

Pasivní domy 2008



Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována z dotací Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2008 – část A – Program EFEKT



Název

Pasivní domy 2008

Vydavatel



Údolní 33, 602 00 Brno
info@pasivnidomy.cz
www.pasivnidomy.cz
t +420 511 111 810

Editor publikace

Jan Bárta, Juraj Hazucha

Překlad

Ing. Alena Povolná, Rosice u Brna
BOKS s.r.o., Česká 76, 664 31 Lelekovice

Titulní strana

Alžběta Hanzlová

Vydání

první, 2008

Text publikace neprošel redakční ani jazykovou úpravou.

Kopírování jednotlivých příspěvků je možné jen se souhlasem autorů.

ISBN 978-80-254-2848-1

Obsah

1. Obecně o pasivních domech

Hana Urbášková

Kvalita pasivního domu 10

Andrea Berndgen-Kaiser

Passivhäuser in Nordrhein-Westfalen, BRD – Evaluierung der Bauweise und Materialien, des Energieverbrauchs und der Bewohnerzufriedenheit 17

Pasivní domy v Severním Porýní-Vestfálsku, SRN – Evaluace technologie výstavby a použitých materiálů, energetické spotřeby a celkové spokojenosti uživatelů těchto domů 23

Martin Růžička

Stavba pasivní dřevostavby, zkušenosti z praxe 29

Martin Zizka

Passivhaus hautnah erleben – gesammelte Erfahrungen von 1.111 Personen welche Passivhäuser getestet haben 36

Pasivní dům na vlastní kůži – sebrané zkušenosti 1.111 osob, které si pasivní domy vyzkoušely 40

Josef Chybík

Průzkum subjektivního hodnocení mikroklimatu pasivního domu 44

František Macholda

Vliv lidského faktoru na energetickou náročnost budov 51

Petr Morávek, Jan Tywoniak

Environmentální a energetické hodnocení dřevostaveb v pasivním standardu 54

Bjørn Kierulf

Ekologická výstavba EPD 62

Christian Steiner

soul001 – 3 Jahre Leben im Passivhaus 69

soul001 – 3 roky života v pasivním domě 72

Ernst Michael Jordan

Über die Wirtschaftlichkeit von Passivhäusern 75

Pasivní domy z hlediska hospodárnosti 77

2. Architektonická a technická řešení pasivních domů

Patricie Taftova

Wohnhausanlage Schellenseegasse, Wien 80

Bytový dům Schellenseegasse, Vídeň 86

Jan Růžička, Radek Začal	
Nízkoenergetický rodinný dům v Roztokách u Prahy – praktické zkušenosti z realizace dřevostavby, porovnání s návrhem	92
Michael Graf	
Architektonischer und technischer Minimalismus – ein best-practise Beispiel eines Einfamilienpassivhauses	98
Architektonický a technický minimalismus – ukázkový příklad pasivního rodinného domu	104
Peter Jackanin, Eugen Nagy	
Do akej miery môže byť pasívny dom zároveň aj udržateľnou stavbou?	110
Aleš Brotánek, Stanislav Paleček	
Difuzně otevřené skladby pasivních dřevostaveb a jejich kontrola nejen Blower-door testem	117
Jan Řežáb	
JRD – realizace nízkoenergetických a pasivních bytových domů 2008	128
Martin Krč	
Pasivní dům v Letovicích II	135
Pavel Rydlo	
Energeticky úsporný rodinný dům „Pod Strání“ – komplexní využití grafitových izolantů EPS	137
3. Rekonstrukce podle zásad konceptu pasivního domu	
Jürgen Wurdinger	
Umbau und Sanierung Kindertagesstätten Straße Usti-nad-Labem 47und 49 des Kinder-, Jugend- und Familienhilfe e.V Chemnitz	140
Dostavba a sance školky na pasivní standard v Chemnitz	144
Barbara Wörndle, Oscar Stuffer	
Grenzen und Chancen der Sanierung: Faktor 10	148
Hranice a šance rekonstrukcí: Faktor 10	153
Aleš Brotánek, Karel Srdečný	
Návrh pasivace rekonstrukce financované z veřejných rozpočtů – problémy při motivaci politiků, řešení návrhu, financování i auditu	158
Jan Norrmann	
Von der Idee bis zur Mieterbroschüre: Passivhausmodernisierung Röttgerstraße in Hannover	165
Od nápadu k brožuře pro nájemníky: modernizace formou pasivního domu, Röttgerstraße v Hannoveru	171
Elokhov Alexander, Thomas Knecht	
Passivhaus Ratmirovo in Moskau	177

Pasivní dům Ratmirovo v Moskevské oblasti	183
Monika Burger, Thomas Knecht	
Faktor 10 Modernisierung – Neuschwansteinblick	190
Modernizace s faktorem 10 – Neuschwansteinblick	195
Werner Haase	
Ganzheitliche und energetische Sanierung des Bürogebäudes Werner-von-Siemens-Straße 41-43 in Erlangen mit Passivhauskomponenten	199
Komplexní a energetická sanace kancelářského objektu ve městě Erlangen, Werner-von-Siemens-Straße 41-43, s využitím prvků pasivních domů	205
Tamás Csoknyai, Andreas Hermelink	
SOLANOVA – Meilenstein für die energetische Sanierung des osteuropäischen Plattenbaubestandes mit Passivhausphilosophie	211
SOLANOVA – milník na cestě energetické sanace panelových domů ve východní Evropě v duchu filozofie pasivních domů	213
4. Pasivní stavby občanského vybavení	
Ursula Schneider, Gregor Rauhs	
energy BASE – Passivbürogebäude mit Schwerpunkt erneuerbare Energien und Nutzerkomfort	216
energy BASE – pasivní administrativní budova s důrazem na obnovitelné energie a uživatelský komfort	222
Ernst Michael Jordan	
B ² – das Null.Energie.Büro	228
B ² – das Null.Energie.Büro: kancelář s nulovou spotřebou energie	234
Aleš Brotánek	
Pasivní mateřská školka ve Slivenci	240
Ludwig Rongen	
ZUKUNFTSWEISENDER STÄDTEBAU am Beispiel "Wohnquartier Obertor" in Schmalkalden (Thüringen/Germany), CARITAS-HAUS Neuwerk – Erfahrungsbericht aus dem ersten Altenpflegezentrum im Passivhausstandard in Europa	245
PERSPEKTIVNÍ URBANISMUS na příkladu obytné čtvrti Obertor ve městě Schmalkalden (Durynsko, Německo), CHARITNÍ DŮM v Neuwerku – zpráva o zkušenostech z prvního evropského domova pro seniory ve standardu pasivního domu	254
Kateřina Mertenová	
Ukázky pasivního stavění v Horním Rakousku	262
Johannes Kislinger	
Gute Luft macht Schule. Macht die Passivhaussanierung Schule?	264
Dobrý vzduch dělá školu – dělá školu i rekonstrukce na pasivní standard?	266

5. Inovativní výrobky a technická řešení

Reinhard Weiss

Vergleichende Untersuchung verschiedener Strategien zur Optimierung der Raumlufffeuchte	270
Srovnávací studie různých strategií pro optimalizaci vlhkosti v interiéru	276

Eberhard Paul

Beurteilungskriterien für die Qualität eines Wärmerückgewinnungsgerätes	282
Kriteria pro posuzování kvality jednotek s rekuperací tepla	288

Vajda József

Luftkollektor integriert in das Lüftungssystem der Passivhäuser	294
Vzduchový kolektor integrovaný do větracího systému pasivních domů	296

Kamil Staněk

Fotovoltaika pro PD Koberovy v souvislostech	298
--	-----

6. Výpočty, měření, statistiky

Jürgen Schnieders

Das Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) des PHI	306
Nástroj pro projektování pasivních domů (PHPP)	314

Jan Tywoniak

Metodika hodnocení rodinných domů s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění	322
--	-----

Jiří Novák

Možnosti praktického využití výpočtu potřeby tepla na vytápění	331
--	-----

Pavel Kopecký, Kamil Staněk, Jan Antonín

Přesvědčivost výsledků výpočtu potřeby tepla na vytápění pasivních domů	337
---	-----

Lorant Krajcsovics

Pasívny dom v klimatických podmienkach Slovenska	345
--	-----

Claus Kahlert

Ein rationaler Ansatz für die Definition des Passivhauses bei gewerblicher Nutzung	351
Racionální přístup k definici pasivního domu pro podnikání	357

Stanislav Karásek

Specializace, jako prostředek eliminace chyb v návrhu a realizaci pasivních domů	363
---	-----

Roman Šubrt, Pavlína Zvánovcová

Lineární tepelné mosty	365
------------------------	-----

Miloš Kalousek

Eliminace tepelného mostu ve styku vnitřní stěny s podlahou na terénu	367
---	-----

Miloš Kalousek, Lukáš Hejný

Lineární činitel prostupu tepla připojovací spáry okenních výplní 373

Andreas Hermelink

Lebenszykluskostenanalyse unter Berücksichtigung externer Kosten für
Herstellung und Betrieb: Passivhaus kontra Niedrigenergiehaus 375

Analýza nákladů v životním cyklu pasivního a nízkoenergetického domu z pohledu
externích nákladů na jejich pořízení a provoz 377

Martin Jindrák

Vnitřní prostředí EPD - zkušenosti z čtyřletého provozu 379

Pasivní domy 2008

1. Obecně o pasivních domech

Hana Urbášková

Kvalita pasivního domu 10

Andrea Berndgen-Kaiser

Passivhäuser in Nordrhein-Westfalen, BRD – Evaluierung der Bauweise und Materialien, des Energieverbrauchs und der Bewohnerzufriedenheit 17

Pasivní domy v Severním Porýní-Vestfálsku, SRN – Evaluace technologie výstavby a použitých materiálů, energetické spotřeby a celkové spokojenosti uživatelů těchto domů 23

Martin Růžička

Stavba pasivní dřevostavby, zkušenosti z praxe 29

Martin Zizka

Passivhaus hautnah erleben – gesammelte Erfahrungen von 1.111 Personen welche Passivhäuser getestet haben 36

Pasivní dům na vlastní kůži – sebrané zkušenosti 1.111 osob, které si pasivní domy vyzkoušely 40

Josef Chybík

Průzkum subjektivního hodnocení mikroklimatu pasivního domu 44

František Macholda

Vliv lidského faktoru na energetickou náročnost budov 51

Petr Morávek, Jan Tywoniak

Environmentální a energetické hodnocení dřevostaveb v pasivním standardu 54

Bjørn Kierulf

Ekologická výstavba EPD 62

Christian Steiner

soul001 – 3 Jahre Leben im Passivhaus 69

soul001 – 3 roky života v pasivním domě 72

Ernst Michael Jordan

Über die Wirtschaftlichkeit von Passivhäusern 75

Pasivní domy z hlediska hospodárnosti 77

Kvalita pasivního domu

doc. Ing. arch. Hana Urbášková, Ph.D., FA VUT v Brně

Poříčí 5, 630 00 Brno

tel: 604 229 540, e-mail: urbaskova@fa.vutbr.cz

1. Úvod

Velmi často se setkávám s otázkou, co stále řešíme na seminářích o pasivních domech, protože pasivní dům je již vyřešen a v zahraničí se zcela běžně staví. Pravdou je, že v zahraničí začali s výstavbou nízkoenergetických domů již v devadesátých letech, ale přesto se jejich ekologické, technické a energetické aspekty stále vyvíjí. Zlepšují se samotné stavební konstrukce, systém zateplení, vytápění, větrání, vznikají nové stavební materiály a technologické systémy jsou stále více propracovanější. Postupně se dospělo k domům, které nespotřebují téměř žádnou energii.

Výše uvedená otázka svědčí o tom, že v České republice je prozatím situace jiná. Laická i odborná veřejnost je málo informovaná a většina stavebníků a bohužel i stavebních firem se domnívá, že vytvoření pasivního domu spočívá jen v použití větších tloušťek tepelné izolace. Tento omyl vede k řadě špatně postavených drahých domů, které neplní funkci pasivního domu a odrazují tak často ostatní stavebníky od „netradičního“ řešení. Abychom předešli těmto i jiným chybám při výstavbě, musíme být připraveni k diskusi na toto téma, o kterém se domníváme, že ho chápeme, že mu rozumíme, ale čím blíže se tomuto tématu blížíme, tím víc zjišťujeme, že neexistují univerzální řešení. Každá stavba pasivního domu je svým způsobem experimentální, odlišuje se od ostatních pasivních staveb o řadu individuálních výkonů a vyžaduje individuální řešení.

Návrh pasivního domu je ovlivněn stavebním pozemkem a jeho orientací vůči světovým stranám. Klimatické a topografické podmínky lokality, ovlivňují osazení objektu do terénu, tvar budovy, její objem, velikost povrchu, velikost ochlazovaných ploch obvodového pláště a mají vliv na snížení energetické náročnosti domu. Obecně lze říci, že úspory energetické lze jednoduše získat již správným urbanistickým a architektonickým řešením, využívající pasivní sluneční energii.

V současné době jsou pro výstavbu domů s minimálním nárokem na vytápění velmi oblíbené stavby ze dřeva se suchou technologií výstavby. Ve svém příspěvku vycházím z předpokladu, že čtenář je obeznámen se zásadami navrhování pasivních dřevostaveb a chtěla bych upozornit na časté chyby při výstavbě. Na tyto chyby chci upozornit i přesto, že existuje celá řada pozitivních příkladů, které však nelze jednoduše přejímat. Pasivní stavba je vždy individuální, kde vše souvisí se vším a i malé rozdíly a chyby v řešení, mohou ve výsledku způsobit velké problémy. Abychom se nedopustili případných chyb, je zapotřebí o výskytu možných chyb vědět. Letos jsem dokončila realizaci dřevostavby v pasivním standardu, a proto bych se chtěla podělit o zkušenosti, kterých chyb a vad jsem se musela vyvarovat a na fotografiích ukázat způsob řešení, který jsem použila u svého domu (poznámka: údaje o stavbě jsou

zveřejněny ve sborníku konference Pasivní domy 2007 a ve sborníku konference Zdravé domy 2007).

2. Chyby a vady při výstavbě pasivní dřevostavby

2.1. Tepelná izolace

Obecně je známo, že veškeré stavební konstrukce (obvodové stěny, střecha, podlaha nad terénem atd.) musí být navrženy s ohledem na vysokou tepelnou ochranu s dosaženým součinitelem prostupu tepla konstrukce $U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Málo stavebníků i projektantů se však zabývá výpočtem bilance zkondenzované páry, aby nedošlo ke kondenzaci páry uvnitř konstrukce. Pozornost je potřeba věnovat také výběru materiálu tepelné izolace a skladbě jednotlivých vrstev. Správně vyřešená difúzně otevřená konstrukce musí mít jednotlivé vrstvy sendviče řešeny tak, aby difúzní odpor jednotlivých vrstev sendviče směrem ven klesal a současně aby jejich tepelně izolační schopnost byla směrem ven co nejvyšší.

U difúzně otevřených stěn, kde je používána jako parozábrana OSB deska je nutno při výběru OSB desky přihlížet k jejímu koeficientu difúzního odporu páry μ . Při montáži je zapotřebí spoje OSB desky s pérodřážkou tmelit butylkaučukovým tmelem a přelepit páskami, které zajistí konstrukci i potřebnou vzduchotěsnost.

Často se setkáváme s řešením, kdy je tepelná izolace vkládána mezi dvě OSB desky a v nejhorším případě je fasáda tvořena polystyrenem s omítkovinou. Taková stěna nemůže dýchat a vztlínající vlhko nebo difúzní pára způsobuje snížení vnitřní povrchové teploty konstrukce podporující vznik plísní, výskyt biologických škůdců a růst dřevokazných hub, čímž poškozuje dřevěnou konstrukci a může způsobit její degradaci. Zvýšená vlhkost materiálu způsobuje také objemové změny dřevěné konstrukce a zvýšení její hmotnosti snižuje její statickou únosnost a životnost. Důležitou součástí kvalitní tepelné izolace obvodového pláště a zejména střech je kvalitní provedení difúzní folie, která zamezuje pronikání chladného větru do tepelné izolace a chrání ji před případným zatékáním srážkových vod. Důležité je, aby nedošlo k záměně horního a spodního líce folie při jejím pokládání.



Obr. 1 Tepelná izolace spodní stavby a základů, do nezámrazné hloubky 1m z extrudovaného polystyrenu, který je odolný proti zemní vlhkosti.

Obr. 2 Detail přichycení venkovní difúzní folie střešní izolace k dřevěné konstrukci obvodového pláště.

Obr. 3 Pečlivě provedená izolace obvodové stěny tl. 35 cm. Skladba interiér-exteriér: 5 cm mezi OSB deskou-parobrzdou a sádkartonelem + 14 cm mezi nosnými sloupky + 16 cm v předsazené konstrukci.

2.2. Tepelné mosty

Významnou roli při zateplení domu hraje kvalita provedené práce. Sebevětší tloušťka tepelné izolace ztrácí smysl, pokud je provedena ledabyle a mezi izolací a nosnými konstrukcemi vzniknou vzduchové mezery, které vytváří tepelné mosty. Do těchto spár se dostává při nedokonalém a netěsném provedení parozábrany vlhký vzduch z interiéru. Tepelné mosty vznikají i při nedokonalém řešení prostupů komínových těles, větrání kanalizačního potrubí a prostupů elektroinstalace. Je zapotřebí prostupy omezit na nezbytně nutné, dokonale je utěsnit a u elektroinstalace použít vzduchotěsné krabice.

Porovnáme-li součinitel prostupu tepla $U = 0,7 - 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ okna zaskleného troj-sklem s obvodovou zdí, kde součinitel prostupu tepla U je menší než $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, musíme si přiznat, že oknem uniká velké množství energie. Proto je zapotřebí věnovat oknům při návrhu pasivního domu velkou pozornost. Kromě součinitele prostupu tepla (U) sledujeme také celkovou propustnost solárního záření skla (g) a světelnou prostupnost zasklení (τ_s).



Obr. 4 Okna s trojitým převážně pevným zasklením. Podhled stropu vyplněný tepenou izolací.

Obr. 5 Netěsnosti ve stavební konstrukci musí být ošetřeny vhodnými těsnícími páskami.

Obr. 6 Montáž integrovaného systému teplovzdušného vytápění a řízeného větrání s rekuperací tepla.

Při správném plánování můžeme využít sluneční zisky, které tepelné ztráty domu výrazně snižují a přispívají ke zlepšení energetické bilance budovy a ke snižování nákladů na vytápění. Proti přehřívání je zapotřebí okna v létě opatřit zastíněním. Okna s účinnou tepelnou izolací nejsou zbytečným komfortem, ale stávají se nezbytností. Výběru firmy, která bude okna vyrábět a provádět jejich montáž je zapotřebí věnovat patřičnou pozornost a zajistit při jejich montáži technický dozor, aby se zabránilo nesprávnému osazení a tím vzniku tepelných mostů a netěsnosti.

Tepelným mostům je zapotřebí se vyvarovat i při řešení venkovních konstrukcí jako jsou balkóny, pergoly a podobně. Přerušení tepelného mostu dosahujeme buď použitím konstrukčních prvků SCHÖCK nebo řešením konstrukcí odděleně od konstrukce domu. Zamezení vzniku tepelného mostu je také potřebné u styku obvodové stěny se základovým pasem, který je proto opatřen tepelnou izolací odolnou proti zemní vlhkosti (extrudovaný polystyren) do nezámrazné hloubky cca 1 m. Stejně důležité je, i z hlediska povrchových teplot a rizika výskytu plísní, řešení detailu napojení obvodové stěny stavby ze dřeva na železobetonovou stropní desku, která musí být po obvodu opatřena tepelnou izolací.



Obr. 7 Konstrukce konzoly s přerušným tepelným mostem systémem Schöck.

Obr. 8 Konstrukce ochozu je řešena samostatnou konstrukcí s nosníky s přerušným tepelným mostem.

Obr. 9 Detail konzoly po zateplení a detail stykové spáry mezi spodní stavbou a obvodovou stěnou dřevostavby.

2.3. Provětrávání konstrukce

Dřevo je organická hmota a jako taková musí dýchat. Proto nezbytnou součástí dřevostaveb je zajištění odvětrání obvodových stěn a střešního pláště. Ty jsou řešeny jako difúzně otevřené a pomocí samočinně proudícího vzduchu je veškerá vlhkost z konstrukce odváděna ven a tím zajišťován její suchý stav. U obvodových stěn je tento problém vyřešen odvětranými fasádními systémy.



Obr. 10 Difúzně otevřená obvodová stěna s odvětrávanou dřevěnou fasádou. Detail okna.

Obr. 11 Dvouplášťová střecha je odvětrávána vzduchovou mezerou 10 cm a 2 větracími hlavicemi Lomanky.

Obr. 12 Příčky z nepálených cihel a hliněné omítky udržují stálé tepelně vlhkostní mikroklima.

U střech je možné odvětrávání zajistit pomocí dvouplášťové střechy se vzduchovou mezerou. Při dnešních střechách s nízkým sklonem do 10 stupňů je zapotřebí tuto vzduchovou mezeru správně nadimenzovat, včetně nasávacích a odváděcích otvorů, aby fungoval tzv. komínový efekt. Tato skutečnost je velmi často podceňována. Vzduchová mezeru o výšce 3 cm s nasávacími a odváděcími otvory opatřenými sítíčkou proti hmyzu a ptákům, která snižuje účinnost až o 50 % je zcela nevyhovující. Odvětrávací mezeru musí odvádět nahromaděné teplo ve střeše ze slunečního záření, odvádět kondenzační vody tvořící se na rubové straně krytiny, odvádět proniklou vlhkost z vnitřních místností a v našich podmínkách také zajistit rovnoměrné odtávání sněhu. Nesprávná dimenze větrané vzduchové mezery a dimenze nasávacích a odváděcích otvorů bývá hlavní příčinou vzniku kondenzace. Problém nárazové ranní kondenzace na spodním líci horního střešního pláště dvouplášťové střechy vyřešíme

u hydroizolačních pásů nebo hydroizolačních fólií zateplením horního pláště. Pro zlepšení odvětrávání střechy můžeme použít větrací hlavice Lomanko.

3. Zajištění a ověření kvality stavby

Snížení energetické náročnosti se docílí co nejvyšší termickou kvalitou budovy. Budova působí jako termální zásobník, který nesmí ztrácet teplo. Proto je nutné zajistit nejen účinnou tepelnou izolaci budovy, ale a její vysokou vzduchotěsnost, aby nedocházelo k úniku tepla z budovy a zároveň do ní v zimě nepronikal za větrného počasí chladný vzduch. Netěsnosti ve stavební konstrukci významně ovlivňují nejen tepelné ztráty, ale i povrchové teploty, vlhkostní režim skladeb a vzduchovou neprůvzdušnost. Aby bylo zajištěno v takové vzduchotěsné budově zdravé vnitřní prostředí je nutné v ní instalovat účinný systém větrání. Nejvhodnější je použít integrovaný systém teplovzdušného vytápění a řízeného větrání s rekuperací tepla, který nejen významně ovlivňuje kvalitu vnitřního prostředí, snižuje skutečné tepelné ztráty objektu, ale také významně přispívá k ochraně dřevěných konstrukcí proti biologickým škůdcům.

Ověření kvality vzduchotěsnosti objektu se provádí pomocí Blower door testu (zkouška průvzdušnosti). Test se provádí před zakrytím vzduchotěsných vrstev, aby se odhalené vady daly opravit. Ke kvantifikaci průtoků netěsnostmi se používá mikroanemometr a pomocí stavební termografie se hledají skryté vady v těsnosti. Hodnota průvzdušnosti obálky budovy by neměla být větší než $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$. To znamená, že ventilátorem nainstalovaným místo dveří může protékat nejvýše 0,6 objemu budovy za hodinu při podtlaku 50 Pa uvnitř domu. Pro kontrolu kvality celého díla se po dokončení stavby provádí ještě jednou měření.



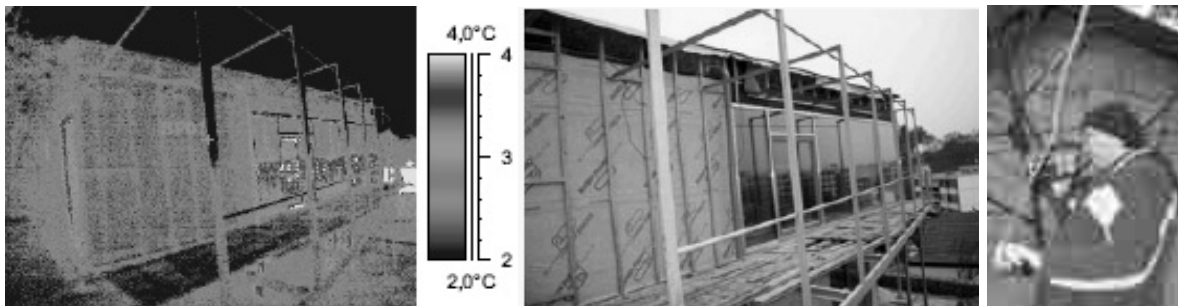
Obr. 13 Instalace zařízení ve vstupních dveřích pro Blower door test.

Obr. 14 Pečlivě provedené těsnění kolem oken pro zajištění potřebné vzduchotěsnosti. Spoje OSB desky s pérodrazkou (parobrzdá) jsou zatmeleny butylkaučukovým tmelem a přelepeny páskami.

Obr. 15 Naměřená netěsnost okenní spáry.

Ověření kvality tepelné ochrany budovy se provádí pomocí stavební termografie. Pomocí infrakamery (termovize) lze měřit povrchové teploty uvnitř i vně budovy a tím lokalizovat výskyt tepelných mostů a řešit jejich opravu. Pro správné změření objektu jsou velmi důležité klimatické podmínky během kterých se měření provádí a vlastní příprava měření. Termografické měření je nutné provádět v zimním období, většinou v ranních hodinách bez vlivu slunečního záření, a to po dobu 12 hodin před začát-

kem měření. Dalším důležitým faktorem je zajištění minimálního teplotního rozdílu mezi exteriérem a interiérem 10 K lépe 20K a to po dobu 24 hodin před měřením.



Obr. 16, obr. 17, obr.18 Termografické měření vnějších povrchů jižního nedokončeného obvodového pláště budovy. Výplně otvorů, i když jsou z velmi kvalitních oken s trojskly ($U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$), vykazují oproti obvodové stěně ($U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$) větší únik tepla.

Jedním z hlavních ukazatelů kvality pasivní dřevostavby je zajištění kvalitního zdravé vnitřního prostředí pro uživatele domu. Velký důraz je kladen na výběr nejvhodnějších materiálů a to nejen pro samotnou konstrukci stavby, ale i pro jednotlivé komponenty. Dřevo, jako ekologický stavební materiál, je velmi vhodné pro výstavbu pasivních domů. Pro zlepšení akumulčních schopností dřevostavby je možné použít v interiéru domu nepálenou hlínu (akumulační stěny, příčky, výplňové zdivo, omítky), která pro svoji akumulční schopnost a schopnost udržet konstantní vlhkost napomáhá udržovat v domě ideální mikroklima.

Nezbytnou podmínkou pro zaručení kvality domu je aktivní spolupráce projektanta, investora, stavebního dozoru a prováděcích firem. Pasivní dům bude fungovat pouze tehdy, pokud bude komplexně a odborně zpracovaný nejen návrh domu, ale i odborně provedena samotná stavba. Architekt by měl již v první fázi návrhu přizvat ke spolupráci také tepelného technika, stavebního fyzika a statika, aby spolu mohli zkoordinovat rozdílné požadavky svých profesí. V další fázi doporučuji vzájemnou spolupráci projektanta s prováděcí firmou, aby se před zahájením stavby vyjasnila proveditelnost stavebních detailů, předešlo se tak vzniku tepelných mostů a zajistila se vzduchotěsnost (1).



Obr. 19 Konstrukce dřevostavby, technologie Bova-nail.

Obr. 20, obr 21 Jižní obvodová stěna má velkou prosklenou plochu pro zachycení maxima slunečního záření. Pro letní zclonění slouží žaluzie a popínává zeleň.

4. Literatura

- (1) Urbášková, H.: Výstavba dřevostavby v pasivním standardu, In: Sborník konference „Zdravé domy 2007“, VUT FA Brno 2007, ISBN 978-80-214-3360-1

Abstrakt – Qualität des Passivhauses

Für den Bau von Häusern mit minimalen Heizungsansprüchen sind derzeit die mit trockener Bautechnologie gebauten Holzhäuser sehr populär geworden. Ich gehe in meinem Beitrag von der Voraussetzung aus, dass der Leser mit den Entwurfsprinzipien der Passivholzbauten vertraut ist. Daher möchte ich bloss auf die Fehler aufmerksam machen, die bei dieser Bauweise oft vorkommen. Ich mache auf diese Fehler aufmerksam, da es zwar zahlreiche positive Beispiele gibt, man kann sie allerdings nicht so einfach übernehmen. Das Passivhaus ist immer einzigartig, wo alles mit allem zusammenhängt und wo auch geringe Gestaltungsunterschiede und –fehler im Endeffekt grosse Probleme verursachen können. Um allfällige Fehler zu vermeiden, muss man von ihnen wissen.

Ich habe selbst in diesem Jahr ein Holzhaus im Passivstandard fertiggebaut und möchte daher meine Erfahrungen teilen, indem ich insbesondere auf die potenziellen Fehler hinweise, denen ich als Projektantin, technische Aufsicht sowie Bauherrin in einer Person hätte begegnen können. Anhand von Photographien will ich die Gestaltungsweise meines Hauses vorführen (Anmerkung: die Angaben zum Bau sind im Sammelband zu der Konferenz Passivhäuser 2007 und im Sammelband Gesunde Häuser 2007 veröffentlicht worden).

Abschliessend muss ich feststellen, dass ein aktives Zusammenwirken zwischen dem Projektanten, Bauherrn, Bauaufseher und den ausführenden Baufirmen die erforderliche Bedingung für die Qualität des jeweiligen Hauses ist, weil das Passivhaus nur unter der Voraussetzung gut funktionieren kann, wenn nicht nur der Hausentwurf komplex und fachgemäss erarbeitet ist, sondern auch wenn der Bauablauf fachgemäss sichergestellt wird.

Vor der Fertigstellung empfehle ich, Folgendes vorzunehmen:

- die Qualität der Luftdichtheit zu überprüfen,
- die Qualität des Wärmeschutzes zu überprüfen.

Die Überprüfung der Luftdichtheit der Bauanlage wird mit Hilfe des Blow door-Tests (Prüfung der Luftdurchgängigkeit) vor der Verdeckung der Luftdichtschichten durchgeführt, damit die entdeckten Fehler beseitigt werden können.

Die Überprüfung der Wärmeschutzqualität der Bauanlage wird mit Hilfe der Bau-thermographie durchgeführt. Die Oberflächentemperaturen des Gebäudes werden mit der Infrakamera (Thermovision) gemessen. Damit kann man allfällige Vorkommen von Wärmebrücken lokalisieren.

Passivhäuser in Nordrhein-Westfalen, BRD

Evaluierung der Bauweise und Materialien, des Energieverbrauchs und der Bewohnerzufriedenheit

Dipl. Ing. Architektin Andrea Berndgen-Kaiser,
ILS (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH)
Karmeliterstraße 6, 520 64 Aachen
Tel.: 0049/241/409945-17, e-mail: Andrea.Berndgen-Kaiser@ils.nrw.de

1. Auswertung der Datenbank zu geförderten Passivhäusern in NRW

Das Land Nordrhein-Westfalen (NRW) fördert seit 1999 den Bau von Passivhäusern und nimmt in diesem Bereich zweifellos eine Vorreiterrolle in Deutschland ein. Das ILS hat als Ressortforschungseinrichtung des nordrhein-westfälischen Bauministeriums bis zum Regierungswechsel in NRW, bei dem die Förderung zum Wirtschaftsministerium wechselte, die Förderung durchgeführt und legt mit der vorliegenden Studie eine umfangreiche Evaluierung der Ergebnisse vor.

Den ersten Teil der Untersuchung bildet eine Auswertung von Haustypen, Baukonstruktion, Baustoffen und Bauwerkskosten von über 220 Projekten, deren Daten nach Baufertigstellung und Erstellung der Verwendungsnachweise (zum Erhalt der Fördermittel) in einer Access-Datenbank erfasst worden sind.

Insgesamt wurden in dem untersuchten Zeitraum (bis 2005) 1070 Wohneinheiten mit 700 WE im Passivhausstandard gefördert. Die Förderung wird als Zuschuss gewährt. Sowohl Förderbedingungen als auch Förderhöhen werden jährlich angepasst. In den ersten Jahren wurde die Förderhöhe in Bezug zur wärmeübertragenden Umfassungsfläche eines Gebäudes, abhängig von der Gebäudekompaktheit, ermittelt. Seit 2004 erfolgt sie pauschal. Zurzeit beträgt die Förderung 3.500,- € pauschal pro Einfamilienhaus (alle Haustypen) und 2.200,- € pro Wohneinheit in einem Mehrfamilienhaus. Zudem wird die Lüftungsanlage mit 1.200,- € gefördert.

1.1. Bauweise und Baumaterialien

Mehr als die Hälfte der Wohneinheiten sind als Einfamilienhäuser errichtet worden, 27% als Reihenhäuser und nur 12% in Mehrfamilienhäusern. Insgesamt werden im Passivhausstandard eher Maßnahmen von Einzelbaufamilien realisiert, dies dokumentiert sich in fast allen Ergebnissen der Auswahl von Baustoffen und Bauteilen. Da Einzelbaufamilien, die ein Passivhaus errichten; dies meist aus ökologischer Überzeugung tun, fallen ihre Entscheidungen eher zugunsten ökologischer Alternativen aus. So wurden Passivhäuser überwiegend in Holzbauweisen errichtet, der Anteil liegt bei 59 % und damit weit über dem bundesdeutschen Durchschnitt von 13,2 % (Baugenehmigungen 1994 – 2001). Mit geringeren Bauwerkskosten lässt sich dieses Phänomen nicht erklären. Holzbauweisen stellten sich in der Untersuchung sowohl in Bezug zur Wohnfläche als auch in Bezug zum Volumen als die teureren Bauweisen

im Vergleich zu Massivbauweisen heraus. Wesentliche Pluspunkte dieser Bauweise liegen jedoch in den geringeren Konstruktionsdicken, da die Dämmung in den tragenden Konstruktionsteilen untergebracht werden kann und nicht additiv ergänzt werden muss und in den im Vergleich zur Massivbauweise sicherlich immer noch günstigeren Vorfertigungsbedingungen.

In den untersuchten Passivhäusern wurde als meist verwendeter Dämmstoff Zellulose eingesetzt, gefolgt von Mineralfasern und Polystyrol.

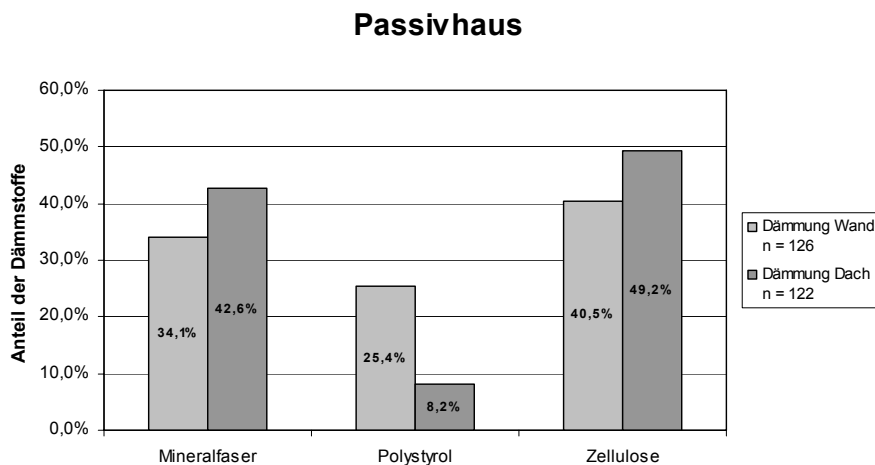


Abb. 1 Prozentuale Anteile der Verwendung von Dämmstoffen in Wand und Dach

Es wurden überwiegend gedämmte Holzfenster (52%) eingebaut, 33% Kunststofffenster und 15% Holz-Alu-Fenster. Der Kostenvergleich von Holz- und Kunststofffenstern zeigte überraschend einen Kostenvorteil für Holzfenster.

1.2. Baukosten und Förderung

Die Betrachtung der Förderhöhe im untersuchten Zeitraum zeigt eine prozentuale Förderung der Passivhäuser von im Mittel 4,26 % der Bauwerkskosten. Die passivhausbedingten Mehrkosten im Verhältnis zum gültigen Neubaustandard (EnEV) konnten leider nicht ermittelt werden, weil keine vergleichbaren Daten von Gebäuden im EnEV-Standard vorlagen. Hilfsweise wird eine Untersuchung des Passivhausinstituts herangezogen, die Mehrkosten von etwa 8 % der durchschnittlichen gesamten Baukosten ausweist. Das bedeutet, dass zum Untersuchungszeitraum über die Hälfte der Mehrkosten durch die Förderung in NRW aufgefangen wurde.

Die Kosten der passivhausrelevanten Bauteile wie Fenster, Dämmung, Lüftungsanlage wurden prozentual zu den Bauwerkskosten betrachtet. Dabei zeigte sich, dass für ein Einfamilienhaus im Passivhausstandard die Fenster das teuerste Bauteil sind mit durchschnittlich 9,6 % der Baukosten, die Dämmmaßnahmen 6,8 % und die Lüftungsanlagen 5,1 % der Baukosten ausmachten. Die Planungskosten lagen im Mittel bei 8,5 %.

Die folgende Tabelle zeigt die Bauwerkskosten pro m² Wohnfläche. Die Angaben stammen von den Baufamilien oder den Architekten und wurden nicht durch das ILS

NRW durch eigene Berechnungen aus den Bauunterlagen überprüft. Durch eine Plausibilitätsprüfung, das Nicht-Einbeziehen von „Ausreißerdaten“ sowie durch die vergleichsweise hohe Anzahl von Nennungen sind aber dennoch belastbare Aussagen zu den Kosten der Passivhausbauweise entstanden.

Haustypen	Anzahl Projekte	Bauwerkskosten/m ² Wohnfläche
Einfamilienhäuser	94	1.375,- €
Doppelhaushälften	11	1.390,- €
Reihenhäuser	7	1.280,- €
Mehrfamilienhäuser	7	1.250,- €

Abb. 2 Durchschnittliche abgerechnete Bauwerkskosten/m² Wohnfläche von Passivhäusern, n = 119 Projekte

Auffallend sind die hohen Bauwerkskosten der Doppelhaushälften, möglicherweise liegt der Grund hierfür in der Datengrundlage, denn der Auswertung konnten 94 Einfamilienhausprojekte, aber lediglich 11 Doppelhaushälften zugrunde gelegt werden, von denen einige sehr groß und aufwändig waren.

2. Auswertung der Befragung zu Energiedaten und Wohnzufriedenheit

Den zweiten Teil der Untersuchung bildet die Auswertung einer Bewohnerbefragung. Das ILS NRW hat eine Befragung zur energetischen Qualität bzw. zur Nutzerzufriedenheit von etwa 220 bis zum Untersuchungszeitpunkt geförderten Projekten durchgeführt, wobei ein Rücklauf von 150 Projekten erfolgte. Die Befragung wurde mittels zweier separat verschickter Fragebögen durchgeführt und kann entsprechend in zwei Teile unterteilt werden.

2.1. Energieverbräuche

Nur 59 % der geförderten Projekte halten den Primärenergiegrenzwert von 120 kWh/(m²a) ein. Der gemittelte Wert aller untersuchten Häuser befindet sich jedoch mit 118,2 kWh/(m²a) unter der geforderten Obergrenze und kann somit als gutes Ergebnis gewertet werden. (Der Primärenergiekennwert, der sämtliche Energien inklusive des Haushaltsstroms beinhaltet -und nicht der Heizenergiekennwert- wurde hier als Bezugsgröße gewählt, weil der Heizenergiebedarf teilweise nicht getrennt vom Bedarf zur Warmwasserbereitung erfasst werden konnte.)

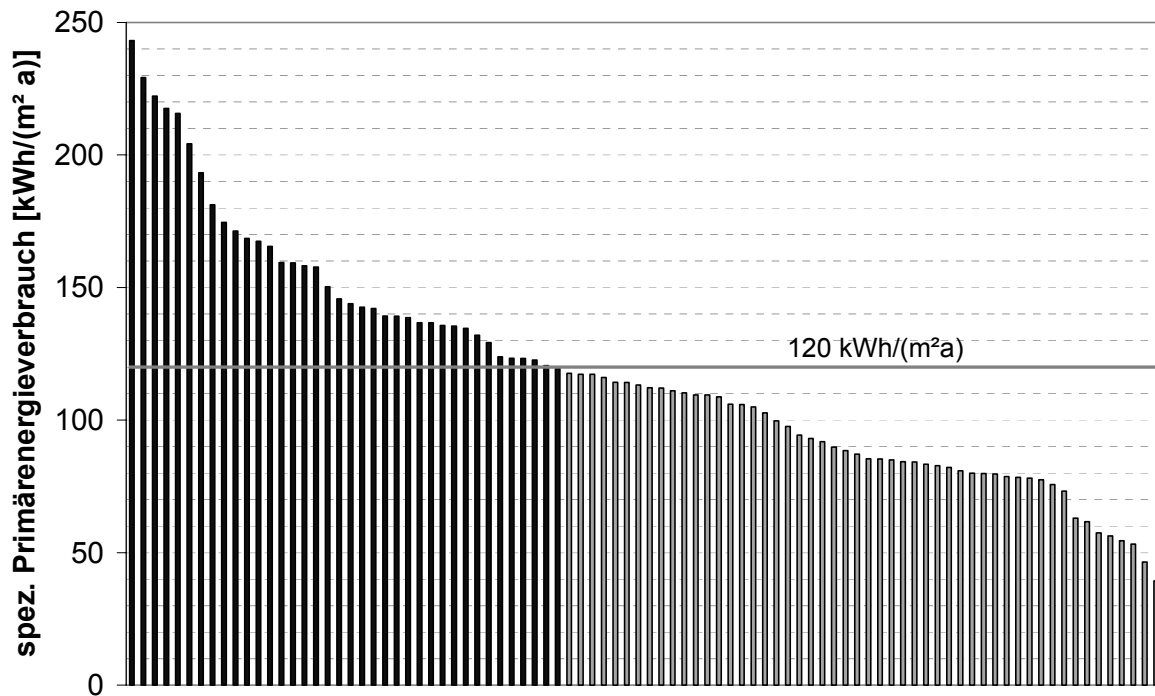


Abb. 3 Dauerlinie des Primärenergieverbrauchs der untersuchten Passivhäuser

In der Untersuchung zeigte sich beispielsweise, dass bei den Passivhäusern die Einhaltung des Primärenergiekennwertes weitestgehend unabhängig von der Anzahl der Bewohner ist. Die Tatsache, dass bei diesem Grenzwert der Haushaltsstrom mit eingezogen wird, scheint die Aussagekraft des Grenzwertes nicht wesentlich zu beeinflussen.

Einen deutlich größeren Einfluss auf die energetische Qualität der Passivhäuser hat hingegen die Motivation, mit der die Entscheidung für diesen Baustandard gefallen ist. Die durchschnittliche energetische Qualität ist bei den Passivhäusern, die aus eigener Überzeugung erstellt wurden, deutlich höher als bei Gebäuden, bei denen der Anstoß von außen gekommen ist (Architekt, Festlegung für das Baugebiet etc.). Dieses Ergebnis verdeutlicht sehr anschaulich, wie wichtig auch bei diesem Baustandard der Nutzereinfluss auf das erzielte Ergebnis ist.

2.2. Raumklima Sommer/Winter

Eines der auffälligsten Ergebnisse der Kopplung aus den beiden Fragebögen ist die sehr hohe Nutzerzufriedenheit der Bewohner unabhängig vom tatsächlichen Energieverbrauch der Gebäude. Wichtig ist vor allem, dass das Raumklima und die Behaglichkeit gerade im Winter sehr positiv bewertet werden. Eine hohe Behaglichkeit im Winter liefert verständlicherweise wenig Anlass, sich mit dem Energieverbrauch bzw. den technischen Einrichtungen zu beschäftigen.

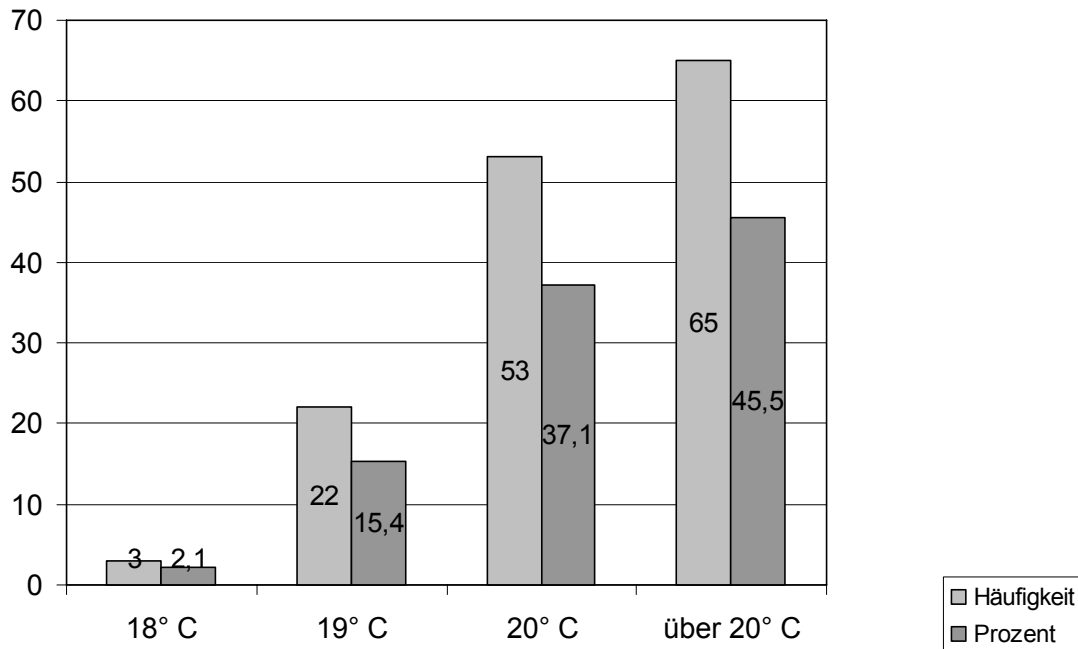


Abb. 4 Gemessene Raumlufttemperatur im Winter

Probleme treten eher in den Sommermonaten durch Überhitzungen auf. Dies ist häufig auf fehlende Sonnenschutzeinrichtungen zurückzuführen. Sonnenschutzeinrichtungen wurden demzufolge von den Bewohnern als unverzichtbar (71 % der Befragten), bzw. als wichtig (27 %) bewertet.

Über die Raumlufttemperaturen hinaus bildet die Raumluftfeuchte einen Beitrag zur empfundenen Behaglichkeit in Innenräumen. Im Vorfeld der Befragung wurde von Passivhausbewohnern mehrfach zu trockene Raumluft beklagt. Hierzu lagen allerdings keine Messungen vor. Für Passivhäuser wird im Winter eine relative Luftfeuchtigkeit von 40 % bei einem durchschnittlichen Luftvolumenstrom, der sich an dem 0,3/h-fachen Austausch des Gesamtvolumens orientiert, empfohlen.

Dieser Bereich wurde in den Befragungsergebnissen überwiegend eingehalten. Die Raumluftfeuchtigkeit wurde von über $\frac{3}{4}$ der Befragten als angenehm bezeichnet, 21 % der Befragten empfand die Raumluft als zu trocken. Etwas mehr als ein Drittel der Befragten konnte auch Angaben zu gemessenen Werten machen. Diese lagen zu knapp 34 % bei 30 % Luftfeuchtigkeit und darunter, also im Bereich zu trockener Raumluft. Die restlichen 66 % lagen innerhalb des empfohlenen Bereiches von 40 % und darüber.

2.3. Lüftungsverhalten

Die Ergebnisse der Befragung zum Lüftungsverhalten zeigten, dass die meisten Befragten ihr Wohnverhalten an die Eigenschaften eines Passivhauses angepasst haben. Fast die Hälfte der Befragten gab an, nie zusätzlich zur Lüftungsanlage zu lüften, 43 % tat das nur selten. Auch eine zusätzliche Fensterlüftung zur Lüftungsanlage im Schlafzimmer wurde nur in wenigen Fällen durchgeführt. Diese Angaben

korrelieren mit der weit überwiegenden Zufriedenheit der Befragten mit den Raumtemperaturen und dem Raumklima.

2.4. Bewohnerzufriedenheit

Die Auswertung der Befragung hat insgesamt gezeigt, dass die Zufriedenheit mit dem Passivhaus sehr hoch ist. Vorhandene Mängel, die –so das Ergebnis der Auswertung– darin begründet sind, dass es sich um die erste Generation von Passivhäusern handelt und die Erfahrungen der ausführenden Firmen sowie der Nutzer mit den neuen Techniken zum Teil noch nicht vorhanden sind, werden von den Bewohnern toleriert. Diese gilt es durch Qualifizierung der Unternehmen und eine Qualitätskontrolle der Bauprojekte zukünftig zu vermeiden. Zudem sollten die Bewohner auf einer ausführlichen Einführung zur Benutzung ihres Passivhauses bestehen.

Befragt nach einer Gesamtnote in Form von deutschen Schulnoten wurden von den Bewohnern zu 88 % die beiden besten Noten vergeben und damit große Zufriedenheit dokumentiert.

3. Literatur

- (1) Berndgen-Kaiser, Andrea; Fox-Kämper, Runrid; Reul, Janette; Helmerking, Diana. *Passivhäuser in NRW – Auswertung, Projektschau, Wohnerfahrungen*. Aachen – ILS NRW (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen), 2004
- (2) Kaufmann, Berthold; Feist, Wolfgang. *Passivhäuser erfolgreich planen und bauen – Ein Leitfaden zur Qualitätssicherung*. Aachen – Hrsg: ILS NRW (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen), 2004
- (3) Berndgen-Kaiser, Andrea; Fox-Kämper, Runrid; Holtmann, Sofie; Frey, Tobias. *Leben im Passivhaus. Baukonstruktion, Baukosten, Energieverbrauch, Bewohnererfahrungen*. Aachen – ILS NRW (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen), 2007

Pasivní domy v Severním Porýní-Vestfálsku, SRN Evaluace technologie výstavby a použitých materiálů, energetické spotřeby a celkové spokojenosti uživatelů těchto domů

Dipl. Ing. Architektin Andrea Berndgen-Kaiser,
ILS (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH)
Karmeliterstraße 6, 520 64 Aachen
Tel.: 0049/241/409945-17, e-mail: Andrea.Berndgen-Kaiser@ils.nrw.de

1. Vyhodnocení databáze pasivních domů, jejichž výstavba byla podpořena z prostředků spolkové země Severní Porýní- Vestfálsko

Spolková země Severní Porýní-Vestfálsko podporuje výstavbu pasivních domů již od roku 1999 – zaujímá tak v Německu bezesporu průkopnickou pozici. Institut ILS NRW, který se jako resortní výzkumné pracoviště při ministerstvu stavebního průmyslu Severního Porýní-Vestfálska těmito podporami zabýval až do změny vlády v Severním Porýní-Vestfálsku, kdy tato podpora přešla pod ministerstvo hospodářství, zpracoval rozsáhlou studii, která podrobně vyhodnocuje dosavadní výsledky a zkušenosti z tohoto typu výstavby.

První část průzkumu hodnotí jednotlivé typy domů, jejich konstrukci, použité materiály a celkové pořizovací náklady u 220 projektů, k nimž byly údaje po jejich dokončení a vystavení tzv. dokladu o použití finanční podpory shromážděny v databázi Access.

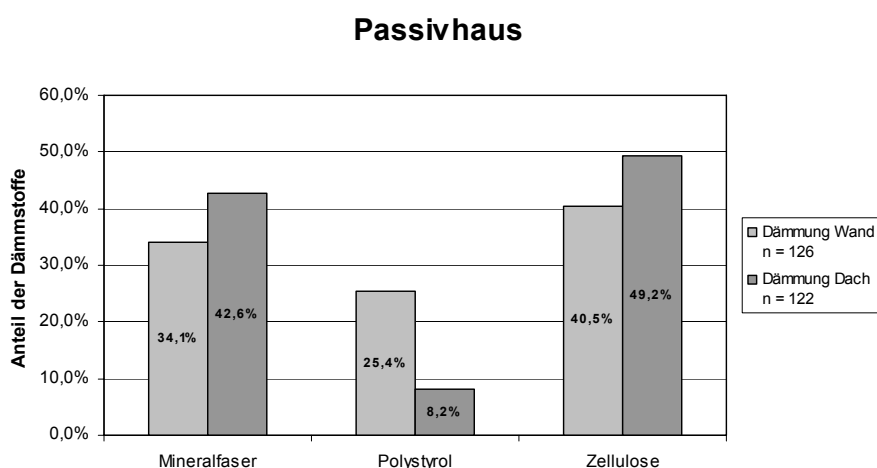
Ve sledovaném časovém období (do roku 2005) byla podpora vyplacena na celkem 1070 jednotek určených k bydlení, přičemž 700 jednotek splňovalo standardy pasivní výstavby. Podmínky pro vyplácení podpory i její výška se každoročně upravují. V prvních letech se výše podpory stanovovala podle velikosti venkovních ploch (stěn) objektu, které sloužily k přenosu tepla, a to v závislosti na kompaktnosti budovy. Od roku 2004 je výše podpory stanovována paušálně, přičemž v současnosti představuje částku 3.500,- € vyplácenou na jeden jednogenerační rodinný dům (bez ohledu na jeho typ) a 2.200,- €, která je poskytována na jednu bytovou jednotku umístěnou ve vícegeneračním (vícebytovém) rodinném domě. Kromě toho lze získat další podporu na klimatizaci ve výši 1.200,- €.

1.1. Technologie výstavby a stavební materiály

Více než polovina obytných jednotek vznikla v podobě jednogeneračních rodinných domů, 27% v podobě řadových domků a jen 12% jako vícegenerační (vícebytové) domy. Celkově staví domy v pasivním standardu spíše jednotlivé rodiny – tuto skutečnost dokládají prakticky všechny výsledky získané na základě vyhodnocení výběru stavebních materiálů a technických komponent. Rodiny, které se rozhodnou pro výstavbu pasivního domu, tak činí zejména kvůli svému ekologickému smýšlení – a

rozhodnou se proto spíše i pro ekologické alternativy výstavby. Pasivní domy se tak staví převážně ze dřeva – jejich podíl představuje 59%, což výrazně převyšuje celoněmecký průměr 13,2% (stavební povolení za období 1994 – 2001). Nižšími náklady na dřevostavby se tento fenomén určitě vysvětlit nedá – na základě výzkumu se dřevěná technologie řadí v porovnání s masivními stavbami jak podle obytné plochy, tak i podle celkového zastavěného objemu k cenově náročnějším technologiím. Podstatné výhody této technologie však spočívají v menších tloušťkách konstrukce, protože tepelná izolace může být integrována do jejích nosných částí, čímž neubírá na obytné ploše. Velkou výhodou v porovnání s masivní výstavbou představují i celkově lepší podmínky pro prefabrikaci dřevěných stavebních dílů.

Ve zkoumaných pasivních domech byla v převážném počtu případů použita jako tepelná izolace celulóza, za ní následovala izolace z minerálních vláken a poté polystyren.



Obr. 1 Procentuální podíl použitých izolačních materiálů ve stěnách a na střeších objektů

Při výstavbě domů byla dále použita zejména tepelně izolovaná dřevěná okna (52%), za nimi následovala okna z PVC profilů (33%), na třetím místě pak okna v kombinaci dřevo a hliník (15%). Z cenového porovnání dřevěných oken a oken z PVC profilů vyšla překvapivě vítězně okna dřevěná.

1.2. Stavební náklady a finanční podpora

Sledováním výše podpory vyplacené za sledované období bylo zjištěno, že vyplacené finanční prostředky představovaly v průměru jen 4,26% z celkových nákladů na výstavbu pasivního domu. Bohužel se nepodařilo zjistit, o kolik jsou náklady na výstavbu pasivních domů vyšší v porovnání s náklady na standardní výstavbu (standard EnEV = *Nařízení na šetření energií*), protože k dispozici nebyly žádné srovnatelné údaje k objektům postaveným podle EnEV. Určité porovnání bylo možné jen na základě výzkumu, který provedl Institut pasivních domů, a z kterého vyplývá, že náklady na výstavbu pasivních domů jsou vyšší v průměru zhruba o 8%. To znamená, že ve sledovaném časovém období byla více než polovina těchto zvýšených nákladů pokryta z podpory spolkové země Severní Porýní-Vestfálsko.

Náklady na stavební části, které jsou u pasivních domů relevantní, tj. okna, tepelná izolace, klimatizace, byly sledovány jako procentuální částky z celkových nákladů na výstavbu. Ukázalo se, že u jednogeneračního rodinného domu postaveného v pasivním standardu jsou nejdražším stavebním prvkem okna (9,6 % stavebních nákladů), poté následovala tepelná izolace (6,8 %) a na třetím místě klimatizace (5,1 % z celkových nákladů na stavbu). Náklady na plánování stavby dosáhly v průměru 8,5 %.

Následující tabulka zachycuje stavební náklady na 1 m² obytné plochy. ILS NRW tyto údaje poskytnuté stavebníky a architekty nijak nekontroloval na základě vlastních propočtů. Pomocí tzv. zkoušky plausibility (tj. kontroly správnosti), vyřazením „extrémních“ hodnot a také díky vysokému počtu vyhodnocovaných staveb se však přesto podařilo získat poměrně průkazné údaje týkající se nákladů na výstavbu pasivních domů.

Typ domu	Počet projektů	Náklady na stavbu/m ² obytné plochy
Jednogenerační rodinné domy	94	1.375,- €
Dvojdomy (náklady na ½)	11	1.390,- €
Řadové domy	7	1.280,- €
Bytové domy	7	1.250,- €

Obr. 2 Průměrné fakturované náklady na 1m² obytné plochy u pasivních domů, n = 119 projektů

Nápadné jsou zejména vysoké náklady na výstavbu dvojdómů – zde může být důvodem i nedostatečná databáze, protože do celkového hodnocení bylo zařazeno 94 jednogeneračních rodinných domů, ale jen 11 polovin dvojdómů, z nichž některé byly velmi velké a nákladné.

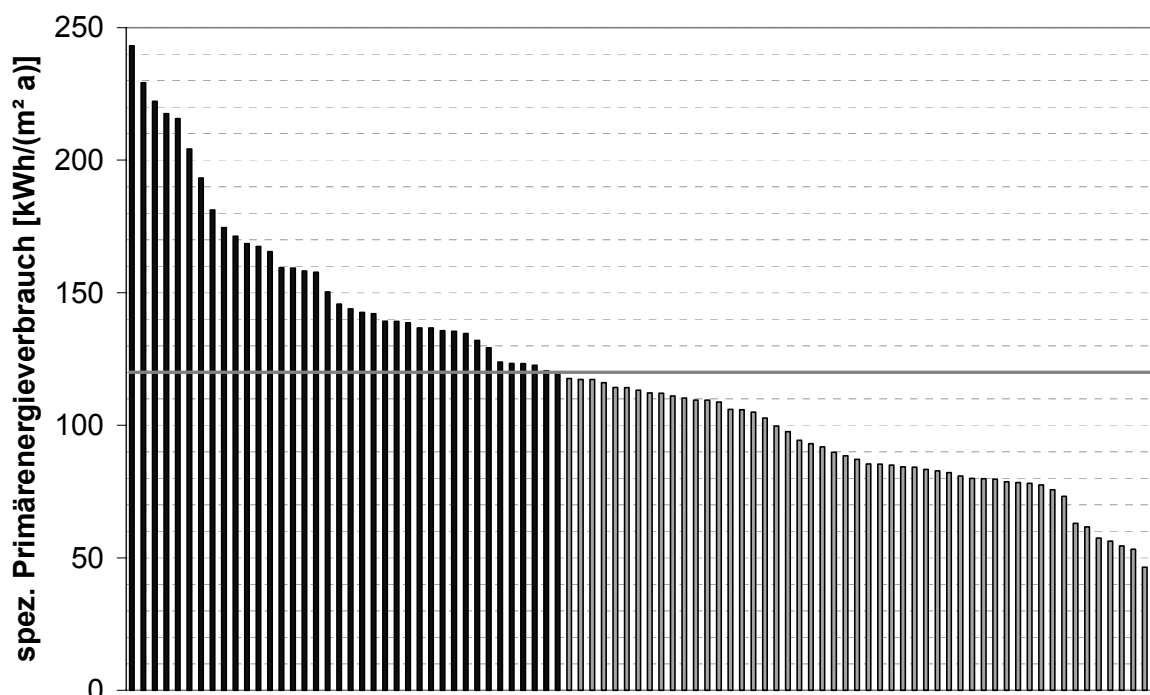
2. Vyhodnocení ankety k energetickým úsporám a spokojenosti uživatelů

V druhé části průzkumu byla vyhodnocována anketa prováděná přímo mezi uživateli pasivních domů. Institut ILW NRW oslovil celkem 220 vlastníků pasivních domů, které byly do termínu provádění průzkumu postaveny s pomocí podpory, a dotazoval se jich na energetickou kvalitu stavby a jejich celkovou spokojenost. Na anketu odpovědělo 150 uživatelů. Dotazování bylo prováděno na základě dvou odděleně zasláných dotazníků, takže i následné vyhodnocení bylo možné rozdělit do dvou částí.

2.1. Spotřeba energií

Jen 59 % projektů realizovaných s pomocí podpory dodrželo mezní hodnotu spotřeby primárních energií 120 kWh/(m²a). Jako střední hodnota však byla zjištěna spotřeba 118,2 kWh/(m²a), což lze hodnotit jako dobrý výsledek. (Jako charakteristika byla zvolena spotřeba všech primárních energií, tj. včetně spotřeby elektrického proudu, a

nikoli jen spotřeba energie na topení, protože spotřebu topné energie nebylo vždy možné oddělit od spotřeby energie na přípravu TUV.)



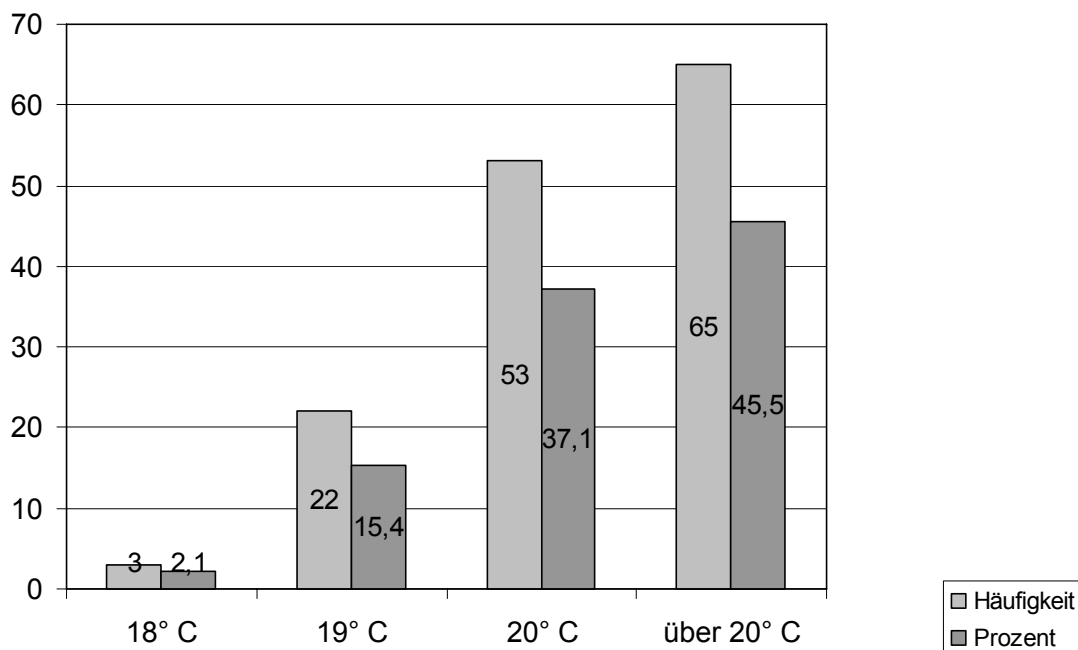
Obr. 3 Plynulá přímka spotřeby primární energie u zkoumaných pasivních domů

Z průzkumu například vyplynulo, že dodržení ukazatele spotřeby primární energie prakticky nezávisí na počtu obyvatel domu. Také skutečnost, že v mezní hodnotě byla zahrnuta i spotřeba elektrické energie, zřejmě nijak zásadně tuto hodnotu neovlivnila.

Podstatně větší vliv na energetickou kvalitu pasivních domů má však motivace, která vedla stavebníky k rozhodnutí právě pro tento standard výstavby. Průměrná energetická kvalita je u pasivních domů, které byly postaveny na základě vlastního přesvědčení jejich budoucích uživatelů, podstatně vyšší než u objektů, u nichž podnět k jejich výstavbě přišel zvenčí (od architekta nebo např. na základě požadavků plánu zástavby pro danou oblast). Tento výsledek také jasně dokumentuje, konečnou kvalitu u tohoto standardu výstavby zásadně ovlivňuje uživatel.

2.2. Klimatické podmínky v místnostech v letním a zimním období

Jedním z nejzajímavějších výsledků, který vyplynul z porovnání obou rozeslaných dotazníků, je určitě vysoká spokojenost obyvatel pasivních domů, a to nezávisle na skutečné spotřebě energií. Velmi důležité je zjištění, že byla velmi pozitivně hodnocena tepelná pohoda a celkové klima v místnostech zejména v zimním období, což pak samozřejmě neposkytuje žádný důvod zabývat se spotřebou energie nebo technickým zařízením.



Obr. 4 Teplota naměřená v místnosti v zimním období

Problémy se vyskytují spíše v letním období, a to v důsledku přehřívání. To je často způsobeno chybějícím zastíněním objektů. Zastiňovací prvky tak byly obyvateli pasivních domů hodnoceny jako zcela nezbytné (71 % dotazovaných), nebo jako důležité (27 %).

Kromě teploty ovlivňuje pocit pohody v místnostech i vzdušná vlhkost. Ještě před prováděním průzkumu si obyvatelé pasivních domů stěžovali zejména na suchý vzduch v místnostech, avšak tento nedostatek nedokládali žádným měřením. U pasivních domů se v zimním období doporučuje relativní vzdušná vlhkost ca. 40%, vztážená na průměrný objem proudícího vzduchu, který je stanoven jako 0,3-násobná výměna celkového objemu za hodinu.

Tato hodnota byla v převážné většině případů dodržena. Vzdušná vlhkost byla u více než $\frac{3}{4}$ dotázaných označena za příjemnou, 21% dotázaných však klima v místnosti hodnotilo jako příliš suché. Více než třetina dotazovaných byla dokonce schopná uvést přesně změřené hodnoty, kdy téměř 34% dotázaných uvádělo hodnotu vzdušné vlhkosti 30% a méně, tedy hodnotu pro příliš suché klima v místnosti. Zbývajících 66% dotázaných uvedlo hodnoty v doporučené oblasti 40% a více.

2.3. Větrání

Výsledky dotazování k větracím zvyklostem obyvatel pasivních domů ukázaly, že většina z nich uzpůsobila svoje zvyklosti potřebám pasivního domu. Téměř polovina dotázaných uvedla, že používá pouze klimatizaci a jinak už nevětrá, 43% větralo navíc ke klimatizaci jen zřídka. Dokonce i přivětrávání v ložnici (vedle klimatizace) uvádělo jen malé množství dotázaných. Tyto údaje dokládají jednoznačně převažující spokojenost dotázaných obyvatel s teplotou a klimatem v jejich pasivním domě.

2.4. Spokojenost uživatelů pasivních domů

Výsledky ankety doložily, že obyvatelé pasivních domů jsou se svým obydlím celkově velmi spokojeni. Uváděné nedostatky, zapříčiněné (jak dokládají výsledky průzkumu) ne vždy dostatečnými zkušenostmi s novými technikami jak na straně realizačních firem, tak i na straně uživatelů této první generace pasivních domů, jsou však obyvateli tolerovány. Uvedeným nedostatkům lze do budoucna určitě zabránit zvýšenou kvalifikací realizačních firem a účinnější kontrolou kvality jednotlivých stavebních projektů. Kromě toho by měli uživatelé pasivních domů vyžadovat podrobné „zaškolení“ do užívání svého nového obydlí.

Poté, co byli vyzváni k ohodnocení kvality bydlení podle systému školních známek, udělili obyvatelé v 88% případů obě nejvyšší známky, které dokládají jejich vysokou spokojenost s tímto standardem bydlení.

3. Literatura

- (1) Berndgen-Kaiser, Andrea; Fox-Kämper, Runrid; Reul, Janette; Helmerking, Diana. *Passivhäuser in NRW – Auswertung, Projektschau, Wohnerfahrungen*. Aachen – ILS NRW (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen), 2004
- (2) Kaufmann, Berthold; Feist, Wolfgang. *Passivhäuser erfolgreich planen und bauen – Ein Leitfaden zur Qualitätssicherung*. Aachen – Hrsg: ILS NRW (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen), 2004
- (3) Berndgen-Kaiser, Andrea; Fox-Kämper, Runrid; Holtmann, Sofie; Frey, Tobias. *Leben im Passivhaus. Baukonstruktion, Baukosten, Energieverbrauch, Bewohnererfahrungen*. Aachen – ILS NRW (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen), 2007

Stavba pasivní dřevostavby, zkušenosti z praxe

Ing. Martin Růžička, PENATUS s.r.o.

Zlatníky 34, 252 41 Dolní Břežany, CZ

Tel.: 241 930 024, e-mail: office@penatus.cz, www.penatus.cz

1. Úvodem

Příspěvek uvádí přímé zkušenosti z návrhu, realizace a následného užívání pasivních domů a nízkoenergetických domů blízkých pasivnímu standardu.

Společnost **PENATUS s.r.o.** se zabývá výstavbou a realizací dřevostaveb v systému Two by Four, zároveň ale přímo jedná s klienty (stavebníky) a to často od samého počátku až do konce celého procesu vzniku domu. Máme tedy přímý kontakt s klientem, architektem a neseme odpovědnost za technický návrh stavby a její následnou realizaci. Přímá účast v tomto komplexním procesu pak poskytuje přímé a cenné zkušenosti.

2. Kdo má zájem postavit si pasivní dům

2.1. Informovanost veřejnosti

Na základě zkušenosti můžeme konstatovat, že veřejnost, a to jak laická, tak kupodivu i odborná se dělí z hlediska informovanosti o pasivním stavění na dvě skupiny, které jsou celkem jasně ohraničeny.

Do první skupiny patří ta část veřejnosti, která nemá o pasivním stavění informace žádné anebo jen povrchní.

Do druhé skupiny pak patří lidé, kteří jsou informováni velice dobře, mají i značné odborné znalosti a to často i v případech, kdy jejich vlastní profese je zcela odlišná. Tito lidé pak mají zájem dozvědět se ještě víc, ptají se a někdy kladou otázky, na které není jednoduché odpovědět ani profesionálovi. Tato skupina se rychle zvětšuje a jejími členy jsou pak lidé kteří přemýšlí, mají jasno ve svých cílech a jsou odpovědní.

O pasivní domy pak mají zájem mladí lidé, se středoškolským, spíše vysokoškolským vzděláním, často se zahraniční zkušeností a s vyšší mírou odpovědnosti než je běžným standardem.

2.2. Investoři, developeři a pasivní stavění

Pasivní stavění je zatím stranou zájmu investorů a developerů. Zřejmě bude ještě nějakou dobu trvat, než i tato skupina pochopí, že právě investice do pasivních staveb může přinášet značný užitek finanční. Zahraniční zkušenosti pak ukazují, že především investice do pasivních staveb většího objemu (administrativní budovy, školy, ubytovací zařízení apod.) jsou ekonomicky výnosné a potvrzují, že zvýšení kvality v jedné rovině předznamenává kvalitativní skok i v rovinách ostatních.

3. Zadání pasivního domu a úkol architekta

Tak jak u většiny dosud běžných staveb tvořilo zadání především vnější vzhled, pak dispoziční uspořádání, a to ostatní se už nějak dořešilo s tím, že hlavní důraz byl kladen na realizaci, zadání pasivních a vůbec nízkoenergetických staveb je zcela zásadním momentem celého procesu vzniku stavby. Značná pozornost se tak přesouvá mnohem více právě do fáze přípravné a koncepční, kde je obvyklé pracovat s variantami možného řešení a rovněž s jejich optimalizací.

Správné zadání je provořadým předpokladem pro vznik „správné“ stavby. Ze špatného zadání už nikdy dobrá stavba vzniknout nemůže. Ve fázi zadání je pak nezastupitelná úloha architekta a to erudovaného a zkušeného architekta, který zde však vystupuje v trojjediné roli, respektive musí mít už na počátku k dispozici rovněž erudovaný a zkušený tým, který je ve spolupráci s klientem schopen v podstatě každém okamžiku, nejprve obecně, později pak s narůstající přesností, odpovědět na zásadní otázky:

- jakou bude mít dům architekturu? Tedy jak bude dispozičně, provozně a také designově řešen (jak bude vypadat z venku i zevnitř)?
- jakou bude mít konstrukci, z jakých materiálů bude postaven a jakými technologiemi vybaven?
- kolik to všechno bude stát?

Zadání by tedy mělo být výsledkem práce týmu, ve složení KLIENT – ARCHITEKT – KONSTRUKTÉR (včetně potřebných profesních specialistů) – ROZPOČTÁŘ. Zadání domu pak představuje právě co nejpřesnější odpověď na výše uvedené otázky. Už ze zadání by pak mělo být rovněž známo, kolik bude stát provoz takového domu, včetně nákladů na běžnou údržbu.

Z výše uvedeného také vyplývá, že část zadání bude dražší, pravděpodobně o dost dražší, než jsme zvyklí u jiných staveb, které se zadáním příliš nezabývají. Po zkušenostech ale potvrzujeme, že je to snad vůbec nejlepší investice, kterou může stavebník pro sebe a pro svůj pasivní dům udělat.

4. Cena pasivních domů

Vnímání ceny staveb obecně je často odlišné od jiných komodit. Jedním z důvodů je skutečnost, že pro většinu stavebníků (klientů) jde o vůbec největší životní investici a i jedno pouhé procento z ceny pak představuje samo o sobě „ohromnou“ částku. Limitní hodnotou pro drtivou většinu klientů je pak výše hypotéky, na kterou dosáhnou a mají pak celkem přirozenou snahu do tohoto limitu dostat co největší plnění. Pohybovat se na hraně ale není vždy tím nejlepším řešením a praxe potvrzuje, že je vždy prozřetelné uvažovat rozumnou rezervu.

Často se setkáváme s názorem, že pasivní stavby musí být nutně dražší, a to výrazně dražší, než jiné druhy stavění, aniž se však přesně specifikuje, s čím budeme pasivní stavbu srovnávat a rovněž, zda bude předmětem srovnání pouze náklad na pořízení takové stavby. Vzhledem k tomu, že stavba obecně má životnost minimálně

několik desítek let, je třeba srovnávat nejen cenu stavby ale mimo jiné také náklady na její provoz a údržbu.

4.1. cena stavby

Ukazuje se, že hlavními faktory, které determinují cenu stavby jsou (v pořadí jejich důležitosti)

- synergie tvůrčího týmu – zde jde v podstatě o to aby si hlavní tým (klient, architekt, realizační firma) padly do oka a aby mezi nimi vznikla a vládla důvěra. Obecně platí, že v prostředí důvěry se zvyšuje rychlost a klesají náklady.
- „chytrost“ návrhu (architektura, technické řešení), kvalita zadání
- optimalizace konstrukcí a použitých materiálů
- kvalita podkladů pro provedení stavby a vlastní příprava stavby
- rychlost a efektivita provádění stavby
- počet a míra změn a úprav během stavby
- vzdálenost a dostupnost stavby

Je obtížné odpovědět na otázku, zda by pasivní stavby mohly či dokonce měly být levnější než ostatní typy stavění. Na základě našich zkušeností však můžeme konstatovat, že by mohly být levnější, a to dokonce o dost levnější, než jsou a než se zatím běžně staví. Klíčem k naplnění takového cíle je pak důsledné dodržování výše uvedených pravidel, které cenu ovlivňují a také větší spolupráce mezi subjekty, které se pasivními stavbami zabývají. Pokud se podaří tímto způsobem cenu pasivních staveb snížit při zachování, či dokonce zlepšení míry zisku, další možnosti pasivního stavění se tím bezesporu rozšíří.

4.2. provozní náklady

potřeby energií - ty by samozřejmě měly být u pasivních staveb výrazně nižší než u staveb ostatních, proto taky vůbec kategorie pasivního stavění vznikla.

běžná údržba – zde bude záležet právě na chytrosti návrhu, správném provedení a také správné a preventivní údržbě domu. Zde obecně nemusí být velkého rozdílu oproti dosud běžnému způsobu stavění ale vzhledem k tomu, že jednou z podmínek pasivních staveb je jednoduchost a že pasivní dům si pořizují lidé s vyšší mírou odpovědnosti, lze i náklady na běžnou údržbu předpokládat u pasivních domů nižší než u jiných staveb.

4.3. prodejní cena (následný prodej pasivní stavby)

Stavby obecně představují investici a s jako takovou s ní lze v průběhu její životnosti nakládat. Jakkoli si v naší zemi většinou pořizujeme rodinný dům jednou provždy a na několik generací v rámci jedné rodiny, přibývá počet lidí, kteří se po určité době rozhodnou (v horším případě jsou k tomu donuceni) dům prodat. Lze celkem logicky očekávat, že právě vzhledem k provozním nákladům a ostatním kvalitám pasivního domu bude jeho cena příznivá a to jak pro prodávajícího, tak pro kupujícího. Pasivní

stavby jsou pak tedy z hlediska prodeje kandidáty na dnes často zmiňované win – win řešení.

5. Mýty kolem pasivních staveb a domů

V praxi se setkáváme, zatím bohužel dosti často, s názory a informacemi kolem pasivního stavění, které neodpovídají skutečnosti a pokud se zamyslíme nad jejich příčinou a zdroji, jsme nuceni připustit, že se na těchto mylných informacích a jejich šíření sami často podílíme a jsme tedy za tento stav do jisté míry odpovědní

- pasivní domy jsou a musí být velice složité – to je velice rozšířený mýtus a domnívám se, že řadu potenciálních zájemců o pasivní dům odradí. Daleko přesnější by myslím bylo, že pasivní dům se v mnohém odlišuje od dosud standardního domu a to pokud jde o vlastní konstrukci, její skladby, tak pokud jde o použité technologie a vybavení. Je to ale zcela samozřejmé a legitimní, protože také od pasivního domu očekáváme výrazně jiné výsledky, než od domů standardních. Domnívat se, že toho dosáhneme použitím standardních postupů by bylo pošetilé a jejich použití může být opravdu drahé. Kdo má přímé zkušenosti s pasivním stavěním možná potvrdí, že v konečném důsledku lze dosáhnout pravého opaku, tedy že pasivní stavby jsou v mnohém naopak jednodušší, čitelnější, předhlednější než stavby standardní.
- pasivní domy jsou a musí být velice drahé – tento mýtus úzce souvisí s mýtem předchozím. Co je složité, to musí být drahé. Setkáváme se ale rovněž s dalším zdůvodněním – drahé musí být i to, co je nové a je třeba se tomu nejdříve naučit.
- v pasivních domech si nemůžete otevřít okno a přitom všude vlivem vzduchotechniky fouká. Důvodem této obavy bývá především předchozí zkušenost se vzduchotechnikou ve velkých stavbách z minulého režimu a možná i soudobá zkušenost z pobytu v klimatizovaných prostorách moderních staveb.
- při použití vzduchotechniky nelze teplotu v jednotlivých místnostech přesně regulovat. To je sice pravda ale podle našich zkušeností k tomu není důvod. Po přímé zkušenosti s bydlením v pasivním domě rozhodně nepostrádám možnost přesně nastavit v jednotlivých místnostech rozdílné teploty a totéž potvrzují ostatní obyvatelé pasivních domů.

K našemu překvapení je někdy obtížné vysvětlit celkem jinak velice dobře informovaným zájemcům, že pasivní dům je nebude v ničem omezovat, že z hlediska uživatelského komfortu funguje a může fungovat jako každý jiný dům, ve které je nám dobře, a že navíc poskytuje kvality, které vnímáme přímo (vysoké povrchové teploty, čerstvý vzduch, tepelná stabilita) anebo nepřímo, když přijdou účty za elektřinu či plyn.

6. Technická řešení a realizace pasivních domů

6.1. založení stavby

Základy stavby je něco, co nám vlastně neslouží a co ani nevidíme. Při hmotnosti dřevostaveb je pak skoro jakýkoli způsob založení zbytečně předimenzovaný a tedy i

drahý. V praxi se však setkáváme se zajímavým momentem, kdy i jinak prokrokový klient přistupuje k možné úspoře při založení jeho stavby velice váhavě a jakoby nerad. Tradiční způsob založení je ale ve skutečnosti v příkrém rozporu jednak s požadavky a také možnostmi, se kterými se u pasivních domů ve variantě dřevostavby setkáváme. Jednou z mnoha výzev je tedy podstatné zjednodušení a tedy i zlevnění zakládání pasivních domů (platí obecně pro dřevostavby).

6.2. konstrukce obvodového pláště budovy

Množství tepelné izolace – v případě pasivních dřevostaveb obsahuje konstrukce pláště mnohem větší tloušťky tepelné izolace, než by odpovídalo např. potřebným dimenzím nosných prvků z hlediska jejich únosnosti. Pro izolaci tedy nutno vytvořit prostor avšak při vědomí, že dalším pravidlem pasivního stavění je minimalizace tepelných mostů a opět jednoduchost.

Obvodové stěny

V případě kontaktního zateplovacího systému s omítkou a tedy bez provětrávané mezery je možné tepelné mosty omezit celkem dobře a finální vrstva tepelné izolace může mít až 200 mm. Podmínkou takové varianty je ale pečlivé prověření skladby celé stěny především s ohledem na její difúzní vlastnosti, které může právě nevhodná skladba zásadně ovlivnit.

Je-li fasáda tvořena dřevěným (nebo jiným) obkladem, tak vždy s účinným provětráním. Pro tepelnou izolaci ale nutno vytvořit nosnou konstrukci, což ale nepříznivě ovlivní bilanci tepelných mostů.

Jednou z možností je i dvojitá konstrukce dřevostavby, která je mezi sebou propojena jen v nezbytných případech a kdy tepelná izolace v meziprostoru probíhá téměř bez přerušení. Pro zatím běžné tloušťky tepelné izolace do cca 400 mm v rámci obvodových stěn vychází ale tato varianta příliš nákladná a stejné množství izolace umíme do stěny „dostat“ i jiným, méně nákladným způsobem.

Střešní plášť

Šikmé střechy - ty mají většinou skládanou střešní krytinu a umožňují vrstvu pod krytinou rovněž účinně provětrávat.

Ploché střechy - varianta ploché střechy má své opodstatnění jak z hlediska architektury tak i z hlediska požadavku na jednoduchost a čitelnost. Umožňuje rovněž další využití střešní plochy (terasy, ozelenění apod.) Na druhé straně porušuje obecný princip, že voda by se měla zdržovat na objektu co nejméně a v případě požadavku na odvětrávané ploché střechy s pojistnou hydroizolací větších ploch vzniká problém, jak toto odvětrání zajistit a jak odvádět vodu, která by mohla po pojistné hydroizolaci stékat.

V případě plochých střech by z hlediska cenového byla nejjednodušší varianta bezespádové střechy bez odvětrání, tedy řešené jako difúzně uzavřená skladba, patrně s vnitřními svody. Tato varianta je jednoduchá, z hlediska provádění vlastně ideální a

také nejlevnější. Zásadní podmínkou je ale použití materiálů a skladeb, které vyloučí poškození konstrukce kondenzátem a také bezvadné provedení a údržba, zabraňující vytvoření defektů, kterými by do konstrukce zatékalo.

S variantou plochých střech se budeme pravděpodobně setkávat stále častěji a protože je „bezpečná“ skladba ze standardních materiálů poměrně složitá a tedy i drahá, vycházející především z extenzivního pohledu na věc, měl by být tento fakt výzvou pro nalezení levnější a přitom dostatečně funkční varianty, patrně s použitím zatím možná zcela neobvyklých materiálů a postupů.

6.3. okna a prosklení domu

Na okna máme snad nejprotichůdnější požadavky ze všech částí domu. Z našich zkušeností vyplývá:

- u pasivních domů bývají velké prosklené plochy problémem a to z řady důvodů. Bez dokonalého stínění je nutno počítat v letním období s nezvládnutelnými tepelnými zisky a v zimě je třeba rovněž počítat s tím, že bude $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nebude svítit sluníčko. Tyto extrémní situace lze samozřejmě řešit dodatečnými opatřeními ale ta nebývají levná a ani jednoduchá.
- vzhledem k tomu, že na jednotlivá okna, rovněž vzhledem k jejich orientaci ke světovým stranám, máme různé požadavky, je vhodné podle toho volit parametry prosklení, tzn. že každé okno v domě může být osazeno zasklením jiných parametrů.
- z hlediska ceny i jednoduchosti je zajímavá varianta bezrámového zasklení neotevíravých částí oken.
- vhodná je kombinace otevíravých a pevných křídel (částí okna).

6.4. větrání a vytápení pasivního domu

Bez řízeného větrání s rekuperací vzduchu neumíme dosáhnout parametrů pro pasivní domy. I zde platí zásada, že zjednodušováním snižujeme cenu a zvyšujeme rychlost stavby. V řadě pasivních domů se tak lze obejít bez podlahových kanálů rozvodů vzduchu a ušetřit tak nejen za vlastní kanály ale rovněž za skladby podlah, ve kterých kanály vedou. Topit pomocí dohřevu větracího vzduchu je už běžnou záležitostí, stejně tak jako integrace s ohřevem teplé vody, využitím solární energie, případně možností předehřevu / předchlazení větracího vzduchu prostřednictvím zemních výměníků.

7. Jednoduchost

Toto slovo zmiňuji v textu opakovaně a uvádím ho dokonce v tomto samostatném odstavci. Po zkušenostech zastávám názor, že skutečně dobré věci a řešení bývají jednoduché, často geniálně jednoduché a mnoho exkluzivních produktů je právě na jednoduchosti založeno. Pasivní stavění pak mezi exkluzivní produkty řadím. K jednoduchosti jsou u staveb i další důvody. Složitá řešení bývají drahá a jsou rovněž zdrojem poruch a závad, jejichž odstranění a náprava bývají rovněž nákladné.

Většina složitých a komplikavných řešení pak klientovi nepřináší ničeho, kromě starostí, dalších nákladů a klesající důvěry.

K jednoduchosti je ale někdy dlouhá cesta, na které bývá nemálo překážek. Považuji za nutné se ale po této cestě vydat.

8. Literatura

- (1) TYWONIAK, J., Nízkoenergetické domy, principy a příklady, Grada 2005
- (2) SMOLA, J., *Stavba rodinného domu krok za krokem*, Grada 2007
- (3) Záznamy a archiv PENATUS s.r.o.

Abstrakt – Aufbau von Passivholzbau – Erfahrungen aus der Praxis

Der Aufbau von Passivhaus selbst ist nur ein Bestandteil des Prozesses, der dem Einzelnen (der Familie), aber auch der Gesellschaft eine neue Qualität von Wohnen anbieten und gewähren soll, deren Tragweite über eigene Hausbewohner geht.

Die Passivbaue sollten das Niveau einer vernünftigen Baualternative erreichen, die die Gesellschaft nicht nur akzeptiert, sondern auch unterstützt und verlangt.

Unsere bisherige praktische Erfahrung bestätigt, dass wir in Manchem am Anfang des obenerwähnten Prozesses stehen. Mag das Interesse für Passivbauten irgendwie steigen, ist es nötig, diesem Trend entgegenzugehen.

Die Stellung der Allgemeinheit zu verändern erfordert viele Jahre. Als eine Projektierungs- und Realisierungsfirma nehmen wir wahr, dass wir zur Erfüllung dieses Ziels bedeutsam beitragen.

Hauptbereiche des Beitrags

Der allgemeine Teil

- die Informiertheit des Klienten, seine Wünsche, Anforderungen, Prioritäten und Möglichkeiten x die Möglichkeiten des Baues
- die Bestellung des Passivhauses
- die Aufgabe des Architekten ist nicht gleich wie bei anderen Bauarten und Technologien
- der Preis von Passivhäusern als Widerspiegelung der Qualität des ganzen Prozesses
- sollten die Passivhäuser teurer sein als die „üblichen“? Wie kann man den Preis von solch einem Haus wahrnehmen? Ist es möglich, dass das Passivhaus durch den Preis konkurrieren würde und sogar billiger wäre als der bisher übliche Bau?

Der konkrete Teil

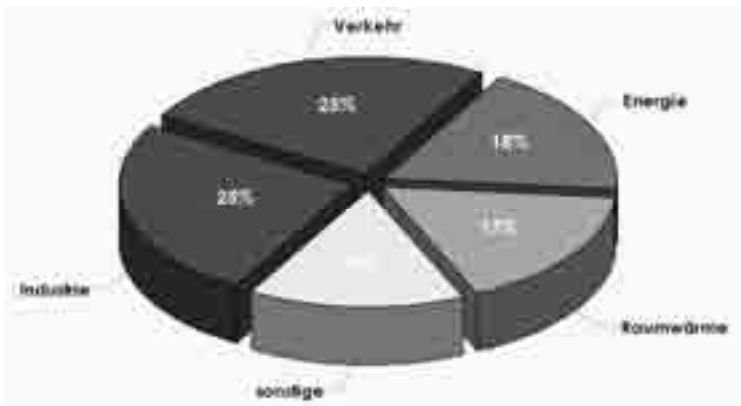
- Grundsätze des Entwurfes und der Konstruktionslösung von Passivhaus
- Lösungen der konkreten Details und des Bauteils im Passivstandard
- Beispiele von Baurealisierungen
- Erfahrungen mit dem Wohnen im Passivhaus

Passivhaus hautnah erleben – gesammelte Erfahrungen von 1.111 Personen, welche Passivhäuser getestet haben

Martin Zizka, Sonnenplatz Großschönau GmbH
Harmannsteinerstr. 120, A-3922 Großschönau
Tel: +43 (0)2815/77270-0, e-mail: office@sonnenplatz.at

1. Einleitung

Bauen und Wohnen ist zweifelsohne einer der Schlüsselbereiche für nachhaltige Entwicklung. Die größten Energiemengen werden heute sprichwörtlich in „Gebäuden verheizt“, für die Kühlung verwendet und im „Verkehr verfahren“.



Quelle: Statistik Austria, WIFO

Durch das Passivhaus lassen sich neue Wege zu einer besseren Lebensqualität mit weniger Energieverbrauch verwirklichen. Das Passivhaus als bestens untersuchter Hausstandard mit Vorteilen für den Nutzer, die Produzenten und die Allgemeinheit sollte sich als Stand der Technik durchgesetzt haben. Für die rasche Verbreitung ist es notwendig, eine kritische Masse an Multiplikatoren zu gewinnen, welche die überzeugende Idee des Passivhauses in die Breite tragen. Probewohnen® in einem Passivhaus ist seit dem 12.05.2007 am Sonnenplatz Großschönau Realität. Durch eine Kombination von Information, Besichtigung, Erfahrungsaustausch und Test werden dem zukünftigen Hausbauer die Vorteile und die Behaglichkeit dieses Baustandards näher gebracht. Durch unterschiedliche Passivhäuser an einem Ort, kann der Kunde die Themen Energieeffizienz und Ökologie auf angenehme Art und Weise vor Ort kennen lernen und im wahrsten Sinne des Wortes "begreifen".



Abb.: Sonnenplatz Großschönau, Quelle: Archiv Sonnenplatz Großschönau GmbH

2. Wissenschaftliche Begleitung

Durch eine kombinierte Analyse des Nutzerverhaltens, der Energiekennndaten und des Nutzerempfindens soll ein Beitrag zu einer höheren Wohnqualität, Behaglichkeit und somit die Erschließung neuer Kundenschichten geleistet werden. Voraussetzung für optimale Datenerhebung ist ein Sensorenkonzept, automatische Datenerhebung, professionelle Auswertung, Analyse und wissenschaftliche fundierte Fragebögen. Die gewonnenen Daten aus Untersuchungen und Analysen werden den Herstellern der einzelnen Häuser am Sonnenplatz zur Verfügung gestellt. Durch die umfassende Auswertung werden für die Unternehmen erstmals Daten zum tatsächlichen Nutzerverhalten, dem Energiedatenverbrauch bei unterschiedlichen Wetterbedingungen und das subjektive Behaglichkeitsgefühl der Nutzer gewonnen.

3. Auswertung und Analyse

Durch Probewohnen® wird nicht nur das Passivhaus in die Breite getragen sondern auch erstmals das Nutzerverhalten und das Nutzerempfinden ausgewertet und analysiert. Jede Familie hat dazu einen persönlichen Fragebogen abgegeben und Fragen rund um das Thema Passivhaus, Ökologie, Behaglichkeit, etc. beantwortet. Durch die große Anzahl an Probewohnern kann bereits nach dem 1. Jahr ein aussagekräftiges Feedback erreicht werden. Es lässt sich bereits jetzt erkennen, dass die Firmen die sich am Sonnenplatz Großschönau beteiligt haben einen Zuwachs an Anfragen und Kundengesprächen verzeichnen konnten.

