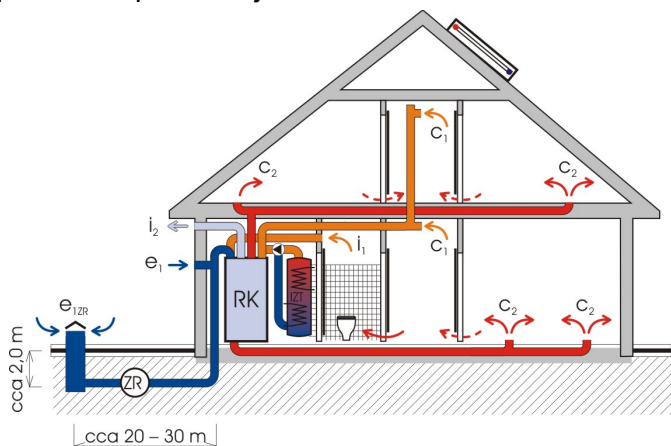
Větrací a teplovzdušné vytápěcí systémy pro energeticky pasivní domy

Martin Jindrák

Atrea s.r.o, Jablonec nad Nisou, rd@atrea.cz

Tento příspěvek mapuje cestu vývoje teplovzdušného vytápěcího a větracího systému ATREA, který byl nakonec zrealizován i v 1. EPD domě v ČR. Zde je zkoušen a testován, poznatky jsou využívány pro další zdokonalení systému, aby mohl být ještě efektivněji používán - např. v realizaci 13 EPD v lokalitě „Český ráj“ v Koberovech.

I v České republice se po roce 1990 projevil trend výstavby, který má za cíl snížit provozní náklady na vytápění. Během času přišla na řadu i možnost snížení těchto nákladů pomocí řízeného větrání s rekuperací odpadního tepla. Vzhledem k tomu, že už byly k dispozici zkušenosti ze zahraničí, bylo možné navázat na poslední poznatky a přeskočit tamní pionýrské začátky. Protože se však v té době o stavbě EPD domů v ČR nedalo uvažovat, zůstávalo použití VZT systémů pouze pro oblast řízeného větrání. Pořizovací náklady na dva samostatné systémy - větrací a otopný - však byly pro běžné stavebníky příliš vysoké. Vzhledem k tepelně-izolačním parametrům objektů, vzdálených od požadavku na EPD, nebylo možné využít systém vytápění známý z literatury - při využití větracího systému se přiváděný vzduch předehřívá a temperuje se tak celý objekt. Proto se v roce 1998 uskutečnily v naší firmě první kroky k vývoji vzduchotechnické jednotky, která by dokázala ohřátým vzduchem temperovat objekt o tepelné ztrátě až 9 kW a zároveň zajistit komfortní větrání s rekuperací odpadního tepla. Už v prvních koncepcích bylo samozřejmě jasné, že klasická rovnotlaká větrací jednotka tyto požadavky nezajistí. Po několika konstrukčních návrzích a experimentálních realizacích, kdy se získávaly zkušenosti, byl v roce 2001 v obci Koberovy realizován první skutečný komplexní systém. Jádrem tohoto systému byla dvouzónová teplovzdušná vytápěcí a větrací jednotka patentované konstrukce, která byla připojena na zdroj topné vody - akumulární zásobníky IZT. Principiální schéma se od té doby v zásadě nezměnilo, jedno z posledních provedení pro NED je na obr. č.1.



Obr.č.1 – schéma teplovzdušného cirkulačního vytápění s nárazovým větráním vč. rekuperace odpadního tepla

LEGENDA:

- c₂** – přívod topného a větracího vzduchu do obytných místností
- i₁** – odsávání vzduchu z koupelen a WC (odpadní vzduch)
- i₂** – výfuk – odvod odpadního vzduchu z objektu
- e₁** – sání venkovního vzduchu – přívod čerstvého vzduchu do objektu
- c₁** – okruh vnitřní cirkulace vzduchu v objektu

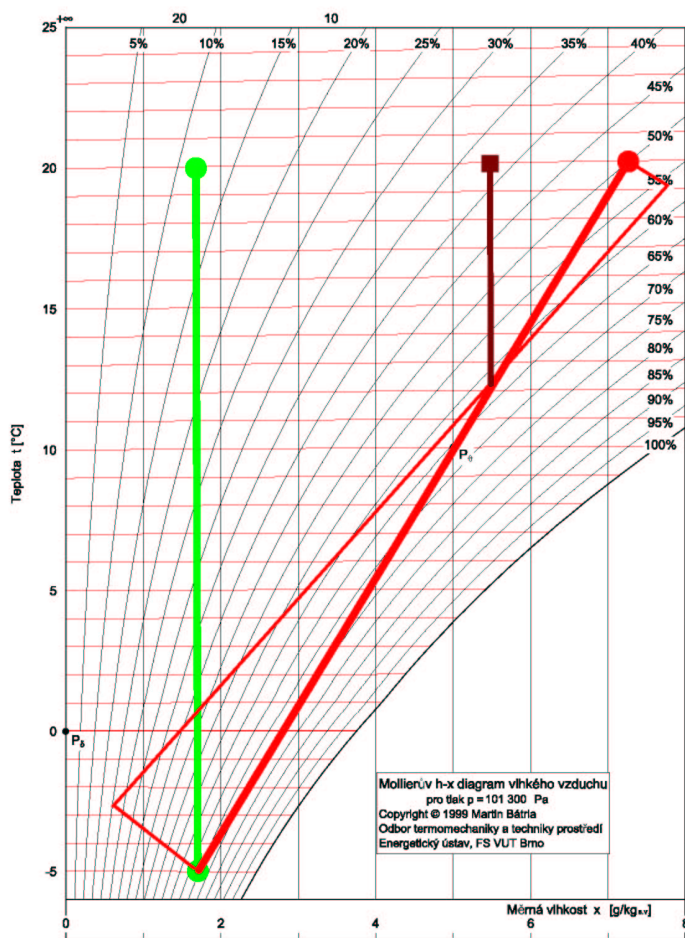
Jednotka dokáže pracovat v několika režimech podle volby uživatele, na základě externích impulsů nebo dle čidel kvality nebo vlhkosti vzduchu. Díky této koncepci jsme dokázali teplovzdušně temperovat téměř všechny rodinné domy potencionálních investorů. Rovnotlaké větrací jednotky vzhledem k hygienickým požadavkům přivádějí do objektu reálně od 90 – 250 m³/h **větracího** vzduchu, který by bylo možné využít pro temperování = max. topný výkon cca 2 kW. Čím je venku nižší teplota (popř. v kombinaci bez pobytu osob a snížených vnitřních ziscích), tím je nutné zvyšovat větrací výkon jednotky, aby přiváděný dohřátý **větrací** vzduch zajistil požadovanou vnitřní teplotu. To ale přináší velké problémy s relativní vlhkostí interiéru (viz. další odstavce příspěvku). Dvouzónová cirkulační a větrací jednotka díky vnitřnímu primárnímu okruhu dokáže po objektu nuceně rozvádět **topný** vzduchu reálně od cca 300 –

Vnitřní klima energeticky pasivního domu – úvahy, zkušenosti, modely

V grafu na obr. č. 2 je veľmi zjednodušeně naznačeno vysvetlení tohoto stavu. Běžná relativní vlhkost vzduchu v zimním období je 70%. To odpovídá měrné vlhkosti 1,8 g/kg suchého vzduchu. Pokud ohřejeme vzduch z teploty -5°C na 20°C, tak relativní vlhkost tohoto vzduchu klesne na cca 12% (viz. svislá čára v levé části grafu). Pokud by jsme (pro zjednodušení) neměli v interiéru žádný zdroj vlhkosti, pak při větrání intenzitou $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$ bychom za 1 h snížili vnitřní relativní vlhkost z 50 % na cca 37 %. Tento zjednodušený model ale platí pro místnosti, kde není dostatečný zdroj vlhkosti – např. ložnice bez květin, popř. dětský pokoj!!.

Pokud není dostatečná produkce vlhkosti v interiéru celého domu a po určité době je vyčerpána i vlhkost přirozeně obsažená v konstrukcích a vybavení, pak nastává problém „globální“. Ukazují to i nedávno získané zkušenosti z již realizovaného EPD.