Das Interesse am Passivhaus und der damit verbundenen Technik ist enorm. Seit der Eröffnung des 1. Europäischen Passivhausdorfes am 12.05.2007 haben über 1.111 Personen Probewohnen® in Anspruch genommen und ein Passivhaus am Sonnenplatz getestet. Das Feedback und die Zufriedenheit unter den Probewohnern sind ausgezeichnet. In erster Linie beeindruckten die unterschiedlichen Objekte, Materialien und Vielfältigkeit an einem Ort. Wir haben die Erfahrung gemacht, dass es immer wieder Unsicherheiten zum Thema Passivhaus gibt. Trotz allem bedarf es noch sehr viel Information und Aufklärung um die Vorteile aufzuzeigen. Denn in Zu-

kunft muss sich jeder Hausbauer die Frage stellen: „Kann ich mir mein Haus auch noch in den nächsten Jahren leisten?“

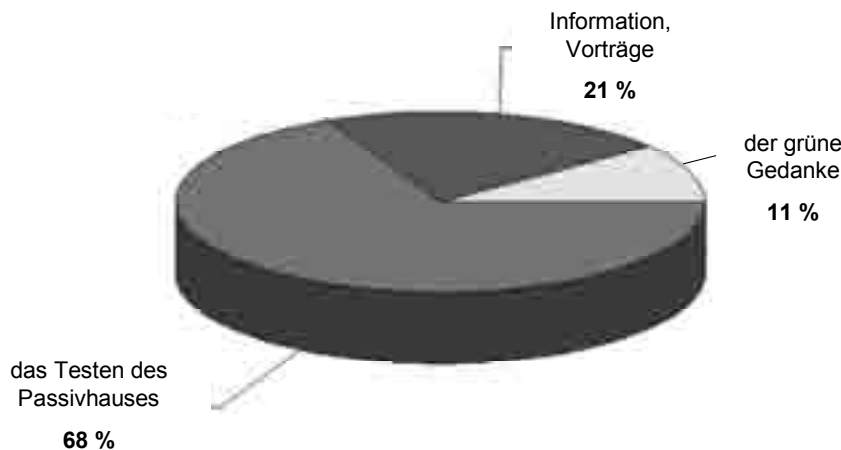
Deshalb muss die Devise lauten: Das Passivhaus DER Baustandard der Zukunft.

Bei der Auswertung der Fragebögen wurde unser Hauptaugenmerk vor allem auf folgende Parameter gelegt:

- Luftqualität und Luftfeuchtigkeit im Haus
- Raumtemperatur
- Mehrkosten eines Passivhauses
- Ökologische Komponente
- Subjektives Behaglichkeitsgefühl

3.1. Folgende Auswertungen lassen sich festhalten:

Wovon haben Sie beim Probewohnen® *am meisten profitiert?*

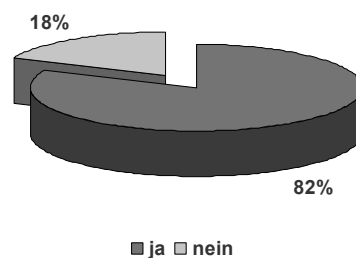


Quelle: Sonnenplatz Großschönau GmbH

2 wichtigsten Vorteile des Passivhauses

- Energiesparen als Kostenvorteil
- Passivhaus als Komfortgewinn

82% der Probewohner sehen das Passivhaus als Komfortgewinn



Quelle: Sonnenplatz Großschönau GmbH

3.2. Homemanager

Der Homemanager ist ein zentrales Bedien- und Anzeigegerät für die Gebäudeautomation. Dieses System ist in jedem einzelnen Haus bzw. Wohneinheit zu finden. Auf den Hauptseiten lassen sich grundlegenden Informationen abrufen und ablesen.

Dies sind zum Beispiel:

- Beleuchtung
- Messwerte
- Fenster und Türen
- Sonstiges (Zentralfunktion)

Mittels einfacher Tastenbedienung (Pfeiltasten links – rechts) kann zwischen den Hauptseiten gewechselt werden. Mit Betätigung der Taste „End“ kehrt man in das Hauptmenü zurück.



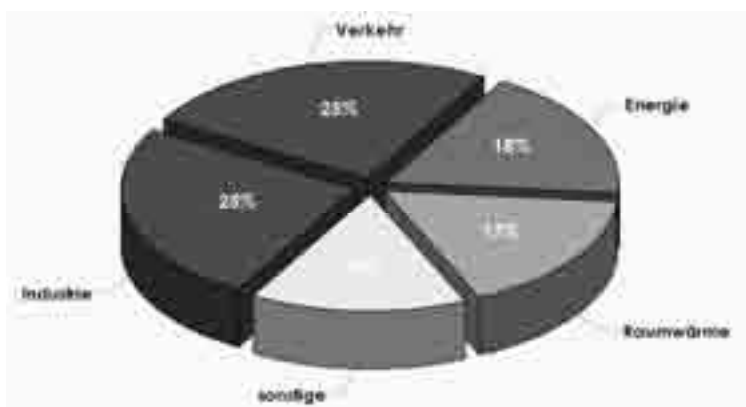
Abb.: Homemanager, Quelle: Archiv Sonnenplatz Großschönau GmbH

Pasivní dům na vlastní kůži – sebrané zkušenosti 1.111 osob, které si pasivní domy vyzkoušely

Martin Zizka, Sonnenplatz Großschönau GmbH
 Harmannsteinerstr. 120, A-3922 Großschönau
 Tel: +43 (0)2815/77270-0, e-mail: office@sonnenplatz.at

1. Úvod

Výstavba a bydlení jsou bezpochyby jednou z klíčových oblastí trvale udržitelného rozvoje. Největší objemy energií se dnes v budovách doslova „protopí“, spotřebují na chlazení a „projezdí“ dopravou.



zdroj: Statistik Austria, WIFO

Výstavbou pasivních domů je dnes možno realizovat nové cesty vedoucí k lepší kvalitě života prostřednictvím menší spotřeby energie. Pasivní domy jako nejlépe prozkoumaný standard bytové výstavby s přednostmi pro uživatele, výrobce i obecnou veřejnost se již prosadil jako moderní technologie. Pro jeho rychlé rozšíření je nutné získat kritický počet multiplikátorů (násobitelů), kteří budou aktivně šířit přesvědčivou myšlenku pasivních domů mezi širou veřejností. Tzv. bydlení na zkoušku (Probewohnen®) v jednom z pasivních domů je od 12.05.2007 na náměstí Sonnenplatz v Großschönau realitou. Kombinací informací, návštěvy, výměny zkušeností a zkoušky může budoucí stavebník PD z blízka okusit přednosti a pohodlí tohoto stavebního standardu. Prostřednictvím různých pasivních domů na jednom místě může zákazník poznávat autenticky tematiku energetické účinnosti a ekologie příjemným způsobem a v pravém smyslu slova ji „uchopit a pochopit“.



Obr.: Sonnenplatz Großschönau, zdroj: Archiv Sonnenplatz Großschönau GmbH

2. Vědecký doprovod

Kombinovanou analýzou uživatelského chování, energetických parametrů a pocitů uživatelů chceme přispět k vyšší kvalitě bydlení a pohody a tím ke zpřístupnění novým vrstvám zákazníků. Předpokladem optimálního výběru dat je koncepce použití sensorů, automatický záznam údajů, profesionální vyhodnocení, analýza a vědecky podložené dotazníky. Data získaná z průzkumů a analýzy se poskytují výrobcům jednotlivých domů na náměstí Sonnenplatz. Prostřednictvím rozsáhlého vyhodnocení tak mohou firmy poprvé získat údaje o skutečném chování uživatelů, spotřebě energie při různých povětrnostních podmínkách a o subjektivním pocitu pohodovosti jednotlivých uživatelů.

3. Vyhodnocení a analýza

Projektem Bydlení na zkoušku (Probewohnen®) se nejen předkládá veřejnosti tematika pasivních domů, ale také dochází poprvé k vyhodnocení a analýze uživatelského chování a uživatelského vnímání. Každá rodina se k tomu vyjádřila odevzdáním osobního dotazníku a zodpovězením otázek na téma pasivních domů, ekologie, pohodlí atd. Díky velkému počtu uživatelů na zkoušku mohlo být už po prvním roce dosaženo výmluvné zpětné vazby. Už teď lze konstatovat, že firmy, které se projektu na náměstí Sonnenplatz zúčastnily, zaznamenaly zvýšení poptávek a zájmu zákazníků.

Zájem o tematiku pasivních domů a s tím související technologie je enormní. Od otevření 1. Evropské vesničky pasivních domů dne 12.05.2007 možnost bydlení na zkoušku využilo přes 1.111 osob, které si vyzkoušely komfort pasivních domů na náměstí Sonnenplatz. Zpětná vazba a spokojenost zkušebních obyvatelů jsou vynikající. V první řadě byli překvapeni rozmanitostí objektů, materiálů a všestranností na jednom místě. Zjistili jsme, že stále ještě panuje mnoho nejasností okolo tematiky pasivních domů. Abychom mohli prezentovat přednosti PD, bude totiž zapotřebí ještě větší informovanosti a osvěty. Protože v budoucnosti si bude muset každý stavebník položit otázku: „Budu si moci svůj dům dovolit i další roky?“

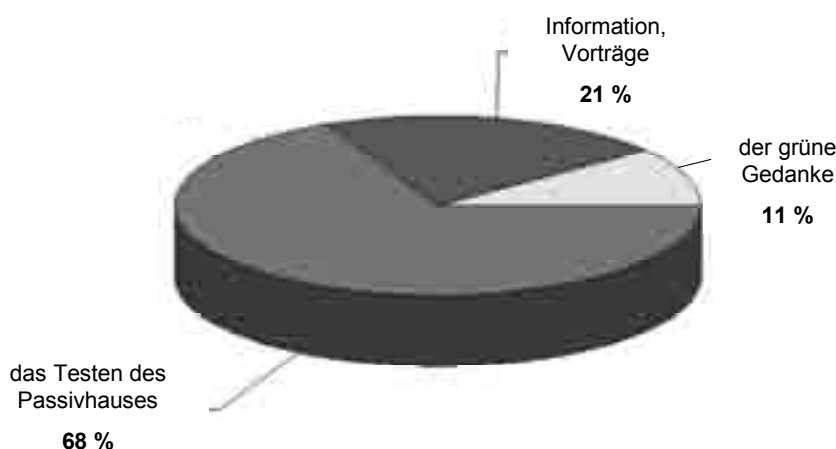
Proto se stává zásadou: Pasivní dům JE stavebním standardem budoucnosti.

Při vyhodnocení dotazníků jsme hlavní pozornost věnovali především těmto paramet-
rům:

- kvalita vzduchu a vlhkost vzduchu v domě
- pokojová teplota
- vícenáklady pasivních domů
- ekologické komponenty
- subjektivní pocit pohody

3.1. Konstatovali jsme následující výsledky:

Wovon haben Sie beim Probewohnen® *am meisten profitiert?*



Co bylo u bydlení na zkoušku největším přínosem?

Vyzkoušení pasivního domu 68 %, Informace, přednášky 21 %, Zelená myšlenka 11 %

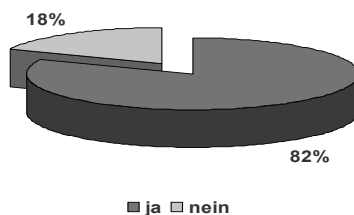
zdroj: Sonnenplatz Großschönau GmbH



2 wichtigsten Vorteile des Passivhauses

- 1. Energiesparen als Kostenvorteil
- 2. Passivhaus als Komfortgewinn

82% der Probewohner sehen das Passivhaus als Komfortgewinn



2 nejdůležitější výhody pasivního domu

- Úspory energie jako finanční výhoda

- PD jako výhoda v komfortu, 82% zkušebních obyvatel považují PD za výhodnější komfort

zdroj: Sonnenplatz Großschönau GmbH

3.2. Homemanager

Homemanager je centrální ovládací a monitorovací jednotka pro automatické řízení budovy. Tento systém najdete v každém z jednotlivých domů nebo bytových jednotek. Na hlavních stránkách si každý může najít a přečíst základní informace.

Jedná se např. o:

- osvětlení
- hodnoty měření
- okna a dveře
- ostatní (centrální funkce)

Pomocí jednoduchého ovládání tlačítky (šipky vlevo – vpravo) můžete v hlavních stránkách listovat a přecházet z jedné na druhou. Tlačítkem „End“ se vrátíte do hlavní nabídky.



Obr.: Homemanager, zdroj: Archiv Sonnenplatz Großschönau GmbH

Průzkum subjektivního hodnocení mikroklimatu pasivního domu

Josef Chybík, Fakulta architektury VUT v Brně

Poříčí 5, 639 00 Brno

Tel.: 5 414 6762, e-mail: chybik@fa.vutbr.cz

1. Úvod

Příspěvek představí výsledky průzkumu, který se uskutečnil v pasivních rodinných domech (PD), v řadové zástavbě v areálu bývalého cukrovaru v Židlochovicích, obr. 1. Zástavbu tvoří dvě řady rodinných domů. Starší byla dána do užívání v roce 2006. Její obyvatelé zde prožili dvě zimy a získali z tohoto období s užíváním domu první



zkušenosti. Do novějšího bloku se nájemníci nastěhovali ještě v průběhu otopné doby - v březnu 2008. Proto poznatky o hodnocení zimního období nebyly od nich získány. Jejich zkušenosti z období letního jsou však již obsahem tohoto průzkumu.

Obr. 1 Pohled na jihozápadně orientovanou fasádu řadových PD

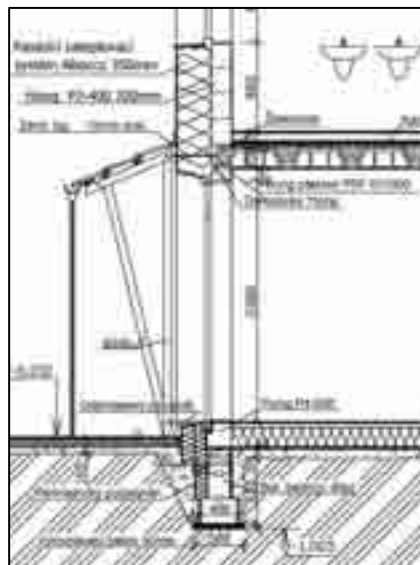
Průzkum byl zaměřen především na zjištění následujících činitelů:

- získání poznatků o motivaci stavebníků k realizaci výstavby PD,
- zjištění podmínek interního mikroklimatu PD v zimním a letním období,
- získání zkušeností z bydlení v PD.

2. Popis budovy

Zástavba se nachází na okraji intravilánu obce. Tvoří ji čtrnáct rodinných domů. Ve starší řadě je lokalizováno šest, v mladší osm domů. Jedná se dvoupodlažní stavby bez podsklepení, s užitnou plochou 105 m² (dokončeno v roce 2006), resp. 120 m² (dokončeno v roce 2008). Celé jihozápadní průčelí s obývacím pokojem v přízemí a dvěma ložnicemi v patře je prosklené. K severovýchodu s menšími okny je orientován vstup do jednotlivých domů a v patře ložnice.

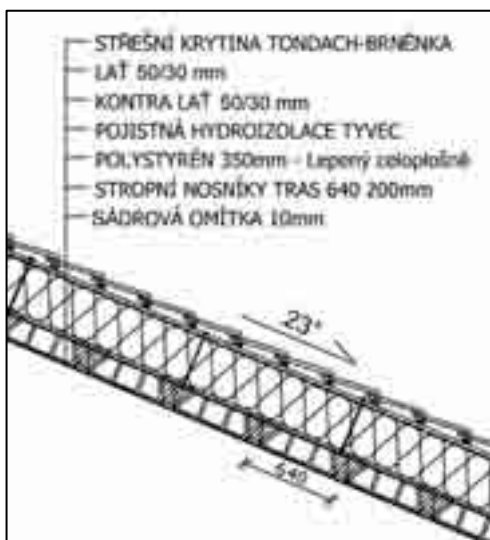
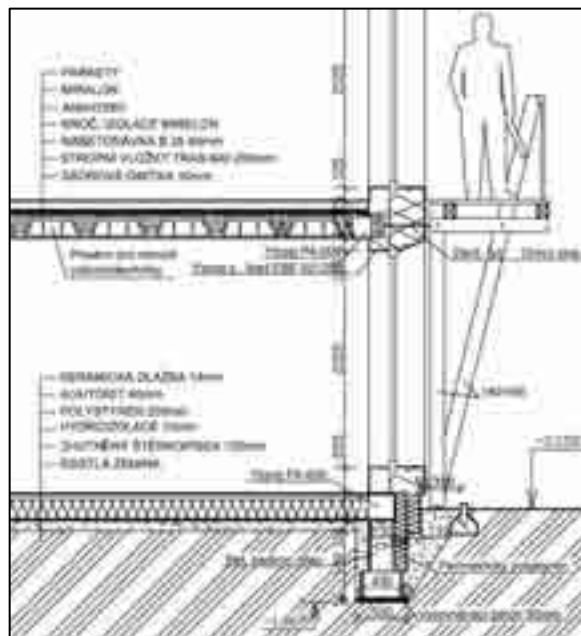
Obr. 2 Dílčí řez PD vedený severovýchodní stěnou se vstupem a krycí stříškou



Základy široké 400 mm jsou z vnější strany obloženy 150 mm vrstvou XPS, obr. 2 a obr. 3. Na nich jsou vyžděny vertikální nosné konstrukce z pórobetonu YTONG P5-600, tl. 200 a 250 mm s tepelnou izolací z EPS tl. 350 mm. Nosná schodišťová stěna je z vápenopískových cihel tl. 125 mm. Mezi domy je z akustických důvodů vložena izolace Rockwool tl. 30 mm. Stropy i šikmé střešní roviny tvoří desky YTONG, resp. nosníky TRAS a 350 mm EPS. Střecha má $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Skladby konstrukcí jsou patry z obr. 2 až 4. Okna jsou vrstvená s jádrem z borového dřeva a tepelnou izolací z PUR, zasklena trojsklem s kryptonem - $U_w = 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $T = 0,51$. [1] V každé místnosti je jedno okno otevíravé, ostatní jsou pevná. Dřevěné balkony mají vlastní systém založení a s budovou jsou spojeny bodově ocelovou pozinkovanou tyčí, obr. 3.

Obr. 3 Řez PD vedený jihozápadní stěnou s balkonem, stropy a podlahami

Provoz zajišťuje centrální větrací jednotka PAUL Santos F 250 DC. Nasávací potrubí zemního kolektoru je opatřeno antibakteriální vrstvou s podílem stříbra, která brání sukcesi mikroorganismů. Vnitřní rozvody vzduchotechniky jsou v přízemí ve stropě, přičemž v obývacím pokoji je přívod a v kuchyni odvod. V podkroví jsou výústky ve stěnách nad podlahou. Přihřívání vzduchu probíhá v kritických dnech zimního období pomocí elektrické energie. Ohřev teplé vody ve starší řadě šesti domů zajišťuje tepelné čerpadlo s topným faktorem 3,6 a výkonem 2,5 kW. Výkon tepelných čerpadel se vlivem malé potřeby energie zcela nevyužívá. V osmi domech „mladší“ řady je zabudován solární systém s kolektory umístěnými na střešní konstrukci a elektroohřev o výkonu 1,90 kW. Zásobník s provozní teplotou 52 °C má kapacitu 296 litrů. [2] V koupelně a v technické míst-



nosti, kde je sprcha, jsou jediná otopná tělesa, která zajišťují dostatečnou teplotu po celý rok a slouží k sušení. Náklady na energii tvoří pouze platby za elektřinu s dvěma zálohami po 1500 Kč. [3]

Obr. 4 Skladba střešní konstrukce PD v Židlochovicích

Domy mají jmenovitou potřebu na vytápění 15 kWh/(m².a). Výpočet dle PHPP prokázal, že potřeba primární energie se rovná 69,0 kWh/(m².a). Měrný příkon podle PHPP činí 12,2 W/m². Tlaková zkouška – „Blower door test“ prokázala neprůvzdušnost $n_{50} = 0,38 \text{ 1/h}$.

3. Respondenti

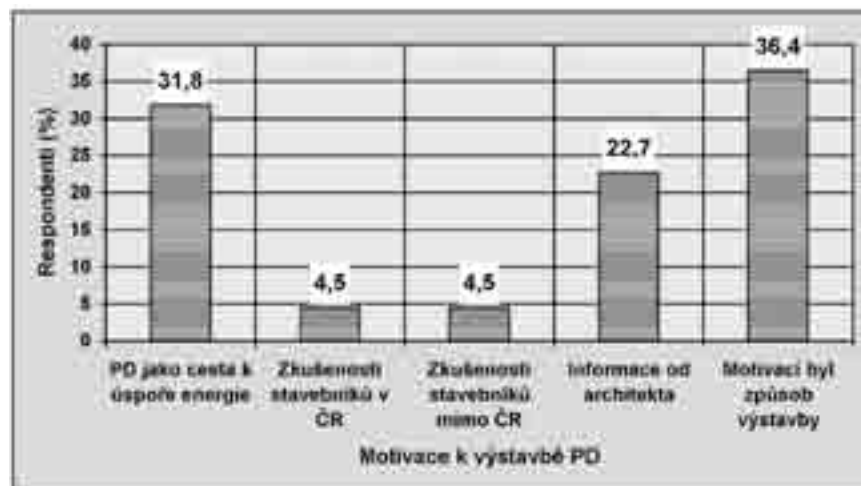
Účastníky průzkumu se staly osoby, které domy trvale obývají. S ohledem na skutečnost, že se obydlovaly postupně a zkušenosti se zimním obdobím měli jen obyvatelé ze starší, v roce 2006 obydlené řadě, proběhl průzkum v šesti domech. Poznatky s užíváním domů v letním období byly již sledovány v 10 domech.

Průzkum se uskutečnil ve dvou termínech v polovině května 2008 a počátkem srpna 2008. Data byla shromážděna prostřednictvím dotazníku, na jehož otázky v přítomnosti autora průzkumu odpovídalo v zimním období 14 respondentů a v letním období 11 respondentů. V letním období se jednalo až na jeden případ o zástupce jednotlivých rodin. Bylo tomu tak proto, že na rozdíl od zimního období, kdy se odpovědi obyvatel jednotlivých respondentů mnohdy lišily, byly v letním období získány v jednotlivých domech stejné odpovědi. Soubor poskytl 234 odpovědí, které separovaně hodnotily zimní a letní období.

Převážná část respondentů se nachází v mladší úrovni středněvěkého obyvatelstva se středoškolským a vysokoškolským vzděláním. Mužů s věkovým průměrem 31,3 roku se zapojilo 14, žen s věkovým průměrem 29,9 roku 10.

4. Průzkum

Při rozhodování o pořízení vlastního rodinného domu bylo 31,8 % dotázaných vedeno snahou vybudovat PD s cílem úsporit energii, snížit provozní náklady, přispět k ochraně životního prostředí a zdravě žít. Motivační se pro 36,4 % stal právě samotný způsob výstavby, který z hlediska enviromentálního pokládali za jeden z nejšetrnějších. Jen 4,5 % osob se rozhodlo na základě zkušeností, které získaly od



stavebníků v ČR nebo v zahraničí, obr. 5.

Obr. 5 Stimuly vedoucí k rozhodnutí stavět PD

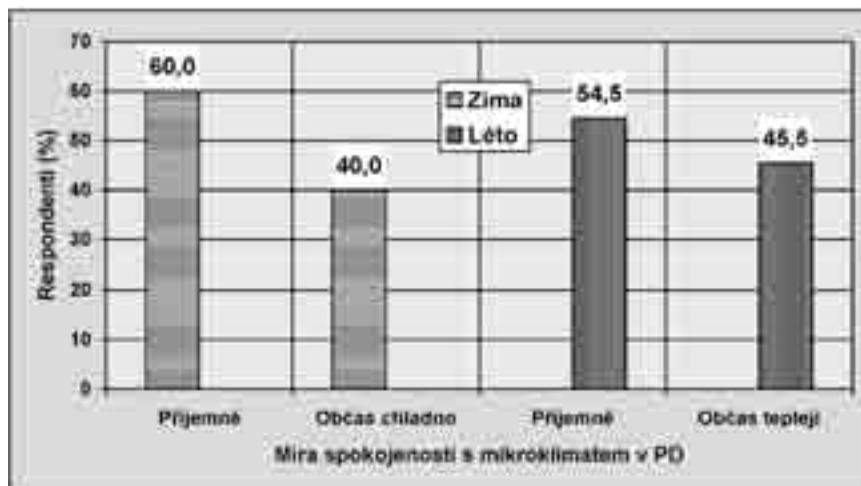
Při hodnocení vnitřního prostředí budov bylo zkoumáno jak na člověka působí vlivy, kterým je v interiéru PD vystaven v zimním a v letním období,

obr. 6. Za období zimní byl považován čas, kdy je podle současných pravidel v provozu otopná soustava, tzn. v měsících září až květen, ve kterých ve dvou po sobě následujících dnech poklesne průměrná venkovní teplota pod +13 °C. Bylo zjištěno, že v PD je v zimním období 60 % osob spokojených a cítí se příjemně. U zbývajících 40 % osob se v zimním období občas dostavoval pocit mírného chladu. Žádná osoba stav interního klimatu nezařadila do kategorie stále chladno nebo velmi chladno. V letním období se 54,5 % osob cítilo v domě příjemně a 45,5 % mělo ob-

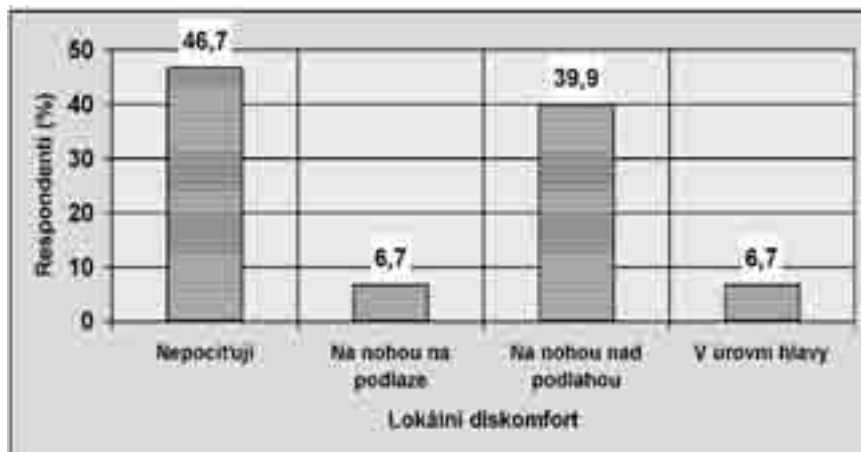
čas pocit mírně zvýšené teploty. Při průzkumu byly v létě mezi byty zjištěny značné rozdíly. V jednom z bytů byla při venkovní teplotě 30 °C naměřeno interiérová teplota 21,5 °C. Jeho uživatelé jej provozují tak, že podobně jako ve většině sledovaných domů ponechávají v noci otevřená okna. Vstupující chladnější noční vzduch byt vychladí. Ve dne však okna zcela uzavrou, venkovními žaluziemi byt zastíní a čerstvý vzduch přivádějí zemním výměníkem. Interiér se díky kvalitnímu obvodovému plášti a zastínění neprohřeje a v letním období si „podrží“ příjemný chlad.

Obr. 6 Bilance míry spokojenosti se stavem vnitřního prostředí

Lokální teplotní diskomfort daný pocitem chladu od konstrukcí s nižšími teplotami na jejich površích vůbec nepocítuje 46,7 % obyvatel. Ani v těsné



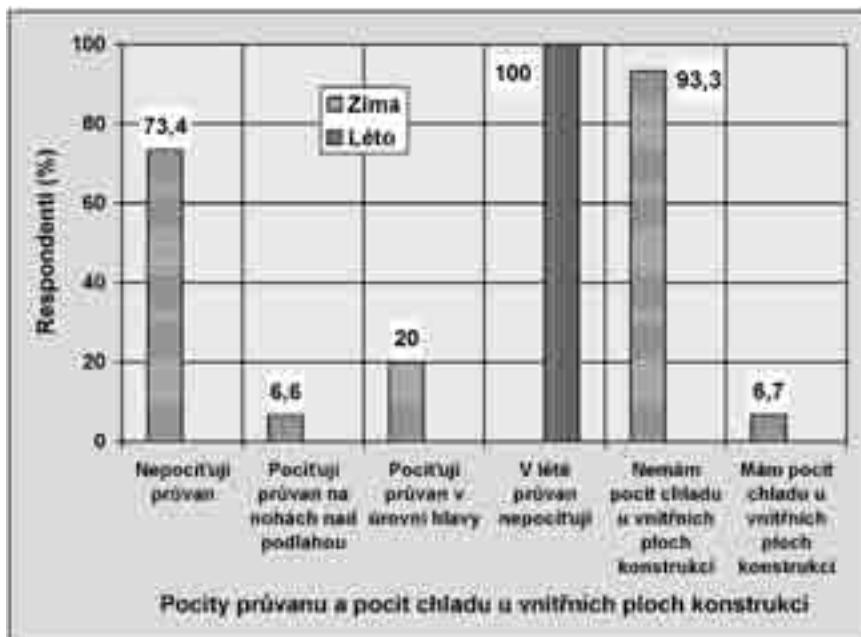
blízkosti oken nejsou díky jejím nízkým součinitelům prostupu tepla sledovány vlivy chladu. Pouze 6,7 % účastníků průzkumu vyslovilo stížnost na mírný teplotní diskomfort v oblasti kontaktu nohou a podlahy nebo v úrovni hlavy. Poměrně vysoký počet stížností 39,9 % se týkal klidové polohy nohou v úrovni kotníků a lýtek.



Obr. 7 Vyhodnocení míry lokálního vlivu nižších teplot na pocity osob

Průvan je ve sledovaných domech v obou ročních obdobích zcela marginálním fenoménem, obr. 8. V letním období jej jako zátěžový činitel nepocítoval nikdo

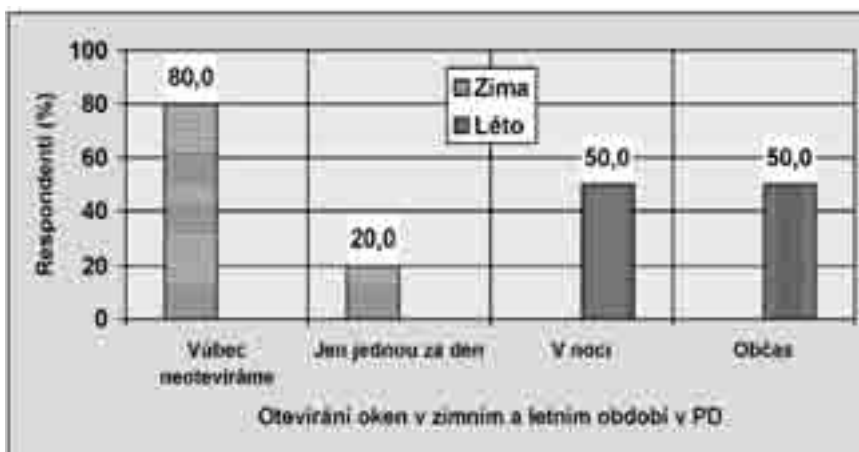
z dotazovaných. I v období zimním jej 73,4 % osob, tedy převážná část obyvatel neřadila k diskomfortním činitelům. Pouze 6,6 % respondentů pocítovalo proudící vzduch v úrovni dolní části nohou. V úrovni hlavy registrovalo 20,0 % osob poměrně nepříjemné vlivy proudícího vzduchu. Stížnosti měly lokální charakter a týkaly se míst s umístěnými výstupy vzduchotechnického zařízení. Větší rychlost proděni mohla být způsobena nesprávně seřízeným vzduchotechnickým zařízením.



Obr. 8 Pocity průvanu a pocity chladu v zimním a letním období

S vnitřním klimatem a energetickou náročností je zásadním způsobem spjatý způsob větrání budovy. V zimním období 80,0 % nájemníků vůbec neotevřít okna, obr. 9. Výměnu vzduchu zcela zprostředkovává soustava řízeného větrání. Zbývajících 20 % uživatelů domů

v podstatě zbytečně, ale přesto, alespoň jednou za den na krátkou dobu otevřenými okny větrá. V letním období v 50,0 % domů otvírají uživatelé okna pravidelně v noci. Druhá polovina osob v letním období otvírá okna jen občas – větrání interiéru v podstatě zcela svěřují větrací soustavě.



Obr. 9 Otevírání oken v zimním a letním období

Pokud jsou okna otvírána v teplých dnech dochází k vniknutí teplého venkovního vzduchu do interiéru a nepříjemnému navýšení tepelné zátěže ve vnitřním prostoru.

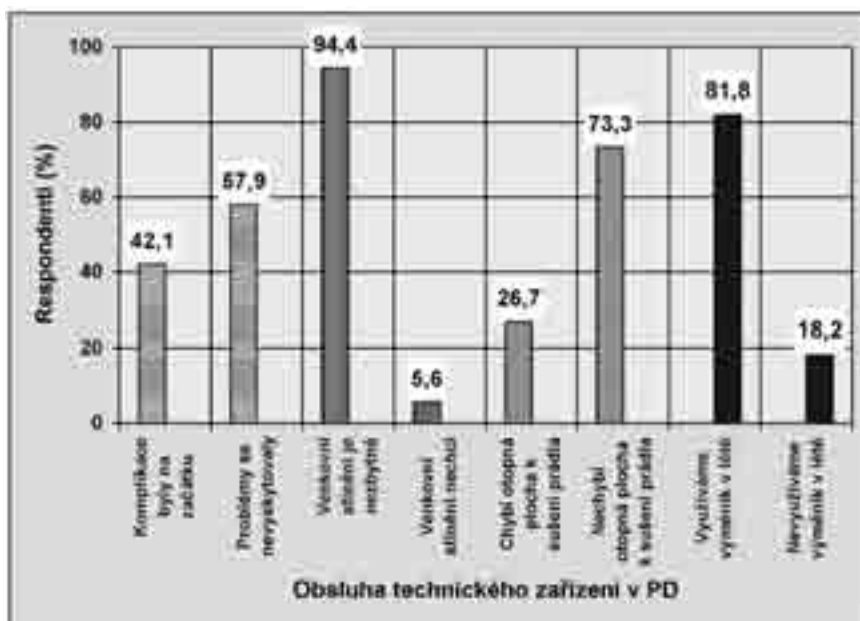


Obr. 10 Vnější pohyblivé okenní žaluzie a dřevěná pergola jako prostředek k vytvoření příjemného mikroklimatu

Občas slyšíme, a to především od osob, které s těmito stavbami zpravidla nemají žádné zkušenosti o jak složitý systém, který zajišťuje vnitřní klima se jedná. Celkem 57,9 % dotázaných odpovědělo, že se od počátku užívání nesešlo s problémy s technickým vybave-

ním budovy. O počátečních, krátkodobě trvajících komplikacích se zmínilo 42,1 % respondentů, obr. 11. Řada uživatelů dokonce hodnotila obsluhu technického vybavení v PD jako jednodušší nežli je práce spojená s klasickou otopnou soustavou.

Na stav vnitřního prostředí jak v části zimního období, tak především v období letním má zásadní vliv zařízení se schopností ochránit budovu před účinky slunečního záření. Optimálním prostředkem jsou regulovatelné clony instalované na vnější straně oken, obr. 10. Jsou o tom přesvědčeni téměř všichni obyvatelé. Pouze 5,6 % dává



přednost zastínění pomocí vnitřních závěsů. V tomto domě byly v letním období zjištěny nejvyšší teploty výrazně přesahující limit teplotního maxima 25,5 °C.

Obr. 11 Funkce technického vybavení budovy

Klasická otopná soustava, která by

sloužila jako prostředek k operativnímu vysušení mokrých svršků nechybí 73,3 % obyvatel. Tento problém se ve většině domů řeší lokálně pomocí elektricky napájeného topného zdroje – žebříku, umístěného v koupelně. Zbývajících 26,7 % obyvatel, v jejichž domech toto zařízení chybí, jej však postrádá.

Výměník tepla umožňuje příjemné prostředí při jeho celoročním užívání. Proto 81,8 % domácností jej využívá nepřetržitě. Pouze 18,8 % jej v létě nevyužívá vůbec nebo jen zcela omezeně. Je ovšem nutno podotknout, že je tomu tak především v těch domech, kde obyvatelé bydlí krátce a se zázemím a vybavením PD se teprve seznamují.

5. Závěr

Průzkum poskytl příznivé výsledky interního klimatu v PD v Židlochovicích. O spokojenosti obyvatel svědčí také to, že by tento typ domů doporučili i dalším zájemcům o výstavbu.

6. Literatura

- (1) MAREČEK, P. Stavby pasivních řadových RD v areálu bývalého cukrovaru v Židlochovicích. In Pasivní domy 2006, Brno, Centrum pasivního domu, 2006
- (2) <http://www.pasivnidomy.cz/domy/radovy-rodinny-dum-zidlochovice.html>
- (3) <http://www.pasivnidomy.cz/uvod/zkusenosti-s-pasivnimi-domy-ze-seminare-centra-pasivního-domu.html>

7. Untersuchung der subjektiven Bewertung des Mikroklimas eines passiven Hauses

Der Beitrag befaßt sich mit der Untersuchung, die in den in Židlochovice auf dem Gelände der ehemaligen Zuckerfabrik gebauten passiven Reihen-Einfamilienhäusern durchgeführt wurde. Die Bebauung besteht aus zwei Blöcken von Einfamilienhäusern. Der ältere Block wurde im Jahre 2006 bewohnt. Die Bewohner haben hier zwei Winter gelebt und haben die erste Erfahrung mit einem passiven Haus gemacht. In den zweiten Block sind die Bewohner am Ende der Heizperiode im März 2008 eingezogen. Deswegen wurde ihre Bewertung der Heizperiode nicht gewonnen. Die Erfahrung aus der Sommersaison wurde jedoch in die Untersuchung einbezogen.

Die Untersuchung wurde vor allem auf folgende Faktoren ausgerichtet:

- Erkenntnis der Motive der Bauherren zum Bau eines passiven Hauses,
- Ermittlung der Bedingungen des inneren Mikroklimas eines passiven Hauses im Winter und im Sommer,
- Erwerben von Erfahrungen mit dem Wohnen in einem passiven Haus.

8. Research of subjective evaluation of the microclimate of a passive house

The paper deals with the research made into passive one-family row houses built on the grounds of the former sugar mill in Židlochovice. The development consists of two blocks of one-family houses. The older one has been used since 2006. The residents have spent here two winter periods and gained the first experience in using a passive house. The residents of the newer block moved in at the end of the heating period – in March 2008. Therefore their experience and evaluation of the winter period has not been gained. However, their experience of the summer period has already been included into this research.

The research was focussed primarily on:

- gaining knowledge of the prospective owners' motivation to build a passive house,
- establishing the conditions of indoor microclimate of a passive in winter and summer periods,
- gaining experience of living in a passive house.

Vliv lidského faktoru na energetickou náročnost budov

Mgr. František Macholda, MBA, EkoWATT CZ s. r. o.

Areál Štrasburk, Švábky 2, 180 00 Praha 8

Tel: 266710247, e-mail: praha@ekowatt.cz, www.ekowatt.cz, www.energetika.cz

1. Normy a předpisy jako nedostupný ideál?

Podle platných norem a předpisů by měl projektant respektovat povinné obecné požadavky na výstavbu. V ideálním případě by měl navrhnout nejlepší dostupné řešení, aby byl provoz budov nejen energeticky, ale i finančně úsporný.

Ve skutečnosti probíhají projekční práce (zejména u velkých budov) pod časovým a finančním tlakem. Budovy jsou většinou navrhovány tak, aby splňovaly pouze nezbytné požadavky, a na hledání nadstandardního řešení nezbyvá čas.

Energetickou náročnost budovy lze ovlivnit zejména při výstavbě, kdy je možno navrhnout úspornější řešení za cenu nevelkého navýšení investic. Pozdější změny jsou drahé a často technicky nemožné.

2. Motivace rozhodovatele

Klíčem k výsledné energetické náročnosti budovy je osoba, která je pověřena řízením a koordinací projektu, zpravidla projektový manažer. Tato osoba přijímá řadu rozhodnutí, která přicházejí v průběhu přípravy a realizace stavby, přičemž každé z nich je ovlivněno řadou faktorů – osobní motivací, vnějšími a vnitřními faktory.

Osobní motivaci způsobují faktory, kterými rozhodovatel sleduje své vlastní zájmy. Typickými kladně působícími faktory jsou touha po úspěchu, po pochvle, po kariérním postupu a vnitřní uspokojení z práce. Negativně působícími faktory jsou například obava z neúspěchu a z vysoké zodpovědnosti. Pokud má projektový manažer kontrakt na dobu 18 měsíců, těžko se bude zajímat o výsledky, které se dostaví po této lhůtě. Nebude také ochoten přijímat jakákoli opatření, která by mohla sice zlepšit výsledek projektu, ale přinesla by riziko jeho zpoždění.

Vnitřní faktory jsou vlivy pocházející zevnitř vlastní společnosti. Z pohledu vrcholového managementu není často podstatná kvalita výsledné budovy, ale doba, za kterou bude budova sloužit svému účelu, a minimalizace nákladů. Proto se projektový manažer ocitá pod velkým tlakem času a finančních limitů. Management firmy stanovuje kritéria úspěšnosti práce rozhodovatele. Tato kritéria mají málokdy souvislost s úsporností budoucího provozu budovy. Proto je rozhodovatel tlačěn k chování, které preferuje rychlost výstavby před její kvalitou.

Vnější faktory ovlivňující rozhodovatele stojí mimo jeho vlastní firmu. Aby mohl uspět, musí spolupracovat s řadou vnějších dodavatelů, jako jsou architekti, projektanti, realizační firmy, apod. Pokud by projektový manažer stupňoval své požadavky na kvalitu budovy a použití nadstandardních řešení, mohly by se některé práce výrazně zpozdít a hrozily by i konflikty s dodavateli.

3. Výsledné chování rozhodovatele

Pokud si tedy uvědomíme složitost situace projektového manažera, nemůžeme se divit, že řadu rozhodnutí dělá s vědomím, že nejsou optimální, ale že jsou vynucena tlakem okolí. V případě, že si je vědom toho, že jeho další kariéra záleží na splnění požadavků vlastníků a vedení společnosti, že musí dobře vycházet s dodavateli a že rozhodujícími kritérii jsou termíny a náklady, je nucen volit často kompromisy. Ve stejné situaci jsou projektanti, kteří často pracují s měnícím se zadáním, takže volí pokud možno univerzální řešení, která lze na poslední chvíli upravovat.

4. Případová studie I. – Výstavba logistického centra

Obchodní společnost budovala své logistické centrum v několika etapách. Jádrem areálu bylo několik skladových budov. Po uvedení skladů do provozu se zjistilo, že mají velmi vysokou energetickou náročnost. Analýzou bylo zjištěno, že intenzita větrání je několikanásobně vyšší, než je nutné, a že jejím snížením by bylo možno uspořit až 40% energie na vytápění hal. Instalované větrací zařízení však neumožňovalo snížit množství přiváděného vzduchu. Jediným možným řešením by bylo nahradit větrací jednotky jiným typem, který by umožnil směšování čerstvého a cirkulačního vzduchu. I když by toto opatření vyžadovalo několikamilionovou investici, doba návratnosti by nepřesáhla čtyři roky. Navržené opatření by mělo ještě další kladný efekt. V souvislosti s postupující výstavbou areálu bylo plánováno vybudovat další zdroje tepla. Pokud by byla dosažena navržená úspora, stávající zdroje by nabízely dostatečnou kapacitu, a nebylo by nutno stavět žádné další. Tím by se ušetřily další náklady a doba návratnosti by se zkrátila na dva roky.

Rozhodovatelem byl v tomto případě energetik pověřený dohledem nad budováním, ale také nad dalším provozem areálu. Šlo o staršího muže, který nechtěl podstupovat rizika a velmi dobře vycházel se všemi dodavateli. Vedení společnosti mu nechávalo volnou ruku, protože se zabývalo obchodní činností firmy a výstavbu areálu chápalo pouze jako nezbytnou, nicméně podružnou záležitost. Projektový manažer se rozhodl, že úsporná opatření nebudou realizována, protože v dané chvíli bylo klíčovým úkolem budování dalších částí areálu.

Pokud by došlo k výměně větracích jednotek, mělo by to následující dopady:

- Byl by ohrožen harmonogram další výstavby
- Vznikly by neplánované náklady, které by bylo nutno zdůvodnit
- Zdůvodnění by vedlo k hledání viníka neuspokojivého stavu
- Byly by poškozeny vztahy s projekční kanceláří, které byly nezbytné pro pokračování projektu
- Sám projektový manažer by mohl být obviněn z nekompetentnosti

V dalších fázích pak bylo rozhodnuto o zrušení lokálních zdrojů tepla a o jejich náhradě centrální kotelnou a venkovními rozvody. Ekonomická analýza toto řešení nedoporučila, ale přesto bylo přijato. Klíčovým faktorem byla motivace rozhodovatele, který zrušením jednotlivě umístěných zdrojů tepla vyměnil nepohodlné obcházení

areálu za nový velín energocentra. Toto velmi nákladné řešení nebylo ze strany vedení firmy zpochybněno, jak by se mohlo stát při výměně větracích jednotek.

5. Případová studie II. – Provoz obchodního domu

Nadnárodní společnost požádala EkoWATT o spolupráci při snižování energetické náročnosti svých obchodních domů v několika zemích. Při analýze energetického hospodářství dvou jinak téměř shodných budov byly zjištěny velké rozdíly ve spotřebě nergii. Důvody byly tedy hledány ve způsobu provozování obchodních domů.

Při detailní prohlídce bylo zjištěno, že hlavním důvodem rozdílu ve spotřebách energie je noční provoz, kdy probíhá úklid. V jednom obchodním domě probíhal úklid po celou noc. Prostory uklízelo patnáct uklízeček, které nechávaly trvale rozsvícené celé obchodní centrum včetně dekoračního osvětlení, a to přes všechnu snahu správce budovy. Další spornou otázkou bylo větrání. Uklízečky si stěžovaly, že se jim v prostorách, kde uklízají, špatně dýchá. Větrání přitom pracovalo v režimu směšování cirkulačního a čerstvého vzduchu v poměru, který dostačoval pro denní provoz, kdy se centru pohybovalo cca tisíc osob. Spory s uklízečkami došly tak daleko, že správce rezignoval a cirkulaci vzduchu vypojil, takže se do budovy přivádělo a tepelně upravovalo 50 000 m³ vzduchu za hodinu. Protože tato změna probíhala pouze v nočních hodinách, nikdo další o ní neměl tušení.

Ve druhém, konstrukčně shodném, obchodním centru uklízelo pouze deset uklízeček a svou práci stihly mezi šestou a devátou hodinou ranní. Zbytek noci bylo větrání i osvětlení zcela vypnuto. Jak je vidět, výsledná energetická náročnost i byť i dobře navržené budovy může být klíčově ovlivněna spory mezi správcem budovy a partou uklízeček.

6. Obrat k lepšímu

Tento článek uvádí některé negativní zkušenosti a demonstruje je na extrémních příkladech. V menší míře ale popsání jevy fungují u každého projektu a u každé budovy.

Negativním efektům lidského faktoru při rozhodování lze ale účinně zabránit. Řešením je rozšířené zadání projektu, které mezi cílové parametry výstupu zahrne i hospodárnost provozu budovy po jejím dokončení. Velkou pomocí je i účast energetického konzultanta po celou dobu výstavby a při uvádění budovy do provozu.

Zdá se, že si vrcholový management firem strategickou důležitostí této otázky uvědomuje, protože se rapidně zvyšuje poptávka po dobrých koncepcích, které umožní optimalizovanou výstavbu. V době, kdy energetický večírek lidstva zvolna končí a ceny energií strmě rostou, to bude čím dál důležitější.

Environmentální a energetické hodnocení dřevostaveb v pasivním standardu

ing. Petr Morávek, CSc., ATREA s.r.o.

V Aleji 20, 466 01 Jablonec nad Nisou

tel.: +420 483 368 111, fax: 483 368 112, e-mail: atrea@atrea.cz

prof. ing. Jan Tywoniak, CSc., FSv ČVUT v Praze,

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

tel.: +420 224 354 574, fax: +420 233 339 987, e-mail: tywoniak@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Der Beitrag befasst sich mit der Analyse vom Passivhaus aus der Sicht der grauen Energie und CO₂-Emissionen. Insgesamt vier Varianten vom Einfamilienhaus identischer Grösse wurden untersucht und verglichen: Holzbaukonstruktion mit dem üblichen Streifenfundament oder mit kleinen Pilot-Fundamenten, Konstruktion mit tragenden Mauerwerk und WDVS, Stahlbetonkonstruktion in „verlorener Schalung“ und WDVS. Die Haustechnik war in allen Varianten identisch. Die Ergebnisse zeigen ganz klar die Vorteile effizienter Holzbauten, insbesondere bei der Anwendung der Zelluloseendämmung.

1. Úvod

Hodnocení staveb z hlediska dopadu jejich výstavby a provozu na životní prostředí, představuje exaktní metodu nezávislou na dnešních zcela deformovaných cenách energií a jejich neodhadnutelným vývojem.

Proto se ve vyspělých zemích postupně zavádí skutečně objektivní kritérium pro návrh a výběr nejúspornějších stavebních systémů z hlediska udržitelného rozvoje metodou LCA (Life Cycle Assessment), vyjadřující mimo souhrnné environmentální dopady výstavby i analýzu souhrnné energetické náročnosti, spolu s celkovou bilancí svázaných energií a emisí CO₂ pro výstavbu i provoz budov která je zároveň objektivní metodou z celospolečenských hledisek.

Současná energetická krize vyspělého světa, kde stavebnictví a provoz budov spotřebují přes 50% všech primárních energetických zdrojů, si nutně vyžádá i zásadní změny v legislativě a povolování staveb, zároveň s povinným hodnocením i celospolečenských aspektů.

2. Metodika hodnocení

Metodika LCA zahrnuje souhrn všech energetických nároků stavby včetně těžby surovin, výroby materiálu, dopravy, montáž, provozní energie a likvidaci, po celou dobu životního cyklu.

3. Výchozí podklady hodnocení

V tab. 3.1 jsou uvedeny hodnoty svázaných energií, tj. suma všech vynaložených energií na těžbu, výrobu, dopravu, montáž základních stavebních materiálů v přepočtu na běžně používané měrné jednotky ve stavební praxi a hodnoty ekvivalentních emisí CO₂ uvolněných do ovzduší při těžbě, výrobě, dopravě m³ základních stavebních materiálů (případně vázaných do hmoty dřeva), dle lit.[1].

materiál	měr. jedn.	kg/m ³	MJ/kg	MJ/měr. jedn.	CO ₂ (g/kg)	CO ₂ kg/měr. jedn.)
beton	m ³	2200	0,69	1518	103	227
celuloza	m ³	45	7,03	316	-907	-41
cihelné tvarovky	m ³	850	2,49	2116	1760	1496
dřevo	m ³	500	2,72	1360	-1409	-704,5
dřevovláknité desky	m ³	250	13,7	3425	-183	-46
EPS	m ³	38	98,5	3743	3350	127
minerální vlna	m ³	40	23,3	932	1640	66
ocel. výztuž	t	7800	22,7	22700	935	935
OSB desky	m ³	650	9,3	6058	-1 168	-759
sádrokarton	m ³	900	4,44	3996	200	180

Tab. 3.1 Svázané energie a ekvivalentní emise CO₂ hlavních stavebních materiálů

V tab. 3.2 jsou faktory energetické přeměny (pro přepočty konečných spotřeb na primární zdroje) a produkce emisí CO₂ jednotlivých energetických medií používaných v provozu pasivních budov.

Energie	faktor energ. přeměny (kWh/kWh)	měrná jednotka	ekv. emise CO ₂
elektřina	3,0	kg/MWh	680
biomasa - dřevo (krbová kamna)	0,05	kg/MWh	31
solární systém FT	0,05	-	-
solární systém FV	0,2	-	-
zemní plyn	1,1	kg/MWh	250

Tab. 3.2 Faktory energetické přeměny a produkce emisí energetických medií

4. Technické parametry hodnocených objektů

objekt:	pasivní rodinný dům s obytným podkrovím
zastavěná plocha:	9,60 x 8,60 m
celková vnitřní podlahová plocha:	132 m ² – var. A, B 118 m ² – var. C, D
součinitel prostupu tepla:	U = 0,10 W/(m ² K)
měrná potřeba tepla na vytápění:	14,8 kWh/(m ² a)
spotřeba primární energie :	118 kWh/(m ² a)
objemový faktor tvaru:	A/V = 0,62

5. Popis hodnocených variant řešení pasivního rodinného domu

Všechny hodnocené varianty jsou uvažovány s teplovzdušnou větrací a otopnou soustavou s rekuperací tepla, centrálním zásobníkem tepla (IZT), solárními panely a teplovodními krbovými kamny.

Varianta A

Dřevoskeletová konstrukce založená na betonových mikropilotách, staveništní integrované prefabrikované vazníky podkroví, bezvaznicový systém, obvodový plášť palubky, izolační výplň stěn, stropů, střech zafoukávaná celulóza, okna s trojskly.

Varianta B

Dřevoskeletová konstrukce založená na monolitických betonových pasech, staveništní prefa vazníky, bezvaznicový systém, obvodový plášť s tenkovrstvou omítkou, izolační výplň stěn, stropů, střech minerální vlna.

Varianta C

Zděná konstrukce založená na monolitických betonových pasech, z lehčených cihelných tvarovek 300 mm s vnějším zateplením EPS, tenkovrstvá omítka, strop přízemí železobetonová deska, krov dřevěný vaznicový, zateplení minerální vlna.

Varianta D

Monolitická betonová konstrukce založená na monolitických betonových pasech, do ztraceného bednění ze štěpkových desek s vnějším zateplením EPS, tenkovrstvá omítka, strop přízemí železobetonová deska, krov dřevěný vaznicový, zateplení minerální vlna.

6. Souhrnné bilance svázaných energií a emisí CO₂

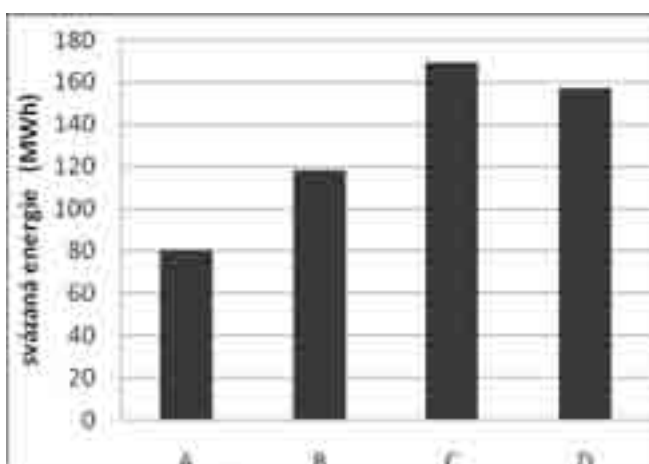
V tab. 6.1 a 6.2 jsou uvedeny hodnoty svázaných energií ekvivalentních emisí CO₂ všech hodnocených alternativ podle podrobných propočtů [2].

Varianta	Stavební část celkem (GJ)	TZB část (GJ)	Doprava (GJ)	Celkem (GJ)	Celkem (MWh)	Celková hmotnost stavby (t)
A	256	30,8	4,6	291,4	80,9	65,6
B	388	30,8	7,4	426,2	118,4	106
C	555,8	30,8	29,8	608,4	169	213
D	503,5	30,8	31,1	565,4	157	222,2

Varianta	CO ₂ stavební část celkem (t)	CO ₂ TZB část (t)	CO ₂ doprava celkem (t)	CO ₂ CELKEM (t)
A	-14,1	1,4	0,5	-12,2
B	12,8	1,4	0,8	15
C	120,3	1,4	3,4	125,1
D	46,7	1,4	3,5	51,6

Tab. 6.2 Souhrnné ekvivalentní emise CO₂ pro varianty A-D

7. Rekapitulace souhrnných hodnot konstrukčních alternativ A/ ÷ D/



Nákladní doprava:

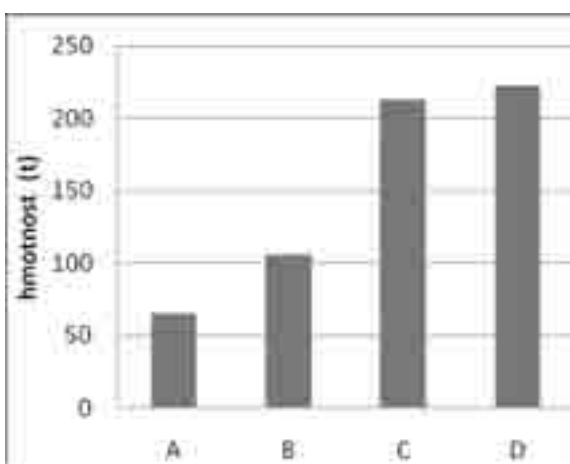
1,4 MJ/tkmnergie z neobnovitelných (primárních) zdrojů

(dle GEMIS CZ 2006): 0,16 kg/tkm emise CO₂, ekv.

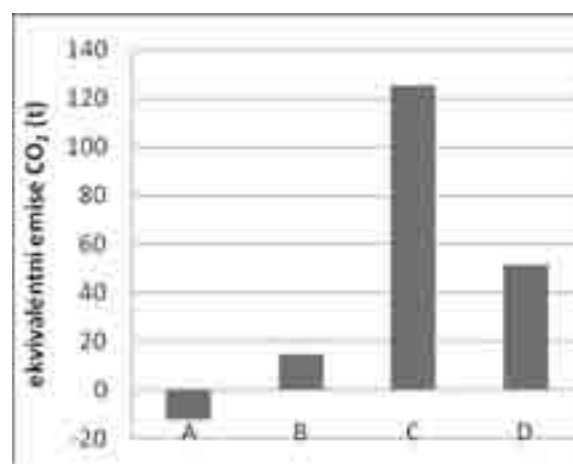
pro alt. A, B: průměrná vzdálenost 50 km (betonárky v místě)

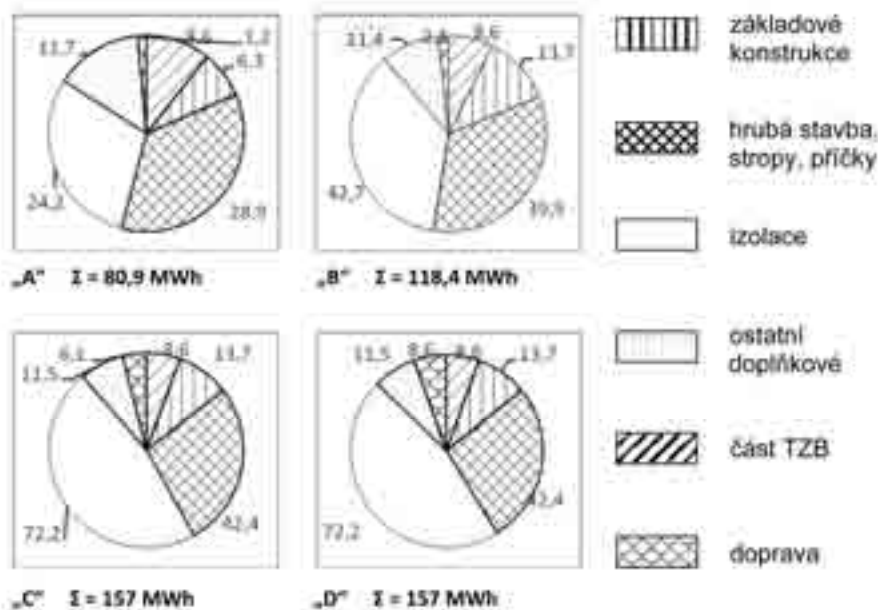
pro alt. C, D: průměrná vzdálenost 1000 km (vzdálené cihelny, výroby)

Tab. 7.1 Souhrnná spotřeba svázaných energií konstrukčních alternativ A/ ÷ D/, včetně dopravy

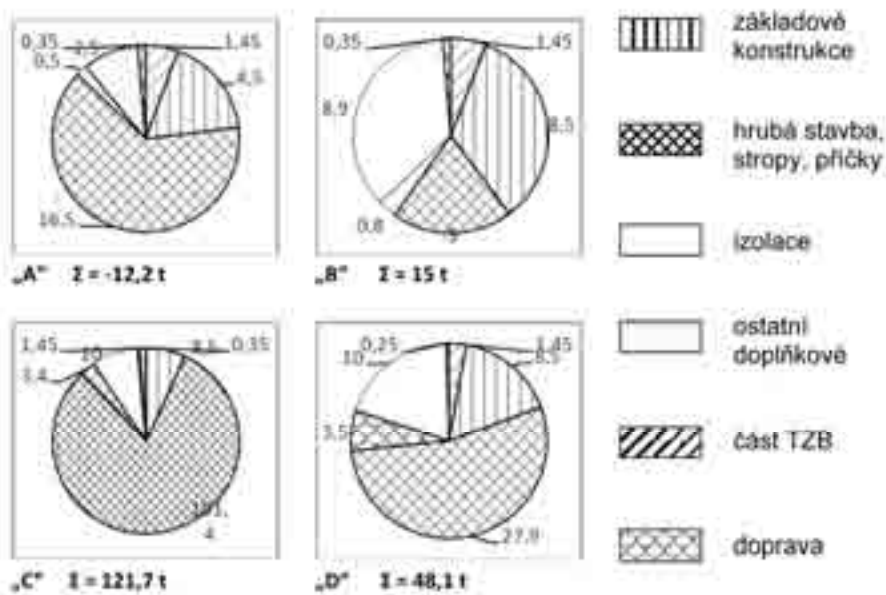


Tab. 7.2 Souhrnná hmotnost

Tab. 7.3 Ekvivalentní emise CO₂ stavebních konstrukcí



Tab. 7.4 Podíl hlavních konstrukcí na souhrnné spotřebě vázaných energií pro jednotlivé konstrukční alternativy



Tab. 7.5 Podíl hlavních konstrukcí na ekvivalentních emisí CO pro jednotlivé konstrukční alternativy

8. Potřeby provozních energií - alternativy A/ ÷ D/

a) vytápění	1966 kWh/r	(24,1%)
b) příprava teplé vody – 4 osoby x 550 kWh/os/rok	2200 kWh/r	(26,9%)
c) provozní energie TZB	800 kWh/r	(9,8%)
<u>d) režijní energie (spotřebiče) – 4 os x 800 kWh/os/rok</u>	<u>200 kWh/r</u>	<u>(39,2%)</u>
Potřeba provozních energií – celkem	8166 kWh/r	

9. Spotřeby provozních energií - alternativy A/ ÷ D/

a) vytápění: krbová kamna s výměníkem (n = 0,6)

	s 60% krytím celoroční spotřeby		
	$E_r = (1966 \times 0,60): 0,6 \times 10^{-3}$	1,97	MWh/r
	elektroakumulační ($n = 0,88$)		
	s 40% krytím celoroční spotřeby		
	$E_r = (1966 \times 0,40): 0,88 \times 10^{-3}$	0,89	MWh/r
b)	příprava TV: krbová kamna s 20% krytím spotřeby		
	$E_r = (2200 \times 0,2): 0,6 \times 10^{-3}$	0,73	MWh/r
	elektroakumulační s 20% krytím		
	$E_r = (2200 \times 0,2): 0,88 \times 10^{-3}$	0,50	MWh/r
	fototermální ohřev s 60% krytím		
	$E_r = (2200 \times 0,6): 1,0 \times 10^{-3}$	1,32	MWh/r
c)	provozní energie:	0,8	MWh/r
d)	režijní energie:	3,2	MWh/r
	Spotřeba provozních energií – celkem	9,41	MWh/r

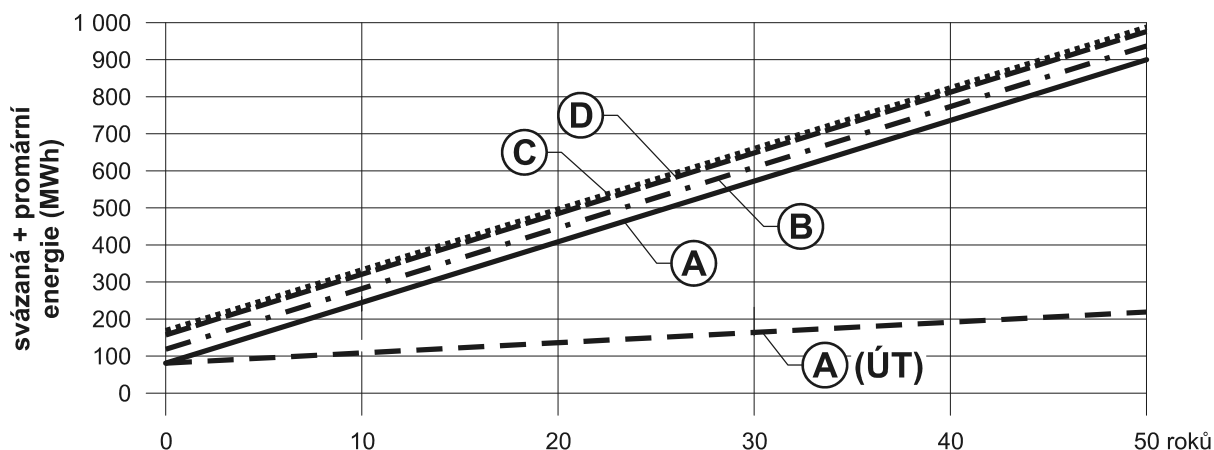
10. Přepočítání spotřeb provozních energií na primární energie – alternativy A/ ÷ D/

a)	vytápění:	krbová kamna:	$1,97 \times 0,05$	0,10	MWh/r
		elektroakumulační:	$0,89 \times 3,0$	2,67	MWh/r
b)	příprava TV:	krbová kamna:	$0,73 \times 0,05$	0,04	MWh/r
		elektroakumulační:	$0,50 \times 3,0$	1,5	MWh/r
		fototermální:	$1,32 \times 0,05$	0,07	MWh/r
c)	provozní energie:		$0,80 \times 3,0$	2,4	MWh/r
d)	režijní energie:		$3,20 \times 3,0$	9,6	MWh/r
	Souhrnná spotřeba primárních energií – celkem			6,38	MWh/r

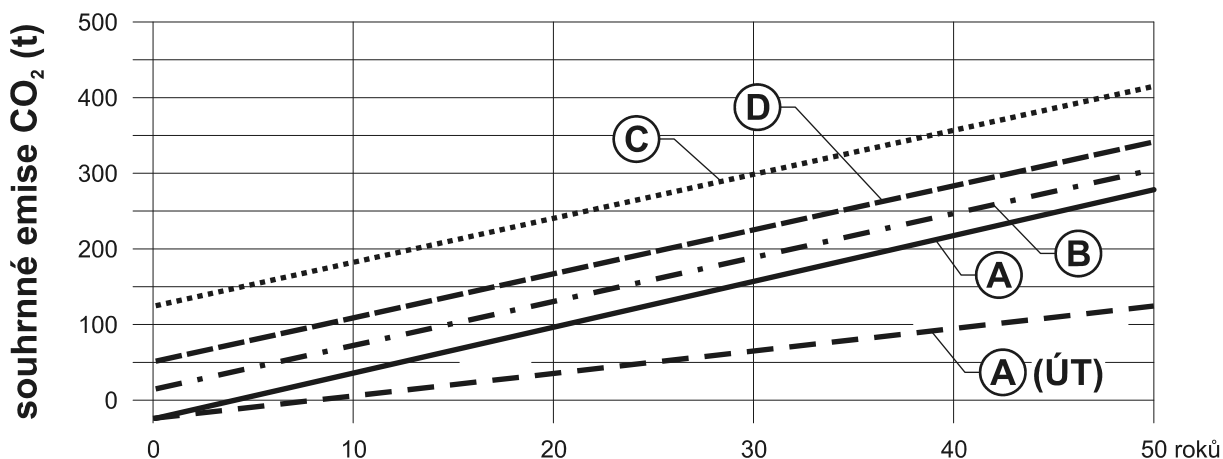
11. Přepočítání spotřeb provozních energií na emise CO₂

a)	vytápění:	krbová kamna	$1,97 \text{ MWh} \times 0,031$	0,06	t/r
	–	elektro	$0,89 \times 0,680$	2,67	t/r
b)	příprava TV:	elektro	$0,2 \times 0,68$	0,34	t/r
	–	solár	$1,32 \times 0$	0	t/r
	–	krbová kamna	$0,73 \times 0,031$	0,02	t/r
c)	provozní energie		$0,8 \times 0,68$	0,54	t/r
d)	režijní energie		$3,2 \times 0,68$	2,18	t/r
	Celkem emise CO ₂			5,81	t /rok

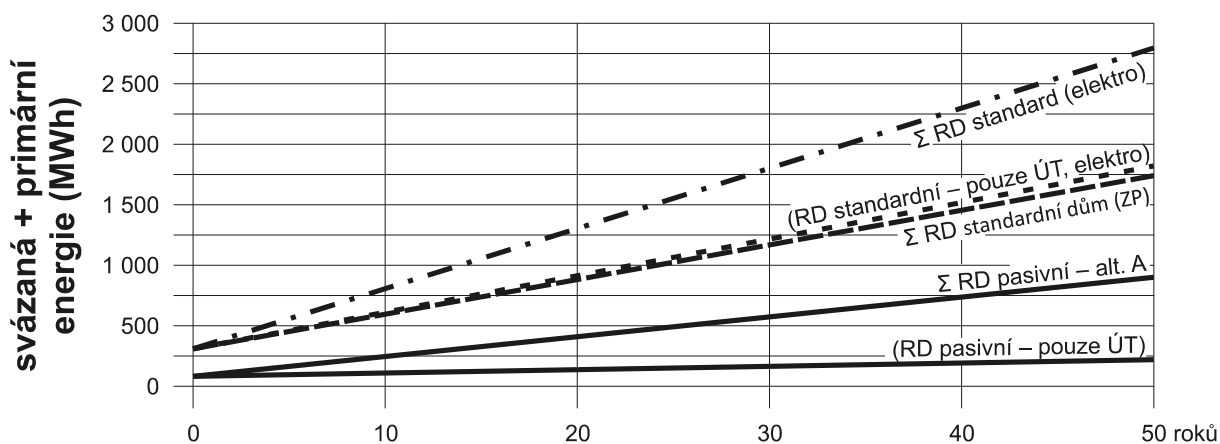
12. Rekapitulace souhrnných hodnot energií a emisí CO₂



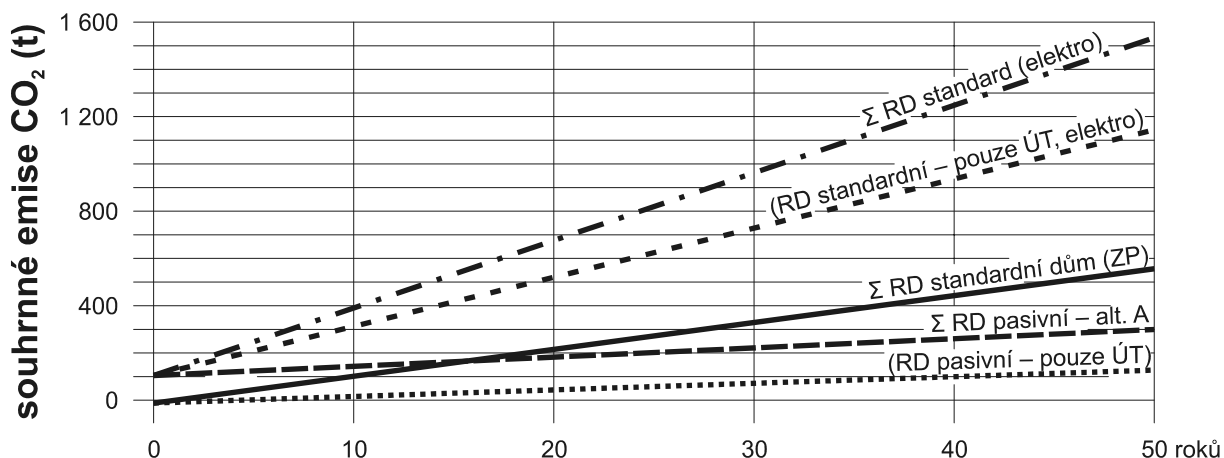
Tab. 12.1 Souhrnné bilance svázaných a primárních energií konstrukčních alternativ v průběhu životnosti stavby



Tab. 12.2 Souhrnné bilance ekvivalentních emisí CO₂ z výstavby a provozu konstrukčních alternativ v průběhu životnosti stavby



Tab. 12.3 Porovnání souhrnných bilancí svázaných a primárních energií standardního rodinného domu s pasivním domem v průběhu životnosti



Tab. 12.4 Porovnání ekvivalentních emisí CO₂ standardního rodinného domu s pasivním domem v průběhu životnosti

13. Závěr

Zpracované hodnocení konstrukčních variant zahrnující spotřeby svázaných energií a emisí CO₂ na komplexní realizaci rodinného domu (bez spotřeb na likvidaci stavby), jednoznačně prokazuje environmentální efektivnost úsporných dřevostaveb, zvláště v kombinaci s izolanty na bázi celulózy. Na rozdíl od všech ostatních konstrukčních soustav zde dochází k vázání CO₂ do hmoty budovy (pro běžný dům až 20 t CO₂). U běžné cihelné budovy dochází naopak k zátěži při výstavbě a provozu až 110 t CO₂.

Porovnáme-li, budovu v pasivním standardu odpovídající variantě A s běžnou zděnou budovou vybavenou navíc elektrickým vytápěním, můžeme konstatovat toto: Souhrnné emise CO₂ pro běžnou výstavbu s elektrickým vytápěním činí až 1534 t, tedy až o 500 % více než pro obdobný dům v pasivním standardu. Ještě zásadnější rozdíly jsou však při srovnání náročnosti vlastního vytápění, kdy svázané energie běžné výstavby jsou až o 700 % vyšší vůči pasivnímu standardu a emise CO₂ dokonce o 800 % vyšší. Při řešení konkrétních projektů rodinných domů se mohou tyto údaje pochopitelně (mírně) lišit, tendence budou ale shodné.

14. Literatura:

- (1) Waltjen, T.: *Ökologischer Bauteilkatalog*. Bewertete gängige Konstruktionen, Springer-Verlag/Wien
- (2) *Souhrnné bilance svázaných energií a ekvivalentních emisí CO₂ jednotlivých stavebních dodávek a prací variant A/-D/*. Nepublikované podklady k výpočtům. Atrea, s.r.o.
- (3) Gemis CZ: *Environmentální hodnocení nákladní dopravy*

Ekologická výstavba EPD

Bjørn Kierulf, Createrra s.r.o.

Hrubý Šúr 15, 90301 Senec, Slovensko

Tel: +421 905 313 078, e-mail: createrra@gmail.com

1. Aká je realita?

1.1. Prečo záleží na zabudovanej energii a emisii CO₂?

EPD vedú k zásadnému zníženiu spotreby energie na prevádzku domu. Je však možné postaviť EPD so zníženým množstvom zabudovanej energie (PEI), prípadne taký EPD, ktorý je CO₂ neutrálny vo výstavbe? Aký je pomer viazanej energie stavebnej hmoty voči prevádzkovej energii v bežnom rodinnom dome?

Ak EPD spotrebuje 6-10 násobne menej energie na vykurovanie ako dom postavený podľa stavebných noriem, mení sa aj pomer prevádzkovej energie a emisií CO₂ voči viazanej energii stavby rovnakým koeficientom.

Táto úvaha nás viedla k tomu, aby sme sa bližšie pozreli na skutočnosť a porovnali dva rovnaké EPD stavané z rôznych materiálov. Naša spoločnosť CREATERRA sa špecializuje na stavbu EPD z ekologických materiálov, a výsledky výpočtov nám len potvrdili, že ideme správnym smerom.

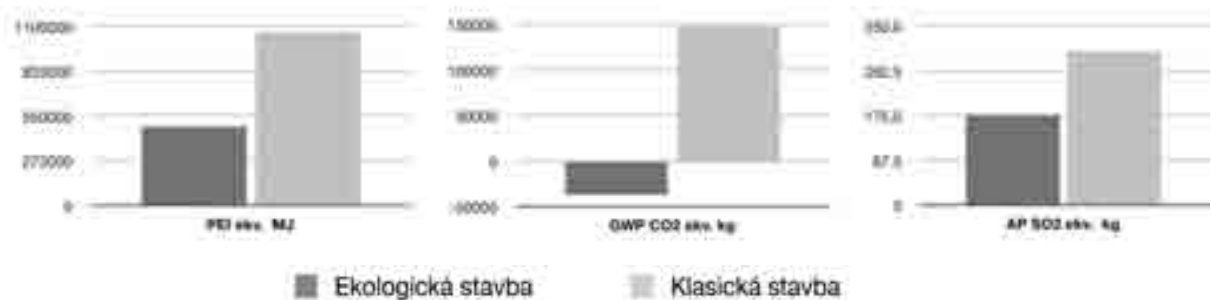
1.2. Porovnáme dva zdanlivo rovnaké EPD

V príspevku porovnávam dve materiálové varianty rovnakého návrhu domu. V prvej variante je dom stavaný z klasických materiálov (tehly, železobetónové stropy, kontaktné izolácie) kým druhý dom je riešený materiálmi ako je drevo, celulóza a hlina a je tepelne izolovaný pod základovou doskou. Rovnaká dispozícia a veľkosť domu boli základným predpokladom pre výpočet, a obdiva domy spĺňajú kritériá EPD.

Ku každému materiálu sme pripísali hodnoty PEI ekv. (viazanej primárnej energie) a emisie CO₂ ekv. (GWP - globálny potenciál otepľovania) a SO₂ ekv. (AP - Acidification potential - potenciál okysľovania prostredia). Tieto údaje sa opierajú prevažne o rakúsky zoznam materiálov öbox z Energieinstitutu Vorarlbergu, ktorý bol publikovaný aj v knihe Passivhaus Bauteilkatalog. iEPD (Inštitút pre energeticky pasívne domy, Slovensko, www.iepd.sk) spracoval v rámci kofinancovaného projektu brožúru, ktorá porovnáva rôzne alternatívne materiály a ich vlastnosti. Na základe tejto práce sme následne vytvorili excelovú tabuľku, pomocou ktorej sa dajú ľahko porovnať rôzne stavebné varianty. Tabuľka bude neskôr voľne dostupná na stránkach občianskeho združenia ArTUR (Architektúra pre trvalo udržateľný rozvoj - www.ozartur.sk)

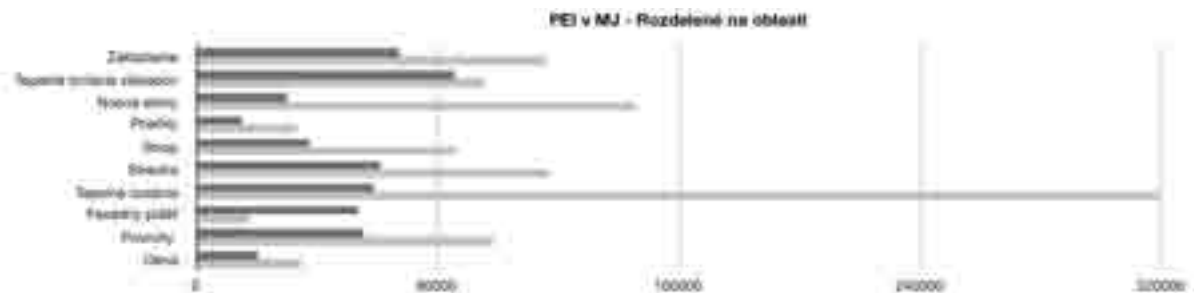
2. Výsledky

2.1. Celkové zhodnotenie

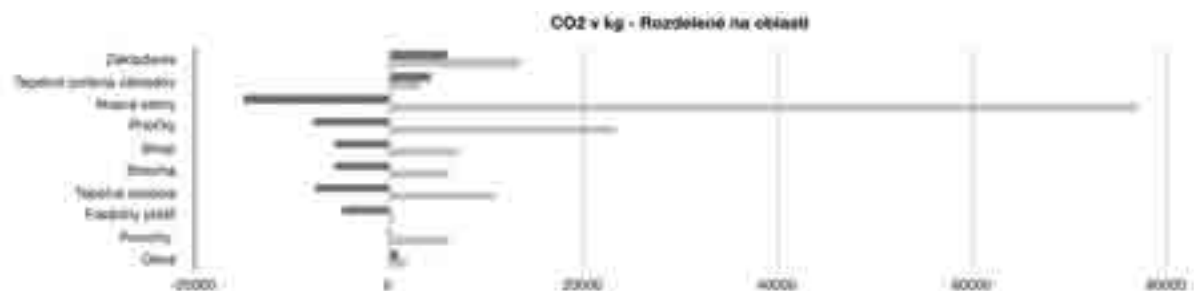


Porovnanie PEI, CO₂ a SO₂ pre celý dom

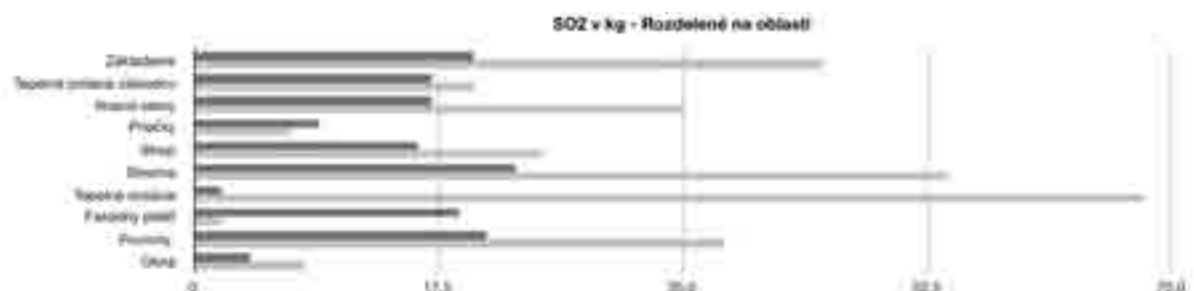
Sám som nečakal až taký extrémny rozdiel vo výsledkoch. Ako je vidieť, zabudovaná energia je viac ako 2-násobne vyššia (486'000MJ k 1'063'000MJ), kým v ekologickom dome viazem v materiáloch až 35t CO₂ ekv., pri druhom dome vypustím celkom 150t CO₂! Markantný je aj rozdiel, keď sa pozeráme na hodnoty zasírenia SO₂ ekv.



Výrazné rozdiely vznikajú hlavne v zakladaní, nosných stenách, stropoch, streche a povrchoch. Veľmi veľký rozdiel zaznamenávame pri tepelnej izolácii.

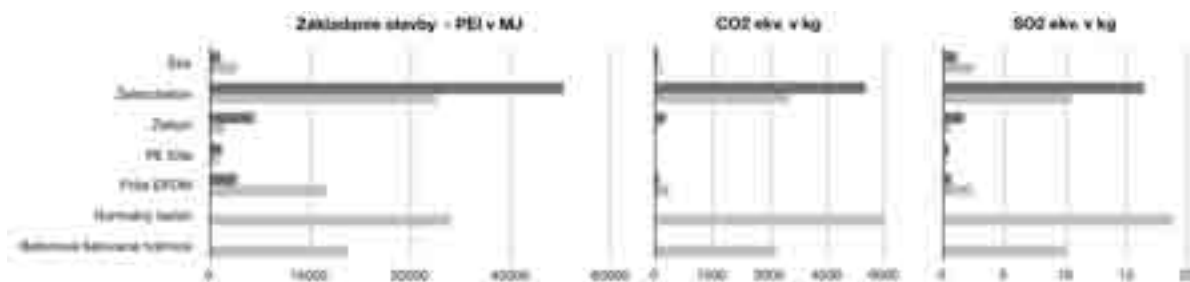


Najzaujímavejší je možno fakt, že okrem základov, povrchov a okien, dosiahne ekologický dom výrazne negatívne hodnoty. To preto, že použité materiály viažu CO₂.



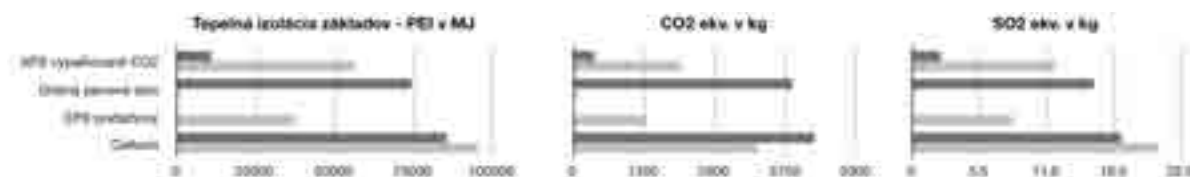
Aj pre SO₂ je výber materiálu rozhodujúci, mnohokrát vzniká aj väčší ako 100% rozdiel.

2.2. Vyhodnotenie PEI a CO2 ekv. podľa jednotlivých oblastí



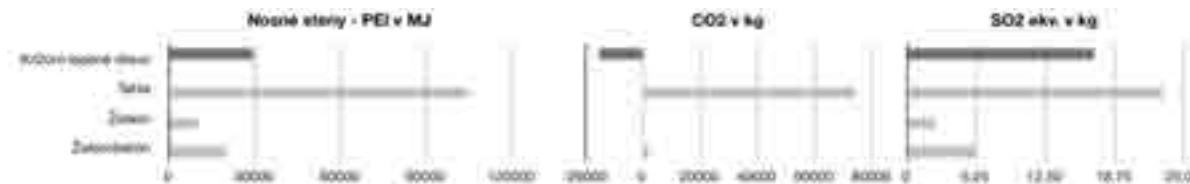
Zakladanie stavby:

Podstatný rozdiel vo výsledku tvorí rozdielny spôsob zakladania – kým ekologický dom zakladáme na betónovej doske na lôžku z penového skla, masívna stavba je založená na pásových základoch.



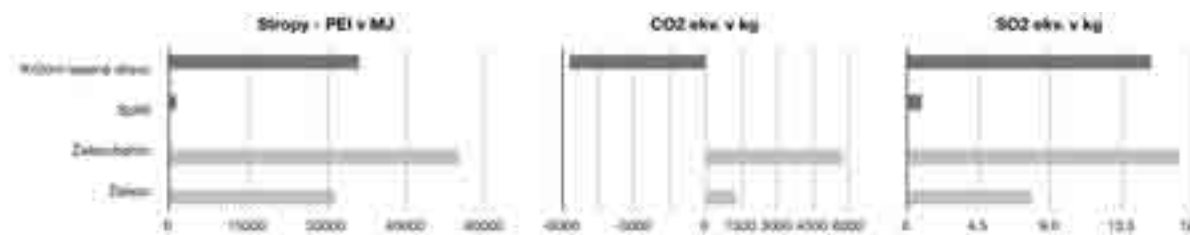
Teplná izolácia základov:

Celkový rozdiel PEI pre izoláciu základov je len minimálny (85000 k 95000MJ), avšak spolu s hodnotami zakladania stavby je zakladanie na penovom skle výhodnejšie. Zároveň získame základovú dosku pre akumuláciu v rámci teplého obalu a ušetríme asi 30cm z výšky stien prízemja, ktoré by inak boli potrebné pre tepelnú izoláciu a poter vo vnútri domu. Tým ušetríme 13,5m² fasády a jej izolácie.



Nosné steny:

Steny masívnej stavby pokrývajú 7,2m², väčšiu plochu ako drevená konštrukcia. O toľko sa musí zväčšiť aj základová doska, strop a strecha. Drevená konštrukcia je bezkonkurenčne úsporná.



Stropy:

Výrazný rozdiel je spôsobený priaznivými vlastnosťami dreva. Stropné dosky z dreva majú už z výroby pohľadovú spodnú rovinu, kým betonový strop treba omietať.

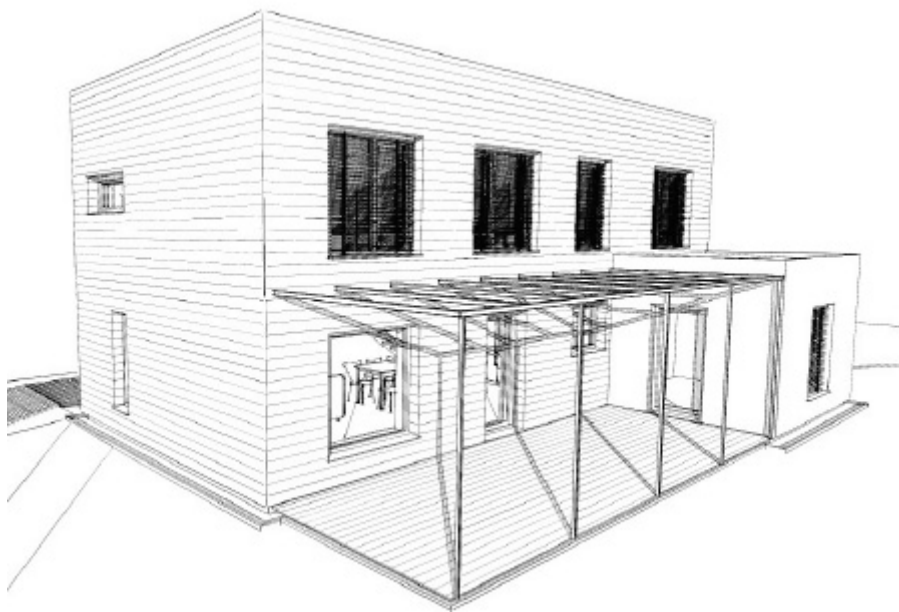
■ Ekologická stavba ■ Klasická stavba

klímu. Optimalizovaná konštrukcia znižuje množstvo použitého materiálu. Minimalizujú sa zároveň mokré procesy, čo urýchľuje výstavbu.

Ak staviame EPD aby sme šetrili energiu a napomohli boju proti globálnemu otepľovaniu, musíme však do spotreby energie na prevádzku domu zaradiť aj viazanú energiu. Ak môžeme pre rovnaký dom dosiahnuť rozdiel vo výške viac ako 160'000 KWh len tým, že vyberieme iné materiály, tak by sme to mali urobiť. Na tento dom bola vypočítaná spotreba na vykurovanie, TUV a vetranie pre celý rok na 2'200KWh (kompaktná jednotka Aerosmart M včetně spotreby pre priamo vykurovacieho panelu). 160'000 KWh sa rovná 72 rokov prevádzky (!!). 2'200KWh el. energie sa rovná asi 1000kg CO₂ emisií ročne. Môžeme teda 35 rokov prevádzkovať dom a stále bude CO₂ neutrálny. Naopak, ak postavíme dom z klasických materiálov, vytvoríme toľko emisií, koľko EPD vytvára počas 150 rokov, a to sme ešte nezačali bývať!

Do budúcnosti chceme náš stavebný systém ešte vylepšiť a optimalizovať. To, čo sa dnes odprezentovalo sa nebude páčiť tehlovej loby ani hlavným výrobcom tepelnej izolácie. Som presvedčený, že aj veľké firmy sa budú musieť prispôbiť realite a vyjsť na trh s ekologickjšími materiálmi. Smer nám musia ukázať architekti a kvalitné projekty.

Dúfam, že ste sa nechali inšpirovať číslami.



Pohľad na vypočítaný dom

4. Príloha

4.1. *Viazaná primárna energia (PEI), tzv. „šedá energia“*

Je to údaj v MJ, ktorý v sebe zahŕňa množstvo spotrebovanej primárnej energie v danom materiály. Ide o energiu vynaloženú na získanie suroviny, výrobu a dopravu materiálu. Jeden MJ zodpovedá v prepočte cca. 0,27KWh.

4.2. Emisie CO₂ekv. (potenciál globálneho otepľovania)

Tento údaj zahŕňa emisie látok prispievajúcich ku skleníkovému efektu. Oxid uhličitý sa vzhľadom k najväčším množstvám používa ako ekvivalent. Nás zaujíma, koľko kilogramov CO₂ bolo uvoľnených pri výrobe materiálu. Nie každý materiál má pozitívnu bilanciu CO₂. Napríklad drevo alebo iné dorastajúce suroviny počas rastu absorbovali viac CO₂, ako sa uvoľní pri ich príprave a zabudovaní v stavbe.

4.3. Emisie SO₂ekv. (potenciál okysľovania životného prostredia)

Ako ekvivalent sa používa oxid siričitý, ale údaj zahŕňa aj ďalšie plyny podieľajúce sa na acidifikácii, predovšetkým oxid dusíka a amoniak. Tento menej známy, ale tiež dôležitý údaj nám dáva informácie o nezvratnom procese znečistenia okolia priemyselnou produkciou. Plyny reagujú a viažu sa v atmosfére s vodou a dopadajú na Zem predovšetkým v podobe kyslých dažďov. Tie spôsobujú poškodenie vodných, lesných a pôdných ekosystémov, ale aj budov.

4.4. Nezohľadnené vo výpočtoch:

Technické inštalácie, doprava a manipulácia materiálu na stavbe. No vzhľadom na váhu, by bol aj tento údaj skôr nevýhodný pre masívnu stavbu.

Detajlné vypočtové tabuľky a východiskové tabuľky je možné stiahnuť zo stránky www.ozartur.sk. Pokiaľ sa vo výpočtoch napriek opakovaným kontrolám nájde chyba, budeme radi ak nás na to upozorníte.

5. Literatura

- (1) IBO, Waltjen, Tobias + spoluautori: *Passivhaus-Bauteilkatalog*. SpringerWien-NewYork, 2008, zweite Auflage, 284 s.
- (2) Ing. arch. Katarína Znášiková, Anna Nemcová, Mgr. art. Bjorn Kierulf: Informačná brožúra: *Environmentálne vhodné materiály pre energeticky pasívne domy*. iEPD, 2008, 46 s.

6. Abstrakt – PH ökologisch bauen

Einführung

PH führen zu einer 6-10 fachen Reduktion der notwendigen Heizenergie. Ist es sinnvoll ein PH zu bauen welches zugleich auch weniger graue Energie verbaut und CO₂ neutral erstellt werden kann?

Diese Frage hat dazu geführt das wir mit Hilfe von Materialtabellen von öbox und dem PH Bauteilkatalog eine detaillierte Berechnung von zwei PH Rohbauten durchgeführt haben.

Das erste PH ist ausschliesslich in Holzbauweise (Lignotrend) auf einer auf Glassschaumschotter gegossene Fundamentplatte erstellt und mit Zellulose isoliert. Alle weiteren Materialien wurden für einen niedrigen PEI (Primärenergieinhalt) und

CO₂ekv. (GWP – Global Warming Potential) ausgewählt, wie z.B. Holzfaserplatten oder Lehmputz.

Das zweite Haus ist aus Ziegelsteinen auf einem üblichen Fundament mit überliegender Isolation, jeweils mit Betondecken für den 1. Stock und Flachdach. Isoliert wurde das Haus mit Polystyren (Fassade) und XPS (Dach). Innen wurden Kalkzementputze und andere herkömmliche Materialien verwendet.

Resultate

Die Resultate sind verblüffend – der enthaltene PEI Wert ist beim klasisch gebautem Haus mehr als doppelt so hoch. Während das ökologische Haus 35t CO₂ ekv. bindet, stetzt das klasische Haus 150t CO₂ ekv. frei bevor es bewohnt wird! Die Werte der Versäuerung (SO₂) sind ebenfalls sehr unterschiedlich.

Anders interpretiert: beim Einbau von einem Kompaktgerät Aerosmart mit einem für dieses Haus berechneten Verbrauch für Heizung, Warmwasser und Lüftung von 2200 Kwh pro Jahr können Sie bei der richtigen Materialwahl fast 70 Jahre Gebrauchsenergie einsparen, oder 35 Jahre CO₂ neutral heizen, statt noch vor dem Einzug ein Gebrauchsekvivalent von 150 Jahre vorzuproduzieren!

Es macht überaus Sinn, sich zu überlegen womit man ein PH bauen sollte.

soul001 – 3 Jahre Leben im Passivhaus

Ing. Christian Steiner MSc, so(u)l network – ökosolares planen & bauen gmbh,
A-2424 Zurndorf, Mühlgasse 37, +43(0)2147/22110,
e-mail: christian.steiner@soul-network.at, www.soul-network.at

1. Intro

Das Projekt „soul001 – lebenszentrum steiner“ wurde von uns als private Bauherrn und als Pilot- und Referenzprojekt unserer Firma „so(u)l network – ökosolares planen & bauen gmbh“ mit dem Kernteam des Netzwerks konzipiert und umgesetzt. Ziel war es, einen Wohn- und Arbeitsraum zu erschaffen, der unsere Bedürfnisse erfüllt und „unsere Seele berührt“, und als beispielhaftes Musterprojekt überregionale Wirkungskraft zeigt.

2. Fakten

2.1. *Hard Facts*

- 722 m² Grundstücksfläche, 145 m² Wohnnutzfläche, 201 m² Bruttogeschoßfläche
- EKZ 13,0 kWh/m²a (PHPP), Heizlast 11,4 W/m², Primärenergiebedarf 22,3 kWh/m²a
- U-Werte(W/m²K): Außenwand 0,11, Pult/Flachdach 0,12, Fenster/Verglasung 0,69-0,85
- 5,5kW Wärmepumpe & Komfortlüftung mit 320m² Kombi-Sole-Flächenkollektor, 12m² PV
- „klima:aktiv-Passivhaus“ (995 v 1000 Punkten), „Österr. Solarpreis 2005(Solares Bauen)“

2.2. *Soft Facts*

- Leitbild „lichtvolles, natürliches Lebenszentrum zum Wohlfühlen“, Motto „Leben im Licht“
- Lehmputz an Wänden & tw. Decken, Lehmstampfwände > Raumklima & Luftfeuchte!
- 45m² Süd-Verglasung > passivsolare Gewinne, Helligkeit & Leben mit dem Garten!
- Wand- und Fußbodenheizflächen, Zusatzofen > Strahlungswärme & Behaglichkeit!
- 1,5kWp-PV-Anlage > Solarstrom für die HT-Anlage! („theoretisch energieautark“)
- Hochwertige Materialien > Holz natur/geölt, Naturdämmstoffe, Biofarbe, Gründach, usw.

3. Erfahrungsbericht

Meine persönliche Erfahrung aus der ca 1,5-jährigen Realisierungsphase bzw. nach gut 3 Jahren „Be- & Erleben“ - aus der „objektiven“, sachlichen Sicht des verantwort-

lichen Projekt-/Bauleiters und aus der ganz subjektiven, emotionalen Sichtweise des Bauherrn.

3.1. Planen & Bauen

- „Simultanes Planen“ wirkt und ausreichend Zeit gibt Raum für „richtige“ Entscheidungen!
- Interdisziplinarität wirkt, möglichst frühzeitig alle Aspekte erfassen & detailliert planen!
- Kosten rasch & umfassend erfassen – Controlling gibt Sicherheit, ermöglicht Steuerung!
- Terminpläne sind Pflicht, ausreichende Vorlaufzeiten für alle die Kür, Meilensteine feiern!
- Planung (Schnittstellen) durch Fachleute mit PH-Erfahrung ist einzige (Qualitäts)Chance!
- Umsetzung durch Profis schont das Nervenkostüm, Eigenleistung kostet oft nur Kraft!..

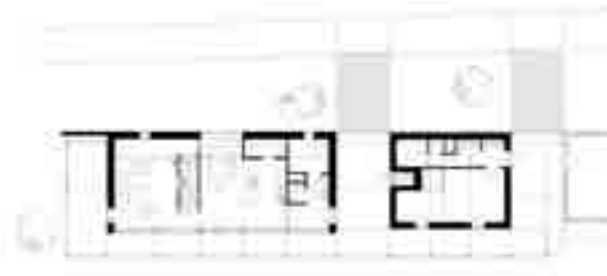
3.2. Leben (im Passivhaus)

- Lebensspender Sonne – wohlig warm im Winter (egal wie kalt draußen), aber keine Überhitzung im Sommer > konstruktiver Sonnenschutz & Speichermasse wirken!
- Das PH als ganzes, va. die Haustechnik, MUSS funktionieren, und ausreichend „Puffer“ bereitstellen(So+Wi) – der Konsument erwartet sich gerade davon unheimlich viel!!
- Wohnkomfort ist Maßstab(nur z.T. objektiv messbar) und für Zufriedenheit entscheidend!
- Kleine technische Mängel („nicht PH-perfekt“) werden von Nutzer nicht wahrgenommen, Einschränkungen in der Nutzung (zB. nicht ausreichend warm) wirken jedoch „fatal“!
- Die Investition in hochwertige Materialien & PH-Qualität rechnet sich – vielfältig!!!
- Es kostet Überwindung im Altbau zu arbeiten, wenn daneben das Passivhaus wartet!..

4. Conclusio

Wir haben das Glück, seit fast 3,5 Jahren in einem außerordentlichen Umfeld zu leben. Das wird nicht nur durch Auszeichnungen sondern (viel wichtiger) durch unzähliges (ungefragtes) positives Feedback Dritter laufend bestätigt. Unsere Komfortansprüche werden durch das herrliche Innenraumklima übertroffen, wir sind eine gesunde und vitale Familie (krank sind wir alle drei praktisch nie) und schöpfen tagtäglich Kraft aus dem Gebäude, um unsere anderen Lebensträume zu verwirklichen!

In Verbindung mit den Möglichkeiten, mit dem Außenraum direkt in Verbindung treten und am Grund auch arbeiten zu können, verbleibt nur eine abschließende Überzeugung: Wir haben uns ein Paradies erschaffen, das durch und durch unser Lebenszentrum geworden ist, wir genießen es einfach zu Hause zu sein, die positiven Seiten unseres ökosolaren Passivhauses auszukosten – wir leben privilegiert, einfach im Licht!..



EG-Grundriss & Impression zum „lebenszentrum steiner“ (© Christian Steiner & so(u)l network gmbh)

soul001 – 3 roky života v pasivním domě

Ing. Christian Steiner MSc, so(u)l network – ökosolares planen & bauen gmbh,
A-2424 Zurndorf, Mühlgasse 37, +43(0)2147/22110,
e-mail: christian.steiner@soul-network.at, www.soul-network.at

1. Úvodem

Projekt „soul001 – lebenszentrum steiner“ (*soul001 – centrum pro život a práci steiner*) byl koncipován a realizován jako pilotní a referenční projekt základním týmem naší společnosti „so(u)l network – ökosolares planen & bauen gmbh“, která tento projekt financovala jako soukromý investor. Cílem projektu bylo vytvořit prostor pro bydlení a práci, který by naplňoval naše požadavky a „dotkl se naší duše“. Současně jsme tímto vzorovým projektem chtěli dát impuls přesahující rámec regionu.

2. Fakta

2.1. Hard Facts

- 722 m² plocha pozemku, 145 m² užitná plocha pro bydlení, 201 m² hrubá podlažní plocha
- Hodnota energetického koeficientu 13,0 kWh/m²a (PHPP), topná zátěž 11,4 W/m², spotřeba primární energie 22,3 kWh/m²a
- U-hodnoty (W/m²K): vnější zdi 0,11, pultová/plochá střecha 0,12, okna/zasklení 0,69-0,85
- 5,5kW tepelné čerpadlo & komfortní ventilace s kombinovaným solárním kolektorem o ploše 320m², 12m² fotovoltaika
- „klima:aktiv-Passivhaus“ (995 z celkového počtu 1000bodů), „Rakouská solární cena 2005 (Solární stavby)“

2.2. Soft Facts

- heslo „přirozené centrum plné světla pro život i práci, kde se jeho uživatelé budou cítit dobře“, motto „život ve světle“
- hliněná omítka na stěnách a na některých střepech, stěny z upěchované hlíny > klima v místnosti & vzdušná vlhkost!
- 45m² prosklené fasády otočené směrem na jih > pasivně solární zisky, prosvětlení celé budovy & „život v zahradě“!
- topení v podlaze a stěnách domu, k tomu kamna > sálavé teplo & útulná atmosféra!
- fotovoltaika 1,5kWp > solární energie pro domovní techniku! („teoretická nezávislost na cizí energii“)
- vysoce kvalitní materiály > přírodní dřevo/dřevo napuštěné olejem, tepelná izolace z přírodních materiálů, bio-barvy, zazeleněná střecha atd.

3. Zkušenosti

Moje osobní zkušenosti nasbírané za 1,5 roku realizace příp. za více než 3 roky „žití & zažití“ – z „objektivního“, tj. věcného pohledu odpovědného vedoucího projektu a současně i stavbyvedoucího, a také ze zcela subjektivního, emocionálního pohledu soukromého investora.

3.1. Plánování & realizace

- „Simultánní plánování“ a dostatek času poskytují prostor pro „správné“ rozhodování!
- Interdisciplinární přístup umožňuje včas zachytit všechny aspekty & detailní plánování!
- Rychlé & detailní stanovení všech nákladů - controlling dává jistotu a umožňuje řízení celého procesu!
- Harmonogramy jsou naprosto nezbytné, dostatečný čas na přípravu je optimální pro všechny zúčastněné, důležité je také oslavit již dosažené výsledky (milníky)
- Plánování (rozhraní) ze strany odborníků, kteří mají zkušenosti v oblasti pasivních domů, je jediná šance na úspěch (tj. pokud chceme dosáhnout kvalitu)!
- Realizace stavby s pomocí profesionálů šetří nervy, vlastní výkony stojí velmi často jen sílu!...

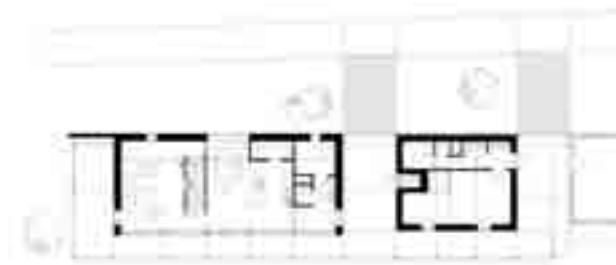
3.2. Život (v pasivním domě)

- Životodárné slunce – příjemné teplo v zimě (i při velkých mrazech), ale žádné přehřívání v létě > odstínění slunečních paprsků & dostatek akumulární hmoty!
- Pasivní dům jako celek – domovní technika MUSÍ fungovat a poskytovat dostatečnou rezervu (v létě i v zimě) – od toho si spotřebitel slibuje nejméně!!!
- Komfort bydlení je měřítkem (ne zcela objektivním) všeho a je naprosto rozhodující pro celkovou spokojenost uživatelů!
- Menší technické nedostatky („ne-perfektní pasivní dům“) uživatel nevnímá, o to víc ale různá omezení při používání domu (např. dům není dostatečně teplý) – omezení působí „fatálně“!!
- Investice do vysoce kvalitních materiálů & do celkové kvality pasivního domu se vyplatí – ve všech směrech!!!
- Stojí to velké přemáhání, pracovat ve „starém“, když vedle čeká nový pasivní dům!..

4. Závěrem

Máme to štěstí, že můžeme již 3,5 roku žít v mimořádně příjemném prostředí. A to nám potvrzují nejen různá vyznamenání a ocenění, ale (a to je mnohem důležitější) i četné (nevyžádané) pozitivní ohlasy ze strany třetích osob. Naprosto dokonalé vnitřní klima předčí všechna naše očekávání: jsme zdravá a vitální rodina (prakticky nikdo z nás tří není nemocný) a každý den čerpáme z tohoto domu novou sílu k uskutečňování našich dalších životních snů. Máme možnost žít a vlastně i pracovat v přímém

spojení s venkovním prostorem, a to pro nás znamená jediné: podařilo se nás vytvořit si „ráj na zemi“, který se stal naším středobodem života. Jsme prostě rádi doma a vychutnáváme si všechny pozitivní stránka našeho ekosolárního pasivního domu - užíváme si privilegia žít ve slunci!



Půdorys přízemí & Impression „lebenszentrum steiner“ (© Christian Steiner & so(u)l network gmbh)

Über die Wirtschaftlichkeit von Passivhäusern

BM Ing. Ernst Michael Jordan MAS, JORDAN [architektur&energie]

Am Hartfeld 8, A-4300 St. Valentin

Tel: +43-7435-58706, e-mail: office@jordan-solar.at

1. Einleitung

Die vorliegende Studie untersucht die wirtschaftlichen Parameter von verschiedenen Haustypen auf Basis eines konkret gebauten Hauses (Wohnnutzfläche 142 m²; beheiztes Volumen 672 m³). Als Arbeitshypothese wurde das Haus in vier verschiedenen Ausführungsvarianten hinsichtlich der technischen Qualität betrachtet:

- ein Haus entsprechend der NÖ Baugesetze, im folgenden „BTV“ genannt.
- ein Haus mit einem HEB- Wert (nach EN 832) von 40 kWh/m²a. (kurz „NEH40“)
- ein Passivhaus, das mit dem Kürzel „PH“ gekennzeichnet wurde
- ein Passivhaus mit einem Kollektor für die Brauchwassererwärmung – („PH-K“)

2. Errichtungskosten

Es wurden für alle Varianten der gleiche Grundriss und die gleiche Qualität der Oberflächen gewählt, um den Vergleich möglichst eindeutig zu halten.

2.1. Ergebnis

Die Betrachtung der Errichtungskosten ergibt naturgemäß eine breite Streuung. Der Unterschied der Bauteile und vor allem auch die Unterschiede in den haustechnischen Komponenten tragen dazu bei. Die Rechnung zeigt das erwartete Ergebnis: das Passivhaus ist die teurere Bauform.

	BTV	NEH40	PH	PH+K
Herstellkosten	€ 260 400	€ 279 600	€ 296 400	€ 302 400
	100%	107%	114%	116%
mögliche Förderung	€ -	€ 39 100	€ 59 500	€ 61 000
verbleibender Finanzbedarf	€ 260 400	€ 240 500	€ 236 900	€ 241 400
	100%	92%	91%	93%

Die Auswertung zeigt, dass die NÖ-WBF durch die progressive Regelung den Qualitätsstandard des Passivhauses durch ein deutliches Mehr an Fördergeld unterstützt.

3. Betriebskosten

Die Betriebskosten werden im Folgenden auf zwei Gruppen aufgeteilt:

- Betriebskosten mit einem Zyklus von bis zu fünf Jahren (Energie, Servicekosten, Kleinreparaturen, Kehrgebühren und ähnliches)
- Aufwendungen für einen Betrachtungszeitraum von 60 Jahren. (Wiederherstellungskosten der haustechnischen Komponenten und Fenster.).

3.1. Laufende Kosten

	BTV	NEH40	PH	PH+K
Energie- Kosten	€ 788	€ 465	€ 169	€ 95
	100%	59%	21%	12%
Betriebskosten gesamt	€ 934	€ 611	€ 199	€ 159

3.2. Lebenszyklus- Kosten (Life- Cycle- Costs)

	BTV	NEH40	PH	PH+K
Periodische Systemkosten	€ 598	€ 623	€ 788	€ 903
	100%	104%	132%	151%

Die höheren Systemkosten für die Typen PH und PH+K ergeben sich vor allem aus den deutlich höheren Kosten für die Fenster. Dieses schon in der Errichtung teure Element schlägt naturgemäß auch am Ende dessen Lebensdauer mit höheren Kosten zu Buche.

3.3. Jährliche Systemkosten innert 60 Jahre (statisch)

	BTV	NEH40	PH	PH+K
Betriebskosten gesamt	€ 934	€ 611	€ 199	€ 159
Periodische Systemkosten	€ 598	€ 623	€ 788	€ 903
Gesamte Jährliche Kosten	€ 1 532	€ 1 233	€ 986	€ 1 061
	100%	81%	64%	69%

Die Tabelle zeigt, dass in der Gesamtbetrachtung das Passivhaus über längere Zeiträume geringere jährliche Kosten aufweist als alle anderen Typologien.

4. Schlussbetrachtung

Die Berechnungen zeigen auch bei ausschließlich statischer Betrachtung, dass Investitionen in die Verbesserung des Gebäudestandards jedenfalls auch wirtschaftlich interessant sind.

Die Einsparung von Kosten für die Raumwärmebereitstellung ist auch unter Berücksichtigung von normalen Service- Kosten mit kurzen Zyklen beträchtlich. Und selbst, wenn diesen Punkten Aufwendungen für Wiederherstellung hinzugerechnet werden, bleibt die qualitätvollere Bauform billiger als die gewöhnliche, wengleich der monetäre Vorsprung schmilzt.

Die dynamischen Wirtschaftsgrößen (Inflation, Energiepreissteigerung,...) verändern die Bilanz weiter zum Vorteil der Passivhausbauweise, denn die Heizkostensteigerungen betragen in den letzten Jahren bis zu 14% p.a (Öl, Gas).

Grundsätzlich kann daher jedenfalls festgestellt werden, dass das Engagement für die bessere Gebäudequalität nicht allein eine Frage eines idealistischen Umweltbewusstseins oder der hedonistischen Suche nach mehr Raumkomfort ist.

Das Erreichen des Passivhaus- Standards kann mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie auch mit rein wirtschaftlicher Betrachtungsweise überzeugend argumentiert werden.

Pasivní domy z hlediska hospodárnosti

BM Ing. Ernst Michael Jordan MAS, JORDAN [architektur&energie]

Am Hartfeld 8, A-4300 St. Valentin

Tel: +43-7435-58706, e-mail: office@jordan-solar.at

1. Úvodem

Předkládaná studie se zabývá průzkumem ekonomických parametrů různých typů domů na základě jednoho konkrétně zrealizovaného objektu k bydlení (užitná obytná plocha 142m²; vytápěný objem 672 m³). Pro potřeby pracovní hypotézy byl tento dům porovnáván ve čtyřech různých variantách technického provedení:

- dům v souladu s požadavky platného stavebního zákona Dolního Rakouska, dále jen „BTV“.
- dům se spotřebou energie na vytápění HEB = 40 kWh/m²a (podle EN 832) - zkratka: „NEH40“
- pasivní dům označovaný zkratkou „PH“
- pasivní dům s kolektorem na ohřev užitkové vody – („PH-K“)

2. Pořizovací náklady

U všech variant byl zvolen stejný půdorys a stejná kvalita povrchů, aby vzájemné porovnání bylo co nejobektivnější.

2.1. Výsledek

Při pohledu na pořizovací náklady je zřejmý velký rozptyl. Hlavním důvodem jsou rozdíly mezi konstrukčními prvky jednotlivých domů, ale hlavně rozdílné komponenty technického vybavení, které byly u jednotlivých domů použity. Tabulka tak dokládá jen to, s čímž se předem počítalo – pasivní dům patří k dražším formám výstavby.

	BTV	NEH40	PH	PH+K
Pořizovací náklady	€ 260 400	€ 279 600	€ 296 400	€ 302 400
	100%	107%	114%	116%
výše podpory	€ -	€ 39 100	€ 59 500	€ 61 000
zbývající finanční potřeba	€ 260 400	€ 240 500	€ 236 900	€ 241 400
	100%	92%	91%	93%

Z tohoto vyhodnocení vyplývá jednoznačně, že prostředky, kterými dolnorakouská vláda podporuje výstavbu domů, napomáhají díky progresivnímu způsobu jejich přidělování významným způsobem prosazovat kvalitativní standard pasivních domů.

3. Provozní náklady

Provozní náklady byly rozděleny do dvou skupin:

- provozní náklady v následujícím provozním cyklu až pěti let (energie, servis, malé opravy, poplatky na úklid komunikací apod.)
- náklady na období následujících 60 let (náhrada technické výbavy a oken).

3.1. Běžné náklady

	BTV	NEH40	PH	PH+K
Náklady na energii	€ 788	€ 465	€ 169	€ 95
	100%	59%	21%	12%
Celkové provozní náklady	€ 934	€ 611	€ 199	€ 159

3.2. Náklady během životního cyklu domu (Life- Cycle- Costs)

	BTV	NEH40	PH	PH+K
Periodické systémové náklady	€ 598	€ 623	€ 788	€ 903
	100%	104%	132%	151%

Vyšší systémové náklady u typu domů PH a PH+K jsou zapříčiněny zejména podstatně vyššími náklady na okna. Tento prvek, u něž jsou již pořizovací náklady vysoké, zatíží rozpočet samozřejmě i na konci své životnosti.

3.3. Roční systémové náklady na následujících 60 let (statické hodnoty)

	BTV	NEH40	PH	PH+K
Celkové provozní náklady	€ 934	€ 611	€ 199	€ 159
Periodické systémové náklady	€ 598	€ 623	€ 788	€ 903
Celkové roční náklady	€ 1 532	€ 1 233	€ 986	€ 1 061
	100%	81%	64%	69%

Z tabulky jednoznačně vyplývá, že při hodnocení z pohledu delšího časového horizontu způsobuje pasivní dům v porovnání s ostatními typy domů nižší roční systémové náklady.

4. Závěrečné hodnocení

Výpočty dokazují, že investice do vyššího standardu budovy jsou co do celkové hospodárnosti zajímavé i jen z čistě statického pohledu.

Úspory u nákladů na vytápění místností jsou značné i přesto, že je nutno zohlednit krátký cyklus servisních prací při normálních cenách za tyto výkony. I po započtení nákladů na znovupořízení různých komponent, zůstává tato rozhodně kvalitnější forma výstavby cenově výhodnější než standardní způsob výstavby, i když finanční výhody nejsou tak výrazné.

Bilance pasivních domů je o to výhodnější, o co více zohledníme ekonomické parametry, které podléhají dynamickým změnám (inflace, stoupající náklady na energii...) – vždyť náklady na topení narůstají v posledních letech až o 14% ročně (topný olej, plyn).

Závěrem lze tedy konstatovat, že úsilí o vyšší kvalitu nově stavěných domů není jen záležitostí idealistů bojujících za záchranu životního prostředí nebo hédonistů, jejichž prioritou je co nejvyšší komfort bydlení.

Výsledky předložené studie hovoří jednoznačně pro výstavbu domů v pasivním standardu, a to i z čistě ekonomického hlediska.

Pasivní domy 2008

2. Architektonická a technická řešení pasivních domů

Patricie Taftova

Wohnhausanlage Schellenseegasse, Wien 80

Bytový dům Schellenseegasse, Vídeň 86

Jan Růžička, Radek Začal

Nízkoenergetický rodinný dům v Roztokách u Prahy – praktické zkušenosti z realizace dřevostavby, porovnání s návrhem 92

Michael Graf

Architektonischer und technischer Minimalismus – ein best-practise Beispiel eines Einfamilienpassivhauses 98

Architektonický a technický minimalismus – ukázkový příklad pasivního rodinného domu 104

Peter Jackanin, Eugen Nagy

Do akej miery môže byť pasívny dom zároveň aj udržateľnou stavbou? 110

Aleš Brotánek, Stanislav Paleček

Difuzně otevřené skladby pasivních dřevostaveb a jejich kontrola nejen Blower-door testem 117

Jan Řežáb

JRD – realizace nízkoenergetických a pasivních bytových domů 2008 128

Martin Krč

Pasivní dům v Letovicích II 135

Pavel Rydlo

Energeticky úsporný rodinný dům „Pod Strání“ – komplexní využití grafitových izolantů EPS 137

Wohnhausanlage Schellenseegasse, Wien

Patricie Taftova, Architekturbüro Reinberg ZT GMBH

1070 Wien, Lindengasse 39/10

Tel: +4315248280, e-mail: architekt@reinberg.net

Was ist das besondere am Passivhaus Schellenseegasse?

Die Passivhauswohnhausanlage Schellenseegasse geht über die Standards eines konventionellen Passivhauses hinaus. Im Vergleich zu anderen Passivhäusern bietet das Gebäude zusätzlich:

- Nachwärmung der Raumluft für Individuelle Regulierbarkeit
- Fassadenkollektor zur Aktiven Solarnutzung
- Photovoltaikanlage- Beteiligungsmodell für Bewohner



1. Passivhauskomponenten

1.1. Wärmebewahrung

U-Werte

Aussenwand 0,13 W/m²K, Dach 0,11 W/m²K, Fenster 0,80 W/m²K

Detailplanung, wärmebrückenfreie Konstruktionen

- Luftdichter Fenstereinbau
- 3-Scheibenverglasung
- Gedämmter Rahmen
- Wärmebrückenfrei
- Balkon als eigenständige Konstruktion
- Sonnenschutz als eigenständige Konstruktion vor der Fassade
- Durchdringungsfreie Abdichtung Geländer auf Sonnenschutz

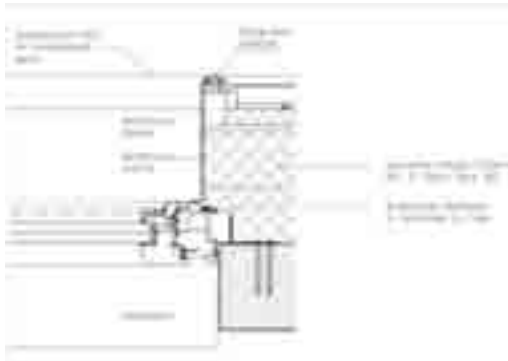


Abb. 1 Fensterinbau, Anschluss Kollektoren

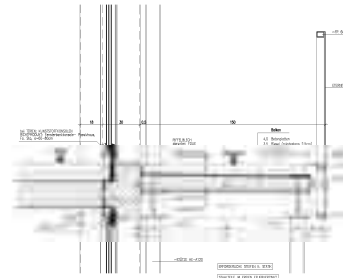
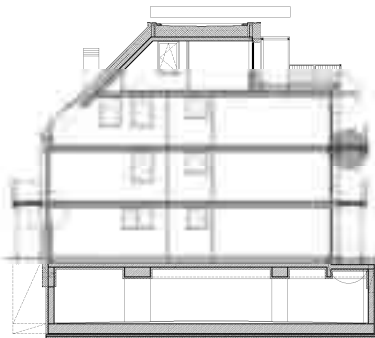


Abb. 2 Thermisch getrennte Balkonkonstruktion

Steuerung

Fensterkontakt schaltet Heizung beim Öffnen des Fensters ab! Ein kurzes öffnen der Fenster ist unproblematisch. Bei Außentemperaturen über 10°C können die Fenster ohne Beeinträchtigung der Passivhausfunktion beliebig geöffnet werden.

1.2. Wärmerückgewinnung aus verbrauchter Luft

Der Wärmeinhalt der verbrauchten Luft (nicht die Luft selbst) wird zu 90% zurück gewonnen. Die gewonnene Wärme wird der frischen Luft zugeführt. Somit wird die Abluft nicht mit 20 - 22°C beim Fenster hinausgelüftet. Die zur Erwärmung der Außenluft notwendige Energie wird auf ein Minimum reduziert.



Abb.3 Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

1.3. Wohnraumlüftung

- Ersparnis bis 50% Heizenergie für Frischluft
- Geringere Staubbelastung
- Keine Schimmelbildung

1.4. Kontrollierte Lüftung

Selbsttätige, automatische kontrollierte Be- und Entlüftung in jedem Zimmer für ausreichend frische Luft rund um die Uhr. Die Frischluft wird von Außen angesaugt und vorgewärmt in den Zimmern oberhalb der Tür eingeblasen. Heizkörpern über den Türen zur Nachheizung. Die verbrauchte Luft bewegt sich durch den Spalt unterhalb der Türen in Küche und Badezimmer, von wo sie dann abgesaugt wird.



Abb. 4 Wohnraumlüftung Schema

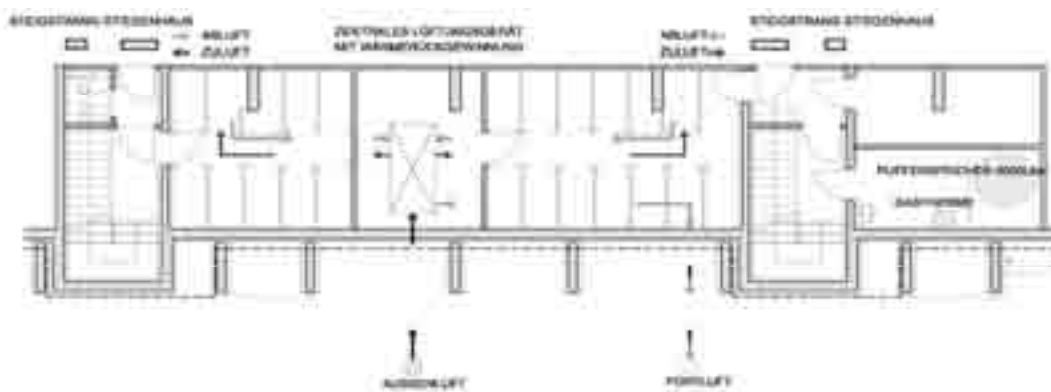


Abb. 5 Wohnraumlüftung – Schema Lüftungszentrale

1.5. Vorwärmung bzw. Kühlung der Frischluft

Wassergeführter Flächenwärmetauscher leitet Erdwärme von unterhalb der Fundamentplatte zum Lüftungsgerät (im Keller des Hauses), um die dort angesaugte Frischluft im Winter vorzuwärmen. Im Sommer wird die niedrigere Temperatur der Erde zur geringfügigen Kühlung der Frischluft verwendet.

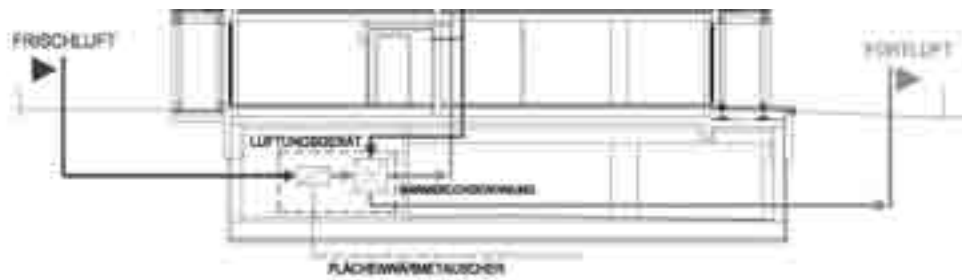


Abb. 6 Schema mit Flächenwärmetauscher



Abb. 7 Flächenwärmetauscher unter dem Gebäude

1.6. Passive Sonnenenergienutzung und innere Wärmequellen

Wenn die Sonnenstrahlen durch die Fenster ins Innere der Räume scheinen, wärmen sie diese zusätzlich auf. Fenster im Winter nicht verschatten! Im Sommer schützen die Verschattungseinrichtungen während des Tages vor Überhitzung.

Innere Wärmegewinne bringen oft ähnliche Wärmen ein wie die Heizkörper. So werden z.B. über Personen oder elektrische Geräte Wärmeleistungen freigesetzt, die auch signifikant zum schnellen Erwärmen des Raumes genutzt werden können.



Abb. 8 Schema passive Sonnenenergienutzung und interne Quellen

2. Zusatzmassnahmen für Verbesserung des Wohnklimas und des Ökol. Gebaudestandards

2.1. Mehrwert durch Nacherwärmung der Raumluft

Heizkörper über den Türen zur Nachheizung der Raumluft zur Verbesserung der individuellen Anpassung an Nutzerbedürfnisse. Diese Möglichkeit geht über das konventionelle Passivhaus hinaus und verbessert die Regulierbarkeit des Wohnklimas!

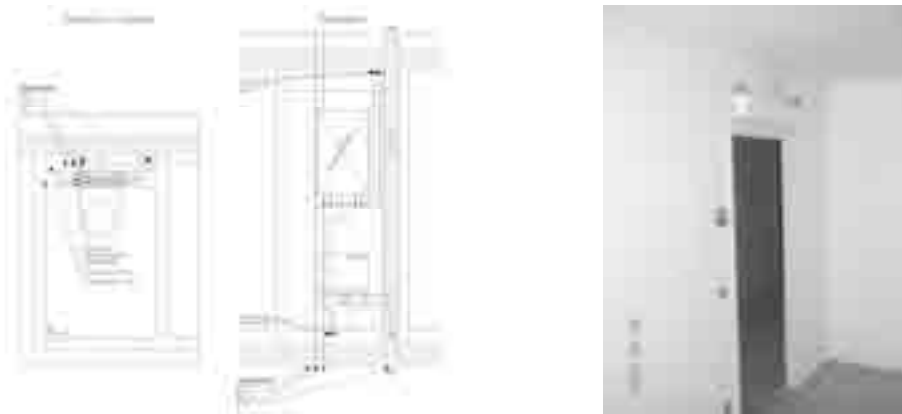


Abb. 9 Wohnraumlüftung Wohnungsstation, Heizkörper in den Wohnräumen

2.2. Mehrwert durch aktive Sonnenenergienutzung

Fassadenintegrierter Großflächenkollektor (100 m²) zur Warmwasserbereitung und der Versorgung der Heizkörper in den Zimmern, Speicher im Keller. Dieses Wasser wird zur indirekten Vorwärmung von Warmwasser und Heizung verwendet. Bei unzureichender Sonneneinstrahlung wird über einen Gaskessel das Warmwasser nacherwärmt.

Individuelle Regelung in Wohnung

Die Brauchwassererwärmung erfolgt erst in den Wohnungen über die Wohnungsstation um Verteilverlust zu vermeiden. Die Raumtemperaturen können zimmerweise mit Hilfe des Raumthermostats zwischen 17°C und 25°C eingestellt werden. Diese Möglichkeit geht über das konventionelle Passivhaus hinaus!



Abb. 10 Montage des Warmwasserkollektors

2.3. Mehrwert durch PV-Anlage (192 m²), Beteiligungsmodell

Überschusseinspeisung

Zwischen der Erzeugeranlage auf dem Dach (1) und dem öffentlichen Netz (7) liegen Verbraucher (4). Ins öffentliche Netz wird über einen Wechselrichter (2) nur Energie eingespeist, wenn die Verbraucher die erzeugte Energie nicht selbst benötigen. Ist der Gesamtverbrauch (6) höher als die selbst bereitgestellte Energie, wird Energie aus dem öffentlichen Netz bezogen.

Energieabrechnung

Ein Zählwerk erfasst die überschüssige, ins öffentliche Netz eingespeiste Energie (3), ein weiteres Zählwerk die aus dem öffentlichen Netz entnommene Energie (5).



Abb. 11 Schema und Platzierung der PV Anlage

3. Energetische Gesamtbilanz

Energiekennzahlen PH Schellenseegasse

Wohneinheit	Heizwärmebedarf HW BIST [kWh/m ² .a]	HW BSOLL [kWh/m ² .a]	Heizwämelast PH, IST [W/m ²]	PH, SOLL [W/m ²]
EG 1	14,6	<15	9,2	<10
1.OG 5	5,3	<15	5,9	<10
2.OG 7	14,5	<15	9,7	<10
DG 10	14,2	<15	9,1	<10
DG 21	14,9	<15	9,8	<10
Gesamtes Gebäude	10,1	<15	7,9	<10

Primärenergiekennwert PH Schellenseegasse (WW, Heizung, Haushaltsstrom)

	PEIIST [kWh/m ² .a]	PEISOLL [kWh/m ² .a]
Gesamtes Gebäude	57	<120

Bytový dům Schellenseegasse, Vídeň

Patricie Taftova, Architekturbüro Reinberg ZT GMBH

1070 Wien, Lindengasse 39/10

Tel: +4315248280, e-mail: architekt@reinberg.net

Co je zvláštního na pasivních domech schellenseegasse?

Bytový dům v pasivním standardu ve Vídni Schellenseegasse přesahuje obvyklý standard konvenčních pasivních domů. V porovnání s jinými pasivními domy nabízí tato stavba navíc:

- dodatečný ohřev vzduchu v interiéru pro možnost individuální regulace
- fasádní kolektor pro aktivní využití slunečního záření
- fotovoltaický systém – model pro spoluúčast obyvatel



1. Komponenty ve standardu pasivních domů

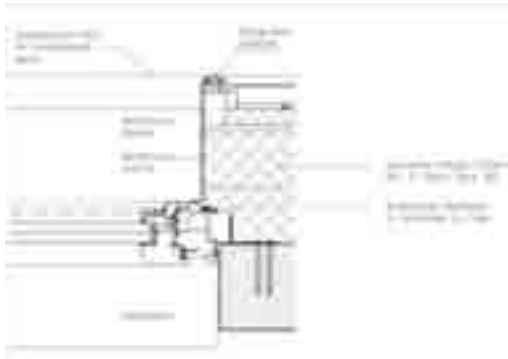
1.1. Zachování tepla

U-hodnoty

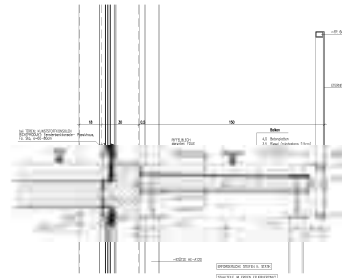
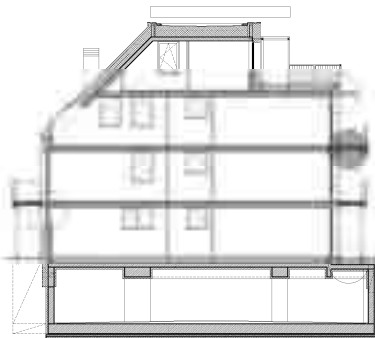
Vnější stěna 0,13 W/m²K, střecha 0,11 W/m²K, okno 0,80 W/m²K

Detailní projekt, Konstrukce bez tepelných mostů

- vzduchotěsné osazení oken
- Trojitě zasklení
- Izolovaný rám
- bez tepelných mostů
- Balkón jako samostatná konstrukce
- protisluneční ochrana jako samostatná konstrukce před fasádou
- neprodyšné utěsnění zábradlí na protisluneční ochraně



Obr. 1 Osazení oken, připojení kolektorů



Obr. 2 Tepelně oddělené balkónové konstrukce

Řízení

Okenní kontakt vypíná vytápění při otevření okna! Krátké otevření oken je neproblematické. Při vnějších teplotách přes 10°C mohou být okna libovolně otevřená, aniž by to negativně ovlivnilo funkci pasivního domu.

1.2. Rekuperace tepla ze spotřebovaného vzduchu

Obsah tepla spotřebovaného vzduchu (nikoliv samotný vzduch) se z 90% získává zpět. Získané teplo se přivádí čerstvému vzduchu. Tak se zabrání, aby byl odváděný vzduch o teplotě 20 - 22°C vyvětrán oknem. Energie potřebná k ohřátí vnějšího vzduchu je redukována na minimum.



Obr.3 Centrální větrací systém s rekuperací tepla

1.3. Větrání obývacího prostoru

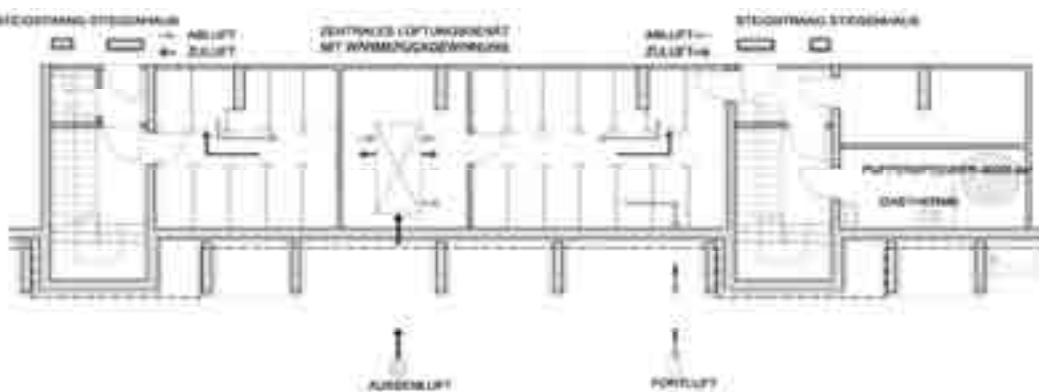
- až 50% úspora energie na vytápění pro čerstvý vzduch
- menší zatížení prachem
- nevytváří se plísně

1.4. Řízené větrání

Samočinné větrání s automaticky řízeným přívodem a odvodem vzduchu v každé místnosti pro dostatečně čerstvý vzduch 24 hodin denně. Čerstvý vzduch se se nasává zvenku a předehřátý se fouká do pokojů nad dveřmi. Nad dveřmi jsou otopná tělesa pro dotápění. Spotřebovaný vzduch prochází skulinou pod dveřmi v kuchyni a koupelně, odkud je pak odsáván.



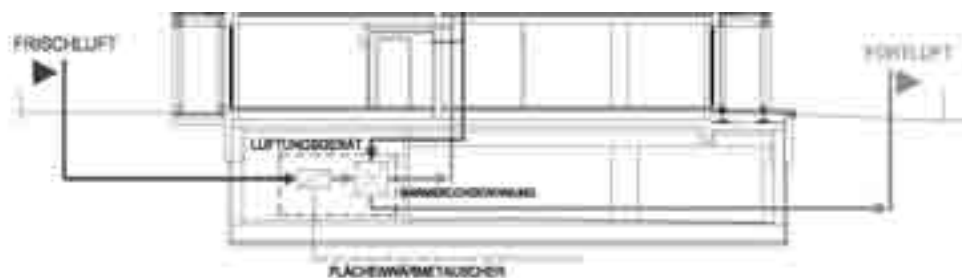
Obr. 4 Schéma větrání obývacího prostoru



Obr. 5 Větrání obývacího prostoru – schéma větrací centrály

1.5. Předehřátí nebo chlazení čerstvého vzduchu

Zemný výměník tepla země-voda přivádí teplo ze zeminy pod základovou deskou do větracího zařízení (ve sklepě domu), aby tam v zimě předehřival čerstvý vzduch. V létě se nižší teplota zeminy používá k malému ochlazení čerstvého vzduchu.



Obr. 6 Schéma s plošným výměníkem tepla



Obr. 7 Plošný výměník tepla pod budovou

1.6. Pasivní využití sluneční energie a vnitřní zdroje tepla

Když sluneční paprsky svítí okny do interiéru, ohřívají tak vnitřní místnosti. Okna se v zimě nezastiňují! V létě chrání stínící technika před přehřátím během dne.

Vnitřní tepelné zisky přinesou často podobné množství tepla jako topná tělesa. Takže např. prostřednictvím osob nebo elektrických přístrojů se uvolňují takové tepelné výkony, které mohou být významným přínosem k rychlému vyhřátí interiéru.

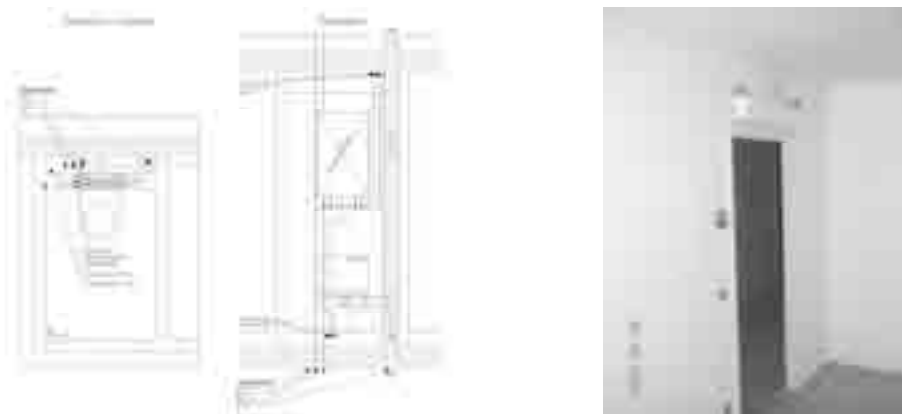


Obr. 8 Schéma pasivního využití sluneční energie a interních zdrojů

2. Dodatečná opatření ke zlepšení ovzduší a ekologických standardů stavby

2.1. Zvýšení hodnoty dohříváním vzduchu v místnosti

Topná tělesa nad dveřmi pro dohřívání vzduchu v interiéru pro zlepšení individuálního přizpůsobení potřebám uživatelů. Tato možnost přesahuje konvenční standard pasivních domů a zlepšuje regulovatelnost ovzduší v bytě!



Obr. 9 Větrání obývacího prostoru - bytová jednotka, topidla v obytných místnostech

2.2. Zvýšení hodnoty aktivním využitím sluneční energie

Velkoplošný kolektor zaintegrovaný do fasády (100 m²) pro přípravu teplé vody a zásobování radiátorů v pokojích, zásobník ve sklepe. Tato voda se používá k nepřímému předehřívání teplé vody a k vytápění. Při nedostatečném slunečním záření se teplá voda dohřívá plynovým kotlem.

Individuální regulace v bytě

Ohřev užitkové vody probíhá teprve v bytech nad bytovou jednotkou, aby se zabránilo ztrátám rozvodem. V každém z pokojů lze nastavit pokojovou teplotu pomocí pokojového termostatu v rozpětí 17°C až 25°C. Tato možnost přesahuje konvenční standard pasivních domů!



Obr. 10 Montáž kolektoru na teplou vodu

2.3. Zvýšení hodnoty fotovoltaickým systémem (192 m²), model spoluúčasti

Napájení sítě přebytečnou elektřinou

Mezi systémem pro výrobu elektřiny na střeše (1) a veřejnou sítí (7) leží spotřebiče (4). Do veřejné sítě se prostřednictvím střídače (2) odvádí energie jen tehdy, pokud spotřebiče vyrobenou energii samy nepotřebují. Bude-li celková spotřeba (6) vyšší než energie vyrobená z vlastního zdroje, bude se odebírat energie z veřejné sítě.

Vyúčtování energie

Jeden elektroměr eviduje přebytečnou energii odvedenou do veřejné sítě (3), druhý elektroměr počítá energii z veřejné sítě odebranou (5).



Obr. 11 Schéma a umístění fotovoltaického systému

3. Celková energetická bilance

Energetické parametry u PD Schellenseegasse

Bytová jednotka	Potřeba tepla na vytápění skutečná hodnota [kWh/m ² .a]	Potřeba tepla na vytápění požadovaná hodnota [kWh/m ² .a]	Topná zátěž, skutečná hodnota [W/m ²]	Topná zátěž, požadovaná hodnota [W/m ²]
1.PP	14,6	<15	9,2	<10
1.NP 5	5,3	<15	5,9	<10
2.NP 7	14,5	<15	9,7	<10
Podkroví 10	14,2	<15	9,1	<10
Podkroví 21	14,9	<15	9,8	<10
Celá budova	10,1	<15	7,9	<10

Měrná hodnota primární energie u PD Schellenseegasse (TV, vytápění, elektřina pro domácnost)

	Primární energie, skutečná hodnota [kWh/m ² .a]	Primární energie, požadovaná hodnota [kWh/m ² .a]
Celá budova	57	<120

Nízkoenergetický rodinný dům v Roztokách u Prahy – praktické zkušenosti z realizace dřevostavby, porovnání s návrhem

Jan Růžička*) **, Radek Začal**)

*) Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha

***) atelier KUBUS, Na Valech 6, 160 00 Praha 6

Tel: +420 777 585 096, e-mail: jan.ruzicka@fsv.cvut.cz, atelier@kubus.cz

1. Úvod

Navrhování a výstavba nízkoenergetických a pasivních domů představuje široký komplex problémů, které je potřeba řešit jednak ve fázi návrhu stavby, ale také v průběhu realizace. Cílem příspěvku je ukázat jeden z možných přístupů, jakým je energeticky úsporná stavba navržena a jakým je v jednotlivých projekčních fázích a ve fázi realizace kontrolována její kvalita z hlediska energetických souvislostí.

Tento přístup je prezentován na konkrétním příkladu nízkoenergetického rodinného domu v Roztokách u Prahy, jehož výstavba byla zahájena v listopadu 2007. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepený objekt se samostatně stojící garáží. Vlastní objekt rodinného domu je realizován jako dřevostavba systémem "2x4" a je navržen jako nízkoenergetický. Samostatně stojící garáž je nevytápěná a její konstrukce je zděná. Základní parametry objektu (bez garáže a skladů) jsou:

- zastavěná plocha 153,6 m²
- užitná plocha 240,0 m² (1.NP 119,9 m², 2. NP 120,1 m²)
- obestavěný prostor 1100,6 m³
- studie, DSP, TDI: atelier KUBUS
- DPS: Porsenna Stavební, s.r.o., atelier KUBUS
- realizace: Porsenna Stavební, s.r.o., 11/2007 – 09/2008



Obr. 1 Půdorysy obou podlaží rodinného domu a příčný řez.



Obr. 2 Objekt ve fázi realizace. Stav k 08/2008.

2. Energetická kvalita objektu v jednotlivých fázích

Ve všech fázích návrhu stavby i v průběhu realizace je potřeba provést řadu koncepčních rozhodnutí, které mají kromě jiného vliv na energetickou bilanci objektu. Jednotlivé varianty řešení i konečná rozhodnutí by měly být v reálném čase ověřovány a upřesňovány pomocí vhodného výpočtového modelu, který rychle reaguje na změny návrhu, umožňuje jednoduše pracovat ve variantách a přináší podrobné a přehledné výsledky.

Pro takovouto efektivní práci byl použit nástroj vytvořený v prostředí tabulkového procesoru (1). Metodika výpočtu potřeby tepla na vytápění důsledně respektuje ČSN EN ISO 13790. Jednotlivé výpočetní moduly umožňují přehledně sledovat kvalitu jednotlivých subkonstrukcí i okolní vlivy a jejich dopad na celkovou potřebu tepla na vytápění. V průběhu výpočtu jsou sledovány např.: kvalita obvodového pláště, kvalita výplní otvorů a jejich komponentů na základě jejich geometrie (rám, zasklení, distanční rámeček) včetně vlivu stínění, vliv tepelných vazeb a tepelných mostů, způsob větrání, vliv akumulace podle použitých materiálů atd. Grafický výstup umožňuje sledovat rozdělení měrné tepelné ztráty prostupem na všechny prvky obvodového pláště a stává se tak základní pomůckou při optimalizaci jejich tepelně izolačních vlastností. Výpočtový model a tepelně technické výpočty ve všech fázích projektu i realizace provedl Ing. Jiří Novák, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Jednotlivé varianty jsou posuzovány dvěma výpočtovými přístupy:

- (i) optimalizační přístup – zohledňuje všechny vazby objektu na konkrétní lokalitu (místní klimatická data), na místní situaci (orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou, horizontem...) a na konkrétní způsob užívání. Tento přístup slouží k optimalizaci konstrukčního řešení pro cílové požadavky projektanta nebo klienta a zjednodušeně odráží reálné chování budovy v konkrétních podmínkách.

- (ii) deklarační přístup podle „Metodiky hodnocení nízkoenergetických rodinných domů“ (2) – slouží k deklarování obecné kvality stavebního řešení objektu a není vázán na konkrétní lokalitu a konkrétní podmínky užívání. Tento výpočtový přístup umožňuje objektivně porovnávat technickou kvalitu staveb navzájem mezi sebou bez ohledu na různé okrajové podmínky v místě stavby.

2.1. Návrh stavby (studie) – model A1, A2, A3, A3dec

Účelem energetického posouzení objektu ve fázi návrhu stavby (studie) bylo prověřit architektonické, dispoziční a provozní souvislosti z hlediska požadavků na nízkoenergetický/pasivní dům. Zejména šlo o prověření hmotového konceptu (poměr A/V), dále o vliv počtu, velikosti a orientace okenních otvorů a o členění na vytápěné, nevytápěné, popř. temperované zóny na celkovou tepelnou bilanci objektu.

V této fázi byly posuzovány tři úrovně tepelně technické kvality obvodového pláště, která je dána v jednotlivých variantách cílovými hodnotami součinitele prostupu tepla U [W/m^2K]. Vliv tepelných vazeb (styk podlaha/stěna, přechod stěna/střecha, ostění, nadpraží a parapety okenních otvorů) a tepelných mostů (kotvení žaluzií, zábradlí balkonů...), ale také vliv akumulace atd. byl v předběžném výpočtu zahrnut formou „kvalifikovaného odhadu“. Dále byl zahrnut vliv přirozeného (model A1, A2) a mechanického větrání (model A3).

Všechny tři varianty byly posouzeny optimalizačním přístupem (model A1, A2, A3), konečná varianta A3dec byla posouzena také deklaračním přístupem podle Metodiky (2). Výsledná varianta sloužila jako výchozí zadání pro další projektové fáze.

2.2. Projekt pro stavební povolení – model B1

Pro stavební povolení byl objekt navržen jako zděný z keramických tvárnic tl. 240 mm, s prefamonolitickou stropní konstrukcí z keramických nosníků a vložek o celkové tl. 250 mm. Obvodový plášť byl tvořen KZS, tl. zateplení 220 mm resp. 240 mm. Konstrukce valbové střechy byla tvořena nosnými vazbami s oboustrannými kleštinami a vrcholovou vaznicí podporovanou také zdvojenými kleštinami s provětrávanou skladbou o celkové tl. tepelné izolace 340 mm. Schodiště bylo navrženo jako železobetonové monolitické.

V tepelně technickém posouzení (model B1) jsou zahrnuty navržené skladby konstrukcí, dále konkrétní tepelné vazby a tepelné mosty.

2.3. Prováděcí projekt – model C1, C1dec

Na základě rozhodnutí investora byl objekt z ekonomických a časových důvodů realizován jako dřevostavba systémem „2x4“. Prováděcí dokumentaci zpracovala dodavatelská firma (Porsenna Stavební s.r.o.). Navržené technické řešení bylo prověřeno jednak s ohledem na energetické souvislosti tepelně technickým výpočtem (model C1, C1dec), ale také s ohledem na původní provozní a architektonické požadavky definované investorem.

V úrovni prováděcího projektu se jednalo zejména o přepočítání navržených skladeb konstrukcí, revizi tepelných vazeb a tepelných mostů s ohledem na nové technologické řešení, zahrnutí snížení vlivu akumulace do výpočtu celkové potřeby tepla na vytápění atd.

V souvislosti s novým konstrukčním řešením došlo také ke změnám v průběhu hranice vytápěné zóny. Tepelná izolace neprobíhá v rovině střešního pláště, ale v úrovni stropu 2. NP. Prostor mezi stropem a střechou je nevytápěný a větraný. Tím došlo ke snížení zmenšení plochy teplosměnné obálky stavby, což mohlo dílčím způsobem ovlivnit výpočet.

2.4. Realizace stavby – model D1, D1dec

V průběhu realizace stavby došlo k některým dílčím změnám oproti prováděcímu projektu, zejména se jednalo o změnu kvality výplní otvorů (nebyly použity tak kvalitní okna jak bylo v projektu předpokládáno), dále o dílčí změny použitých materiálů atd. Bylo snahou všechny tyto odchylky od naprojektovaného řešení zahrnout do konečného výpočtu, jehož model (model D1, D1dec) nejméně odráží skutečné provedení a skutečnou kvalitu stavby.

Specifickým problémem dřevostaveb (ale nejen jejich) je zajištění vzduchotěsnosti obálky stavby. Kvalita provedení vzduchotěsné obálky je klíčová pro zajištění efektivní funkce zpětného získávání tepla rekuperací. Vzduchotěsnost stavby byla před kompletací vnitřních povrchů ověřena tzv. Blower Door Testem (Ing. Jiří Novák, Ph.D., Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 08/2008). Výsledek měření $0,43 [h^{-1}]$, který mj. představuje dosažení vynikající kvality vzduchotěsnosti obvodového pláště, byl zohledněn v aktualizovaném výpočtu.



Obr. 3 Kontrola vzduchotěsnosti stavby – Blower Door Test, 08/2008, Ing. Jiří Novák, Ph.D., Fakulta stavební ČVUT v Praze.

2.5. Přehled variant a analýza výsledků

Přehled jednotlivých parametrů rozhodujících pro energetickou bilanci stavby je v různých fázích projektu a realizace uveden společně s výsledky energetického posouzení v tabulce 1. Zvýrazněny jsou vždy ty parametry, u kterých došlo ke změnám vůči předchozímu výpočtovému modelu. Z přehledu je zřejmé, že v jednotlivých fázích projektu se může řada parametrů výrazně měnit, ať již vlivem cílené optimaliza-

ce konstrukčního, materiálového či technologického řešení nebo vlivem více či méně subjektivních rozhodnutí stran zúčastněných na projektu a realizaci stavby.

Výsledky tepelně technického posouzení ukazují, že energetická kvalita objektu se v jednotlivých fázích návrhu i realizace může výrazně lišit. Z toho vyplývá potřeba sledovat projekt i výstavbu a průběžně prověřovat vliv dílčích změn nebo úprav tak, aby nedošlo k výraznému odchýlení od vytyčených cílů.

Zároveň jsou z výsledku analýzy patrné významné rozdíly mezi tzv. optimalizačním přístupem a tzv. deklaračním přístupem podle Metodiky [2]. Z toho je patrná potřeba do budoucna zejména pro deklarační účely přijmout takový způsob výpočtu, který bude co nejméně citlivý na subjektivní způsoby posuzování, tak aby bylo možné objektivně vyhodnocovat a vzájemně porovnávat technickou kvalitu staveb mezi sebou.

Zároveň je potřeba připomenout význam optimalizačního přístupu, který slouží k optimálnímu návrhu stavby a jejích jednotlivých komponentů v konkrétních podmínkách, s cílem maximálně efektivně využít technické a finanční možnosti k dosažení stanovených cílů.

Fáze projektu	STUDIE	STUDIE	STUDIE	STUDIE - dle Metodiky [2]	DSP	DPS	DPS - dle Metodiky [2]	REALIZACE	REALIZACE dle Metodiky [2]
Model	A1	A2	A3	A3dec	B1	C1	C1dec	D1	D1dec
Stručný popis									
způsob větrání	přirozené	přirozené	mechanické	mechanické	mechanické	mechanické	mechanické	mechanické	mechanické
AV	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,69	0,69	0,69	0,69
Větrání podrobněji									
tok větracího vzduchu [m ³ /h]			150	105	150	150	105	150	105
způsob výpočtu toku v.v.	$n = 0,5 \text{ h}^{-1}$	$n = 0,5 \text{ h}^{-1}$	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)
účinnost ZZT	bez ZZT	bez ZZT	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
násobnost výměny vzduchu n_{50} [h ⁻¹]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,43	0,43
Tepelně izolační vlastnosti U [W/(m².K)]									
okna velká - zasklení	1,10	1,10	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
okna velká - rám	1,40	1,14	1,00	1,00	1,00	0,86	0,86	1,00	1,00
okna malá - zasklení	1,10		1,10	1,10	1,10	0,60	0,60	0,60	0,60
okna malá - rám	1,40		1,00	1,00	1,00	0,86	0,86	1,00	1,00
obvodová stěna	0,38	0,25	0,15	0,15	0,15	0,119	0,119	0,119	0,119
střecha	0,24	0,16	0,14	0,14	0,15	0,115	0,115	0,115	0,115
podlaha nad exteriérem (nad vstupem)	0,24	0,16	0,15	0,15	0,15	0,119	0,119	0,119	0,119
podlaha 1. NP	0,45	0,30	0,30	0,30	0,23	0,272	0,272	0,272	0,272
Tepelné zisky									
čas. konstanta zóny τ [hod]	100	100	150	150	150	100	100	100	100
celkové vnitřní zisky ϕ_i [W]	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00
Výsledky									
prům. souč. p.t. U_{em} [W/(m ² .K)]	0,44	0,34	0,25	0,24	0,24	0,20	0,19	0,20	0,19
celková tepelná ztráta budovy Q_t [MWh]	44,40	37,24	20,11	16,53	19,72	15,84	12,62	15,99	12,85
tep. ztráta budovy při $\Delta\theta = 36 \text{ °C}$ [kW]	15,150	12,694	6,856	6,228	6,721	5,399	4,757	5,451	4,841
měrná potřeba tepla n. v. e_A [kWh/(m².a)]	129,5	103,4	44,9	30,1	43,5	31,1	18,6	31,6	19,2

Tab. 1 Součinitele prostupu tepla U [W/m².K] pro jednotlivé výpočtové varianty a celkové výsledky.

3. Realizace stavby

Ve fázi realizace stavby byla velká pozornost soustředěna na kvalitní provedení stavebních prací jednak z hlediska přerušení teplených mostů v tepelně izolačním plášti stavby a jednak z hlediska zajištění těsnosti vzduchotěsné vrstvy stavby, která záro-

veň tvoří také parozábranu. Výsledek, deklarovaný m.j. Blower Door Testem, je dán jednak kvalitně zpracovanou prováděcí dokumentací a jednak příkladným provedením realizační firmy. Řešení některých klíčových detailů stavební konstrukce ukazují následující obrázky.



Obr. 4 Detaily přerušení tepelných mostů v tepelně izolační obálce stavby.



Obr. 5 Detaily zajištění těsnosti vzduchotěsné a parotěsné vrstvy.

4. Závěr

Prezentovaný projekt ukazuje, že sledování kvality objektu ve všech fázích návrhu i realizace a zohlednění konkrétních změn a úprav, je nezbytnou součástí zajištění cílové kvality stavby.

Zkušenost z těchto podrobných analýz pak ukazuje stále větší požadavky na kvalitu vstupních údajů, zejména dat týkajících se tepelně-technických vlastností použitých materiálů (např. tepelných izolací, parotěsných a vzduchotěsných vrstev...) a jednotlivých komponentů (výplní otvorů atd.). To je úkol a výzva zejména pro jejich výrobce a distributory.

5. Literatura

- (1) RŮŽIČKA, J., ZAČAL, R., NOVÁK, J.: *Tvorba koncepce nízkoenergetických staveb ve fázi jejich návrhu*, sborník Pasivní domy 2006, Centrum pasivního domu, 2006, 64 – 65 s.
- (2) TYWONIAK, J.: *Metodika hodnocení nízkoenergetických rodinných domů*, Tepelná ochrana budov, 2008/1, 11-17 s., ISSN 1213-0907

Architektonischer und technischer Minimalismus – ein best-practise Beispiel eines Einfamilienpassivhauses

Prof (FH) Dipl.-Ing. Dr. Michael Graf, FHS-Burgenland
Steinamangerstrasse 21, 7423 Pinkafeld, Austria
+43 3357/ 45370, e-mail: michael.graf@fh-burgenland.at,

1. Einleitung

In der Praxis, besonders seit Architekten das Thema Passivhaus entdeckt haben, sieht man sich immer wieder mit Passivhäusern konfrontiert, die mit der eigentlichen Idee des sparsamen Ressourceneinsatzes in Errichtung und Betrieb nur mehr wenig zu tun haben. Mehrere Wärmeerzeugungssysteme, Photovoltaikgalerien am Dach und in der Fassade, Bauteilaktivierung, etc. sind teuer und nicht selten dazu da, Planungs-/Erfahrungsmängel auszugleichen.



Abbildung 1, EFH Graf



Abbildung 2, Verschattung

An Hand eines bewohnten Einfamilienhauses wird ein Weg aufgezeigt, kostengünstig, aber dennoch hochwertig ein Passivhausprojekt umzusetzen. Die Umsetzung erfolgte in einer Bauzeit von 1,5 Jahren.

2. Planungen

2.1. Lage + Grundrisse

Der Baugrund umfasst 1000 m², es bestanden keine Baufluchtlinien, somit konnte das Haus genau nach Süden orientiert werden.

Die Geometrie des Hauses wurde einfach gehalten, um geometrische Wärmebrücken zu minimieren. Aus Kostengründen und der optimalen Nutzbarkeit des Obergeschosses wegen der Vermeidung von Dachschrägen wurde ein Flachdach aufgesetzt, dessen 1,5% Neigung mit einer Gefälledämmung ausgeführt wurde.

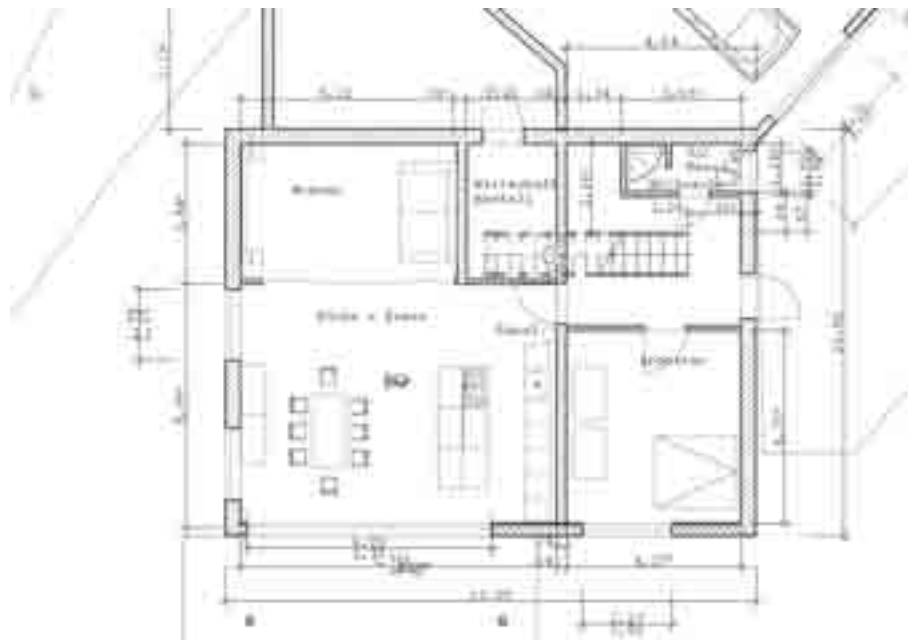


Abbildung 3, Grundriss Erdgeschoss

Direkt an das Haus wurde an der Nordseite ein Nebengebäude angebaut, das zwei Garagenplätze und einen Abstellraum enthält. Es wurden durch Anordnung der Räume die Gangflächen minimiert. Die fertige Raumhöhe von 3 Meter bedingt ein angenehmes Raumgefühl im 60 m² grossen Wohn-/Essraum mit Wohnküche.

Im Obergeschoss wurde ein Luftraum mit Galerie realisiert, aus dem Badezimmer ist ein direkter Übergang auf die Dachterrasse über dem Nebengebäude möglich.

Mittels Lichtstudien wurden Fenstergrößen und deren Anordnung festgelegt, um eine gute natürliche Ausleuchtung der Räume zu ermöglichen.

Auf Grund der einfachen Geometrie konnte ein guter energetischer Baustandard des Objektes bei niedrigen Rohbaukosten von ~600 €/m² (inkl. Dach, PH Fenster+Türen, Haustechnik) realisiert werden.

3.3. Solare Warmwasserbereitung

Die solare Warmwasseranlagen (Kollektorfläche, Speichergröße) wurde mittels Simulation (Polysun 3.3) projiziert und optimiert. Die Deckungsrate sollte >80% sein. Installiert wurde ein 550 l Kombispeicher (Tank in Tank System), eine 3 kW E-Heizpatrone und 4 m² Röhrenkollektoren der Firma Vaillant. Der Warmwasserverbrauch inkl. Speicherverluste liegt im 2 jährigen Schnitt bei ca. 4-6 kWh/Tag. Die Kollektoren sind am Flachdach mit einem Winkel von ca. 60° aufgeständert.

3.4. Wärmeversorgung

Die Restwärmeversorgung wurde für die kritischen Räume mittels Wärmebilanzen (PHPP Einzelraumbilanzierung) berechnet, bis auf das Wohn-/Esszimmer liefern die Wohnraumlüftung und die inneren Gewinne ausreichend Heizenergie.

Im Wohn-/Esszimmer wird die Heizenergie mit einem elektrischen 1000W Konvektor bei Bedarf zugeführt. In allen anderen Räumen wird die Heizfunktion über die Lüftungsanlage abgedeckt. Die Heizenergie wird mit einem elektrischen Heizregister eingebracht, das sich bei Unterschreitung von 22° Ablufttemperatur automatisch einschaltet.

Aufzeichnungen der benötigten Heizenergie für die Zulufterwärmung zeigten, dass im Winter 2006/2007 900 kWh und im Winter 2007/2008 845 kWh Strom verbraucht wurde.

3.5. Lüftung

Die Lüftungsanlage wurde nach Installation mittels Messungen der Raumluftqualität auf optimale Werte eingestellt. Die gemessenen Größen waren CO₂ Wert, Luftfeuchte und Temperatur. Aus den erhaltenen Werten wurde mittels Simulationen die zu erwartenden Luftqualitäten ermittelt. Bezüglich des Parameters CO₂ konnte eine gute Übereinstimmung beobachtet werden [2]. Die Messungen zeigten, dass die Luftmengen gegenüber der Projektierung deutlich gesenkt werden konnten. Die relative Luftfeuchte in den Räumen unterschreitet im Normalbetrieb praktisch nie die 40% Grenze, was z.B. im Wohnzimmer durch eine bedarfsorientierte Luftmenge realisiert werden konnte. Auf Grund der guten thermischen Werte des Hauses kann die notwendige Restwärme auch mit den geringen Luftmengen noch eingebracht werden.

Bei der Projektierung der Luftmengen war auf eine Korrekte Bilanz der Geschosse zueinander zu achten, da wegen der Verbindung durch den Galeriebereich die Gefahr des Überströmens vom Koch-/Essbereich ins Obergeschoss auszuschließen war.

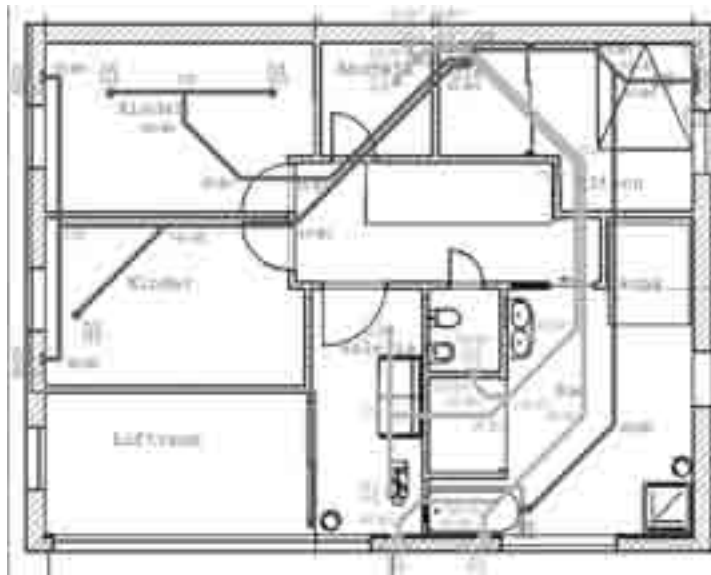


Abbildung 7, Rohrplan

Bei den Überlegungen zum Rohrplan wurde darauf geachtet, Schalldämpfer, die eine potentielle Verschmutzungsstelle darstellen, durch die Rohrführung zu vermeiden. Als Rohrsystem kam ein PVC-Flachkanalsystem zu Einsatz.

Das Erdregister zur Luftvorwärmung und Kühlung hat eine Gesamtlänge von 40 Meter und weist an der tiefsten Stelle ca. 2 Meter Tiefe auf. Wegen des hohen Grundwasserspiegels konnte ein größere Tiefe nicht erreicht werden, da auf Grund der kellerlosen Bausweise der Syphon zur Entwässerung des Kondenswassers aus-sen liegen musste.

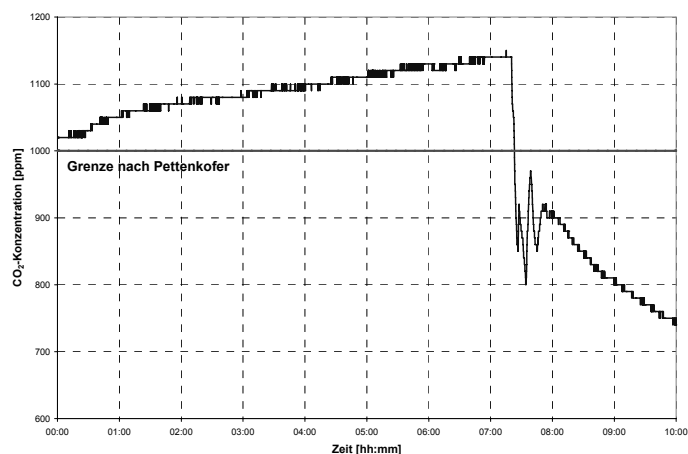


Abbildung 8, CO2 Verlauf, 0,2-facher Luftwechsel [4]

Im Stadium des Testbetriebes wurden die Luftmengen für die einzelnen Räume angepasst, um auf die minimal erforderlichen Volumenströme zu gelangen. In der Abbildung 8, CO2 Verlauf, 0,2-facher Luftwechsel, ist eine Messung der Luftqualität bei geringem Luftwechsel dargestellt. Der Pettenkofer Grenzwert wird nur geringfügig überschritten.

4. Fazit

Nicht nur aufgrund der Vorteile einer erhöhten Lebensqualität durch eine Verbesserung der Behaglichkeit im Gegensatz zu konventionellen Häusern, sondern vor allem auch aus Klimaschutzgründen infolge des wesentlich niedrigeren Primärenergiebedarfs während der Nutzungsphase stellen Passivhäuser ein nachhaltig wirksames und ökoeffizientes System dar.

Im hier angeführten Beispiel wurde versucht, technisch so einfach wie möglich, dennoch durch Verwendung hochwertiger Komponenten, einen kostengünstigen Bau zu errichten. Messwerte aus der Praxis zeigen, dass Maßnahmen, wie Optimierung der Luftmengen oder Simulation im Bereich der Haustechnik, sich in geringeren Investkosten und Betriebskosten bezahlt machen.

5. Literatur

- (1) GRAF, M., Vergleich unterschiedlicher Berechnungsverfahren an einem Passivhaus, Tagungsband 9. Passivhaustagung, 2005, Ludwigshafen, 543 s.
- (2) GRAF, M., LENDVAY, M, ZAPFEL, W., Luftqualität in Passivhäusern, Behaglichkeit in dichten Gebäuden, Tagungsband „Pasivny Domy 2007“, Brno, 10/2007, ISBN 978-80-254-0126-2
- (3) HACKL, St., Optimierung von Warmwassererzeugungssystemen in Passivhaus Wohnanlagen, Bachelor Thesis, 2008, FHS_Burgenland
- (4) HESSE, Chr., WUDY, B., Validierung von humanen Schadstoffemissionsmodellen, Bachelor Thesis, 2008, FHS-Burgenland

Architektonický a technický minimalismus – ukázkový příklad pasivního rodinného domu

Prof (FH) Dipl.-Ing. Dr. Michael Graf, FHS-Burgenland
Steinamangerstrasse 21, 7423 Pinkafeld, Austria
+43 3357/ 45370, e-mail: michael.graf@fh-burgenland.at,

1. Úvod

Od té doby, co architekti objevili téma pasivních domů, vidíme v praxi příklady, kdy jsme stále znovu konfrontováni s pasivními domy, které mají s původní myšlenkou úsporného využívání zdrojů při výstavbě a provozu už jen málo společného. Většina systémů pro výrobu tepla, fotovoltaických galerií na střeše a fasádě, aktivních stavebních konstrukcí atd. je drahá a často se používá proto, aby se kompenzovaly nedostatky projektu či zkušeností.



Obr. 1 Rodinný dům, Graf



Obr.2 Zastínění

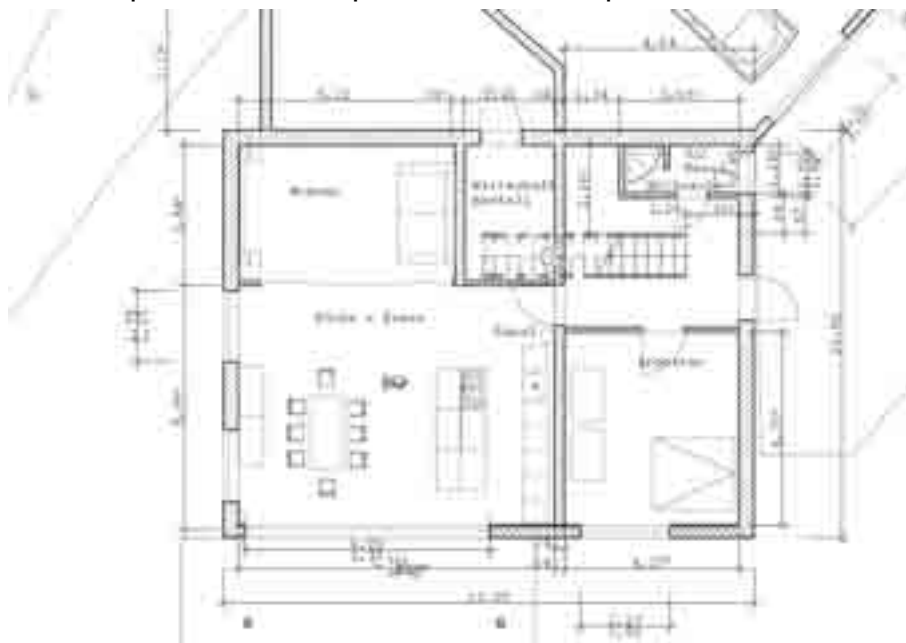
Na příkladu obývaného rodinného domu chceme ukázat cestu, jak realizovat projekt pasivního domu za dobrou cenu, avšak přesto s vysokou kvalitou. Realizace byla provedena za dobu 1,5 roku.

2. Plánování

2.1. Poloha + základní charakteristika

Plocha stavebního pozemku činí 1000 m², stavba nebyla omezena stavební regulací, takže dům mohl být orientován přesně na jih.

Geometrie domu byla navržena jednoduchá, aby bylo dosaženo minimálních geometrických tepelných mostů. Z ekonomických důvodů a pro dosažení optimálního využití prvního patra vyloučením zešikmení střechy byla navržena plochá střecha, jejíž sklon 1,5% byl proveden pomocí izolace pro šikmé střešní pláště.



Obr. 2 Půdorys přízemí

Přímo na dům byla na severní straně napojena vedlejší přístavba, v níž jsou umístěna dvě garážová místa a odkládací prostor. Plochy chodeb byly vhodným uspořádáním místností minimalizovány. Výška dokončené místnosti 3 m má za následek příjemný pocit z prostorného interiéru s obytným a jídelním prostorem a s obytnou kuchyní o celkové velikosti 60 m².

V prvním patře byl realizován volný prostor s galerií, z koupelny je přímý vstup na střešní terasu nad vedlejší přístavbou.

Pomocí světelné studie byly stanoveny velikosti oken a jejich uspořádání, aby bylo zajištěno dobré přirozené osvětlení místností.

Díky jednoduché geometrii bylo možné realizovat dobrý energetický stavební standard objektu při zachování nízkých nákladů na hrubou stavbu ve výši ~600 €/m² (vč. střechy, dveří a oken ve standardu PD, technické vybavení budovy).

3. Výpočty

3.1. Předprojektová fáze

V předprojektové fázi byly provedeny výpočty pomocí PHPP, podle norem a rakouských energetických parametrů (metoda OIB) [1]. Tyto studie měly vyzkoušet porovnání výpočetních programů. Výsledky byly prezentovány na konferenci pasivních domů 2005. Při výpočtu byly použity provizorní tepelně technické parametry a údaje o materiálech. Dále nebyla zohledněna vedlejší budova.

Částečně bylo nutné volit některé předpoklady a přizpůsobovat okrajové podmínky v normách, aby bylo možno splnit požadavky specifické pro standard pasivních domů. Ukázalo se, že běžné výpočetní metody pro tepelně technické vlastnosti budov je možno použít pro projektování pasivních domů v nemodifikované podobě jenom podmíněně.

	Einheit	PHPP 2003	PHVP 2002	NÖ Energieausweis	Gesamt- heizlast EN 12831	Gebäude- wärme- bedarf DIN 4701	Gebäude- heizlast ÖN M 7500	Gebäude- heizlast ÖN B 8135
Heizlast Gesamt	W	2033		4080	3525	5169	5894	6980
Flächenbezogene Heizlast	W/m ²	9,5		15,5	16,4	24,1	27,5	32,6
Heizwärmebedarf	kWh/a	2840	3278	2557				
Flächenbezogener Heizwärmebedarf	kWh/(m ² a)	13	15,3	10,0				

Obr. 4 Výsledky předprojektové fáze

3.2. PHPP 2004

Vlastní energetický výpočet byl proveden pomocí PHPP 2004.

Aufbau-Bezeichnung	Gesamt- dicke	U-Wert
	m	W/(m ² K)
- kalt -		
Bodenplatte	0,510	0,13
O/W Wand	0,349	0,10
N/S Wand	0,226	0,13
Wand HB Gebäude	0,652	0,09
Flachdach	0,635	0,10

Obr. 5 U-hodnoty

Jako stěnový systém byly použity dva různé stěnové konstrukční prvky firmy isorast©. Okna byla realizována pomocí plastových rámců Rehau Clima Design (U-hodnota 0,71) s trojitým zasklením s argonovou výplní.

Při zkoušce Blower-Door podle EN 18329 bylo dosaženo hodnoty 0,15.

Parameter	Value	Unit
Dichtung (Leakage)	0,15	a/h
Gesamt (Total)	7,3	W/m ²

Obr. 6 Výsledek PHPP 2004

3.3. Solární příprava teplé vody

Solární systém pro přípravu teplé vody (plocha kolektoru, velikost zásobníku) byl navrhován a optimalizován pomocí simulace (Polysun 3.3). Stupeň pokrytí měl být >80%. Byl instalován kombinovaný zásobník 550 l (systém tank v tanku), elektrické topné těleso 3 kW a 4 m² trubkových kolektorů firmy Vaillant. Spotřeba teplé vody včetně ztrát zásobníkem se pohybuje v dvouletém průměru kolem cca 4-6 kWh/den. Kolektory jsou namontovány na podpěrách na ploché střeše v úhlu cca 60°.

3.4. Dodávka tepla

Distribuce zbytkového tepla byla kalkulována pro kritické místnosti pomocí tepelné bilance (PHPP bilance jednotlivých místností), až na obývací pokoj s jídelnou poskytuje větrací systém obytného prostoru a vnitřní zisky dostatečné množství energie na vytápění.

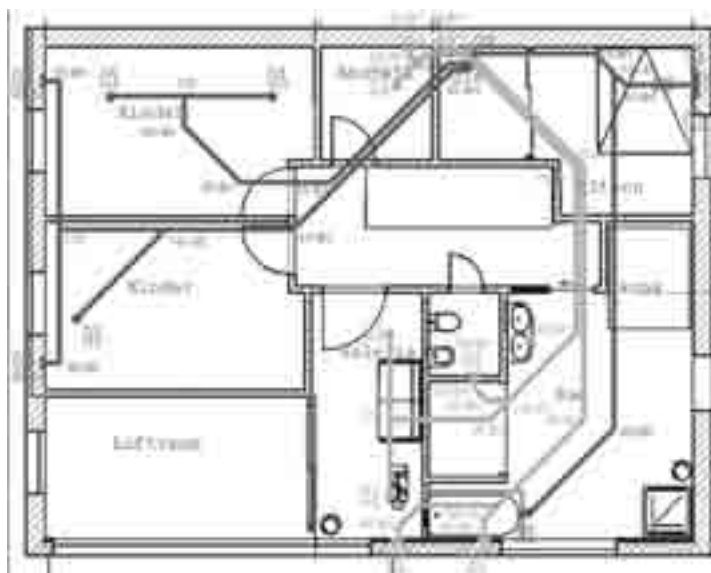
V obytném/jídelním prostoru se v případě potřeby dodává energie na vytápění pomocí elektrického konvektoru 1000W. ve všech ostatních místnostech se funkce vytápění pokrývá prostřednictvím větracího systému. Energie na vytápění se přidává pomocí elektrického vytápěcí registru, který se spíná automaticky, jakmile teplota vnitřního odvodu vzduchu poklesne pod 22°.

Záznamy potřebné energie na vytápění pro ohřev přírodního vzduchu ukázaly, že v zimě 2006/2007 se spotřebovalo 900 kWh a v zimě 2007/2008 845 kWh elektřiny.

3.5. Větrání

Větrací systém byl po instalaci nastaven pomocí měření kvality vzduchu v interiéru na optimální hodnotu. Měřenými veličinami byly hodnota CO₂, vlhkost vzduchu a teplota. Z dosažených hodnot byly pomocí simulací vypočteny očekávané hodnoty kvality vzduchu. Ohledně parametru CO₂ lze konstatovat, že bylo dosaženo dobré shody [2]. Měření ukázala, že množství vzduchu je možno oproti návrhovým hodnotám výrazně snížit. Relativní vlhkost vzduchu v místnostech za normálního provozu prakticky nikdy není nižší než hranice 40%, což např. v obývacím pokoji mohlo být realizováno pomocí množství vzduchu regulovaného podle spotřeby. Z důvodu dobrých tepelných hodnot domu stačí na dodání potřebného zbytkového tepla i menší množství vzduchu.

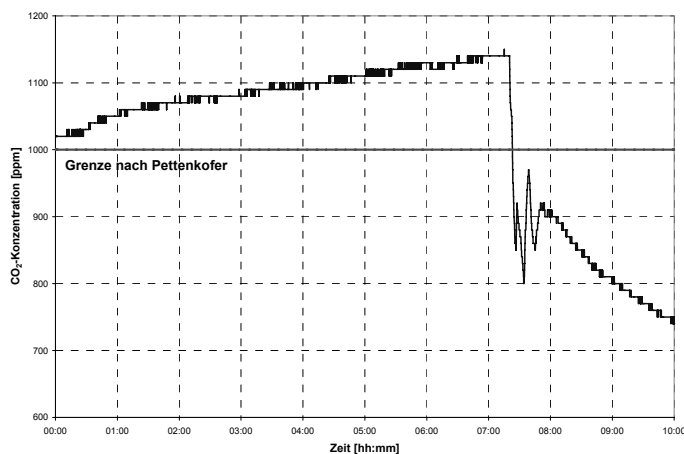
Při projektování množství vzduchu bylo třeba dbát na správnou vzájemnou bilanci jednotlivých pater, protože z důvodu propojení prostorem galerie bylo třeba vyloučit nebezpečí proudění přebytečného vzduchu z kuchyňské /jídelní zóny do prvního patra.



Obr. 7 Plán rozvodů vzduchotechniky

Při uvažování o projektování potrubí se dbalo na to, aby se při vedení rozvodů projekt vyhnul tlumičům zvuku, které představují potenciální místo znečišťování. Jako potrubní systém byl použit systém plochých kanálů z PVC.

Zemní registr pro předehřívání a chlazení vzduchu má celkovou délku 40 metrů a v nejhlubším místě vykazuje hloubku cca 2 m. z důvodu vysoké hladiny spodní vody nebylo možné dosáhnout větší hloubky, protože z důvodu stavebního postupu bez sklepů musel být sifon pro odvodnění kondenzační vody uložen venku.

Obr. 8 Průběh CO₂, 0,2-násobná výměna vzduchu [4]

Ve stádiu testovacího provozu došlo k přizpůsobení množství vzduchu pro jednotlivé místnosti, aby se stavba dostala na minimální potřebné hodnoty objemových toků. Na obr. 8 je znázorněno měření kvality vzduchu při malé výměně vzduchu. Pettenkoferova hranice je přitom překročena jen nepatrně.

4. Shrnutí

Nejen z důvodu výhod zvýšené kvality života následkem zlepšení pohody v porovnání s konvenčními domy, ale především také z důvodu klimatické ochrany následkem výrazně nižší potřeby primární energie během doby využívání představují pasivní

domy systém s vysokou účinností z hlediska trvale udržitelného rozvoje a ekologicky efektivní.

V uvedeném příkladu jsme se pokusili pořídit stavbu technicky co nejjednodušší, avšak použitím kvalitních komponentů ekonomicky výhodnou. Měření z praxe ukazují, že opatření jako optimalizace množství vzduchu nebo simulace v oblasti technického vybavení budov se při nižších investičních a provozních nákladech vyplácejí.

5. Literatura

- (1) GRAF, M., Vergleich unterschiedlicher Berechnungsverfahren an einem Passivhaus, Tagungsband 9. Passivhaustagung, 2005, Ludwigshafen, 543 s.
- (2) GRAF, M., LENDVAY, M, ZAPFEL, W., Luftqualität in Passivhäusern, Behaglichkeit in dichten Gebäuden, Tagungsband „Pasivny Domy 2007“, Brno, 10/2007, ISBN 978-80-254-0126-2
- (3) HACKL, St., Optimierung von Warmwassererzeugungssystemen in Passivhaus Wohnanlagen, Bachelor Thesis, 2008, FHS_Burgenland
- (4) HESSE, Chr., WUDY, B., Validierung von humanen Schadstoffemissionsmodellen, Bachelor Thesis, 2008, FHS-Burgenland

Do akej miery môže byť pasívny dom zároveň aj udržateľnou stavbou?

Peter Jackanin, Ing. arch. Eugen Nagy, Ph.D., max 15, s. r. o.

Vrbová 32, SK – 900 33 Marianka, Slovenská republika

Tel.: +421 905 64 54 50, +421 908 71 38 65, e-mail: info@max15.sk

1. Úvod

Zmeny globálnej klímy, obmedzené prírodné zdroje a výrazný rast ich cien vyvolávajú tlak na efektívnejšie využívanie surovín, inovatívnych konceptov a šetrných technológií. Energeticky pasívne domy (ďalej len EPD) je treba vnímať nielen ako prostriedok efektívneho zhodnotenia investícií, ale hlavne ako významný koncept udržateľného stavebníctva, ktorý navyše zabezpečí vyšší užívateľský štandard pri nižších prevádzkových nákladoch. EPD môže okrem radikálneho zníženia prevádzkových energetických nákladov zahŕňať aj širokú škálu iných environmentálnych aspektov. Príspevok prezentuje okrem základných teoretických východísk aj realizáciu EPD v Marianke pri Bratislave, ktorý je príkladom praktického uplatnenia zásad udržateľného stavebníctva v podmienkach SR.

2. Ciele udržateľného stavebníctva

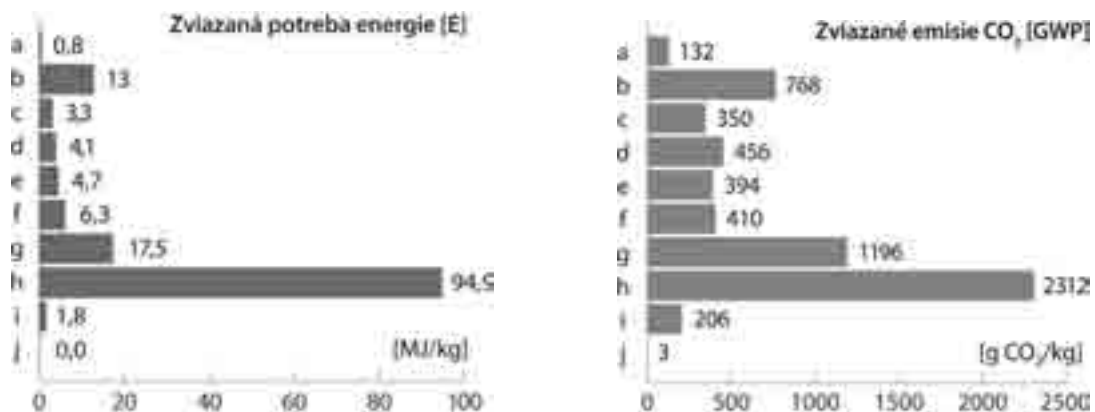
Výstavba a prevádzkovanie budov výrazne zaťažuje životné prostredie predovšetkým nárokmi na materiálové a energetické zdroje, vyčerpávaním prírodných surovín a znečisťovaním životného prostredia nielen počas výroby/realizácie, ale aj vo všetkých fázach existencie budov. V rámci celkového životného cyklu spotrebúvajú budovy v krajinách EÚ približne 40 % konečnej energie, sú zodpovedné za cca 30 % škodlivých emisií CO₂ a súčasne vytvárajú približne 40 % všetkých odpadov. *Udržateľné stavebníctvo* sa rozvíja vo viacerých rovinách – energeticky úspornou výstavbou, zameraním sa na aspekty zdravého bývania tvorbou optimálnej vnútornej mikroklimy alebo efektívnejším riadením prevádzky budov. *Udržateľné stavebníctvo* zvyšuje energetickú efektívnosť stavieb, efektívnejšie využíva materiály, znižuje množstvo emisií a odpadov v celom životnom cykle budov, znižuje spotrebu pitnej vody a efektívne využíva pôdu prostredníctvom revitalizácie sídiel.

3. Metódy energeticko-emisného hodnotenia budov

Jednou z najvýznamnejších úloh environmentálneho hodnotenia je bilancovanie množstva energie v celovom životnom cykle budovy – jej premeny a distribúcie. Porovnávanými fyzikálnymi veličinami sú okrem potrebného množstva energie aj celkové ekvivalentné emisie, napr. CO₂ alebo SO₂. Pri bilančných výpočtoch pre náročnosť výstavby a prevádzky budov sa najčastejšie volia dve profilové kategórie environmentálneho účinku: *celkové množstvo primárnej energie z neobnoviteľných zdrojov* (PEE v MJ/kg) ako miera spotreby zdrojov a *potenciál globálneho otepľovania* (GWP v g CO₂/kg) ako miera klimatickej škodlivosti.

3.1. Využívání stavebních materiálů

Charakteristickým znakom udržateľného stavebníctva je prehodnotenie environmentálnych, energetických a klimatických súvislostí používania stavebných materiálov. Dnes bežné materiály na realizáciu stavebných konštrukcií (železobetón, kovy, plasty, iné syntetické výrobky atď.) sa vyznačujú vysokou mierou dopadu na životné prostredie pri ťažbe a doprave surovín aj výrobkov, energetickou náročnosťou produkcie spojenou s radikálnym vyčerpávaním fosílnych energetických nosičov, zaťažovaním prostredia škodlivinami (hlavne CO₂), uvoľňovaním škodlivín alebo iným negatívnym dopadom na vnútornú klímu budov, problémom odstraňovania konštrukcií i materiálov, resp. ich recyklácie a možnosti opätovného začlenenia do prírodného kolobehu bez negatívnych dopadov. V tomto kontexte sa viac ako v minulosti zohľadňuje tzv. „celkový životný cyklus budovy“ a hľadajú sa možnosti vylúčenia negatívnych environmentálnych vplyvov stavebných materiálov od procesu ťažby cez proces výroby, výstavby a užívania až po ich odstraňovanie. Väčšia miera využívania obnoviteľných prírodných stavebných materiálov je preto nevyhnutnou súčasťou udržateľných stratégií v stavebníctve.