V roce 2002 byl v v Korutanech realizován EPD dle návrhu arch. Erwina Kalteneggera. Investor a uživatel domu je specialista v oblasti kovových konstrukcí a fasádních



Obr.2 – Molliérův h-x diagram

systémů. Objekt je proto realizován pomocí nosného ocelového skeletu, který je oplášťován pomocí plošných desek na bázi dřeva a vyplněn tepelnou izolací. Jedná se tedy o lehkou stavbu bez výrazné vnitřní akumulace – stejně jako v případě lehké stavby EPD Rychnov. Dle informací, které získal náš kolega ing. arch. Eugen Nagy v letošním roce, investor uvádí, že díky rovnotlakému větracímu systému (*bez cirkulace – dopl. autorem článku*), který je neustále v provozu, dochází ke snižování vnitřní relativní vlhkosti. Kritický stav nastává koncem února, kdy je již z objektu odvedena i vlhkost obsažená v povrchových vrstvách stěn a nábytku. Díky tomuto vysoušení (vhodné při větrání bazénu, nikoliv ale domu) se relativní vlhkost interiéru blíží až k hodnotě 20 %!!. Nízká relativní vlhkost je patrná i na trhlínách nábytku z masivního dřeva. V létě jsou široké max. 1 mm, vlivem přesoušení jsou ke konci topného období několikanásobně širší.

Vraťme se ale k našim zkušenostem a k realizacím cirkulačního teplovzdušného vytápění v roce 2003. Nechtěli jsme jít cestou integrace zvlhčovačů do VZT jednotek popř. instalaci samostatných zvlhčovacích zařízení – problémy s dezinfekcí a možností kontaminace přiváděného vzduchu bakteriemi + podmiňovat realizaci jednoho systému dalším zařízením. Také použití masivních přiček nebo omítek z hlíny nebylo v našich končinách moc rozšířené, proti běžnému provedení (hlavně u dřevostaveb) ze sádkokartonu navíc řešení investičně nákladnější. Sami uživatelé ale „nezávisle na sobě“ na řešení přišli. Trvalé větrání vypínali, využívali pouze nárazové větrání vyššího výkonu při využívání soc. příslušenství. Průměrná intenzita výměny vzduchu v tomto režimu byla cca $0,12 \text{ h}^{-1}$, spokojenost přesto vzrostla!

Na základě těchto poznatků byl vypracován počátkem roku 2004 teoretický matematický model, který podrobně rozebírá četnost používání soc. zařízení domů, četnost a využívání objektu uživateli, výdej vlhkosti do interiéru (při vaření, koupání osob, mytí podlah, zalévání květin, sušení prádla atd) vč. možnosti využití této vlhkosti. I když některé prameny udávají, že průměrná rodina vyprodukuje až 14 l. vody/den, uvažovali jsme s hodnotou kolem 7,5 l/den. Poměrně výrazná část je ale okamžitě odváděna z domu pryč (odtah z koupelen). Pro výpočty jsme proto uvažovali se započítatelným množstvím cca 5,3 l/den. Díky tomu, že jednotky v topném období nebyly provozovány s trvalým větráním (sekundární okruh byl spínán pouze externím signálem při využívání soc. zařízení a kuchyně) a byl puštěn trvale pouze cirkulační (primární okruh), byl do standardní regulace přidán časový spínač, automaticky zapínající nárazové větrání v nočních hodinách, které simuluje četnost užívání soc. zařízení.. Uživatelé sice spí, ale o pravidelný „přísun čerstvého vzduchu“ je postaráno. Díky tomuto zásahu se průměrná intenzita výměny pohybuje kolem $0,15 \text{ h}^{-1}$. V druhé části matematického modelu jsme posuzovali právě vnitřní relativní vlhkost. I tyto poznatky měli vliv na doplnění regulace o další automatické funkce. (*pozn. až budou k dispozici levná, přesná a kvalitní čidla CO_2 a vlhkosti, bude vše možné řídit přesně bez případných výkyvů – jednotky jsou na tuto možnost připraveny*).

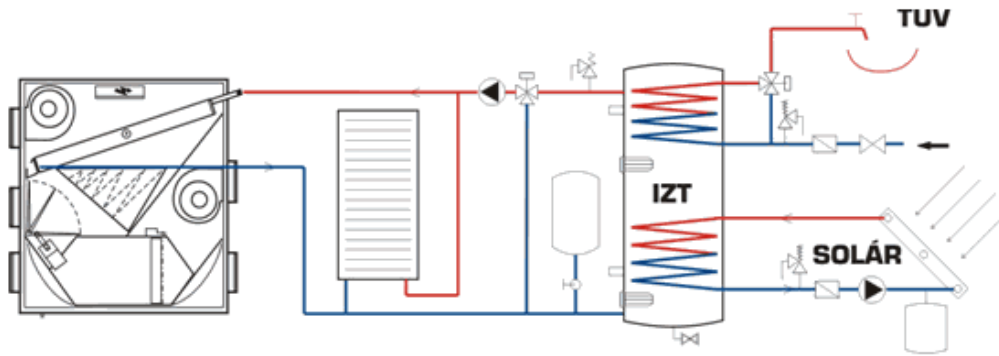
Po realizaci v EPD Rychnov došlo k ověření tohoto modelu řízení měření reálně obydleného domu.

EPD Rychnov – realizovaný VZT systém, zdroje tepla

Jako zdroj tepla je použit integrovaný zásobník tepla ATREA o objemu 615 l, který zajišťuje i průtočný ohřev TUV. Toto řešení vylučuje vznik a rozmnožování bakterií Legionely. Potřebná energie je získávána ze solárního systému. Jako záložní zdroj pro letní a přechodové období, pro zimní období jako hlavní zdroj, jsou instalovány 3 elektrické topné spirály o celkovém příkonu 10 kW. V reálném provozu při využití 8 hodinové akumulací sazby D 25 bylo využíváno téměř celé topné období nabíjení o příkonu 6 kW (jedna instalovaná spirála byla trvale vypnuta) a průměrné době nabíjení menší než 3 h/den.

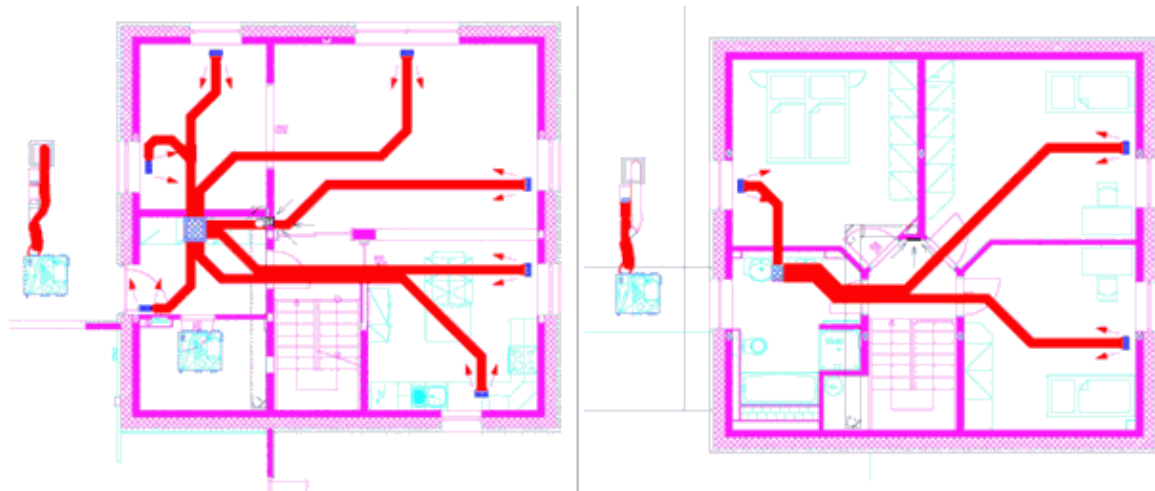
Vzhledem k nízké tepelné ztrátě domu byla pro rozvod tepla vzduchem a pro větrání s rekuperací odpadního tepla zvolena teplovzdušná cirkulační a větrací jednotka DUPLEX RB s max. topným výkon 3,5 kW (při teplotě topné vody 55°C) a účinností rekuperace odpadního tepla 90% (při větrání $100 \text{ m}^3/\text{h}$). V EPD Rychnov je přívodní teplota topné vody do jednotky nastavena na hodnotu 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 (předpisy ČR neumožňují přímé teplovzdušné vytápění těchto prostor).