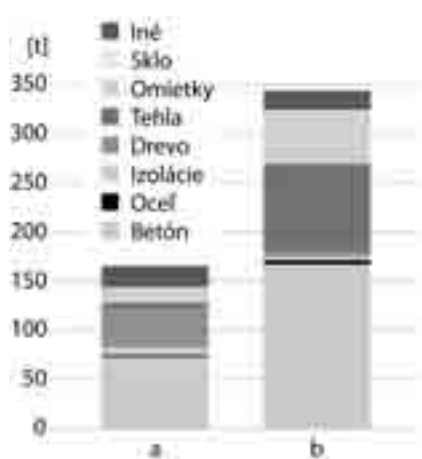


Obr. 1 Jednotkové hodnoty zviazanej potreby energie (vľavo) a produkcie zviazaných emisií CO₂ (vpravo) pre materiály bežne používané v stavebných konštrukciách: a – betón, b – oceľ, c – keramické výrobky, d – pórobetón, e – stavebné drevo, f – sadrová doska, g – minerálne vlákna, h – polystyrén, i – nepálená hlina, j – ubíjaná hlina.

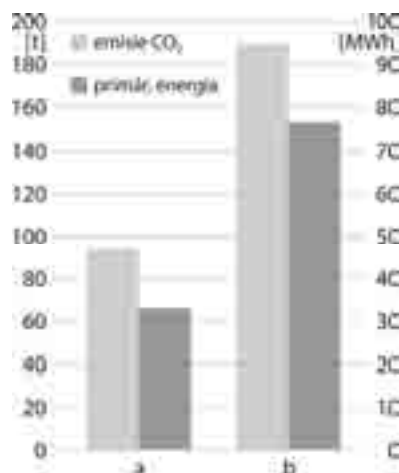
3.2. Energeticko-emisné porovnanie konštrukčných systémov EPD

Koncept EPD si v rámci trendu udržateľnej výstavby kladie za cieľ zvyšovať aj podiel obnoviteľných surovín použitých na výstavbu a prevádzku budov. Výhodiskom optimalizovaného návrhu budov sú bilancie prepojených materiálových a energetických tokov počas ich celkového životného cyklu vyjadrené kategóriami environmentálneho účinku. Na základe *metodiky environmentálnej bilancie budov* bolo v *Technickej Univerzite v Kasseli* (SRN) vypracované bilančné porovnanie dvoch identických rodinných domov v energeticky pasívnom štandarde v konštrukčnom vyhotovení stavby na báze tehly a na báze dreva. Celkové objemové množstvo stavebných hmôt je v drevodome v porovnaní s tehlovým domom napriek rovnakým tepelnotechnickým vlastnostiam konštrukcií približne polovičné. Podiel ocele a betónu je v prípade drevodomu podstatne nižší – len v základovej konštrukcii. V masívnej stavbe zohráva podstatnú rolu aj objem tehál a omietok, pričom rozsah ich použitia v drevodome je

nepatrný. Podiel dreva a tepelnej izolácie je v drevodome vyšší, doplnkové materiály (sklo, strešná krytina, obklady, podlahové krytiny) sú pre obe stavby v princípe identické. Primárna energetická náročnosť na výstavbu a s ňou spojené množstvo CO₂ predstavuje pri masívnej stavbe viac ako dvojnásobok hodnôt drevostavby. Porovnanie konvenčnej masívnej stavby s domom na báze dreva ako obnoviteľného a klimaticky neutrálneho materiálu poukazuje na zásadný dosah používania materiálov s pozitívnou environmentálnou bilanciou.



Obr. 2 Bilancia celkového objemového množstva stavebných hmôt potrebných na výstavbu EPD na báze dreva (a) a tehly (b)



Obr. 3 Bilancia množstva CO₂ a primárnej energetickej náročnosti potrebnej na výstavbu EPD na báze dreva (a) a tehly (b)

4. Výstavba energeticky pasívneho domu v Marianke pri Bratislave

Osobitosťou prezentovaného objektu bol zámer realizovať rodinný dom v štandarde energeticky pasívneho domu s difúzne otvorenou vzduchotesnou „obálkou“ výlučne z obnoviteľných prírodných, environmentálne šetrných stavebných materiálov a komponentov. Investor ich vyberal dôsledne a bez kompromisov, v súlade so zásadami udržateľného stavebníctva. Stavebná biológia a ekológia ovplyvňovala už výber pozemku, jeho monitorovanie v predprojektovej príprave, počas realizácie a po realizácii výstavby. Tento objekt je výnimočný tým, že parametre udržateľnej, energeticky i environmentálne optimalizovanej stavby spĺňa v maximálne možnej miere. Stavebné materiály a výrobky použité na výstavbu možno kvalifikovať ako environmentálne šetrné a CO₂-neutrálne. Celkové množstvo primárnej energie a potenciál globálneho otepľovania vyznieva pre objekt veľmi pozitívne.

4.1. Architektonické a koncepčné riešenie objektu

Predstavou investora bol minimalistický objekt bez členenia fasád, so sedlovou strechou, pripravenou aj na montáž fotovoltických panelov. Výsledkom návrhu a realizácie je kompaktný, pre EPD typický tvar objektu. Objekt je nepodpivničený, pôdorysne riešený ako dvojtraktový z ľahkého konštrukčného systému. Koncepčne je pripravený tak, aby po minimálnej úprave podkrovia (sú potrebné len tri ľahké priečky) mohol poskytnúť komfortné bývanie 4–6 osobám. Konštrukcia domu na báze obnoviteľných

přírodných materiálů vyžadovala vysporiadať sa s množstvom detailov stavebno-konštrukčného a tepelno-technického charakteru, orientáciou pozemku a dodatočným zatienením stavby vedľajším objektom. Na základe výpočtov a tepelno-technických simulácií bola praktickým riešením dostatočná hrúbka tepelnej izolácie. Tá vyrovnala nedostatok solárnych ziskov a ako bonus – bez aktivácie technických prostriedkov TZB – zabezpečila v lete výbornú tepelnú pohodu.



Obr. 4 Pôdorys prízemia

Pôdorys podkrovia

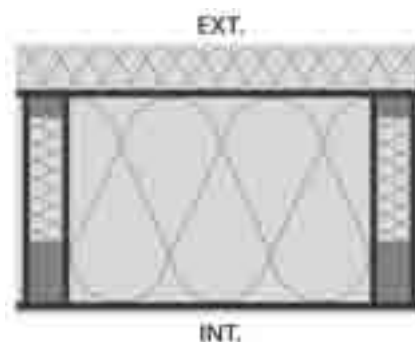
Pričný rez

4.2. Stavebno-konštrukčné riešenie objektu

Prvky hrubej stavby (nad základovou doskou) ako predhotovené kusové komponenty boli vyrobené vo výrobní hale a zmontované na stavenisku. Základným konštrukčným prvkom je drevený skriňový nosník fixovaný do spodného rámového nosníka v osovej vzdialenosti 625 mm. Konštrukčné dutiny pre tepelnoizolačnú výplň z fúkanej celulózy hrúbky 400 mm uzatvárajú drevoštiepkové a drevovláknité dosky. Vnútorne opláštenie je realizované z drevoštiepkových, sadrovláknitých a hlinených dosiek. Časť priečky je vymurovaná z nepálených hlinených tehál. Podlahy sú z masívnych drevených vlysov, korku, prírodného linolea a keramickej dlažby. Na vonkajšie opláštenie obvodových stien a strechy z difúzne priepustných, stredne tvrdých drevovláknitých dosiek bol fixovaný kontaktný zateplovací systém z mäkkých drevovláknitých dosiek hrúbky 80 mm. Sokel je zateplený korkovými doskami. Okná s certifikátom PHI Darmstadt majú do drevených rámov integrovaný tepelný izolant z korku a mäkkých drevovláknitých materiálov, z vonkajšej strany sú chránené hliníkovými lištami. Použitie syntetických materiálov bolo obmedzené na nevyhnutné minimum (dosky z XPS na zateplenie základových pásov, mäkká syntetická izolácia na zateplenie a odhlučnenie vzduchotechnických rozvodov).



Obr. 5 Montáž obvodových stien

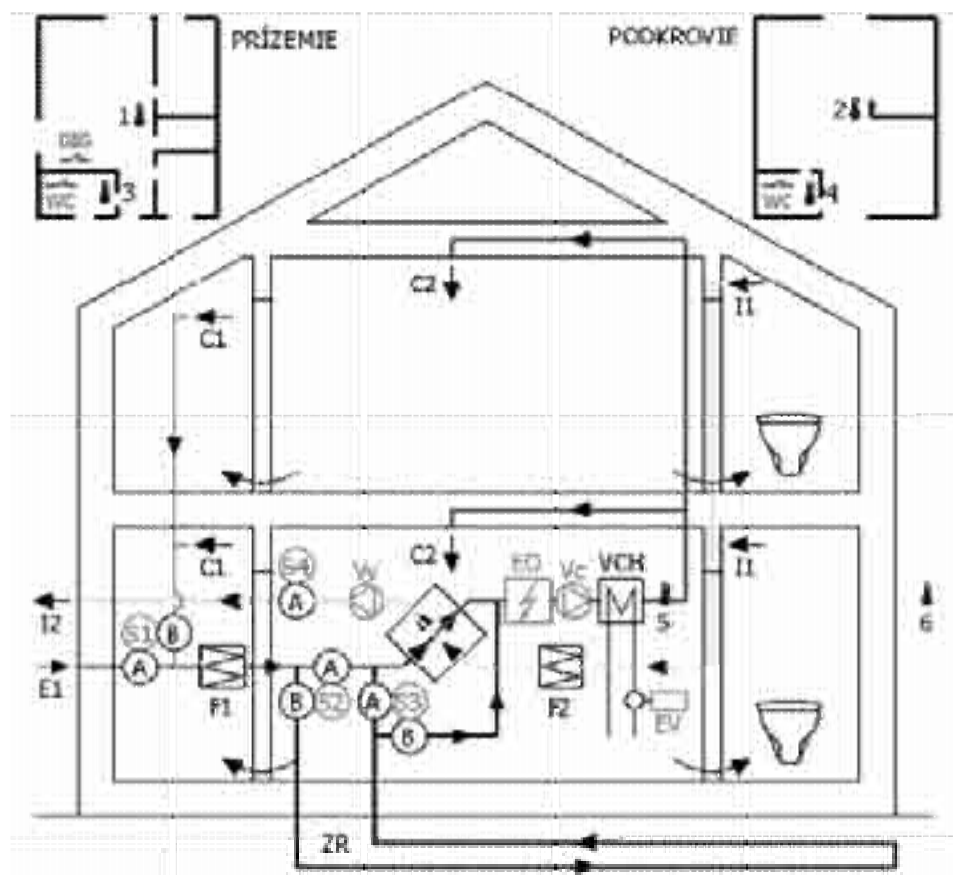


Obr. 6 Konštrukčná skladba obvodovej steny

4.3. Technické vybavenie, vykurovanie a vetranie, príprava teplej vody

Objekt bol od prvotného návrhu optimalizovaný konštrukčne aj technologicky. Na zabezpečenie celoročnej prevádzky si vystačí s malým množstvom elektrickej energie ako jediným energetickým zdrojom. Rozvody elektriny – silové bez výnimky a svetelný okruh až na nepodstatné dĺžky (cca 20 m od spínačov po svietidlá) – sú v súlade so stavebnou biológiou tlenené konštrukčne i stavebne. Podľa nameraných výsledkov a charakteru poľa vykazujú v obytnom priestore všetky RMS hodnoty B zložiek elektromagnetických polí v pásmach od 5 Hz do 2 kHz nízke hodnoty.

Systém vzduchotechniky je vývojovým produktom spoločností max 15, s. r. o., a Vaňo, s. r. o. Predstavuje nové riešenie funkčnosti, ekonomiky prevádzky aj investičných nákladov. Jeho základom je nútené vetranie s rekuperáciou tepla, s cirkulačným okruhom, priradeným zemným výmenníkom tepla a registrom dohrevu vzduchu (elektrickou špirálou s výkonom 3 kW).



Obr. 7 Schéma vzduchotechnického systému. Legenda: C1 - Nasávanie cirkulačného vzduchu z miestností, C2 – Vyústenie čerstvého a cirkulačného vzduchu v obytných miestnostiach, E1 – Nasávanie čerstvého vzduchu z fasády, I1 – Nasávanie odpadového vzduchu z WC, kúpeľní a kuchyne, I2 – Vyústenie odpadového vzduchu po rekuperácii na fasáde, Vv – Vetrací ventilátor, Vc – Cirkulačný ventilátor, EO – Elektrický ohrev, VCH – Vodné chladenie, A, B – Vzduchotechnické klapky, S1-S4 – Servomotory pre ovládanie vzduchotechnických klapiek, F1, F2 – Filtre vzduchu, DIG – Spínač vetrania pri digestore, WC – Spínač vetrania v kúpeľni a WC, EV – Elektromagnetický ventil, ZR – Zemný výmenník tepla, 1-6 – Snímače teploty, vlhkosti, atmosférického tlaku a osvetlenia.

Zamedzenie prepaľovania prachových častíc a dokonalá filtrácia vzduchu je samozrejmosťou. Vetrací systém spoľahlivo pokrýva nároky na vykurovanie aj chlade-

nie objektu. Ani v najväčších horúčavách leta 2008 nebolo v objekte potrebné kvôli chladeniu aktivovať vetrací systém. Keďže interiér domu je účinne chránený proti prehrievaniu vhodnými materiálmi a skladbou konštrukcie teplovýmenného plášťa, exteriérovými žalúziami aj uvedomelým správaním investora, vetrať a chlaď stačilo oknami. Fázový posun (11–12 hodín), výborná vzduchotesnosť, difúzna priepustnosť a použitie obnoviteľných prírodných materiálov s vysokou mernou tepelnou kapacitou zabezpečili, že v objekte ani počas najväčších letných horúčav nestúpila v interiéri teplota nad 25 °C. Teplú vodu ohrieva elektrický bojler (objem 80 l) s možnosťou aktivácie rýchloohrevu (6 kW). V objekte je inštalovaný systém na rekuperáciu tepla z odpadovej vody (odtekajúca teplá voda zo sprchy ohrieva vodu prichádzajúcu do bojlera) a na využitie zrážkovej vody. Vzácna pitná voda (filtrovaná systémom reverznej osmózy) je používaná len na gastronómické a hygienické účely. Na pranie, čistiace práce, splachovanie WC a zavlažovanie vegetácie je určená zrážková voda zachytávaná do podzemnej zbernej nádrže s objemom 4 m³.



Obr. 8 Pohľad zo severovýchodu



Obr. 9 Pohľad z juhozápadu

5. Záver

Aj napriek mnohým náročným konštrukčným stykom mal overovací tlakový test vzduchotesnosti parameter $n_{50} = 0,17 \text{ h}^{-1}$. Podmienkou na dosiahnutie tohto parametra bola dôsledná projektová príprava a intenzívny stavebný dozor. Aj vďaka tomuto výsledku predstavuje hodnota výpočtovej mernej potreby tepla na vykurovanie 12,0 kWh/m².a. Prezentovaný objekt má všetky predpoklady stať sa vzorovým príkladom výstavby a bývania v duchu zásad udržateľného stavebníctva, energeticky pasívneho domu určeného pre klimatické podmienky SR a ČR.

6. Literatura

- (1) HÁJEK, P.: *Udržiteľná výstavba budov – východiska a princípy*. Zborník Pasívni domy. Mezinárodní konference. Brno: 2005. s. 8-13.
- (2) *Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten*. Dokument SIA D 093, 1995.
- (3) HÜBNER, H. – NEUMANN, U.: *Umweltbilanzen von Passivhäusern im Vergleich*. 8. Europäische Passivhaustagung 2004. Tagungsband, s. 135-142. Krems:2004.
- (4) JACKANIN, P. – NAGY, E.: *Môj priateľ dom*. max 15, s. r. o., 2006.
- (5) TYWONIAK, J.: *Low energy buildings in environmental context*. Sustainable building & solar energy. Conference proceedings. Brno, 2001.

Abstrakt

Die Realisierung des vorgestellten Einfamilienhauses im Passivhausstandard in Marianka (in der Nähe von Bratislava, Slowakei) hält sich strikt an die Grundsätze des PHI Darmstadt, welche das Erfüllen der genau definierten Kriterien erfordern, um die Standardkennzahlen für Passivhäuser zu erreichen. Dieses Objekt war dadurch einzigartig, da es ausschließlich aus natürlichen Baumaterialien errichtet werden sollte. Die Parameter eines ökologisch optimierten und nachhaltigen Passivhauses erfüllt dieses Haus im größtmöglichen Maß. Es ist in der Tat bemerkenswert, wie der Bauherr die einzelnen Baukomponenten im Einklang mit den Prinzipien des Umweltschutzes, sowie der Baubiologie und -ökologie ausgesucht hat. Gerade aus diesem Grund können die Baumaterialien sowie auch die einzelnen Produkte, die beim Bau dieses Hauses zur Anwendung kamen, als umweltschonend und CO₂-neutral bezeichnet werden. Das Konstruktionssystem sowie die Verkleidung von tragenden Elementen wurden aus Materialien auf Holzbasis erstellt, die Außenwärmedämmung erfolgte mit Holzweichfaser- und Korkplatten, die Konstruktionshohlräume sind mit Zelluloseflocken ausgefüllt und die massive Trennwand im Erdgeschoss wurde aus ungebrannten Ziegelsteinen erbaut, wobei die Innenhaut mit Gipsfaserplatten und teilweise mit Biofaserlehmplatten verkleidet wurde. Synthetische fossile Materialien sind nur im äußerst geringen Maß zum Einsatz gekommen (z.B. XPS Platten aus extrudiertem Polystyrol-Hartschaum zur vertikalen Wärmedämmung der Streifenfundamente). Der Rohbau wurde aus vorgefertigten Wand- und Dachkomponenten im Fertigungswerk produziert, auf die Baustelle transportiert und danach innerhalb weniger Tage zusammenmontiert. Das Tragwerk besteht aus Box-Träger mit einer konstruktiven Breite von 400 mm. Das endgültige Konzept für dieses Passivhaus ist das Ergebnis der Berechnung mit dem Programm Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP), die in mehreren Varianten durchgeführt wurde. Bereits bei der Projektvorbereitung wurde bei den konstruktiven Details ein großer Wert auf die Diffusionsfähigkeit, Luft- und Winddichtigkeit der Außenhülle sowie auch auf die Vermeidung von Wärmebrücken gelegt. Indem die Solargewinne auf dem betrachteten Grundstück durch das benachbarte Haus beeinträchtigt werden, wurde die Optimierung der Fensterflächen mit Hilfe des PHPP-Programms zu einem der wichtigsten Ausgangspunkte bei der Vorbereitung des gesamten Baukonzeptes. Dank der Methodik der Bauoptimierung und der hohen Realisierungsqualität konnten alle Anforderungen erfüllt werden, die für ein Passivhaus maßgebend sind. Im Rahmen der Präsentation dieses Passivhauses (Energiekennwert Heizwärme: 12,0 kWh/m².a) werden die Erfahrungen mit der Lösung von Konstruktionsanschlüssen insbesondere bei der Vermeidung von Wärmebrücken (Simulationen von zweidimensionalen Wärmefeldern) sowie die Erfahrungen beim Sicherstellen der Luftdichtheit der Außenhülle, die anhand der Luftdichtheitsüberprüfung $n_{50} = 0,17 \text{ h}^{-1}$ (Blower-Door-Verfahren) getestet wurde, sowie zahlreiche andere Informationen aus dem Bau dieses Einfamilienhauses vorgestellt.

Difuzně otevřené skladby pasivních dřevostaveb a jejich kontrola nejen Blower-door testem

Akad. arch. Aleš Brotánek, AB designSTUDIO

Sedlice 65, 262 42 Rožmitál p.Tř.

Tel:603223851, e-mail: abrotanek@volny.cz

Mgr. Stanislav Paleček, Radion

Fojtíkova 2406, Rakovník

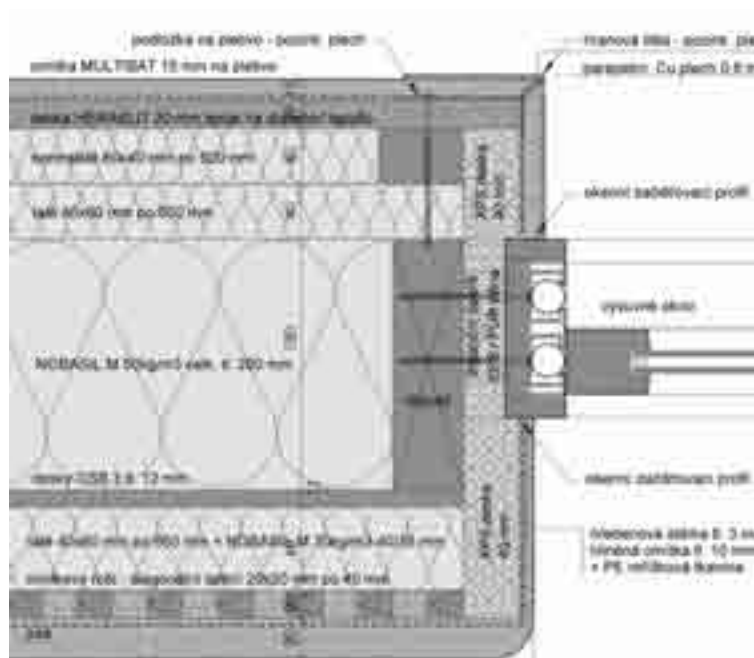
Tel.: 604834531, e-mail: radion@radion.cz

1. Návrh difuzně otevřených skladeb v dřevostavbách

Vývoj provedení difuzně otevřených skladeb je ovlivněn dostupností určitých materiálů na trhu stavebních hmot, tak jak tento trh vzniká poptávkou a zvládním technologických postupů i překonáváním zažitých stereotypů. Aplikace konkrétních izolačních systémů zpětně ovlivňuje dostupnost kontroly testováním provedené kvality, což zásadně ovlivňuje odvahu k použití méně obvyklých materiálů.

1.1. Konstrukce

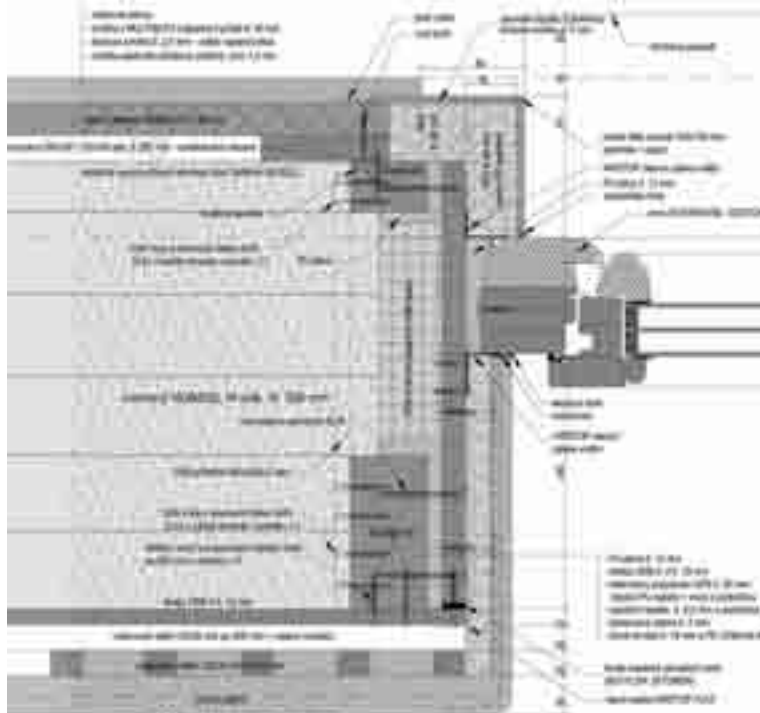
Začátky jsou spojené s osvojením logiky asi nejrozšířenějšího typu fošinkové konstrukce britského původu vymyšlené původně pro rychlou výstavbu v koloniích britského společenství, která spolu s OSB deskami tvoří vylehčenou racionální statickou strukturu, jež by měla být i levná.



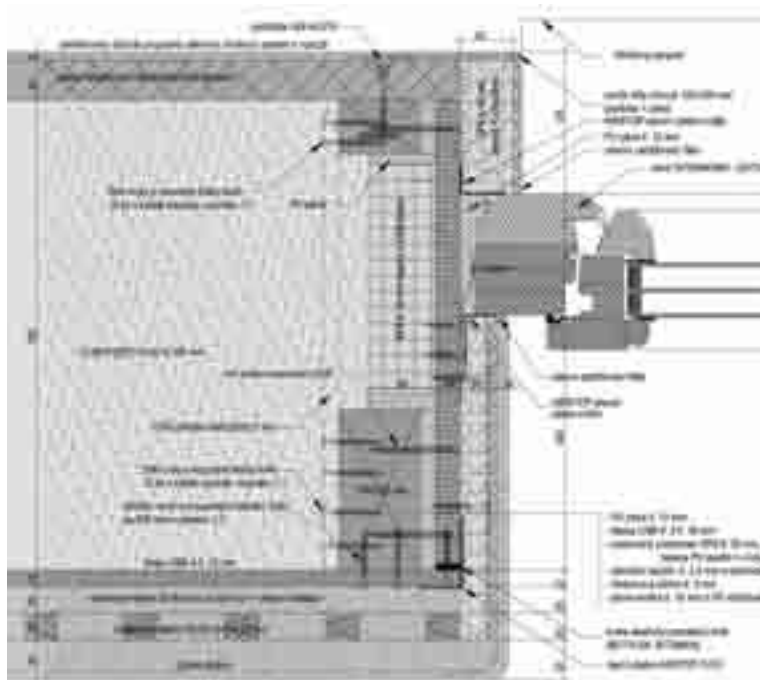
Obr. 1. Detail osazení okna v Kroclově s postupným navyšování tloušťky tepelné izolace na vnější i vnitřní straně.

Na stavbách (Kroclov, Březí, Kosoř, Kostomlaty a Hradčany 1 a i Zlatníkách) se na první pohled fošinkové konstrukce od sebe příliš nelišily. Tento typ konstrukce je vymyšlen tak, aby dva lidé mohli dům dát dohromady bez těžké mechanizace během několika málo dnů pomocí zařezávací pily a plechových spojek s hřebíky. V roce 2001 v Kroclově to dali dohromady za 2,5 týdne 3,5 tesaře za 140 tisíc za práci bez materiálu. Chce to jen zaučené a rychle mechanicky pracující tesaře, kteří mají automatizované dovednosti a nad prací příliš nespekulují. A to je v Čechách často velký problém, v Březí už to trvalo přes dva měsíce s řadou problémů a s jinou cenou. Alternativou je pak opačný přístup – výroba konstrukce na strojích řízených počítačem

s přesností na milimetry, jak to bylo u Hradčan a Kostomlat. U Kosoře navíc z konstrukce odpadla potřeba většiny ocelových spojovacích prvků, neboť stroj umí vyrobit i čepy, dlaby a rybinové spoje. Taková v hale předpřipravená stavebnice konstrukce z přesných profilů již není levná, ale rychlá a přesná na stavbě, což se projevuje v nižší pracnosti návazných prací i odpovídá nárokům na plánovatelnou organizaci výstavby.



Obr. 2. Detail difúzně otevřené skladby stěny (heraklit/omítka) s dutinou na izolaci (minerální vlna v Březí,



Obr. 3. Detail difúzně otevřené skladby (DVD/stěrková omítka) stěny s dutinou na izolaci (dřevovláknitá vlna v Kostomlaty, foukaná mineralizovaná celulóza v Kosoři)

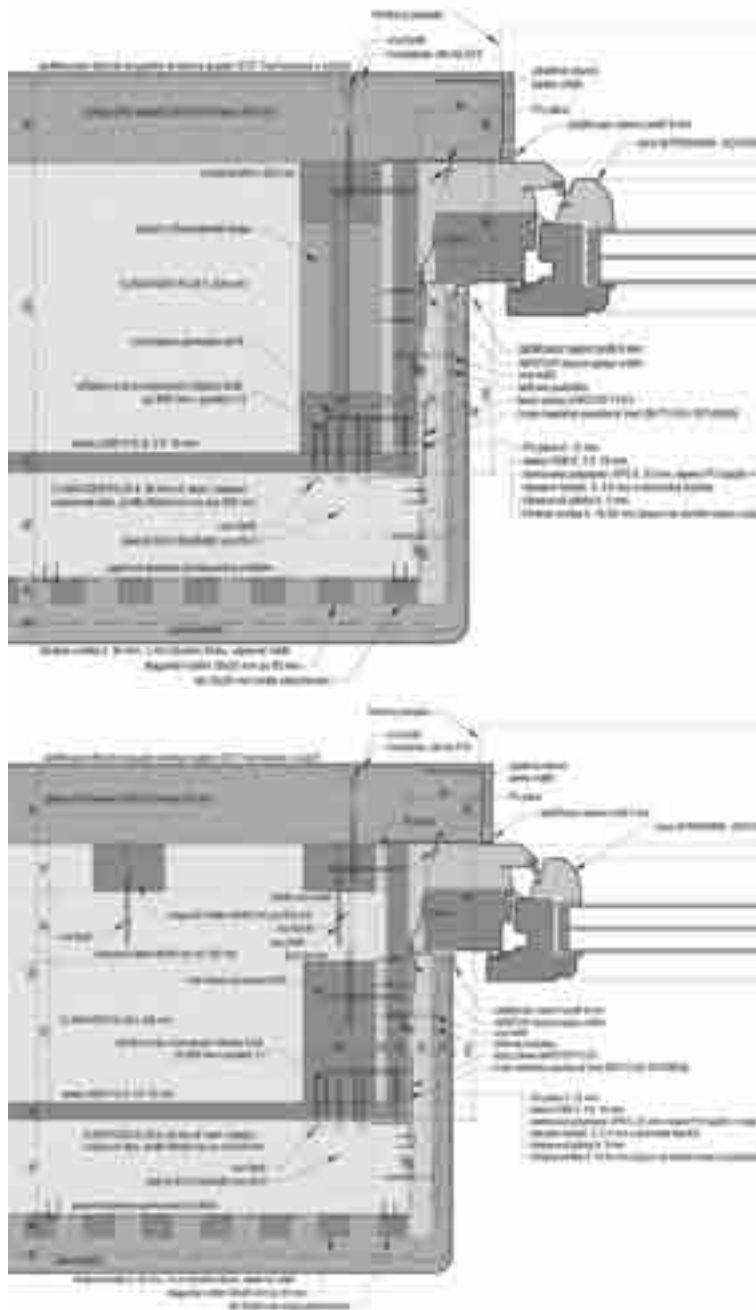
A náš problém je dnes v tom, že u této původní úsporné konstrukce se s izolacemi nepočítalo, nebo minimálně. My dnes naopak řešíme, jak konstrukci pasivních domů nejsnáze upravit pro tloušťku izolace nejlépe 300-350 mm a bez tepelných mostů.

U Kroclova začala realizace RD na úrovni nízkoenergetického standardu (izolace 180 mm nosný profil 180x40) a teprve v průběžně byla původně fošinková konstrukce opláštěná OSB deskami, ale až během výstavby byla izolace nasílena mezi dvěma vrstvami latí vodorovně a diagonálně na vnějším obvodu a jednou vrstvou vodorovných latí na vnitřní straně. Izolace je tak rozdělena na vnitřní část před parobrzdnou vrstvou a za ní a jsou prakticky eliminovány všechny tepelné mosty.

U dalších realizací prostor na izolaci vymezují konzolky z OSB desek mezi nosnou konstrukcí a fasádním roštem (Březí, Hradčany 1, a Kostomlaty, Kosoř což je náročnější na přesnost a pracnost.

Elegantní řešení je použít na

konstrukci dřevěné I nosníky, které se dají vyrobit v rozměru tloušťky potřebné izolace, případně izolaci uzavírají do samostatně oddělených komor. Do extrému vylehčená konstrukce je ale náročnější na styčníky spojů a v rovině psychologické na odvaze investora věřit kvalitě lepených spojů.



Obr. 4. Detail difúzně otevřené skladby s „íčkovými“ nebo fošinkovými nosníky a izolací ve 3 rovinách bez tep. mostů

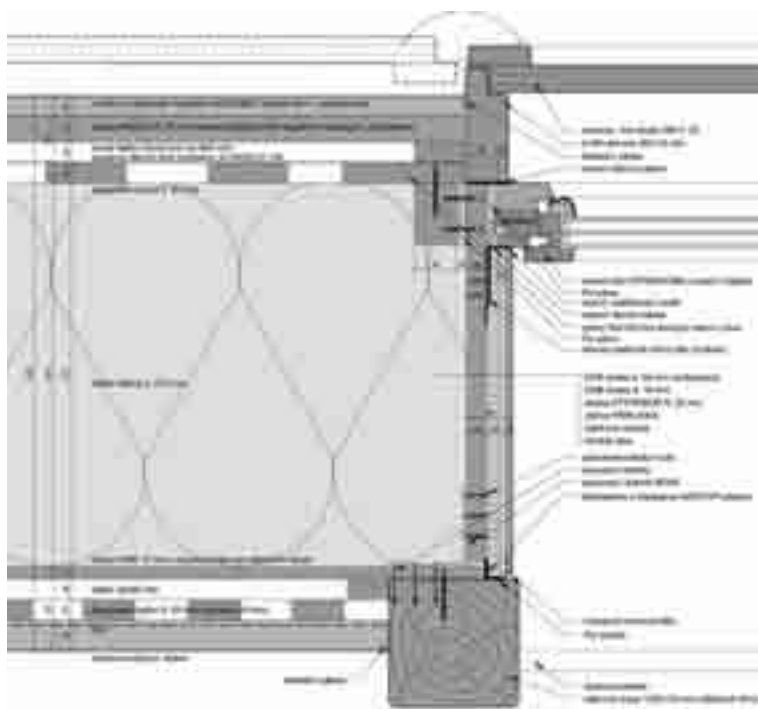
tvoří ji klasická tesařská konstrukce z hranolů, i když je nákladnější a komplikuje zařizování interiéru. Výhoda, že nosníky nepřekážejí v izolaci je, když se má k vyplňování dutiny k tepelnou izolaci stavby použít slámových balíků. Motívem k tomu byla i potřeba minimalizovat ekologickou stopu domu.

U tzv. přírodní stavby Hradčany2, byla minimalizace ekologické stopy tou hlavní prioritou spolu s touhou nechat maximálně působit kouzlo přírodních materiálů. Proto

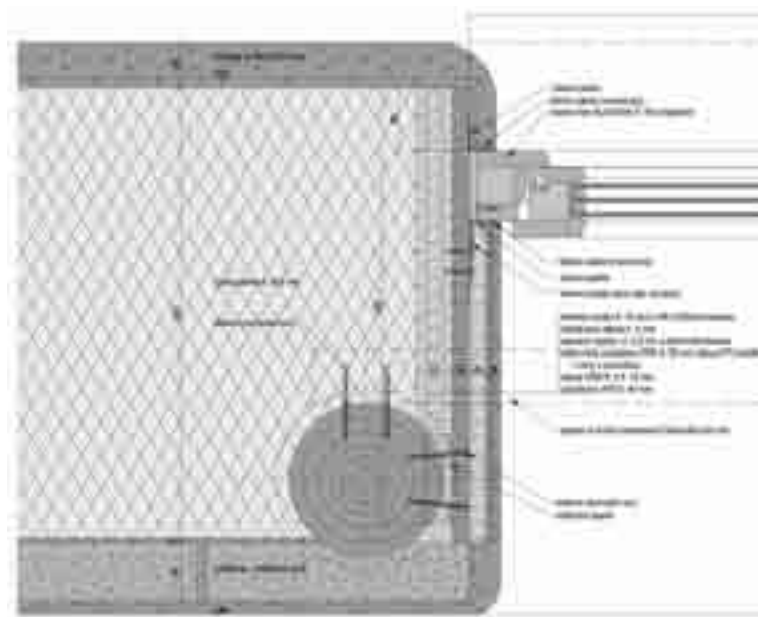
Na právě projektovaných stavbách pozoruji soubor těchto dvou řešení s nosníky a s fošinkami. Osvědčila se instalační mezera před parobrzdou 50-80mm hluboká, kam se schová většina instalací. Prostor mezi instalacemi vyplní izolace, nejnázne stříkaná celulóza, která přeruší tepelné mosty z vnitřní strany obvodové stěny. To, zda použít I nosníky nebo fošinkovou konstrukci, je do značné míry ovlivněno dovednostmi dostupného dodavatele v místě realizace a nabízenou cenou hrubé stavby. Pokud vítězí přesná fošinková konstrukce, navracíme se k řešení nasilování izolace přidáváním dvojitého laťového roštu na vnější straně, tak jak tomu bylo i u první stavby v Kroclově.

U některých investorů se při pohledu na moderní dřevostavbu objevuje lítost nad tím, že není dřevo vizuálně přítomné, mizí v obvodovém plášti. V Tehově z těchto důvodů je konstrukce přesunuta do interiéru před OSB desku a

tvoří nosnou kostru klády z nehraněné kulatiny, která se prolíná se stěnou z balíků postavenou do jedné roviny z vnitřní strany se sloupy. Není náhodou, že podobný typ staveb se zpravidla realizuje formou vzdělávacích svépomocných workshopů, kde se rovným dílem učí i pracuje s podobnými nadšenci. Kouzlo podobné stavby je v tom, že ji nerealizuje anonymní řada tupě školených řemeslníků, ale konkrétní lidé vytvářející společenství se svými pocity a emocemi, které propisují do konečného díla. Tak trochu to asi navazuje na tradice stavění na venkově, kdy si pomáhali lidé z celé vesnice, dnes však z té globální.



Obr. 5. Detail difúzně otevřené skladby s viditelnou nosnou konstrukcí a izolací balíky slámy a osazení okna s okenicí v Tehově



Obr. 6. Detail skladby co nejvíce přírodní stavby s nosnou konstrukcí z nehraněných kuláčů Hradčany2

Je to možná i reakce na sílící neosobnost a uniformitu vrcholící v architektuře v minimalistických „čistých“ a tedy neosobních formách, kde jakoby už stavěl jen jeden autor a jak vyjádřila svůj pocit jedna investorka, „pěkné, zajímavé ale ne pro mne, je z toho příliš cítit Savo“. Ani přírodní stavby nejsou pro každého, ale cesty k pasivnímu standardu jsou různobarevné.

1.2. Izolační materiály

V začátcích jsme používali minerální vatu (Kroclov, Nenačovice, Březí), která je nejméně problematická s ohledem na požární bezpečnost a dostupnost, ale je zranitelnější, pokud dojde k poruše konstrukce a kondenzaci vodních par ve skladbě. Tento problém je výrazně vyšší v našem klimatickém pásmu oproti třeba Francii nebo Velké Británii, neboť teploty v těchto zemích klesají v zimě pod -5°C jen výjimečně a krátce.

Alternativou rohoží z minerální vlny mohou být rohože z dřevité vlny (Kostomlaty),

konopí, lnu nebo v omezené míře cenově nejnáročnější ovčí vlny, případně jejich kombinací s různou mírou příměsí dřevního odpadu (např. hoblin s cílem vylepšit cenu,) se zachováním tepelně izolačních vlastností. Tyto variace s buněčnými strukturami umějí pracovat s kondenzující vlhkostí a proto dělají bezpečné difúzně otevřené skladby.

Nevýhodou všech vrstvených izolací je jejich pracnost spojená s potřebou pečlivého kladení jednotlivých vrstev na sebe, aby se spáry překrývaly a aby nevznikaly nehomogenní vrstvy s dutinami. Vše příliš závisí na pečlivosti, motivaci a důsledné kontrole technologické kázně.

Tento způsob aplikace lze nahradit foukanou izolací do vymezených komor. K tomu je nejčastěji používána mineralizovaná celulóza (Hradčany 1, Kosoř (obr. a Zlatníky) i když foukáním lze aplikovat i minerální vlákna, kde je ale pro přátele přírodních materiálů nesympatická příměs formaldehydových lepidel. Foukání je aplikace rychlá a spolehlivá, když jsou (jako vždy) dodrženy technologické postupy. První podmínkou je, u svislých konstrukcí, dosažení potřebné hustoty $60\text{--}65\text{ kg/m}^3$, aby nedocházelo k sesedání. To lze dosáhnout vymezením do oddělených komor v konstrukci o objemu, která odpovídá výkonu foukacího zařízení. Výhodou této technologie je, že celou aplikaci izolace na správně připravené stavbě u RD lze provést během jednoho až dvou dnů. Předpokladem úspěchu je *fotografické zdokumentování oddělených komor před zaklopením fasádní vrstvou a následná* revize termovizní kamerou, která dokáže spolehlivě odhalit místa, kde nebyla technologie dodržena. V Kosoři, přestože byla aplikace velmi pečlivá, se našla jedna opomenutá komora. Revize termovizní kamerou se ale vyplatí i u všech ostatních izolačních materiálů, protože chyby v izolaci je třeba odstranit včas, nikoli až se začnou projevovat za provozu, takové odstraňování vad je vždy nákladné.



Obr.7. Oddělování komor v konstrukci před foukáním izolace na požadovanou hustotu a aplikace

Samostatnou kapitolou je použití slámových balíků. Není to zatím materiál použitelný univerzálně, neboť ji nelze koupit v žádném velkoskladu s izolacemi jako třeba v Rakousku. Je ji třeba zajistit individuálně u konkrétního zemědělce, ale nemusí se podařit včas a za příznivého počasí se správnou hustotou nejlépe 90 kg/m^3 (kdy je

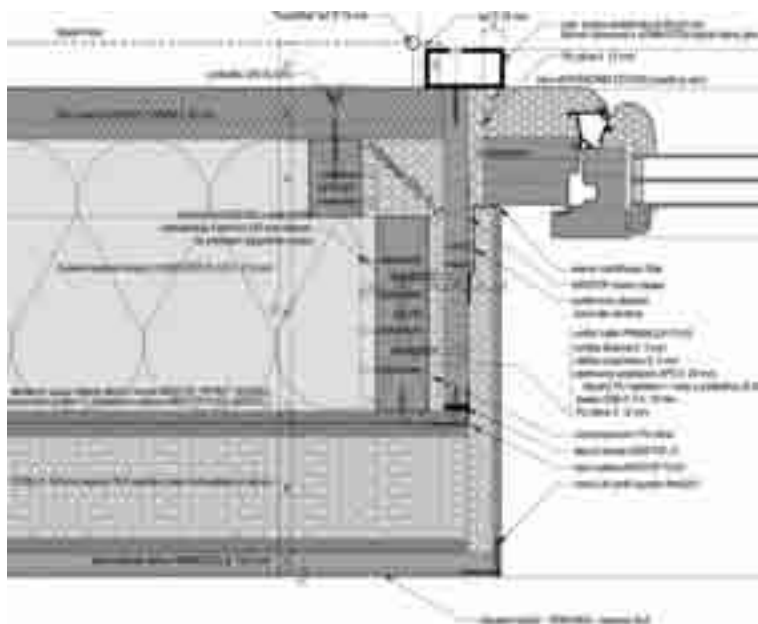
optimální λ 0,040-0,045 (W/mK). Pro některé investory je přitažlivá především proto, že její použití má nejmenší ekologickou stopu ve všech fázích života stavby.

Na závěr je třeba připomenout, proč narůstá obliba izolačních materiálů na bázi živých buněčných struktur a co bude zvyšovat jejich akcie. Je to především hledisko bezpečnosti. Pokud dojde z nějakých důvodů k poruše v konstrukci stavby a ta je následně ohrožená kondenzací vodních par, reaguje buněčná struktura na rozdíly ve vlhkosti tak, že ji rozvádí (dekoncentruje). Rychlejší pohyb par k difúzně otevřenému vnějšímu povrchu snižuje rizika škod vlivem kondenzace.

1.3. Parotěsná a plynotěsná vrstva

Klíčové pro pasivní dům je dostat pod kontrolu řízené větrání. To představuje vytvoření těsné stavby s parametry prověřenými Blowerdoor testem těsnosti na hodnoty $0,6 \text{ h}^{-1}$ a méně pro PD a alespoň na hodnoty $1,0 \text{ h}^{-1}$ u NED.

U námi navrhovaných staveb s difúzně otevřeným vnějším povrchem je použita na opláštění konstrukce z vnitřní strany (nebo blíže vnitřní straně) OSB deska jako konstrukční větrovací prvek, který ale zároveň po dotěsnění spár parotěsným tmelem a parotěsnými páskami plní funkci parobrzd. Pro zdárný průběh dokončení stavby PD v požadované kvalitě je důležité naplánovat test těsnosti v tu pravou chvíli. To znamená organizovat stavbu k celkovému opláštění parotěsnou vrstvou včetně osazením výplní otvorů, prostupy opláštěním (voda, kanalizace, elektro, VZT, světlovody, komín atp.) vše dotěsněné parotěsným tmelem páskami a těsnícími tvarovkami. A to je ta správná chvíle k provedení testu, než se začnou rozvíjet dokončovací práce. To,



Obr. 8. Detail difúzně otevřené skladby s izolací ve třech rovinách a fasádní folií vně a plynotěsnicí vrstvou z Tetra K desek z recyklovaných tetrapakových obalů (Zlatníky)

že takto navržené konstrukce plní tyto nároky, prokázaly provedené testy v Březí ($0,61 \text{ h}^{-1}$), kde hodnota byla ještě těsná a byl problém nalezen u komínových dvířek (dořešeno přelepením hliníkovou páskou, kterou je třeba vždy po revizi obnovit). V Kostomlatech (dosažená hodnota $0,31 \text{ h}^{-1}$) v Kosoři (dosažená hodnota $0,21 \text{ h}^{-1}$), kdy vnitřní povrch byl ještě vylepšen ještě Latexovým nátěrem.

Ve Zlatníkách byl na parobrzdou vrstvu použit jiný materiál než OSB deska. Byla jím deska Tetra K od slovenského výrobce. Vyrobena recyklací roztrhaných částí tetrapakových obalů.

Ve Zlatníkách byl na parobrzdou vrstvu použit jiný materiál než OSB deska. Byla jím deska Tetra K od slovenského výrobce. Vyrobena recyklací roztrhaných částí tetrapakových obalů.

Výsledná dosažená hodnota testu $0,17 \text{ h}^{-1}$. Výhoda této konstrukční desky je, že k její výrobě není třeba žádného lepidla, kterého se někdy obávají úzkostlivější investoři při použití OSB desek. Bez lepidla to je možné proto, že nahřátím dojde k natavení tenké polyetylenové vrstvy na povrchu papírových částí a následné sliso-vání vytvoří kompaktní a neprodyšný materiál.

V Hradčanech2 plní funkci parobrzdy a plynotěsné vrstvy silná (tl. 80-120 mm) hliněná omítka s jutovou výztuží aplikovaná přímo na slámovou stěnu a přecházející na strop střechy i na podlahu. Proto bylo třeba omítat i části konstrukčních uzlů konstrukce z nehraněných kuláčů, aby nebyla narušena souvislost této vrstvy, která buď pohltní konstrukci, nebo ji obtéká na odvrácené straně v izolaci. Tady u stavby s extrémní snahou používat pouze přírodní materiály bude i test těsnosti asi velmi napínavý?

1.4. Vnější povrch fasády

Vlastnosti vnějšího povrchu rozhodují, zda bude skladba opravdu difúzně otevřená s co nejlepší schopností nehromadit kondenzované vodní páry a tím neohrožovat vlastnosti izolace i konstrukci, ale zda zároveň bude chránit proti větru, který při extrémním proudění může výrazně snížit účinnost izolace. Jde o vybalancování protichůdných tendencí, kdy záleží i na tom, jakého charakteru vnějšího povrchu se má dosáhnout.

Nejčastěji bývá požadavkem fasáda s omítkovým povrchem, kde byl dostupný a spolehlivý heraklitový záklop (Kroclov, Hradčany1, Březí, Tehov). Pod ním je třeba uzavřít izolaci závětrnou kontaktní textilní fólií. Fólii je třeba také důkladně slepit ve spojích a vyztužit fasádu diagonálním řídkým prkenným pobitím, kde vzniká i odvětraná mezera. Pokud je heraklit dobře slepen PUR lepidlem, neměly by vznikat praskliny na omítce, které bývají někdy problém nedodržením technologických postupů a je jistější použít výztuž do omítky (rabicové pletivo nebo skelná síťka). Od omítky se očekává poréznost, pružnost i trvanlivost. Pro tyto požadavky se osvědčilo do omítky pojivo vápenný hydrát (Unimalt nebo Multibat), který v sobě propojuje ty lepší vlastnosti vápenných porézních i pevných cementových pevných pojiv i rychlost vyztváření. Povrch omítky lze pojmut dnes klasicky hladce, nebo měkce rustikálně v řadě variací.

Během posledních let se objevil staronový materiál - dřevovláknité desky (dále DVD) obdoby u nás známého materiálu hobra. Tento materiál umožňuje zjednodušit skladby povrchu, neboť aplikací jednoho prvku splní funkci ztuženého záklopu závětrné vrstvy a ještě izolace s difúzně propustným povrchem, čímž dochází k vyrušení všech tepelných mostů v konstrukci souvislou izolační vrstvou celého vnějším povrchu, plní závětrnou funkci a zároveň je podkladem pro certifikovaný omítkový systém s výztuží tl.10mm Nic nebrání tomu, aby byla podkladem i obklady s provětranou mezerou, ale také může být podkladem pod HiTech fasádní fólii (Zlatníky).

1.5. *Stabilita vnitřního prostředí a povrch opláštění interiéru*

Dřevostavba má jednu nevýhodu v rovině psychologického vnímání- **má pověst ne-solidní stavby**. Bydlení v lehkém skeletu opláštěném sádrokartonem je v naší kotli ně spojené s pobytem na chatě a nebo s vestavbou do podkroví a s horší akustikou prostředí, tedy něco se znaménkem mínus a nepříjemné. Tento problém je technicky mnohem snáze řešitelný, než by se zdálo. Jde o to, dostat do domu více masivní hmoty a dodržet (jako v každé jiné stavbě) odstranění hlukových mostů, které se mezi místnostmi nesmí přenášet více, než je přípustné. To s sebou pak nese hlukový útlum, tepelnou setrvačnost i pocit ze stavby, na jaký jsme zvyklí u stavby zděné, přestože je základní nosná konstrukce ze dřeva.

Od prvního návrhu dřevostavy v Kroclově jsem si toho byl vědom a hledal jsem možnosti, jak sádrokarton použít jen tam, kde je to výhodné. Tzn. hlavně u instalačních příček a podhledu stropů nebo u staveb využívaných časově omezeně a kde je tudíž tepelná setrvačnost nežádoucí. Takto tomu bylo třeba u společenského sálu společnosti Country Life v Nenačovicích, kde přesahy střech a přiměřená velikost oken nedělají problémy s přehříváním v letním období, přestože je zde pouze SDK.

První možností, kam nejnáze vnést hmotu do dřevostavby, jsou vnitřní příčky a podlahy. I v dřevostavbě mohou být zděné příčky (vápenopískové, pálené nebo nepálené cihly) a i v dřevostavbách se osvědčil pěticentimetrový povrch podlahy pod finální povrchem. Další hmota do domu se nabízí na vnitřním povrchu obvodového pláště. Po úvahách o přízdívkách, které jsou také možné a v Rakousku na to existují i speciální tvárnice, zatím vždy zvítězila hliněná omítka v síle 30 -70 mm na laťovém roštu nebo rákosovém pletivu. V konečné fázi se nanáší hliněný štuk, který může být probarvený podle zvolené barvy jílu a štukového písku a pak může zůstat i bez dalšího natírání barvou. Při dalším malování dojde jen k navlhčení povrchu a znovu k přepracování hladítkem. Je samozřejmě možné, že vnitřní povrch stěn nemusí být k rozeznání od tradičně vymalované stěny, ale je třeba použít prodyšných barev na bázi vápna nebo kaseinu, aby zůstaly zachovány příznivé vlastnosti jílu regulujícího vlhkost vnitřního prostředí i schopnost redukce pachů.

Bylo by jistě možné použít i vápenné omítky, ale hliněné jsou svojí pružností optimální do poněkud měkčích dřevostaveb, nehledě na jejich dlouhodobě trvalou recyklovatelnost. Hmota hliněných omítek stačí vždy jen znovu namočit.

Dříve takovou omítku uměli namíchat z místního materiálu v každé vesnici, chce to jen praktickou znalost a zkušenosti, zdali do místního materiálu je třeba přimíchat více písku nebo jílové složky. Je jisté, že materiál z výkopových prací na základech je s nejmenší ekologickou stopou, ale pokud chybí odvaha k experimentům, je jednodušší objednat jílový základ s vyzkoušenou recepturou, který už je dnes dostupný i s možností objednat zaškolení místních řemeslníků.

Těmito opatřeními, kterými se dřevostavba doplní o hmotu v podlahách, příčkách a omítkách na vnitřní straně obvodové stěny nebo jejich kombinací jsou vytvořeny vlastnosti stavby zděné i akusticky, s minimální tloušťkou stěny, která pro příjemnou

pohodu nepotřebuje **žádné klimatizační zařízení** ani v tropických letních dnech, pokud návrh domu nezapomene na přiměřené velikosti oken nebo řeší jejich zastínění.

1.6. Čemu se u dřevostaveb raději vyhnout?

Mám obavu, že v budoucnu bude dřevostavbám dělat špatnou pověst konstrukce, která se bohužel dost rozšířila, kterou ale lze přirovnat k časované destrukci, než jako použitelný systém. Jde o konstrukci, kde je i **vnějším** opláštěním OSB deskami na fošinkovém skeletu a k tomu ještě s přidanou izolací polystyrénem. Je otázka, co asi udělá kondenzovaná vlhkost v izolaci, když je z vnější strany fasáda omezeně prodyšná. Funkci parobrzdění zde teoreticky na sebe bere vnitřní parotěsná fólie, která vyžaduje extrémně pečlivé provedení lepených spojů a nepoškození při provádění stavby, instalaci i během provozu domu, zvláště když fólie může být i těsně pod sádrokartonem. Je vysoce nepravděpodobné, že všichni obyvatelé budou poučení o chování v takové stavbě, kdy pouhé pověšení obrázku na stěnu (*zavrtání hmoždinky do vnitřního pláště skrz zranitelnou fólii*) může porušit plynou a parotěsnou vrstvu a spustit kondenzaci vlhkosti v izolaci, která nemá šanci ji dostatečně rychle opustit.

Potřeba dodržování extrémních požadavků na provádění předepsaných technologických postupů není v souladu s realitou na běžných stavbách. Realita je taková, že v polovině aplikací je fólie sice položena, ale nikoli pospojována, natož napojena na případné další konstrukce tak, aby vytvořila skutečnou souvislou plynotěsnou vrstvu.

Tato praxe se však netýká domů pasivních, kde test těsnosti by měl být podmínkou a který ukryté vady spolehlivě odhalí. Kombinace kontroly termovizní a testu těsnosti umožňuje prověřit včas vlastnosti staveb, aby se odpovídaly projektovaným požadavkům.

1.7. Diagnostika v průběhu stavby

Testy vzduchotěsnosti a termovizní prověrky jsou nutnou (i když ne postačující) podmínkou pro úspěšnou realizaci energeticky úsporného domu v jakékoli úrovni, pasivního zvláště. Úspěšnost v těchto testech je také, mimo jiné, jistou zárukou obecné kvality stavby a předpokladu její vysoké trvanlivosti a to jak u staveb zděných tak, a to zvláště, u dřevostaveb. Ostatními, obecně známými důvody nutnosti vysoké vzduchotěsnosti zůstávají: minimalizace energetických ztrát nekontrolovanou výměnou vzduchu, účinnost rekuperačních výměníků vzduchotechnických jednotek a zamezení transportu vzdušné vlhkosti do roviny izotermy rosného bodu v konstrukci budovy.

Způsob provedení tzv. hlavní vzduchotěsní vrstvy (HVV) je závislý na konstrukci hlavní i když se mnohé způsoby mohou úspěšně prolínat.

U staveb zděných je HVV zpravidla omítka interiéru. Tato ale musí být provedena celistvě i v místech, kde obvykle omítka není nutná: pod úrovní podlah, nad SDK podhledy (obr.). Častými poruchami jsou průvrty elektrovláček do svislých (nelepe-

ných) spár zdiva, parapety s otevřenými svislými spárami a neutěsnitelné průchody voštinového zdiva např. svazky kabelů (obr.).



U dřevostaveb a podotýkám, že i mnohá zděná stavba je ve střešní konstrukci dřevostavbou, je HVV často PE folie nebo deskový záklop se sdruženou konstrukční funkcí. PE folie je užitá buď jako prostá, volně zavěšená (sponkovaná) na interiérové straně roštu nesoucího izolaci před instalační mezerou a SDK. Tento způsob (výše zmíněný) sloupkové konstrukce s venkovním OSB a kontaktním zateplením PS již nemá, krom sloupků v interiéru žádnou pevnou konstrukci a proto se folie lepí na měkkém podkladě se spornou kvalitou spoje (obr.).



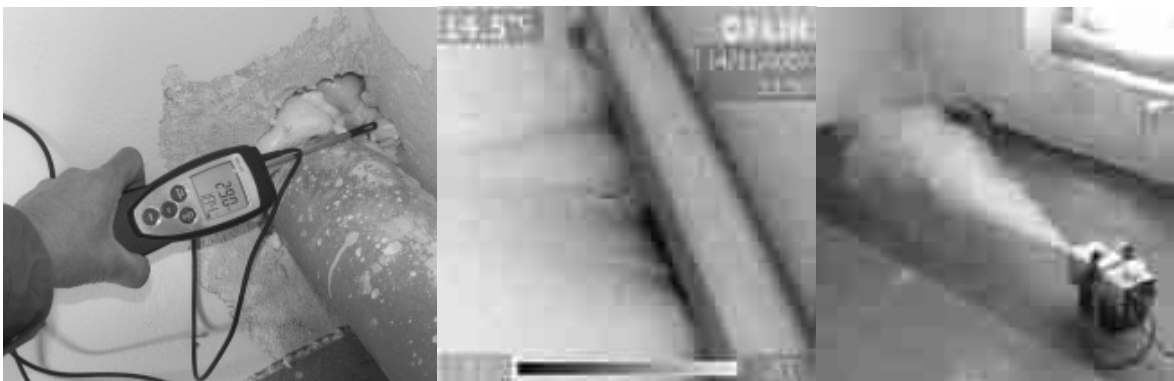
Stejná je situace v krovu nad zděnou stavbou. Další způsob užití folie jako HVV je její integrace do panelu dřevostavby. Odpadá zde sice její časté spojování, které je omezeno na spoje mezi panely a s výplní stavebních tvorů ale je téměř znemožněna její oprava při poruše v průběhu stavby např. elektroinstalací. Rovněž je velmi ztížena kontrola spojů, které jsou často skryty navazující konstrukcí. V obou dvou případech je časté porušení celistvosti PE folií a to jak protržením při manipulaci např. s SDK konstrukcí a jejím kotvení, elektroinstalací a nedokonalými slepenými spoji (prašnost při lepení).

Jinou formou provedení HVV je užití pevných formátovaných desek, které plní zpravidla funkci ztužující konstrukce stavby. Spojování těchto desek je díky možnosti lepení pod tlakem proti podložce, penetraci spoje, tmelení dilatujících dílců pevné, jasně ohraničené, kontrolovatelné a opravitelné (obr.)



Rovněž trvanlivost spoje není významně (proti volné PE folii) ovlivněna pohybem působením nárazu větru v následujících desetiletích životnosti budovy. Tato konstrukce HVV je, jak se zdá z dosavadních výsledků měření vzduchotěsnosti, perspektivnější a spolehlivější. Není výjimkou dosažení hodnoty průvzdušnosti $n_{50} < 0,4 \text{ h}^{-1}$.

Stanovení průvzdušnosti (násobku výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50Pa, $n_{50} [\text{h}^{-1}]$) tzv. Blower Door test je nutné provádět v době úplného dokončení HVV, jejího napojení na výplně stavebních otvorů ale zásadně před jejím zakrytím následnými konstrukcemi. Jedině tak lze najít a účinně odstranit defekty těsnosti. Způsobů vyhledávání defektů je hned několik. Od vnímání proudění vzduchu citlivou dlaní zkušeného operátora, mikroanemometry ke kvantifikaci průtoku, stopováním inertním značeným dýmem z generátoru, ultrazvukem a snímáním termovizní technikou ve spojení s manipulací s tlakem v budově. Rovněž je nutné posoudit shodu testu v režimu podtlaku a přetlaku v budově. Značný rozdíl je známkou uvolnění části HVV.



Následný tzv. certifikační test průvzdušnosti („A“ viz ČSN EN 13829) po dokončení stavby lze jedinečně doporučit. Prvotní test („B“, výše zmíněný) se omezuje jen na obálku budovy s vyloučením nedokončených prvků stavby jako je VZT, odkouření, kanalizace aj. Teprve test „A“ stanoví celkově dosaženou průvzdušnost včetně instalovaných zařízení TZB při jejich pouze provozním uzavření.

I ověření účinnosti tepelné obálky pomocí termovizní techniky není nutné omezovat pouze na vyhledávání tepelných mostů na závěr stavby. Opomenutí tepelně izolační výplně mezi konstrukcí lze ověřit již v ranném stádiu ihned po zakrytí. Je k tomu ale možno přistoupit pouze za příznivých povětrnostních podmínek, dostatečného tepelného spádu a minimalizace ovlivnění Sluncem, větrem a deštěm.

JRD – realizace nízkoenergetických a pasivních bytových domů 2008

Jan Řežáb, JRD, s.r.o.

Adresa: Vinohradská 182, Praha 10 - Strašnice

Tel: 272 650 044, e-mail: rezab@jrd.cz

1. Reakce trhu na projekty energeticky úsporných bytových domů developera JRD s.r.o.

Zejména v posledním roce se bytový trh v ČR velmi změnil. Zvýšila se konkurence, v některých oblastech již nabídka minimálně vyrovnala poptávku a oblasti energetických úspor výrazně pomohl skokový růst cen energií. Toto vše jsou výrazné podněty pro segmentaci trhu, tlaku na kvalitu, a také na energeticky úsporná řešení. JRD jako leader na trhu NED bytových domů tento vývoj velmi kvituje. Obrat nastal také u klientů. Ti jsou již obeznámeni se základními informacemi o nízkoenergetických stavebních řešeních jak v úrovni uživatelské tak technické. Je vidět sílící zájem o produkt „energeticky úsporný byt.“ Druhým neméně významným jevem je zájem o realizace a zkušenosti JRD z řad menších developerských společností i nadnárodních firem.

2. Zajímavé počiny JRD v roce 2008:

2.1. Projekt "Dolní Měcholupy 4" - realizace největšího nízkoenergetického bytového areálu v ČR



vizualizace projektu: Dolní Měcholupy 4 z jihovýchodu

Základní parametry areálu: 43 bytových jednotek, 2 nebytové jednotky, 56 GS, 9 PS, průměrná velikost bytu 90 m², realizace 3/2008-4/2009

- obvodový plášť zděný z porobetonu 200 + PS 180 mm
- dřevěná okna osazená trojskly, výplň argon
- teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla – jednotky DUPLEX výrobce ATREA s.r.o. v několika malých bytech větrání s rekuperací
- samostatný elektrokotel pro každý byt a samostatný zásobník pro ohřev TUV s možností solárního předeřevu
- příprava pro externí hliníkové elektricky ovládané žaluzie

- střechy nad schodišti osazeny solárně termickými kolektory napojenými na zásobníky ohřevu TUV
- jižní části šikmých střech osazeny fotovoltaickými systémy o celkovém instalovaném výkonu cca 25 kWp
- ve spolupráci s ČVUT v rámci programu aplikovaného výzkumu „Trvalá prosperita“ týmu prof. Tywniaka jsou realizovány 2 výzkumné úkoly: instalace měřící soustavy v bytě a následného měření; instalace soustavy kombinovaných kolektorů solárně- termicko- fotovoltaických.

2.2. Realizace nulového bytu v projektu Dolní Měcholupy 4 (použitá řešení a technologie)

V rámci projektu Dolní Měcholupy 4 realizujeme i jeden energeticky nulový byt v 1.NP o velikosti 175m² se zahradou 700 m², do které bude uložen solankový zemní výměník. Cílem realizace je vyzkoušení si „extrémního přístupu“ k úsporám energií při provozu bytu a sledování mnoha parametrů za provozu bytu. Od realizace si slibujeme ověření těchto investičně maximalistických řešení s ohledem na efektivnost investice, zvýšení uživatelského komfortu, energetickou návratnost jednotlivých prvků a jejich reálného využití při provozu. K tomu nám pomůže instalace poměrně náročného systému měření energetických toků (větrání, topení a chlazení) společně s ČVUT Praha ve více než 40 měřených místech.

Akumulační nádrž je centrem vytápěcího a větracího systému. Budou proto sledovány všechny energetické vstupy a výstupy do nádrže. Jako energetické vstupy (zdroje energie) jsou tu napojeny: okruh teplovodních solárních kolektorů, okruh s výměníkem v krbové vložce, elektrické patrony a jako výstupy (odběratelé energie): systém průtočného ohřevu teplé vody, výměník ve vzduchotechnické jednotce a dále bude sledována teplota po výšce akumulace nádrže. Centrální akumulace nádrž a navržené teplovzdušné vytápění v tomto bytě zajišťuje úzké spojení mezi vytápěním a vzduchotechnikou. Budou sledovány základní hodnoty pro vyhodnocení a odhad celkové energetické bilance bytu, chování a vliv uživatelů na provoz a přínos solankového výměníku. Budou sledovány tyto části: solankový okruh, čerstvý vzduch, teplota v interiéru, větrací vzduch, odvětrávaný vzduch, kvalita vzduchu – CO₂. Výsledky těchto měření budou publikovány.

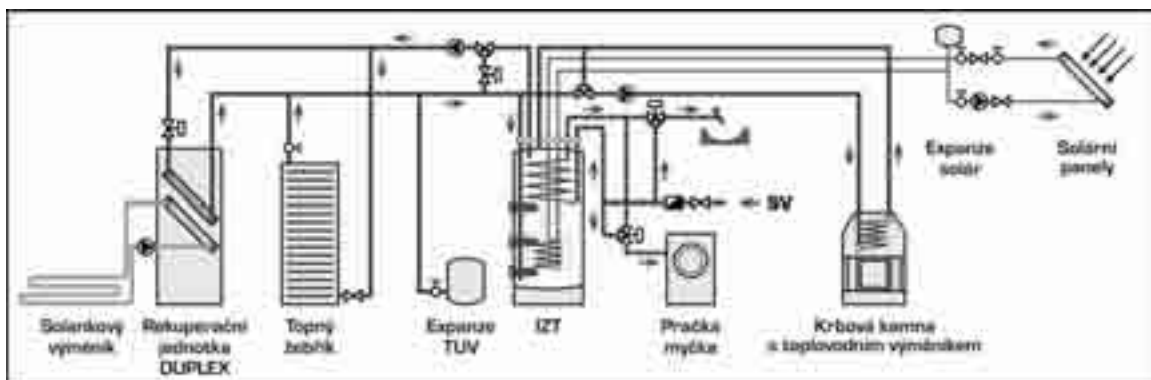


Schéma energetické soustavy „nulového“ bytu

Technické parametry bytu:

- obvodový plášť zděný YTONG 200 + tepelně izolační desky Greywall 240 mm
- dřevěná okna INTERNORM Edition, trojskla, výplň krypton, $U_w=0,68W/m^2K$
- teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla – jednotka DUPLEX výrobce ATREA s.r.o. s napojením na IZT a solankový zemní registr
- Integrovaný zásobník tepla 615 l s napojením na 4 deskové vakuové vysoce výkonné solární panely Logasol SKS4.0-w a na krbovou vložku (externí přívod vzduchu) s teplovodním výměníkem
- externí žaluzie u exponovaných jižních a západních otvorů
- fotovoltaický systém na střeše objektu
- systém měření energetických toků bytu v rámci aplikovaného výzkumu s ČVUT



Vizualizace bytu v 1.NP z jihozápadu

2.3. Projekt "Dolní Měcholupy 5" - realizace pasivního bytu pro pronájem veřejnosti cca od prázdnin 2009 dtto jako jeden z pasivních RD v Koberovech

Pro zvýšení propagace nízkoenergetického a energeticky pasivního bydlení se JRD společně se spoluinvestorem ATREA s.r.o. rozhodly o realizaci pasivního bytu pro zkušební krátkodobý pronájem (max.1 týden). Byt by měl sloužit pro ty, kteří uvažují o koupi energeticky úsporného bytu, RD, pro zájemce o úsporné technologie a v neposlední řadě odborníky.

Projekt Dolní Měcholupy 5 se skládá ze 2 domů – A – čtyřbytový; B – tříbytový. Vzorový byt bude v domě A v přízemí velikosti 55 m² 2+kk. Byt je navržen jako energeticky pasivní. Návrh bytu a jeho energetickou náročnost ověřila společnost Ekowatt.



Půdorys 1.NP projektu: Dolní Měcholupy 5 - dům A

Očekávané dokončení domu je v září 2009.

Technické parametry bytu:

- obvodový plášť zděný z porobetonu 200 + tepelně izolační desky Greywall 240
- okna INTERNORM Edition, trojskla, výplň krypton, $U_w=0,68w/m^2K$
- teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla – jednotka DUPLEX výrobce ATREA s.r.o. se zdrojem elektrokotlem, případně novým typem jednotky s integrovaným elektrickým zdrojem
- elektrický bojler 200 l s předehřevem vakuovými deskovými solárními panely Logasol SKS4.0-w
- externí žaluzie s elektr. ovládáním a senzory na slunce a vítr na všechna okna - jižní a západní otvory
- krb na bioláh
- zvažujeme fotovoltaický systém na střeše objektu



Půdorys vzorového bytu v projektu Dolní Měcholupy 5 – dům A

robků a postupům s menším počtem technologických kroků, příkladem zajímavá je také naprostá spolehlivost systému nuceného větrání bez reklamací.

JRD s.r.o. od samého počátku realizuje byty minimálně v nízkoenergetickém standardu. V českých ani evropských normách však dosud není definováno, co to je nízkoenergetický dům či byt. Tato situace způsobuje vážné překážky pro možnost smluvního závazku developera na prodej bytu s označením nízkoenergetický.

Přivítali jsme proto vyhlášku č.148 o energetické náročnosti budov, která zavádí nejen jednotnou metodu stanovení energetické náročnosti, ale i povinnost vypracování marketingově dobře využitelného průkazu energetické náročnosti.

Naše společnost navrhuje a realizuje všechny domy ve třídě A – tedy mimořádně úsporné, tedy v případě bytového domu s měrnou spotřebou energií vždy nižší než 43 kWh/m²/rok v současné době se připravované projekty pohybují okolo 20 kWh/m²/rok.

4. Výhled do budoucna

Růst cen energií, zvyšující se konkurence, tlak na kvalitu a zejména zvyšující se uvědomělost klientů o energetických úsporách vytváří (konečně) účinný tlak na trh nové výstavby směrem k NED a PD. Díky zvyšujícímu se zájmu konkurence o zkušenosti z realizací našich NED bytových domů očekáváme i v tomto segmentu rozjezd prvních významnějších realizací od jiných firem max.do dvou let.

5. Foto, vizualizace, schémata, podklady:

- podlipný | sladký architekti
- Atrea
- JRD
- ČVUT

JRD – Umsetzung von Niedrigenergie- und Passivhäusern 2008

Interessante Aktivitäten der JRD im Jahr 2008:

1) Projekt "Dolní Měcholupy 4" – Umsetzung des größten energiesparenden Wohnareals in der CZ. Grundparameter des Areals: 43 Wohneinheiten, 2 Gewerbeeinheiten, 56 Garagenplätze, 9 Parkplätze, Wohnungsdurchschnittsgröße 90m², Umsetzung 3/2008-4/2009, im Rahmen des Projektes wurde eine Wohnung als eine Null-Energie-Einheit ausgeführt. Besichtigungen für die Fachöffentlichkeit (im Verlauf des Bauvorhabens 11/2008, nach der Fertigstellung 4/2009) Aufgrund des großen Interesses am technischen Bereich unserer Wohnungsprojekte seitens der Fachöffentlichkeit, erlauben ich mir hiermit, Sie zu der Besichtigung des sich im Ausbau befindlichen Projekts „Dolní Měcholupy 4“ einzuladen. Der voraussichtliche Termin für die Besichtigungen ist für Mitte des November 2008 geplant, genau festgelegt wird dieser auf unseren Webseiten www.jrd.cz. Aus Organisationsgründen ersuchen wir eventuelle Interessenten um Anmeldung unter der E-Mail Adresse info@jrd.cz

2) Projekt „Dolní Měcholupy 5“ – Umsetzung einer Passivwohnung zwecks Vermietung ca. ab Ferienzeit 2009 dtto wie eines der Passiv-Familienhäusern in Koberovy. Um ein Wohnen in energiesparenden und Passivbauten bekannt zu machen, hat sich die JRD gemeinsam mit dem Mitinvestoren ATREA s.r.o. zur Verwendung einer Passivwohnung für eine kurzfristige Probevermietung (max. 1 Woche) entschieden. Die Wohnung sollte all jenen Interessenten zu Verfügung stehen, die über den Kauf einer energiesparenden Wohnung oder eines energiesparenden Hauses nachdenken sowie auch an energiesparenden Technologien Interessierten und nicht zuletzt den Fachexperten.

3) Im Rahmen der 2. Etappe des Projektes „Viladomy u Obory“ in Prag – Uhřetěves haben wir mit den Planungsarbeiten an den Passivhäusern mit 25 Wohnungen angefangen. Der Projektarchitekt ist wie auch bei den vorher genannten Projekten: Podlipný Sladký architekti.

Bei der Umsetzung ihrer energiesparenden Wohnungsprojekte hat die JRD am meisten mit den geringen Erfahrungen der Fachleute in dieser Art von Bauproduktion zu kämpfen, was von den JRD Mitarbeiter eine erhöhte Anstrengung bei der Kontrolle und der Steuerung aller Abschnitte des Developer-Prozesses erfordert. Aussichten für die Zukunft Die steigenden Energiepreise, die steigende Konkurrenz, der Druck auf die Qualität und vor allem das sich erhöhende Bewusstsein der Kunden in Bezug auf Energieersparnisse endlich einen wirksamen Druck auf den Markt im Bereich Niedrigenergie- und Passivhäuser aus. Aufgrund des steigenden Interesses der Konkurrenz an Erfahrungen bei der Umsetzung unserer energiesparenden Wohnhäuser erwarten wir auch in diesem Bereich die ersten bedeutenden Projekte seitens anderer Firmen binnen max. zwei Jahren.

Pasivní dům v Letovicích II

Ing. arch. Martin Krč / Vize Ateliér, s.r.o.

Běhounská 22, 602 00 Brno

Tel.: +420 777 172 297, +420 608 121 318, e-mail: info@vizeatelier.eu

1. Pasivní vize

1.1. *Filosofie návrhu*

Pasivní domy prožívají v poslední době v Evropě obrovský boom. I u nás se dostávají do popředí zájmu nejen investorů a nadšenců, ale konečně také i výrobců materiálů, architektů, projektantů a velkých stavebních firem. Dnes už není pochyb, že budoucnost patří tomuto novému trendu bydlení.

1.2. *Architektonické řešení*

Architektura našich obydlí není a nebude v budoucnu omezena pouze na jakési kompozičně vytříbené hmotové uspořádání, ale další nedílnou součástí se stává nový individuální přístup. Koncepce návrhu se podřizuje minimalizaci nákladů na stavbu a technologie.

Objekt je řešen jako dvoupodlažní dřevostavba s pultovou střechou kde z východní strany je připojen přístřešek pro auto a garáž. Celý objekt má kompaktní tvar, ale je originální svým pojetím – různé šikmé plochy v kombinaci s atypickými šikmými okenními otvory. Celá dispozice vychází ze zásad pasivního stavění, tj. dům je rozdělen do teplotních zón. Správně navržená dispozice umožňuje získávat solární zisky od slunce a minimalizovat tepelné ztráty a tím i docílit správného „proudění“ vzduchu uvnitř domu.

1.3. *Konstrukční řešení*

Konstrukčně se jedná o dřevěný nosný skelet se sloupky 14x14 cm vyplněný tepelnou izolací a sevřen OSB deskami. Z interieru je navržena parozábrana a obvodový plášť bude zateplen 250 mm vrstvou polystyrénu. Stropní konstrukce je tvořena z dřevěných trámů kotvených do dřevěného průvlaku tak aby vznikl velmi jednoduchý detail napojení parozábrany. Jednoplášťová střecha je izolována 400mm izolace. Na venkovním schodišti bude umístěn solární kolektor. Výplně otvorů budou zaskleny trojskly $U_g = 0,5$, přičemž celkové $U_w = 0,68$. Vytápění bude provedeno tzv. odporovými kabely a větrání s rekuperací jsou zajištěny jednotkou Santos. Stínící plachta a zemní kolektor budou chránit před letním přehříváním interieru. Ve velkém rozsahu jsou použity ekologicky šetrné výrobky, materiály a technologie.

Obr. 1 vizualizace, foto, tech. Obr.



Energeticky úsporný rodinný dům „Pod Strání“ – komplexní využití grafitových izolanů EPS

Ing. Pavel Rydlo, Rigips s.r.o.
pavel.rydlo.saint@gobain.com

Autor řešení:

- Ing. Pavel Rydlo

Spolupráce:

- statika, PO: **J. Vondřejc**
- vytápění: **M. Pernica, M. Kubeček**
- elektro: **Hejzlar & Hejzlar**
- vizualizace: **Pavel Šála**
- interiéry: **Renata Rydlová**
- dodavatel: **Hanuš & Berger**



Obr. 1 Vizualizace projektu RD „Pod Strání“

1. Energetické parametry

- | | |
|--|---|
| • energetický průkaz: | Ing. Jaroslav Šafránek, CSc. |
| • tepelné ztráty prostupem: | 3,365 kW |
| • tepelné ztráty větráním (s rekuperací): | 2,235 kW |
| • celkové tepelné ztráty: | 5,690 kW |
| • spotřeba tepla na krytí tepelných ztrát: | 6,334 MWh/a |
| • vnitřní tepelné zisky: | 2,635 MWh/a |
| • solární tepelné zisky: | 3,301 MWh/a |
| • roční potřeba energie na vytápění: | 6,330 MWh/a |
| • měrná spotřeba energie na vytápění: | 9,310 MWh/a.....26,3kW/m²,a |

2. Typy základních konstrukcí včetně tloušťky tepelné izolace

Č. kce	Konstrukce	Konstrukční systém	Druh tepelné izolace	Tloušťka t. izolace	Tepelný odpor R
1.	Obvodová stěna	MEDMAX-systém ztraceného bednění + ETICS	Neopor GreyWall 033	250 mm	8,32
2.	Střecha	Rigidur + zateplení nad krokve	Neopor NeoFloor 031	300 mm	9,72
3.	Podlaha na terénu	Těžká plovoucí s podlahovým topením	Neopor NeoFloor 031	280 mm	8,96
4.	Stěna ke garáži	Ytong + ETICS	Neopor GreyWall 033	100 mm	3,24
5.	Strop nad garáží	Spiroll + ETICS	Neopor GreyWall 033	100 mm	3,24
6.	Okna, dveře	INTERNORM Dimension 4			U=1,0 - 1,3

Podrobné informace o RD Pod Strání:

<http://www.epscr.cz/index2.php?obsah=nizkodomy/projektstranprubeh&menu=16>

3. Vybrané konstrukční zajímavosti RD Pod Strání



Obr. 2 Integrované chlazení v základech



Obr. 3 Důležitý detail napojení okna, stěny a stropu



Obr. 4 Těžká stěna tl. 420mm, R=8,2m2



Obr. 5 Nadkroevní systém TopTherm Rigips



Obr. 6 Panorama podkroví z desek Rigidur a hoblovaného krovu má zvláštní atmosféru



Obr. 7 Grafitové izolace na rozpracované fasádě



Obr. 8 Finální pohled na rodinný dům

Pasivní domy 2008

3. Rekonstrukce podle zásad konceptu pasivního domu

Jürgen Wurdinger

Umbau und Sanierung Kindertagesstätten Straße Usti-nad-Labem 47und 49 des Kinder-, Jugend- und Familienhilfe e.V Chemnitz	140
Dostavba a sance školky na pasivní standard v Chemnitz	144

Barbara Wörndle, Oscar Stuffer

Grenzen und Chancen der Sanierung: Faktor 10	148
Hranice a šance rekonstrukcí: Faktor 10	153

Aleš Brotánek, Karel Srdečný

Návrh pasivace rekonstrukce financované z veřejných rozpočtů – problémy při motivaci politiků, řešení návrhu, financování i auditu	158
--	-----

Jan Norrmann

Von der Idee bis zur Mieterbroschüre: Passivhausmodernisierung Röttgerstraße in Hannover	165
Od nápadu k brožuře pro nájemníky: modernizace formou pasivního domu, Röttgerstraße v Hannoveru	171

Elokhov Alexander, Thomas Knecht

Passivhaus Ratmirovo in Moskau	177
Pasivní dům Ratmirovo v Moskevské oblasti	183

Monika Burger, Thomas Knecht

Faktor 10 Modernisierung – Neuschwansteinblick	190
Modernizace s faktorem 10 – Neuschwansteinblick	195

Werner Haase

Ganzheitliche und energetische Sanierung des Bürogebäudes Werner-von-Siemens-Straße 41-43 in Erlangen mit Passivhauskomponenten	199
Komplexní a energetická sanace kancelářského objektu ve městě Erlangen, Werner-von-Siemens-Straße 41-43, s využitím prvků pasivních domů	205

Tamás Csoknyai, Andreas Hermelink

SOLANOVA – Meilenstein für die energetische Sanierung des osteuropäischen Plattenbaubestandes mit Passivhausphilosophie	211
SOLANOVA – milník na cestě energetické sanace panelových domů ve východní Evropě v duchu filozofie pasivních domů	213

Umbau und Sanierung Kindertagesstätten Straße Usti- nad- Labem 47 und 49 des Kinder-, Jugend- und Familienhilfe e.V Chemnitz

Jürgen Wurdinger, Ingenieurbüro Wurdinger

Eubaer Str. 105a, D-09127 Chemnitz

Tel: +49 371 26652 0, e-mail: bauplanung@wurdinger.de

1. Ausgangspunkt

1.1. Bestandsgebäude

Unser Ingenieurbüro erhielt 2005 die Aufgabe ein 1976 als Kindertagesstätte in DDR- Fertigteil- Bauweise gebautes Gebäude zu sanieren und an die aktuellen Anforderungen aus Wärme- und Brandschutz anzupassen. Die Außenwände, Innenwände, Decken und Treppen des Gebäudes waren aus Stahlbeton-Fertigteilen.



Abb. 1 Ansicht Südseite vor der Sanierung



Abb. 2 Detail- Ansicht vor der Sanierung

1.2. Sanierung als Passivhaus- Pilotprojekt

Im Zuge der Planung ergab sich die Möglichkeit die Sanierung als Passivhaus- Pilotprojekt mit entsprechender finanzieller Förderung durchzuführen. Das Gebäude hatte dafür gute Voraussetzungen, wie z. B. Kompakte Bauweise, große Fenster auf der Südseite und kleine Fenster auf der Nordseite. Daher hat auch der Bauherr die Möglichkeit genutzt langfristig Heizkosten einzusparen.

Außerdem gibt es im Gebiet der ehemaligen DDR viele ähnliche Kindergartengebäude, für deren Sanierung Erfahrungen gesammelt werden konnten.

2. Beschreibung der Sanierungsmaßnahme

2.1. Allgemeines

Im Rahmen der Sanierung sollten ein Gebäudeteil barrierefrei ausgebaut werden und ein zweiter baulicher Rettungsweg für die betreuten Kinder geschaffen werden. Dazu musste ein Aufzug und eine Balkonanlage angebaut werden. Im Zusammenhang mit dem Aufzugsanbau wurde ein Eingangsbereich aufgestockt und die Terrasse über dem Verbindungsbau in die thermische Hülle integriert.

2.2. Wandausbildung

Um das gesamte Gebäude eine wurde ein Wärmedämm- Verbundsystem mit 30 cm Styropor- Dämmung und Strukturputz- Oberfläche gelegt. Diese Dämmebene verlief auch zwischen der Außenwand und der Stahlbeton- Balkonanlage, die nur alle 6 m am der Außenwand verankert wurde.



Abb. 3 Ansicht Nordseite



Abb. 4 Ansicht Südseite

2.3. Fenster und Außentüren

Alle Fenster und Außentüren wurden erneuert. Für die Fenster wurden als Kunststoff- Passivhausfenster GEALAN S 7000 IQ mit gedämmter Aluminium- Deckschale, 3-Fach Verglasung und einem u-Wert $< 0,8$ erneuert. Die Fenster wurden außen auf die vorhandene Betonkonstruktion gesetzt und in das Wärmedämmsystem eingebunden. In den Gruppenräumen wurde im Fensterband je eine Fenstertür mit barrierefreier Schwelle als Fluchtweg vorgesehen. Die wärmebrückenfreie Ausbildung der Schwelle erfolgte über Element aus PUR- Schaum mit GFK- Ummantelung.



Abb. 5 Fenstereinbau



Abb. 6 Detail- Schwelle

2.4. Dach

Die vorhandene Dachdeckung wurde vollständig abgebrochen und mit 30 cm Dämmung als Bitumenbahnen- Dach erneuert. Die neuen Dachbereiche wurden als Holzkonstruktion mit 30 cm Mineralwolle- Zwischensparren- Dämmung ausgebildet. Im Übergangsbereich von Wand- zu Dachdämmung mußte auf Grund der großen Dämmdicken eine Holz- Attika- Konstruktion vorgesehen werden, um Wärmebrücken zu vermeiden. Die Überdachung der Balkonanlage erfolgte mit Heat-Stop Plexiglas- Wellplatten. Außerdem wurden hier mit 25 m² Solarkollektoren angeordnet.



Abb. 7 Dachaufbau



Abb. 8 Solarkollektoren

2.5. Lüftung, Heizung, Warmwasserbereitung

In den beiden Gebäudeteilen wurde je eine Lüftungsanlage NILAN VPL 65 mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe vorgesehen. Die Luftansaugung erfolgt jeweils über einen 30 m langen Erdkollector, der im Ausschachtraum für die Balkonfunda-

mente verlegt wurde. Die Abluft wurde über Rohre, die an der Balkonkonstruktion befestigt wurden, über Dach geleitet.

In den Aufenthaltsräumen wurden die Heizflächen als Plan- Hygiene- Heizkörper mit Thermostatventil erneuert, aber nur noch im Niedertemperaturbetrieb 40/30 betrieben.

Die Wärmeversorgung für die Heizkörper, die Lüftungs- Nachheizung und die Warmwasserversorgung erfolgen über einen Pufferspeicher, der mit 15 m²

Solarkollektoren und mit Fernwärme beheizt wird. Der Fernwärmeanschluss wurde auf den geringern Wärmebedarf angepasst.



Abb. 9 Lüftungsanlage



Abb. 10 Abluftrohre

2.6. Nutzung

Die Kindertagsstätten werden seit Mai 2006 wieder genutzt. Nach dem Nutzungsbeginn waren neben einigen Einstellungen der Heizungs- und Lüftungsanlage vor allem die Information der Nutzer zum Betreiben eines Passivhauses erforderlich. Nach anfänglicher Skepsis haben die Nutzer das Passivhaus angenommen und sind mit dem Resultat der Sanierung zufrieden. Eine deutliche Verringerung der Heizkosten ist festzustellen. Eine genaue Analyse erfolgt nach der nächsten Heizperiode.

Dostavba a sanace školky na pasivní standard v Chemnitz

Jürgen Wurdinger, Ingenieurbüro Wurdinger

Eubaer Str. 105a, D-09127 Chemnitz

Tel: +49 371 26652 0, e-mail: bauplanung@wurdinger.de

1. Výchozí stav

1.1. Stávající budova

Naše projekční kancelář obdržela v roce 2005 úkol renovovat dětskou školku postavenou v roce 1976 v DDR a adaptovat ji na aktuální tepelně-technické a protipožární požadavky.

Obvodové zdi, vnitřní příčky, stropy a schodiště jsou na bázi železobetonových prefabrikovaných panelů.



Obr. 1 Pohled z jižní strany před sanací



Obr. 2 Detailní pohled před sanací

1.2. Sanace jako pilotní projekt pasivního domu

V průběhu plánování se vyskytla možnost provést tuto rekonstrukci jako pilotní projekt sanace pasivního domu s odpovídající finanční podporou. Budova pro to měla to dobré předpoklady, jako např. kompaktní tvar stavby, velké okná na jižní straně a malé okna na severní straně. Toho využil investor jako možnost ušetřit dlouhodobě náklady na vytápění.

Kromě toho existuje v oblasti bývalé DDR mnoho podobných školek, pro které tyto zkušenosti mohou být přínosné.

2. Popis sanačních opatření

2.1. Obecně

V rámci sanace měla být vystavěna jedna část budovy jako bezbarierová a také vytvořena úniková cesta pro děti. K tomu musel být dobudovaný výtah a balkon. V souvislosti s přístavbou výtahu byl doplněn vstup a terasa byla integrována pomocí spojovací místnosti do tepelné obálky budovy.

2.2. Obvodové zdi

Celá budova byla zateplená 30 cm polystyrenu a po celém povrchu omítnuta. Tato izolační vrstva probíhá také mezi vnější stěnou a železobetonovým balkonem, který je kotven pouze každých 6 metrů do obvodové zdi.



Obr. 3 Pohled severní



Obr. 4 Pohled jižní

2.3. Okna a vstupní dveře

Všechny okna a vnější dveře byli vyměněny. Pro okna byly použity plastové okna pro pasivní domy GEALAN S 7000 IQ se zatepleným vnějším hliníkovým rámem, s trojskly a hodnotou $U_w < 0,8$. Okna byly uloženy před betonovou konstrukcí a napojené na zateplovací systém. V každé skupině místností bylo naplánováno francouzské okno s bezbarierovým práhem umožňujícím únikovou cestu. Eliminace tepelných mostů práhu byla dosažena použitím PUR izolace se sklolaminátovým opláštěním.



Obr. 5 Zabudování oken



Obr. 6 Detail práhu

2.4. Střecha

Stávající střešní plášť byl kompletně stržen, byla obnovena hydroizolace bitumenovými pásy a zateplena 30 cm izolací. Nový povrch střechy byl vytvořen dřevěnou konstrukcí s 30 cm vrstvou minerální vlny mezi nosníky. V napojení stěny na střešnou konstrukci byla vytvořena dřevěná atika na zabránění vzniku tepelných mostů. Překrytí balkonu je z plexiskla zabraňujícímu průniku tepla. Kromě toho byly naistalovány solární kolektory o ploše 25 m².



Obr. 7 Zateplení střechy



Obr. 8 Solární kolektory

2.5. Větrání, vytápění a ohřev teplé vody

V obou částech budovy je použita větrací jednotka NILAN VPL 65 s rekuperací tepla a malým tepelným čerpadlem. Nasávání vzduchu jde přes 30 metrů dlouhý zemní výměník tepla, který leží v místě základu balkonové konstrukce.

Odpadní vzduch je vyfukován přes rouru, připevněnou k balkonové konstrukci vyvedenou nad střechu.

V obytných místnostech byly obnoveny otopných tělesa doplněny o termostatické ventily, ale v teplotním spádu jen 40/30.

Zásobování teplem pro vytápění, ohřev vzduchu a přípravu teplé vody probíhá pomocí solárních kolektorů a zásobníku tepla a dálkovým teplem. Uzávěr dálkového tepla je přispůsobený na částečnou potřebu tepla.



Obr. 9 Větrací jednotka



Obr. 10 Potrubí na odpadní vzduch

2.6. Užívání

Školka je od května 2006 v užívání. Od začátku užívání, po seřízení systému topení a větrání, obdrželi všichni uživatelé potřebné informace na používání pasivního domu. Po prvotní skepsi uživatel ohledně pasivního domu, bylo řešení akceptováno a s výsledky sanace jsou obecně spokojeni. Nach anfänglicher Skepsis haben die Nutzer das Passivhaus angenommen und sind mit dem Resultat der Sanierung zufrieden.

Výrazné snížení nákladů na topení je zřejmé, ovšem analýza bude dostupná po další topné sezoně.

Grenzen und Chancen der Sanierung: Faktor 10

Dr. Arch. Barbara Wörndle, Dr. Ing. Oscar Stuffer, Architekturbüro Solarraum
Telfen-Lanzin 57, I-39040 Kastelruth
Tel.: +39 0471 707064, e-mail: info@solarraum.it

1. Einleitung

Die vorliegende Studie untersucht die Wirtschaftlichkeit von verschiedenen energetischen Sanierungsstandards anhand von vier Beispielprojekten in Südtirol. Drei Projekte sind bereits realisiert, das vierte ist in Planung.

Die Projekte unterscheiden sich in Größe und Standort und geben trotz der geringen Anzahl einen guten Einblick über das Potential welches in der Sanierung liegt.

Die Projekte wurden nach einem gleichbleibenden Schema erfasst und analysiert. Die Sanierungsstandards wurden nach den in Südtirol gültigen Einstufungsklassen gewählt: Klasse C = 70kWh/m²a, Klimahaus B = 50kWh/m²a, Klimahaus A = 30kWh/m²a, Klimahaus Gold = 10kWh/m²a und Sanierung laut ital. Gesetzesdekret Nr. 311/06. Letztere ist vom Standort (Klimazone) und A/V - Verhältnis abhängig.

Projekte:

- Kondominium Dalmazienstraße in Bozen (26.160m³, realisiert)
- Pfarrhaus in Kastelruth (3.800m³, realisiert)
- Bauernhaus in Moritzing – Bozen (970m³, realisiert)
- Kondominium Schmiedgasse in Bozen (3.325m³, in Planung)

2. Untersuchung

2.1. Bewertung des Bestandes - Anforderungsprofil

Untersuchung des Bestandes in Bezug auf Zusammensetzung und Zustand der Bauteile. Aufgrund des vorgefundenen Bestandes und der Vorstellungen und Wünsche der Bauherren wird das Anforderungsprofil erstellt.

Baueteil	U-Wert Bestand	U-Wert Kategorie C	Maßnahmen	U-Wert Kategorie B (Gesetzesdekret Nr. 311/06)	Maßnahmen	U-Wert Klimahaus A	Maßnahmen	U-Wert Klimahaus A	Maßnahmen
Wand/Decke	1,13 kWh/m ² K	0,35 kWh/m ² K	9cm Wärmedämmung in Gipsputz	0,29 kWh/m ² K	12cm Wärmedämmung in Gipsputz	0,27 kWh/m ² K	18cm Wärmedämmung in Gipsputz	0,17 kWh/m ² K	22cm Wärmedämmung in Gipsputz
Dach	0,40 kWh/m ² K	0,13 kWh/m ² K	10cm Wärmedämmung auf Estrich	0,10 kWh/m ² K	10cm Wärmedämmung auf Estrich	0,10 kWh/m ² K	10cm Wärmedämmung auf Estrich	0,10 kWh/m ² K	10cm Wärmedämmung auf Estrich
Fenster	0,48 kWh/m ² K	0,09 kWh/m ² K	?	0,11 kWh/m ² K	?	0,10 kWh/m ² K	?	0,09 kWh/m ² K	?
Wärmepumpe			Realisation der Wärmepumpe		Realisation der Wärmepumpe		Realisation der Wärmepumpe		Realisation der Wärmepumpe
Fassade	1,80 kWh/m ² K	1,10 kWh/m ² K	Decken- verglasung	1,12 kWh/m ² K	Decken- verglasung	0,10 kWh/m ² K	Decken- verglasung	0,09 kWh/m ² K	Decken- verglasung
Lüftung	Feststellung	Feststellung	?	Feststellung	?	Feststellung	?	kontrolliert	100% Wärmehaushalt überwachung
Wärmehaushalt	106,0 kWh/m ² a	30,0 kWh/m ² a		30,0 kWh/m ² a		30,0 kWh/m ² a		30,0 kWh/m ² a	

Tabelle 1: Sanierungsmaßnahmen und Vergleich verschiedener Standards

2.2. Maßnahmenkatalog

Für jedes einzelne Projekt wird ein individueller Maßnahmenkatalog für verschiedene Sanierungsstandards erstellt. Die Maßnahmen werden nach Bauteilen geordnet beschrieben. Tabellarisch werden Maßnahmen und die entsprechenden Energiekennzahlen aufgezeigt.

2.3. Kostenvergleich

Der Kostenvergleich setzt die Kosten der einzelnen Sanierungsmaßnahmen mit der Verringerung des Heizwärmebedarfes in Relation. Zusätzlich kann ein Vergleich verschiedener Sanierungsstandards untereinander Aufschluss über Mehrkosten und Kostendifferenzen der gesamten Sanierung, aber auch der einzelnen Maßnahmen geben.

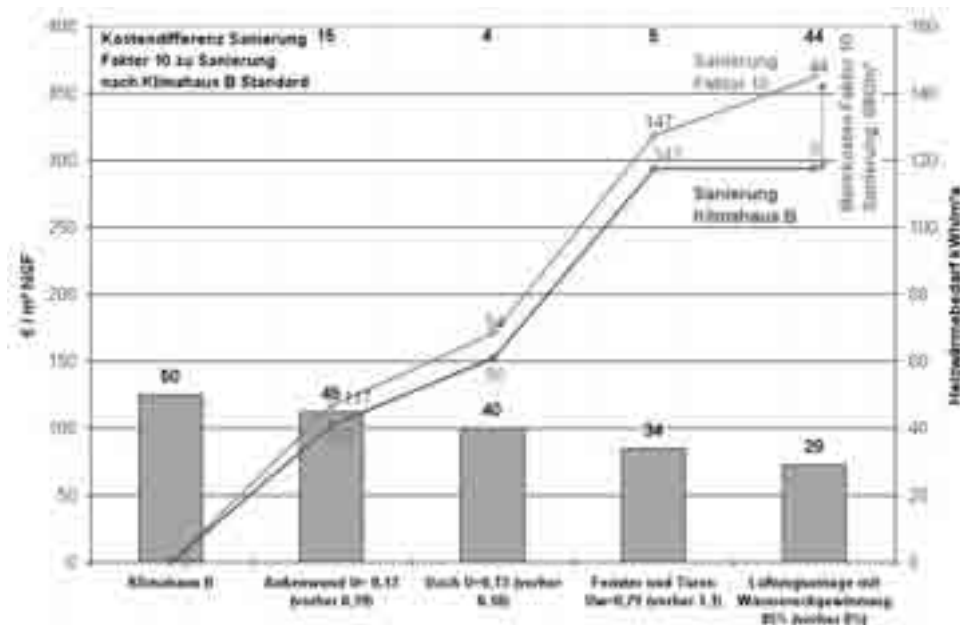


Abbildung 1: Projekt Pfarrhaus Kastelruth: Kostenvergleich Sanierung Faktor 10 und Sanierung Klimahaus B

2.4. Prioritäten und Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Die Berechnung der Kosten pro eingesparter Kilowattstunde für jede einzelne Maßnahme ist nützlich für die Erstellung einer Prioritätenliste für die Sanierung. Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen kann klar aufgezeigt werden.

Die Berechnung von Amortisationszeiten anhand verschiedener Methoden (z. Bsp. Barwertmethode) gibt nochmals einen klaren Überblick über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Sanierungsstandards.

Es stellte sich heraus, dass die Amortisationszeiten einer Faktor 10 Sanierung oft kaum länger sind als die einer Sanierung zum Klimahaus B wie in Tabelle 2 dargestellt. Gerade im Bereich großer Wohnkomplexe gilt die Aussage „wenn schon, denn schon“!

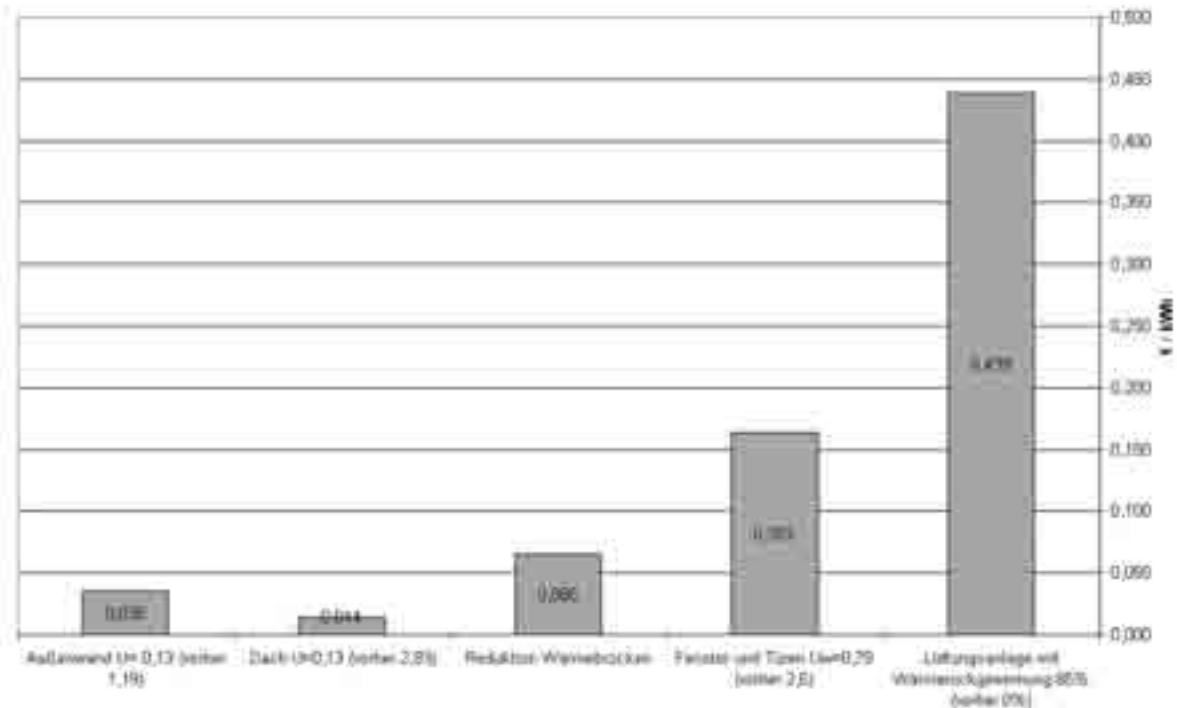


Abbildung 2: Projekt Pfarrhaus Kastelruth - ausgeführte Sanierung : Kosten pro eingesparter kWh der einzelnen Maßnahmen

Jedes Beispiel muss darüber hinaus nochmals für sich allein bewertet werden. Oft treiben besondere objektspezifische Situationen die Kosten in die Höhe. Ergebnis und Maßnahme muss individuell gegenübergestellt werden.

	Sanierung Klasse C	Sanierung lt. Ital. Gesetzesdekret Nr.311/06	Sanierung Klimahaushalt B	Sanierung Faktor 10	Sanierung Faktor 10 ohne Lüftungsanlage
Heizwärmebedarf	70kWh/m²a	48kWh/m²a	50kWh/m²a	25kWh/m²a	
Kondominium Balmazienstraße Bozen	15,4 Jahre	19,6 Jahre	19,8 Jahre	28,2 Jahre	22,3 Jahre
Heizwärmebedarf	70kWh/m²a	61kWh/m²a	50kWh/m²a	29kWh/m²a	
Pfarrhaus Kastelruth	17,1 Jahre	16,4 Jahre	16,9 Jahre	18,4 Jahre	16,7 Jahre
Heizwärmebedarf	70kWh/m²a	57kWh/m²a	50kWh/m²a	26kWh/m²a	
Kondominium Schmiedgasse Bozen	13,2 Jahre	14,5 Jahre	13,8 Jahre	37,3 Jahre	32,8 Jahre
Heizwärmebedarf	70kWh/m²a	66kWh/m²a	50kWh/m²a	39kWh/m²a	
Bauernhaus Moritzing - Bozen	20,9 Jahre	20,5 Jahre	26,6 Jahre	31,2 Jahre	26,6 Jahre

Tabelle 2: Vergleich Amortisationszeiten

3. Ausführung am Beispiel Pfarrhaus Kastelruth



Die Anforderungen der Bauherren wurden gleich zu Beginn der Planungsphase definiert: „Seit 40 Jahren wurde an diesem Haus nichts getan, die bevorstehende Sanierung soll wiederum für 40 Jahre reichen“.

Das aus dem Jahre 1968 stammende Gebäude verbrauchte jährlich ca. 22 l Heizöl je m², nach der Sanierung reduziert sich der Verbrauch auf ca. 3l Heizöl/m² und Jahr.

Dies entspricht nicht ganz einer Faktor 10 Sanierung. Weitere Reduktionen sind durch Maßnahmen im erdberührten Bereich möglich. Diese Arbeiten wurden momentan noch nicht getätigt, da hier keine Umbauarbeiten gemacht wurden. Die energetische Optimierung wird in diesem Bereich zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen von Umstrukturierungen erfolgen.

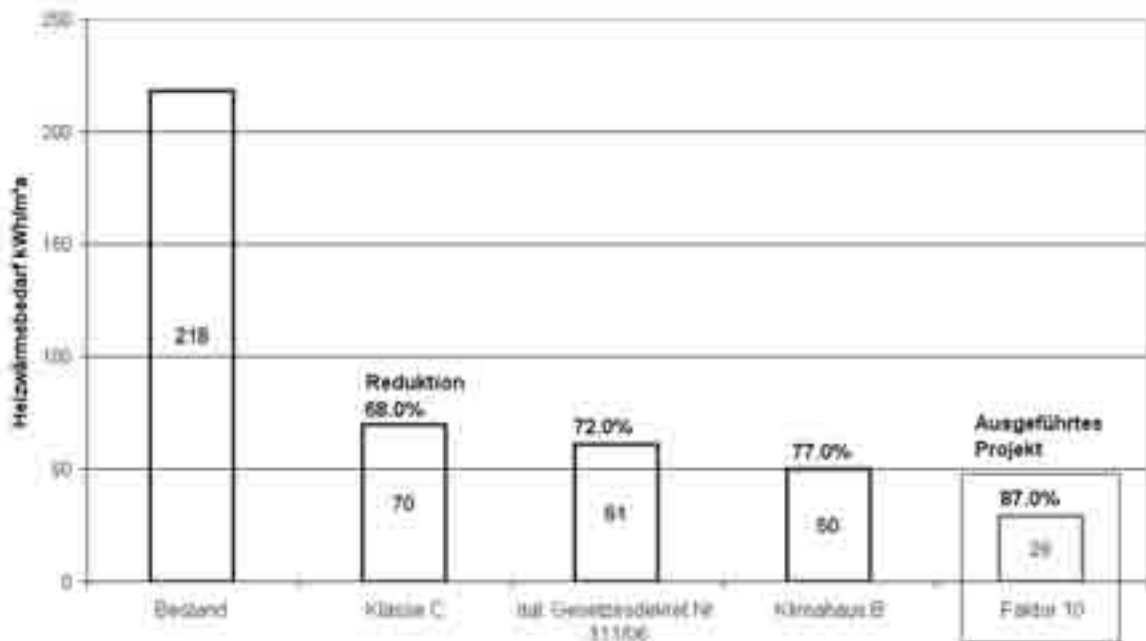


Abbildung 3: Vergleich Heizwärmebedarf

3.1. Sanierungsmaßnahmen

- Dämmung der Außenwand mit 25cm grauem EPS

- Dämmung des Daches mit 16cm Zellulose und 16cm Holzfaserdämmplatten
- Einbau von neuen Holz-Alufenstern mit einer Dreischeibenverglasung
- Einbau von wärme gedämmten Rollladenkästen
- Eliminierung der Wärmebrücken (Stahlbetonbalkone) und Errichtung neuer Holzbalkone
- Einbau einer Komfortlüftung in den Wohnbereichen im 2. und 3. Obergeschoss

3.2. Unsere Erfahrung

Die während der Bauphase vorhandene Skepsis der Handwerker zu einer so „radikalen“ Sanierung wich im Zuge der Ausführung. Nach Abschluss der Arbeiten identifizierten sie sich voll und ganz mit diesem Projekt, auch dank der guten Resultate des Luftdichtheitstests ($n_{50}=0,80$).

Die örtliche Bevölkerung wurde durch eine ca. 20-seitige Broschüre nochmals bei Abschluss der Bauarbeiten von Seiten der Bauherren aufgeklärt und über das Bauvorhaben informiert.

Durch die Übergabe der Klimahaus A-Plakette und den von der Klimahausagentur ausgestellten Energieausweis von Seiten des Südtiroler Landesrates für Umwelt, Michl Laimer, rückte das Projekt als positives Beispiel einer gelungenen und hochwertigen Sanierung weiter in den Vordergrund.

Die Vorgangsweise einer klaren und auf Fakten basierenden Analyse in der Startphase des Projektes haben den Bauherren davon überzeugt, dass sich eine Faktor 10 – Sanierung finanziell lohnt, den Bewohnern hohen Komfort gibt, Unabhängigkeit von Energiepreissteigerungen garantiert und einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz leistet.

Hranice a šance rekonstrukcí: Faktor 10

Dr. Arch. Barbara Wörndle, Dr. Ing. Oscar Stuffer, Architekturbüro Solarraum
Telfen-Lanzin 57, I-39040 Kastelruth
Tel.: +39 0471 707064, e-mail: info@solarraum.it

1. Úvod

Předkládaná studie zkoumá ekonomičnost různých energetických sanačních standardů pomocí čtyř příkladových projektů v Jižním Tyrolsku. Tři projekty již byly realizovány, čtvrtý je ve fázi návrhu.

Projekty se odlišují velikostí a lokalitou a i přes jejich malý počet umožňují dobře nahlédnout, jaký potenciál je uložen v sanacích.

Projekty byly evidovány a analyzovány vždy podle stejného schématu. Sanační standardy byly voleny podle platných klasifikačních tříd platných v Jižním Tyrolsku: třída C = 70kWh/m²a, klimatický dům B = 50kWh/m²a, klimatický dům A = 30kWh/m²a, klimatický dům Gold = 10kWh/m²a a sanace dle ital. zákonného dekretu č. 311/06. Poslední z nich závisí na lokalitě (klimatické zóně) a poměru povrchu ku objemu (A/V).

Projekty:

- Kondominium Dalmazienstraße v Bolzanu (26.160m³, realizováno)
- Fara v Kastelrutu (3.800m³, realizováno)
- Statek v Moritzingu – Bolzano (970m³, realizováno)
- Kondominium Schmiedgasse v Bolzanu (3.325m³, v návrhu)

2. Průzkum

2.1. Hodnocení stávajícího objektu – požadovaný profil

Průzkum stávajícího objektu s ohledem na složení a stav stavebních konstrukcí. Na základě shledaného stavu objektu a představ a přání investorů se sestaví požadovaný profil.

Standard	U-Wert Standard	U-Wert Kategorie C	Mulstufen	U-Wert Kategorie B Dekret Nr. 311/06	Mulstufen	U-Wert Kategorie A	Mulstufen	U-Wert Faktor 10	Mulstufen
Wandwand	1,13 kWh/m ²	0,35 kWh/m ²	0 m Wärmedämmung = 0,00 kWh/m ²	0,28 kWh/m ²	11 cm Wärmedämmung = 0,02 kWh/m ²	0,17 kWh/m ²	18 cm Wärmedämmung = 0,04 kWh/m ²	0,17 kWh/m ²	22 cm Wärmedämmung = 0,04 kWh/m ²
Dach	0,40 kWh/m ²	0,13 kWh/m ²	0 m Wärmedämmung = 0,00 kWh/m ²	0,13 kWh/m ²	10 cm Wärmedämmung = 0,02 kWh/m ²	0,13 kWh/m ²	15 cm Wärmedämmung = 0,03 kWh/m ²	0,13 kWh/m ²	18 cm Wärmedämmung = 0,03 kWh/m ²
Fenster	0,48 kWh/m ²	0,48 kWh/m ²	0	0,48 kWh/m ²	0	0,48 kWh/m ²	0	0,48 kWh/m ²	0
Wärmeverluste			Reduktion der Wärmeverluste		Reduktion der Wärmeverluste		Reduktion der Wärmeverluste		Reduktion der Wärmeverluste
Faktor	1,42 kWh/m ²	1,13 kWh/m ²	Decken- verglasung	1,13 kWh/m ²	Decken- verglasung	1,13 kWh/m ²	Decken- verglasung	0,90 kWh/m ²	Decken- verglasung
U-Wert	Feststellung	Feststellung	0	Feststellung	0	Feststellung	0	U-Wert Feststellung	0,90 kWh/m ²
Heizenergiebedarf	29,5 kWh/m ²	18 kWh/m ²		18 kWh/m ²		18 kWh/m ²		18 kWh/m ²	18 kWh/m ²

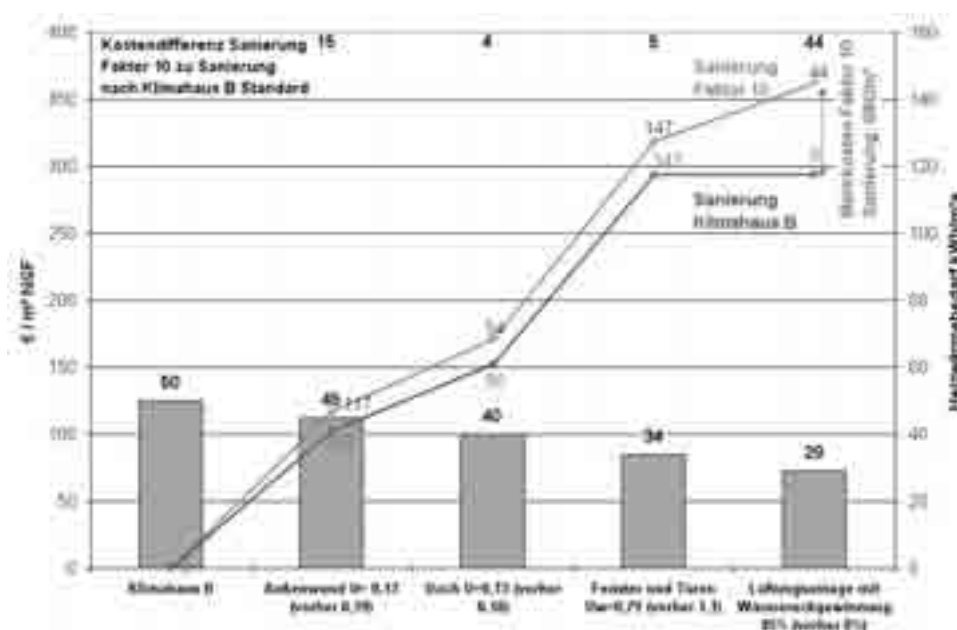
Tabulka 1: Sanační opatření a porovnání různých standardů

2.2. Katalog opatření

Pro každý jednotlivý projekt se vypracuje individuální katalog opatření pro různé sanační standardy. Opatření jsou popsána v pořadí podle jednotlivých stavebních konstrukcí. Opatření jsou seřazena v tabulkovém přehledu se znázorněním příslušných energetických parametrů.

2.3. Porovnání nákladů

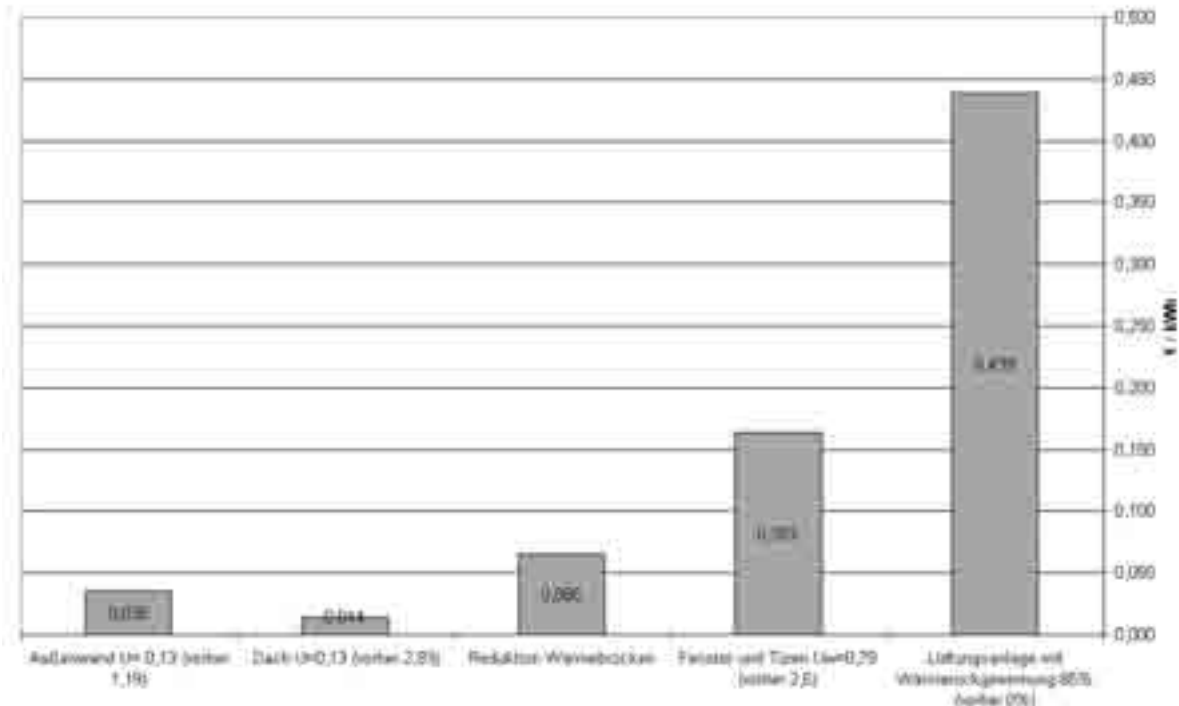
Porovnání nákladů znázorňuje souvislost nákladů jednotlivých sanačních opatření se snížením potřeby tepla na vytápění. Porovnání různých sanačních standardů navzájem může kromě toho objasnit význam vícenákladů a rozdílů jednotlivých nákladů celkové sanace, ale i jednotlivých opatření.



Obr. 1: Projekt Fara Kastelrut: porovnání nákladů Sanace faktor 10 a Sanace Klimatický dům B

2.4. Priority a ekonomičnost opatření

Výpočet nákladů na jednu uspořenou kilowattodinu pro každé jednotlivé opatření je užitečný pro sestavení seznamu priorit pro sanaci. Je možné v něm názorně vysvětlit ekonomičnost jednotlivých opatření.



Obr. 2: Projekt Fara Kastelrut – provedená sanace: náklady na uspořeno kWh jednotlivých opatření
 Výpočet dob amortizace pomocí různých metod (např. metoda současné hodnoty) poskytuje znovu jasný přehled o ekonomičnosti jednotlivých sanačních standardů.

Ukázalo se, že doby amortizace sanace faktoru 10 často nejsou delší než doby amortizace sanace pro klimatický dům B, jak je znázorněno v tabulce 2. Právě v oblasti velkých bytových komplexů platí výrok „když už, tak už“!

Každý příklad musí být kromě toho ještě jednou posuzován samostatně. Náklady jsou často vyhnány do výšky následkem zvláštní situace specifické pro daný objekt. Výsledek a příslušná opatření je nutno porovnávat individuálně.

	Sanierung Klasse C	Sanierung lt. Ital. Gesetzesdekret Nr.311/06	Sanierung Klimahaush B	Sanierung Faktor 10	Sanierung Faktor 10 ohne Lüftungsanlage
Heizwärmebedarf	70kWh/m²a	48kWh/m²a	50kWh/m²a	25kWh/m²a	
Kondominium Balmazienstraße Bozen			19,8 Jahre	29,2 Jahre	22,3 Jahre
Heizwärmebedarf	70kWh/m²a	61kWh/m²a	50kWh/m²a	29kWh/m²a	
Pfarrhaus Kastelruth			16,9 Jahre	18,4 Jahre	16,7 Jahre
Heizwärmebedarf	70kWh/m²a	57kWh/m²a	50kWh/m²a	28kWh/m²a	
Kondominium Schmiedgasse Bozen			13,8 Jahre	37,3 Jahre	32,6 Jahre
Heizwärmebedarf	70kWh/m²a	68kWh/m²a	50kWh/m²a	39kWh/m²a	
Bauernhaus Moritzing - Bozen			26,1 Jahre	30,7 Jahre	26,1 Jahre

Tabulka 2: Porovnání dob amortizace

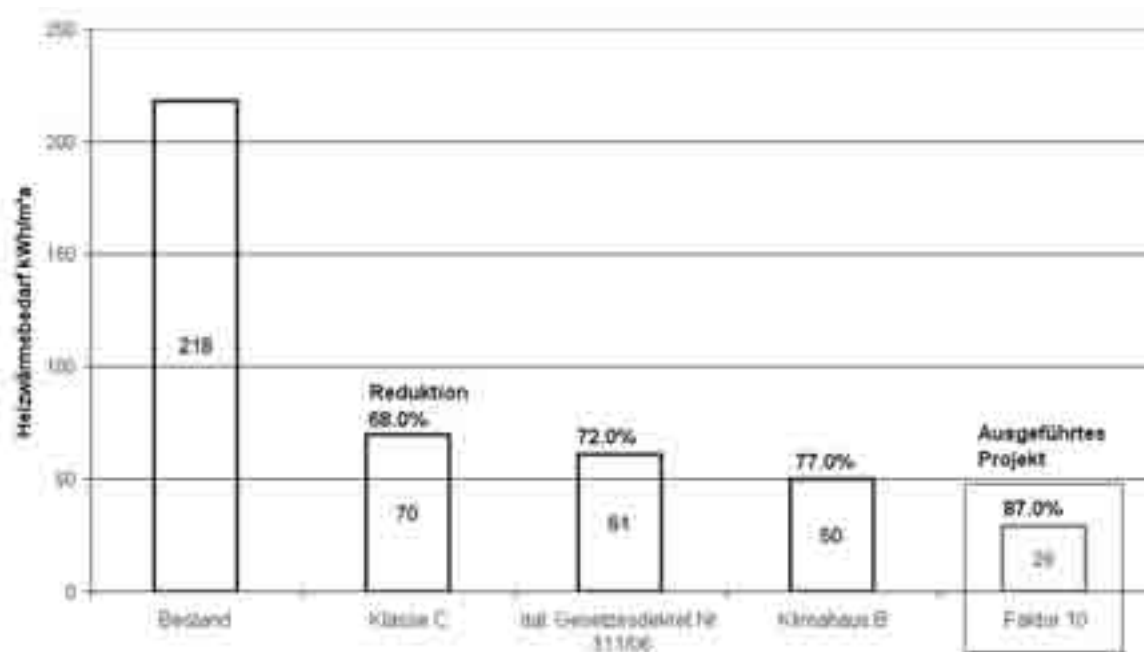
3. Realizace na příkladu Fary Kastelrut



Požadavky investorů byly definovány hned na začátku fáze plánování: „Už 40 se na tomto domě nic neudělalo, plánovaná sanace má vystačit opět na dalších 40 let“.

Budova pocházející z roku 1968 spotřebovala ročně cca 22 l topného oleje na jeden m², po sanaci se spotřeba zredukovala na cca 3l topného oleje /m² za rok.

To úplně neodpovídá sanaci s faktorem 10. Další redukce jsou možné díky opatřením v oblasti, která je ve styku se zeminou. Tyto úpravy momentálně ještě nebyly provedeny, protože zde ještě neproběhla přestavba. Energetická optimalizace v této oblasti bude provedena později v rámci strukturální přestavby.



Obr. 3: Porovnání potřeby tepla na vytápění

3.1. Sanační opatření

- Izolace vnější stěny pomocí šedého EPS 25cm
- Izolace střechy pomocí celulózy 16cm a dřevovláknitých izolačních desek 16cm
- Osazení nových dřevohliníkových oken s trojitým zasklením

- Osazení tepelně izolovaných roletových schránek
- Eliminace tepelných mostů (železobetonové balkóny) a osazení nových dřevěných balkónů
- Instalace komfortního větrání v obytných zónách v 2. a 3. patře

3.2. Naše zkušenost

Skepse, kterou řemeslníci měli na začátku stavby k takové natolik „radikální“ rekonstrukci, se během provádění přestavby postupně vytratila. Po ukončení prací se i oni s tímto projektem naprosto identifikovali, také díky dobrým výsledkům zkoušky neprůvzdušnosti ($n_{50}=0,80$).

Místní obyvatelstvo bylo při ukončení stavebních prací ještě jednou informováno investory o stavbě pomocí osvětové cca 20-stránkové brožurky.

Stavebníkům byla předána plaketa Klimatický dům A a Agentura pro klimatické domy jim vystavila energetické osvědčení, které přijali z rukou jihotyrolského zemského radního pro životní prostředí, Michla Laimera. Tím se projekt představil na veřejnosti jako pozitivní příklad vydařené a vysoce kvalitní sanace.

Postup jasné analýzy založené na faktech ve fázi zahájení projektu přesvědčil stavebníky o tom, že sanace faktoru 10 se finančně vyplácí, obyvatelům poskytuje vysoký komfort, zaručuje nezávislost na zvyšování cen energií a představuje důležitý příspěvek k ochraně životního prostředí.

Návrh pasivace rekonstrukce financované z veřejných rozpočtů – problémy při motivaci politiků, řešení návrhu, financování i auditu

Akad.arch. Aleš Brotánek, AB designSTUDIO

Sedlice 65, 262 42 Rožmitál p.Tř.

Tel:603223851, e-mail: abrotanek@volny.cz

Karel Srdečný, EkoWATT

adresa Žižkova 1, České Budějovice

Tel.: 389608211, e-mail: karel.srdecny@ekowatt.cz

1. Ubytovna pro středoškolské studenty ve Vysokém Mýtě

Ukázka, jak je možné transformovat starší administrativní budovu z éry první republiky na nízkoenergetickou stavbu, s využitím pro letní ubytování turistů. Po rekonstrukci by měla být spotřeba tepla na vytápění 23,8 kWh/m².rok (resp. celková spotřeba energií 25,8 kWh/m².rok).

Úskalí návrhu, který se snaží zachovat alespoň některé detaily atmosféry z původního řešení stavby (problematika tepelných mostů) i zásadně snížit energetickou náročnost zateplením (ale zachovat nároky na přirozené osvětlení), aby zbývající spotřeby energií bylo možné zajistit v naprosté většině z obnovitelných zdrojů (sluneční energie a biomasa), což nemusí být vždy slučitelné s nastavenými kritérii hodnocení v rámci vypracovávání energetických auditů a jejich ekonomického vyhodnocování.

1.1. Problémy návrhu a realizace

Problémy při motivaci politiků

Pokud je u pasivních staveb problém s překonáváním konzervativních postojů k nim, je tento problém u rekonstrukcí dvojnásobný, protože jen málokdy (snad jen u panelové výstavby) je možné docílit pasivního standardu – k němu je možné se jen více nebo méně přiblížit, podle technického stavu budovy.

V současném stavu financování většina peněz z daní plyne nejdříve do centrální přehradě a zní vytéká řadou výpustí otevírajících se za stále se měnících pravidel. Hlavní úsilí krajských politiků je zaměřeno být přítom, až se některý z penězovodů otevře a odvést ho do svého rybníka. Nejvíce úsilí se vyčerpává na vlastní techniku získávání prostředků a jejich rychlé profinancování podle daných pravidel většinou do konce účetního roku. Je to natolik vysilující, že se těžko divit, že není u staveb financovaných z veřejných rozpočtů zájem (a většinou ani znalost) realizovat je energeticky efektivně, tedy podle zásad PD, přestože je většina takových staveb na standard PD ideální.

Ve Vysokém Mýtě to šlo cestou zespodu. Byl zde prozíravý ředitel, který viděl, jak mu každý rok rostoucí ceny energií pomalu přiškrcují provozní prostředky u budovy v katastrofálním technickém stavu. V této době se naskytla možnost vysvětlit mu

ještě i vstupní zádveří uvnitř budovy a podokenní parapety v interiéru, aby se zmenšily dopady tepelného mostu části detailu nezateplené fasády.

Koncepce **teplovzdušného vytápění** byla rozdělena na dvě trasy, podle orientace pokojů ke světovým stranám. Nejobtížnější bylo nalézt trasování rozvodů VZT ze dvou centrálních jednotek v suterénu a nenarušit statiku budovy, která překvapovala při bouracích pracích ve stěnách probíhajícími stahovacími ocelovými pásy v místech, kde je nikdo nečekal.

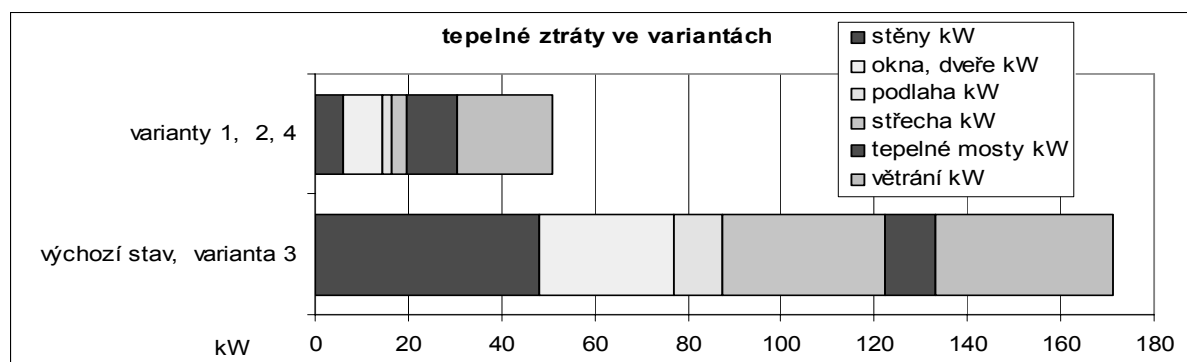
Okna Internorm osazená do izolace $U=0,71W/(m^2.K)$ se zatepleným rámem a troj-sklem dovršují opatření ke zlepšení základních vlastností budovy.

Návrh pasivace budovy dále směřuje k zabezpečení zbývající potřeby tepla z obnovitelných zdrojů. Do střechy, která je jen zčásti ideálně orientovaná k jihu jsou integrovány dvě plochy teplovodních kolektorů, které mění vnější charakter stavby. Využitelnost kolektorů v létě legitimuje potřeba využívat ubytovnu v období prázdnin pro turistické ubytování. Poslední zbytek energií měl zabezpečit zdroj na spalování biomasy ve dvou automatických kotlech na spalování peletek.

Z hlediska návrhu byla tak budova vybavena v maximální míře vším, co vzorově demonstračně směřuje k cílům naplnění trvale udržitelného rozvoje (TUR), to jest čtvrtého pilíře politiky EU, s racionálním využitím všeho, co lze zachovat z původní budovy. To mělo také vytvořit předpoklady k zabezpečení financování rekonstrukce i z rozvojových fondů EU a předpokládalo se, že budou existovat programy, které cíle TUR budou logicky podporovat.

Energie v budově

Zateplením, výměnou oken, střešní nástavbou a řízeným větráním s rekuperací se sníží tepelná ztráta o 70 %.



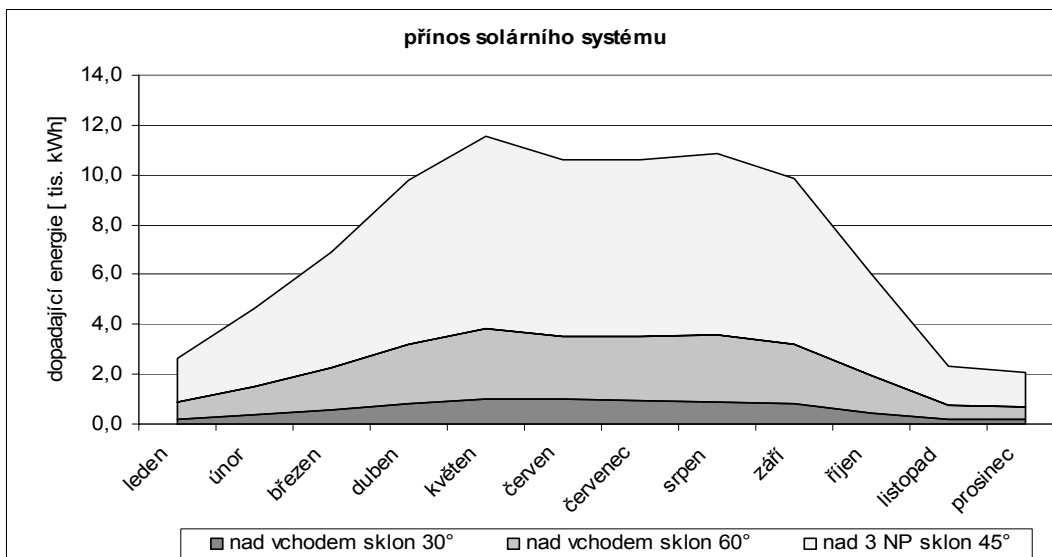
Obr. 2 Ztráty tepla ve variantách

Solární systém je na střeše objektu ve 2 sekcích. Roční přínos se předpokládá 88 tis. kWh, většina se použije na TUV, menší část pro přitápění. Solární systém bude teplo ukládat do akumulární nádrže 20 m³, spolu s teplem z kotle na biomasu.

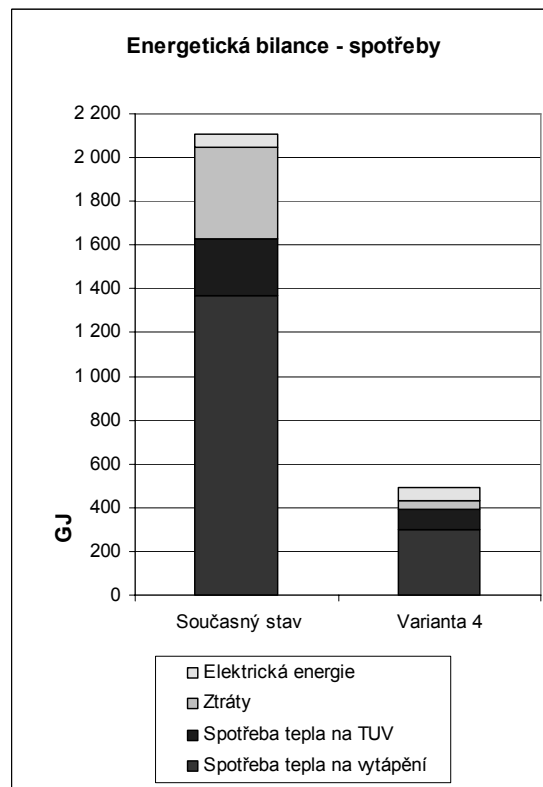
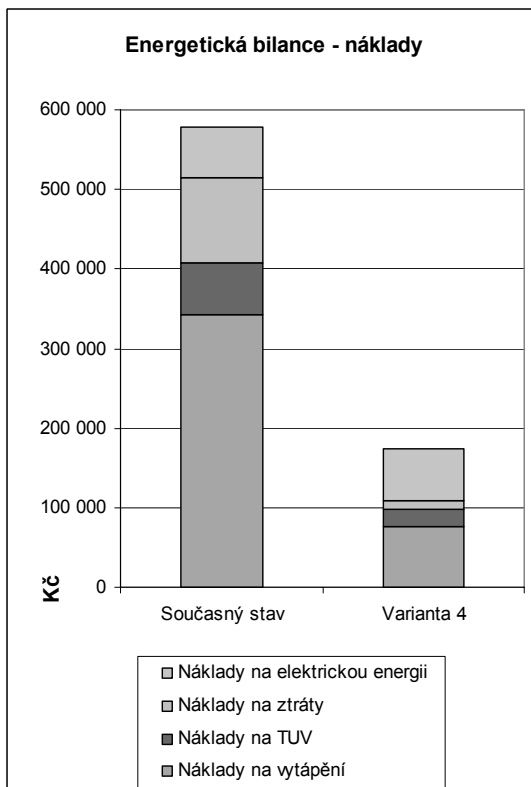
Celkový přínos solárního systému odpovídá cca 25% spotřebě energií po zateplení.



Obr. 3 Umístění solárního systému



Obr. 4 Přínos solárního systému

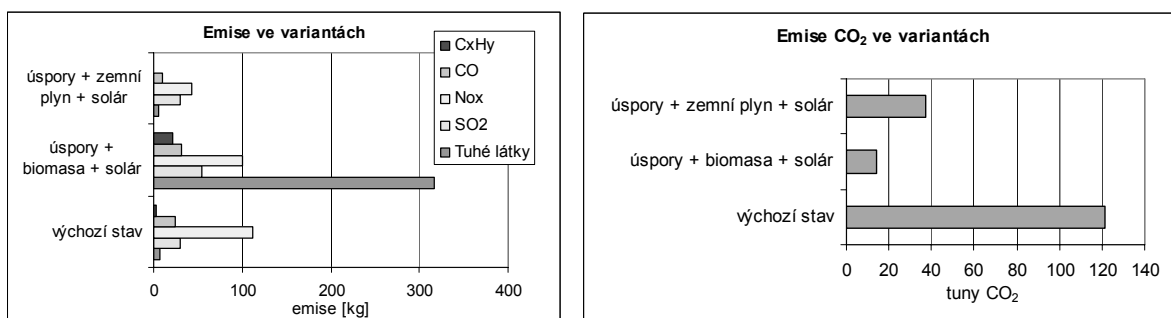


Obr. 5 Ekonomická a energetická bilance objektu.

Kotelna na biomasu

Kotelna na biomasu (peletky) byla před podáním žádosti na poslední chvíli v projektu změněna na kotelnu plynovou. Důvodem bylo jedno z kritérií pro poskytnutí dotace - nesmělo dojít ke zhoršení emisí. Kotel na biomasu přitom vždy produkuje více emisí tuhých látek než plynné palivo; rovněž ostatní emise jsou obvykle vyšší. V další výzvě bylo toto kritérium již zrušeno.

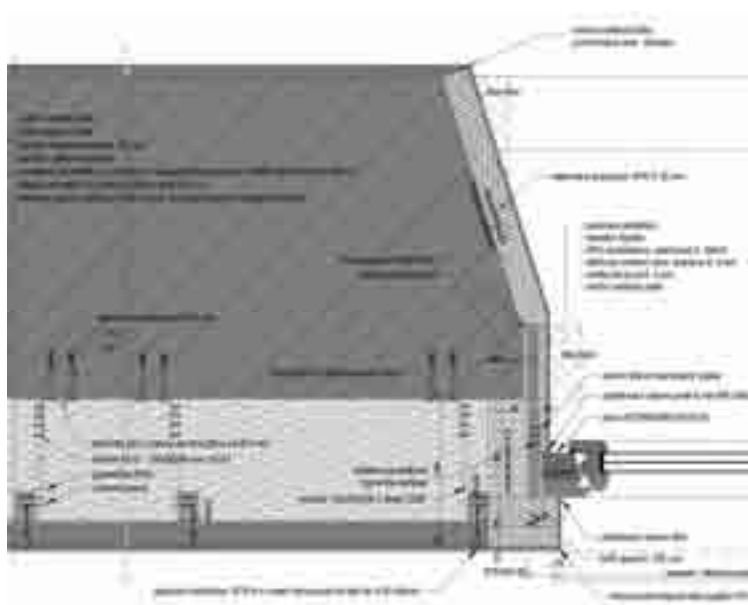
Kotelna na biomasu by znamenala snížení emisí CO₂, objekt by byl z větší části zásobován obnovitelnou energií. Cena peletek je srovnatelná se zemním plynem, z hlediska provozních nákladů jsou rozdíly malé.



Obr. 6. Rozdílné emise při použití biomasy a zemního plynu

1.2. Problémy auditu a žádostí o dotace z fondů EU

Klíčovým problémem realizace je mnohazdrojové financování ze státního rozpočtu, rozpočtu kraje a snad i evropských fondů, což stále není jisté. To vyvolalo již trojí přepracování projektu, dělení do několika nelogických etap, což vede bohužel jen k zbytečnému prodražování realizace. Celý projekt má již několik verzí, například u



Obr. 7. Detail osazení okna s použitím obnovitelných materiálů - dřevovláknité desky a mineralizovaná celulóza.

detailů zateplení. Podle toho, zda bude třeba nejnižší cena zateplení (detail s použitím EPS), nebo použití materiálů s nejnižšími svázanými emisemi a pak je připraven detail zateplení s použitím dřevovláknitých desek a mineralizované celulózy, nebo ve stropěch pod střechou použita skladba s izolací slaměnými balíky.

Na začátku projektu se investor pokusil získat dotaci na solární systém a kotel na biomasu z prostředků SFŽP (zateplení SFŽP nedotoval a nedotuje).

Kvůli rozporu mezi projektem a doporučeními nepřesného en. auditu (provedeného dávno před zadáním projektu) nebyla dotace přidělena.

Podruhé investor chtěl žádat v I. kole OPŽP. Zde bylo možno žádat jak na úspory energie ve stavební části, tak na zdroje energií. Kvůli požadavku na emise byl na poslední chvíli projekt změněn – kotelna na biomasu byla nahrazena kotelnou na plyn.

Během trvání I. výzvy OPŽP zásadně změnil kritéria dotace. Původní požadavek zněl na „nízkoenergetický standard“, resp. „*dosažení plošné měrné spotřeby na vytápění eA rovno nebo menší než 50 kWh/m²*“. Tato spotřeba závisí nejen na tepelně-technických vlastnostech pláště budovy, ale i na způsobu vytápění a větrání.

Deset dnů před uzávěrkou se kritérium spotřeby změnilo, posuzoval se součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí. Obecně stanovení kritéria, které se týká výhradně obvodového pláště, znamená buď diskvalifikaci projektu, nebo zásadní přepracování – např. místo systému větrání s rekuperací tepla se nyní navrhne pouze zateplení. A to bez ohledu na ekonomickou a energetickou efektivitu různých opatření.

Budova současně musela dosáhnout energetické třídy B dle vyhl. 148/2007. To znamenalo i změnu metodiky výpočtu a hodnocení.

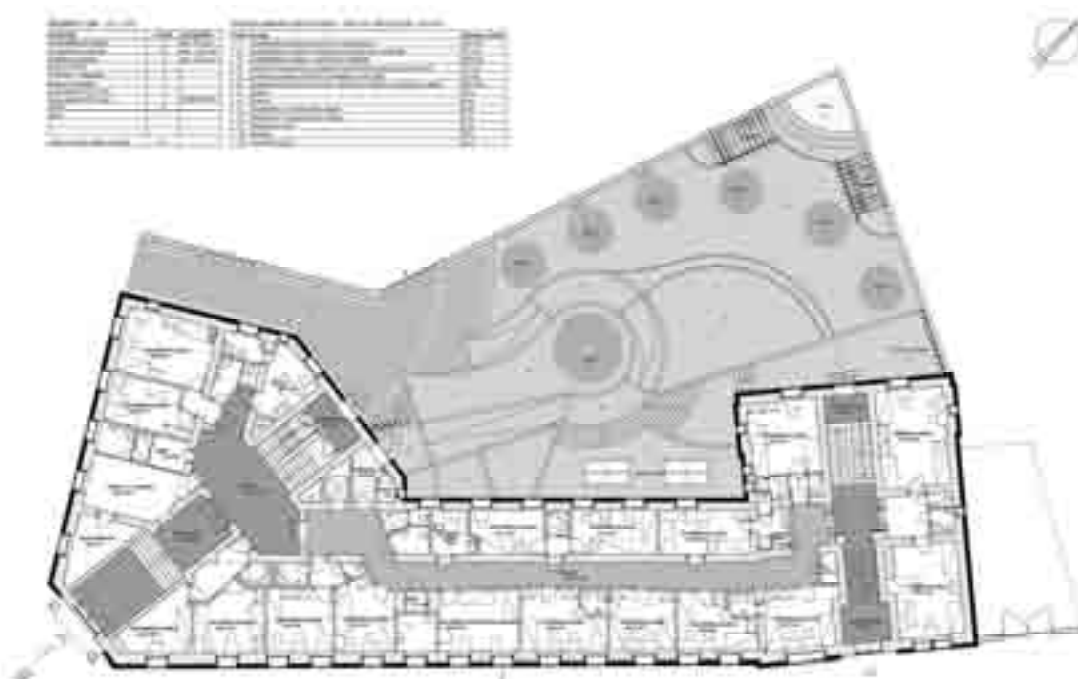
Hodnocení dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. mohou provádět pouze přezkoušené osoby (v době trvání I. výzvy OPŽP taková osoba v ČR neexistovala, resp. neměla o přezkoušení doklad). Je tedy otázka, jak dobře byly jednotlivé žádosti hodnocení zpracovány (ať už nezkušeností zpracovatelů nebo vědomým podvodem) a co z toho vyplývá pro předkladatele žádosti. Zejména v případě, že chybné údaje budou zjištěny třeba kontrolou skutečných spotřeb několik let po realizaci projektu. Zajímavý může být i dopad na právní vědomí žadatelů a zpracovatelů žádostí.

Je zajímavé, že ve III. výzvě OPŽP došlo k významnému změkčení kritérií. Dřívější požadavek na **splnění** nízkoenergetického standardu byl nahrazen jen **směřováním** k němu. Zatímco v předchozí výzvě musela budova vyhovět i po vyhodnocení spotřeby energií na vytápění, větrání, chlazení, osvětlení a ohřev vody, tentokrát stačí zateplit jen **některé** obvodové konstrukce. Z hlediska spotřeby energií může jít jen o několik % celkové spotřeby.

Ve III. výzvě OPŽP pak skutečně získaly dotaci i školy, které kromě zateplení a výměny oken další úspory neprovedly. Lze předpokládat, že projekt DM Vysoké Mýto by ve III. výzvě měl větší šanci na získání dotace. V I. výzvě nakonec dotaci nezískal.



Obr.8 Vizualizace, pohledy



Obr. 9 Půdorys 1.NP úpravy dvora



Obr. 10 Pohled jižní

Von der Idee bis zur Mieterbroschüre: Passivhausmodernisierung Röttgerstraße in Hannover

Dipl.-Ing. Jan Norrmann, proKlima – Der enercity-Fonds
Glockseestraße 33, D-30169 Hannover

1. Das Projekt Röttgerstraße 22

In Hannover/Linden-Nord ist in den Jahren 2006-2007 ein Mehrfamilienwohnhaus modernisiert worden, das nicht nur energetisch, sondern auch in Bezug auf Wohnkomfort und Architektur ein besonderer Bau ist. Das fünfgeschossige Gebäude aus den 50er Jahren des Wohnungsunternehmens Ostland eG aus Hannover stand vor der Modernisierung komplett leer und wurde grundlegend mit Passivhauskomponenten modernisiert. Der Dreispänner, mit vergleichsweise kleinen Wohnungen, wurde in einen Zweispänner mit je einer großen und einer kleineren Wohnung pro Geschoss umgewandelt. Durch einen Anbau zwischen der Röttgerstraße 22 und 20 über vier Geschosse (1.OG-4.OG) ist zusätzlicher Wohnraum entstanden. Mit barrierefreien Grundrissen, moderner Ausstattung, Südbalkonen und einem nachgerüsteten Aufzug entspricht das Gebäude den heutigen Bedürfnissen modernen Wohnens. Mit dem Passivhausstandard ist zusätzlich eine Versicherung für die Zukunft eingebaut: Höchstmöglicher Wohnkomfort und gelassen zu sehende Energiepreisteigerungen sorgen für langfristige Vermietbarkeit der Wohnungen.



Abbildung 1: Außenansicht des Gebäudes vor der Modernisierung [Lindener Baukontor]

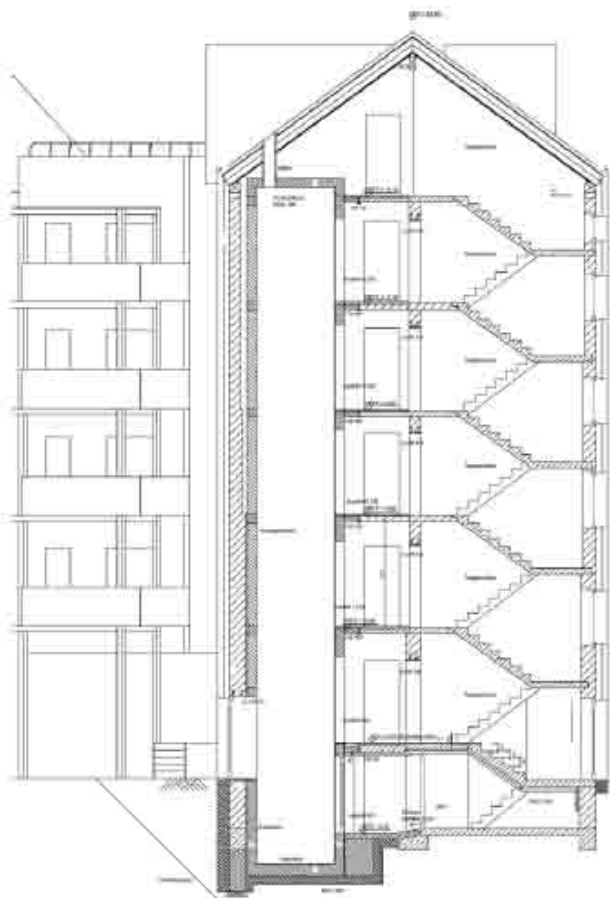
2. Die Entscheidung für den Passivhausstandard

Das Gebäude wies aufgrund seiner Struktur und Größe eine sehr gute Basis für die vorgesehene radikale Modernisierung mit Passivhauskomponenten vor. Die kalkulierten Kosten entsprachen in etwa den heute für Modernisierungen dieser Größenordnung üblichen Baukosten. Mit rund 1.100 €/m² waren die reinen Baukosten (brutto) im normalen der vergleichbaren Kosten angesiedelt, zumal die vorgesehene Moder-

nisierung zeitgemäß aber relativ hochwertig gehalten wurde (Aufzug, Barrierefreiheit etc.). Die Zusatzausgaben für den Passivhausstandard wurden mit einer Höhe von etwa 200 €/m² beziffert, die jedoch eine erhebliche Kostensenkung im Energieverbrauch mit sich bringen. Die Maßnahmen bei einem vergleichbaren Neubau würden mit etwa 1.250 €/m² – 1.450 €/m² zu veranschlagen sein, die Modernisierung des bestehenden Gebäudes war demnach wirtschaftlich die deutlich günstigere Lösung. Die zusätzliche Aufnahme als Modellprojekt in die zweite Phase des Denaprogramms „NEH im Bestand“ (www.neh-im-bestand.de) mit der damit einhergehenden vergünstigten Kreditaufnahme einschließlich erhöhtem Teilschulderlass im KfW CO₂-Gebäudesanierungsprogramm sowie die Gewährung von Fördermitteln aus dem Altbauförderprogramm von proKlima gaben den Investoren des Projektes den allerletzten Schub, sich für die Modernisierung im Passivhausstandard zu entschließen.

3. Das Gebäude vor der Modernisierung

Die Gebäudesubstanz wurde in tragenden, gemauerten Außenwänden und einer Mittelwand, die parallel zu den Traufwänden die betonierten Decken trägt, vorgefun-



den. Entsprechend der technischen Standards der 50er Jahre waren die Decken sehr knapp dimensioniert. Die übrigen Innenwände waren nichttragend und z. T. sehr dünn (6 cm) ausgeführt. Der Dachstuhl des Walmdaches war eine zimmermanns-mäßige Kehlbalckenkonstruktion mit Fuß-, Mittel und Firstpfetten, aber ohne Stützen. Es gab einen Balkonstrang für die rechten Wohnungen, der jedoch statisch fragwürdig war und technisch als abgängig angesehen wurde. Für eine neue Nutzung musste die technische Ausstattung auf zeitgemäße Standards gebracht werden, dies betraf auch und vor allem den Wärmeschutz des Gebäudes. Das Gebäude war außer auf der freien Giebelseite (Westen) nicht gedämmt. Die hier angebrachte Dämmung war mit ca. 6 cm unterdimensioniert. Das Haus hatte zwar zum Teil neuere Kunststoffenster, die jedoch ebenfalls nicht den heutigen Standards entsprachen. Die Raumhöhe differierte in den Geschossen. Sie lag zwischen ca. 2,80 m im EG und 2,56 m im obersten Geschoss. Die Böden waren

gedämmt. Die hier angebrachte Dämmung war mit ca. 6 cm unterdimensioniert. Das Haus hatte zwar zum Teil neuere Kunststoffenster, die jedoch ebenfalls nicht den heutigen Standards entsprachen. Die Raumhöhe differierte in den Geschossen. Sie lag zwischen ca. 2,80 m im EG und 2,56 m im obersten Geschoss. Die Böden waren

aus alten Holzestrichen. Das Gebäude war versorgungstechnisch mit der Nachbarbebauung gekoppelt, und es bestand ein gemeinsamer Fernwärmeanschluss. Die Warmwasserbereitung fand wohnungsweise mit Strom bzw. Gas statt.

Tabelle 1: Angaben zur Gebäudehülle vor der Modernisierung

Bauteil	Beschreibung	U – Wert (W/m ² K)
Außenwand	Ungedämmte, gemauerte Außenwand; außer im Bereich des Giebels 6cm Wärmedämmung vorhanden	1,7
Fenster	z.T. neuere Kunststofffenster	diverse
Dach	Ungedämmtes Sparrendach	3,3
Kellerdecke	Betondecke	2,2

Tabelle 2: Übersicht der Anlagentechnik vor der Modernisierung

Lüftung	Fensterlüftung sowie Luftaustausch über altbautypische Fugen und Ritzen
Heizung	Das Gebäude war versorgungstechnisch mit dem Nachbargebäude gekoppelt mit einem gemeinsamen Anschluss an das Fernwärmenetz der Stadtwerke Hannover; Wärmeabgabe über Heizkörper
Warmwasser	Dezentrale (wohnungsweise) Warmwasserbereitung durch Gas – Durchlaufwasserheizer

4. Energetische Modernisierungsmaßnahmen

Die energetische Modernisierung des Gebäudes fand unter dem Einsatz von hocheffizienten Komponenten, die im Passivhaus-Neubaubereich standardmäßig eingesetzt werden, statt. Die Hüllflächen wurden so umfangreich wie technisch möglich gedämmt. Die Wärmebrücken wurden durch Dämmung der Kellerwände oder Abkoppelung z.B. der Dachbereiche und Attikas weitgehend minimiert. Es wurden Passivhaus-Fenster mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung und hochwertig gedämmten Rahmen eingesetzt. Jede Wohnung wurde mit einer eigenen Komfort-Lüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung ausgestattet. Das Anlagenkonzept sah vor, die Räume über die Zuluft zu beheizen. Das alte und für den neuen Anwendungsfall ohnehin drastisch überdimensionierte Heizverteilsystem wurde entsprechend rückgebaut. Lediglich in den Badezimmern wurde aus Komfortgründen ein kleiner Handtuchheizkörper integriert. Nach Ende der Modernisierung entstanden 10 Zwei- bis Fünfstückerwohnungen mit einer Gesamtwohnfläche von 839 m².



Abbildung 2: Außenansicht des Gebäudes nach der Modernisierung [Lindener Baukontor]

Tabelle 3: Angaben zur Gebäudehülle nach der Modernisierung

	Beschreibung	U – Wert (W/m ² K)
Außenwand	Wärmedämmverbundsystem mit 30 cm Dämmstärke mit WLS 035 mit 0,035 W/(m K)	0,11
Fenster	3 – Scheiben – Wärmeschutzverglasung mit gedämmten Rahmen (Passivhausfenster)	0,80
Dach	TJI – Holztafelbauweise mit 30cm Dämmung (WLS035); Gefälledämmung von 24 – 30 cm (WLS040); sowie in weiteren Bereichen Gefälledämmung von 14 – 22 cm (WLS 025)	0,13 0,14
Kellerdecke	12 cm Wärmedämmung (WLS 025)	0,19

Tabelle 4: Übersicht der Anlagentechnik nach der Modernisierung

Lüftung	Wohnungszentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung; Nachheizregister an Fernwärmeversorgung angeschlossen
Heizung	Anschluss an das Fernwärmenetz der Stadtwerke Hannover; Heizen der einzelnen Wohneinheiten über die jeweilige Lüftungsanlage; Wärmeabgabe über Heizkörper lediglich im Badezimmer

Warmwasser	Zentrale Warmwasserbereitung durch Warmwasserspeicher im Keller; Heizungsseitiger Anschluss des Speichers an das Fernwärmenetz der Stadtwerke Hannover
------------	--

5. Begleitende Maßnahmen

Um einen Transport des Projektes in die Breite zu erreichen, hat proKlima die Broschüre „Wohnen im Passivhaus“ herausgegeben. Die Broschüre beschreibt für die Zielgruppe Mieter sehr anschaulich die Vorteile des Passivhausstandards und die Funktion der Technik. Die Broschüre steht unter www.proklima-hannover.de kostenlos zum Download zur Verfügung.



Abbildung 3: proKlima-Broschüre „Wohnen im Passivhaus“

6. Messtechnische Evaluierung

Als Modellprojekt wird das Gebäude einer umfangreichen messtechnischen Evaluierung unterzogen. Ziel dieser Untersuchung ist es, Aussagen über den Energieverbrauch, den Komfort und das Nutzerverhalten machen zu können und in die Bewertung der Modernisierungsmaßnahme einbringen zu können. Im Gebäude können dazu folgende Messwerte erfasst werden:

- Heizwärmeverbrauch (gesamtes Gebäude)
- Wärmeverbrauch Trinkwarmwasser (gesamtes Gebäude)
- Heizwärmeverbrauch (Wohnungsweise)
- Wärmeverbrauch Trinkwarmwasser (Wohnungsweise)
- Rauminnentemperaturen (Wohnungsweise)
- Fensteröffnungszeiten Kippstellung oder voll geöffnet
- Außentemperatur

Durch die Ausstattung sämtlicher zu öffnender Fenster mit Kontakten wird in der Region Hannover erstmals der Einfluss von unkontrollierten Lüftungswärmeverlusten auf den Heizwärmeverbrauch in einer Passivhausmodernisierung möglich sowie Nutzerfehlerverhalten (Fenster ständig auf Kippstellung) quantifizierbar werden.

Zusätzlich sind in zwei Wohnungen (EG und 4.OG; je rechte Wohnung) die Lüftungsanlagen mit Messtechnik ausgerüstet, um Aussagen über die Effizienz der Lüftung zu erhalten.

7. Ausblick

Erste frühe Modellprojekte in Hannover sowie das aktuelle Beispiel Röttgerstraße 22 belegen, dass eine Reduzierung des Heizenergieverbrauchs im Bestand um 80-90 % gegenüber der historischen Ausgangssituation auf den Zielwert 15 kWh/(m²a) mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erreichbar ist, wenn ohnehin anstehende Erneuerungen konsequent genutzt werden. Je nach eingesetztem Heizsystem liegt die Primärenergieeinsparung und die CO₂-Vermeidung in ähnlicher Größenordnung oder noch höher.

Nicht nur die Klimaschutzziele, auf die sich die Europäische Union verständigt hat, sondern auch das zu Ende gehende Zeitalter billigen Erdöls und Erdgases, erfordern eine möglichst vollständige Ausschöpfung des Energieeinsparpotentials im Gebäudebestand. Unter wirtschaftlichen Bedingungen ist dies nur im Rahmen der Erneuerungszyklen von Bauteilen möglich. Die Handlungsmaximen lassen sich daher in den beiden Parolen „*Gelegenheiten nutzen!*“ (d. h. wenn ohnehin Unterhaltungs- oder Erneuerungsmaßnahmen anstehen) und „*Wenn schon, denn schon!*“ (d. h. zukunftsfähig mit Passivhauskomponenten modernisieren und nicht durch halbherzige Maßnahmen „Altlasten der Zukunft“ schaffen) zusammenfassen. Der Prozess einer zügigen Markteinführung muss durch konzertierte Maßnahmen wie Demonstrations- und Qualifizierungsprogramme, gezielte Förderanreize, Kampagnen und durch Aufbau eines Netzwerkes regionaler Kompetenzzentren unterstützt werden.

Od nápadu k brožuře pro nájemníky: modernizace formou pasivního domu, Röttgerstraße v Hannoveru

Dipl.-Ing. Jan Norrmann, proKlima – Der enercity-Fonds
Glockseestraße 33, D-30169 Hannover

1. Projekt Röttgerstraße 22

V hannoverské čtvrti Linden-Nord byl v letech 2006-2007 modernizován bytový dům, který je mimořádný nejen energeticky, ale i pokud jde o komfort bydlení a architekturu. Tato pětipodlažní budova z 50. let v majetku bytového podniku Ostland eG z Hannoveru byla před modernizací zcela prázdná a mohla být od základu modernizovaná s prvky pasivního domu. Dům se třemi poměrně malými byty v každém podlaží byl změněn na dvoubytový, vždy s jedním velkým a jedním menším bytem na podlaží. Čtyřpodlažní přístavbou (2.NP – 5.NP) mezi domy Röttgerstraße 22 a 20 vznikl další obytný prostor. S bezbariérovou dispozicí, moderním vybavením, balkony k jihu a dovybaveným výtahem objekt odpovídá dnešním požadavkům moderního bydlení. Díky standardu pasivního domu bylo navíc dosaženo jistoty pro budoucnost: Maximální možný komfort bydlení a jasně viditelný růst ceny energií zajistí dlouhodobou pronajimatelnost bytů.



Obr. 1: Pohled na budovu před modernizací [Lindener Baukontor]

2. Rozhodnutí pro standard pasivního domu

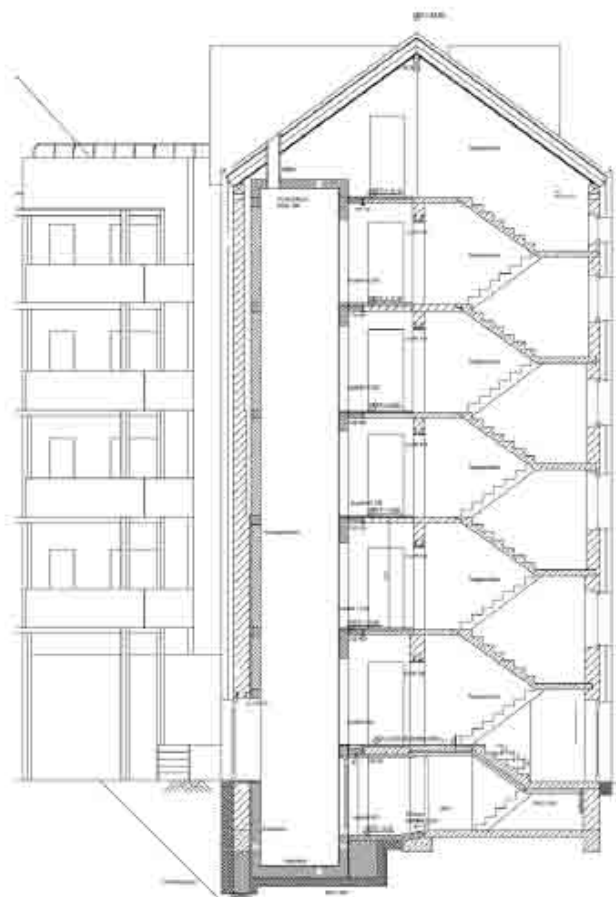
Díky své struktuře a velikosti objekt představoval velmi dobrou bázi pro zamýšlenou radikální modernizaci s prvky pasivního domu. Kalkulované náklady přibližně odpovídaly dnes obvyklým stavebním nákladům na modernizaci podobného rozsahu. Čisté stavební náklady (brutto) ve výši kolem 1.100 €/m² odpovídaly normálu srovnatelných nákladů, zejména když zamýšlená modernizace měla být moderní a relativně hodnotná (výtah, bezbariérové řešení apod.). Zvýšené výdaje na standard pasivního domu byly vyčísleny ve výši cca 200 €/m², přinášely však značné snížení nákladů na

spotřebu energií. Stejná opatření u srovnatelné novostavby by vyžadovala cca 1.250 €/m² – 1.450 €/m², modernizace existující budovy tedy byla ekonomicky zřetelně výhodnějším řešením. Navíc zařazení stavby jako modelového projektu do druhé fáze programu Dena „NEH im Bestand“ (www.neh-im-bestand.de) s poskytnutím zvýhodněného úvěru včetně vyšší slevy z dlužné částky v programu sanace budov KfW CO₂ a také poskytnutí dotace z programu proKlima na starou zástavbu, to byly pro investory projektu poslední impulzy, aby se pro modernizaci ve standardu pasivního domu rozhodli.

3. Budova před modernizací

Substanci objektu tvořily zděné nosné vnější stěny a střední zeď souběžná s uliční frontou, nesoucí betonované stropy. Jak odpovídalo technickým standardům 50. let, byly stropy dimenzované velmi úsporně. Ostatní vnitřní zdi byly nenosné a zčásti velmi tenké (6 cm). Krov valbové střechy byl proveden jako tesařská hambalková konstrukce s pozednicemi, středními a hřebenovými vaznicemi, avšak bez vzpěr. Byty vpravo měly balkony, které však byly staticky pochybné a technicky na pokraji

životnosti. Pro nové využití se muselo technické vybavení upravit podle soudobých standardů, což se týkalo také a především zateplení objektu. Budova nebyla kromě volné štítové stěny (západ) tepelně izolovaná. Tloušťka izolace cca 6 cm byla poddimenzovaná. Dům měl sice zčásti novější plastová okna, ta však také neodpovídala dnešním standardům. Výška místností v jednotlivých podlažích se lišila od cca 2,80 m v přízemí po 2,56 m v nejvyšším podlaží. Podlahy byly ze staré xylolitové mazininy. Inženýrské sítě byly spojené se sousední zástavbou, včetně společné přípojky na dálkové vytápění. Ohřev TUV na elektřinu nebo plyn byl samostatný pro jednotlivé byty.



Tabulka 1: Údaje o plášti budovy před modernizací

stavební díl	popis	součinitel prostupu tepla (W/m ² K)
vnější stěny	nezateplená zděná venkovní stěna; pouze ve	1,7

	štítu 6cm tepelná izolace	
okna	zčásti novější plastová okna	různé
střecha	nezateplená krokrová střešní soustava	3,3
strop sklepa	betonový	2,2

Tabulka 2: Přehled TZB před modernizací

větrání	větrání okny a výměna vzduchu spárami a trhlinami typickými pro starší objekty
topení	inženýrské sítě byly propojeny se sousedními budovami vč. společné přípojky dálkového vytápění od firmy Stadtwerke Hannover; předávání tepla radiátory
TUV	decentrální ohřev TUV (po bytech) průtokovými plynovými ohřivači

4. Energetická modernizační opatření

Energetická modernizace budovy byla provedena s použitím vysoce efektivních komponent, standardně používaných v nově stavěných pasivních domech.



Obr. 2: Pohled na budovu po modernizaci [Lindener Baukontor]

Plochy pláště budovy byly technicky i objemově maximálně zatepleny. Tepelné mosty byly značně minimalizovány zateplením stěn sklepů nebo rozpojením, např. v zóně střechy a atik. Byla použita okna pro pasivní dům s trojitým tepelně izolačním zaskle-

ním a kvalitně těsnícími rámy. Každý byt byl vybaven vlastní jednotkou komfortního větrání s vysoce efektivní rekuperací tepla. Koncepce technického zařízení předpokládala vytápění místností přiváděným vzduchem. Proto byl starý a pro nové využití navíc drasticky předimenzovaný systém vytápění odstraněn. Pouze v koupelnách byl kvůli komfortu instalován malý žebříkový radiátor. Modernizací vzniklo 10 dvou- až pětipokojových bytů s celkovou obytnou plochou 839 m².

Tabulka 3: Údaje o plášti budovy po modernizaci

stavební díl	popis	součinitel prostupu tepla (W/m ² K)
vnější stěny	vrstvený zateplovací systém s izolační vrstvou WLS 035 tloušťky 30 cm, 0,035 W/(m K)	0,11
okna	tepelně izolační trojsklo s izolovanými rámy (okna pro pasivní dům)	0,80
střecha	konstrukce z dřevěných tabulí TJI, 30cm izolace (WLS035); spádová izolace 24–30 cm (WLS040); v dalších zónách spádová izolace 14 – 22 cm (WLS 025)	0,13
		0,14
strop sklepa	tepelná izolace 12 cm (WLS 025)	0,19

Tabulka 4: Přehled TZB po modernizaci

větrání	bytové větrací jednotky s rekuperací tepla; přehřívací registry napojené na dálkové vytápění
topení	připojení na síť dálkového vytápění firmy Stadtwerke Hannover; topení v jednotlivých bytových jednotkách prostřednictvím příslušné větrací jednotky; pouze v koupelně vytápění radiátorem
TUV	centrální příprava TUV v teplovodním zásobníku ve sklepě; ohřívání zásobníku napojené na síť dálkového vytápění Stadtwerke Hannover

5. Doprovodná opatření

Aby se dosáhlo širšího zveřejnění projektu, proKlima vydalo brožuru Bydlení v pasivním domě. Tato brožura popisuje pro cílovou skupinu nájemníků velmi názorně výhody standardu pasivního domu a fungování technologií. Brožura je bezplatně ke stažení na adrese www.proklima-hannover.de.



Obr. 3: Brožura proKlima Bydlení v pasivním domě (Wohnen im Passivhaus).

6. Měření a vyhodnocení

Protože šlo o modelový projekt, v objektu se provádí rozsáhlá měření a hodnocení. Cílem těchto zkoumání je získat závěry o spotřebě energie, komfortu a chování uživatelů a použít je ve vyhodnocení modernizačních opatření. V objektu byly zjišťovány tyto naměřené hodnoty:

- spotřeba topného tepla (celá budova)
- spotřeba tepla pro ohřev vody (celá budova)
- spotřeba topného tepla (po bytech)
- spotřeba tepla pro ohřev vody (po bytech)
- teplota v místnostech (po bytech)
- doba otevření oken v pootevřené poloze nebo úplně
- venkovní teplota

Díky vybavení všech otevíravých oken kontakty se poprvé v oblasti Hannoveru mohl kvantifikovat vliv nekontrolovaných ztrát tepla větráním na spotřebu topného tepla v modernizovaném pasivním domě a nesprávné chování uživatelů (stále pootevřená okna).

Navíc jsou ve dvou bytech (1. a 5. NP; vždy pravý byt) větrací jednotky vybaveny měřicí technikou pro zjišťování efektivity větrání.

7. Výhled

První rané modelové projekty v Hannoveru i příklad Röttgerstraße 22 dokazují, že ve stávající zástavbě lze dosáhnout snížení spotřeby topné energie o 80-90 % oproti výchozí historické situaci na cílovou hodnotu 15 kWh/(m²a) s ekonomicky přijatelnými náklady, jestliže se důsledně využije rekonstrukce, jež by byla stejně nezbytná. Úspora primární energie a snížení emisí CO₂ je podle použitého systému vytápění řádově podobná nebo ještě vyšší.

Nejen cíle ochrany klimatu, na nichž se dohodla Evropská unie, nýbrž i končící epocha levné ropy a zemního plynu vyžaduje co nejúplnější vyčerpání potenciálu úspory energií v existující zástavbě. Za podmínek hospodárnosti je to možné pouze v rámci cyklu obnovy stavebních částí. Pravidla pro další postup lze tedy shrnout do dvou hesel: „*Využít příležitost!*“ (tj. když jsou opravy a rekonstrukce beztoho nezbytné) a „*Když už, tak už!*“ (tzn. modernizovat perspektivně s prvky pasivního domu, a ne jen polovičatými opatřeními vytvářet „budoucí staré zátěže“). Proces rychlého zavedení na trh je nutné podporovat soustředěnými kroky, jako jsou demonstrační a kvalifikační programy, cílené pobídky, kampaně a budování sítě regionálních kompetenčních center.

Passivhaus Ratmirovo in Moskau

Dipl.-Ing. Elokhov Alexander, Institut vom Passivhaus Russland

e-mail: alex_elokhov@mail.ru

Dipl.-Ing. Thomas Knecht

Knecht Ingenieure GmbH, Im Öschle 10, D-87499 Wildpoldsried

Tel. (+49) 8304 / 92379 30, Fax (+49) 8304 / 92379 39, info@knecht-ingenieure.de

1. Einleitung

Auf dem Grundstück eines Werkes der Firma Mosstroy-31, das sich im Gebiet Moskau in der Stadt Voskresensk Stadtbezirk Ratmirovo in der Nähe des Flusses Moskwa befindet, wurde die Modernisierung eines bestehenden Gebäudes für die spätere Nutzung als Hotel für Schichtarbeiter und Ingenieure, im Passivhausstandard geplant. Die Bau- und Statikrevision sowie die Vorplanung der Architektur wurde von der Firma Luwoge-consult (Tochtergesellschaft der BASF) realisiert. Für die Vorplanung Lüftung und Heizung ist die Knecht Ingenieure GmbH verantwortlich gewesen. Außenhülle und Wärmebrückenberechnungen wurde vom Passivhausinstitut in Darmstadt zusammen mit Alexander Elokhov durchgeführt. Als Projektleiter wurde Alexander Elokhov eingesetzt.

2. Architektur. Besondere Klimabedingungen

Das viergeschossige Gebäude besteht aus einer Betonfertigteilkonstruktion. Der Säulenabstand außerhalb des Treppenhauses beträgt 6 m, die Außenwände bestehen aus 350 mm Porensinterbetonplatten, die Geschoßhöhe beträgt 3,3 m. Das Gebäude hat die Gesamtabmessungen von 12 x 36 m. Im Nordteil des Gebäudes befindet sich ein Kellergeschoss, welches früher als Betonbunker vorgesehen wurde und dessen Decke 1 m tiefer als der Erdgeschoßfußboden liegt.



Abbildung 1: Süd- und Ostfassaden



Abbildung 2: Innenraum

Das Gebäude ist auf Azimut $+19^\circ$ gedreht. Das umbaute Volumen beträgt 5.022 m^3 , die Energiebezugfläche 1.630 m^2 .



Abbildung 3: Längsschnitt

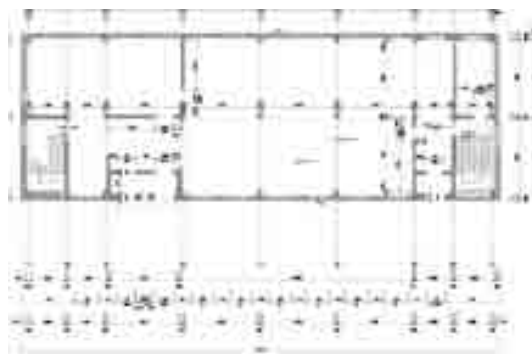


Abbildung 4: Grundriss Erdgeschoß

Das bestehende Gebäude war sehr schlecht gedämmt: Außenwand ca. U-Wert = 0,82 W/(m²K), Dach ca. U-Wert = 2,25 W/(m²K), Fußboden Erdgeschoß U-Wert = 3,9 W/(m²K). Die Fenster hatten ebenfalls sehr schlechte U-Werte mit ca. U_w = 2,6 W/(m²K). Der spezifische Heizwärmebedarf dieses Gebäudes vor der Modernisierung unter Berücksichtigung der hohen internen Wärmegewinne – berechnet nach PHPP-2007 – beträgt ca. 251 kWh/(m²a). Das heißt 25 l Heizöl je Qadratmeter Wohnfläche im Jahr.

Mit Hilfe der Mitarbeiter des Passivhausinstituts wurden die richtigen Klimadaten, d.h. die Außentemperaturen und die Solarstrahlung auf waagerechte sowie auf senkrechte Flächen in den Haupthimmelsrichtungen, ermittelt und verifiziert. Die Klimadaten für die Heizlast wurden am Passivhaus Institut durch eine dynamische Gebäudesimulation bestimmt.

3. Optimierung der Gebäudehülle

3.1. Dämmung

Im Erdgeschoß befand sich keine Bodenplatte sondern lediglich ein Zementestrich in sehr schlechter Qualität. Der Estrich musste entfernt werden. Die Stahlbetonfertigteilkonstruktion bot die gute Gelegenheit das Gebäude rundherum mit Außendämmung einzupacken, einschließlich dem Zwischenraum im Fußboden Erdgeschoß gegen Erdreich (einschließlich Treppenhaus im Kellerbereich).

Die Wärmedämmung der Außenwände wurde mit 300 mm Neopor (+ ca. 20 mm Ausgleichsschicht) ausgeführt. Um den Einfluss von punktförmigen Wärmebrücken zu minimieren, wurde für die Befestigung der Wärmedämmung Anker aus glasfaserverstärktem Kunststoff verwendet.

Außenwand (R_{si} = 0,13; R_{sa} = 0,04 [m²K/W])

Teilfläche	λ, (W/mK)	Dicke, mm	U-Wert, (W/m ² K)
Innenputz	0,35	10	
Porensinterbetonplatte	0,35	350	0,102
Neopor	0,037	320	
Außenputz	0,7	3	

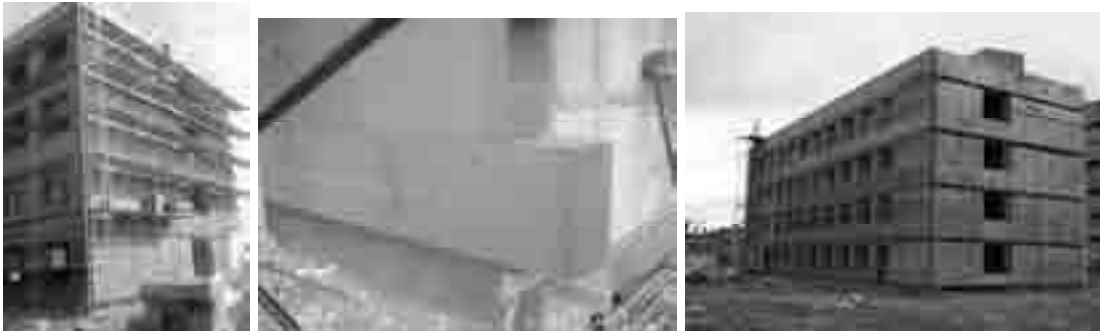


Abbildung 5, 6 und 7: Außenwand Wärmedämmung aus Neopor ca. 320 mm

Auf dem Dach wurde die Außendämmung mit ca. 450 mm Polystyrol gelegt. Die bestehende Wärmedämmung war völlig durchfeuchtet und wurde entfernt.

Dach ($R_{si} = 0,10$; $R_{sa} = 0,04$ [m^2K/W])

Teilfläche	λ , (W/mK)	Dicke, mm	U-Wert, (W/m ² K)
Betondecke	2,1	220	
Ausgleichschicht aus Beton	2,1	50	776
Bahnendeckung, 1 Schicht	0,1	8	0,085
Polystyrol PS30	0,040	450	
Estrich aus Beton	2,1	40	
Bahnendeckung, 1 Schichten	0,1	4*2	



Abbildung 8, 9 und 10: Dach Wärmedämmung aus Polystyrol ca. 450 mm

Die an das Erdreich grenzende Außenwand wurde von -0.450 m bis -2.000 m mit einem U-Wert = 0,10 (W/m²K) und von -2.000 m bis -4.900 m mit einem U-Wert = 0,147 W/m²K gerechnet, der Fußboden im Erdgeschoß mit einem U-Wert = 0,134 W/m²K. Die Außenwände im Erdreich werden mit Wärmedämmung aus XPS mit $\lambda = 0,031$ W/mK gedämmt.

3.2. Fenster

Der Fensterrahmen U-Wert beträgt laut Zertifikat 0,73 W/m²K. Als Verglasung wurde dreifach Wärmeschutzverglasung Low-E mit Abstandhalter 'Swisspacer V', g-Wert = 52% und $U_g = 0,58$ W/m²K geplant. Im Passivhaus Institut wurden zwei Einbausituationen ausführlich geprüft. Eine Situation – das Fenster wird außen vor dem Mauerwerk mittels Stahlplatten innerhalb des 300 mm starken Wärmedämmverbundsystem montiert, zweite Situation – ein Teil des Rahmens stützt sich auf die Porensinterbe-

tonplatte. Beide Situationen wurden mittels dem Programm Bisko gerechnet. Der berechnete gesamte Fenster-U-Wert für die erste Variante $U_{w,eff 1} = 0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde weiter benutzt.



Abbildung 11 und 12: Model (links) und Isothermenkarte (rechts) der Einbausituation unten

3.3. Wärmebrücken

Mit am Wichtigsten war die Details soweit wie maximal möglich „wärmebrückenfrei“ zu planen, bei welchen der Außenmaßbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient $\psi_a \leq 0,01 \text{ W/mK}$ ist. Dies wurde erfolgreich im Attikabereich mit $\psi_a = -0,022 \text{ W/mK}$ und auch im Bereich Außenwand/Bodenplatte ohne Stütze mit $\psi_a = -0,020 \text{ W/mK}$ geplant und berechnet. Die Minimale Oberflächentemperatur auf der inneren Seite für diesen Wärmebrücken bei Innentemperatur $+20^\circ\text{C}$ wurde mit $+18,7^\circ\text{C}$ bei -10°C Außentemperatur und $+18,1^\circ\text{C}$ bei -30°C Außentemperatur berechnet.

Eines der größten Probleme mit großen Wärmebrücken stellt der Bereich der Fundamente für die Fertigteilsäulen im Erdreich, das Fundament der aussteifenden Wand (oder das Fundament der Ziegelwand) im Erdreich, das Fundament der Außenwand des Treppenhauses zum Erdreich sowie die Wand des Treppenhauses zur Kellerdecke dar. Alle diese Details wurden so geplant, dass die minimale Oberflächentemperatur auf der inneren Seite mehr als $+15^\circ\text{C}$ ist.

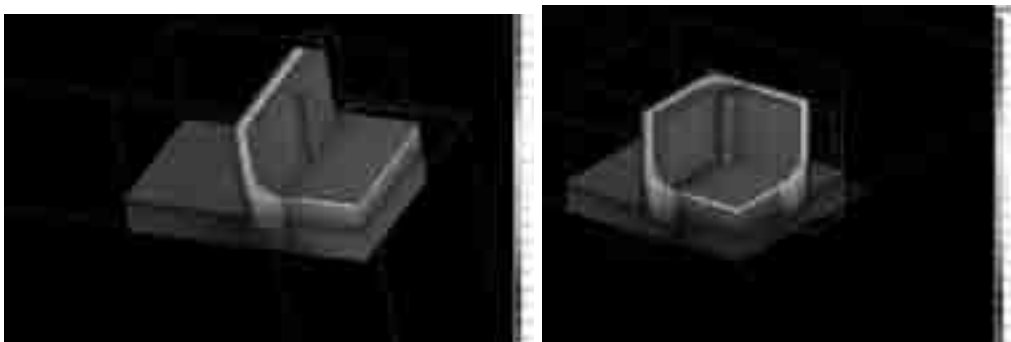


Abbildung 13 und 14: Punktformige Wärmebrücken: AW/BP mit Stütze (links) und AW/BP mit Stütze im Eckbereich (rechts)

4. Technische Gebäudeausrüstung

4.1. Heizung

Die Heizlast des Gebäudes nach PHPP unter Berücksichtigung der örtlichen Klimadaten sowie der vorhandenen Wärmebrücken und Gebäudedaten beträgt $19,62 \text{ kW}$

oder $12,0 \text{ W/m}^2$. In Absprache mit dem Auftraggeber und nach Recherche der vor Ort verfügbaren Produkte erfolgt die Wärmebereitstellung mittels einer Solewärmepumpe. Aufgrund der gewünschten Redundanz der Wärmebereitstellung wird zusätzlich ein Heizölkessel installiert. Die Dimensionierung der Wärmeerzeugung erfolgt unter Berücksichtigung der Wärmebereitstellung für die Warmwasserbereitung mit einem Zuschlag von $16,0 \text{ kW}$ auf die berechnete Heizlast.

Hieraus ergibt sich die Konstellation der Wärmeerzeugung wie folgt:

- Wärmepumpe 35 kW
- Heizölkessel 35 kW

Die Wärmeerzeugung wird im Untergeschoß untergebracht. Hierfür wird im ehemaligen Bunker ein neuer Heizraum erstellt, welcher im Passivhausstandard wärmege-dämmt und gegenüber dem kalten Keller abgetrennt wird. Durch die o.g. wärmetechnische Abtrennung werden die Heizungsleitungen vollständig in der warmen Gebäu-dehülle geführt.

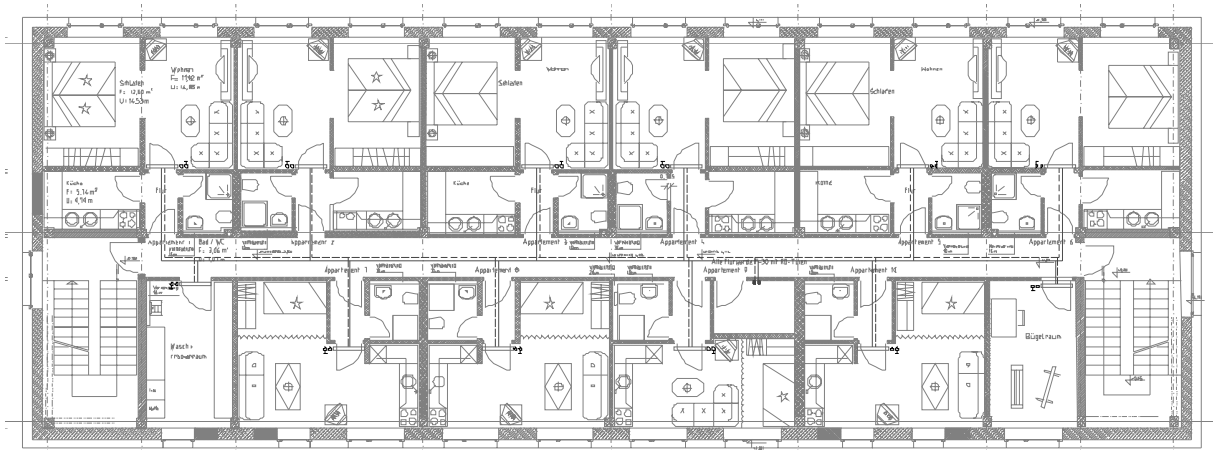


Abbildung 15 Wärmeverteilung im Gebäude

4.2. Lüftung

Aufgrund der Hotelnutzung des Gebäudes kann die Personenbelegung zwischen 0 und 80 Personen schwanken. Um auf diese starken Schwankungen optimal reagieren zu können werden je Geschoß zwei Lüftungsgeräte mit einem Nennvolumenstrom zwischen $400 \text{ m}^3/\text{h}$ und $700 \text{ m}^3/\text{h}$ installiert. Dies ergibt einen spezifischen Luftwechsel von $0,4 - 0,6 \text{ 1h}$ oder einen personenbezogenen Luftwechsel von ca. $30 \text{ m}^3/\text{hP}$. Als Lüftungsgeräte werden lokal verfügbare Passivhaus geeignete Geräte eingesetzt.

Die Außenluft wird jeweils in den Geschoßen über die Außenfassade angesaugt und die Fortluft wieder über die Fassade ausgeblasen. Nach der Außenluftansaugung wird für jedes Lüftungsgerät ein Soledefroster installiert. Die Lüftungsgeräte stehen in einem separaten Technikraum in der Gebäudemitte. Die Verteilung der Zu- und Abluft erfolgt vom Technikraum aus über die abgehängten Decken in den Fluren zu den

Räumlichkeiten hin. Die Zuluft wird induktiv in die Zuluftzonen eingebracht und in den Abluftzonen abgesaugt.

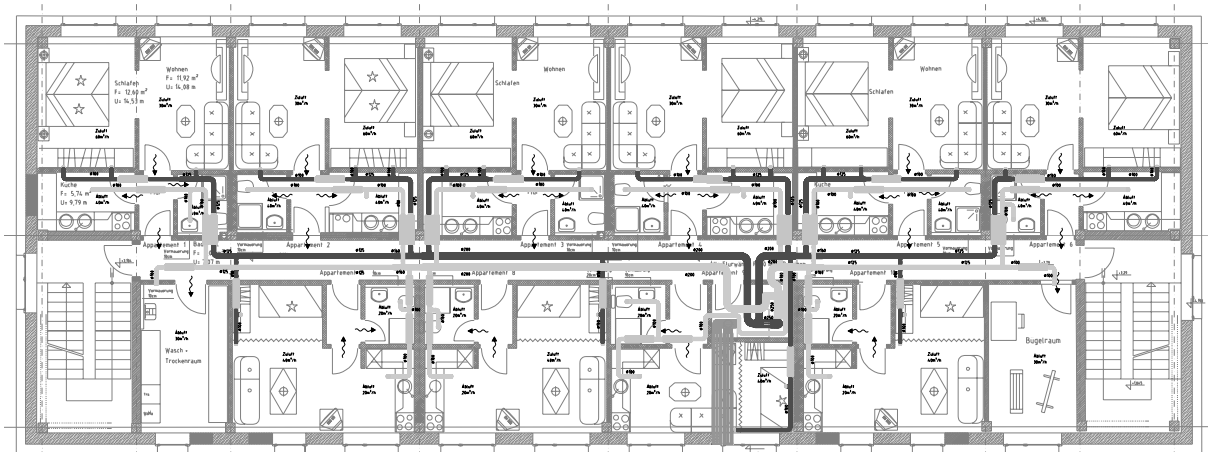


Abbildung 16 Lüftungsinstallation im Gebäude

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der spezifische Heizwärmebedarf des Passivhauses Ratmirovo, bestimmt nach dem Passivhaus-Projektierungs-Paket, beträgt ca. 12 kWh/(m²a). Der gesamte Primärenergiebedarf für alle Haushalts-Anwendungen (Heizung, Warmwasser und Strom) ist 142 kWh/(m²a). In diesem speziellen Fall erfüllt dies das Passivhaus-Kriterium trotz der Überschreitung des Primärenergiebedarfs, da hier eine hohe Personenbelegungsdichte von (Personenzahl pro Quadratmeter) ca. 80 Personen rund um die Uhr beträgt.