Obr. 3. Energ. schéma IZT 615 s akumulčním elektroohřevem, solárními kolektory a průtočným ohřevem TUV

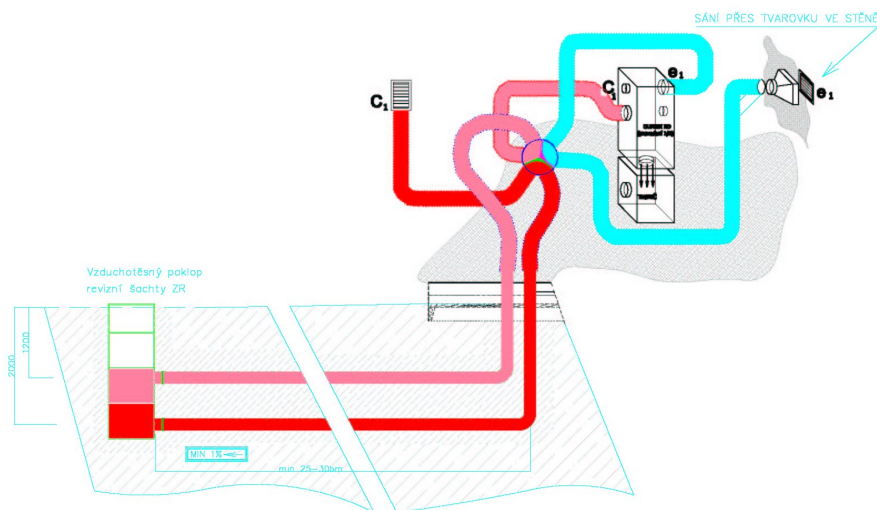
Zvolený vytápěcí systém udržuje teplotu v objektu na základě informací dvou prostorových termostátů. Prvním (TR1) je ovládáno temperování obytného prostoru teplovzdušným systémem, druhým (TR2) je ovládáno topení teplovodní části (koupelna, tech. místnost). Rozvod teplého topného a větracího vzduchu po objektu byl proveden pomocí plochých kanálů, které byly integrovány do konstrukcí podlah přízemí i podkroví. V každém patře byl použit samostatný hvězdicovitý rozvod VZT systému s umístěním topných mřížek v podlaze pod okny. Toto řešení bylo zvoleno opět na základě obav (možná i nedostatku zkušeností v ČR s EPD). Udává se, že u objektů s minimální energetickou náročností nezáleží na umístění přívodu - podlaha, strop. V rovnovážném stavu při teplotě interiéru 22 °C byla teplota povrchu podlahy obvykle 21,2 °C, povrchová teplota stěny (lhostejno jestli obvodové nebo vnitřní) 21,2-21,8 °C, teplota stropu 21,8 °C. Cirkulační sání vzduchu ze společných prostor bylo provedeno dle 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. Na schématu 4a je naznačen rozvod topného a větracího vzduchu tak, jak byl proveden v objektu EPD Rychnov.



Obr. 4a - Schéma rozvodu topného a větracího vzduchu do obytných místností

Také vzduchotechnický rozvod odvětrání koupelen, kuchyně a technické místnosti do jednotky byl dokonale integrován do stropní konstrukce. V technické místnosti byl snížen podhled ze sádkokartonu. V interiéru kromě distribučních elementů (sacích ventilů, podlahových a stěnových mřížek) není vidět žádný rozvod VZT systému. Jednotka DUPLEX RB je umístěna na stropě v tech. místnosti, díky sníženému podhledu jsou viditelné pouze dveře jednotky. V tomto malém prostoru našlo umístění i další tech. zařízení domu.

Jako jedno z mnoha netradičních řešení a postupů byl v tomto objektu pokusně zrealizován tzv. cirkulační zemní registr, který byl posléze upraven dle dalších pozměňujících návrhů.



Obr. 5 - Schéma cirkulačního ZR v režimu chlazení

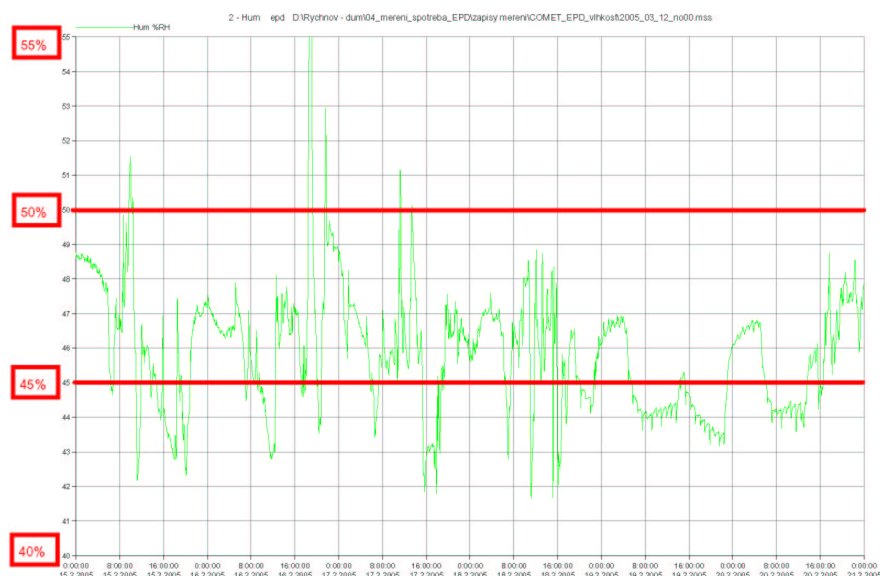
Proti běžným provedením je přidána další trubka uložená v zemi + rozdělovač. V režimu chlazení je cirkulační vzduch z interiéru vháněn jednou trubkou do země a přes uzavřenou šachtu se druhou trubkou vrací zpět do domu. Chladicí výkon cirkulačního zemního registru je tak výrazně vyšší než u běžného typu ZR. Způsobeno je to nejen tím, že trasa vedení je delší, ale také teplota nasávaného vzduchu z interiéru je nižší než v případě nasávání vzduchu z venkovního prostředí při extrémních letních teplotách. Snižuje se tím i množství případné kondenzace vzdušné vlhkosti. Spolu s volbou zasklení (HEAT MIRROR + dřevěný rám fy. SLAVONA) přispívá k příjemnému ochlazení interiéru. Na obr. 5 je schéma cirkulačního ZR s jednotkou DUPLEX v režimu sání vzduchu a cirkulačním chlazením. V současné době probíhá měření parametrů tohoto ZR.

EPD Rychnov – měření relativní vlhkosti

Během necelé topné sezóny 2004/2005 byla měřena i relativní vlhkost interiéru. Díky primární cirkulační větvi VZT rozvodu byla i při extrémních mrazech (v noci klesala teplota nárazově i na -25°C) vnitřní relativní vlhkost bez jakýchkoliv vnitřních řídicích čidel (pouze na základě matematického modelu) udržována v rozumném rozsahu. Na grafu č. 6 a 7 záznamy z měření.



Obr. č.6 – graf měření relativní vlhkosti a interiérové teploty v obydleném domě, vybaveném systémem teplovzdušného cirkulačního vytápění a nárazového větrání s rekuperací odp. tepla. Výtah je z období 31.1 – 27.2.2005. V době od 7 – 10 . objekt byl prázdný, bez produkce vlhkosti z činnosti osob



Obr. č.7 – graf měření relativní vlhkosti v obydlí domě, vybaveném systémem teplovzdušného cirkulačního vytápění a nárazového větrání s rekuperací odp. tepla.

Výtah je z období 15 – 21.2.2005.

Hodnoty se pohybují v rozsahu 42 – 50 %, (nárazové zvýšení nad 55 % bylo způsobeno žehlením napařovací žehličkou pod měřícím čidlem)

Závěr

Zkušenosti, získané v zahraničí při dlouholetých pokusech a při ověřování návrhů VZT systémů pro bytovou výstavbu, nám umožňují celé toto pionýrské období přeskochit. Můžeme začít a pokračovat dle posledních poznatků vědy a techniky. Úspěšně zvládnuté realizace teplovzdušného vytápěcího a větracího systému pomocí dvouzónových jednotek, vč. systému v EPD Rychnov u Jablonce nad Nisou, výsledky měření a spokojenost uživatelů dávají jasný směr pro další činnost a vylepšení.

Tepelné mosty při realizaci pasivních domů

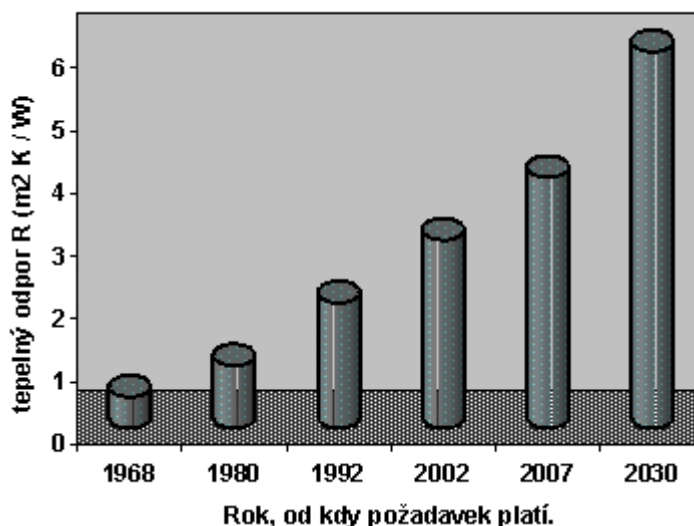
Roman Šubrt

sdužení Energy Consulting, Alešova 21, České Budějovice, Czech republic

e-mail: roman@e-c.cz, tel. 777 196 154

Trend zlepšování tepelných izolací je neustálý. To, co bylo dřív nadstandardem dnes nevyhovuje standardu. Toto bude platit i v budoucnosti. Pokud tedy dnes stavíme dům, je vhodné uvažovat alespoň s tím, jaké standardy budou platit za 25 let, což je při předpokládané morální životnosti stavby 50 let právě polovina. Pokud bude stavba polovinu svého věku vyhovovat a druhou ne, je to stavba patřící na současný trh. Smutnou záležitostí je, že bohužel většina dnes postavených staveb nevyhovuje ani současným požadavkům. Setkal jsem se i s tím, že při stavbě nebyly z neznalosti respektovány ani požadavky 10 let staré.

Vývoj požadavků na tepelný odpor vnějších zdí



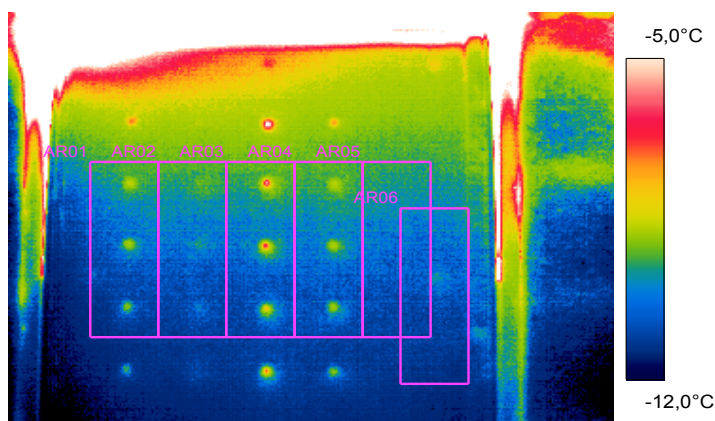
Pro orientaci zde uvádím minulý i předpokládaný budoucí vývoj požadavků na tepelný odpor vnějších stěn:

potřeba tepla na pokrytí tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi [kWh/a]							
konstrukce	dům ze 70.let 20. stol.	tepelné izolace dle požadavku ČSN 73 0540-2	tepelné izolace dle doporučení ČSN 73 0540-2	tepelné izolace zesílené proti požadavku normy	dtto, ale tepelné mosty U = 0,05 W/(m².K)	dtto, navíc uvažováno s rekuperací větraného vzduchu	dtto, ale vliv tepelných mostů snížen na U = 0,02 W/(m².K)
podlaha	4535	1512	1008	630	630	630	630
střecha	6928	1512	1008	945	945	945	945
okna	6046	4283	3023	2267	2267	2267	2267
stěna	17634	4786	2519	2267	2267	2267	2267
tepelné mosty	2393	2393	2393	2393	1197	1197	479
větrání	5226	5226	5226	5226	5226	1045	1045
zisky	-4860	-4860	-4860	-4860	-4860	-4860	-4860
celkem	37902	14851	10317	8868	7672	3491	2773
měrná potřeba tepla za rok na m² zastavěné podlahové plochy [kWh/m²,a]							
e _v	190	74	52	44	38	17	14

Jak se toto odráží v celkové spotřebě energií lze dokumentovat tabulkou, ve které je spočtena potřeba energie na pokrytí tepelných ztrát jednotlivými konstrukcemi. Jde o zjednodušený výpočet, který však celkem jasně dokumentuje vývoj účinnosti tepelných izolací i to, na co je potřeba se zaměřit. Z uvedené tabulky je také patrné, že při konstantních tepelných ziscích se musíme, pokud chceme dosáhnout statutu pasivního domu, zaměřit na rekuperaci, tedy zpětné získávání tepla a na tepelné mosty. Bez jejich cíleného optimalizování není možné pasivní dům postavit.

Tepelné mosty, respektive tepelné vazby, což je zvláštní druh tepelných mostů mají tu zvláštnost, že jejich velikost je více–méně nezávislá na tepelně izolačních vlastnostech okolních konstrukcí. V dřívějších normách (např. ČSN 06 0210) se tepelné mosty započítávaly přírážkou k součiniteli prostupu tepla ve výši 10%. Pokud tedy byly běžné konstrukce se součiniteli 1,0 až 1,4 (např. klasická zeď z plných cihel tl. 45 až 75 cm), byla přírážka ve výši 10% přijatelná a znamenalo to zvýšení součinitele prostupu tepla U o $\Delta U = 0,1$ až $0,14 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. Tato difference byla v té době akceptovatelná, bohužel u současných konstrukcí není možné uvažovat s oněmi 10%, ale je nutné uvažovat s $\Delta U = 0,1 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. To, zejména u pasivních a nízkoenergetických staveb znamená podstatné zvýšení součinitele prostupu tepla. U těchto domů jsou běžné tloušťky tepelných izolací 24 i více cm, součinitel prostupu tepla je pak $U = 0,16 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ a zvýšení o $0,1 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$ znamená zvýšení o 70%.

Příčiny vzniku tepelných mostů mohou být různé. Někdy je to dáno konstrukcí (například nosný prvek v lehkém obvodovém plášti), někdy se může jednat o tepelnou vazbu, tedy vzájemná vazba dvou konstrukcí a tepelný most vzniklý jejich napojením, jako je například napojení dvou zdí, někdy se může jednat o vliv technologie, což jsou například maltová lože u zdiva z lehkých materiálů. Typickou ukázkou těchto všech tepelných mostů je následující termogram:



Úkolem pro projektanta, stavitele i stavebníka je minimalizace všech tepelných mostů pokud možno za co nejpríjemnější cenu.

Toto řešení má svoje specifika. V první řadě je nutné pro daný objekt a danou situaci zvolit co nejvhodnější konstrukční i materiálový systém. Totu volbou se dojde k tomu, že konstrukce bude optimálně volena z hlediska ceny, místa stavby, určení stavby, realizačních podmínek, realizační firmy a pochopitelně konečných užitných vlastností stavby. Tato volba, která se často odehrává na základě pocitů investora je klíčová, protože do budoucna podstatně ovlivňuje reálnost a způsob řešení dalších problémů. Investorovi lze pochopitelně při návrhu konstrukčního systému vyjít vstříc, je však nutné očekávat, že každý systém má svoje specifika, která je nutné zohlednit a která do jisté míry i předurčují výsledné vlastnosti stavby.

Při projektování pasivního domu je obzvlášť nutné věnovat se všem tepelným mostům, nejenom tepelným vazbám a klasickým lineárním tepelným mostům jako je například překlad nad oknem či nosný trámeček v dřevostavbě, ať již se jedná o sloupek či krokve. Je nutné se věnovat i bodovým tepelným mostům. Například následující termogram a tabulka naměřených hodnot se věnuje porovnání různých typů hmoždinek u kontaktního zateplovacího systému:

Tabulka min. a max. teplot v okolí různých typů hmoždinek v termogramu:

	1	2	3	4	5	6
minimální teplota	-11,4°C	-11,0°C	-11,1°C	-11,1°C	-11,1°C	-11,4°C
maximální teplota	-8,1°C	-5,4°C	-9,3°C	-9,1°C	-8,2°C	-9,4°C
rozdíl teplot	3,3°C	5,6°C	1,8°C	2,1°C	2,9°C	2,0°C

Je patrné, že různé hmoždinky mají různou tepelnou vodivost a tím způsobují různě velké tepelné mosty. Z tabulky je patrné, že rozdíl teplot činí minimálně 1,8 °C, avšak u některých typů hmoždinek přesahuje čtyřnásobek této hodnoty.

Pokud se tomuto problému bude projektant podrobně věnovat, může například spočítat tak jako my vliv různých typů hmoždinek při konkrétním zdivu a tepelné izolaci na bodový tepelný most. My jsme se tomuto v jednom případě věnovali poměrně podrobně a uvažovali jsme se 4 druhy stěnové konstrukce (1 až 4) a 6 druhů hmoždinek (A až F), konkrétně šlo o tyto skladby stěn a tyto hmoždinky:

- 1.: 6 mm stěrková omítka, 80 mm EPS, 15 mm původní omítka, zdivo CP, 15 mm omítka (Tepelný tok bez hmoždinky 2,87 W.)
- 2.: 6 mm stěrková omítka, 120 mm EPS, 15 mm původní omítka, zdivo CP, 15 mm omítka (Tepelný tok bez hmoždinky 2,79 W.)
- 3.: 6 mm stěrková omítka, 80 mm EPS, 6 mm lepidlo, 50 mm beton, 30 mm EPS, 150 mm železobeton (Tepelný tok bez hmoždinky 3,33 W.)
- 4.: 6 mm stěrková omítka, 120 mm EPS, 6 mm lepidlo, 50 mm beton, 30 mm EPS, 150 mm železobeton (Tepelný tok bez hmoždinky 2,51 W.)