Das Passivhaus Ratmirovo zeigt, dass Passivhäuser auch oder gerade in klimatisch extremen Regionen wie in Russland erstellt werden können. Eine der größten Herausforderung in der Planung und Umsetzung stellt die lokale zur Verfügung Stellung bzw. das Auffinden der lokal verfügbaren Passivhaus tauglichen Komponenten dar.

Eine weitere Herausforderung ist die Sensibilisierung, Schulung und Aufklärung der Handwerker vor Ort hinsichtlich der speziellen Anforderungen an die Erstellung eines Passivhauses sowie die ständige Qualitätskontrolle der ausgeführten Bauleistungen.

Pasivní dům Ratmirovo v Moskevské oblasti

Dipl.-Ing. Elokhov Alexander, Institut vom Passivhaus Russland

e-mail: alex_elokhov@mail.ru

Dipl.-Ing. Knecht Thomas, Knecht Ingenieure GmbH

Im Öschle 10, D-87499 Wildpoldsried

Tel. (+49) 8304 / 92379 30, Fax (+49) 8304 / 92379 39, info@knecht-ingenieure.de

1. Úvod

Trh s polystyrénem mají v Rusku rozdělený jeho výrobci. Konkurence je velmi silná a pro výrobce je těžké svůj podíl na trhu, resp. objem výroby podstatněji zvýšit. Vedení největšího výrobce polystyrénu v Rusku, firmy ZAO Mosstroj-31, rozhodlo, že pro zvýšení obrátu musí firma v oblasti Moskvy vybudovat vzorový pasivní dům. Propočítání firmy ZAO Mosstroj je jednoduché: místo cca 100mm polystyrénu (podle moskevských stavebních norem) izolace cca 300 mm, tzn. 3x větší obrát a zisk.

Na pozemku jednoho závodu firmy Mosstroj-31 ve městě Voskresensk, část Ratmirovo, v Moskevské oblasti poblíž řeky Moskvy, byla naplánována modernizace stávajícího objektu ve standardu pasivního domu pro pozdější využití jako hotel pro inženýry a dělníky ve směnném provozu. Revizi stavby a statiky i předběžné architektonické plány zajistila firma Luwoge-consult (dceřiná společnost BASF). Za studii větrání a vytápění zodpovídala firma Knecht Ingenieure GmbH. Vnější plášť a výpočty tepelných mostů provedl Institut pro pasivní dům v Darmstadtu spolu s Alexandrem Elochovem. Vedoucím projektu byl jmenován Alexandr Elochov.

2. Architektura. Zvláštní klimatické podmínky

Čtyřpodlažní budovu tvoří konstrukce z betonových prefabrikátů. Rozteč sloupů mimo schodiště je 6 m, vnější stěny tvoří 350mm desky ze sintrového pórobetonu, výška podlaží je 3,3 m. Celkové rozměry budovy jsou 12 x 36 m. Severní část je podsklepená, sklep byl plánovaný jako betonový bunkr, jeho strop je 1 m pod úroveň podlahy přízemí.



Obr. 1: Jižní a východní fasády

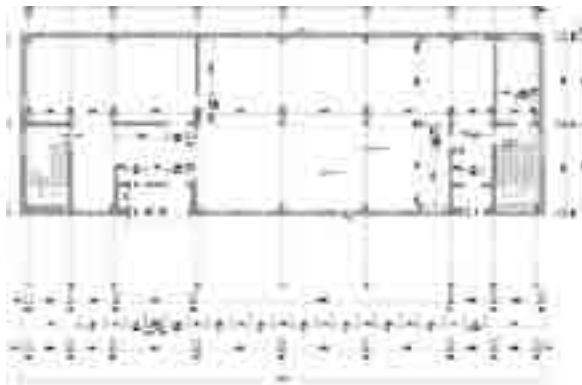


Obr. 2: Interiér

Objekt nemá klasickou orientaci, azimut byl pootočen o $+19^\circ$. Obestavěný objem je 5.022 m^3 , referenční energetická plocha cca 1.630 m^2 .



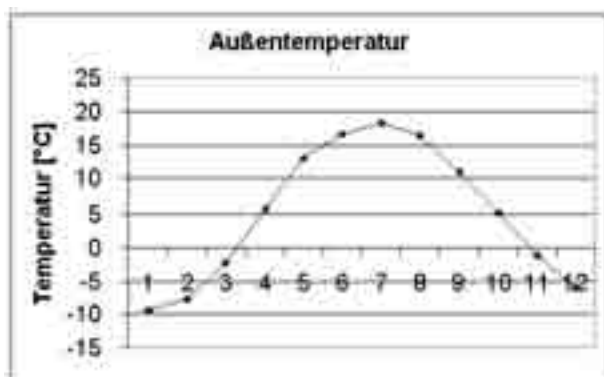
Obr. 3: Podélný řez



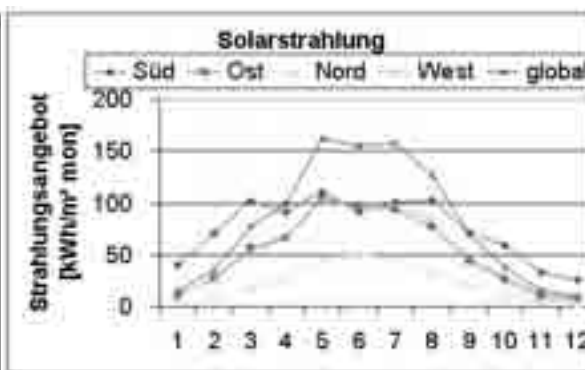
Obr. 4: Půdorys přízemí

Stávající objekt byl velmi špatně izolovaný: součinitel prostupu tepla vnější stěny byl cca $0,82 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, střechy cca $2,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (stávající vrstva minerální vlny byla velice tenká a zcela provlhá), podlahy v přízemí $3,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Také okna měla velice špatné hodnoty U : $U_w = 2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Specifická spotřeba topného tepla objektu před modernizací s ohledem na vysoké interní tepelné zisky – vypočítaná podle PHPP-2007 – činila cca $251 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. To znamená 25 l topného oleje na čtvereční metr obytné plochy ročně.

S pomocí pracovníků Institutu pro pasivní dům byla zjištěna a ověřena správná klimatická data, tzn. venkovní teploty a sluneční osvit vodorovných i svislých ploch z hlavních světových stran. Klimatické údaje pro otopné zatížení Institut pro pasivní dům stanovil dynamickou simulací objektu.



Obr. 5: Venkovní teplota, °C

Obr. 6: Sluneční osvit, kWh/m².měsíc

3. Optimalizace pláště budovy

3.1. Zateplení

V přízemí nebyla základová deska, pouze velmi nekvalitní cementový potěr, který se musel odstranit. Prefabrikovaná železobetonová konstrukce poskytovala dobrou příležitost opatřit celou budovu kolem dokola vnějším zateplením, včetně prostoru mezi podlahou přízemí a podložím (včetně schodiště do sklepa).

Tepelná izolace vnějších stěn byla provedena z 300 mm Neoporu (+ cca 20 mm vyrovnávací vrstvy). Použití Neoporu má v Rusku v současné době již atest, např. pro objemovou hmotnost cca 18-20 kg/m² a vlhké moskevské klima však má součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,037-0,038$ (W/mK). Aby se minimalizoval vliv bodových tepelných mostů, byly pro upevnění izolace použity kotvy z plastu armovaného skleněným vláknem.

Vnější stěna ($R_{si} = 0,13$; $R_{sa} = 0,04$ [m²K/W])

vrstva	λ , (W/mK)	tloušťka, mm	součinitel prostupu tepla (W/m ² K)	
vnitřní omítka	0,35	10		
deska z pórobetonu	0,35	350	683	0,102
Neopor	0,037	320		
vnější omítka	0,7	3		



Obr. 7, 8, 9: Zateplení vnější stěny, Neopor cca 320 mm

Na střeše byla položena venkovní izolace z cca 450mm polystyrénu. Stávající zcela provlhlé zateplení muselo být odstraněno.

Střecha ($R_{si} = 0,10$; $R_{sa} = 0,04$ [m²K/W])

vrstva	λ , (W/mK)	tloušťka, mm	součinitel prostupu tepla (W/m ² K)	
betonový strop	2,1	220		
betonová vyrovnávací vrstva	2,1	50		
pásová krytina, 1 vrstva	0,1	8	776	0,085
polystyrén PS30	0,040	450		
betonový potěr	2,1	40		
pásová krytina, 1 vrstva	0,1	4*2		



Obr. 10, 11, 12: Zateplení střechy, polystyrén cca 450 mm

Pro vnější stěnu hraničící s terénem byl vypočítaný součinitel prostupu tepla pro -0.450 m až -2.000 m = 0,10 (W/m²K) a pro -2.000 m až -4.900 m = 0,147 W/m²K, pro podlahu v přízemí = 0,134 W/m²K. Vnější zdi pod úrovní terénu byly zatepleny izolací XPS s $\lambda = 0,031$ W/mK.

3.2. Okna

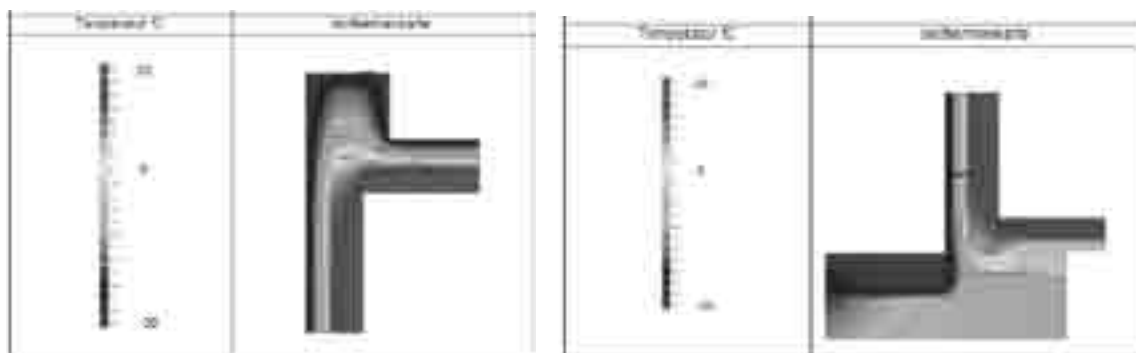
Hlavním úkolem projektantů bylo vyhledat veškeré stavební komponenty ve standardu pasivního domu pokud možno v Rusku. Naštěstí měla firma Veka již na skladě v Rusku okenní profily TopLine Plus, certifikované Institutem pro pasivní dům. Součinitel prostupu tepla okenních rámců činí podle certifikátu $0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$. Na zasklení bylo předepsáno trojitě tepelně izolační sklo Low-E s distančními vložkami 'Swisspacer V', $g = 52\%$ a $U_g = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$. V Institutu pro pasivní dům byly podrobně ověřeny dvě montážní situace. První – okno se montuje do 300 mm silného vrstveného zateplovacího systému zevně před zdivo pomocí ocelových desek, druhá – část rámu se opírá o panel z pórobetonu. Obě situace byly propočítány programem Bisko. Dále se použil vypočtený celkový součinitel prostupu tepla pro okna v první variantě $U_{w,eff 1} = 0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Obr. 13, 14: Model (vlevo) a izotermická mapa (vpravo) montážní situace

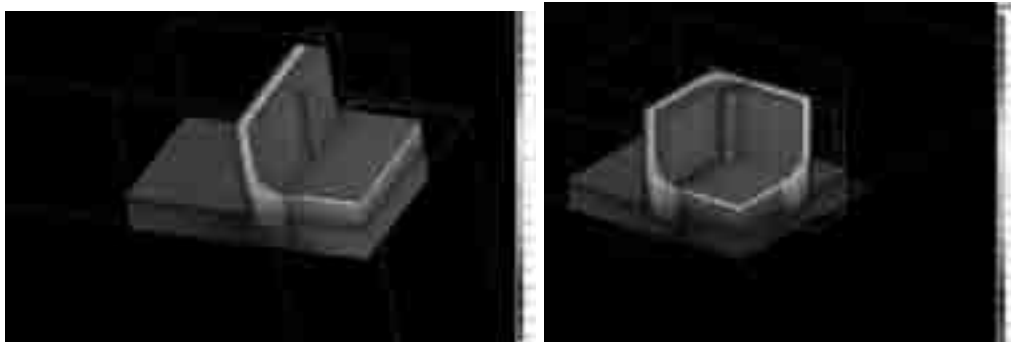
3.3. Tepelné mosty

Nejdůležitější bylo naplánovat detaily s co nejmenšími tepelnými mosty, aby koeficient ztráty tepla byl $\psi_a \leq 0,01 \text{ W/mK}$. V zóně atiky bylo vypočteno a naplánováno $\psi_a = -0,022 \text{ W/mK}$, v oblasti vnější stěny/základové desky bez opěr $\psi_a = -0,020 \text{ W/mK}$. Minimální povrchová teplota na vnitřní straně pro tyto tepelné mosty při vnitřní teplotě $+20^\circ\text{C}$ byla vypočtena na $+18,7^\circ\text{C}$ při venkovní teplotě -10°C a $+18,1^\circ\text{C}$ při venkovní teplotě -30°C .



Obr. 15, 16: Tepelné mosty: Oblast atiky (vlevo) a vnější stěny/základové desky bez opěr (vpravo)

Jeden z největších problémů s velkými tepelnými mosty představuje oblast základů prefabrikovaných sloupů proti podloží, základy nosné stěny (nebo základy cihlové stěny) proti podloží, základy vnější stěny schodiště proti podloží a stěna schodiště proti stropu sklepa. Všechny tyto detaily byly naplánovány tak, aby minimální povrchová teplota na vnitřní straně byla vyšší než $+15^\circ\text{C}$.



Obr. 17, 18: Bodové tepelné mosty: vnější stěna/základová deska s opěrou (vlevo) a vnější stěna/základová deska s opěrou v koutě (vpravo)

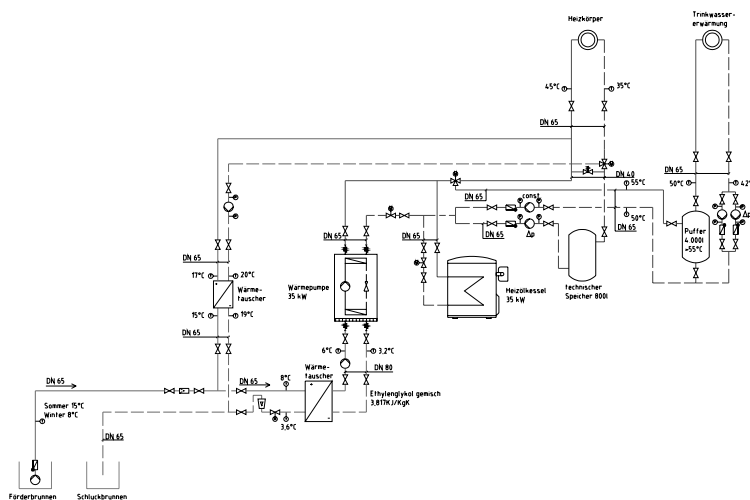
4. Technické zařízení budovy

4.1. Topení

Otopné zatížení budovy podle PHPP s ohledem na místní klimatické podmínky a existující tepelné mosty a data budovy činí 19,62 kW neboli 12,0 W/m². Po dohodě se zadavatelem a rešerších v místě dostupných produktů se teplo získává pomocí solankového tepelného čerpadla. Kvůli požadované redundanci výroby tepla se navíc instaluje kotel na topný olej. Dimenzování výroby tepla proběhlo s ohledem na přípravu TUV s navýšením vypočteného otopného zatížení o 16,0 kW.

Z toho vyplývá následující konstelace výroby tepla:

- tepelné čerpadlo 35 kW
- kotel na topný olej 35 kW

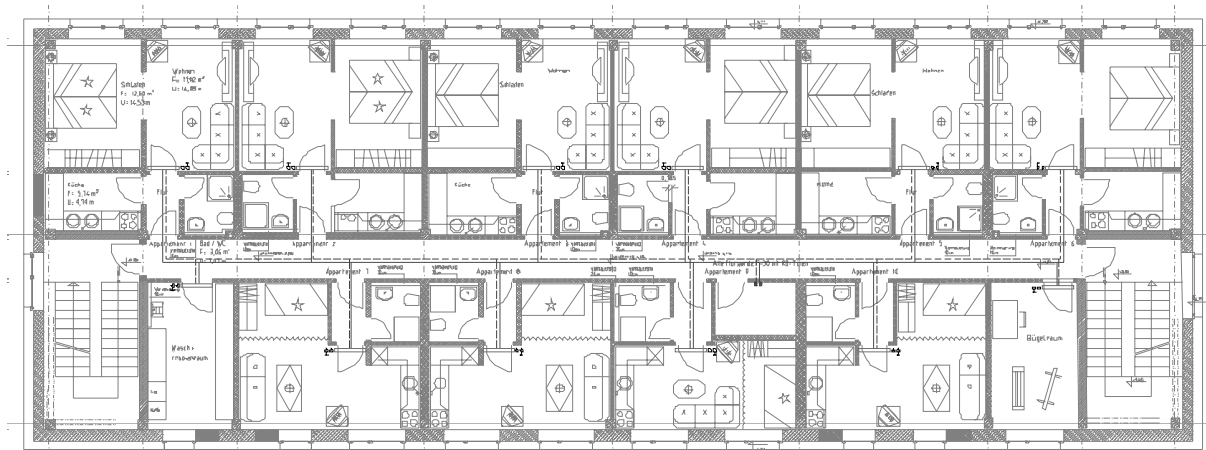


Obr. 19 Schéma výroby tepla

Výroba tepla je umístěna v suterénu. V bývalém bunkru byla vytvořena nová kotelna, zateplená ve standardu pasivního domu a oddělená od studeného sklepa. Díky výše uvedenému tepelně technickému oddělení vede topné potrubí výhradně uvnitř teplého pláště budovy.

Distribuce tepla probíhá v podvěšených stropích chodeb. Z těchto mezistropů vedou přípojky do topných ploch v místnostech. Jako topné plochy byly realizovány lokálně

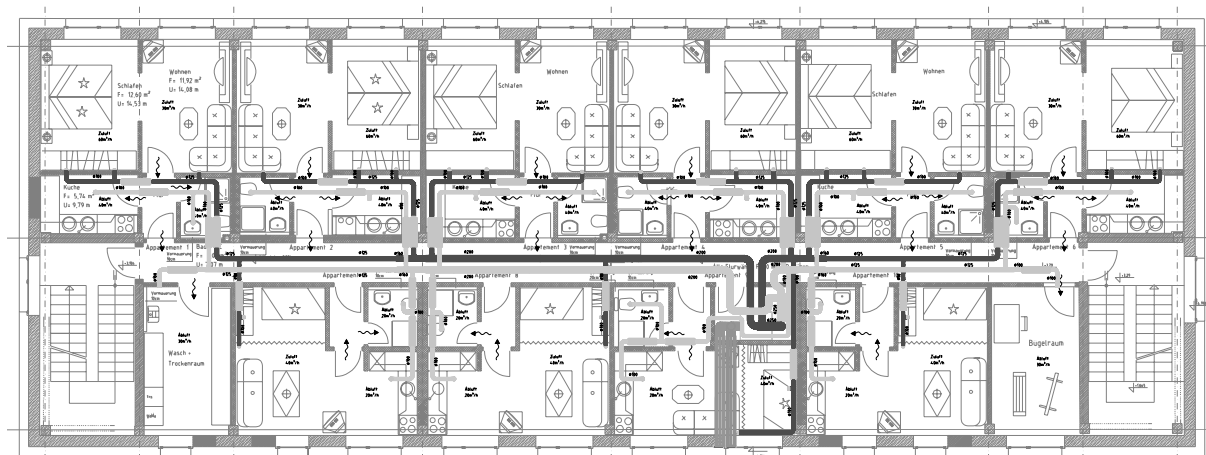
dostupné standardní radiátory. Topné plochy jsou dimenzovány na nízkou úroveň teploty odpovídající tepelnému čerpadlu.



Obr. 20 Distribuce tepla v budově

4.2. Větrání

Vzhledem k hotelové funkci objektu může obsazenost kolísat od 0 do 80 osob. Aby se dalo na toto silné kolísání optimálně reagovat, instalují se do každého podlaží dvě větrací jednotky s jmenovitým objemovým proudem od 400 m³/h do 700 m³/h. Ty zajišťují specifickou výměnu vzduchu 0,4 – 0,6 1h nebo podle počtu osob cca 30 m³/hP. Jako větrací jednotky jsou použita lokálně dostupná zařízení vhodná pro pasivní dům.



Obr. 21 Instalace větrání v budově

Venkovní vzduch se do jednotlivých poschodí nasává přes vnější fasádu a odpadní vzduch se zase přes fasádu vyfukuje. Pro nasátý vnější vzduch je na každé větrací jednotce instalovaný solankový odmrazovač. Větrací jednotky jsou umístěny ve zvláštní technické místnosti uprostřed budovy. Distribuce přiváděného a odváděného vzduchu z technické místnosti do obytných prostor je vedena v podvěšených mezistropěch na chodbách. Přiváděný vzduch se induktivně vede do větraných zón a odsává se v zónách odpadního vzduchu.

4.3. Teplá voda/splašky

Příprava TUV probíhá v systému čerstvé vody, instalovaném v technické místnosti v suterénu. Distribuce teplé a studené vody vede souběžně s rozvodem topení z technické místnosti do podvěšených stropů v podlažích a odtud do sanitárních místností. Jako sanitární armatury a zařizovací předměty jsou použity lokálně dostupné úsporné armatury a sanitární keramika.

Odvádění splašků vede vertikálně vratným potrubím pod základovou deskou. Vzhledem k tomu, že původní základová deska byla v objektu zcela odstraněná, mohlo se pod novou základovou deskou položit nové podzemní potrubí a splašky odvést z budovy pod zateplením vnějších stěn.

5. Shrnutí a závěry

Specifická spotřeba topného tepla pasivního domu Ratmirovo, stanovená podle projektového balíčku pro pasivní dům, činí cca 12 kWh/(m²a). Celková spotřeba primární energie pro všechny funkce (topení, TUV a elektřina) je 142 kWh/(m²a). V tomto speciálním případě jsou kriteria pasivního domu splněna navzdory překročení spotřeby primární energie, protože tu je vysoká celodenní obsazenost (počet osob na čtvereční metr) celkem cca 80 osobami.

Parameter	Value	Unit
Energiekonsumt Heizung	12	kWh/(m ² a)
Durchschnitts-Energiekoeffizient	0,6	J/K
Primärenergiekonsumt (inkl. Heizung, HWB, v. Sanitärer Verbrauch)	142	kWh/(m ² a)
Primärenergiekonsumt (inkl. Heizung und HWB)	80	kWh/(m ² a)
Primärenergiekonsumt (Elektronik, Beleuchtung, etc.)	3	kWh/(m ² a)
Heizung	12	W/m ²
Heizungsenergieeffizienz	5	%
Grundlastkonsumt (inkl. Heizung)	1	kWh/(m ² a)
Grundlast	1	W/m ²

Tabulka 1: Ukazatele z PHPP-2007 vztažené na referenční energetickou plochu

Pasivní dům Ratmirovo ukazuje, že pasivní domy lze budovat také – nebo – právě – v klimaticky extrémních regionech, jako je Rusko. Jednu z největších výzev při plánování a realizaci představuje lokální dostupnost komponentů vhodných pro pasivní dům, resp. jejich vyhledání.

Další výzvou je budování povědomí, školení a osvěta u místních řemeslníků, pokud jde o speciální požadavky na zhotovování pasivního domu, a také neustálá kontrola kvality provedených stavebních prací.

Faktor 10 Modernisierung – Neuschwansteinblick

Dipl.-Ing. (FH) Monika Burger / Dipl.-Ing. Thomas Knecht

Knecht Ingenieure GmbH, Im Öschle 10, D-87499 Wildpoldsried

Tel. (+49) 8304 / 92379 30, Fax (+49) 8304 / 92379 39, info@knecht-ingenieure.de

1. Die Faktor 10 Modernisierung

Die Faktor 10 Modernisierung stellt das Äquivalent im Bereich der Gebäudemodernisierung zum Passivhausstandard im Neubau dar. Hierbei wird im Wesentlichen auf Erkenntnisse und Komponenten aus dem Passivhausneubau zurückgegriffen. Da an der bestehenden Gebäudegeometrie und dem Gebäudestandort nur bedingt etwas verändert werden kann müssen die veränderbaren Bereiche umso konsequenter ausgeführt werden. „Die technischen Anforderungen sind erstaunlich einfach: Gute Dämmung von Wand (180 – 300 mm), Dach (200 – 350 mm) und Grund (100 – 200 mm), dazu hochwärmedämmende Fenster ($U_w < 0,8$) sowie der Einsatz von Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung und Qualitätssicherung unter anderem durch Wärmebrückenoptimierung sowie Sichern von Luft- und Winddichtheit“ [Schulze Darup 2004]. Die o.g. Maßnahmen führen üblicherweise zu spezifischen Jahresheizenergieverbräuchen nach der Modernisierung zwischen 20 und 40 kWh/m²a nach PHPP. Je nach Gebäudegeometrie und Standort sind auch Werte unter 15 kWh/m²a, d.h. im Bereich des Passivhausstandards, möglich. Bedenkt man hierbei, dass die Gebäude vor der Modernisierung über Verbrauchswerte von 100 – 500 kWh/m²a verfügen, wird das Potential der Faktor 10 Modernisierung offensichtlich. Zusätzlich sollte beachtet werden, dass durch die Modernisierung Abriss, Entsorgung sowie etwaige Ersatzbaumaßnahmen größtenteils vermieden werden und so weitere Energieeinsparungen schon in der Herstellung möglich sind. Die vorhandenen Gebäudereourcen in energetisch optimiertem Zustand zu nutzen anstatt neue Objekte zu erstellen sollte daher als Ziel definiert werden.

2. Qualitätssicherung – Beispiel: Winddichtigkeit

Die Qualität der Ausführung und damit meist auch der Erfolg der Maßnahme wird schon im Planungsstadium festgelegt. Da diese später in der Ausführung nicht oder nur noch unter großem Aufwand optimiert werden kann, muss hier entsprechend sorgfältig vorgegangen werden. Hierzu werden sämtliche Maßnahmen im integralen Planungsteam abgestimmt und die Erfahrungen der verschiedenen Fachleute in die Planung integriert. Dies soll am Beispiel der Winddichtigkeit ausgeführt werden: Der Zielwert (n50-Wert) wird zu Beginn des Planungsstadiums fixiert (optimal $< 0,6$, minimal $< 1,50$ 1/h). In den weiteren Planungsschritten wird die Winddichtigkeit geplant, d.h. als Ergebnis aus diesem Prozess müssen Grundrisse und Schnitte vorliegen, in welchen die Winddichtigkeitsebene als ununterbrochene Linie dargestellt ist. Ebenfalls müssen Details der verschiedenen Bauteile existieren, in welchen die Winddichtigkeitsebene aufgeführt und der Anschluss an die anderen Bauteile dargestellt ist (siehe Bild 2). Die teilweise getroffene Aussage „die Winddichtigkeit verläuft dort wo

die Wärmedämmung verläuft“ ohne genaue planerische Darstellung genügt nicht und lässt auf eine fehlende Planung schließen! Die Winddichtigkeitsebene muss im Planungsstadium fixiert, dargestellt sowie allen Planungs- und Ausführungsbeteiligten zur Verfügung gestellt und mit diesen besprochen werden. Während und nach Abschluss der Bautätigkeiten muss die Qualität der ausgeführten Maßnahmen von zertifizierten unabhängigen Stellen überprüft werden (Blower-Door-Test).

3. Lüftungstechnik in der Geschosswohnungsmodernisierung

Bei der Ausführung der notwendigen Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) ohne zusätzliche Heizfunktion gibt es neben den unzähligen Zwischen- und Nebenvarianten im Wesentlichen zwei Varianten: 1. die dezentrale Lüftung mit WRG und 2. die zentrale Lüftung mit WRG. Beide Varianten verfügen über passivhaustaugliche Lüftungsgeräte (zertifizierte Wärmebereitstellung $> 75\%$, Elektroeffizienz $< 45 \text{ Wh/m}^3/\text{h}$ - Gleichstromventilatoren etc.), sorgfältig geplante Zu- und Abluftleitungen sowie induktive, zug- und geräuscharme Zuluftfeinbringung in die Aufenthaltsbereiche. Die beiden Varianten unterscheiden sich jedoch in der unterschiedlichen Lage der Lüftungsgeräte zentral/dezentral. Wesentliche Entscheidungskriterien sind der gewünschte oder nicht gewünschte Eingriff der Nutzer auf die Regelung der Lüftungsanlagen sowie die notwendige bzw. weniger notwendige Zugänglichkeit der Lüftungsgeräte zu Wartungszwecken. Ebenfalls müssen die Belange des Brandschutzes in die Überlegungen mit einbezogen werden. Je nach Projektspezifischen Anforderungen werden die jeweiligen Vor- und Nachteile abgewogen.



Bild 1 Ansicht Neuschwansteinblick



Bild 2 Lüftungsgerät mit WRG

4. Modernisierung Haus – Neuschwansteinblick

4.1. Gebäude – 4 Wohnungen, 4 Geschosse, 4 Kamine

Das im Jahr 1902 erstellte Gebäude in der König Ludwig Promenade 8 in D – 87629 Füssen verfügt über einen wunderschönen direkten Blick auf das Schloss Neuschwanstein, wodurch wir uns zur Namensgebung veranlasst sahen. Im frei stehen-

den Mehrfamilienhaus befinden sich vier Wohneinheiten auf vier Geschossen, welche zum Beginn der Modernisierungsmaßnahme im Sommer 2006 sowie während der kompletten Baumaßnahme vollständig bewohnt waren (eine Mieterin hochschwanger!). Das beheizte Gebäudevolumen beträgt ca. 1473 m³, die Gebäudenutzfläche nach ENEV 471 m². Die Gebäudehülle war dem Baujahr entsprechend vor der Modernisierung in energetisch sehr schlechtem Zustand. Die Wohnung im EG wurde mittels Nachtspeicheröfen und die anderen drei Wohnungen mittels dezentraler Öleinzelföfen beheizt. Die Öleinzelföfen wurden von einer zentralen Ölversorgung im KG versorgt. Die Warmwasserbereitung erfolgte dezentral mittels Elektro-Durchlauferhitzern. Der Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt vor der Modernisierung ca. 485 kWh/m²a. Ziel der Modernisierung war das Gebäude auf einen Primärenergiebedarf unter 40 kWh/m²a zu optimieren.

4.2. Planung – Faktor 10 Modernisierung

In der Planungsphase wurden die zusätzlich auf den Bestand aufzubringenden Wärmedämmstärken wie folgt festgelegt: Wand (20 cm, $U = 0,15/0,16/0,17$ W/m²k), Dach (20 cm, $U = 0,15/0,17$ W/m²k) und Kellerdecke von unten (20 cm, $U = 0,16$ W/m²k).



Bild 3 Aussenwanddämmung 20 cm



Bild 4: Aufdachdämmung 20 cm

Für die bestehenden Fenster wurde der Austausch gegen Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (3/0,6/2,2) vorgesehen. Die Winddichtigkeitsebene wurde von der Architektin Monika Burger mit dem Planungsteam besprochen und in separaten Plänen fixiert. Diese Winddichtigkeits-Pläne dienten in der Ausführungsphase als wichtige Grundlage für die Anleitung der jeweiligen Handwerker.

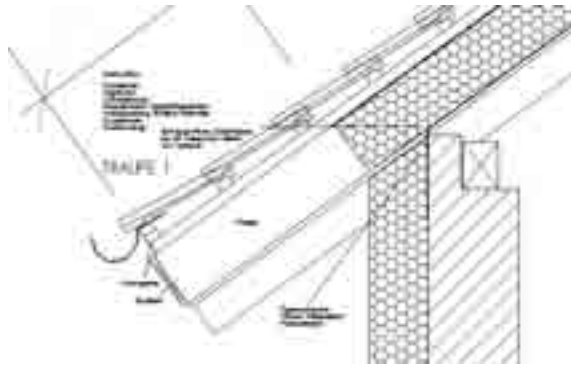


Bild 5 Detail Traufübergang, Dämmung

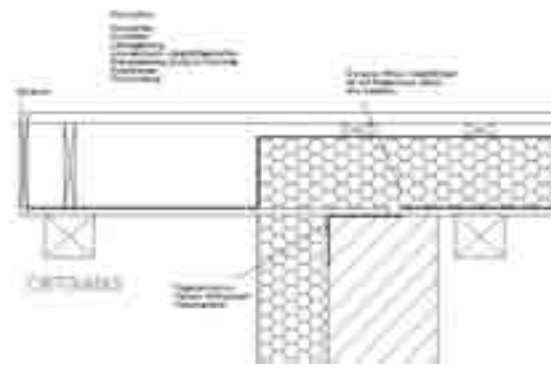


Bild 6: Detail Dampfsperre

Die Beheizung der Wohnungen wurde intensiv diskutiert: Die zu Beginn bevorzugte Variante sah die Ausführung dezentraler Wärmepumpenkompaktaggregate zur Lüftung und Beheizung jeder Wohnung vor. Letztendlich wurde jedoch eine Variante mit zentraler Pelletheizung, Ventilkompaktheizkörpern in den Wohnungen, zentraler Warmwasserbereitung für sämtliche Wohnungen und ein zentrales Lüftungsgerät mit Erschließung der Wohnungen über Abstellkammern im Treppenhaus ausgewählt. Lüftungstechnisch werden die Wohnungen vom Treppenhaus aus über Brandschutzklappen zu den Wohnungen hin erschlossen. In den Wohnungen werden die entsprechenden Telefonie-Schalldämpfer in der Verteilung im Flur installiert.



Bild 7 Telefonie-Schalldämpfer im Flur zur Wohnungseinheit

Jede Wohnung bekommt einen Umschalter für die Lüftungsanlage, womit die Mieter zwischen Grundlüftung und Maximallüftung umschalten können. Die Umschaltung von Grundlüftung auf Maximallüftung erfolgt mittels konstant und variabel Volumenstromregler in den Zu- und Abluftleitungen in den Abstellräumen. Die Lüftungsanlage wird mit Konstantdruck gefahren, wodurch die Volumenströme den jeweiligen Erfordernissen angepasst werden. Um die Mieter so wenig wie möglich zu belasten wurden die Heizkörperanbindeleitungen in der Außenwand unter der Wärmedämmung eingeplant.

4.3. Realisierung und erste Betriebserfahrungen

Die Realisierung der geplanten Maßnahmen lief reibungslos. Lediglich die Lieferzeit der Wärmedämmstoffe für Dach und Aussenwand beeinflusste den bis dahin nahezu optimalen Bauablauf. Aufgrund der nicht unerheblichen Belastungen wurde die ho-

chschwängere Mieterin gegen Ende der Bauphase in eine Ferienwohnung umquartiert.

Modernisierungen in bewohntem Zustand sind mit hohen Belastungen für die Mieter verbunden. Daher müssen die Mieter frühzeitig über die jeweilig geplanten Maßnahmen informiert werden. Die Funktion der Lüftungsanlage und deren Bedienung (hier Umschaltung Grundlüftung/Maximallüftung) sowie die Bedienung von Thermostatköpfen etc. sind den meisten Mietern unbekannt. Hier hat sich bewährt den Mietern eine Nutzungsanleitung an die Hand zu geben und die Funktion des Gebäudes anhand dieser Anleitung zu erläutern.



Bild 8 Wärmedämmverbundsystem angeliefert

5. Literatur

- (1) Schulze, Darup, Dr. Burkhard Schulze Darup, *Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10*, Projektbericht DBU-Projekt AZ 19208, 2004

Modernizace s faktorem 10 – Neuschwansteinblick

Dipl.-Ing. (FH) Monika Burger / Dipl.-Ing. Thomas Knecht

Knecht Ingenieure GmbH, Im Öschle 10, D-87499 Wildpoldsried

Tel. (+49) 8304 / 92379 30, Fax (+49) 8304 / 92379 39, info@knecht-ingenieure.de

1. Modernizace s faktorem 10

Modernizace s faktorem 10 představuje v oblasti modernizace budov ekvivalent ke standardu pasivního domu u novostaveb. V podstatě se zde využívají poznatky a komponenty z novostaveb pasivních domů. Protože na stávající geometrii objektu a jeho umístění lze něco měnit jen podmíněně, musí se tím důsledněji realizovat změnitelné části. „Technické požadavky jsou překvapivě jednoduché: dobrá izolace stěn (180 – 300 mm), střechy (200 – 350 mm) a podloží (100 – 200 mm), k tomu vysoce tepelně izolující okna ($U_w < 0,8$), použití komfortního větrání s rekuperací tepla a zajištění kvality mj. optimalizací tepelných mostů a zajištěním vzduchotěsnosti“ [Schulze Darup 2004]. Výše uvedená opatření vedou po modernizaci většinou ke specifickým ročním spotřebám topné energie mezi 20 a 40 kWh/m²a podle PHPP. Podle geometrie a umístění objektu jsou možné i hodnoty pod 15 kWh/m²a, tj. v pásmu standardu pasivního domu. Jestliže si při tom uvědomíme, že objekty před modernizací mají hodnoty spotřeby 100 – 500 kWh/m²a, je potenciál modernizace s faktorem 10 očividný. Navíc by se mělo uvážit, že modernizací se lze do značné míry vyhnout demolici, likvidaci a případně výstavbě náhradního objektu, takže jsou možné další úspory energií již při výrobě. Jako cíl by se mělo definovat využívání existující zástavby v energeticky optimalizovaném stavu místo výstavby nových objektů.

2. Zajištění kvality – příklad: vzduchotěsnost

Kvalita provedení a tím většinou i úspěšnost opatření se určuje již ve stádiu plánování. Protože později při provádění se dá optimalizovat jen stěží nebo jen s velkými náklady, musí se zde postupovat s potřebnou pečlivostí. Veškerá opatření se musí při plánování harmonizovat v integrálním projekčním týmu s využitím zkušeností různých odborníků. Lze to doložit příkladem vzduchotěsnosti: na začátku plánování se pevně stanoví cílová hodnota (hodnota n₅₀: optimálně <0,6, minimálně <1,50 1/h). V dalších plánovacích krocích se vzduchotěsnost vyprojektuje, tj. výsledkem z tohoto procesu musí být půdorysy a řezy, v nichž je rovina vzduchotěsnosti zakreslena jako nepřerušovaná čára. Existovat musí i detaily různých stavebních prvků s provedením roviny vzduchotěsnosti a napojením na jiné prvky (viz obr. 2). Někdy zastávaný názor, že „vzduchotěsnost probíhá tudy, kudy vede tepelná izolace“, bez přesného zakreslení nestačí a lze z něho usuzovat na mezeru v plánech! Rovina vzduchotěsnosti musí být ve stádiu plánování pevně stanovena, zakreslena, předložena a projednána se všemi účastníky projektování i realizace. Během stavby a po jejím dokončení musí kvalitu provedených opatření ověřit nezávislé certifikované pracoviště (blower-door-test).

3. Větrací technika při modernizaci bytů ve vícepodlažním domě

Při realizaci nezbytného komfortního větrání s rekuperací tepla (RT) bez přídavné funkce topení existují kromě nesčetných vedlejších a odvozených variant v podstatě varianty dvě: 1. decentrální větrání s RT a 2. centrální větrání s RT. Obě varianty zahrnují větrací zařízení vhodné pro pasivní dům (certifikované ohřívání > 75 %, elektrická efektivita < 45 Wh/m³/h – stejnosměrné ventilátory apod.), pečlivě naplánované přívody a odvody vzduchu a induktivní přívádění vzduchu do obytných místností s nízkou hladinou hluku a průvanu. Obě varianty se však liší různou polohou větracích jednotek – centrální/decentrální. Hlavními rozhodovacími kritérii je žádoucí nebo nežádoucí zasahování uživatelů do regulace větrání a více nebo méně nezbytná přístupnost větracích jednotek kvůli údržbě. V úvahách se musí zohlednit i požadavky požární ochrany. Podle specifických požadavků projektu se zvažují jednotlivé výhody a nevýhody.



Obr. 1 Pohled na Neuschwansteinblick



Obr. 2 Větrací jednotka s RT

4. Modernizace domu Neuschwansteinblick

4.1. Objekt – 4 byty, 4 podlaží, 4 komíny

Budova v ulici König Ludwig Promenade 8 v obci Füssen, D – 87629, dokončená v roce 1902, má nádhernou vyhlídku přímo na zámek Neuschwanstein, což nás vedlo k pojmenování projektu. Ve volně stojícím domě se nacházejí čtyři bytové jednotky na čtyřech podlažích, všechny byly na začátku modernizačních opatření v létě 2006 i během všech stavebních prací obývané (jedna z nájemnic ve vysokém stupni těhotenství!). Vytápěný objem budovy činí cca 1473 m³, užitná plocha budovy podle ENEV 471 m². Plášť budovy odpovídal roku výstavby, před modernizací byl v energeticky velmi špatném stavu. Byt v přízemí se vytápěl akumulací kamny na noční proud, ostatní tři byty decentrálními topidly na kapalné palivo. Tato topidla byla zásobována centrálním rozvodem ze sklepa. TUV se připravovala decentrálně elektrickými průtokovými ohříváči. Spotřeba primární energie v budově před modernizací

činila cca 485 kWh/m²a. Cílem modernizace bylo optimalizovat objekt na spotřebu primární energie pod 40 kWh/m²a.

4.2. Plánování modernizace s faktorem 10

V plánovací fázi byly stanoveny následující tloušťky dodatečného zateplení: stěna (20 cm, $U = 0,15/0,16/0,17$ W/m²k), střecha (20 cm, $U = 0,15/0,17$ W/m²k) a strop sklepa zesponu (20 cm, $U = 0,16$ W/m²k).

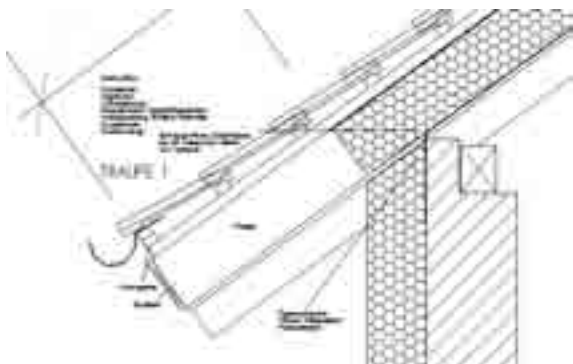


Obr. 3 Zateplení vnější stěny 20 cm

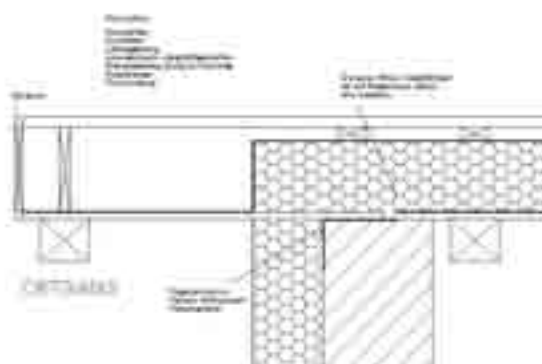


Obr. 4 Zateplení střechy 20 cm

U oken byla předepsána jejich výměna za okna s trojitými tepelně izolačními skly (3/0,6/2,2). Rovinu vzduchotěsnosti architektka Monika Burger po projednání s projektovým týmem zakreslila do zvláštních plánů. Tyto plány vzduchotěsnosti sloužily v prováděcí fázi jako důležitý podklad pro jednotlivá řemesla.



Obr. 5 Detail vedení izolace u okapu



Obr. 6 Detail parotěsné zábrany

Intenzivně se diskutovalo o vytápění bytů: první vybraná varianta předpokládala de-centrální kompaktní agregáty s tepelným čerpadlem k větrání a vytápění jednotlivých bytů. Nakonec však byla zvolena varianta s centrálním peletovým topením, kompaktními ventilátorovými topidly v bytech, centrální přípravou TUV pro všechny byty a centrální větrací jednotkou s napojením bytů přes odkládací komory na schodišti. Větrací technika je vybavena požárními klapkami mezi schodištěm a byty. V bytech jsou v chodbách na rozvodech nainstalovány příslušné tlumiče telefonického hluku.



Obr. 7 Tlumič na chodbě k bytové jednotce



Obr. 8 Dodání tepelné izolace

Každý byt dostane přepínač větrací jednotky, kterým mohou nájemníci přepínat mezi základním a maximálním větráním. Přepínání ze základního větrání na maximální se provádí konstantním a variabilním regulátorem objemového proudu na přívodním a odvodním potrubí v komorách. Větrací jednotka pracuje s konstantním tlakem, kterým se podle požadavků upravují objemové proudy. Kvůli co nejmenšímu obtěžování nájemníků byly přípojky topidel projektovány na vnější stěně pod tepelnou izolací.

4.3. Realizace a první zkušenosti z provozu

Realizace plánovaných opatření proběhla hladce. Pouze dodací termíny tepelných izolací pro střechu a vnější zdi ovlivnily do té doby téměř optimální průběh prací. Vzhledem ke značnému zatížení se těhotná nájemnice na konci stavební fáze odstěhovala do rekreačního objektu.

Modernizace obydleného domu je spojena velkou zátěží pro nájemníky. Proto museli být s dostatečným předstihem informováni o jednotlivých plánovaných opatřeních. Většina nájemníků neznala funkci větracího zařízení a jeho obsluhu (zde přepínání mezi základním a maximálním větráním) ani obsluhu termostatických hlavíc apod. Proto se osvědčilo dát nájemníkům do ruky návod k použití a vysvětlit jim podle něho fungování budovy.

5. Literatur

- (1) Schulze, Darup, Dr. Burkhard Schulze Darup, *Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10*, Projektbericht DBU-Projekt AZ 19208, 2004

Ganzheitliche und energetische Sanierung des Bürogebäudes Werner-von-Siemens-Straße 41-43 in Erlangen mit Passivhauskomponenten

Architekt Werner Haase

Julius-Echter-Str. 59, 97753 Karlstadt

Tel: 09353-9828-0, e-mail: info@arch-haase-karlstadt.de



für ForumPlus 2007

1. Forum⁺ - Erlangen

1.1. Ausgangssituation

Das Bürogebäude Werner-von-Siemens-Straße 41-43 wurde 1972 als Stahlbeton-Fertigteilbau mit 5 cm Styropor-Innendämmung, Fensterbändern und Klimaanlage errichtet. Es entsprach den damaligen Baustandards und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen durch die niedrigen Energiepreise.



Vorher



Realisierung



Nachher



Nachher

Der Primärenergieaufwand betrug mehr als 600 kWh/m²/a für Klimatisierung und Beleuchtung. Die einzelnen Räume wurden durch Klimatruhen, die im Alu-Fensterband ohne thermische Trennung integriert waren, beheizt und gekühlt.

Dabei gab es steuerungstechnische Überlagerungen, z. B. sprang im Sommer die Heizung an, wenn die Klimaanlage zu stark kühlte. Die Haustechnik war weitgehend verbraucht und es bestand bereits dadurch Sanierungsbedarf.

Der Stromverbrauch nahm ab den 90-er Jahren durch den Einzug der Computertechnik extrem zu. Es musste eine zusätzliche Trafostation zur Abdeckung der Spitzenwerte installiert werden. Die zusätzlichen internen Wärmelasten wurden durch ca. 30 zusätzliche Kühlgeräte mit zusätzlichem Stromverbrauch „bekämpft“.

1.2. Ziele und Grundkonzept der Maßnahme

Die Fa. Daeschler entschied sich zu einer ganzheitlichen Gesamtplanung, mit dem Ziel, ein zukunftsfähiges Bürogebäude ohne der üblichen Klimaanlage durch eine Generalsanierung zu erhalten. Der Primärenergieaufwand sollte möglichst 100 kWh/m²/a einhalten, bei gleichzeitiger raumklimatischer Verbesserung, unter Berücksichtigung der hohen internen Wärmelasten. Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass flexible interne Nutzungen mit sich damit ändernden Wärmeeinträgen im Konzept berücksichtigt werden müssen.

1.3. Durchführung und technische Einzelheiten

Das Architekturbüro Haase, Karlstadt, übernahm die Funktion des energetischen Projektsteuerers. Über Simulationsberechnungen wurden energetische Vorgaben für die notwendigen Dämmmaßnahmen ermittelt und die technischen Grenzen von Flächenheizungen im Verhältnis zum Dämmwert aufgezeigt. Es wurden verschiedene Dämmvarianten untersucht und die kritischen Sanierungsdetails bauphysikalisch im Vorfeld berechnet und sowohl den Architekten als den Projektanten aufeinander abgestimmt vorgegeben. Des Weiteren wurde das grobe Energiekonzept – Dämmung – Rückgewinnung – effiziente Energieverwendung vorgegeben.



Durch abgestimmte Planerbesprechungen mit allen Beteiligten wurde die Feinplanung durch das beteiligte Architekturbüro Scherzer, Erlangen, erstellt. Die haustech-

nische Planung erfolgte durch das Büro Beck & Trommen, Erlangen. Die Gebäudeleittechnik wurde durch die Klimakon GmbH, Karlstadt, erstellt.

1.4. Bauliche Maßnahmen

Die vorhandene Aluminium-Fenster-Fassade wurde entfernt und teilweise zugemauert. Durch den Einbau von Holz-Alu-Fenstern, die wiederum als 2+1 Fenster-Konstruktion mit integrierter Tageslichtlenkung ausgestattet sind, konnte der Gesamt-U-Wert der Außenwand im Faktor 10 abgemindert werden. Die Klimaanlage wurde durch eine Lüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung ersetzt, ergänzt durch Wandflächen- und Deckenflächenheizungen, die die Funktion Heizen und Kühlen übernehmen. Dadurch können die Luftmengen auf das notwendige Maß zur CO₂-Reduktion vermindert werden. D.h. es werden nicht mehr ca. 250.000 m³/h sondern nur ca. 20.000 m³/h Luft bewegt; dies erfordert weniger Ventilatorstromaufwand, geringere Rohrquerschnitte, weniger Lüftungswärmeverlust und weitgehende Freiheit von Zuglufterscheinungen.

Zusätzlich gibt es eine hoch gedämmte Ringleitung zur Versorgung mit zusätzlicher Kälte für individuell anschließbare Umluftkühlgeräte.

Ein Großteil des im Gebäude verwendeten Stromes wird durch eine eigene Blockheizkraftwerksanlage hergestellt; die dabei anfallende Abwärme wird im Winter zum Heizen und im Sommer über eine Absorptionskältemaschine zum Kühlen verwendet. Dies wird unterstützt durch ein Pufferspeichersystem, welches aus Eisspeicher, Kalt-, Warm- und Heißspeicher besteht. Diese Speicheranlage ist so ausgelegt, dass sie sowohl die Kühlspitze im Sommer, als auch im Winter die Heizspitze, kapazitätsmäßig abdecken kann, ohne überdimensionierte Erzeuger einsetzen zu müssen.

In der Steuerung sind Klimadatenvorhersagen integriert, die entsprechend der zukünftigen Anforderung das Speichersystem verstärkt vorausschauend in Richtung Wärme oder Kälte belädt. Dadurch werden Spitzen vermieden.

Des weiteren wird z. B. Nachts mit Nachtkühle der Kalt- und Eisspeicher beladen. Dies erspart Stromverbrauch zu Spitzenzeiten, wenn alle „Klimaanlagen“ laufen und es erhöht die Effizienz, da es sinnvoller ist, Kühle aus Nachtkühle, als aus Mittagshitze zu gewinnen.

Des weiteren werden die unterschiedlichen Gebäudeaußenseiten entsprechend den Himmelsrichtungen mit unterschiedlichen Heizkurven bzw. Vorlauftemperaturen bedient. Dadurch entstehen keine Temperaturgefälle zwischen warmer und kalter Gebäudeseite. Im Prinzip wird bereits das Problem bei der Entstehung bearbeitet und nicht erst „bekämpft“, wenn es eingetreten ist.

Beispiel:

Eine Kältemaschine im Nachtdauerbetrieb kann mit 10 kW Stromaufnahme über den großen Kältespeicher den Einsatz einer analog arbeitenden Kältemaschine mit 100

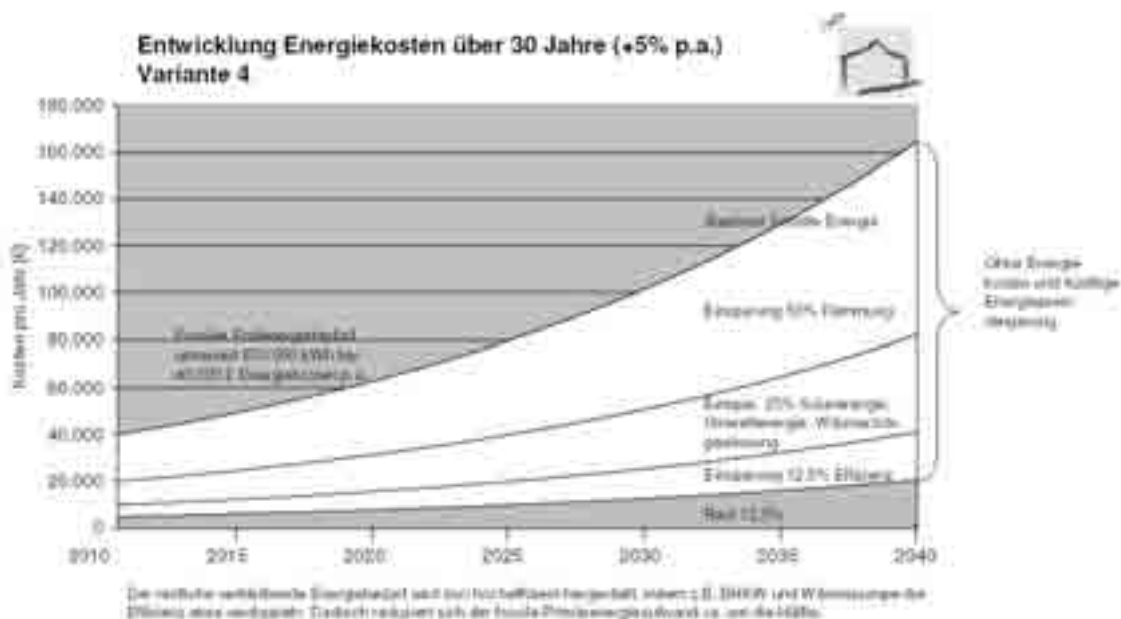
kW Spitzenstrombedarf ersetzen. Dies führt zu niedrigerem Stromverbrauch bei Spitzenlasttarifvermeidung durch Lastverlagerung mit gleichzeitig hoher Effizienz.

Die Verteilung für Wärme und Kälte wird jeweils über Zortström – Verteilersysteme mit möglichst geringem Widerstand gehandhabt, mit der Folge, dass die Umwälzpumpen steuerbar sind und geringeren Stromverbrauch verursachen.

Ergänzt wird das Gesamtsystem durch eine 117 m² große PV-Anlage in der Dachfläche mit 15 kWp. Der dadurch gewonnene Strom verbessert die CO₂-Bilanz.

1.5. Auswirkungen der Maßnahme

Die Nebenkosten wurden radikal gesenkt. Dies wurde erreicht, indem der Heizenergieaufwand durch Dämmmaßnahmen etwa halbiert werden konnte. Der verbleibende Heizenergiebedarf wird durch die Lüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung in Verbindung mit internen Wärmegegewinnen stark reduziert. Die verbleibende Energiemenge wird durch den Einsatz eines BHKW mit Eigenstromverwendung und Integration der Abwärme zum Heizen und Kühlen hocheffizient verwendet, wodurch der Primärenergieaufwand abgesenkt wird.



1.6. Derzeitiger Stand

Das Gebäude ist seit Ende 2007 bezogen. Die Anlagentechnik läuft und wird durch ein Monitoring-Programm begleitet. Die Wärmedämmung der Hülle inkl. Fenster ist gemäß Planung und Berechnung umgesetzt und aktiv. Im Bereich Gebäudetechnik sind die einzelnen Komponenten im Betrieb, wobei das Zusammenspiel noch optimiert werden muss. Die Benutzer müssen verstärkt einbezogen werden, um ihre Verhaltensweisen den technischen Möglichkeiten des Gebäudes anzupassen.

Die Miete ist als „Warmmiete“ (inkl. Kühlaufwand) vereinbart. Das Unternehmen hat damit sehr mutig und vorausschauend auf eigene Rechnung gehandelt, und kommenden rechtlichen Energiestandards weit vorausgegriffen.

Der Primärenergiebedarf wird um ca. 80 %, der CO₂-Ausstoss um ca. 90 % reduziert.

Gebäudenutzungsart	Verwaltungsgebäude
Baujahr Gebäude	1972
Jahr der Sanierung	2006/2007
Geschosszahl	6-geschossig+2 Untergeschosse
NGF	Gesamt: 11.475 m ² , davon gewerbl. NF: 7.946 m ²
Energieversorgung	Wärmepumpenstrom PV-Anlage Erdgas für BHKW u. AKM (Absorptionskältemaschine) Erdgas für Spitzenkessel
Anlagentechnik Beheizung / Kühlung	Blockheizkraftwerk Eiswasser-Wärmepumpe Absorptions-Flüssigkeitskühler Rückkühlsystem mit freier Kühlung Pufferspeichersystem PV-Anlage Regenwasser-Nutzung
Anlagentechnik Lüftung	zentrales Lüftungsgerät mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung, adiabater Verdunstungskühlung und integrierter Kälteanlage personenbezogener Luftwechsel 30 m ³ /hP
Beleuchtungstechnik	intelligentes Beleuchtungskonzept mit Tageslichtsteuerung/Präsenzmeldung
U-Wert Außenwand	0,17-0,19 W/m ² K
U-Wert Dach	0,17-0,21 W/m ² K
U-Wert Kellerdecke	0,24 W/m ² K
Außenwand	20 cm PS-Dämmung WLG 040
Dach	20 cm PS-Hartschaum WLG 040
Kellerdecke	12 cm Kalzium-Silikat-Dämmplatten WLG 045
Fensterart und U-Wert	Holz-Aluminium-Fenster im sog. 2+1-System mit integriertem Sonnenschutz U-Wert 1,0-1,30 W/m ² K
Primärenergiebedarf	815.000 kWh/a entspricht ca. 100 kWh/m ² a BG
Endenergiebedarf Heizung/WW	415.000 kWh/a
Endenergiebedarf Kühlen	215.000 kWh/a
Endenergiebedarf Lüftung	164.000 kWh/a
Endenergiebedarf Beleuchtung	315.000 kWh/a
Eigenstromerzeugung BHKW/PV	-510.000 kWh/a
Investitionskosten	KG 300+400 ca. 9,5 Mio EUR
jährliche Energiekosten	noch kein vollständiger Jahresbetrieb ausgewertet

Komplexní a energetická sanace kancelářského objektu ve městě Erlangen, Werner-von-Siemens-Straße 41-43, s využitím prvků pasivních domů

Architekt Werner Haase

Julius-Echter-Str. 59, 97753 Karlstadt

Tel: 09353-9828-0, e-mail: info@arch-haase-karlstadt.de

1. Fórum⁺ - Erlangen

1.1. Výchozí situace

Kancelářský objekt ve městě Erlangen, Werner-von-Siemens-Straße 41-43, byl v roce 1972 postaven ze železobetonových prefabrikátů, s vnitřní tepelnou izolací ze styroporu o tloušťce 5 cm, s pásy oken a klimatizací. Díky nízkým cenám energií splňovala tato budova tehdejší standardy výstavby i s ohledem na hospodárny provoz.

Spotřeba primární energie na klimatizaci a osvětlení představovala u této budovy více než 600 kWh/m²/a. Jednotlivé místnosti byly vytápěny a ochlazovány pomocí klimatizačních skříní, které byly bez jakéhokoli termického oddělení integrovány přímo v pásu hliníkových oken.



Před



Realizace



Potom



Potom

V důsledku různých stavebně fyzikálních nedostatků se v objektu projevily technické problémy s regulací – např. v letních měsících docházelo k superpozici funkcí,

kdy při vysokém výkonu klimatizace naskakovalo topení. Celé technické zařízení budovy bylo ve špatném stavu, takže sanace objektu byla nezbytná.

Spotřeba elektrické energie se kvůli masivnímu rozšíření výpočetní techniky v 90. letech výrazně zvýšila. Na pokrytí spotřebních špiček musela být dokonce instalována další trafostanice. Tepelná zátěž vznikající v důsledku používání obrovského množství techniky musela být „odbourávána“ nasazením dalších ca. 30 chladících agregátů, které spotřebu energie dále navyšovaly.

1.2. Cíle a základní koncept naplánovaných opatření

Firma Daeschler se rozhodla pro komplexní projekt generální sanace objektu, jehož cílem bylo zachování a budoucí provozování této kancelářské budovy i bez obvyklé klimatizace, snížení spotřeby primární energie na 100 kWh/m²/a a celkové zlepšení klimatu ve všech kancelářských prostorách, a to vše i přes vysokou tepelnou zátěž, která zde vzniká použitím kancelářské techniky. V konceptu se kladl velký důraz i na flexibilní využití vznikající tepelné zátěže pro interní provoz budovy.

1.3. Realizace a technické detaily

Funkci koordinátora projektu převzala architektonická kancelář Haase, Karlstadt. S pomocí simulačních výpočtů se zjišťovaly základní energetické hodnoty pro tepelnou izolaci a určovaly technické hranice plošného vytápění v poměru k tepelně izolační hodnotě. Přitom se prověřovaly různé varianty tepelné izolace a propočítávaly všechny kritické detaily plánovaných sanačních opatření i po stránce stavebně fyzikální. Zjištěné hodnoty pak byly předány architektům i projektantům. Kromě toho byl navržen i hrubý energetický koncept: izolace + rekuperace + efektivní využívání energie.



Detailní projekt na základě přesných údajů odsouhlasených všemi účastníky připravila architektonická kancelář Scherzer, Erlangen. Projekt domovních instalací vytvořila projekční kancelář Beck & Trommen, Erlangen. Domovní rozvody zrealizovala společnost Klimakon GmbH, Karlstadt.

1.4. Stavební zákroky

Stávající fasáda s hliníkovými okny byla odstraněna a částečně zazděna. Díky instalaci dřevo-hliníkových oken (systém 2+1) s integrovanou regulací denního světla, se podařilo snížit celkovou hodnotu U (dříve hodnota k, tj. hodnota tepelné prostupnosti) venkovní stěny o faktor 10. Původní klimatizace byla nahrazena větracím zařízením s vysoce efektivní rekuperací tepla a doplněna o plošné vytápění ve stěnách a ve střepech místností, s nímž lze místnosti vytápět i ochlazovat. Tím se podařilo zredukovat množství vyměňovaného vzduchu jen na hodnotu, která je potřebná pro redukci CO₂. Znamená to, že v budově již necirkuluje ca. 250.000 m³/h vzduchu, ale jen ca. 20.000 m³/h. Současně se tak zredukovala spotřeba elektrické energie potřebné pro ventilaci, zmenšily se průměry potrubí, snížily tepelné ztráty větráním a prakticky i odstranily negativní vlivy průvanu způsobeného ventilací.

Navíc bylo nainstalováno tepelně izolované oběhové potrubí, které umožňuje napojení dalších chladících jednotek pro individuální potřebu.

Velká část elektrické energie spotřebovávané v budově se vyrábí ve vlastní kogenerační jednotce (BHKW) – odpadní teplo, které takto vzniká, se v zimě využívá na vytápění, v létě pak s pomocí absorpční chladící jednotky ke chlazení budovy. Zvláště pro tyto účely byl nainstalován systém zásobníků (pro chlazení i ohřev), který je dimenzován tak, aby kapacitně pokrýval jak letní špičku pro ochlazování, tak i zimní spotřebu pro vytápění bez nutnosti instalace předimenzovaných zdrojů tepla nebo chlazení.

Do programu pro řízení a regulaci tohoto systému byly vloženy klimatické údaje, s jejichž pomocí lze již předem reagovat na budoucí požadavek chlazení nebo ohřevu. Tím nedochází ke vzniku odběrových špiček.

Kromě toho se chladící zásobníky mohou např. přes noc ochlazovat studeným nočním vzduchem. Snižuje se tak spotřeba elektrického proudu ve špičkách, kdy klimatizace běží na plné obrátky, a současně se zvyšuje efektivita celého zařízení, protože je určitě výhodnější chladit vzduchem získaným z nočního chladu než z poledního horka.

Navíc jsou všechny venkovní stěny budovy regulovány v závislosti na jejich nasměrování do jednotlivých světových stran s pomocí rozdílných topných křivek a přívodních teplot, čímž se zamezí vzniku teplotních spádů mezi teplou a studenou stranou budovy. Znamená to, že problému se aktivně předchází a neřeší se až v okamžiku, kdy se již projevuje v plné míře.

Příklad:

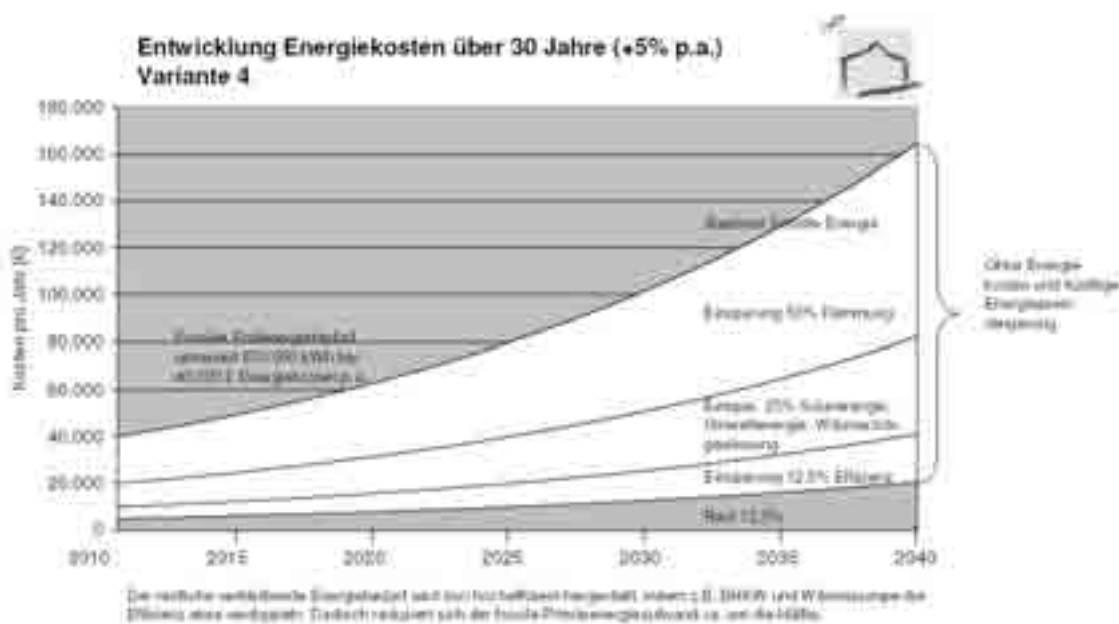
Chladící jednotka o příkonu 10 kW, která je provozována v trvalém nočním režimu, může s pomocí velkého chladícího zásobníku zcela nahradit analogicky fungující chladící jednotku s odběrem proudu ve špičce až 100 kW. Tím se ušetří spotřeba drahé elektrické energie odebírané ve špičce (tarif pro odběr ve špičce) a současně se i zvýší efektivita celého zařízení.

Teplo i chlad se po budově rozvádí s minimálním odporem pomocí systému Zortström – takto lze snadno regulovat oběhová čerpadla a snížit celkovou spotřebu elektrické energie.

Celý systém je doplněn solárním zařízením o ploše 117 m² a výkonu 15 kWp, které je integrováno v ploše střechy. Takto získaná elektrická energie zlepšuje i bilanci CO₂.

1.5. Výsledky těchto opatření

Díky výše uvedeným opatřením se podařilo radikálně snížit vedlejší náklady na provoz této kancelářské budovy, protože použitá tepelná izolace zredukovala náklady na topení zhruba o polovinu. K další úspoře tepelné energie došlo použitím ventilace s vysoce efektivní rekuperací tepla, a také využitím interních tepelných zisků z vnitřního vybavení budovy. Zbývající potřebná energie je díky kogenerační jednotce (BHKW) vyrábějící elektřinu pro vlastní spotřebu, a díky využívání odpadního tepla na vytápění i chlazení, používána vysoce efektivně – podařilo se tak výrazně snížit spotřebu primární energie.



1.6. Současný stav

Budova je v užívání od konce roku 2007. Všechna technická zařízení jsou v provozu, jejich chod je monitorován pomocí speciálního programu. Tepelná izolace pláště budovy včetně oken byla zrealizována přesně podle projektu a v souladu s provedenými výpočty. Technické vybavení budovy funguje podle plánu, nicméně jednotlivé části tohoto zařízení musí být ještě vzájemně vyladěny. Kromě toho je nutné důkladně poučit uživatele o technických možnostech a požadavcích budovy, aby své chování mohli těmto potřebám lépe přizpůsobit.

Nájemné bylo sjednáno jako „teplý nájem“ (včetně nákladů na chlazení). Tento krok svědčí o odvaze a prozřetelnosti společnosti, která tak již předbíhá budoucím energetickým standardům.

Spotřeba primární energie byla snížena o ca. 80 %, množství emisí CO₂ dokonce o ca. 90 %.

Způsob využívání budovy	Správní a kancelářské budova
Rok výstavby budovy	1972
Rok sanace	2006/2007
Počet podlaží	6ti podlažní objekt + 2 podzemní podlaží
Čistá podlahová plocha	Celkem: 11.475 m ² , z toho plocha pro podnikatelské účely: 7.946 m ²
Zásobování energiemi	elektrická energie dodávané tepelným čerpadlem solární energie zemní plyn pro kogenerační jednotku (BHKW) a absorpční chladicí jednotku (AKM) zemní plyn pro kotel pokrývající špičky
Zařízení pro vytápění / chlazení objektu	BHKW (kogenerační jednotka) tepelné čerpadlo na přípravu ledové vody absorpční kapalinový chladič cirkulační chlazení s volným chlazením systém zásobníků solární zařízení využívání dešťové vody
Zařízení pro větrání/ventilaci	centrální klimajednotka pro efektivní využití odpadního tepla (rekuperaci), adiabatické odpařovací chlazení a inte- grovaná chladicí jednotka výměna vzduchu podle počtu osob: 30 m ³ /h+osobu
Osvětlení	inteligentní koncept osvětlení s regulací denního světla a hlášením přítomnosti osob
U-hodnota pro venkovní stěny	0,17-0,19 W/m ² K
U-hodnota pro střechu	0,17-0,21 W/m ² K
U-hodnota pro strop sklepa	0,24 W/m ² K
Venkovní zdi	20 cm izolace PS, WLG 040
Střecha	20 cm izolace z tvrzeného PS, WLG 040
Strop ve sklepe	12 cm kalcium silikátové desky pro tepelnou izolaci, WLG 045
Druh oken a jejich U-hodnota	hliníkovo-dřevěná okna, systém 2+1, s integrovanou proti- sluneční ochranou U-hodnota 1,0-1,30 W/m ² K
Spotřeba primární energie	815.000 kWh/a, což odpovídá ca. 100 kWh/m ² a na budovu
Spotřeba energie na topení/TUV	415.000 kWh/a
Spotřeba energie na chlazení	215.000 kWh/a
Spotřeba energie na větrání	164.000 kWh/a
Spotřeba energie na osvětlení	315.000 kWh/a
Vlastní výroba el. proudu (BHKW /solární zařízení)	-510.000 kWh/a
Investiční náklady	KG 300+400, ca. 9,5 mil. EUR
Roční náklady na energii	chybí vyhodnocení celoročního provozu budovy

SOLANOVA – Meilenstein für die energetische Sanierung des osteuropäischen Plattenbaubestandes mit Passivhausphilosophie

Dr. Tamás Csoknyai, Universität Budapest
Müegyetem rkp. 3., 1111 Budapest, Ungarn
Tel: +36 1 463 1399, e-mail: csoknyai@solanova.org
Dr. Andreas Hermelink, Ecofys Germany GmbH
Stralauer Platz 34, 10243 Berlin, Deutschland
Tel: +49 30 297 735 79-50, e-mail: a.hermelink@ecofys.com

1. SOLANOVA

SOLANOVA (Solar-supported, integrated eco-efficient renovation of large residential buildings and heat-supply-systems) ist das erste von der Europäischen Kommission geförderte "Ökogeäude"-Projekt in Osteuropa, mit dem Ziel, das Einparpotenzial in einem großen Wohngebäude durch eine grundlegende energetische Sanierung weitestgehend auszuschöpfen. Durch Anwendung der Passivhausphilosophie in einem Maße, welches nach einer zweijährigen Forschungsphase als technisch, sozial, ökonomisch und ökologisch optimal erachtet wurde, entstand im Sommer/Herbst 2005 in der ungarischen Stadt Dunaújváros Europas erste sanierte „3-Liter-Platte“ – ein achtstöckiger Plattenbau mit Ladenetage und 42 Wohnungen. Sämtliche Wohnungen sind von Eigentümern bewohnt, alle Baumaßnahmen erfolgten im bewohnten Zustand. Es zeigte sich, dass die erzielte Wärmeeinsparung (Heizung, Warmwasser) von mehr als 80 % die Basis ist, um in naher Zukunft wesentliche Teile der Energienachfrage zu vernünftigen Kosten mit Solarenergie decken zu können.

2. Energiekonzept

Der Heizenergieverbrauch vor der Sanierung betrug ca. 220 kWh/(m²a). Als Zielwert für den sanierten Zustand wurden 25 kWh/(m²a) für die Wohngeschosse und 60 kWh/(m²a) für die Ladenetage festgelegt, im Mittel für das gesamte Gebäude entspricht dies ca. 30 kWh/(m²a). Entsprechend konnte die installierte Heizleistung von 136 W/m² auf ca. 22 W/m² gesenkt werden.

2.1. Gebäudehülle

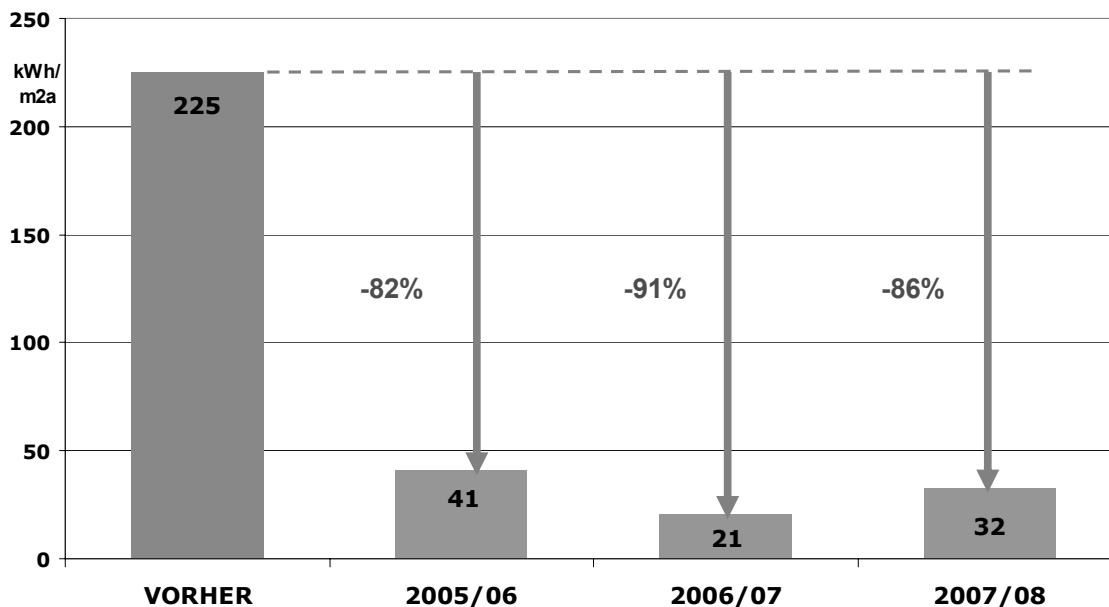
Auf die Außenwände wurde ein Wärmedämmverbundsystem mit 16 cm starker Polystyrolämmung geklebt und gedübelt. Die Gefälledämmung auf dem Dach beträgt im Schnitt 25 cm. Besonders beachtet wurde die weitgehende Vermeidung von Wärmebrücken: so wurden z. B. die Außenflächen der Fensterrahmen bündig mit der alten Fassadenoberfläche eingebaut, um eine handwerklich nicht zu anspruchsvolle, Wärmebrücken reduzierende Überdämmung der Blendrahmen zu ermöglichen. Selbstklebende Folien sorgen für die Luftdichtigkeit der Fenster.

2.2. Gebäudetechnik

Die angestrebte Energieeinsparung machte auch den Einbau einer hoch effizienten Wärmerückgewinnung für die verbrauchte Innenraumluft erforderlich. Sechs Varianten wurden analysiert. Als insgesamt beste Lösung, vor allem wegen der sehr guten Übertragbarkeit auf andere Projekte, stellte sich ein kleines Lüftungsgerät pro Wohnung mit integriertem hoch effizienten Luft-Luft-Wärmetauscher und einem Heizkörper in jedem Wohnraum heraus. Das nur 20 Zentimeter hohe Lüftungsgerät ist in einer abgehängten Decke im Wohnungsflur untergebracht. Um unkontrollierte Wärmeverluste zu minimieren wurden die Heizungssteigleitungen reduziert.

3. Ergebnisse

Seit Herbst 2005 ist SOLANOVA Realität. Abbildung 1 zeigt die realen Messwerte für den Heizenergieverbrauch, d.h. für eine Innentemperatur von nahezu 25°C!



Damit ist das SOLANOVA Gebäude das energieeffizienteste Gebäude in Ungarn: Die relativ kleine thermische Solaranlage mit ca. 72 m² deckt nun rund ein Viertel des gesamten Energiebedarfs für Heizung und Warmwasser.

Bewohnerbefragungen nach der Sanierung ergaben sehr hohe Zufriedenheitswerte im Winter und im Sommer. All dies wurde zu Nettokosten von ca. 240 €/m² Wohnfläche erreicht. In SOLANOVA erfolgten Design, Umsetzung und Evaluierung der Ergebnisse in einem internationalen Projektteam u.a. bestehend aus Universität Kassel, Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest, Internorm International Fenster AG, Versorgungsbetriebe Dunaújváros (Ungarn), innovaTec Energiesysteme GmbH sowie Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist.

Als Anerkennung für die erbrachte Pionierleistung als „Leuchtturm“ für die beginnende Sanierungswelle in Osteuropa wurde das Projekt mit dem Europäischen Solarpreis 2006, sowie dem Energy Globe Ungarn 2007 sowie dem 3. Preis beim International Energy Globe 2007 in der Kategorie „Erde“ ausgezeichnet.

SOLANOVA – milník na cestě energetické sanace panelových domů ve východní Evropě v duchu filozofie pasivních domů

Dr. Tamás Csoknyai, Universität Budapest
Müegyetem rkp. 3., 1111 Budapest, Ungarn
Tel: +36 1 463 1399, e-mail: csoknyai@solanova.org
Dr. Andreas Hermelink, Ecofys Germany GmbH
Stralauer Platz 34, 10243 Berlin, Deutschland
Tel: +49 30 297 735 79-50, e-mail: a.hermelink@ecofys.com

1. SOLANOVA

SOLANOVA (Solar-supported, integrated eco-efficient renovation of large residential buildings and heat-supply-systems) je prvním projektem „ekobudovy“ ve východní Evropě podporovaný Evropskou komisí, jehož cílem je využít maximálně všech úsporných opatření, která se nabízí jako výsledek zásadní energetické sanace velké obytné budovy. S použitím filozofie pasivních domů v měřítku, které je po dvou letech výzkumů považované za optimální po stránce technické, sociální, ekonomické i ekologické, tak na přelomu léta a podzimu 2005 vznikl v maďarském městě Dunaújváros první sanovaný „3litrový panelák“ v Evropě – osmipatrový panelový dům s obchody a 42 byty. Všechny byty byly jejich obyvateli obývány, takže veškeré stavební úpravy se musely provádět za provozu. Ukázalo se, že dosažená tepelná úspora (na topení i přípravu TUV) > 80% je dostatečná na to, aby se v blízké budoucnosti dal velký podíl energie potřebné pro vytápění a ohřev vody pokrýt ze solárních zdrojů, a to s přijatelnými náklady.

2. Energetický koncept

Před sanací budovy dosahovala spotřeba energie na topení ca. 220 kWh/(m²a). Cílem bylo, aby byla po sanaci bytového domu byla dosažena hodnota jen 25 kWh/(m²a) pro obytná patra a 60 kWh/(m²a) pro obchodní zónu, což přepočteno na průměrnou spotřebu celé budovy představovalo hodnotu ca. 30 kWh/(m²a). Takto bylo možné snížit instalovaný výkon pro vytápění z původních 136 W/m² na pouhých ca. 22 W/m².

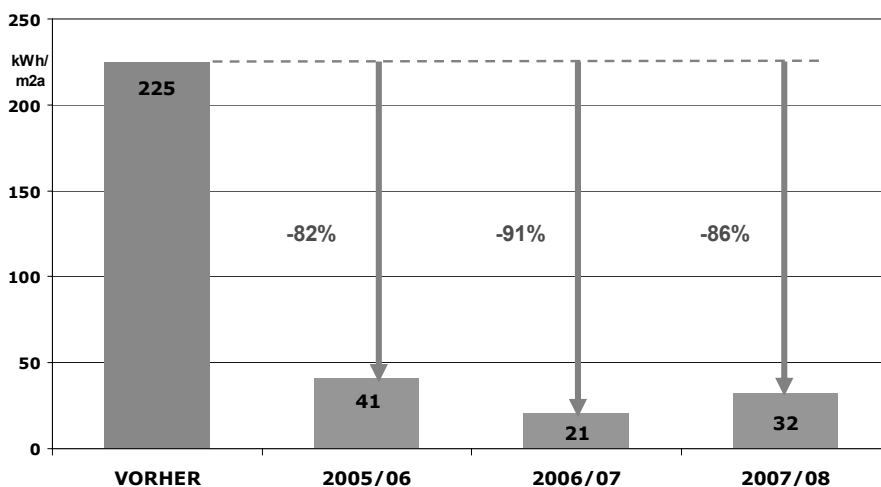
2.1. Plášť budovy

Na venkovní zdi budovy byl nalepen a pomocí hmoždinek připevněn systém tepelné izolace ze 16 cm polystyrenu. Izolace na šikmé střeše má v průměru tloušťku 25 cm. Při upevňování izolace se velká pozornost věnovala zamezení vzniku tepelných mostů – proto byly vnější okenní rámy namontovány tak, aby lícovaly s původní plochou fasády budovy, čímž se dosáhlo řemeslně jednoduchého zpracování tepelné izolace s minimálním počtem tepelných mostů. Samolepící fólie zajišťuje vzduchotěsnost oken.

2.2. Technické vybavení budovy

Požadované energetické úspory si vyžádaly instalaci zařízení pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu z vnitřku domu. Proto bylo analyzováno šest různých variant. Jako nejlepší řešení – zejména kvůli možnosti bezproblémového využití i u jiných projektů – se ukázalo použití malého klimapřístroje pro každý byt s integrovaným vysoce efektivním tepelným výměníkem typu vzduch-vzduch a radiátorem v každé obytné místnosti. Klimapřístroj vysoký jen 20 cm je upevněn ve stropním podhledu v chodbě bytu. Kvůli minimalizaci tepelných ztrát bylo také zredukováno stupačkové potrubí.

3. Výsledky



Od podzimu 2005 je SOLANOVA skutečností – na obr. 1 jsou zachyceny reálně naměřené hodnoty tepelné energie, která se spotřebovala na vytápění bytů na teplotu téměř 25°C!

Tím se stal dům SOLANOVA energeticky nejefektivnější budovou v Maďarsku: relativně malé termické solární zařízení o ploše ca. 72 m² pokrývá zhruba čtvrtinu celkové spotřeby energie na topení a přípravu TUV.

Anketa provedená mezi obyvateli domu po jeho sanaci doložila vysokou míru jejich spokojenosti jak v letním, tak i v zimním období. Celkové čisté náklady na tuto sanaci představovaly ca. 240 €/m² obytné plochy. Design, realizace a evaluace všech poznatků získaných v projektu budovy SOLANOVA je výsledkem společného úsilí mezinárodního projekčního týmu, jehož členy byli mimo jiné i zástupci Univerzity Kassel a Technické a ekonomické univerzity v Budapešti, společnost Internorm International Fenster AG, správce sítí Dunaújváros (Maďarsko), společnost innovaTec Energiesysteme GmbH a institut Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist.

Za tento vskutku průkopnický čin, který připravil cestu pro další sanační záměry ve východní Evropě, byl tento projekt vyznamenán Evropskou solární cenou 2006 a maďarskou cenou Energy Globe 2007, a získal dokonce 3. místo v soutěži International Energy Globe 2007 v kategorii „Země“.

Pasivní domy 2008

4. Pasivní stavby občanského vybavení

Ursula Schneider, Gregor Rauhs

energy BASE – Passivbürogebäude mit Schwerpunkt erneuerbare Energien und Nutzerkomfort 216

energy BASE – pasivní administrativní budova s důrazem na obnovitelné energie a uživatelský komfort 222

Ernst Michael Jordan

B² – das Null.Energie.Büro 228

B² – das Null.Energie.Büro: kancelář s nulovou spotřebou energie 234

Aleš Brotánek

Pasivní mateřská školka ve Slivenci 240

Ludwig Rongen

ZUKUNFTSWEISENDER STÄDTEBAU am Beispiel "Wohnquartier Obertor" in Schmalkalden (Thüringen/Germany), CARITAS-HAUS Neuwerk – Erfahrungsbericht aus dem ersten Altenpflegezentrum im Passivhausstandard in Europa 245

PERSPEKTIVNÍ URBANISMUS na příkladu obytné čtvrti Obertor ve městě Schmalkalden (Durynsko, Německo), CHARITNÍ DŮM v Neuwerku – zpráva o zkušenostech z prvního evropského domova pro seniory ve standardu pasivního domu 254

Kateřina Mertenová

Ukázky pasivního stavění v Horním Rakousku 262

Johannes Kislinger

Gute Luft macht Schule. Macht die Passivhaussanierung Schule? 264

Dobrý vzduch dělá školu – dělá školu i rekonstrukce na pasivní standard? 266

energy BASE – Passivbürogebäude mit Schwerpunkt erneuerbare Energien und Nutzerkomfort

Arch. Dipl. Ing. Ursula Schneider, pos architekten ZT KG

Maria Treu Gasse 3, 1080 Wien

Tel:+43 1 409 52 65, e-mail: office@pos-architecture.com

Dipl. Ing. Gregor Rauhs, WWFF (Wiener Wirtschaftsförderungsfond)

Ebendorferstr. 2, 1010 Wien

Tel: +43 1 4000 86 591, e-mail: rauhs@wwff.gv

Auftraggeber:

WWFF Wiener Wirtschaftsförderungsfonds – Projektentwicklung

BGF: 11 700 m², Nutzfläche: 9200 m²,

Fertigstellung: 2008

Nettoherstellkosten: 12,6 Mio. Euro



1. Features

Die Büroimmobilie ENERGYbase verfolgt einen ganzheitlich nachhaltigen Ansatz: Passivhausstandard, Betrieb mit 100% erneuerbaren Energien und höchsten Nutzerkomfort. Die gefaltete Fassade als Solargenerator, solar cooling, Bauteilaktivierung, Grundwassernutzung und die Luftbefeuchtung mit Pflanzen sind nur einige der Komponenten des ganzheitlichen Konzeptes.

2. Energieeffizienz

80% Energieeinsparung für Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung und alle Hilfsströme verglichen mit einem Standardgebäude gleicher Größe, sowie eine CO₂-Emissionsverringerung von 200 Tonnen pro Jahr.

2.1. *Passivhausstandard*

Mit einem Heizenergiebedarf nach PHPP von nur knapp über 11 kWh/m²,a , und einem Kühlenergiebedarf unter 15 kWh/m²,a ist energy base ein zertifiziertes Passivhaus.

2.2. *Beleuchtung*

65% Energieeinsparung für Beleuchtung, da alle Aufenthaltsräume äußerst großzügig mit Tageslicht versorgt sind. Die energetische Effizienz der Beleuchtung wurde noch deutlich erhöht durch eine tageslichtabhängige Steuerung, präzise Definition der Bereiche mit Arbeitsplatzanforderungen, spezielle (aus dem Kühlhausbau entlehnte) Maßnahmen zur Effizienzsteigerung der Leuchten, und durch eigens dimensionierten Blend und Sonnenschutz.



2.3. *Warmwasserbedarf*

60% Energieeinsparung durch dezentrale Durchlauferhitzern der neuesten Generation mit einer Begrenzung der Wassertemperatur auf 35°.

2.4. *Gesamtbedarf*

ENERGYbase verbraucht für Heizung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Hilfsstrom 25 kWh/m² a an Endenergie, davon werden ca. 20% durch die gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage gedeckt. Aus dem Netz werden daher für den Betrieb des Gebäudes 20 kWh/m²,a Strom aus 100% Wasserkraft bezogen.

3. Ökoeffizienz

3.1. Aussenwände Holzleichtbau

Die Aussenwände und das Dachgeschoss bestehen aus einer Holzleichtbaukonstruktion. Man erreicht dadurch Passivhausstandard mit 31 Zentimeter Wandstärke, wertvollen Nutzflächengewinn, geringen Primärenergieinhalt, vollständige Rückbaubarkeit nach Stoffgruppen.

3.2. Sorgsamer Umgang mit dem Trinkwasser

Die Toilettenspülungen nicht mit Trinkwasser sondern mit Grundwasser betrieben.

3.3. Regenwasser

Alle Dachflächen sind begrünt und stehen damit als Regenwasserretentionsflächen zur Verfügung, das Oberflächenwasser aller Freiflächen wird auf dem Grundstück versickert.

4. 100% Regenerative Energien: Sonne und Grundwasser und Wasserkraft als Energielieferanten

Um den Primärenergiebedarf so gering wie möglich zu halten, wird im ENERGYbase zu 100% auf den Einsatz erneuerbarer Energieträger gesetzt.

4.1. Sonne

ENERGYbase nutzt die Kraft der Sonne 4 fach: 2mal passiv und 2mal aktiv



Die passiven thermisch solaren Gewinne werden direkt den Südräumen und indirekt den Nordräumen zugeführt. Die spezielle Form der gefalteten Fassade bewirkt dabei, dass diese Gewinne nur im Winter anfallen, im Sommer verschattet sich die Fassade zunehmend selbst.

400 m² Photovoltaik-Anlage(ca. 46 kW_{peak}): Sie ist gebäudeintegriert an der Südfassade und liefert jährlich rund 37.000 kWh Solarstrom.

solar cooling mit 285 m² thermischen Kollektoren. Sie werden für die Frischluftkühlung/entfeuchtung (solar cooling) und zur Heizungseinbindung verwendet.

Die spezielle Faltung der Südfassade ermöglicht maximale Energieerträge in den solar aktiven und passiven Komponenten, im Sommer gewährt sie einen ausgezeichneten baulichen Sonnenschutz.



4.2. Grundwasser

Restwärmebedarf und restlicher Kühlbedarf werden mit Grundwasser bereitgestellt, der Wärmebedarf über eine Wärmepumpe, der Kühlbedarf direkt mittels Free-Cooling, beides über die Bauteilaktivierung.

4.3. Wasserkraft

100% Netzstrom aus Wasserkraft deckt den gesamten restlichen Energiebedarf des Gebäudes.

5. Höchste Qualität für den Nutzer

5.1. Thermische Behaglichkeit

Die Verteilung der Wärme und Kälte erfolgt über Bauteilaktivierung. Eine geringe Über/unter temperatur ist ausreichend um das Gebäude ganzjährig höchst komfortabel zu temperieren.

5.2. Hygrischer Komfort durch Pflanzen/Feuchterückgewinnung im Winter, Entfeuchtung im Sommer.

Die Befeuchtung der Zuluft im Winter erfolgt über große Pflanzenpufferräume mit 500 Pflanzen einer speziellen Art des Zyperngrases. Erstmals weltweit konnte eine stundenweise prognostizierte Befeuchtungsleistung jeder einzelnen Pflanze ins Haus-technikkonzept eingebunden werden.

5.3. Optischer Komfort:

ENERGYbase besitzt auf der Südseite offene Gruppenbüros. Der physiologisch wichtige Fernblick ist so innerhalb des Gebäudes möglich.

Auch die Mittelzonen des Gebäudes können so mit Tageslicht versorgt werden. Ge-lichte Lamellen ermöglichen eine maximale Anpassung an die Tageslichtbedingungen.



5.4. Luftqualität, Bauchemikalienmanagement:

Alle verwendeten Baustoffe wurden einer baubiologischen und bauchemischen Prüfung durch einen speziellen Konsumenten unterzogen um eine Innenraumluftqualität höchster Stufe zu gewährleisten.

5.5. Nutzerkomfort- Nutzerinformation

In der Eingangshalle wird einem Monitor Energiedaten und Empfehlungen zum Nutzerverhalten bereitstellen.



energy BASE – pasivní administrativní budova s důrazem na obnovitelné energie a uživatelský komfort

Arch. Dipl. Ing. Ursula Schneider, pos architekten ZT KG

Maria Treu Gasse 3, 1080 Wien

Tel:+43 1 409 52 65, e-mail: office@pos-architecture.com

Dipl. Ing. Gregor Rauhs, WWFF (Wiener Wirtschaftsförderungsfond)

Ebendorferstr. 2, 1010 Wien

Tel: +43 1 4000 86 591, e-mail: rauhs@wwff.gv

Zadavatel:

WWFF Wiener Wirtschaftsförderungsfonds – Projektentwicklung

(Vídeňský fond na podporu hospodářského rozvoje - projekce)

Půdorysná plocha: 11 700 m², užitná plocha: 9200 m²,

dokončení: 2008

čisté výrobní náklady: 12,6 mil. Euro



1. Charakteristika

Administrativní nemovitost ENERGYbase sleduje komplexně perspektivní koncepci: standard pasivního domu, provoz ze 100% pokrytý z obnovitelných energií a s maximálním uživatelským komfortem. Skládaná (lomená) fasáda jako solární generátor, solární chlazení, aktivní stavební konstrukce, využití spodní vody a zvlhčování vzduchu pomocí rostlin jsou jen některé z komponentů celkové koncepce.

2. Energetická účinnost

80% úspory energie na vytápění, chlazení, větrání a osvětlení a všechny pomocné energie vyrobené elektřinou v porovnání se standardní budovou stejné velikosti a rovněž snížení emisí CO₂ o 200 tun za rok.

2.1. Standard pasivního domu

S měrnou potřebou energie na vytápění podle programu PHPP ve výši těsně přes pouhých 11 kWh/m².a a spotřebou energie na chlazení do 15 kWh/m².a je Energy base certifikovaným pasivním domem.

2.2. Osvětlení

65% úspory energie na osvětlení, protože pro všechny pobytové místnosti je velmi velkoryse zabezpečen přívod denního světla. Energetická účinnost osvětlení byla navíc výrazně zvýšena díky systému řízenému v závislosti na denním světle, precizní definici zón s požadavky specifickými pro pracoviště, speciálním opatřením (převzatým z výstavby chladíren) pro zvýšení účinnosti osvětlovacích těles a speciálně dimenzovanému zaclonění a protisluneční ochraně.



2.3. Spotřeba teplé vody

60% úspory energie použitím decentrálních průtokových ohřivačů nejnovější generace s omezením teploty vody na 35°.

2.4. Celková spotřeba

ENERGYbase potřebuje na vytápění, chlazení, větrání, osvětlení a pomocnou elektřinu celkovou energii ve výši 25 kWh/m². a, z toho pokryje cca 20% fotovoltaický systém integrovaný ve stavbě. Ze sítě se proto bude odebírat na provoz budovy 20 kWh/m².a elektřiny pokryté ze 100% vodní energií.

3. Ekologická účinnost

3.1. Vnější stěny jako lehká dřevostavba

Vnější stěny a podkroví sestávají z lehké dřevěné konstrukce. Tím lze dosáhnout standardu pasivního domu s tloušťkou stěny 31 cm, cenného zvýšení užité plochy, snížení vynaložené primární energie (obsah PE), úplné zpětné demontovatelnosti podle skupin materiálů.

3.2. Obezřetné hospodaření s pitnou vodou

Splachování na WC nepoužívá pitnou, nýbrž spodní vodu.

3.3. Dešťová voda

Všechny střešní plochy jsou ozeleněné a tím jsou k dispozici jako plochy pro zadržení dešťové vody, povrchové vody ze všech volných ploch se vsakují na pozemku.

4. 100% regenerativní energie: slunce, spodní voda a vodní energie jako dodavatelé energie

Aby bylo možno udržet potřebu primární energie pokud možno minimální, sází se ve stavbě ENERGYbase ze 100% na použití obnovitelných energonositelů.

4.1. Slunce

ENERGYbase využívá energii slunce čtyřikrát: dvakrát pasivně a dvakrát aktivně



Pasivní tepelné zisky ze slunečního záření se přivádějí přímo do jižních místností a nepřímě do severních místností. Speciální tvar skládané fasády přitom způsobuje, že tyto zisky vznikají jen v zimě, v létě se fasáda samočinně postupně zastíní.

Fotovoltaický systém o ploše 400 m² (cca 46 kW_{peak}): je integrován ve stavbě na jižní fasádě a ročně dodává kolem 37.000 kWh solární elektřiny.

Solární chladič systém s tepelnými kolektory o ploše 285 m². Používají se pro chlazení a odvlhčování čerstvého vzduchu (solární chlazení) a k zajištění návaznosti na vytápění.

Speciální skládaný tvar jižní fasády umožňuje maximální energetický přínos solárních aktivních i pasivních komponentů, v létě zaručuje vynikající stavební protisluneční ochranu.



4.2. Spodní voda

Potřeba zbytkového tepla a zbývající potřeba energie na chlazení se pokrývá pomocí spodní vody, potřeba tepla se pokrývá pomocí tepelného čerpadla, potřeba chlazení přímo pomocí integrovaného volného chlazení systému "free-cooling", obojí pomocí termoaktivního systému stavebních prvků (aktivace betonového jádra).

4.3. Vodní energie

Elektřina ze sítě získávaná ze 100% z vodní energie pokrývá celkovou zbývající energetickou potřebu budovy.

5. Maximální kvalita pro uživatele

5.1. Tepelná pohoda

Distribuce tepla a chladu probíhá pomocí termoaktivního systému. Nepatrné kolísání teploty nad a pod požadovanou hodnotu je postačující a budova tak může být celoročně temperována s maximálním komfortem.

5.2. Hygrický komfort pomocí zpětného získávání vlhkosti prostřednictvím rostlin v zimě, odvlhčování v létě.

Zvlhčování přívodního vzduchu probíhá pomocí tzv. zelených akumulátorů – velkých prostor s rostlinami dodávajícími vlhkost - 500 rostlin speciálního druhu africké travi-ny šáchor střídavolistý - *Cyperus alternifolius*. Poprvé na světě bylo možno do návrhu technického vybavení budov zahrnout zvlhčovací výkon každé jednotlivé rostliny s prognózou v přesnosti na jednu hodinu.

5.3. Optický komfort:

ENERGYbase má na jižní straně otevřené sdružené kanceláře. Uvnitř budovy je tak umožněn fyziologicky důležitý pohled do dálky.

Tímto způsobem je možno zajistit přívod denního světla i do zón uprostřed budovy. Děrované lamely umožňují maximální přizpůsobení podmínkám denního světla.



5.4. Kvalita vzduchu, hospodaření se stavebními chemikáliemi:

Všechny použité stavební materiály byly podrobeny zkoušce z hlediska stavební biologie a stavební chemie provedené speciálním znalcem, aby byla zaručena kvalita vzduchu v interiéru maximálního stupně.

5.5. Uživatelský komfort - uživatelské informace

Ve vstupní hale je k dispozici monitor s energetickými údaji a radami pro uživatele.



B² – das Null.Energie.Büro

BM Ing. Ernst Michael Jordan MAS, JORDAN [architektur&energie]

Am Hartfeld 8, A-4300 St. Valentin

Tel: +43-7435-58706, e-mail: office@jordan-solar.at

1. Wie alles kam...

Es begann mit einer Katastrophe: am 24. Dezember 2006 war das alte Büro des Atelier Jordan durch von oben eindringendes Wasser fast vollständig zerstört worden. Die gesamte Einrichtung, weite Teile der EDV und auch ein großer Teil des Archives war verloren. Und eben auch das Büro an sich. Die Suche nach alternativen Räumlichkeiten auf dem Immobilienmarkt der Stadt war schnell erledigt. Mit dem Ergebnis, dass keines der angebotenen Büros auch nur annähernd die Anforderungen erfüllen könnte.

Am Abend des 31. Dezember entstand daher die erste Skizze, wie denn ein maßgeschneidertes Büro aussehen könnte. Nach erfolgreicher Grundstückssuche konnte am 6. Februar 2007 der endgültige Baubeschluss gefasst, innerhalb von fünf Wochen die Einreichplanung abgeschlossen und schließlich am 26. April 2007 mit dem Bau begonnen werden.

Nach 56 Arbeitstagen war das Büro bezugsfertig, und genau am Freitag, dem 13. Juli 2007 fand die Übersiedelung statt.

2. Das Projekt

Angesichts der Tatsache, dass sich das Atelier Jordan seit Jahren der Entwicklung von Passivhäusern verschrieben hat, war es nur logisch, dass der Neubau des eigenen Büros diesen Standard jedenfalls erreichen musste.

Das neue Bürogebäude mit einer Nett Nutzfläche von ca. 230m² erfüllt diese Anforderungen und geht noch weiter.

Der Entwurf basiert auf einer für die spezielle Situation des Architekturbüros optimierten Arbeitsplatz- Gestaltung. Der „ideale Arbeitsplatz“ entspricht in diesem Fall einem Quadrat mit 250cm Seitenlänge. Dieses Quadrat wurde daher auch namensgebend für das gesamte Projekt: B²! Das Büro-Quadrat.

Selbstverständlich ist die geometrisch optimierte Gebäudehülle in Passivhausstandard errichtet:

- Stahlbeton-Fundamentplatte liegt auf 60 cm Glasschaumschotter (U-Wert 0,11 W/m²K)
- Außenwände in Holzrahmenbauweise, mit ca. 40 cm Zellulose gedämmt (U-Werte 0,10 W/m²K), und mit Holz bzw. Melaminharzplatten verkleidet.
- Oberste Geschossdecke aus Holzsystemträgern ist mit rd. 50 cm Zellulose gedämmt (U-Wert 0,09 W/m²K). Das Flachdach wurde mit einer EPDM-Folie abgedichtet.

- PHI- Zertifizierte Fenster (Holz- Alu) mit gedämmten Rahmen und Drei- Scheiben- Verglasung (U-Wert ca. $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Erdgeschoß und Obergeschoß sind haustechnisch vollkommen getrennt, um größtmögliche Freiheit in der Nutzung zu erreichen.

Im Büro, das sich im Obergeschoß des Hauses befindet, wurden über ca. 15% der Deckenfläche wassergeführte Heizelemente angebracht, die von der Erdreich-Wärmepumpe mit Energie versorgt werden. Diese Heizung ist vor allem an Wochenenden erforderlich, wenn die Computer ausgeschaltet sind. Denn durch den Betrieb von 5-6 PC zusammen mit der Abwärme von Drucker, Kühlschrank und Beleuchtung wird über weite Strecken das Büro ohne Zuhilfenahme der Wärmepumpe ausreichend warm.

Durch eine simple Schaltung kann im Sommer diese Fläche direkt mit dem von der Erde auf ca. 18°C gekühlten Medium durchspült werden. Auf diese Weise wird erreicht, dass die kühle Decke das Büro auf angenehmen Temperaturen hält.

Die kontrollierte Lüftung mit einem hocheffizienten Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher wird ebenfalls bei Bedarf über ein Erdreich- Soleregister konditioniert: im Winter wird die Frischluft erwärmt, im Sommer durch den selben Kreislauf gekühlt. So konnte im Winter bei -10°C Aussenlufttemperatur die Frischluft auf ca. $+4^\circ\text{C}$ erwärmt werden. Der selbe Wärmetauscher kühlt im Sommer die Zuluft von 30°C auf etwa 22°C herunter. Dazu ist lediglich der Betrieb einer Umwälzpumpe erforderlich, welche die Überwärme ins Erdreich verlagert; die Kühlung erfordert keine sonstige elektrische Energie. Und der Erfolg ist spürbar: trotz Aussentemperaturen von 34°C steigt im Sommer die Innentemperatur nicht über 27°C .

Das Erdgeschoß wurde ein Seminarraum eingerichtet, der nur temporär genutzt wird. Daher ist keine konventionelle Heizung eingebaut. Das kann im Winter bei fehlender Sonneneinstrahlung dazu führen, dass die Raumtemperatur auf ca. 17°C absinkt. Für das Aufheizen des Raumes vor dessen Benutzung kann aber mit einem Bio-Ethanol- Ofen ohne Probleme das Auslangen gefunden werden. Sobald die Seminarteilnehmer anwesend sind, halten diese mit ihrer Körperwärme den Raum auf angenehmer Temperatur. Selbstverständlich ist auch im Erdgeschoß eine Lüftungsanlage mit Kreuz-Gegenstrom-Wärmetauscher installiert, die den Raum mit frischer Luft versorgt.

Die Summe dieser Maßnahmen ergibt eine rechnerische Energiekennzahl von von $12 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (PHPP) und eine Heizlast von $11,5 \text{ W/m}^2$.

3. Der Energieverbrauch: 6500 kWh/a

Die aktuelle Messung des gesamten Energieverbrauches im ersten Betriebsjahr ergibt in Summe 6.500 kWh Strom. In dieser Summe sind alle elektrischen Verbraucher enthalten, die im Haus installiert sind.

Im Einzelnen kann mit den folgenden Näherungsrechnungen folgende Bilanz gezogen werden:

Im gesamten Jahreslauf sind für die Bereitstellung von Raumwärme ca. 3000 kWh/a erforderlich; bei einer vorsichtig angenommenen Gesamt-Jahresarbeitszahl des Wärmepumpen-Systems von 3 ergibt sich ein totaler Strombedarf von ca. 1000 kWh/a für Raumwärme und sommerliche Kühlung.

Bei der Bilanzierung zeigt sich, dass die Computer den größten Teil der Energie benötigen. Der errechnete Verbrauch dafür liegt bei ca. 4800 kWh/a. Hier liegt für die Zukunft das größte Einsparungspotential. Die derzeit eingesetzten Rechner sind handelsübliche Intel-PC. Wenn diese in den nächsten Jahren zu ersetzen sind, werden sie durch energiesparende Modelle, die demnächst marktreif und verfügbar sind ausgetauscht. Aus ökonomischen Gründen muss aber das „natürliche Ableben“ der Geräte abgewartet werden...

Hier liegt jedenfalls ein Einsparungspotential von wenigstens 30% - womit der jährliche Energieverbrauch auf etwa 3.300 kWh gesenkt werden kann.

Es verbleibt ein vergleichsweise kleiner Rest für Kleinabnehmer (ca. 300 kWh für Espresso-Maschine, Geschirrspüler, Beschallung...) und Beleuchtung (ca. 400 kWh). Erreicht wird dies durch konsequent umgesetzte Energiesparmaßnahmen auch im elektrischen Bereich:

- Helligkeitsmessung an den Arbeitsplätzen regelt die Beleuchtung automatisch
- An unbesetzten Arbeitsplätzen wird das Licht durch das Computer-System abgeschaltet
- Dass ausschließlich Energiesparlampen eingesetzt werden versteht sich von selbst.

Der aktuelle Gesamtenergieverbrauch liegt wie bereits dargestellt bei ca. 6.500 kWh/a. Wenn die Umstellung der CAD-Anlage abgeschlossen ist, kann schließlich mit einer Einsparung von bis zu 1.500 kWh/a gerechnet werden. So ist ohne weitere Kosten mittelfristig ein Gesamtenergieverbrauch von rd. 5.000-5.500 kWh/a erreichbar.

4. Der Energiegewinn: 5700 kWh/a – durch Photovoltaik

Um in der Jahresbilanz die verbrauchte Menge an Strom selbst produzieren zu können, wurde an der Südfassade eine Photovoltaikanlage montiert. Sie ist so platziert, dass sie die Fenster im Obergeschoß während der Sommermonate vollständig beschattet und so den Energieeintrag über die Fenster und die Fassade verringert. Gleichzeitig wird der so erzeugte Strom ins öffentliche Netz eingespeist.

Die Summe der gewonnenen Energie wird im Jahrestotal etwa 5700 kWh elektrischen Strom ergeben.

Die jährliche Energiebilanz wird somit nahe Null liegen – und damit einen neuen Standard definieren.

5. Die Kosten

Angesichts der erreichten Qualitäten würde man entsprechend hohen Baukosten erwarten. Doch weit gefehlt: Durch konsequente Planung und ebenso konsequenten Verzicht auf modische, aber teure und unnötige Accessoires wie Fassaden- Vollverglasungen und Kühlanlagen, ohne jedoch die Ansprüche an die technische und ästhetische Qualität aufzugeben konnten die Kosten innerhalb des engen budgetären Rahmens gehalten werden.

Einschließlich der Photovoltaikanlage betragen die Netto- Bauwerkskosten (ohne Einrichtung, Aussenanlagen, Honorare, ohne Umsatzsteuer) circa 1.280 Euro/m² Nettonutzfläche Die gesamten Errichtungskosten (einschließlich Einrichtung, Honorare und Außenanlagen, ohne EDV, ohne Steuern und Abgaben) liegen – wiederum inklusive der PV-Anlage – bei circa 1.790 Euro/m² Nettonutzfläche. Wobei allein die Photovoltaikanlage einen Anteil von ca. 120 Euro/m² ausmachen.

Die Wirtschaftlichkeit des Hauses an sich ergibt sich schon allein aus der Tatsache, dass jedes gewöhnliche Mietobjekt ähnliche Mietkosten verursacht hätte als die Finanzierung des eigenen NullEnergieBüros ausmacht. Die Photovoltaikanlage wird zur Zeit in Niederösterreich mit einem erhöhten Einspeisetarif für den produzierten Strom gefördert. Auf diese Weise ergibt sich bei der auf die PV fokussierten Rechnung eine Amortisationszeit von rund 14 Jahren, was in etwa der halben Lebensdauer der Module entspricht.

6. Fazit

B² - das **NullEnergieBüro** kann daher als die Quadratur des BüroKreises gesehen werden, das die Standards neu definiert.

Wenngleich die aktuellen Messwerte das Ziel etwas verfehlen, können die Ursachen klar festgemacht werden: die PC-Ausstattung ist derzeit noch ineffizient; neue auf dem Markt bereits verfügbare Computer sind wesentlich energiesparender und können ohne weiteres den Stromverbrauch um 30% senken. Allein dieser Punkt übersteigt die Zielwerte. Im Endausbau – nach Austausch der CAD- Anlage – ist mit einem Jahresenergieverbrauch von rd. 5.500 kWh/a zu rechnen – und wird damit die Vorgabe erreicht, dass die PV- Anlage mehr Strom liefert, als im Haus verbraucht wird.

Jedenfalls aber sollte mit dem Mythos aufgeräumt sein, dass energieeffizientes Bauen teuer und für den Klein- und Mittelbetriebe nicht wirtschaftlich sei. Und das Wort „Amortisation“ kann getrost aus dem Sprachschatz gestrichen werden.

7. Bilder



Abb. 1 SüdWest- Ansicht



Abb. 2 Südostansicht



Abb. 3 + 4: Südost-Detail + Eingang



Abb. 5 Konstruktionsbüro

B² – das Null.Energie.Büro: kancelář s nulovou spotřebou energie

BM Ing. Ernst Michael JORDAN MAS, JORDAN [architektur&energie]

Am Hartfeld 8, A-4300 St. Valentin

Tel: +43-7435-58706, e-mail: office@jordan-solar.at

1. Jak všechno začalo...

Všechno začalo katastrofou: 24. prosince 2006 byly původní kancelářské prostory Ateliéru Jordan prakticky úplně zničeny vodou, která zatekla shora. Nenávratně ztraceno bylo veškeré zařízení ateliéru, větší část výpočetní techniky a taky velká část archívu. A samozřejmě byly zničeny i vlastní prostory kanceláří. Hledání alternativních prostor na místním trhu s nemovitostmi bylo rychle skončeno – s výsledkem, že žádná z nabízených kancelářských prostor nesplňovala ani přibližně požadavky pracovníků ateliéru.

V podvečer 31. prosince tak vznikla první představa o tom, jak by měla vypadat nová „kancelář na míru“. Po úspěšném hledání vhodného pozemku bylo 6. února s konečnou platností rozhodnuto o stavbě, během pěti týdnů byl dokončen předkládací projekt a 26. dubna 2007 se začalo s vlastní stavbou.

Po 56 pracovních dnech byly nové kancelářské prostory připraveny k nastěhování – ke kterému došlo přesně v pátek 13. července 2007.

2. Projekt

Protože se Ateliér Jordan již roky zabývá vývojem pasivních domů, byl požadavek, aby také nové kancelářské prostory tento standard splňovaly, jen naprosto logickým vyústěním již prvních úvah o budoucí stavbě.

Nová kancelářská budova s čistou užitnou plochou o velikosti ca. 230m² tyto požadavky splňuje a dokonce překračuje.

Návrh byl založen na představě o optimální podobě budoucího pracoviště, kdy bylo nutno zohlednit určitá specifika architektonických kanceláří. V tomto případě vypadá „ideální pracoviště“ jako čtverec o velikosti hrany 250 cm. A právě tento čtverec tak propůjčil název celému projektu, který nesl název B²! Das Büro-Quadrat.

Samozřejmě byl plášť budovy s geometricky optimálními rozměry vytvořen ve standardu pasivních domů:

- Základová deska ze železobetonu byla uložena na vrstvě granulátu ze skleněné pěny (60 cm), U-hodnota 0,11 W/m²K.
- Konstrukci venkovní zdi tvoří dřevěný rám se 40 cm tepelné izolace z celulózy ((U-hodnota 0,10 W/m²K), obložený dřevěnými deskami nebo deskami z melaminové pryskyřice.

- Strop nejvyššího podlaží z dřevěných systémových trámů byl zateplen ca. 50 cm celulózou (U-hodnota 0,09 W/m²K). Na izolaci ploché střechy byla použita hydroizolační fólie z EPDM.
- Byla použita dřevěno-hliníková okna s certifikátem institutu PHI (*Passivhausinstitut = Institut pasivních domů*), izolovaným rámem a trojitým sklem (U-hodnota ca. 0,8 W/m²K).

Přízemí a horní patro jsou od sebe po technické stránce zcela odděleny, což nabízí maximální volnost při využívání těchto prostor.

V kancelářských prostorech umístěných v horním patře budovy byla na více než 15% plochy stropu instalována desková topná tělesa na vodu, která jsou zásobována tepelným čerpadlem umístěným v zemi. Toto topení se uplatňuje hlavně o víkendech, když nebudou počítače a kancelářská technika je vypnutá, protože přes týden postačuje teplo vznikající provozem 5 – 6 počítačů spolu s tiskárnou, ledničkou a osvětlením na vytopení prakticky všech kancelářských prostor i bez tohoto tepelného čerpadla.

V létě lze tuto plochu jednoduchým přepnutím ochlazovat na teplotu ca. 18°C pomocí média dodávaného ze země. Takto ochlazovaný strop zaručuje příjemnou teplotu v kanceláři i v horkých letních dnech.

Kontrolované větrání s pomocí vysoce účinného křížového protiproudového tepelného výměníku je v případě potřeby rovněž regulováno přes registr v zemi: v zimě se čerstvý vzduch ohřívá, v létě se ve stejném oběhu naopak ochlazuje. V zimě tak bylo možné ohřívát čerstvý vzduch z venkovní teploty -10°C na ca. +4°C. V létě ochlazuje stejný tepelný výměník přiváděný vzduch o teplotě ca. 30°C na příjemných 22°C. k tomu je zapotřebí pouze provoz jednoho čerpadla, které odvádí nadbytečné teplo do země. Chlazení nevyžaduje již žádnou další elektrickou energii. A úspěch je citelný: i přes venkovní teploty kolem 34°C nestoupne v létě teplota nikdy nad 27°C.

V přízemí objektu byla zřízena seminární místnost, která je využívána jen příležitostně. Proto zde nebylo nainstalováno ani žádné konvenční topení. Tak může teplota v místnosti poklesnout v zimním období, kdy nesvítí slunce, až na ca. 17°C. V případě potřeby se k vytopení místnosti na příjemnou teplotu používají kamna na bioetanol. Další vytápění pak převezmou sami účastníci semináře, kteří potřebnou teplotu v místnosti udržují svým vlastním tělesným teplem. Samozřejmě bylo i v přízemí nainstalováno větrání s křížovým protiproudovým tepelným výměníkem, které místnost zásobuje čerstvým vzduchem.

Ve svém součtu zaručují všechna tato opatření dosažení výpočetní hodnoty 12 kWh/m²a (podle parametrů PHPP = *balíček parametrů pro pasivní domy*) při tepelné zátěži 11,5 W/m².

3. Spotřeba energie: 6500 kWh/a

Aktuální měření celkové spotřeby energie během prvního roku provozu prokázala spotřebu 6.500 kWh elektrického proudu. V tomto součtu jsou zahrnuty všechny elektrické spotřebiče nainstalované v budově.

Na základě přibližných výpočtů lze sestavit následující bilanci:

Na vytápění všech místností v budově se spotřebuje ca. 3000 kWh za rok. Při opatrně počítané celkové době provozu tepelných čerpadel během jednoho roku tak dostaneme celkovou spotřebu elektrického proudu ve výši ca. 1000 kWh/a, která je nutná na zimní vytápění nebo na letní ochlazování místností.

Při bilancování se ukázalo, že nejvíc energie spotřebují počítače, u nichž byla spotřeba vypočtena na ca. 4800 kWh/a. Zde se taky do budoucna skrývá největší potenciál pro úspory. U dnes používaných počítačů se jedná o běžný typ Intel-PC. Jestliže budou tyto počítače v následujících letech dosluhovat, nahradí je energeticky úsporné modely, které budou v brzké době běžně v prodeji. Z ekonomických důvodů se však musí vyčkat, až tyto přístroje doslouží a „odejdou“ přirozenou cestou...

Zde se však nabízí potenciál pro úspory ve výši alespoň 30% - tím by se podařilo snížit roční spotřebu energie na ca. 3.300 kWh.

Pak už zbývá jen poměrně malý zbytek, který se dělí mezi malé spotřebiče (ca. 300 kWh pro kávovary, myčku na nádobí, zvukovou techniku) a osvětlení místností (ca. 400 kWh). Těchto nízkých hodnot se podařilo dosáhnout díky důsledně uplatňovaným úsporným opatřením:

- osvětlení pracovišť je regulováno automaticky pomocí měření jasu
- počítačem řízený systém vypíná automaticky světlo na všech neobsazených pracovištích
- samozřejmostí je důsledné používání energeticky úsporných žárovek.

Aktuální celková spotřeba energie je (jak již bylo zmíněno) ca. 6.500 kWh/a. Po kompletní výměně CAD se počítá s další úsporou až 1.500 kWh/a. Ve střednědobém horizontu se tak bude dát bez dalších nákladů dosáhnout celkové spotřeby jen 5.000 – 5.500 kWh/a.

4. Energetické zisky: 5700 kWh/a – díky solární energii

Na jižní fasádě budovy bylo nainstalováno solární zařízení, které vyrábí elektrický proud pro vlastní spotřebu objektu. Toto zařízení je umístěno tak, že v letních měsících zcela zastíňuje okna horního patra a omezuje tak množství tepla, které do budovy prostupuje okny a fasádou. Vyráběná elektrická energie se dodává do veřejné sítě.

Celoročně se tak vyrobí ca. 5 700 kWh elektrické energie.

Roční energetická bilance se blíží nule – a definuje tak i nový standard.

5. Náklady

Při pohledu na dosaženou kvalitu se již automaticky počítá s vysokými stavebními náklady. Ale pravda je zcela jiná: díky důslednému plánování a stejně tak důslednému odmítnutí všech módních a současně i drahých a zbytečných prvků, jako je celoplošné zasklení fasády nebo chladící zařízení, se podařilo udržet náklady v přesně vymezeném rámci bez toho, že by bylo nutné dělat ústupky v oblasti techniky nebo estetiky.

Včetně zařízení na solární energii představovaly čisté náklady na stavbu (bez zařízení, venkovních úprav, honorářů, bez DPH) ca. 1.280 EUR/m² čisté užitné plochy. Celkové pořizovací náklady (včetně zařízení, honorářů a venkovních úprav, bez výpočetní techniky, bez daní a poplatků) dosáhly – opět včetně fotovoltaiky – ca. 1.790 EUR/m² čisté užitné plochy, přičemž fotovoltaiky se na těchto nákladech podílela ca. 120 EUR/m².

Hospodárnost celé budovy je doložena už jen na základě skutečnosti, že v jakémkoli průměrném nájemním objektu by náklady na nájemném dosahovaly srovnatelné částky, kterou tak ateliér mohl vynaložit na výstavbu vlastních prostor s nulovou spotřebou energie. V Dolním Rakousku je v současné době podporováno zřizování solárních zařízení vyšším tarifem za takto vyrobenou elektrickou energii dodanou do veřejné sítě. Díky tomu se celé zařízení amortizuje během ca. 14 let, což odpovídá polovině životnosti použitých modulů.

6. Závěr

B² - **NullEnergieBüro**, tedy kancelář s nulovou spotřebou energie, je tak vlastně kvadraturou „kancelářského“ kruhu, na jejímž základě se dají definovat nové standardy výstavby.

Aktuálně naměřené hodnoty sice ne zcela dosahují původního cíle, ale důvod je zcela zřejmý: v současnosti používaná výpočetní technika je po energetické stránce neefektivní; nová výpočetní technika, která je již dnes na trhu, je energeticky podstatně úspornější – díky ní se bez problému podaří snížit spotřebu elektrické energie o dalších 30 %. Už jen díky tomu budou původní cíle na úsporu energie překročeny. Po kompletní výměně CAD lze počítat s roční spotřebou elektrické energie ve výši ca. 5.500 kWh/a – čímž bude splněn i požadavek, podle něhož by solární zařízení mělo dodávat více energie, než kolik jí spotřebuje samotná budova.

V každém případě je však velice důležité, aby se konečně odstranily předsudky, podle nichž je energeticky úsporná výstavba pro malé a střední firmy nevhodná. A pojem „amortizace“ můžeme z našeho slovníku klidně škrtnout.

7. Obrázky



Obr. 1 Jihozápadní pohled



Obr. 2 Jihovýchodní pohled



Obr. 3 Jihozápadní pohled



Obr. 4 Pohled na vstup



Obr. 5 Kanceláře

Pasivní mateřská školka ve Slivenci

Akad.arch. Aleš Brotánek, AB designSTUDIO

Sedlice 65, 262 42 Rožmitál p.Tř.

Tel: 603223851, e-mail: abrotanek@volny.cz

1. Pasivní koncept v éře nemocných budov

1.1. Kořeny plýtvání energiemi u veřejných staveb

Spotřeba energie veřejných budov (včetně mateřských školek) je dodnes jen výjimečně ústředním předmětem zájmů obcí, státu a tím méně projektantů, neboť jejich provoz je hrazen ze společných (neadresných) prostředků a je jen vzácně cítit jako problém s adresnou odpovědností. I developersky stavěné administrativní budovy ten problém neřeší, neboť developer má zájem postavit co nejrychleji s nejnižšími investičními náklady i problémy. A provozní prostředky? Ty jej netíží, ty musí hradit uživatel. A pokud jde o firmy, tak ty je okamžitě utopí v režijních nákladech do odpisů - daňově nejvýhodnější je plýtvat! A to i přesto, že jde vesměs o typy budov (školy, školky, nemocnice, administrativa, ubytovací provozy atp...), které jsou ideální pro realizaci v pasivním standardu. Ale navyklé stereotypy stavebních technologií již od 60.let přispívají dále ke zvyšování spotřeby energií, čím větší jsou nároky na komfort a touha ignorovat logiku formy, obsahu i místa, touha poroučet slunci, větru, mrazu atd.. .

Kde je provozně technický kořen tohoto stavu?

Zavěšené podhledy, dvojité podlahy, lehké montované příčky odtrhávají prostorový vzduch od hmoty budovy a vytvářejí citlivé prostředí na změnu provozních podmínek, přestože jsou většinou z masivního betonu.

Nároky zajistit celoročně stabilní pohodlí vnitřního klimatu nezávisle na proměnách střeoevropského počasí i slunečních toků energií.

Zároveň touha použít na budovy ze všech světových stran velkoryse zasklené transparentní obaly porušující hranice mezi vně a uvnitř.

K tomu prudká dynamika provozu budovy, do které může během krátké doby vstoupit stovky nebo i tisíce osob pracujících s počítači, zařízeními, umělým osvětlením (čili velkými vnitřními zisky) způsobuje, že je jen sotva několik dnů, ve kterých není ani vytápěna ani chlazená. Naopak přibývá dní, během kterých vnitřní zisky a měnící se intenzita provozu i oslunění způsobuje potřebu plynulého přecházení topení v chlazení v průběhu jednoho dne na různých místech jedné budovy různě.

K čemu to vede?

K přijetí většího nebo menšího diskomfortu pobytu v budově i následných zdravotních komplikací z toho plynoucích.

Nebo k používání komplikovanějších a ještě rozsáhlejších systémů, kde termický a vizuální komfort v pobytových místnostech se snaží silově zajistit rozsáhlé technické

vybavením budov (*TZB pak zabírá 20 i 30 % objemu stavebního díla*) pro vytápění, větrání, klimatizaci a osvětlení spolu s komunikační, regulační a řídicí výpočetní technikou srovnatelnou se systémy na vedení hvězdných válek.

Realita je vždy někde mezi a nazývá se **problémy nemocných budov**. Pro dokreslení, prosklená fasáda 1m² plochy od parapetu k podlaze z potřeb na osvětlení má prakticky hodnotu nula a nejedná se tedy o okno, ale o stěnu, která tím nesplňuje požadavky tepelné ochrany a podílí se na zbytečných ztrátách v zimním období. Naopak z hlediska zisků může znamenat až 1,5kW/h příkonu který je třeba z budovy odvést klimatizací=tříkrát energeticky náročněji než při vytápění. Pokud to vůbec technicky lze zajistit, málokdy s ohledem na dodržení hygienických požadavků a tudíž osoby nalézající se v prostředí s velkými rozdíly teplot musejí trpět řadou zdravotních obtíží, nebo jsou vystaveny vysokým teplotám a snižují pracovní výkon.

Tento stav je právem noční můrou pracovníků hygieny, kde se plnění jejich norem nutně jen předstírá.

1.2. Návrh pasivní školky ve Slivenci

Problémem není jak navrhnout, ale jak prosadit.

Do tohoto stavu věci přišel nečekaně požadavek starostky ze Slivence navrhnout ke škole přístavbu pasivní mateřské školky a doplnit školu o tělocvičnu pro tuto městskou část rozumně, ekologicky. Z logiky potřeb i prostoru pozemku vyplynulo vytvoření komplexu školky a tělocvičny propojeného vstupním foyer s původní budovou školy.

Vlastní školka pro 100 dětí představuje čtyři samostatná oddělení zásobované z kuchyně dováženými obědy. Oddělení jsou orientovaná ve dvou patrech do zahrady na západ s výstupy na terén i pavlače kryté přesahem zelené střechy, který vytváří venkovní chráněný herní prostor i ochranu proti letnímu přehřívání. Vzhledem k tomu, že nová požární norma u školských zařízení neumožňuje použití dřevostavby, jde o nosný železobetonový skelet založený na šterku z pěnového skla opláštěný (optimálně) prefabrikovanými, ve výrobní hale předpřipravenými lehkými panely z I nosníků, s difúzně otevřenou skladbou (300 mm foukané celulózy jako izolace, dřevovláknitá deska napovrchu a z interiéru instalační mezera vyplněná stříkanou celulózou=celkem 400mm izolace). Z požárních důvodů bude vnější povrch obložený nehořlavým obkladem. Ze strany interiéru se předpokládá 50 mm hliněné omítky, to znamená vrstvu, která reguluje vnitřní tepelnou stabilitu i vlhkost prostředí. Každé oddělení má svou rekuperační větrací jednotku zabezpečující hygienickou výměnu vzduchu dle hygienických požadavků. Tím je umožněn racionální provoz školky dle časového vytížení počtu dětí buď všech čtyř nebo i jen jednoho oddělení.

Nadržené obavy hygieniků

Takto zastupitelstvem schválená studie započala kolečko pro územní řízení a až na drobné dílčí potíže (hlavně u hasičského záchranného sboru) došlo na několik měsíců k zablokování ze strany odboru Hygieny dětí a mladistvých.

Nedůvěra a zkreslené představy o PD chrlily lavinu předsudků a obav, která vypadala chvílemi beznadějně a neuchopitelně. Při prvním jednání nás v úvodu přivítala věta „doufáme že se nikdy žádná pasivní školka nepostaví! Nedovolíme ohrozit zdraví dětí pobytem v budově z nuceným větráním a neotevíravými okny! Bude se přehřívat, když je tam moc izolace! Ohrožovat je bude legionella, nucené větrání bude dělat průvan! Aby tam byl dostatek tepla když se topí málo! Povrchová teplota musí splňovat normové požadavky, větrat školku chceme postě přirozeně i umývárnu, šetřit energií na dětech? To ne, šetřete jinde! A vůbec, znáte problémy nemocných budov!“ atp.

Následovalo několik měsíců diplomatického vysvětlování, třeba že stavba má i otevíravá okna (jen ne všechna) a vyvracet věcné argumenty. Vypracovávání hlukové studie provozu stavby včetně doložení, že děti z MŠ nebudou svým působením (křik dětí) ohrožovat třístametřů vzdálené RD a hlukovou studii výstavby včetně výpočtu hluku použitého konkrétního náradí, mechanizace a techniky patřilo ve fázi ÚR podle mne obstrukcím včetně čekání na výslovné potvrzení, že na stavbu, která sníží produkci CO² i ostatní emise školy proti původně projektovaným kapacitám kotelny i díky použití slunečních termických kolektorů k ohřevu teplé užitkové vody, nebude třeba zpracovávat hodnocení EIA. Jednalo se i o vyjasňování pojmů toho, na co má hygiena ještě právo a co je nad rámec jejich kompetencí, jak je vidět z korespondence s autorem vzduchotechniky.

Dobrý den pane Brotánek

Hygiena to z vyhlášky 410/2005 opsala špatně. Tam je napsáno ... musí být přímo větratelná; tzn. u vzduchotechniky vyhláška k umyvárnám stanoví, že umyvárna má být větratelná. Což znamená, že můžeme větrat přirozeně nebo také samočinně, ale můžeme větrat také nuceně (tj. pomocí ventilátorů). Vzhledem k tomu, že si hygiena neřekla (a také nemůže říct, protože jí to vyhláška nedovoluje), který z těchto "systémů" máme použít, pak je to na nás. A protože my chceme šetřit tepelnou energií a nechceme či nemůžeme větrat vůči nevytápěnému foyer, pak použijeme systém nuceného větrání tj. pomocí ventilátorů. Tento systém se běžně používá pro všechny vnitřní prostory bez možností přirozeného větrání. A aby se nešířily pachy z umyvárny (a jiných hygienických zařízení), pak je toto naše nucené větrání podtlakové.

Ještě mne zaráží, že hygiena požaduje doložení ve stavební části, že teplota povrchu stěn není podstatně rozdílná od teploty vzduchu. Oni zřejmě vůbec netuší kam směřuje současná výstavba s nízkoenergetickými a pasivními stavbami a jaký to má vliv na povrchovou teplotu stěn.

Přeji také pěkný den! Zdeněk Zikán

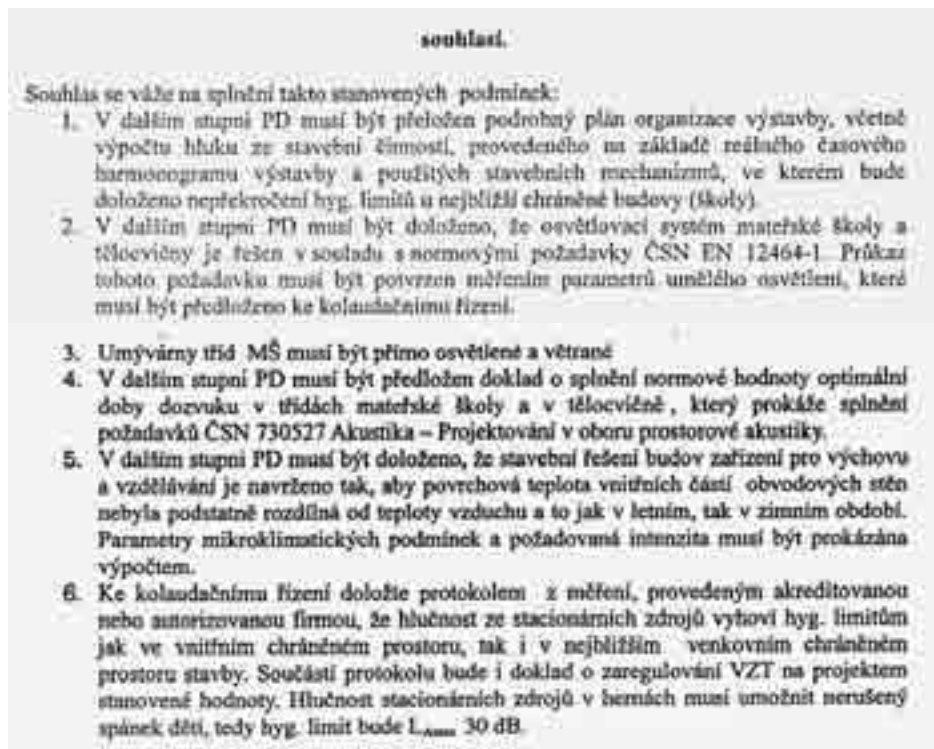
Následovalo diplomatické přepracování textu zprávy, ze které dokládám výňatek.

Primárně je prostor oddělení větrán dle § 18 čl. 1 vyhlášky č. 410/2005 Sb. přirozeně okny. Pro tento způsob větrání je použit požadovaný počet otevíravých oken. Pro období, které je citováno § 18 čl. 2, kdy není možno využít přirozené větrání pro poru-

šení požadovaných parametrů mikroklimatu uvedených v příloze č. 3 citované vyhlášky, se musí použít přednostně vzduchotechnické zařízení. Vzduchotechnické zařízení se musí proto použít ve všech případech, kdy by přirozeným větráním byla porušena podmínka na rozdíl výsledné teploty v úrovni hlavy a kotníků. Tento rozdíl nesmí být dle citované vyhlášky větší než 3 °C, což je prakticky vždy, kdy je teplota venkovního vzduchu nižší než +15°C.

Pozitivní z celého procesu je zjištění, že skutečné normové hygienické požadavky je u MŠ schopen zajistit jedině standard pasivního domu, na rozdíl od všech takzvaně normálních. Ty, z povahy fyzikálních zákonů, nemohou v otopném období zabezpečit požadavky na množství čerstvého vzduchu ani potřebnou tepelnou pohodu. Bylo by k tomu třeba každou hodinu vyhnat děti na záchod nebo do šatny, 2-10 minut (podle větrnosti nebo inverzity aktuálního klimatu) otevřít okna a po vyrovnání teplot zase děti po dalších pěti minutách vpustit do herny. Tam, kde by se tak činilo, by de facto pětinu doby pobytu dětí školka byla mimo provoz a připomínala hororový nácvik na evakuaci před třetí světovou válkou.

Nakonec jsme obdrželi souhlasné stanovisko hygieny, ale podmíněné! Všechny vlastnosti budovy (osvětlení, teploty, hluchnost provozu i výstavby včetně hluchnosti konkrétních strojů) bude ke stavebnímu povolení (DSP) znovu třeba doložit výpočty a ke kolaudaci doložit měřeními.



Je to možné nazvat dílčím vítězstvím? Má obec porušit zákon a vybrat konkrétní firmu,

abychom znali konkrétní stroje už ve fázi DSP, když výběrové řízení na dodavatele je možné učinit až ve fázi DPS?

Každopádně to dokumentuje

stav, kdy je chování Odboru hygieny dokladem zoufalství a bezmoci, kdy současné občanské stavby (i MŠ) nesplňují požadované vlastnosti (a zákoné normy) a chce ten stav zvrátit. Ironií osudu je, že proto brání realizaci PD, které jako jedině jsou schopné v našem klimatu a při správném návrhu tyto potřebné vlastnosti zajistit!



Obr. 1 Celkový pohled severní



Obr. 2 Celkový pohled severozápadní



Obr. 3 Západní fasáda



Obr. 4 Pohled vrchní

ZUKUNFTSWEISENDER STÄDTEBAU am Beispiel "Wohnquartier Obertor" in Schmalkalden (Thüringen/Germany)

CARITAS-HAUS Neuwerk – Erfahrungsbericht aus dem ersten Altenpflegezentrum im Passivhausstandard in Europa

Prof. Dipl.-Ing. Ludwig Rongen, Architekt und Stadtplaner BDA

University of Applied Sciences, FH Erfurt (Germany)

RONGEN ARCHITEKTEN, Propsteigasse 2, D 41849 Wassenberg

Tel.: ++4924323094, email: info@rongen-architekten.de, www.rongen-architekten.de

ZUKUNFTSWEISENDER STÄDTEBAU am Beispiel "Wohnquartier Obertor" in Schmalkalden (Thüringen/Germany)

Das städtebauliche Projekt "Wohnquartier Obertor" haben wir unter dem Motto "Son-nige Zeiten-Generation Obertor" entworfen. Insbesondere wollten wir aufzeigen, dass ein erfolgreiches Energieeffizientes, Solares Bauen und damit auch das Bauen im Passivhausstandard spätestens mit der städtebaulichen Planung beginnt. Unser Ent-wurfskonzept basiert auf der Vernetzung der Grünstruktur mit der Bebauung und der Erschließung.

Städtebauliches Konzept/Erschließung

Mit den Hausgärten und Wohnhöfen zwischen den gestaffelt angeordneten, winkel-förmigen Hausgruppen wird ein fließender, aber deutlicher Übergang in den Siedlungsbereich geschaffen und die Verbindung zwischen Grünzone und Wohner-schließung hergestellt.

Die Grünzone selbst ist als gestaltete Grünanlage am Fuße der Queste entwickelt. Im Norden öffnet sich die Grünzone weit zum Ufer der Schmalkalde und findet dort ihren Abschluss in einer Uferterrasse, die zu Ruhe oder geselligem Beisammensein einlädt.

Rückgrat der inneren Erschließung ist eine Wohn- und Anliegerstraße, die die Staffe-lung der Hausgruppen durch Versätze nachvollzieht und zwischen der Alt- und Neu-bebauung vermittelt. Die Wohnstraße mündet in einem kleinen Platz, der fußläufig mit dem Obertorplatz in Verbindung steht.

Als Alternative zur heutigen Nutzung des Anwesens Gespringweg / Schlossküche-nweg als Volkshochschule wird aufgrund der Lage und der wohnbaulichen Ent-wicklung die Einrichtung von Seniorenwohnungen, ggf. mit Betreuung, vor-geschlagen. Die Anlage öffnet sich nach Süden und schließt unmittelbar an die Par-kanlage und das Wohngebiet an. Das vorhandene Gebäude ist erhalten und baulich ergänzt. Eine vollständige Neubebauung ist ggf. ins Auge zu fassen.



Bebauungsvorschlag Seniorenresidenz

Wohnbebauung

Die gelockerte zwei- bis dreigeschossige Neubebauung mit Einzel- und Hausgruppen bildet einen harmonischen Übergang von der geschlossenen Bebauung Rückersgasse/Obertor zum Landschaftsraum Queste.

Durch die Winkelform der Hausgruppen werden halböffentliche Hofbereiche geschaffen, die Nachbarschaft und Verbindung zur Grünzone und zur Stadt herstellen. Die dreigeschossigen Wohnhäuser können alternativ mit einer Einliegerwohnung z. B. für die im Haushalt mit lebende Oma (Mehrgenerationen-Wohnen) oder als Mietwohnung o. ä. realisiert werden. Jedes Haus verfügt über einen eigenen nach Südwesten orientierten Garten.

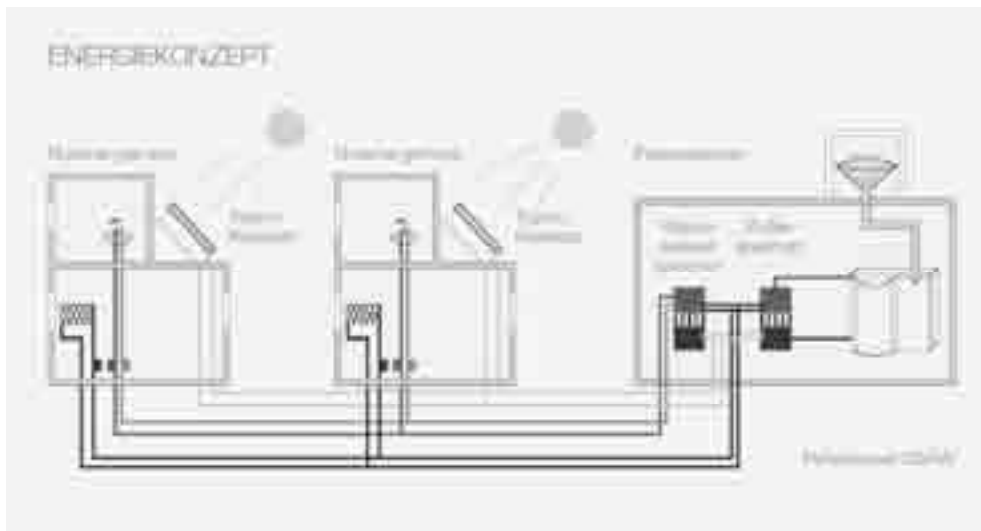
Energiekonzept

Alle Häuser sind als "Nullenergiehaus" konzipiert.

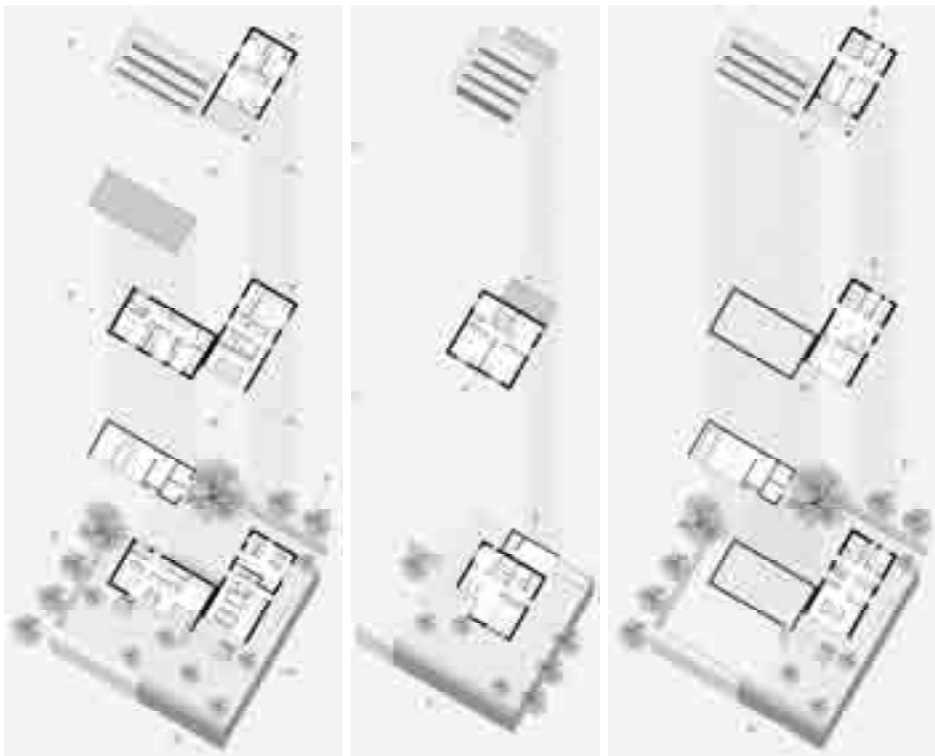
Dies wird kostengünstig zum einen durch die konsequente Südost- bis Südwest-Orientierung und zum anderen durch die kompakten Baukörper mit äußerst günstigen A/V-Verhältnissen erreicht.

Alle Dächer und die Fassaden können mit aktiven Solarsystemen (Solarthermie/Fotovoltaik) ausgestattet werden.

Für alle Häuser sind Erdwärmetauscher sowie kontrollierte Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Feuchteregulierung vorgesehen. Die benötigte Restwärmeenergie wird für jeweils 2 Häuser über einen gemeinsamen Holzpelletofen zur Verfügung gestellt.



Die einmaligen Anschaffungskosten für diese zukunftsweisende Heiztechnik und die angemessene Isolation des Gebäudes werden sich hinsichtlich der steigenden Rohöl- und Gaspreise schon in wenigen Jahren amortisieren.



Grundrisse der verschiedenen Haustypen

Für Baumbepflanzungen sind ausschließlich Laubbäume vorgesehen. Im Sommer sind sie wertvolle Schattenspender und tragen dazu bei, vor Überhitzung der Wohngebäude zu schützen und damit auch die Kühllasten in den Sommermonaten möglichst gering zu halten.

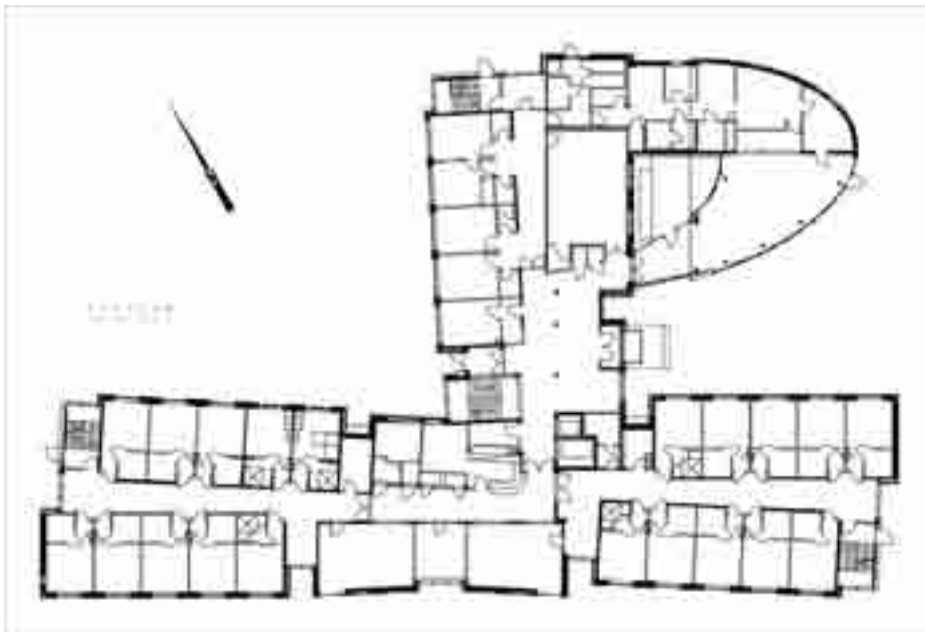
CARITAS-HAUS Neuwerk - Erfahrungsbericht aus dem ersten Altenpflegezentrum im Passivhausstandard in Europa

Seit dem 27. Juni 2003 ist das Caritas-Haus Neuwerk, das erste Altenpflegezentrum, das in Europa im Passivhausstandard gebaut worden ist, nun schon bewohnt. Das Zusammenspiel der für die Außenfassaden gewählten Materialien aus rotem Klinker, lasierten Holztafeln und farbigen Fensterflügeln in Verbindung mit den Sonnenschutzrollos sorgt für einen lebendig wirkenden Baukörper.



Blick auf Eingang und Speisesaal; das Gebäude liegt fast versteckt in einer parkähnlichen Umgebung.

Ziel des Bauherrn, des Caritas-Verbandes Mönchengladbach-Rheydt e. V., war es, ein Haus zu bauen, das durch Schlüsselbegriffe wie Geborgenheit, Wertschätzung, Selbstbestimmung, Freiheit, Nähe und häusliche Atmosphäre gekennzeichnet sein sollte.



Erdgeschoss

Das neue Caritas-Altenpflegezentrum in Mönchengladbach-Neuwerk verbindet ein modernes Wohngruppenkonzept mit fortschrittlicher Umwelttechnik und ist mit seinen insgesamt 80 Plätzen in 8 Wohngruppen mit je 10 BewohnerInnen unterteilt.

Warum Realisierung als Passivhaus?

Für den Bauherrn und insbesondere auch für die BewohnerInnen, die letztendlich auch die Betriebskosten zu tragen haben, sind die sehr geringen Heizkosten aber nicht das allein entscheidende

Argument für die Ausführung einer solchen Einrichtung im Passivhausstandard.

Vielmehr noch spricht die besonders hohe Wohnqualität für eine solche Entscheidung. Gerade für ältere Menschen, die auch von drinnen aus noch am Leben draußen teilhaben möchten und sich deshalb besonders gerne in der Nähe des Fensters aufhalten, ist es schon ein Gewinn, wenn dort keine Zugerscheinungen (Thermik) mehr auftreten.

Dauerhaft hohe Luftqualität mit einer äußerst niedrigen CO₂-Konzentration kommt der Gesundheit der BewohnerInnen natürlich auch zu Gute.

Als ein in Altenheimen regelmäßig auftretendes und bisher nicht gelöstes Problem wurde uns immer wieder -auch schon früh vor unserer allerersten Entwurfsskizze- für solche Einrichtungen typische Uringeruch genannt. Die „Komfortlüftung“ (kontrollierte Dauerlüftung) konnte dieses Problem endlich ausräumen.

Erfahrungen seit dem Einzug – Fensterlüftung: Theorie und Praxis

In den ersten Wochen haben die BewohnerInnen ihre Zimmer noch überwiegend über die Fenster belüftet. Auch in den Fluren, wo die Bewohner sich gerne treffen, waren trotz ständiger Hinweise des Pflegepersonals anfangs die Fenster sehr häufig geöffnet.



Die Edelstahlansaugstutzen für die Lüftungsanlage sind vor dem Treppenhaus positioniert, in unmittelbarer Nähe der Technikzentrale im Keller

Inzwischen hat dies stark nachgelassen; die BewohnerInnen der „Regelgruppen“ (die nicht an Demenz erkrankten BewohnerInnen) hatten sich nach gut drei Monaten an die neue Situation gewöhnt und gehen jetzt i. d. R. richtig mit der Lüftungsanlage, die für jedes Zimmer eine individuelle Regelung ermöglicht, um. Lediglich die Wohngruppe der an Demenz erkrankten BewohnerInnen konnte sich bis heute nicht daran gewöhnen, dass sie zum Lüften keine Fenster mehr öffnen müssen.

Auf Grund der besonders guten (sehr niedrigen) Energiekennzahl des Gebäudes, die von uns mit 5,1 berechnet worden war, sah der Träger bisher keinerlei Handlungsbedarf. Schließlich sollen die BewohnerInnen sich in erster Linie wohl und nicht bevormundet fühlen.

Der dann tatsächlich gemessene Energieverbrauch lag in den ersten beiden Heizperioden im Durchschnitt 15,2% höher als ursprünglich errechnet, was ausschließlich im falschen Lüftungsverhalten der an Demenz erkrankten Wohngruppe begründet lag. Dadurch ergab sich aus dem errechneten 0,51-Liter-Haus ein gemessenes 0,59-Liter-Haus, was den Träger verständlicherweise bis heute zu keinerlei Konsequenz veranlasst hat.

Wohlbefinden der BewohnerInnen und des Personals; wie wird die Luftqualität empfunden, gibt es noch den in Altenheimen typischen Uringeruch?

Zu Beginn der „Heizperiode“ (nach Umstellung der Lüftungsanlage auf „Winterbetrieb“) klagten die Bewohner und das Personal anfangs hin und wieder über zu trockene Luft. (Anm. des Referenten: In jedem Haus ist erfahrungsgemäß in der Heizperiode die Luft trockener)

Da sowohl in den Individual- wie auch in den Gemeinschaftsbereichen kaum Pflanzen aufgestellt waren, haben wir empfohlen, dies nachzuholen und außerdem die Luftzufuhr während der Heizperiode etwas zu reduzieren.

Diese Maßnahmen haben dann unmittelbar zu einer erheblichen Verbesserung der Situation geführt, so dass die „Probleme“ komplett ausgeräumt werden konnten. Heute sind die Bewohner und auch das Pflegepersonal von der Luftqualität geradezu begeistert!

Die Luftqualität wird inzwischen überwiegend von allen BewohnerInnen und auch vom Pflegepersonal als sehr gut empfunden. Kochgeruch -selbst nach der Zubereitung von Fischgerichten- verschwindet erstaunlich schnell.



Materialkomposition in der Fassade aus Glas, grau lasierten Lärchen-Holztafeln und Lärchen-Holzverschalung

Der in Altenheimen typische Uringeruch ist tatsächlich ausgeblieben!

Dem Pflegepersonal war sehr positiv aufgefallen, dass auch der durch nachträglich durchgeführte Malerarbeiten eingetragene Farbgeruch nur so lange wahrnehmbar war, wie auch die Malerarbeiten selbst angedauert hatten; es gab keinerlei Nachwirkungen.

Wie ist das Temperaturempfinden?

Am Anfang gab es hin und wieder Klagen wegen zu hoher Temperaturen im Haus. Nachdem sich inzwischen insbesondere auch die BewohnerInnen mit der neuen Technik vertraut gemacht haben, wird nicht nur die Luftqualität sondern auch die Raumtemperatur als sehr angenehm empfunden. Alles Veränderungsbedürftige ist inzwischen verändert worden. Nach Auskunft des Personals äußern sich die BewohnerInnen sehr häufig dazu, dass sie sich im neuen Haus sehr viel wohler fühlen als im alten „Haus Monika“, aus dem sechzig BewohnerInnen hierher gezogen sind.

Ein Pfleger äußerte sich wörtlich: „Ich hoffe, dass ich in 35 Jahren hier meinen Lebensabend verbringen darf.“

Wirtschaftlichkeit

Im November 2001 -während der Planungsphase- hatten wir errechnet, dass die Ausführung im Passivhausstandard gegenüber einer Ausführung im Niedrigenergiehausstandard (der derzeit in Deutschland gesetzlich vorgeschriebene Mindeststandard) vom allerersten Tag an 8.431,- € jährlich einspart. Hierin eingerechnet waren die Kapitalkosten (Zinsen + Tilgung) für die kompletten investiven Mehrkosten abzüglich der eingesparten Energiekosten gegenüber einer Ausführung als "Niedrigenergiehaus".

Nach der ersten Heizperiode lagen die tatsächlich im ersten Jahr eingesparten Kosten (Stand Mai 2004) gegenüber Niedrigenergiehausstandard sogar bei 12.437,- €. Grund hierfür waren die zwischenzeitlich enorm gestiegenen Energiekosten, die auch in den folgenden Jahren weiter drastisch angestiegen sind und deren Ende auch heute noch nicht abzusehen ist. Schon im März 2008 lag der Liquiditätsvorteil des Passivhauses gegenüber einer Ausführung im Niedrigenergiehausstandard bei mittlerweile über 20.800,- €. Insbesondere aber nicht nur aus ökonomischer Sicht war es die richtige Entscheidung des Bauherrn, dieses Haus unbedingt im Passivhausstandard auszuführen.

Bei Ausführung im Passivhausstandard prognostizierter Liquiditätsvorteil gegenüber einer Ausführung in Niedrigenergiehausstandard:

Errechneter jährlicher Kapitalvorteil

8.431,- EURO (Stand November 2001)

Tatsächlicher Kapitalvorteil

12.437,- EURO (Stand April 2004)

20.800,- EURO (Stand April 2008)

*in die Berechnung einbezogen : Kapitalkosten (Zinsen + Tilgung) bei voller Fremdfinanzierung der investiven Mehrkosten bei Ausführung im Passivhausstandard gegenüber Niedrigenergiehausstandard abzüglich der eingesparten Energiekosten

Schlussfolgerung

Gerade Altenpflegeheime eignen sich wegen ihrer Kompaktheit und ihrer hohen Belegungsdichte besonders gut zur Realisierung als Passivhaus. Nicht nur die Wirtschaftlichkeit sondern insbesondere auch der hohe Wohnkomfort und die besonders gute Luftqualität sollte den Passivhausstandard für Altenheime zur Regel machen. Für denselben Träger planen wir gerade ein weiteres Altenpflegezentrum, diesmal in vorgefertigter Stahlzellen-Modulbauweise.

Weshalb Altenpflegeheime im Passivhausstandard als vorgefertigter Stahlzellen-Modulbau?

Das Altenpflegeheim St. Josef in Mönchengladbach-Giesenkirchen wird ein neues Pflegezentrum mit 84 Pflegeplätzen. Es dient als Ersatzbau und Erweiterung für ein auf dem Grundstück bestehendes Altenpflegeheim mit 74 Plätzen.

Bauherr und Träger ist wieder der Caritas-Verband für die Region Mönchengladbach-Rheydt e. V.



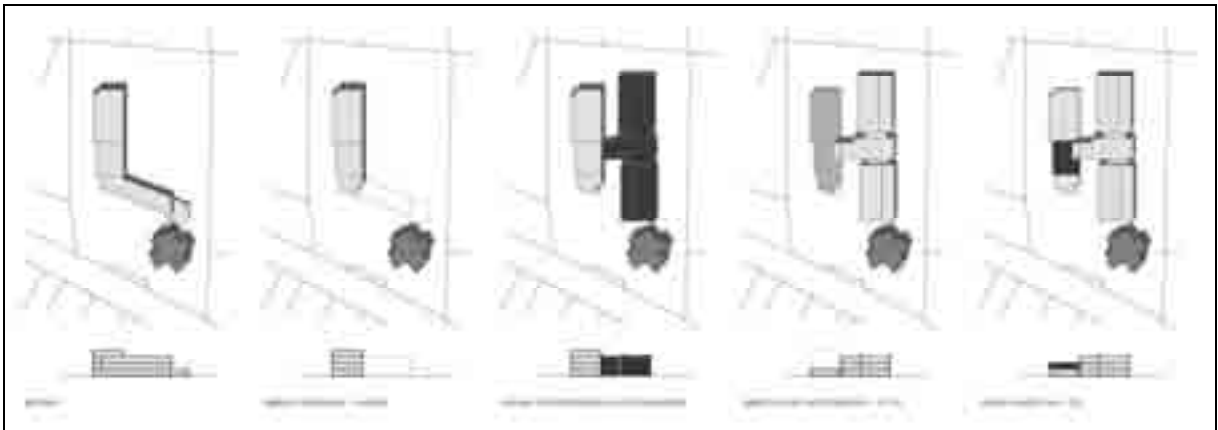
Caritas-Haus St. Josef, weltweit erster Großbau in vorgefertigter Stahlzellen-Modulbauweise als Passivhaus

Das vorhandene Gebäude entspricht in seiner baulichen Konzeption nicht mehr den Ansprüchen an eine zeitgemäße Altenpflege -dies betrifft sowohl die pflegerische Seite (Raumzuschnitte, Sanitärausstattung) als auch die betriebswirtschaftliche Seite (überdurchschnittlicher Personalaufwand). Eine Grundsanierung, verbunden mit einem Komplettumbau des bestehenden Hauses wurde bauherrenseitig erwogen, jedoch nach Ermittlung und Abwägung der entstehenden Aufwendungen sowie sozia-

ler Folgen (Unterbringung der derzeitigen BewohnerInnen während der Bauzeit) verworfen. Letztendlich fiel die Entscheidung für einen Neubau und einen Teilrückbau des vorhandenen Pflegezentrums aus den 60-er Jahren. Der verbleibende Teil des Bestandes und der Neubau werden zusammen das neue Pflegeheim bilden.

Eine Besonderheit der Bauaufgabe besteht darin, den Neubau bei noch bewohntem Altbaubestand zu errichten.

So wird zuerst lediglich der Querriegel („Sägezahn“) des Bestandes abgebrochen, während das Restgebäude weiter vollständig bewohnt bleibt. Das neue Pflegezentrum wird neben dem alten Pflegeheim in die Höhe "wachsen".



Schematische Darstellung der einzelnen Bauphasen

Durch die Modulbauweise ergibt sich eine Bauzeitreduzierung von etwa 20 auf 5 Monate.



Materialkomposition für das neue Caritas-Haus St. Josef aus grau lasierter Lärchen-Holztafel, roter Putzfassade, weißem Fensterrahmen und anthrazitfarbenem Sonnenschutzrollo.

Es wird erwartet, dass durch die Stahlzellen-Modulbauweise im Vergleich zur konventionellen Bauweise im Passivhausstandard noch bessere Werte für den Blower Door Test (Luftdichtigkeitsnachweis) erreicht werden können. Durch die Vorfertigung der Module im Werk kann noch genauer gearbeitet werden als vor Ort auf der Baustelle.

Je besser das Blower Door Test-Ergebnis ist, desto mehr Energie und somit natürlich auch Energiekosten können eingespart werden.

PERSPEKTIVNÍ URBANISMUS na příkladu obytné čtvrti Obertor ve městě Schmalkalden (Durynsko, Německo)

CHARITNÍ DŮM v Neuwerku – zpráva o zkušenostech z prvního evropského domova pro seniory ve standardu pasivního domu

Prof. Dipl.-Ing. Ludwig Rongen, Architekt und Stadtplaner BDA

University of Applied Sciences, FH Erfurt (Germany)

RONGEN ARCHITEKTEN, Propsteigasse 2, D 41849 Wassenberg

Tel.: ++4924323094, email: info@rongen-architekten.de, www.rongen-architekten.de

PERSPEKTIVNÍ URBANISMUS na příkladu obytné čtvrti Obertor ve městě Schmalkalden (Durynsko, Německo)

Urbanistický projekt „Obytná čtvrť Obertor“ jsme navrhovali pod heslem „Slunečné časy – generace Obertor“. Zvláště jsme chtěli ukázat, že úspěšné a energeticky efektivní solární stavění, a tedy i stavění ve standardu pasivního domu, začíná nejpozději ve fázi urbanistického plánování. Naše koncepce je založena na propojení struktury zeleně se zástavbou a infrastrukturou.

Urbanistická koncepce a infrastruktura

Zahrady a obytné dvory mezi stupňovitými, v úhlech uspořádanými skupinami domů vytvářejí plynulý, ale zřetelný přechod k sídelnímu území a spojnici mezi zelenou zónou a sídlištní infrastrukturou.



Návrh rezidenční zástavby pro seniory

Zelená zóna byla navržena jako upravená zeleň na úpatí hory Queste. Na severu se otevírá dále k břehu Schmalkalde, kde ji uzavírá nábrežní terasa zvoucí k odpočinku nebo přátelskému posezení.

Páteří vnitřní infrastruktury je obslužná komunikace kopírující stupňovité uspořádání domovních bloků a spojující starou a novou zástavbu. Obslužná komunikace ústí do malého náměstíčka, spojeného pěší komunikací s náměstím Obertorplatz.

Jako alternativa k dnešní funkci objektu Gespringweg/Schlossküchenweg pro Lidovou vysokou školu bylo vzhledem k jeho poloze a urbanistickému rozvoji navrženo zřízení bytů pro seniory, příp. s pečovatelskou službou. Objekt se otevírá k jihu a přímo navazuje na park a obytnou zónu. Stávající budova je udržovaná a stavebně doplňována. Uvažovat lze případně i o zcela nové zástavbě.

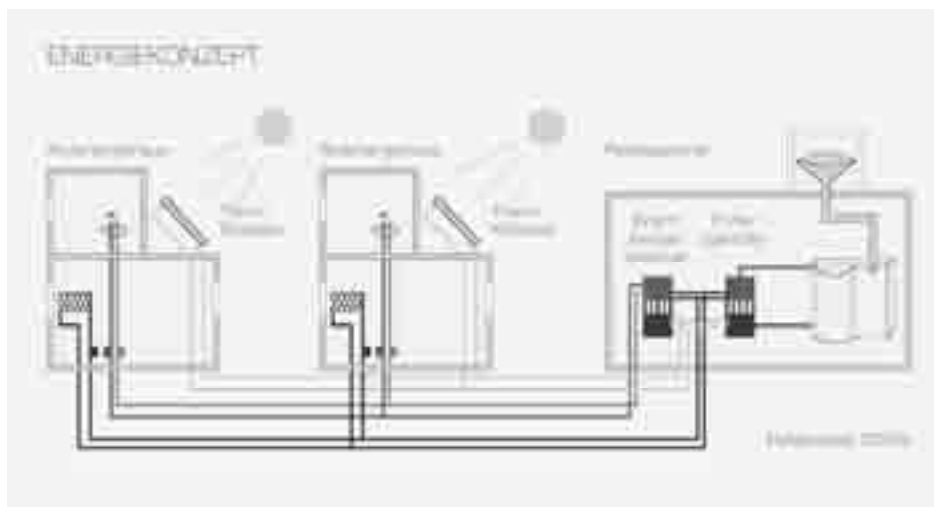
Obytná zástavba

Uvolněná dvou- až třípodlažní nová zástavba s jednotlivými domy a bloky tvoří harmonický přechod mezi uzavřenou Rückersgasse/Obertor a krajinným prostorem Queste.

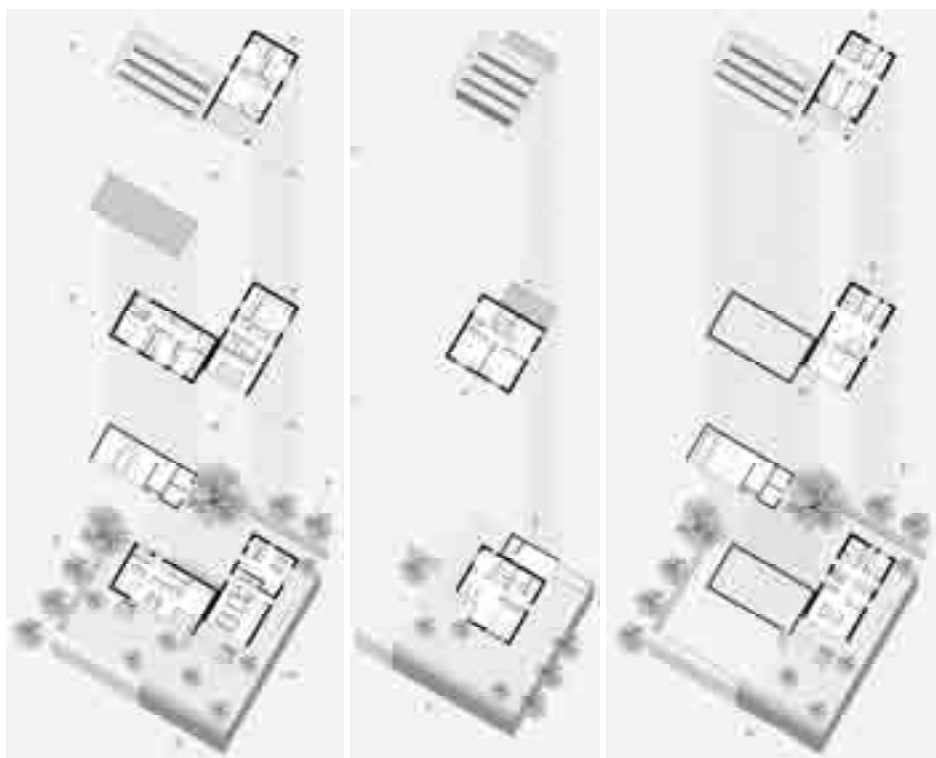
Úhlový tvar domovních bloků vytváří polootevřené dvory, které podporují sousedské vztahy a představují spojnici mezi zelenou zónou a městem. Třípodlažní obytné domy lze alternativně realizovat s vloženým bytem, např. pro babičku žijící ve společné domácnosti (vícegenerační bydlení) nebo jako byt k pronájmu apod. Každý dům má vlastní zahrádku orientovanou na jihozápad.

Energetická koncepce

Všechny domy jsou koncipovány jako „energeticky nulové“. Toho je dosaženo s výhodnými náklady jednak důslednou orientací k jihovýchodu či jihozápadu, jednak kompaktními stavebními objekty s velice výhodným poměrem povrch-objem. Všechny střechy a fasády lze vybavit aktivními solárními systémy (solární termika/fotovoltaika). Pro všechny domy jsou navrženy výměníky zemního tepla a jednotky kontrolovaného větrání s rekuperací tepla a regulací vlhkosti. Potřebnou zbytkovou tepelnou energii dodává vždy pro 2 domy společný kotel na dřevěné pelety.



Jednorázové pořizovací náklady na tuto progresivní technologii vytápění a přiměřenou izolaci budov se budou vzhledem k rostoucím cenám ropy a plynu amortizovat již za několik let.



Půdorysy různých typů domů

Pro výsadbu jsou předepsány výhradně listnaté stromy. V létě poskytují cenné zastínění a přispívají k ochraně obytných staveb před přehříváním, a tím i ke snižování nároků na chlazení v letních měsících.

CHARITNÍ DŮM v Neuwerku – zpráva o zkušenostech z prvního evropského domova pro seniory ve standardu pasivního domu



Pohled na vchod a jídelnu; budova je téměř ukrytá v parkovém prostředí.

Již od 27. června 2003 je obývaný Charitní dům v Neuwerku, první evropský domov pro seniory vybudovaný ve standardu pasivního domu. Živě působící vzhled zajišťuje souhra materiálů zvolených pro vnější fasády – červené režné cihly, panely lazurovaného dřeva a barevná okenní křídla ve spojení se zastiňovacími roletami.

Cílem investora, sdružení Caritas-Verband Mönchengladbach–Rheydt e. V., bylo postavit dům charakterizovaný klíčovými pojmy jako bezpečí, úcta k hodnotám, sebeurčení, svoboda, blízkost a domácká atmosféra.



Přízemí

Nový domov pro seniory Caritas ve čtvrti Mönchengladbach-Neuwerk spojuje moderní koncepci bydlení s progresivní ekotechnologií. Celkem 80 míst je rozděleno do 8 obytných skupin po 10 obyvatelích.

Proč realizace formou pasivního domu?

Pro investora a zejména pro obyvatele, kteří nakonec musí hradit provozní náklady, jsou rozhodujícím argumentem pro provedení takového zařízení ve standardu pasivního domu velmi nízké náklady na topení, ale nejen to.

Ještě více pro takové rozhodnutí hovoří mimořádně vysoká kvalita bydlení. Právě pro starší lidi, kteří by se ještě i zevnitř chtěli podílet na životě venku, a proto se velice rádi zdržují poblíž oken, je výhodné, když tam nikde není průvan (termika).

Zdraví obyvatel přirozeně prospívá i trvale vysoká kvalita vzduchu s velmi nízkou koncentrací CO₂.

Jako častý a dosud neřešený problém domovů pro seniory nám byl opakovaně – již před našimi prvními náčrtly – uváděn zápach moči, typický pro taková zařízení. Tento problém dokázalo konečně odstranit „komfortní větrání“ (stálá kontrolovaná ventilace).

Zkušenosti po nastěhování – větrání okny v teorii a praxi

V prvních týdnech větrali obyvatelé své pokoje ještě převážně okny. I na chodbách, kde se obyvatelé rádi setkávají, byla zpočátku přes stálá upozornění personálu velmi často otevřená okna.



Nerezová nasávací hrdla větracího zařízení jsou umístěná před schodištěm, v bezprostřední blízkosti technické ústředny ve sklepech.

Od té doby se otvírání oken již silně omezilo; obyvatelé z „normálních skupin“ (netrpící demencí) si zhruba po třech měsících na novou situaci dobře zvykli a nyní s ventilačním zařízením, které umožňuje individuální regulaci v každém pokoji, zacházejí zpravidla správně. Pouze skupina obyvatel trpících demencí si dodnes nezvykla, že pro větrání nemusí otevírat okna.

Vzhledem k velmi dobrému (velmi nízkému) energetickému faktoru budovy, který jsme vypočítali na 5,1, však provozovatel zatím nepovažuje za nutné nějak zasahovat. Obyvatelé se přece mají v první řadě cítit příjemně a bez poručníkování.

Skutečně naměřená spotřeba energie byla v prvních dvou topných obdobích o 15,2% vyšší než byl původní výpočet, což způsobilo výhradně nesprávné větrání skupiny obyvatel trpících demencí. Tak se vypočítaný 0,51litrový dům změnil v naměřený 0,59litrový dům, což provozovatele pochopitelně zatím nenutí k žádným důsledkům.

Komfort pro obyvatele i personál; jak pocít'ují kvalitu vzduchu, vyskytuje se zápach moči, typický pro domovy seniorů?

Na začátku „topného období“ (po přepnutí větracího zařízení na „zimní provoz“) si obyvatelé a zaměstnanci zpočátku občas stěžovali na příliš suchý vzduch. (Pozn. referujícího: V každém domě je podle zkušenosti vzduch v topném období sušší.)

Protože ani v individuálních, ani ve společných prostorách nebyly rozmístěné téměř žádné rostliny, doporučili jsme jejich doplnění a mimoto mírné zeslabení přívodu vzduchu během topného období. Tato opatření vedla ihned k podstatnému zlepšení situace, takže tento „problém“ byl kompletně odstraněn. Dnes jsou obyvatelé i ošetřující personál kvalitou vzduchu přímo nadšení!

Kvalitu vzduchu nyní považují všichni obyvatelé i ošetřující personál převážně za velmi dobrou. Překvapivě rychle mizí pachy z vaření – dokonce i po přípravě rybích jídel.

Zápach moči typický pro domovy seniorů se skutečně nevytvořil!

Ošetřující personál velice pozitivně hodnotí, že i zápach barev z dodatečně prováděných malířských prací byl cítit jen během samotných prací; poté již nepřetrvával.

Jaké je vnímání teploty?

Zpočátku se tu a tam objevovaly stížnosti na příliš vysoké teploty v domě. Jakmile se však obyvatelé seznámili s novou technikou, vnímají nyní nejen kvalitu vzduchu, ale i teplotu v místnostech jako velmi příjemnou. Všechno, co bylo potřeba změnit, se již upravilo. Podle informací personálu obyvatelé velmi často říkají, že se v novém domě cítí mnohem lépe než ve starém „Domě Monika“, z něhož se sem 60 obyvatel přestěhovalo.

Jeden ošetřovatel doslova řekl: „Doufám, že zde za 35 let budu moci strávit svůj podzim života.“



Kompozice materiálů na fasádě ze skla, šedě lazurovaných modřínových panelů a modřínového obložení

Hospodárnost

V listopadu 2001 – během fáze plánování – jsme vypočítali, že provedení ve standardu pasivního domu oproti provedení v nízkoenergetickém standardu (což je v současnosti v Německu zákonem předepsaný minimální standard) ušetří od prvního dne provozu 8.431,-- € ročně. Započítané byly kapitálové náklady (úroky + splátky) na kompletní investiční vícenáklady s odečtením uspořené náklady na energie ve srovnání s nízkoenergetickým provedením.

Po prvním topném období činily skutečně uspořené náklady za první rok (stav v květnu 2004) oproti nízkoenergetickému standardu dokonce 12.437,-- €. Důvodem byl enormní nárůst cen energií, který dále drasticky pokračoval i v dalších letech a jehož konec dodnes není v dohledu. Již v březnu 2008 činila finanční výhodnost pasivního domu oproti provedení v nízkoenergetickém standardu více než 20.800,-- €. Rozhodnutí investora pro provedení ve standardu pasivního domu ovšem bylo správné nejen z ekonomického hlediska.

Finanční výhodnost při provedení ve standardu pasivního domu oproti nízkoenergetickému standardu:

vypočtená roční kapitálová úspora:

8.431,- EUR (listopad 2001)

skutečná kapitálová úspora:

12.437,- EUR (duben 2004)

20.800,- EUR (duben 2008)

*do výpočtu byly zahrnuty kapitálové náklady (úroky + splátky)

Při financování vícenákladů na provedení ve standardu pasivního domu pouze z cizích zdrojů oproti nízkoenergetickému standardu po odečtení ušetřených nákladů na energie

Závěr

Právě domovy pro seniory se díky své kompaktnosti a vysoké obsazenosti velmi dobře hodí k provedení ve standardu pasivního domu. Nejen kvůli ekonomickým faktorům, ale zejména i pro vysoký komfort bydlení a vynikající kvalitu vzduchu by se standard pasivního domu měl stát pro domovy seniorů pravidlem. Pro stejného provozovatele nyní projektujeme další zařízení pro seniory, tentokrát jako konstrukci z prefabrikovaných modulů železobetonových buněk.

Proč budovat domovy pro seniory ve standardu pasivního domu jako konstrukci z prefabrikovaných železobetonových modulů?

Domov pro seniory sv. Josefa ve čtvrti Mönchengladbach–Giesenkirchen bude novým zařízením s 84 místy. Bude sloužit jako náhrada a rozšíření současného domova pro seniory se 74 místy na daném pozemku. Investorem a provozovatelem je opět sdružení Caritas-Verband für die Region Mönchengladbach-Rheydt e. V.

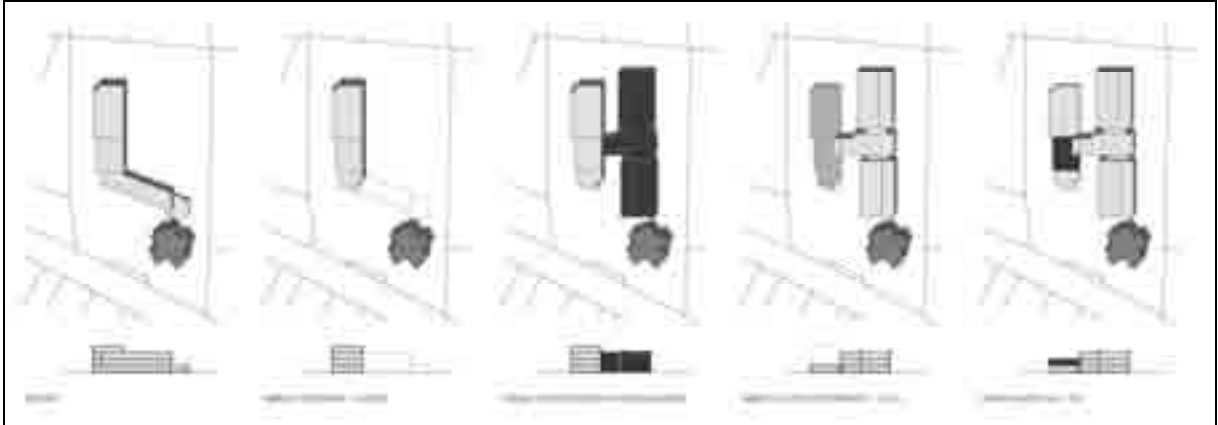


Charitní dům sv. Josefa, první velká stavba z prefabrikovaných železobetonových modulů ve standardu pasivního domu na světě

Koncepce stávající budovy již neodpovídá nárokům na moderní péči o seniory, a to jak po stránce ošetrovatelské (dispozice, sanitární zařízení), tak i provozně ekonomické (nadprůměrná personální náročnost). Investor zvažoval důkladnou rekonstrukci spojenou s kompletní přestavbou stávajícího domu, po zjištění a zvážení nákladů a sociálních důsledků (ubytování současných obyvatel během stavebních prací) ji však zavrhl. Nakonec padlo rozhodnutí pro novostavbu a částečnou demolicí dosavadního

zařízení ze 60. let. Nový domov pro seniory bude tvořit ponechaná část současného objektu spolu s novostavbou.

Zvláštnost tohoto zadání spočívá ve vybudování novostavby u dosud obývaného staršího objektu. Proto bude nejprve zbouráno pouze příčné křídlo („pila“) starého objektu, zatímco zbytek budovy zůstane plně obývaný. Nové ošetřovatelské zařízení „vyroste“ vedle starého domova.



Schematické znázornění jednotlivých stavebních fází

Díky modulové konstrukci se doba výstavby zkrátí ze 20 asi na 5 měsíců.



Kompozice materiálů pro nový Charitní dům sv. Josefa z šedě lazurovaných modřinových panelů, červeně omítnuté fasády, bílých okenních rámců a antracitových zastíňovacích rolet.

Očekáváme, že modulovou konstrukcí z železobetonových buněk lze dosáhnout ještě lepších hodnot v blower-door-testu (průkaz vzduchotěsnosti) oproti konvenčnímu způsobu výstavby ve standardu pasivního domu. Při tovární výrobě prefabrikovaných modulů lze totiž pracovat s ještě větší přesností než na staveništi.

Čím lepší jsou výsledky, tím více energie a přirozeně i nákladů na energii lze uspořit.

Ukázky pasivního stavění v Horním Rakousku

Ing. Kateřina Mertenová, Pasovská 12, České Budějovice

Tel: 728 772 979, e-mail: katerina.mertenova@email.cz

Pasivní stavby jsou v Rakousku realizovány již od roku 1996. Během 10 let bylo postaveno přes 1.600 objektů s užitnou plochou téměř 950.000 m². V současnosti využívá komfortu bydlení v pasivním domě již přes 18.000 Rakušanů. Předpokládá se, že v roce 2010 bude již každá 4.novostavba pasivní. Bylo prokázáno, že státní podpora má přímý vliv na počet realizovaných pasivních objektů.

1. Novostavby

1.1. Rodinný dům Kammer – Schörfling am Attersee 2007



- autor: PAUAT Architekten, Wels
- potřeba tepla na vytápění: 10 kWh/m²a
- dřevostavba z prefabrikátů, suterén ŽB
- tepelná izolace: foukaná celulóza, XPS
- vytápění: podlahové + vzduchotechnika (tepelné čerpadlo)
- větrání: kompaktní jednotka s rekuperací (solankový zemní výměník)

1.2. Římskokatolický kostel St. Franziskus – Wels 2004



- autor: architekti Luger & Maul, Wels
- potřeba tepla na vytápění: 31 kWh/m²a
- dřevostavba z prefabrikovaných dílců
- obklad z šedě natřených modřínových latí
- fotovoltaické články v černé skleněné fasádě (200 m²) → elektřina do sítě (15.300 kWh/a)
- vytápění: vzduchotechnika + podlahové (solární kolektory a kotel na pelety)

1.3. Obecní úřad s kavárnou – Schardenberg 2008



- autor: PAUAT Architekten, Wels
- potřeba tepla na vytápění: 10-15 kWh/m²a
- monolit.železobeton, tep.izolace EPS/XPS
- vytápění: podlahové (obecní teplovod - vytápění biomasou)
- chlazení: využití spodní vody z místní studny
- větrání: kompaktní jednotka s rekuperací (solankový výměník pod základ. deskou)

1.4. Veletržní hala Messe – Wels**2007**

- autor: AT 4 Architekten, Wels

Výstavní hala: NED blízky pasivnímu

- plocha 160 x 90 m bez vnitřních podpor
- fasáda z dřevotřískových boxů s tep. izolací

Administrativní věž: pasivní standard

- železobetonový stěnový systém s vakuovou izolací, nastavitelné kovové lamely

Foyer: ocelové a dřevěné nosníky, sklo

2. Přestavby**2.1. Rodinný dům Panic – Schleißheim bei Wels****2007**

- autor: Arch.Dipl. A. Fürstenberger, Wien
- potřeba tepla: 15 kWh/m²a (původně 320)
- dřevostavba (původní zděný statek z 19.st.)
- 1.komplexní použití vakuové izolace při rekonstrukci v Rakousku → úspora prostoru
- cíl projektu: vývoj stavebních opatření pro minimalizaci tepelných mostů při přestavbě
- redukce energ.spotřeby a emisí CO₂ o 95%

2.2. Základní a polytechnická škola – Schwanenstadt**2007**

- autor: PAUAT Architekten, Wels
- potřeba tepla: 15 kWh/m²a (původně 165)
- zvýšení kvality ovzduší a denního osvětlení
- opláštění ŽB kce ze 60. let dřevěnými panely s tep.izolací, přístavba z dřev. prefabrikátů
- decentr. vzduchotech. jednotky s rekuperací
- 1.přestavba veřejné budovy v pasivním standardu v Rakousku

3. Literatura a zdroje

- (1) IG Passivhaus Österreich: *Innovative Passivhausprojekte*, Wien 11/2007
- (2) Cipra: *Energieeffizientes Bauen und Sanieren im Alpenraum*, Wien 11/2006
- (3) www.igpassivhaus.at
- (4) www.hausderzukunf.at
- (5) www.klimaaktiv.at

Foto: archiv autorky

Vizualizace: PAUAT Architekten

Gute Luft macht Schule. Macht die Passivhaussanierung Schule?

Arch. DI Johannes Kislinger, ah3 architekten zt-gmbh

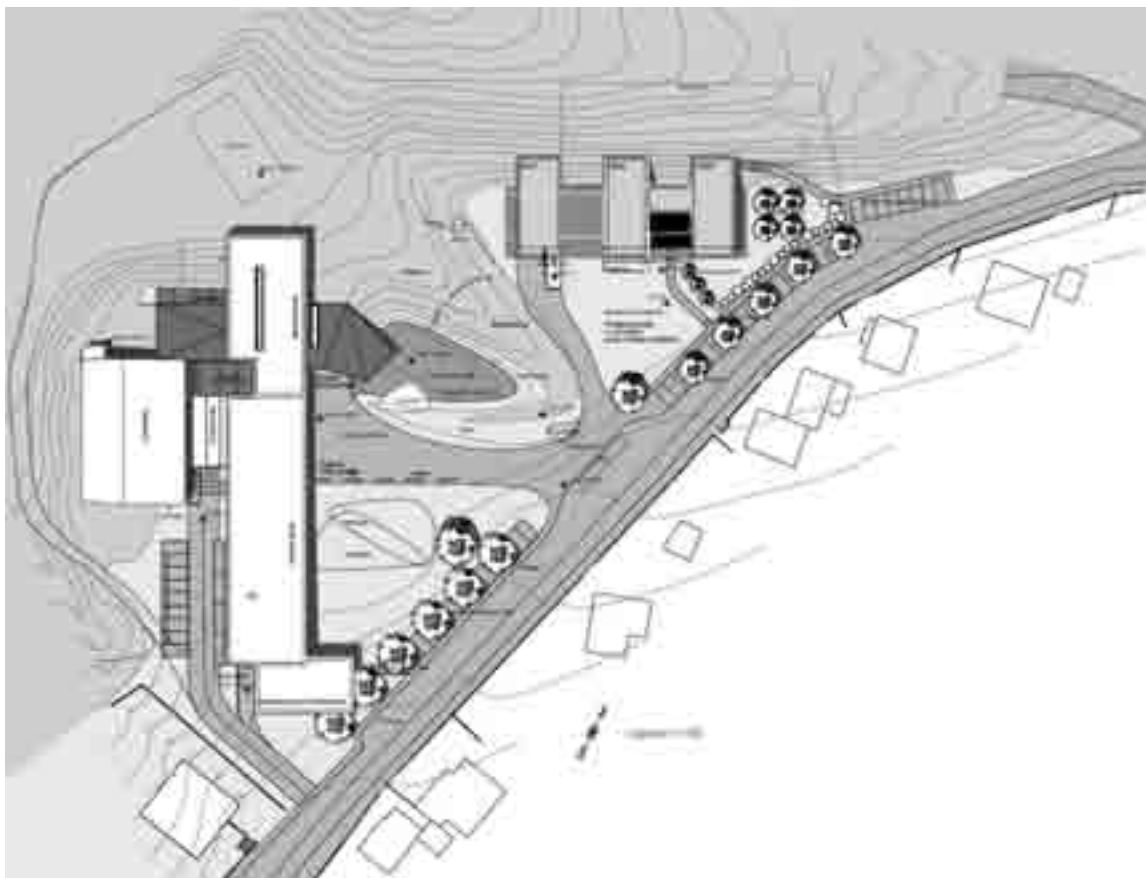
Hauptplatz 3, 3580 HORN

Tel:+43 2982 20800, mobil: +43 676 301 8703 , e-mail: office@ah3.at

Schulen in NÖ als Herausforderung der nächsten Jahre

Setzt sich der Passivhausstandard in diesem Bereich durch?

Werkbericht der ersten Passivhaussanierung einer Grundschule in NÖ



Niederösterreichs Grundschulen sind zum grossen Teil in den 70er Jahren errichtet, einer Zeit vor dem sogenannten Ölschock. Heizenergieverbräuche jenseits von 250 kWh/m²a sind hier keine Seltenheit.