Byly počítány tyto hmoždinky:

A – hmoždinka s kovovým trnem

B – hmoždinka s kovovým trnem se zapuštěním do zateplovacího systému 30 mm

C – hmoždinka s plastovým trnem

D – hmoždinka s plastovým trnem se zapuštěním do zateplovacího systému 30 mm

E – hmoždinka s kovovým trnem s přerušením tepelného mostu

F – hmoždinka s kovovým trnem s přerušením tepelného mostu se zapuštěním

Výsledkem byla následující tabulka, kde jsou min. a max. teploty teplotami dosažené na vnějším povrchu počítané výše. Tepelné toky jsou počítané při stacionárním vedení tepla a při rozdílu 36 °C.

Tabulka výsledných hodnot:

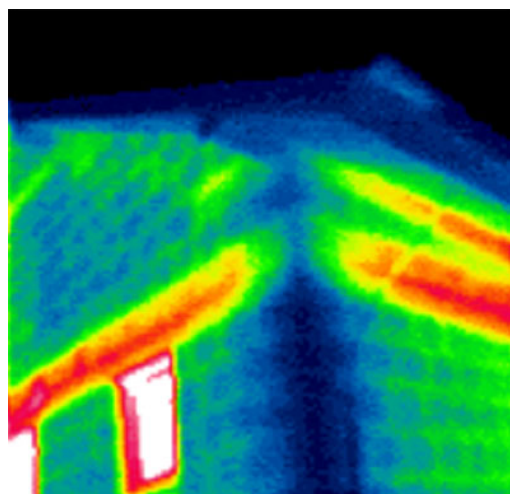
			kovový trn	kovový trn + zateplení	plasto- vý trn	plastový trn + zateplení	termos- top trn	termos- top trn + zateplení
konstrukce			A	B	C	D	E	F
80 mm EPS + zdivo CP	1	tepelný tok [W]	3,9234	3,8604	3,8433	3,8429	3,8825	3,8545
		min. teplota [°C]	-14,4	-14,4	-14,4	-14,4	-14,2	-14,4
	tep. tok 3,8417 W	max. teplota [°C]	-9,7	-14,3	-14,3	-14,4	-13,5	-14,3
		zvýšení tepel. toku [%]	2,127	0,487	0,042	0,031	1,062	0,333
		bodový tep. most [W/36K]	0,082	0,019	0,002	0,001	0,041	0,013
		rozdíl teplot	4,700	0,100	0,100	0,000	0,700	0,100
120 mm EPS + zdivo CP	2	tepelný tok [W]	2,8686	2,8204	2,7903	2,7901	2,8386	2,8145
		min. teplota [°C]	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6
	tep. tok 2,789 W	max. teplota [°C]	-10,5	-14,4	-14,5	-14,6	-13,7	-14,5
		zvýšení tepel. toku [%]	2,854	1,126	0,047	0,039	1,778	0,914
		bodový tep. most [W/36K]	0,080	0,031	0,001	0,001	0,050	0,025
		rozdíl teplot	4,100	0,200	0,100	0,000	0,900	0,100

konstrukce			kovový trn	kovový trn + zateplení	plasto- vý trn	plastový trn + zateplení	termos- top trn	termostop trn + zateplení
			A	B	C	D	E	F
80 mm EPS + 30 mm beton + 30 mm EPS + 150 mm ŽB	3	tepelný tok [W]	3,3943	3,3475	3,3341	3,3344	3,3641	3,343
		min. teplota [°C]	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5
	tep. tok 3,3335 W	max. teplota [°C]	-10,2	-14,4	-14,4	-14,5	-13,5	-14,4
		zvýšení tepel. toku [%]	1,824	0,420	0,018	0,027	0,918	0,285
		bodový tep. most [W/36K]	0,061	0,014	0,001	0,001	0,031	0,010
		rozdíl teplot	4,300	0,100	0,100	0,000	1,000	0,100
120 mm EPS + 30 mm beton + 30 mm EPS + 150 mm ŽB	4	tepelný tok [W]	2,5753	2,5365	2,5118	2,512	2,5513	2,5317
		min. teplota [°C]	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6	-14,6
	tep. tok 2,5111 W	max. teplota [°C]	-9,8	-14,5	-14,5	-14,6	-13,6	-14,5
		zvýšení tepel. toku [%]	2,557	1,012	0,028	0,036	1,601	0,820
		bodový tep. most [W/36K]	0,064	0,025	0,001	0,001	0,040	0,021
		rozdíl teplot	4,800	0,100	0,100	0,000	1,000	0,100

Obdobně jsme se zabývali vlivem Spidi kotev. Její vzhled je patrný z obrázku níže. Při prostudování této tabulky zjistíte, že zvýšení tepelného toku dosahuje někdy až neuvěřitelných 20%. Znamená to tedy, že přestože přidáme 80 mm kamenné vlny, její účinnost je o více jak 20% snížena právě vlivem těchto bodových tepelných mostů.

Tabulka bodových tepelných mostů Spidi kotvami

podložka: tl. 10 mm, $\lambda=0,1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ tep. izolace: Rockwool tl. 80 mm	panel – železobeton 150 mm, EPS 30 mm, beton 50 mm			Therm 240 mm – omítka 10 mm, zdivo Therm 240 mm		
	tep. tok [W/m ²]	bodový most [W]	navýšení %	tep. tok [W/m ²]	bodový most [W]	navýšení %
zeď + kotva	0,2975	0,0167	9,4	0,3676	0,0214	9,7
zeď + kotva + lišta	0,3014	0,0190	10,5	0,3718	0,0239	10,7
zeď + kotva, umístěno přímo na zdi bez podl.	0,3220	0,0314	16,3	0,4009	0,0414	17,2
zeď + kotva + lišta, přímo na zeď bez podložky	0,3385	0,0413	20,3	0,4009	0,0414	17,2
pouze zeď	0,2697			0,3319		



Termogram nezatepleného zdiva z bloků typu therm

Celková průvzdušnost budovy a její kontrola

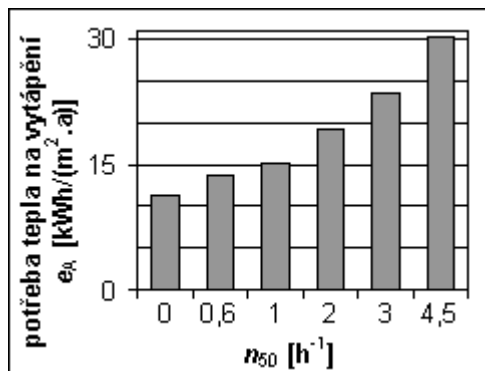
Jiří Novák

Fakulta stavební, ČVUT v Praze, jiri.novak.4@fsv.cvut.cz

Výměna vzduchu a vzduchotěsnost obálky v konceptu pasivního domu

Výměna vzduchu v budově by se měla řídit především hygienickými potřebami uživatele, neměla by však způsobovat nepřiměřené tepelné ztráty. Proto by měla být budova vybavena větracím systémem umožňujícím kontrolu a regulaci množství vzduchu přiváděného do budovy a odváděného ven. Pojem větrací systém obecně nemusí zahrnovat pouze mechanický systém s potrubním rozvodem a ventilátory, ale také pokročilé systémy přirozeného větrání a systémy hybridní. Všechny tyto systémy však mají jedno společné – nemohou plnit předpoklady projektanta ani očekávání uživatele, pokud bude přiváděný nebo odváděný vzduch proudit mimo systém a obcházet tak jeho regulační prvky.

Mezi místa, kde větrací vzduch opouští systém, patří také netěsnosti v obálce budovy, vznikající jako chyby při návrhu a výstavbě. U budov vybavených mechanickým větracím systémem je těmito netěsnostmi přísáváno určité (někdy velké) množství vzduchu navíc oproti předpokladům návrhu. Vzduch vnikající do budovy netěsnostmi v obálce může způsobit průvan (v zimním období chladný) a znehodnotit tak kvalitu vnitřního prostředí. Pro dosažení požadované vnitřní teploty je v takových případech zapotřebí více tepla (vnější vzduch infiltrující netěsnostmi je potřeba ohřát) – tepelná ztráta budovy stoupá.



Obr. 1 – vliv celkové průvzdušnosti obálky na potřebu tepla na vytápění pasivního rodinného domu (stanoveno výpočtem podle ČSN EN 832)

Důsledky jsou ještě nepříjemnější, pokud je větrací systém vybaven zařízením pro zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu. Netěsnostmi v obálce může být vzduch nejen přísáván, ale může tudy i unikat ven, aniž by teplo, které unášel bylo předáno čerstvému větracímu vzduchu – účinnost zpětného získávání tepla klesá. S exfiltrací teplého a vlhkého vnitřního vzduchu netěsnými konstrukcemi směrem ven je navíc spojeno vysoké riziko kondenzace vodních par a následného poškození konstrukce ([1]).

Jestliže u běžných budov může dojít v důsledku netěsné obálky budovy k významnému zvýšení tepelných ztrát, pak u budov s nízkou potřebou tepla na vytápění (a zejména pasivních domů vybavených větracími systémy se zpětným získáváním tepla) jsou energetické důsledky netěsné obálky dramatické (obr 1).

Uvedené skutečnosti vedly tvůrce konceptu pasivního domu k zavedení velmi přísného, ovšem oprávněného požadavku na vzduchotěsnost obálky budovy. Tento požadavek je považován za klíčový a jeho splnění prokazované měřením na dokončené budově podmiňuje vydání certifikátu o dosažení úrovně pasivního domu. Dosažení těchto přísných požadavků není jednoduché a proto bývá v zahraničí vzduchotěsnost pasivních domů kontrolována měřením v různých fázích výstavby, aby mohly být včas odstraněny případné nedostatky.

Reálně dosahovaná průvzdušnost

Míra vzduchotěsnosti je v českých předpisech ([5]) nazývána průvzdušností. Pro tepelné chování budovy jako celku je podstatná průvzdušnost všech stavebních dílů a jejich spojů – tzv. celková průvzdušnost obálky budovy. Nejčastěji používanou veličinou pro hodnocení celkové průvzdušnosti je intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa ($n_{50} [h^{-1}]$), která je definována takto:

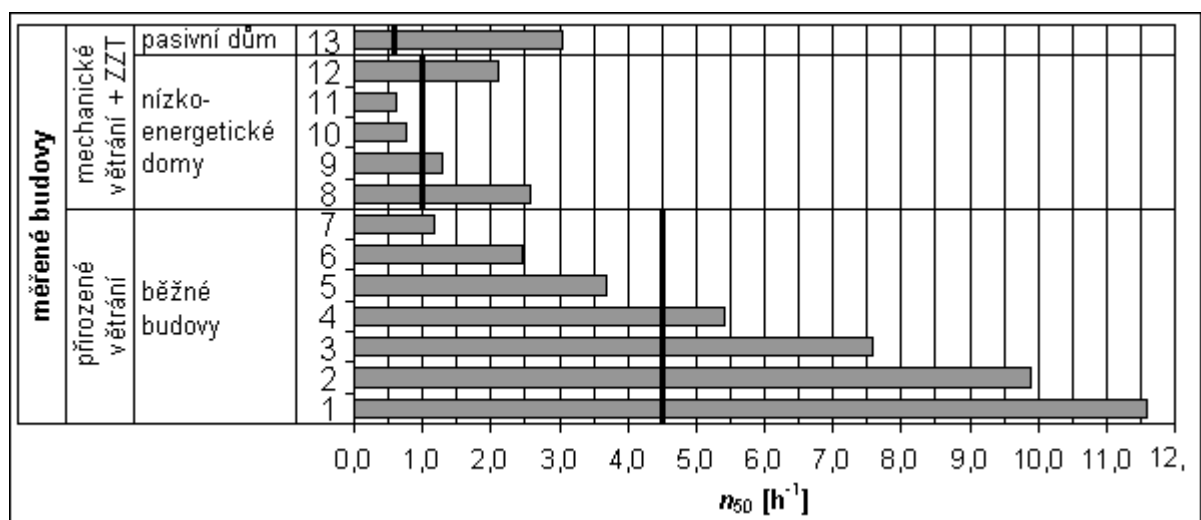
$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V} \quad \text{kde: } \begin{array}{l} V_{50} \text{ je objemový tok vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa v m}^3/\text{h} \\ V \text{ je objem vnitřního vzduchu měřené budovy v m}^3 \end{array}$$

Hodnota V_{50} se odvozuje z výsledků měření na budově, postup měření je podrobně popsán v dalším textu. Česká norma [5] nepředepisuje dosažení určité úrovně průvzdušnosti, ale uvádí doporučené hodnoty n_{50} v závislosti na způsobu větrání budovy (konkrétní hodnoty jsou uvedeny např. i v [1]). Zahraniční předpisy pro certifikaci pasivních domů požadují dosažení hodnoty n_{50} nižší než $0,6 \text{ h}^{-1}$.

	počet budov			$n_{50} [\text{h}^{-1}]$		
	celkem	bez n_{50}	s n_{50}	nejnižší	nejvyšší	průměrná
dřevostavba	20	2	18	0,20	0,58	0,41
masivní stěny, lehká střecha	15	5	10	0,20	0,60	0,37
masivní stěny i střecha	2	0	2	0,23	0,35	0,29
všechny budovy, bez rozlišení typu obvodových konstrukcí	37	7	30	0,20	0,60	0,39

Tab. 1 – statistické údaje o průvzdušnosti náhodného výběru z databáze pasivních domů [3]. Jedná se ve všech případech o samostatně stojící rodinné domy. Samostatně je uveden počet budov, u kterých v databázi není uveden údaj o dosažené celkové průvzdušnosti (sloupec označený „bez n_{50} “) a počet budov, u kterých tento údaj uveden je (sloupec označený „s n_{50} “).

Záznamy v internetové databázi skutečně realizovaných pasivních domů [3] dokládají, že výše uvedený přísný požadavek na průvzdušnost je u pasivních domů v západní Evropě běžně dosahován. V tab. 1 jsou uvedeny statistické údaje náhodného výběru 37 samostatně stojících rodinných domů ze souboru 363 budov téhož typu, registrovaných v databázi pasivních domů [3]. Uvedené údaje byly zjištěny měřením celkové průvzdušnosti na dokončených budovách. U některých budov v databázi údaj o průvzdušnosti chybí, důvod není uveden. Všechny budovy, na nichž bylo měření celkové průvzdušnosti provedeno (81 % náhodného výběru), vykazují hodnotu n_{50} nižší, než $0,6 \text{ h}^{-1}$. Výsledky statistické analýzy náhodného výběru mimo jiné potvrzují, že velmi nízké hodnoty n_{50} jsou dosažitelné u budov s libovolným typem obvodového pláště (tedy i u budov s obvodovým pláštěm z lehkých skládaných konstrukcí – typicky dřevostaveb). Graf na obr. 2 uvádí výsledky měření celkové průvzdušnosti 13 českých samostatně stojících rodinných domů ([2]). Většina budov sledovaného souboru (62 %) překračuje hodnoty n_{50} doporučené normou [5]. U budov s mechanickým větracím systémem překračuje doporučenou úroveň průvzdušnosti 67 % budov, přestože při návrhu a/nebo výstavbě každé z nich byla systematicky uplatňována zvláštní opatření a postupy s cílem zajistit co nejnižší hodnotu n_{50} . Pouze jediná z měřených budov dosáhla hodnoty $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$. Úroveň celkové průvzdušnosti běžně dosahovaná v současné české výstavbě je tedy zjevně nedostatečná. Příklad budovy 11 naznačuje, že velmi nízká průvzdušnost, požadovaná u pasivních domů v zahraničí, je realizovatelná i v českých podmínkách.



Obr. 2 – Výsledky měření celkové průvzdušnosti obálky 13 českých samostatně stojících rodinných domů. V grafu je uvedena předpokládaná energetická náročnost a způsob větrání budov (ZZT značí zpětné získávání tepla). Tlustou čarou jsou označeny doporučené hodnoty $n_{50,N}$ podle [5] pro daný způsob větrání.

Možnosti snížení průvzdušnosti

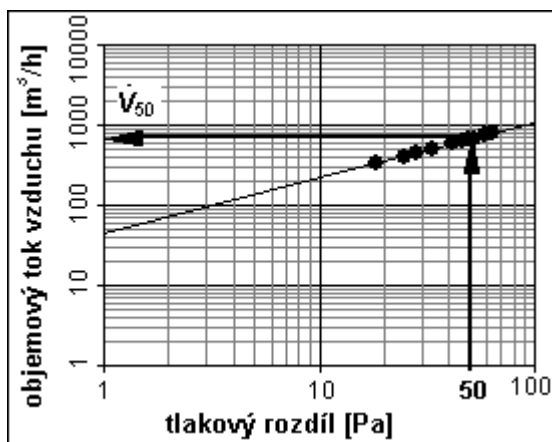
Zkušenosti z měření celkové průvzdušnosti souboru 13 českých budov jasně ukazují, že pro dosažení velmi nízké úrovně celkové průvzdušnosti ($n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$) je nezbytné:

- systematicky zohledňovat problematiku průvzdušnosti ve všech fázích projekční přípravy a výstavby
- v projekční fázi navrhnout způsob zajištění vzduchotěsnosti všech obvodových konstrukcí, jejich spojů a dalších kritických detailů (volba tzv. vzduchotěsnících vrstev a vzduchotěsnících opatření) - navržená řešení musí být v projektové dokumentaci podrobně popsána
- pečlivé provedení všech navržených vzduchotěsnících opatření během výstavby budovy
- použití kvalitních výrobků (lepících pásek, tmelů, atd.) pro spojování a utěsňování vzduchotěsnících vrstev
- kontrola provedení vzduchotěsnících opatření v průběhu výstavby

Jen výjimečně lze nízké hodnoty n_{50} dosáhnout pouze pečlivým provedením vzduchotěsnících vrstev. Průvzdušnost budovy ovlivňuje již volba tvarového řešení budovy na úrovni architektonické studie nebo volba konstrukčního systému v úvodních fázích projektování. Podmínka detailního návrhu v pokročilejších fázích projekční přípravy je skutečně zásadní – praktické zkušenosti ukazují, že chyby v návrhu jsou v průběhu výstavby již zpravidla neopravitelné. Základní pravidla návrhu vzduchotěsnících opatření jsou uvedena např. v [1]. Kvalitu provedení je nejlépe kontrolovat měřením celkové průvzdušnosti budovy v několika fázích výstavby. Důležitá je zejména kontrola před finálním zakrytím vzduchotěsnících vrstev, aby bylo možno odhalit a opravit případné netěsnosti.

Kontrola dosažené průvzdušnosti – Blower Door test

Celková průvzdušnost obálky budovy se běžně stanovuje měřením metodou tlakového spádu

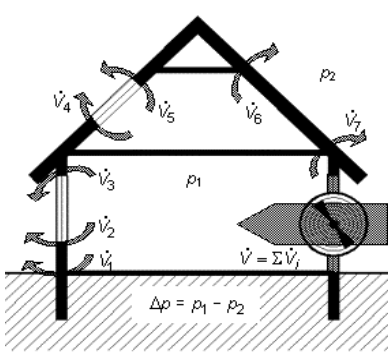


Obr. 3 – Měření celkové průvzdušnosti – výsledný graf a způsob stanovení hodnoty V_{50}

[4]. Princip této metody spočívá ve stanovení závislosti objemového toku vzduchu skrz netěsnosti v obálce budovy na tlakovém rozdílu (čím větší je tlakový rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím, tím větší je tok vzduchu netěsnostmi – tuto závislost je potřeba kvantifikovat). Hodnocená budova je během zkoušky vystavena sérii uměle vytvořených, odstupňovaných tlakových rozdílů, na každé úrovni tlakového rozdílu je měřen objemový tok vzduchu netěsnostmi v obálce budovy. Z naměřených hodnot je statistickými metodami nebo graficky odvozena spojitá funkce, ze které je možno vypočítat hledanou hodnotu objemového toku vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa, V_{50} (obr. 3). Z hodnoty V_{50} se následně odvodí hodnota n_{50} .

Měření metodou tlakového spádu se provádí pomocí zařízení zvaného Blower Door (obr. 4). Sestává z ventilátoru s plynule měnitelnými otáčkami, čidel pro měření tlakového rozdílu a objemového toku vzduchu, osazovacího rámu a vzduchotěsné plachty s otvorem pro ventilátor. Plachta se pomocí osazovacího rámu napne do vhodného otvoru v obvodové stěně (okno, dveře). Do otvoru v plachtě se nasadí ventilátor. Nainstalují se přístroje pro měření tlakového rozdílu a objemového toku vzduchu. Otáčky ventilátoru se nastaví tak, aby mezi interiérem budovy a vnějším prostředím bylo dosaženo požadovaného tlakového rozdílu. V okamžiku, kdy je tlakový rozdíl konstantní, se změří objemový tok vzduchu transportovaný ventilátorem. Předpokládá se, že stejné množství vzduchu protéká netěsnostmi v obvodovém plášti budovy (obr. 4). Měření se opakuje pro různé úrovně tlakového rozdílu v rozsahu cca 20 až 80 Pa.

Obvykle se provádí dvě série měření – podtlakem a přetlakem, za výsledek se považuje průměr z obou. Moderní zařízení bývají vybavena řídicí elektronickou jednotkou, která prostřednictvím osobního počítače a speciálního software kontroluje úroveň tlakového rozdílu, mění otáčky ventilátoru, řídí a okamžitě vyhodnocuje průběh celého měření. Software umožňuje měření předem naprogramovat, takže probíhá zcela automaticky a je možno jej bez změny opakovat např. na jiných budovách.



Obr. 4 – Měření celkové průvzdušnosti obálky budovy metodou tlakového spádu. Vlevo princip metody, vpravo zařízení blower door.



Před měřením je ovšem nutné provést i několikahodinovou přípravu budovy. Rozsah této přípravy závisí na cíli měření, postup přípravy je popsán v [4]. Cílem měření může být buď určení celkové průvzdušnosti budovy v provozním stavu (výsledky slouží např. jako vstupy do výpočtu tepelné bilance) nebo určení celkové průvzdušnosti obálky budovy (výsledky slouží pro kontrolu kvality provedení stavebních konstrukcí a porovnání s požadavky předpisů na celkovou průvzdušnost obálky budovy). Pokud se má měřením

určit průvzdušnost budovy v provozním stavu, pak se pro přípravu budovy použije metoda A podle [4]. To znamená, že budova se uvede do stavu, který je typický pro otopné období (event. pro období, kdy je v provozu strojní chlazení). Nejčastěji se ovšem zjišťuje celková průvzdušnost obálky budovy a pro přípravu budovy se použije metoda B podle [4]. Při použití metody B je měřen pouze objemový tok vzduchu netěsnostmi v obvodových konstrukcích a veškeré další netěsnosti a místa možného úniku vzduchu, která nesouvisí se stavební částí budovy musí být během měření utěsněny (např. větrací klapky, kuchyňské digestoře, spalovací prostory krbů, kamen, apod.). Ve speciálních případech je potřeba budovu připravit tak, aby při měření nedošlo k poškození některých jejích částí. Např. při měření průvzdušnosti před zakrytím vzduchotěsnících vrstev musí být fóliové parozábrany dostatečně přikotveny k podkladu (např. přitlačnými latěmi), aby nedošlo k jejich odtržení a poničení při měření podtlakem.

Provedení samotného měření není složité, vyžaduje však pečlivý přístup a určité zkušenosti ze strany měřiče. Chyby měřícího zařízení mají relativně malý vliv na přesnost výsledku měření. Ta je ovlivněna zejména klimatickými podmínkami během měření (vítr a velký rozdíl mezi vnitřní a vnější teplotou zvyšují riziko chyby a někdy mohou měření znemožnit) a kvalitou přípravy budovy před měřením. V některých případech může být výsledek měření velmi těsných budov s mechanickým větracím systémem ovlivněn prouděním vzduchu netěsnostmi v rozvodech větracího systému (zejména pokud tyto rozvody procházejí hranicí měřené části budovy). Při výpočtu hodnoty n_{50} je potřeba dbát na správnost výpočtu objemu vzduchu v budově, především na volbu soustavy rozměrů. Chybně stanovený objem může způsobit neporovnatelnost výsledné hodnoty n_{50} s předpisy a výsledky měření na jiných budovách. Správný postup výpočtu je uveden v [4].

Během měření je často potřeba lokalizovat místa netěsností (zejména při kontrole provedení vzduchotěsnících vrstev před jejich zakrytím). K dohledání výrazných netěsností není potřeba zvláštních přístrojů, projeví se silným prouděním vzduchu, které je možno zaznamenat nastavením dlaně. Drobnější poruchy se dohledávají pomocí citlivého anemometru nebo pomocí vyvíječe dýmu. Velmi názorné výsledky poskytuje termovizní snímkování vnitřních povrchů při podtlaku v budově.

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Literatura

- [1] Tywoniak J.: Nízkoenergetické domy – principy a příklady, Grada 2005
- [2] Novák J.: Měření průvzdušnosti budov – praktické zkušenosti, sborník konference Tepelná ochrana budov 2005
- [3] www.ig-passivhaus.de
- [4] ČSN EN ISO 13829 Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method
- [5] ČSN 73 0540-2: 2002 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

Nové pasivní domy v okolí u Brna

Ing.arch. Mojmír Hudec

Atelier ELAM, Pekařská 6, 602 00 Brno tel.543 234 510
elam@elam.cz www.arch.cz/hudec www.elam.cz

V okolí Brna bylo v posledních letech dokončeno několik nízkoenergetických rodinných domů, které dosahují hodnot pasivního domu. První dům byl uveden do provozu v létě 2005, druhý dům je v provozu od léta 2004.

Pasivní rodinný dům v Kníničkách u Brna

Užitná plocha objektu:

206,7 m²

Náklady na výstavbu:

4,8 mil.Kč

Měrná spotřeba tepla na vytápění:

do 15 kWh/m²rok



Izolační standart konstrukcí:

Součinitelé prostupu tepla U

izolace podlahy nad terénem.....polystyren 200 mm	0,175 W/m ² K	
obvodová stěna	240mm plynosilikát+ minerální vlna 240mm ..0,111 W/m ² K	
Izolace střechy minerální vlna ..	400mm	0,110 W/m ² K
Okenní konstrukce	izolační sklo s folií HEAT MIRROR	0,6 W/m ² K
Prosklení skleníku	izolační dvojsklo	1,2 W/m ² K

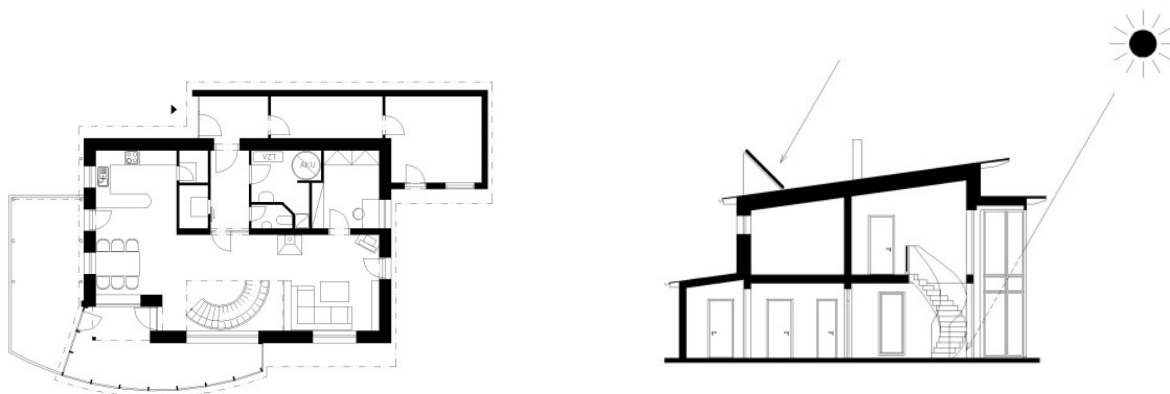
Architektonická a energetická koncepce

Při návrhu stavby byly uplatněny tyto základní principy pasivní výstavby:

- -orientace, rozvržení hmot a vnitřní dispozice stavby navržena pro maximální pasivní využití solární energie s ohledem na vysoký uživatelský komfort.
- -velmi izolační kompaktní plášť domu s redukcí tepelných mostů
- -použití speciálních izolačních skel
- -maximální těsnost pláště
- -použití řízeného větrání s rekuperací a s ohřevem vzduchu pro vytápění
- -použití zemního výměníku
- -využití solární energie pro ohřev teplé vody a přitápění
- -doplňkové vytápění krbem na dřevo
- -využití dešťové vody

Použité pasivní prvky

Objekt je dispozičně řešen a orientován na maximální využití sluneční energie a je velmi dobře tepelně izolován, tepelné mosty jsou maximálně redukovány. Akumulační jádro objektu je tvořeno jak z obvodových a vnitřních zdí tak z akumulací betonové podlahy a betonového stropu. Na okenní otvory je použito vysoce izolačního skla o $U=0,6$. Použitý přísazený skleník snižuje tepelné ztráty domu.



Použité aktivní prvky

Jsou použity tři aktivní systémy – větrací rekuperační jednotka, sluneční kolektory, využití tepla skleníku

Rekuperační jednotka je umístěna v technické místnosti v přízemí. Zajišťuje větrání objektu a současně vytápění objektu teplým vzduchem pomocí teplovodního výměníku, který je napojený na akumulaci nádrž. Vývody teplého vzduchu jsou v podlahách pod okny.

Jednotka může dle potřeby využívat zemního výměníku, který v letním období slouží ke chlazení a v zimě na předehřev čerstvého vzduchu.

Teplovodní sluneční kolektory jsou umístěny na střeše objektu a jsou napojeny na akumulaci nádrž. Plocha kolektorů je 10m², slouží tedy i pro částečné přitápění, letní přebytky tepla jsou použity na přehřívání venkovního bazénu.

Přísazený skleník-zimní zahrada - je využíváno teplého vzduchu skleníku, který je, dle potřeby, jednoduchou vzduchotechnikou nuceně dopravován přímo do prostoru domu. Ovládání ventilátoru je tepelným čidlem. Vzhledem k dostatečně plošnému akumulaci jádru bylo vypuštěno ukládání do vnitřních částí hmotných konstrukcí. Skleník je dostatečně vyvětrán v letních měsících do venkovního prostoru a je v horní části krytý plnou částí - ta současně cloní vlastní objekt v letních měsících.

Teplá užitková voda je odebírána z akumulaci nádrže. Rozvody jsou minimalizovány. U mycího dřezu kuchyňské linky je použit malý ohřívač pod linkou.

Vytápění - zajišťují elektrické patrony v akumulaci nádrži. Přes teplovodní výměník větrací a rekuperační jednotky je ohříván vzduch, kterým je stavba vytápěna.

Doplňkové vytápění - objekt je možno v případě potřeby dotápět krbem na dřevo. Rozvody teplého vzduchu přímo od krbu nemusí být prováděny, stačí použití vnitřní cirkulace vzduchotechnickou jednotkou.

Stavebně konstrukční řešení

Obvodové zdivo je z plynosilikátových tvárnic o tl. 240 mm a s přidavnou kontaktní izolací z tvrdé minerální vaty o tl. 240 mm v jedné vrstvě. Na izolaci byla použita novinka firmy ROCKWOOL Fastrock L s kolmo orientovanými vlákny. Zdivo z plynosilikátových tvárnic bylo upřednostněno pro svoje dobré izolační vlastnosti včetně dobrého přerušení tepelného mostu od betonových základů.

Strop nad 1.NP je proveden jako železobetonový monolitický, který má výborné akumulční vlastnosti.

Pultová střecha je provedena z dřevěných úsporných nosníků tvaru I a z desek OSB. Tyto vazníky o výšce 400 mm umožňují svoji výškou vložení velké tloušťky izolace. Izolace je provedena z komprimované minerální vlny o celkové tloušťce 400 mm.

Použití systému využití dešťové vody

Je osazena kompaktní jednotka využívající dešťovou vodu, která má zabudovány veškeré technologie v nádstavbě nad akumulční nádrží, která je z plastu. Dešťová užitková voda je používána na splachování WC a pro praní.

Pasivní dům v Knínicích u Boskovic

Užitná plocha objektu:

140 m²

Náklady na výstavbu:

1,8 mil.Kč- svépomocí

Měrná spotřeba tepla na vytápění

12,5 kWh/m² rok



Izolační standart konstrukcí:

izolace podlahy nad terénem....polystyren.....200mm

obvodová stěna.....290mm zdivo z plných cihel+ minerální vlna...350mm

Izolace střechy.....minerální vlna.....400mm

Okenní konstrukce.....izolační sklo s folií HEAT MIRROR

Architektonická a energetická koncepce

Důsledně pasivní dům. Akumulační zeď z plných cihel o tl. 30 cm s vnější izolací z 35 cm minerální plsti s dřevěným obkladem. Příhradové vazníky bez vnitřních podpor umožňující uvolnit půdorys a vložit silnou vrstvu izolace o tl 40 cm. Pultová extenzivní zelená střecha.

Jižní prosklená fasáda izolačními skly U=0,7 s folií HEAT MIRROR V jižní stěně použito dvou teplovzdušných kolektorů. Řízené větrání s rekuperací a zemním kolektorem. Doplňkové vytápění s výměníkem.

Použité aktivní prvky

Je použito čtyř aktivních systémů -větrací rekuperační jednotka s použitím zemního kolektoru, teplovzdušné kolektory ve fasádě, teplovodní kolektory na střeše, teplovodní výměník v krbových kamnech.

Rekuperační jednotka je umístěna ve stropu chodby. Větrací rekuperační jednotka je s ohřevem vzduchu přes teplovodní výměník napojený na akumulaci nádrž. Rozvod teplého vzduchu je horními výdechy ve stěnách. Je použito dvou nádrží s provázáním na sluneční kolektory a teplovodní výměník z krbových kamen. Jednotka může dle potřeby využívat zemního výměníku.

Teplovzdušné kolektory jsou řešeny s ukládáním tepla do akumulaci podlahy pomocí systému kanálků. Kolektory jsou s nucenou ventilací a se spínáním v závislosti na teplotě. Plocha kolektorů je celkem 18m²

Teplovodní sluneční kolektory jsou umístěny na střeše objektu a jsou napojeny na akumulaci nádrž. Plocha kolektorů je 6m², slouží tedy i pro částečné přitápění.

Doplňkové vytápění je pomocí krbových kamen se zabudovaným výměníkem, kterým je možno v zimním období vytápět akumulaci nádrž.

Teplá užitková voda je odebírána z druhého stupně akumulaci nádrže.

V další etapě bude vybudována kořenová čistírna odpadní vody.

Závěr

Všeobecné znalosti veřejnosti o NED a PD v poslední době se značně rozšiřují, díky i mnoha realizacím u nás a v zahraničí. Nízkoenergetická výstavba se tak postupně stává běžnou formou výstavby.