CO₂-Luftkonzentrationen in Klassenräumen betragen ein Mehrfaches der erlaubten WHO-Grenzwerte.

Durch geänderte Nutzeranforderungen und pädagogische Massnahmen wie das Senken der Schülerhöchstzahlen pro Klassenraum steht ein Modernisierungsschub dieser Grundschulen an.

Zwar sind sich Landespolitiker, Förderstellen und Planer einig, beste Standards für die Modernisierung anzuwenden. Dennoch stösst das Konzept der

Passivhaussanierung immer noch auf grossen Widerstand bei den Entscheidungsträgern, den Kommunen.

Realisierte und geplante Beispiele aus der Praxis der letzten 10 Jahre dienen der Diskussion im Durchsetzen von zeitgemässen Konzepten. Der Werkstattbericht von ah3 architekten bringt Argumente im Speziellen für Lokalpolitiker. Der Erfahrungsaustausch unter Planern sichert die Weiterentwicklung der Passivhausbewegung.

Diskutiert wird eine in Bau befindliche Passivhaus- Anlage mit Volks-, Musik-, Volkshochschule mit Kindertagesstätte und Kindergarten in Leobendorf. Ausblicke auf andere im Planungsprozess befindliche Schulprojekte.

Die gezeigten Beispiele wurden thermisch simuliert, aus der Simulation Varianten zur Entscheidungsfindung herausgefiltert und der Bevölkerung und der Kommune zur Entscheidung vorgelegt.

Aus den gesammelten Erkenntnissen wurden Forderungen an Planer, am Prozess Beteiligte, Politiker und Förderstellen formuliert, die im Beitrag zur Diskussion gestellt werden.

Dobry vzduch dela skolu – dela skolu i rekonstrukce na pasivni standard?

Arch. DI Johannes Kislinger, ah3 architekten zt-gmbh

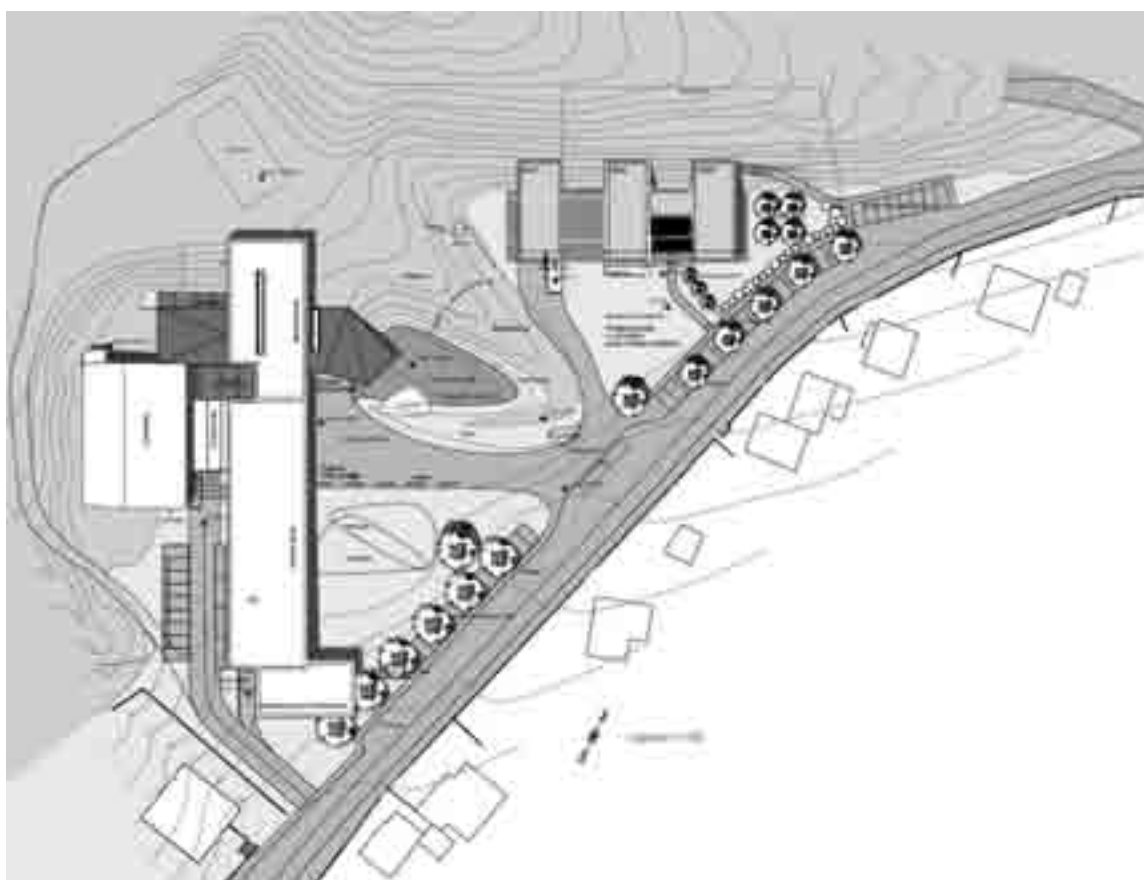
Hauptplatz 3, 3580 HORN

Tel:+43 2982 20800, mobil: +43 676 301 8703 , e-mail: office@ah3.at

Skoly v Dolnim Rakousku jsou vyzvou do dalšich let

Prosadi se sanace ve standardu pasivnich domu i v teto oblasti?

Pracovni zprava k prvnii sanaci zakladni skoly v Dolnim Rakousku ve standardu pasivniho domu.



Zakladni skoly v Dolnim Rakousku vznikaly v prevažne většine případů v 70. letech, tedy v době před tzv. ropným šokem. Proto zde také není spotřeba energie na topení až 250 kWh/m²a nic mimořádného.

Koncentrace CO₂ ve třídách těchto škol přesahují několikanásobně povolené mezní hodnoty WHO.

Na základě změněných požadavků na provoz těchto škol a také z čistě pedagogických důvodů (požadavek na snížení maximálního počtu žáků ve třídě) stojí dnes tyto školy před velkou vlnou modernizací.

Politikové v jednotlivých spolkových zemích, různé instituce poskytující finanční podporu i projektanti jsou sice zajedno, že při této modernizaci musí být uplatněny nejvyšší standardy, přesto však koncept sanace ve standardu pasivních domů stále ještě naráží na velký odpor kompetentních míst, tj. obcí a měst.

Základ pro diskuzi, jejímž cílem je prosazení aktuálních konceptů sanace, tvoří již realizované nebo aktuálně plánované projekty. Pracovní zpráva sestavená architekty kanceláře ah3 nabízí argumenty speciálně pro lokální politiky. Výměna zkušeností mezi jednotlivými projektanty pak zajišťuje plynulý vývoj na poli pasivních domů.

Diskuze se týká objektu realizovaného v Leobendorf/Rakousko ve standardu pasivního domu, v němž má být umístěna lidová škola, hudební škola, tzv. lidová vysoká škola a mateřská škola. Kromě toho jsou tématem diskuze i další školní projekty, které se nachází ve fázi plánování.

U všech diskutovaných příkladů byla provedena termická simulace, ze které byly vyfiltrovány různé varianty pro rozhodování. Tyto pak byly předloženy občanům i komunálním politikům k rozhodnutí.

Na základě takto získaných poznatků byly formulovány požadavky na projektanty, jednotlivé účastníky tohoto procesu, politiky i instituce poskytující finanční podporu, které slouží jako základ pro další diskuzi.

Pasivní domy 2008

5. Inovativní výrobky a technická řešení

Reinhard Weiss

Vergleichende Untersuchung verschiedener Strategien zur Optimierung der Raumlufftfeuchte	270
Srovnávací studie různých strategií pro optimalizaci vlhkosti v interiéru	276

Eberhard Paul

Beurteilungskriterien für die Qualität eines Wärmerückgewinnungsgerätes	282
Kriterien pro posuzování kvality jednotek s rekuperací tepla	288

Vajda József

Luftkollektor integriert in das Lüftungssystem der Passivhäuser	294
Vzduchový kolektor integrovaný do větracího systému pasivních domů	296

Kamil Staněk

Fotovoltaika pro PD Koberovy v souvislostech	298
--	-----

Vergleichende Untersuchung verschiedener Strategien zur Optimierung der Raumlufffeuchte

Ing. Reinhard Weiss, drexel und weiss energieeffiziente haustechniksysteme GmbH,
Achstrasse 42, 6922 Wolfurt, Österreich
Tel: +43 5574 47895 0, www.drexel-weiss.com

1. Raumlufffeuchte: Anforderungen und Status quo

Der Einsatz von Lüftungssystemen basiert unter anderem auch auf dem Wunsch, überschüssige Feuchtigkeit aus dem Gebäude zu transportieren. Überdimensionierte Lüftungssysteme, aber auch deren unregelmäßiger Betrieb, führen wiederum zur gegenteiligen Wirkung. Nachstehend werden die Anforderungen, sowie deren aktuelle Erfüllung in der Praxis behandelt.

1.1. Ein Blick in die Normen

Das Behaglichkeitsfeld der DIN 1946_2 reicht von 20 bis 26°C und von 30% bis 65%, wobei die absolute Feuchte mit 11,5 g/kg (Schwülegrenze) limitiert ist. Die schweizerische Norm SIA E382/1 verhält sich ähnlich: 21 bis 26°C bei 30 bis 60% r.F. gilt dort als behaglich. Ergänzend findet sich dort der Beisatz: „Gelegentliche Unterschreitungen an wenigen Tage pro Jahr bis 20% und gelegentliche Überschreitungen bis 75% r.F. sind physiologisch zulässig.“ Auch die ASHRAE wählt 30%, allerdings bezogen auf 21°C. Als Maß für die Untergrenze gilt der absolute Feuchtegehalt an diesem Punkt (4,8 g/kg). Bei höheren Temperaturen sind die „behaglichen“ Feuchten entsprechend niedriger (bei 24°C: 25% r.F.). Eine der aktuellsten Untersuchungen zum Thema Luftfeuchtigkeit und Komfort stammt von Renato Lazzarin [Tschui 2004] – auch hier werden 30 bis 70% grundsätzlich als gesundheitlich akzeptabel eingestuft; mit der zusätzlichen Anmerkung, dass die Ausgasung von Formaldehyd bei feuchter Raumluff schneller stattfindet, was sich also nachteilig auswirkt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Raumlufffeuchten zwischen 30 und 60-70% von Wissenschaft und Normung durchwegs als behaglich, bzw. gesund bezeichnet werden. Unterschreitungen von 30% werden zum Teil gelegentlich, zum Teil in Abhängigkeit der Raumtemperatur toleriert.

1.2. Übliche Werte aus der Praxis

Es gibt bereits eine Reihe von vermessenen Passivhäusern, unter anderem jene des Forschungsprojektes CEPHEUS [Krapmeier 2001]. Die Raumlufffeuchten lagen hier während der Heizperiode weitgehend zwischen 30 und 40%; bei einigen Gebäuden, bzw. Wohnungen an 10 bis 60 Tagen auch unter 30%. Diese Erfahrung konnte auch durch eine aktuelle Messreihe in einer Wohneinheit des Passivhaus Wolfurt bestätigt werden. Die Feuchten wurden aber nun an 3 verschiedenen Positionen gemessen, darüber hinaus wurden auch Temperatur und CO₂ erfasst.

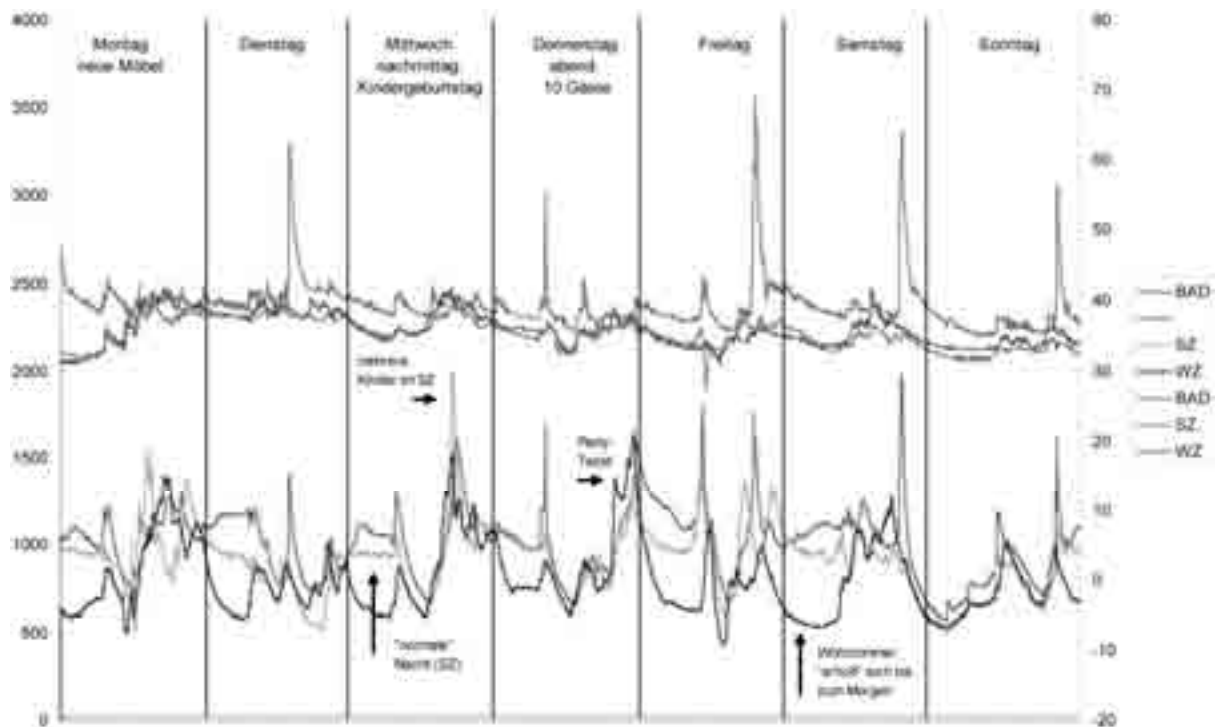


Abbildung 1: Feuchte- und CO₂-Verlauf in einer Dezemberwoche, Wohnung B2 im Passivhaus Wolfurt Oberfeld.

Die Raumlufffeuchte in Wohn- und Schlafräumen liegt auch hier zwischen 30 und 40% (bei späteren kälteren Außentemperaturen wurden 30% auch unterschritten).

Zu beachten ist, dass alle diese Messungen an Anlagen mit Konstant-Volumenströmen (bzw. via Zeitprogramm oder manuell stufengeregelt) vorgenommen wurden. Ein allfällig verbleibender Handlungsbedarf bezieht sich somit auf Fälle mit unvermeidbaren Divergenzen zwischen Luftmenge und Feuchtelast oder aber auf Menschen mit diesbezüglich sehr hoher Sensibilität.

2. Auswirkungen verschiedener Maßnahmen zur Erhöhung der Raumlufffeuchte

2.1. Vergleichene Maßnahmen

Im folgenden werden Technologien zur Feuchterückgewinnung (FRG) mit den Auswirkungen einer CO₂-Steuerung verglichen. Als Basis hierfür dienen Messungen und Simulationen aus dem schweizerischen BFE-Projekt „Feuchte in Niedrigenergiebauten“ [Frei 2008]. Untersucht wurden die FRG-Technologien „sorptiver Rotationswärmetauscher“ (RWT) und „Membran-Plattenwärmetauscher“ (PWT). Sorptive RWT zeichnen sich gerade bei niedrigen Außentemperaturen durch relativ hohe Feuchterückgewinnungsgrade aus, die mit ansteigender Außentemperatur abnehmen. Membran-Plattenwärmetauscher weisen demgegenüber etwas niedrigere, aber relativ konstante Feuchterückgewinnungsgrade auf. Für die bedarfsgesteuerte Volumenstromregelung wurde ein CO₂-Sensor im Wohnraum platziert. Die Regelung ist nur tagsüber aktiv, in der Nacht wird ein an die Schlafräume angepasster, konstanter Volumenstrom betrieben.

Die Simulation durch die HTA Luzern beschränkte sich zunächst auf die bedarfsgesteuerte Volumenstromregelung. Es wurden Varianten mit unterschiedlichen Personen-Anzahlen, Feuchtespeicherkapazitäten und Regelstrategien betrachtet. Die angesetzte Feuchtelast ist mit ca. 1,5 Liter/(Tag.Person) als gering einzustufen. Vergleichbare Literaturangaben reichen für einen Haushalt bis zu 15 Liter/Tag. Bei der Feuchtespeicherkapazität wurden 3 Szenarien gewählt: Vernachlässigung; Berücksichtigung der Feuchtespeicherung in der Bausubstanz und Berücksichtigung einer erhöhten Feuchtespeicherung, wobei Möblierung und sonstige Materialien in allen Varianten vernachlässigt wurden. Ergänzend hierzu wurde noch eine Strategie mit einer weiteren Regelgröße (Feuchte) betrachtet.

2.2. Auswirkungen auf die Raumlufffeuchte

Die Ergebnisse der Simulation in insgesamt 7 Varianten lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Variante:		1	2	3	4	5	6	7
Personenanzahl:		4	4	4	2	1	4	4
Feuchtspeicherkapazität		keine	normal	erhöht	normal	normal	Normal	Normal
Regelstrategie:		CO2	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2/r.F.	Keine
Wohnen	Personenstunden <30%	38	5	5	5	0	1	113
	<i>Abweichung von Variante 2</i>	660%	-	0%	0%	-100%	-80%	2160%
	Gesamtstunden <30%	110	43	14	42	164	36	267
	<i>Abweichung von Variante 2</i>	156%	-	-67%	-2%	281%	-16%	521%
Schlafen	Personenstunden <30%	80	40	0	74	81	40	90
	<i>Abweichung von Variante 2</i>	100%	-	-100%	85%	103%	0%	125%
	Gesamtstunden <30%	105	28	0	49	117	23	242
	<i>Abweichung von Variante 2</i>	275%	-	-100%	75%	318%	-18%	764%

Tabelle 1: Stunden mit einer r.F. <30% im Januar

Zunächst wird sichtbar, dass die Annahme bzgl. Feuchtespeicherkapazität großen Einfluss auf die Ergebnisse nimmt. Bei der Variante mit dem höchsten Praxisbezug (erhöhte Feuchtespeicherkapazität, um auch Einflüsse der Möblierung mit abzudecken) sinkt die Raumlufffeuchte im 4-Personen-Haushalt trotz niedriger Feuchtelast praktisch nicht unter 30%. Dabei wurden Außentemperaturen von bis zu -20°C betrachtet. Die Vergleichssimulation mit konstantem Volumenstrom liefert hier Werte bis 20% r.F. (hier allerdings ohne Berücksichtigung erhöhter Feuchtespeicherkapazität). Im Anschluss daran wurde die Simulation auf Basis der Variante 2, jedoch mit Feuchterückgewinnung durchgeführt. Wie zu erwarten war, findet hier keine Unterschreitung der 30%-Marke statt.

Zu ergänzen wäre, dass auch bereits Luftmengenreduktionen über Zeitprogramme (auf Basis vordefinierter Nutzungsprofile) zu deutlich niedrigeren Unterschreitungshäufigkeiten führen, als in Variante 7 (konstante Luftmenge) dargestellt.

2.3. Überfeuchtungspotenziale

Im Rahmen derselben Simulation wurde auch eine allfällige Überfeuchtungsproblematik untersucht. Hier wurden zwei obere Grenzwerte unterschieden – einerseits in

Anlehnung an die Normen 60%, andererseits ein „Allergiker-Wert“ von 50% (siehe auch [Richiger 2002]). Die Berechnungen liefern hohe Überschreitungen bei der Technologie mit Membran-PWT: 20% der Winterhalbjahr-Stunden liegen oberhalb von 60%; diese Grenze wird vom sorptiven RWT praktisch nicht überschritten. Die Grenze von 50% wird allerdings von beiden Technologien sehr häufig überschritten (ca. 50% beim Membran-PWT; ca. 40% beim sorptiven Rotationswärmetauscher). Im Vergleich hierzu liefert die Simulation beim bedarfsgeregelten Volumenstrom nur ca. 10% Überschreitung von r.F.=50%.

Aufgrund einer relativ hohen Anzahl von theoretischen Annahmen, die dieser Simulation zugrunde liegen (keine Feuchtepeicherkapazität, keine Abbildung von Fensterlüftung in der Übergangszeit), sind die Ergebnisse allerdings sehr vorsichtig zu interpretieren.

2.4. Auswirkungen auf den Energieverbrauch

Wie die Messungen im Rahmen des BFE-Projektes zeigten, arbeitet der sorptive RWT mit einem effektiven Wärmebereitstellungsgrad von ca. 75% und einer Stromeffizienz von 0,4 bis 0,45 Wh/m³. Das vermessene Gerät mit Membran-Plattenwärmetauscher arbeitet mit $\eta_{\text{eff}} = 70$ bis 75% und ca. 0,29 Wh/m³, wobei anzumerken ist, dass hier die Innenleckage bei 100 Pa Differenzdruck 14 m³/h betrug, was nach EN 13141-7 als Dichtheitsklasse 2 zu klassifizieren ist. Die Anforderungen nach PHI werden deutlich verfehlt.

Fiktiver PE-Verbrauch als Funktion von Stromeffizienz und effektivem Wärmebereitstellungsgrad, bzw. Volumenstrom

In der Abbildung 2 wird das Lüftungssystem als Verbraucher dargestellt, in dem der Stromeinsatz und jene Abluftwärme, die nicht zurück gewonnen wird, primärenergetisch addiert werden. Annahmen: 84.000 Heizgradstunden; ganzjähriger Betrieb; PE_Strom = 2,7; PE_Raumwärme = 1. Es wird gut sichtbar, wie groß der Einfluss der Stromeffizienz ist – ein Ansteigen von 0,3 auf 0,45 Wh/m³ verursacht hier einen Mehrverbrauch von etwa 500 kWh_{PE}/a. In der Abbildung 3 wird der Zusammenhang zwischen betriebener Luftmenge und PE-Verbrauch dargestellt (bei konstantem η_{eff}). Die Luftmenge wirkt sich auf Stromanteil und verbleibenden Lüftungswärmeverlust aus. Deren Optimierung bietet deshalb ein vergleichsweise großes Potenzial. Eine beispielhafte Reduktion des mittleren Volumenstroms von 140 auf 100 m³/h verringert den PE-Verbrauch um über 500 kWh/a. Demgegenüber arbeiten FRG-Systeme teilweise mit Luftmengen-Erhöhungen, um zu hohe Raumlufffeuchten zu vermeiden; dies verschärft diesen Zusammenhang allenfalls noch.

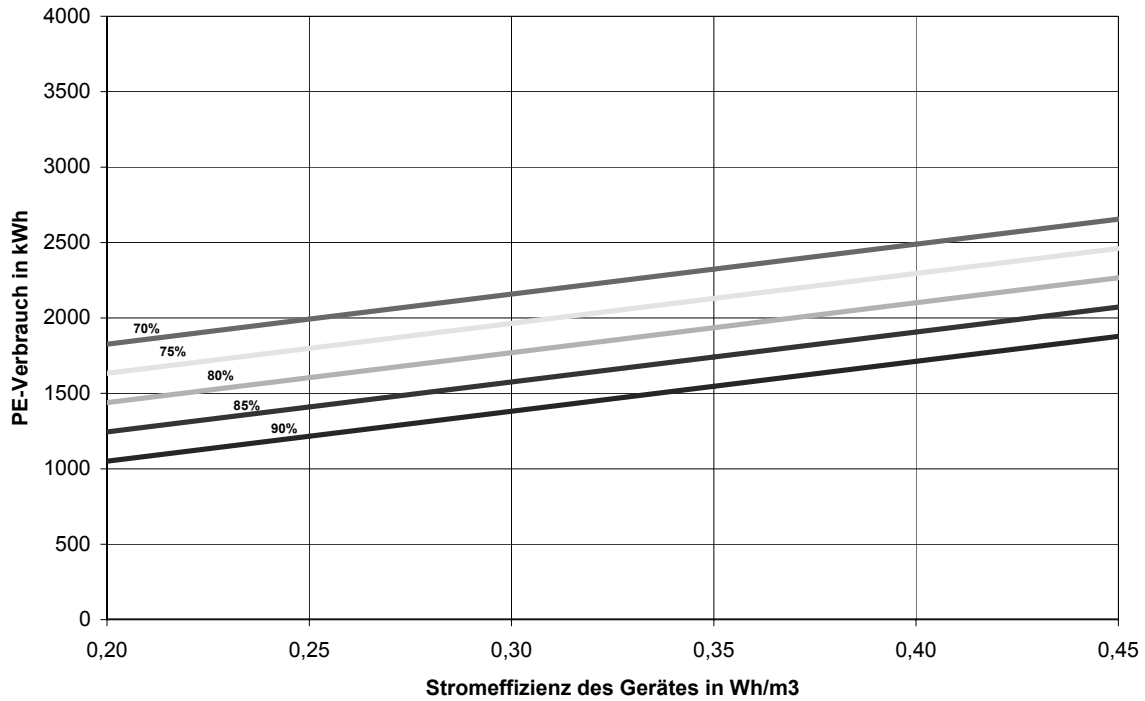


Abbildung 2: Fiktiver PE-Verbrauch der Wohnraumlüftung in kWh in Abhängigkeit von effektivem Wärmebereitstellungsgrad und Stromeffizienz (Luftmenge = 140 m³/h)

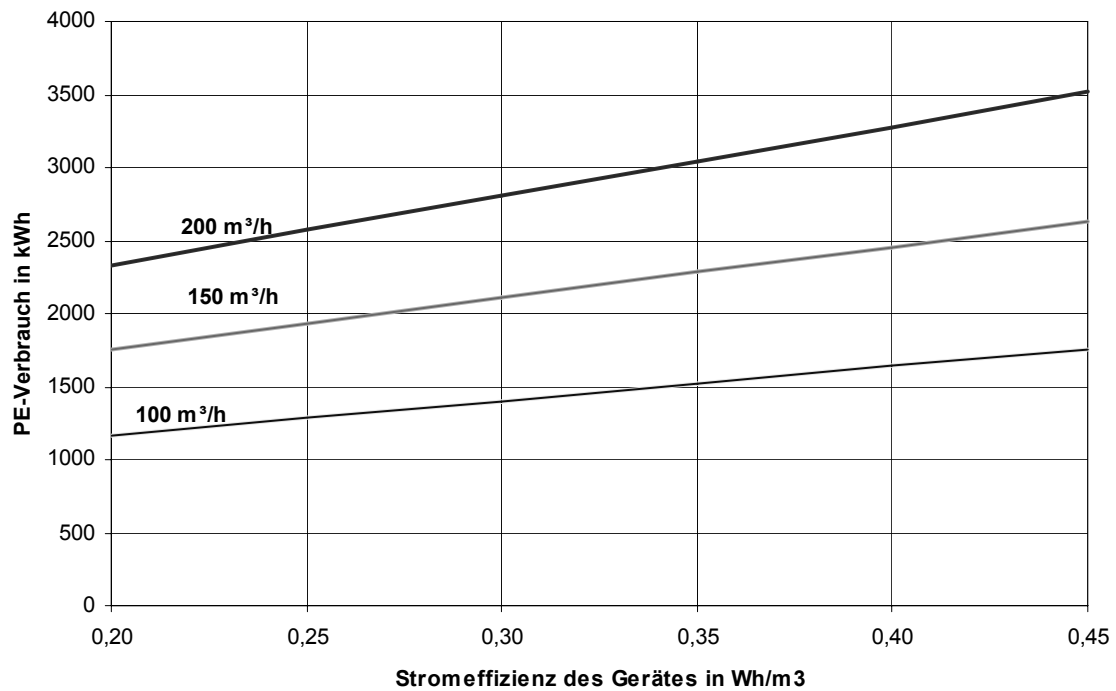


Abbildung 3: Fiktiver PE-Verbrauch der Wohnraumlüftung in kWh in Abhängigkeit von Luftmenge und Stromeffizienz ($\eta_{\text{eff}} = 75\%$)

PE-Verbrauch durch allfällige aktive Befeuchtung

Beim energetischen Vergleich von Systemen mit und ohne Feuchterückgewinnung stellt sich die Frage des Energieverbrauchs einer aktiven Befeuchtung, die bei sehr

niedrigen Feuchtelasten eingesetzt werden können. Im Rahmen des BFE-Projekts wurde auch ein EXCEL-Tool entwickelt, das es ermöglicht, diesen Energieverbrauch zu ermitteln. Da das Tool jedoch keine Feuchtespeicherkapazität berücksichtigen kann, liefert es tendenziell deutlich pessimistische Ergebnisse. Relative Aussagen können aber gut getroffen werden.

Ein beispielhaftes Gebäude mit ca. 140 m² WNF, 4 Personen, Feuchtelast niedrig (6 l/d), Luftmenge 140 m³/h würde hier zunächst ca. 1600 Stunden Unterschreitung von r.F. = 30% liefern. Eine Reduktion des mittleren Volumenstroms durch Bedarfsregelung auf ca. 100 m³/h im Mittel würde die Anzahl dieser Stunden auf ca. 1100 reduzieren. Auch beim Einsatz einer Feuchterückgewinnung liefert das Tool noch ca. 150 Stunden Unterschreitung, was die tendenziell pessimistische Darstellung untermauert. Will man aber bspw. mit Hilfe eines Dampfluftbefeuchters die Raumluftfeuchte zuverlässig oberhalb von 30% halten, so liefert das Tool einen Energieeinsatz von 120 kWh Strom – primärenergetisch also ca. 320 kWh/a. Auch bei Vernachlässigung jeglicher Feuchtespeicherkapazität schneidet somit eine allfällige (sinnvoll geregelte) Befeuchtung im Zusammenhang mit einer bedarfsorientierten Luftmenge energetisch besser ab, als eine Feuchterückgewinnungs-Technologie.

3. Fazit

Komfortable Raumluftfeuchte ist zunächst eine Frage des Verhältnisses von Feuchtelast zu Luftmenge. Überdimensionierte oder falsch betriebene Lüftungsanlagen können für deutlich zu niedrige Feuchtwerte sorgen. Bei sehr geringen Feuchtelasten stoßen auch richtig dimensionierte Anlagen an ihre Grenzen – Abhilfen stehen in Form von FRG-Technologien, bedarfsgeregelten Volumenströme und/oder aktiver Befeuchtung zur Verfügung.

Es zeigt sich dabei, dass sich Technologien zur Feuchterückgewinnung energetisch eher nachteilig auswirken. Bei sehr geringen Feuchtelasten bieten bedarfsgeregelte Volumenströme – allenfalls in Kombination mit kleiner aktiver Befeuchtung – eine gute Möglichkeit, die Raumluftfeuchte in den gewünschten Grenzen zu halten.

4. Literatur

- (1) RICHIGER, *Hausstaubmilbenallergie*, Broschüre, Schweizerisches Zentrum für Allergie, Haut und Asthma, 2002
- (2) TSCHUI, *Hausstaubmilbenallergie*, Broschüre, Schweizerisches Zentrum für Allergie, Haut und Asthma, 2004
- (3) KRAPMEIER, H., MÜLLER, E. *Wohnanlage*, CEPHEUS Projektinformation Nr. 25 Wolfurt, 2001
- (4) FREI *Feuchte in Niedrigenergiebauten*, Endbericht BFE-Projekt Nr. 10843, 2008

Srovnávací studie různých strategií pro optimalizaci vlhkosti v interiéru

Ing. Reinhard Weiss, drexel und weiss energieeffiziente haustechniksysteme GmbH,
Achstrasse 42, 6922 Wolfurt, Österreich
Tel: +43 5574 47895 0, www.drexel-weiss.com

1. Vlhkost v interiéru: požadavky a status quo

Použití větracích systémů je založeno mj. také na přání odebírat z budovy přebytečnou vlhkost. Přehnaně dimenzované větrací systémy nebo také neregulovaný provoz větracích systémů však vede k opačnému účinku. V tomto příspěvku se zmíníme o příslušných požadavcích a jejich aktuálním uvádění do praxe.

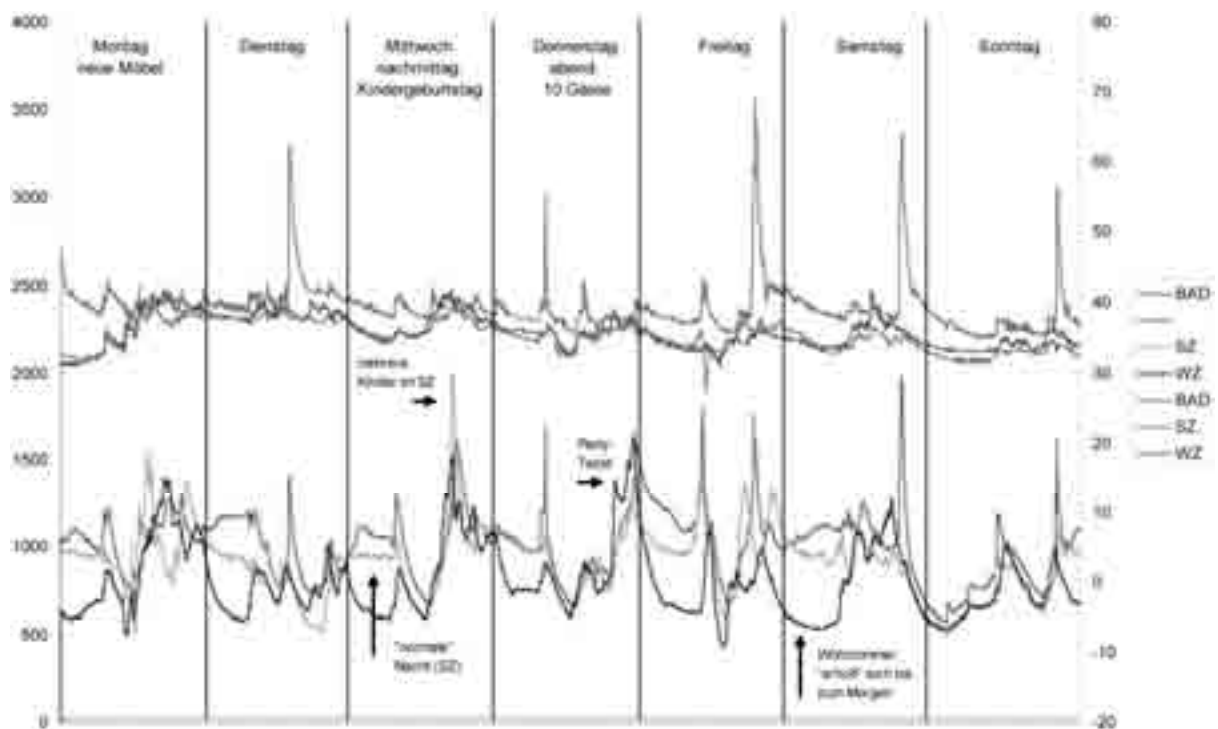
1.1. Pohled na normy

Rozsah tepelné pohody podle normy DIN 1946_2 sahá od 20 do 26°C a od 30% do 65%, přičemž absolutní vlhkost je limitována hodnotou 11,5 g/kg (mez potivosti). Švýcarská norma SIA E382/1 je podobná: za příjemné jsou ve Švýcarsku považovány hodnoty 21 až 26°C při relativní vlhkosti 30 až 60%. Předepsané hodnoty jsou doplněny poznámkou: „Občasné snížení těchto hodnot relativní vlhkosti až na 20% a občasné zvýšení až na 75% je pro několik málo dní v roce fyziologicky přípustné.“ Rovněž norma ASHRAE určuje vlhkost 30%, ovšem vztaženou na 21°C. Jako měřítko pro spodní hranici platí absolutní obsah vlhkosti v tomto bodě (4,8 g/kg). U vyšších teplot jsou hodnoty „pohodové“ vlhkosti odpovídajícím způsobem nižší (při 24°C: 25% r. vlhkosti). Jedna z nejnovějších studií na téma vlhkost vzduchu a komfort pochází od Renato Lazzarina [Tschui 2004] – i zde je uvedena hodnota 30 až 70% jako obecně přijatelná ze zdravotního hlediska; s dodatečnou poznámkou, že odpařování formaldehydu probíhá při vlhkém vzduchu v interiéru rychleji, což je negativním důsledkem.

Po shrnutí lze konstatovat, že hodnoty vlhkosti vzduchu v interiéru v rozpětí 30 až 60-70% jsou vědecky i normami považovány za naprosto přijatelné, popř. je lze označit za zdravé. Nižší hodnoty kolem 30% jsou tolerovány částečně příležitostně, z části v závislosti na pokojové teplotě.

1.2. Obvyklé hodnoty z praxe

Existuje již celá řada navržených pasivních domů, mezi jiným PD v rámci výzkumného projektu CEPHEUS [Krapmeier 2001]. Hodnoty vlhkosti vzduchu v interiéru se zde pohybují během topné sezóny většinou v rozpětí 30 až 40%; u některých budov, popř. bytů po 10 až 60 dní také pod 30%. Tuto zkušenost bylo možné potvrdit i řadou aktuálních měření v jedné bytové jednotce PD ve Wolfurtu. Hodnoty vlhkosti však teď byly měřeny ve 3 různých místech, kromě toho se měřila také teplota a CO₂.



Obr. 1: průběh vlhkosti a CO₂ během jednoho týdne v prosinci, byt B2 v PD Wolfurt Oberfeld.

Vlhkost vzduchu v interiéru v obývacím pokoji a ložnicích se pohybuje i zde od 30 do 40% (u pozdějších chladnějších vnějších teplot byly dosaženy i hodnoty nižší než 30%).

Povšimněte si, že všechna tato měření byla prováděna na zařízeních s konstantními objemovými toky (popř. pomocí časového programu nebo s ruční stupňovitou regulací). Případná potřeba zjednáání nápravy se proto vztahuje na případy s nevyhnutelnou divergencí mezi množstvím vzduchu a zátěží z vlhkosti nebo také na lidi s příslušnou vysokou sensibilitou.

2. Dopady různých opatření pro zvýšení vlhkosti vzduchu v interiéru

2.1. Porovnávaná opatření

V dalším textu se porovnávají technologie zpětného získávání vlhkosti (FRG) s důsledky řízení emisí CO₂. Za základ zde poslouží výsledky z měření a simulací ze švýcarského projektu BFE „Vlhkost v nízkoenergetických objektech“ [Frei 2008]. Posuzovány zde byly technologie zpětného získávání vlhkosti „sorpční rotační výměník tepla“ (RVT – RWT) a „deskový výměník tepla s membránovou exp. nádobou“ (DVT - PWT). Sorpční RVT se vyznačují právě při nízkých vnějších teplotách relativně vysokou účinností zpětného získávání vlhkosti, která se stoupající vnější teplotou poklesá. Deskové výměníky tepla s membránovou exp. nádobou naproti tomu vykazují poněkud nižší, ale relativně konstantní účinnost zpětného získávání vlhkosti. Pro regulaci objemového toku s automatickým řízením podle spotřeby byl v obývacím pokoji umístěn sensor CO₂. Regulace je aktivní jenom ve dne, v noci je do ložnic přiváděn vhodný konstantní objemový tok.

Simulace provedená HTA Luzern se omezila nejprve na regulaci objemového toku s automatickým řízením podle spotřeby. Byly posuzovány varianty s různými počty osob, akumulacími kapacitami vlhkosti a strategiemi regulace. Stanovená zátěž vlhkostí se při hodnotě cca 1,5 litrů/(osob.den) posuzuje jako nízká. Srovnatelné údaje z literatury postačují pro domácnost až do výše 15 litrů/den. U akumulací kapacit vlhkosti byly zvoleny 3 scénáře: zanedbání hodnoty; zohlednění akumulace vlhkosti ve stavební substanci a zohlednění zvýšené akumulace vlhkosti, přičemž vybavení nábytkem a jiné materiály byly ve všech variantách zanedbány. Kromě toho byla navíc posuzována strategie s další řídicí veličinou (vlhkost).

2.2. Dopady na vlhkost vzduchu v interiéru

Výsledky simulace v celkem 7 variantách lze shrnout následovně:

varianta:	1	2	3	4	5	6	7
počet osob:	4	4	4	2	1	4	4
akumulační kapacita vlhkosti:	žádná	normální	zvýšená	normální	normální	normální	normální
regulační strategie:	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2/r.v.	žádná
bydlení	osobohodin <30%	38	5	5	5	0	113
	odchylka od varianty 2	660%	-	0%	0%	-100%	2160%
	celkově hodin <30%	110	43	14	42	164	267
	odchylka od varianty 2	156%	-	-67%	-2%	281%	521%
spaní	osobohodin <30%	80	40	0	74	81	90
	odchylka od varianty 2	100%	-	-100%	85%	103%	125%
	celkově hodin <30%	105	28	0	49	117	242
	odchylka od varianty 2	275%	-	-100%	75%	318%	764%

Tabulka 1: hodiny s rel. vlhkostí <30% v lednu

Nejprve můžeme konstatovat, že předpokládaná hodnota akumulací kapacity vlhkosti má velký vliv na výsledky. U varianty s maximální návazností na praxi (zvýšená akumulací kapacita vlhkosti, v jejímž rámci se pokryjí i vlivy nábytku) vlhkost vzduchu v interiéru v domácnosti se 4 osobami i přes nižší zátěž vlhkostí prakticky nepoklesne pod 30%. Přitom byly posuzovány vnější teploty až do -20°C. Při srovnávací simulaci s konstantním objemovým tokem zde vycházejí hodnoty až 20% rel. vlhkosti (zde ovšem bez zohlednění zvýšené akumulací kapacity vlhkosti). V návaznosti na to pak byla provedena simulace na základě varianty 2, avšak se zpětným získáváním vlhkosti. Jak se dalo očekávat, nedochází zde k poklesu pod hodnotu 30%.

Ještě lze doplnit, že už i redukce množství vzduchu pomocí časových programů (na základě předdefinovaných uživatelských profilů) vede k výrazně nižší četnosti poklesu vlhkosti pod danou hodnotu, než je znázorněno u varianty 7 (konstantní množství vzduchu).

2.3. Potenciály převlhčení

V rámci téže simulace byla zkoumána také eventuální problematika převlhčení. Zde byly rozlišeny dvě horní mezní hodnoty – na jedné straně v návaznosti na normy 60%, na druhé straně „hodnota alergiků“ 50% (viz také [Richiger 2002]). Z výpočtů vyplývají hodnoty vysoko překračující dané meze u technologie s DVT

s membránovou exp. nádobou: 20% hodin v zimním pololetí překračuje hodnotu 60%; u sorpčního RVT se tato mez prakticky nepřekročí. Mez 50% se však u obou technologií překračuje velmi často (cca 50% u membránových DVT; cca 40% u sorpčních RVT). V porovnání s tím poskytuje simulace u objemového toku s regulací podle spotřeby překročení rel.vlhkosti=50% jen o cca 10%.

Na základě relativně vysokého počtu teoretických předpokladů, na nichž je tato simulace založena (žádná akumulární kapacita vlhkosti, žádné zobrazení větrání okny v přechodné sezóně), je však třeba tyto výsledky interpretovat velmi opatrně.

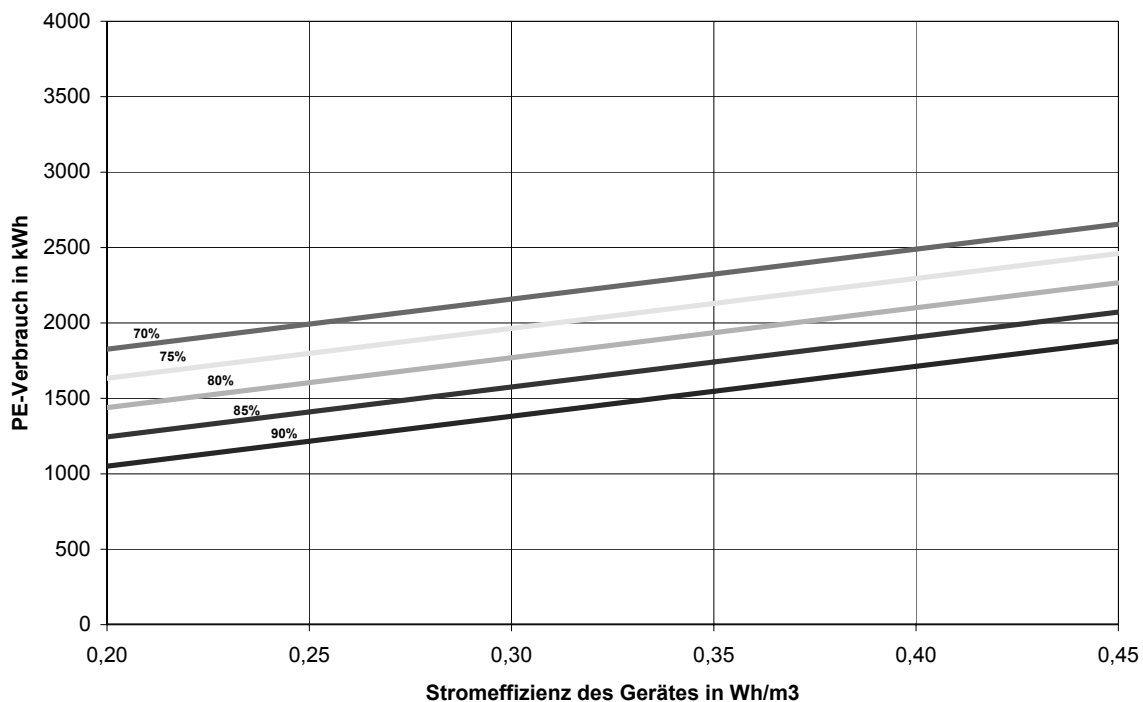
2.4. Dopady na spotřebu energie

Jak ukázala měření v rámci projektu BFE, pracuje sorpční RVT s efektivní účinností přípravy tepla cca 75% a účinností elektřiny ve výši 0,4 až 0,45 Wh/m³. Měřené zařízení s membránovým deskovým výměníkem tepla pracuje s $\eta_{\text{eff}} = 70$ až 75% a cca 0,29 Wh/m³, přičemž je třeba poznamenat, že zde vnitřní netěsnost při 100 Pa diferenčního tlaku činila 14 m³/h, což lze podle EN 13141-7 klasifikovat jako třídu vzduchotěsnosti 2. Požadavky podle PHI jsou zde výrazně porušeny.

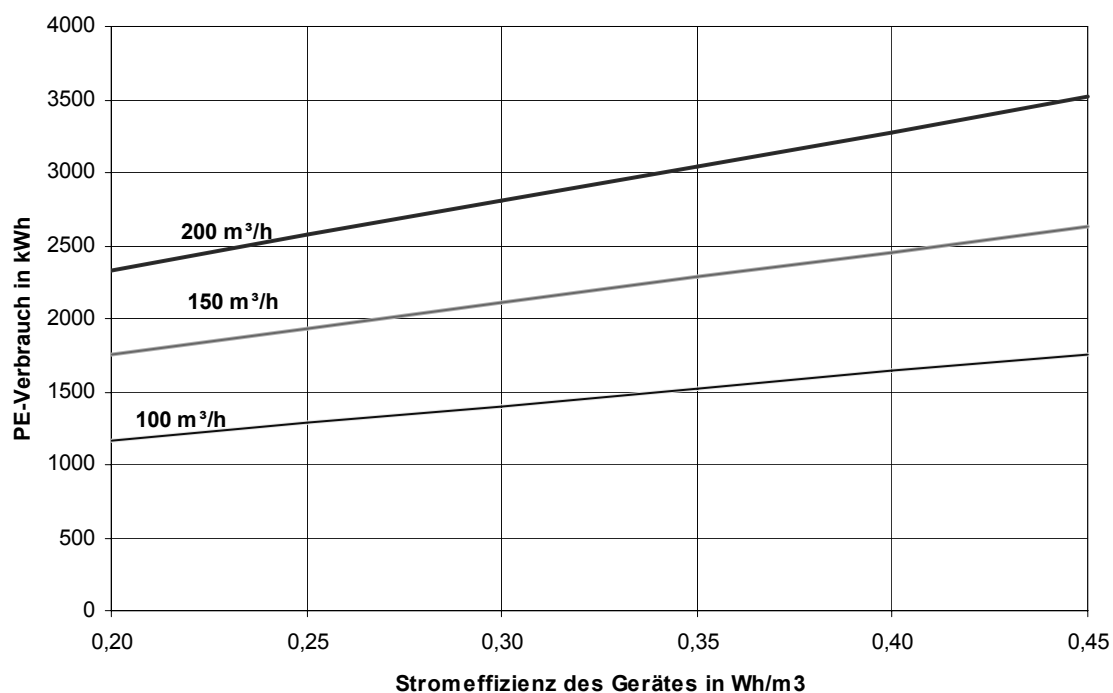
Fiktivní spotřeba prim. energie (PE) jako funkce účinnosti elektřiny a efektivní účinnosti přípravy tepla, příp. objemového toku

Na obr. 2 je znázorněn systém větrání jako spotřebič, v němž se počítá využitá elektřina a odpadní teplo, které nelze získat zpět, jako forma primární energie. Předpoklady: 84.000 hodinostupňů¹; celoroční provoz; PE_elektrina = 2,7; PE_teplo v int. = 1. Je dobře vidět, jak velký je vliv účinnosti elektřiny – její vzrůst z 0,3 na 0,45 Wh/m³ zde způsobí zvýšení spotřeby o cca 500 kWh_PE/a. Na obr. 3 je znázorněna souvislost mezi poháněným množstvím vzduchu a spotřebou PE (při konstantním η_{eff}). Toto množství vzduchu se projeví na podílu elektřiny a přetrvávající tepelné ztrátě větráním. Jejich optimalizace proto nabízí srovnatelně velký potenciál. Například redukce průměrného objemového toku ze 140 na 100 m³/h sníží spotřebu PE asi o více než 500 kWh/a. Systémy zpětného získávání vlhkosti (FRG) naproti tomu pracují částečně se zvýšeným množstvím vzduchu, aby zabránily příliš velké vlhkosti vzduchu v interiéru; tím se tato souvislost popřípadě ještě zostří.

¹ Pozn. překl.: Hodnota „denostupně“ udávaná v jednotkách Kd/a se přepočítá podle $1 \text{ d} = 24 \text{ h a } k = 1000$
na hodnotu „hodinostupně“ násobením $1 \text{ Kd/a} = 0,024 \text{ kWh/a}$ a naopak $1 \text{ Kh/a} = 1,24 \text{ Kd/a}$



Obr. 2: Fiktivní spotřeba PE pro větrání obytné místnosti v kWh v závislosti na efektivní účinnosti výroby tepla a na účinnosti elektřiny (množství vzduchu = 140 m³/h)



Obr. 3: Fiktivní spotřeba PE pro větrání obytné místnosti v kWh v závislosti na množství vzduchu a účinnosti elektřiny ($\eta_{\text{eff}} = 75\%$)

Spotřeba PE případným aktivním zvlhčováním

Při energetickém porovnávání systémů bez zpětného získávání vlhkosti a s ním se nabízí otázka, jaká je spotřeba energie při aktivním zvlhčování, které je možno použít

při velmi nízkých hodnotách zátěže vlhkostí. V rámci projektu BFE byl rovněž vyvinut programovací nástroj v programu EXCEL, který umožňuje tuto spotřebu energie vypočítat. Protože však tento nástroj neumí zohlednit akumulaci kapacity vlhkosti, poskytuje tendenčně výrazně pesimističtější výsledky. Relativní vyjádření však lze s jeho pomocí vystihnout dobře.

Příklad budovy o cca 140 m² obytné užité plochy, 4 osoby, zátěž vlhkostí nízká (6 l/d), při množství vzduchu 140 m³/h by zde nejprve vycházelo cca 1600 hodin nižších hodnot rel. vlhkosti pod 30%. Redukce průměrného objemového toku regulací podle spotřeby na průměrnou hodnotu cca 100 m³/h by přinesla snížení počtu těchto hodin na cca 1100. I při použití zpětného získávání vlhkosti vychází v tomto programu ještě cca 150 hodin nižších hodnot rel. vlhkosti, což podporuje tendenčně pesimistickou představu. Chceme-li však např. pomocí parního zvlhčovače vzduchu udržovat vlhkost vzduchu v interiéru spolehlivým způsobem vyšší než 30%, vypočítá program spotřebu energie ve výši 120 kWh elektřiny – ve formě primární energie tedy cca 320 kWh/a. I při zanedbání jakékoliv akumulaci kapacity vlhkosti tak vychází případné zvlhčování (vhodně regulované) v souvislosti s množstvím vzduchu řízeným spotřebou energeticky lépe než technologie zpětného získávání vlhkosti.

3. Shrnutí

Komfortní vlhkost vzduchu v interiéru je hlavně otázkou poměru zátěže vlhkostí ku množství vzduchu. Předimenzované nebo nesprávně provozované větrací systémy mohou mít za následek výrazně až příliš snížené hodnoty vlhkosti. U velmi nízké zátěže vlhkostí narážejí i správně dimenzované systémy na své hranice – náprava spočívá ve formě technologie zpětného získávání vlhkosti, regulace objemových toků podle spotřeby a/nebo aktivního zvlhčování.

Přitom se ukazuje, že technologie pro zpětné získávání vlhkosti se projevují energeticky spíše nevýhodně. U velmi nízké zátěže vlhkostí nabízejí způsoby regulace objemových toků podle spotřeby – avšak v kombinaci s malým aktivním zvlhčováním – dobrou možnost, jak udržovat vlhkost vzduchu v interiéru v požadovaných mezích.

4. Literatura

- (1) RICHIGER, *Hausstaubmilbenallergie*, Broschüre, Schweizerisches Zentrum für Allergie, Haut und Asthma, 2002
- (2) TSCHUI, *Hausstaubmilbenallergie*, Broschüre, Schweizerisches Zentrum für Allergie, Haut und Asthma, 2004
- (3) KRAPMEIER, H., MÜLLER, E. *Wohnanlage*, CEPHEUS Projektinformation Nr. 25 Wolfurt, 2001
- (4) FREI *Feuchte in Niedrigenergiebauten*, Endbericht BFE-Projekt Nr. 10843, 2008

Beurteilungskriterien für die Qualität eines Wärmerückgewinnungsgerätes

Dipl.-Ing. Eberhard Paul, Paul Wärmerückgewinnung GmbH
 Vettermannstraße 1-5, 08132 Mülsen, Deutschland
 Tel: +49 37601 3900, Fax: +49 037601 25845
 e-mail: info@paul-lueftung.de, www.paul-lueftung.net

1. Zielgrößen

- Wärmebereitstellungsgrad $\eta \uparrow$
- Stromverbrauch \downarrow
- Geräusch \downarrow
- Hygiene \uparrow

2. Energieeffizienz/Leistungsfaktor

2.1. Leistungsfaktor

Um die Effizienz von Wärmerückgewinnungsgeräten zu beurteilen, wird häufig das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand verwendet. Dabei ist der Nutzen: die zurückgewonnene Wärmemenge ΔH [W] und der Aufwand: die eingesetzte Elektroenergie P_{el} [W].

Aus diesem Verhältnis resultiert der so genannte Leistungsfaktor $\varepsilon = \frac{\Delta H}{P_{el}}$.

Wärmerückgewinnungsgeräte arbeiten häufig mit Leistungsfaktoren $\varepsilon = 5$ bis 24.

Bei Wärmepumpen wird zur Effizienzbeurteilung auch dieser Leistungsfaktor verwendet. Die üblichen 4 Wärmepumpen-Typen erreichen Leistungsfaktoren von

Leistungsfaktoren	WP-Typ	Energie von/zu
= 2,5...4,5 Praxiswerte: $\varepsilon = 3$	Erdwärmepumpen	Erde \rightarrow Sole/Wasser
= 2,0...4,5	Außenluftwärmepumpen	Außenluft/Wasser
= 1,5...2,5	Abluftwärmepumpen	Abluft/Wasser
$\varepsilon = 2,4...2,8$	Abluft-Zuluft-Wärmepumpen	Abluft/Zuluft
$\varepsilon = 5...24$	Wärmerückgewinnung	Abluft/Zuluft

Hieraus ist zu entnehmen, dass beim Abkühlen von Abluft (auf ca. 1 bis 2 °C \rightarrow bei tieferen Temperaturen vereist der eingesetzte Wärmetauscher/Verdampfer) in einem Luft-Luft-Wärmetauscher mit $\varepsilon = \text{max. } 24$ ein weit höherer Leistungsfaktor ε möglich ist als bei Abkühlung der Abluft in Wärmepumpen (siehe oben Tabelle c) und d)).

2.2. Wärmerückgewinnung

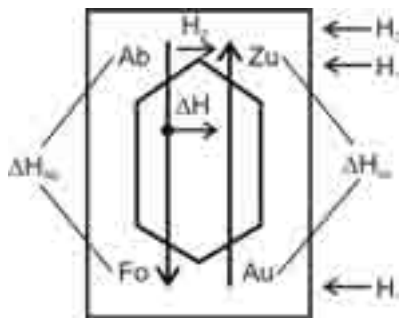
Die Wärmemenge, die im Wärmetauscher zurück gewonnen wird, sollte eigentlich klar definiert sein – aber es gibt doch einige Aspekte, die weniger bekannt sind.

- a) Wärmeübertragung im “Wärmetauscher” ... Die übertragene Wärme kann man messen
- durch Wärmezunahme zwischen Außen- und Zuluft (ΔH_{Zu}) oder
 - durch Wärmeabnahme zwischen Ab- und Fortluft (ΔH_{Ab})

Physikalisch sollte $\Delta H_{Zu} = \Delta H_{Ab}$ sein; aber in der Praxis ist ΔH_{Zu} häufig viel größer: $\Delta H_{Zu} > \Delta H_{Ab}$ und deshalb auch: $\eta_{Zu} > \eta_{Ab}$ → siehe unten Tabelle

Ursachen:

- Zuluft-Erwärmung vom Aufstellraum: H_1 durch das Gehäuse
- Leckage Warmluftströme:
 - H_2 – von der Abluft
 - H_3 – vom Aufstellraum



	echter Wirkungsgrad η_{Ab} (Passivhaus-Zertifikat) ↓ abluftseitig $\eta_{Ab} = \frac{\Delta H_{Ab}}{H_{Ab} - H_{Au}}$	meistens verwendeter Wirkungsgrad η_{Zu} ↓ zuluftseitig $\eta_{Zu} = \frac{\Delta H_{Zu}}{H_{Ab} - H_{Au}}$	Differenz
• Hersteller 1	69,9 %	90 %	20 %
• Hersteller 2	59,2 %	95 %	35 %
• Hersteller 3	92,0 %	99 %	7 %

guter Wert, sehr gut gedämmtes Gerät, geringe Leckage

- b) Wärmeaufnahme über das Gerät, d. h. die Außen- oder Zuluft nimmt vom Aufstellraum Wärme auf – dieser Anteil sollte gering sein: siehe oben Hersteller 3! und Bild 6 (rechts)
- c) Leckage-Warmluftströme durch externe Leckage (vom Aufstellort in die Zu- oder Fortluft und interne Leckage (von der Abluft in die Zuluft))

3. Wärmetauscher-Typen

Die Bauform des Wärmetauschers ist entscheidend für die Effizienz bei der Wärmerückgewinnung: je mehr Wärme aus der Abluft an die Außenluft übertragen wird, umso höher ist der Wärmerückgewinnungsgrad. Dieser Wirkungsgrad wird außerdem noch von der Fläche, die die beiden Luftströme im Wärmetauscher trennen, beeinflusst.

Wärmetauschertyp	Kreuzstrom-WT	Kreuz-Gegenstrom-WT	Gegenstrom-WT
Wärmetauscherfläche [m ²]	4-10	6-14	17-60
Wärmerückgewinnung effektiv η_{Ab} [%]	50-70	70-80	85-92

Kreuzstrom-Wärmetauscher. Die Strömungslänge ist recht kurz und damit auch die Kontaktzeit, die für die Wärmeübertragung von der Abluft an die Außenluft zur Verfügung steht.

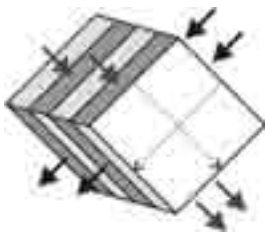


Abb. 1: Kreuzstrom Plattenwärmetauscher

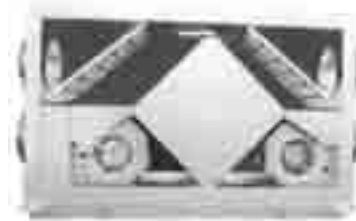


Abb. 2: Wärmerückgewinnungsgerät mit Kreuzstrom Plattenwärmetauscher

Eine Verbesserung der Wärmeübertragung erreicht man durch den Kreuz-Gegenstromwärmetauscher. Hierbei werden die beiden Luftströme in den Plattenspalten teilweise im Gegenstrom aneinander vorbeigeführt: die Strömung erfolgt über einen längeren Weg – die Kontaktzeit für den Wärmeübertragungsprozess vergrößert sich.

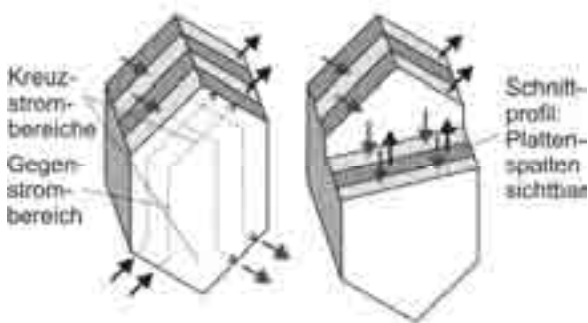


Abb. 3: Kreuzgegenstrom-Plattenwärmetauscher



Abb. 4: Wärmerückgewinnungsgerät mit Kreuzgegenstrom-Plattenwärmetauscher

Eine weitere deutliche Verbesserung bezüglich der übertragenen Wärme wurde durch eine Veränderung des Strömungsprofils erreicht: statt in Plattenspalten (Plattenwärmetauscher) werden die beiden Luftströme in quadratischen Kanälen geführt – daher: Kanal-Wärmetauscher. Die Struktur ist so ausgebildet, dass beide Luftströme

me hermetisch voneinander getrennt sind. Damit verdoppelt sich die Wärme-tauschfläche gegenüber den Plattentauschern. Üblicherweise wird dieser Wärme-tauscher in einer mehr längs gestreckten Form gebaut. Bei diesem Typ vergrößert sich die Strömungslänge, wodurch auch die Wärmeübertragungszeit erhöht wird – der Gegenstrombereich überwiegt, woraus sich die Bezeichnung „Gegenstromwärmetauscher“ ableitet. Dieser Wärmetauschertyp wird seit 13 Jahren gebaut.

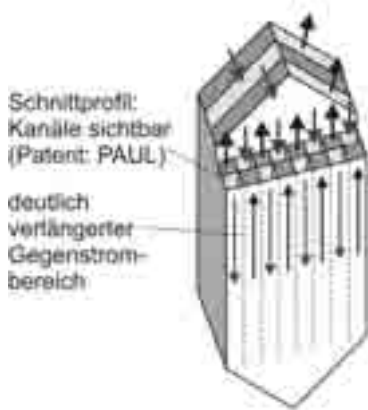


Abb. 5: Gegenstrom-Kanalwärmetauscher

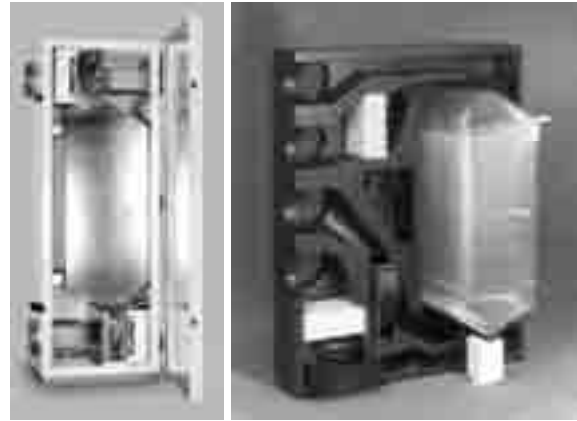


Abb. 6: atmos 175 DC (links) und thermos-Schnittmodell (rechts) mit Gegenstrom-Kanalwärmetauscher

4. Wärmetauscher-Größen, Geräte-Größen

Am Markt findet man sehr unterschiedliche Geräte-Größen → für denselben Einsatzzweck, z. B. bis 300 m³/h für ein Einfamilienhaus:

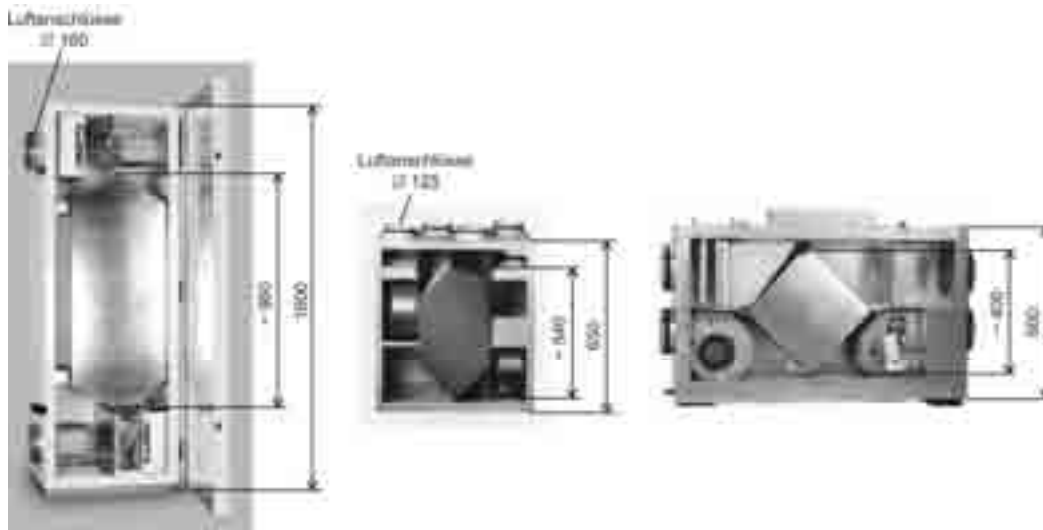


Abb. 7: Gegenstrom-Kanalwärmetauscher (PAUL) 100-300 m³/h (links) Kreuzgegenstrom-Plattenwärmetauscher 85-295 m³/h (Mitte) und Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher 120-350 m³/h (rechts)

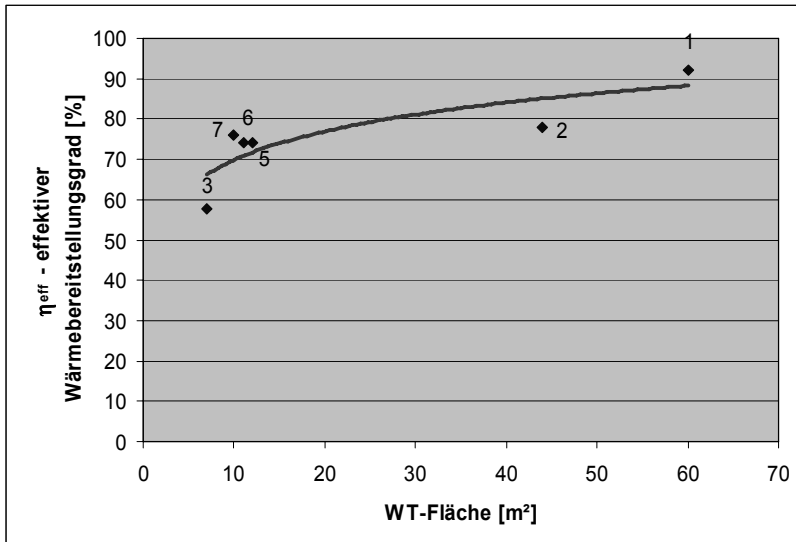


Abb. 8: Abhängigkeit des Wärmebereitstellungsgrades von der WT-Fläche

Wenn die Wärmetauschfläche in Luft-Luft-Wärmetauschern so enorme Bedeutung hat, liegt der Gedanke nahe, auch den Wärmetauscher als Korpus geometrisch zu vergrößern. Damit steigt die Wärmetauschfläche F , aber auch (meist) die gesamte freie Strömungsquerschnittsfläche $A/2$. Hierbei sinkt die Strömungsgeschwindigkeit w , der Druckverlust Δp wird geringer und die elektrische Leistungsaufnahme P_{el} am Ventilator sinkt!

$$w = \frac{\dot{V}}{A/2 \cdot 3600}$$

- w [m/s] – Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Wärmetauscher
- \dot{V} [m³/h] – Luftvolumenstrom eines Mediums
- $A/2$ [m²] – freie Strömungsquerschnittsfläche eines Mediums



Abb. 9: Effizienz im Bezug zur Korpusgröße

5. Elektroenergieverbrauch, Schallemission und Gerätevolumen

Bei einer Recherche von marktgängigen Wärmerückgewinnungsgeräten für jeweils vergleichbare Einsatzbereiche (Volumenstrombereiche) bestätigt sich dieser Zusammenhang nicht nur hinsichtlich der Korpusgröße des Wärmetauschers (WT) sondern auch des gesamten Geräte-Volumens:

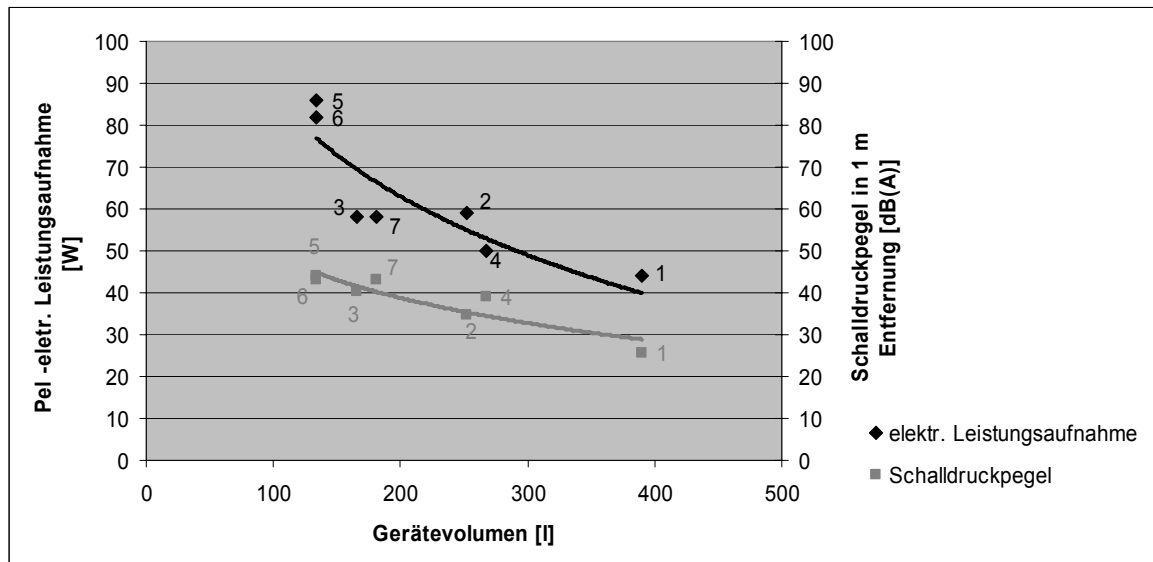


Abb. 10: Abhängigkeit der Leistungsaufnahme und der Schallemission vom Geräte-Volumen

6. Schallprobleme

Neben hoher Gerätegeräusche können unangenehme Geräuschpegel entstehen durch fehlende Schalldämpfer am Gerät oder zwischen den Zimmern (bei kurzen Leitungen), zu kleine Leitungsquerschnitte, Luftverwirbelung vor Luftauslässen, zu stark gedrosselte Tellerventile, zu kurzen Abstand vom Gerät bis zum 1. Tellerventil. Liegen die Ursachen beim Gerät, wird dieses häufig ausgeschaltet.

Die Folgen sind: fast stehende Luft. Die Thermik bewegt nur geringfügig die Luft im Rohr → im Winter erkaltet die Luft im Rohr z. B. bei ungedämmtem Spitzboden → hohe Feuchte → Mikrobewachstum!

7. Hygiene

Lüftungsgeräte sollten im Winter nicht ausgeschaltet werden, sondern bei Abwesenheit auf „Minimum“-Drehzahl gestellt werden. Im Normalfall ist die Zuluft-Feuchte in den Rohren ~15 % (Winter), welche Mikrobewachstum verhindert. Dicht sitzende Filter und regelmäßiger Filterwechsel (z. B. alle 90 Tage) sind gute Hygiene-Voraussetzungen. Feuchteübertragende (Platten-)Wärmetauscher verhindern im Winter ein zu trockenes Raumklima in belüfteten Räumen.

Kriteria pro posuzování kvality jednotek s rekuperací tepla

Dipl.-Ing. Eberhard Paul, Paul Wärmerückgewinnung GmbH
 Vettermannstraße 1-5, 08132 Mülsen, Deutschland
 Tel: +49 37601 3900, Fax: +49 037601 25845
 e-mail: info@paul-lueftung.de, www.paul-lueftung.net

1. Cílové veličiny

- stupeň poskytování tepla $\eta \uparrow$
- spotřeba elektřiny \downarrow
- hluk \downarrow
- hygiena \uparrow

2. Energetická efektivita / účinnost

2.1. Účinnost

Pro posuzování efektivity rekuperátorů tepla se často používá poměr užítku k nákladům. Při tom je:

užitek: získané množství tepla ΔH [W] a

náklady: spotřebovaná elektrická energie P_{el} [W].

Z tohoto poměru vyplývá takzvaná účinnost $\varepsilon = \frac{\Delta H}{P_{el}}$.

Rekuperátory tepla často pracují s účinností $\varepsilon = 5$ až 24.

Také u tepelných čerpadel se k posuzování efektivity používá tato účinnost. Obvyklé 4 typy tepelných čerpadel dosahují účinnosti

účinnost	typ tepelného čerpadla	energie z/do
= 2,5...4,5 hodnoty z praxe: $\varepsilon = 3$	čerpadlo zemního tepla	země → solanka/voda
= 2,0...4,5	čerpadlo venkovního tepla	venkovní vzduch/voda
= 1,5...2,5	čerpadlo tepla z odpadního vzduchu	odpadní vzduch/voda
$\varepsilon = 2,4...2,8$	čerpadlo na odpadní/ přiváděný vzduch	odpadní/přiváděný vzduch
$\varepsilon = 5...24$	rekuperace tepla	odpadní/přiváděný vzduch

Z toho vyplývá, že při ochlazování odpadního vzduchu (na cca 1 bis 2 °C → u nižších teplot namrzá použitý výměník tepla/výparník) ve výměníku tepla vzduch-vzduch s $\varepsilon = \max. 24$ je možná mnohem vyšší účinnost ε než při chlazení odpadního vzduchu v tepelných čerpadlech (viz výše tabulky c) a d)).

2.2. Rekuperace tepla

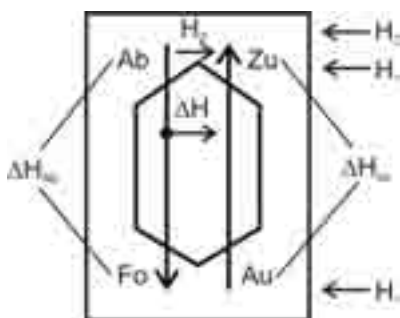
Množství tepla získávaného nazpět ve výměníku by mělo být jasně definované – existuje však ještě několik aspektů, které nejsou tak známé.

- a) přenos tepla ve „výměníku“ ... Přenesené teplo lze měřit jako
- přírůstek tepla mezi venkovním a přiváděným vzduchem (ΔH_{Zu}) nebo
 - úbytek tepla mezi odváděným a vypouštěným vzduchem (ΔH_{Ab})

Fyzikálně by mělo platit $\Delta H_{Zu} = \Delta H_{Ab}$; avšak v praxi je ΔH_{Zu} často mnohem větší: $\Delta H_{Zu} > \Delta H_{Ab}$, a proto i: $\eta_{Zu} > \eta_{Ab} \rightarrow$ viz tabulku níže

Příčiny:

- ohřívání přiváděného vzduchu v technické místnosti: H_1 přes kryt zařízení
- průnik proudů teplého vzduchu:
- H_2 – z odváděného vzduchu
- H_3 – z technické místnosti



	skutečná účinnost η_{Ab} (certifikát pro pasivní dům) ↓ na straně odváděného vzduchu $\eta_{Ab} = \frac{\Delta H_{Ab}}{H_{Ab} - H_{Au}}$	většinou používaná účinnost η_{Zu} ↓ na straně přiváděného vzduchu $\eta_{Zu} = \frac{\Delta H_{Zu}}{H_{Ab} - H_{Au}}$	rozdíl
• výrobce 1	69,9 %	90 %	20 %
• výrobce 2	59,2 %	95 %	35 %
• výrobce 3	92,0 %	99 %	7 %

dobrá hodnota, velmi dobře izolovaná jednotka, malý průnik

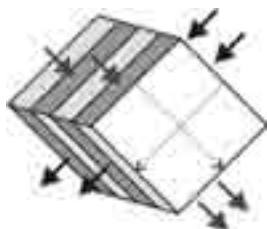
- b) příjem tepla jednotkou, tzn. venkovní nebo přiváděný vzduch přijímá teplo z technické místnosti – tento podíl by měl být malý: viz výše výrobce 3! a obr. 6 (vpravo)
- c) průnik proudů teplého vzduchu externími netěsnostmi (z místa instalace do přiváděného nebo vypouštěného vzduchu) a interními netěsnostmi (z odváděného vzduchu do přiváděného)

3. Typy rekuperačních výměníků

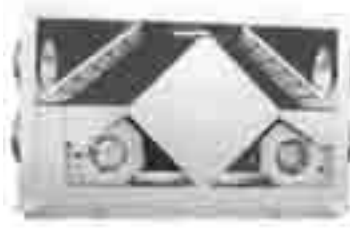
Pro efektivitu rekuperace tepla je rozhodující konstrukce výměníku: čím víc tepla se převádí z odváděného vzduchu do vzduchu přiváděného, tím vyšší je stupeň rekuperace tepla. Tuto účinnost kromě toho ovlivňuje i plocha oddělující oba vzduchové proudy ve výměníku.

typ výměníku tepla	křížové	křížové protiproudé	protiproudové
teplosměnná plocha [m ²]	4-10	6-14	17-60
účinnost rekuperace tepla η_{Ab} [%]	50-70	70-80	85-92

Křížové výměníky tepla. Délka proudění je velmi krátká, proto je krátká i doba kontaktu, jež je k dispozici pro přenos tepla z odváděného vzduchu do vzduchu venkovního.

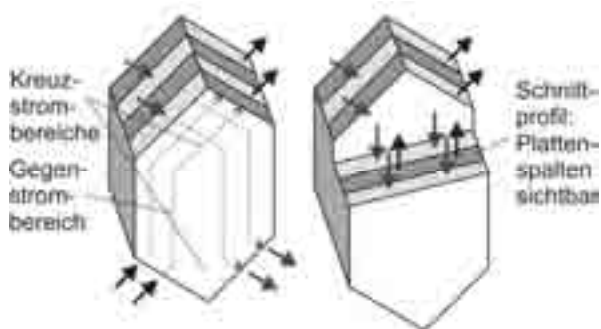


Obr. 1: Deskový výměník křížový



Obr. 2: Větrací jednotka s deskovým křížovým výměníkem

Zlepšení přenosu tepla se dosáhne v křížovém protiproudém výměníku. Zde se oba proudy vzduchu vedou ve štěrbinách desek částečně protiproudem: proudění má delší cestu, doba kontaktu pro přenos tepla se prodlužuje.

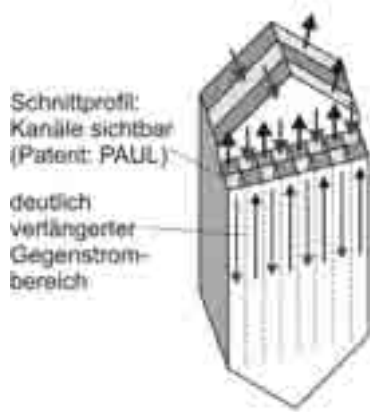


Obr. 3: Deskový výměník protiproudý

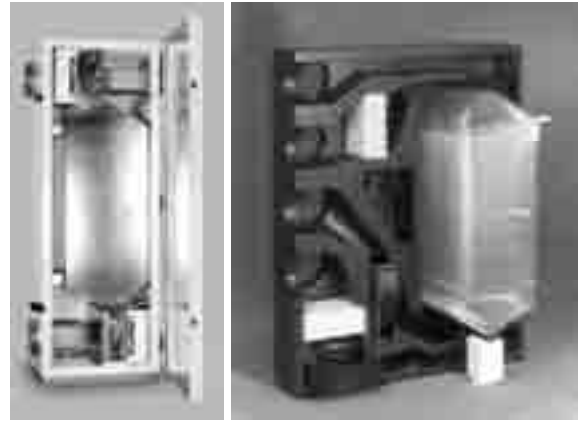


Obr. 4: Větrací jednotka tepla s protiproudým deskovým výměníkem

Dalšího zřetelného zlepšení přenášeného tepla bylo dosaženo změnou profilu proudění: místo ve štěrbinách desek (deskové výměníky) se oba proudy vzduchu vedou kvadratickými kanálkami – odtud kanálové výměníky. Jejich struktura je uspořádána tak, aby byly oba proudy vzduchu od sebe navzájem hermeticky oddělené. Tím se teplosměnná plocha oproti deskovým výměníkům zdvojnásobuje. Obvykle se tento výměník vyrábí v podlouhlém tvaru. U tohoto typu se zvětšuje délka proudění, čímž roste i doba přenosu tepla – převažuje pásmo protiproudu, z čehož se odvozuje označení „protiproudové výměníky“. Tento typ výměníků se vyrábí již 13 roků.



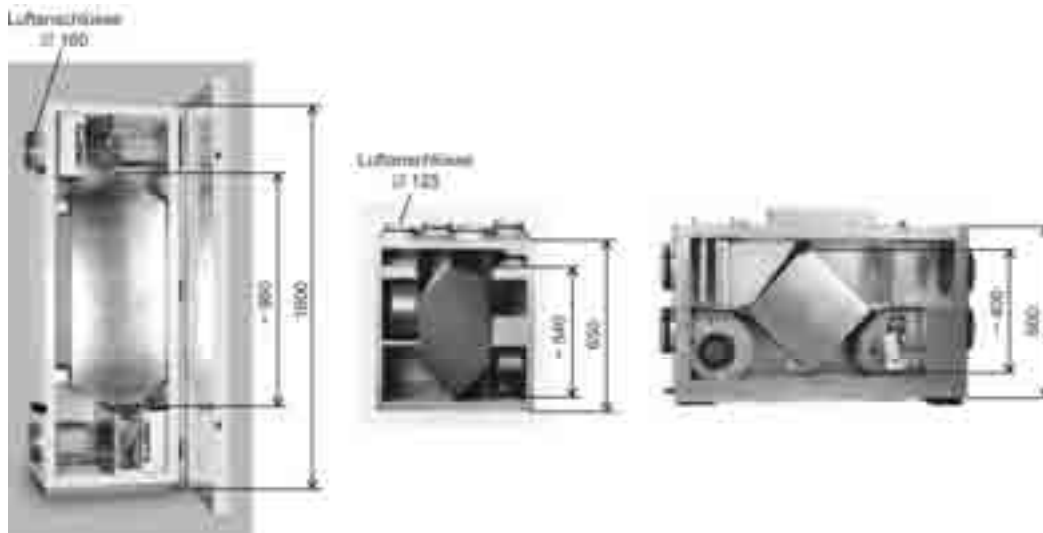
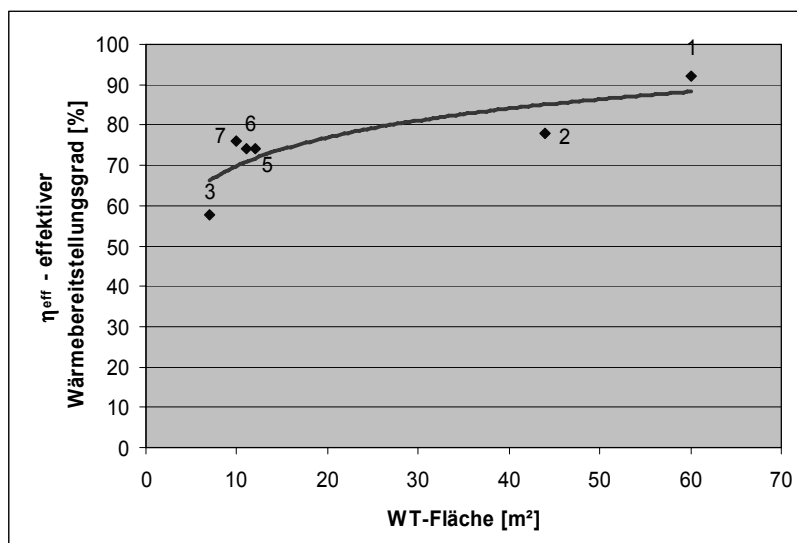
Obr. 5: Kanálový protiproudový výměník



Obr. 6: Moduly atmos 175 DC (vlevo) a thermos (vpravo) s kanálovým protiproudovým výměníkem

4. Velikosti výměníků tepla, velikosti jednotek

Na trhu se najdou velmi rozdílné velikosti jednotek → pro tentýž účel, např. pro rodinný dům do 300 m³/h:

Obr. 7: Kanálový protiproudový výměník (PAUL) 100-300 m³/h (vlevo), křížový protiproudový výměník 85-295 m³/h (uprostřed) a křížový výměník 120-350 m³/h (vpravo)

Obr. 8: Závislost stupně ohřevu na ploše výměníku tepla

Má-li teplosměnná plocha ve výměnících vzduch-vzduch tak velký význam, je nasnadě myšlenka zvětšit i výměník jako geometrické těleso. Tím vzroste teplosměnná plocha F , ale (většinou) i celková volná průřezová plocha proudění $A/2$. Tím klesá rychlost proudění w , ztráta tlaku Δp se zmenšuje a elektrický příkon P_{el} na ventilátoru klesá!

$$w = \frac{\dot{V}}{A/2 \cdot 3600}$$

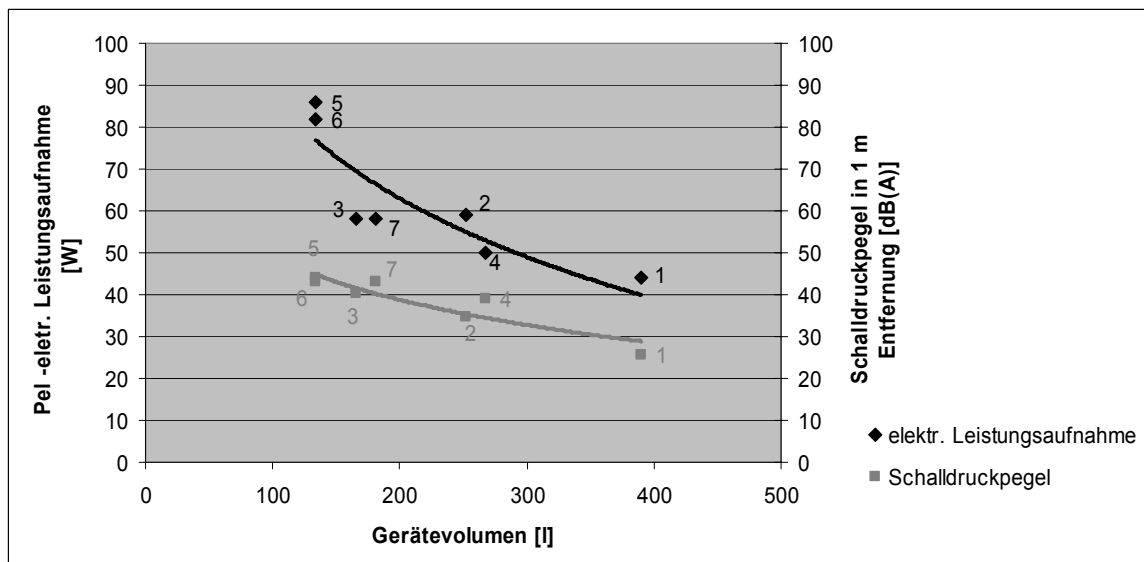
- w [m/s] – rychlost proudění vzduchu výměníkem
- \dot{V} [m³/h] – objemový proud média
- $A/2$ [m²] – volná průřezová plocha proudění média



Obr. 9: Efektivita ve vztahu k velikosti tělesa

5. Spotřeba elektrické energie, hlučnost a objem jednotky

Při zkoumání rekuperátorů tepla na trhu pro srovnatelné použití (rozsah objemového proudu) se tato souvislost potvrzuje nejen pokud jde o velikost tělesa výměníku (WT), nýbrž i celkového objemu jednotky:



Obr. 10: Závislost příkonu a hlučnosti na objemu jednotky

6. Problémy s hlučností

Vedle vysokých zvuků přístroje může vznikat nepříjemná hlučnost vlivem chybějících tlumičů na jednotce nebo mezi místnostmi (u krátkých potrubí), vlivem příliš malých

průřezů potrubí, víření vzduchu před výpustěmi, vlivem příliš seškracených talířových ventilů či příliš krátké vzdálenosti mezi jednotkou a prvním talířovým ventilem. Jestliže je příčina v jednotce, často se vypíná.

Důsledkem je téměř nehybný vzduch. Termika pohybuje vzduchem v potrubí jen minimálně → v zimě se vzduch v potrubí ochlazuje např. při nezatepleném podstřeší → vysoká vlhkost → růst mikrobů!

7. Hygiena

Ventilační jednotky by se neměly v zimě vypínat, ale i při nepřítomnosti pouze stáhnout na „minimální frekvenci“. V normálním případě je vlhkost přiváděného vzduchu v potrubí ~15 % (v zimě), což brání růstu mikrobů. Dobrým hygienickým předpokladem jsou těsně sedící filtry a jejich pravidelné vyměňování (např. po 90 dnech). Výměníky tepla (deskové), které přenášejí vlhkost, zabraňují v zimě příliš suchému klimatu ve větraných místnostech.

Luftkollektor integriert in das Lüftungssystem der Passivhäuser

Dr. Vajda József, Universitaet Pécs, Technische Fakultät
 H-7624 Pécs, Boszorkány Str. 2.
 e-mail: vajdaj@witch.pmmf.hu

1. Einleitung

Für die, mit der Zuluft geheizten Passivhäuser stellen die Luftkollektoren eine sinnvolle Ergänzung der Erdwärmetauscher dar. Einfache Luftkollektoren werden sogar von Schüler und Studenten auch unter Verwendung von leeren Bierdosen gebaut, wobei diese Luftkollektoren zutreffend und witzig Bierkollektoren genannt werden. Ein solchen Bierkollektor, der in Ungarn durch eine internationale Zusammenarbeit mit tschechischen und slowakischen Schüler dieses Jahr gebaut wurde, gibt Abbildung 1 wieder. Neben dem Bau des Kollektors wurde auch die Leistungskennlinie dessen messtechnisch bestimmt, wobei der schräg gestellte Kollektor allein durch den Schwerkraft mit der Luft überstömmt wurde. Die abgegebene Wärmeleistung (in Watt) in Abhängigkeit der Strahlungsintensität (in W/m^2) zeigt die Abbildung 2.



Abb. 1: Das Bierkollektor

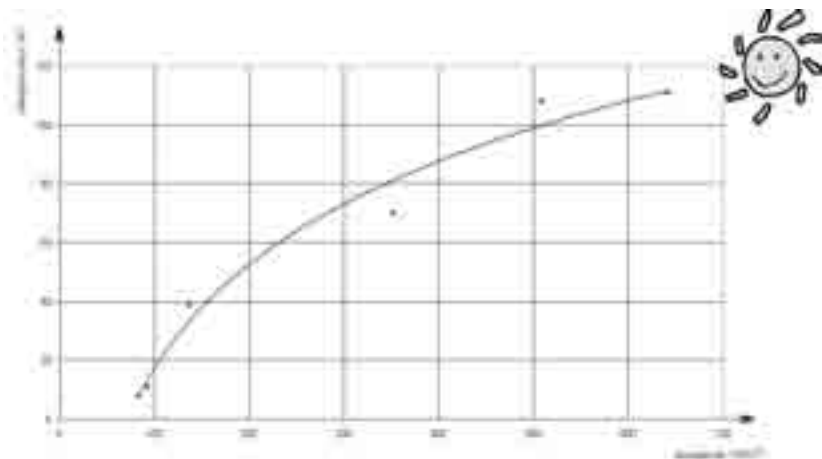


Abb. 2: Die Leistungskennlinie des Kollektors

2. Die Verwendung der Luftkollektoren in dem Lüftungssystem

Nach unserer Konzept ist der Einbau der Luftkollektoren nach dem Erdwärmetauscher und vor dem Wärmerückgewinner effektiv, wobei eine gewisse Energieeinsparung durch die weitere Vorwärmung der Zuluft in der Tagesstunden erzielt wird. Bei der energetischen Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass etwa die Hälfte der Zuluft (d.h. etwa 50 kg/h) über 1 m^2 Luftkollektorfläche in den Wärmerückgewinner einströmt. Weiterhin wurden zur Berechnungen die Kennlinien der handelsüblichen Luftkollektoren, die Monatsmittel der Klimadaten für mitteleuropäische Verhältnisse, bzw. die Software PHLuft von dem Passivhaus Institut Darmstadt angewandt. Die wichtigsten Berechnungsergebnisse für die Heizperiode bei Passivhäusern sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Monate	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	Maerz
Aussenlufttemperatur, mittel (°C)	4,1	0,7	-0,3	0,8	4,3
Bodentemperatur (°C)	12,0	10,9	10,0	9,6	9,8
mittlere Strahlungsintensitaet, Süd (W/m2)	497	527	503	506	442
Sonnenscheindauer (h)	9	7	9	11	13
Austrittstemp. des Erdwaermetauschers (°C)	5,7	2,8	1,7	2,2	4,9
Austrittstemperatur des Waermerückgewinners ohne Luftkollektor (°C)	17,0	16,4	16,2	16,2	16,8
Austrittstemperatur des Waermerückgewinners mit Luftkollektor (°C)	19,1	18,3	18,1	18,3	18,5
Temperaturdifferenz der obigen (°C)	2,1	1,9	1,9	2,1	1,7
Energieeinsparung durch den Luftkollektor (kWh/Jahr)	19,8	14,4	18,6	22,6	24,0

Tabelle 1: Die Berechnungsergebnisse

3. Zusammenfassung

Durch die Beurteilung der Ergebnisse kann gaeussert werden, dass durch die preisgünstigen Luftkollektoren in dem vorgeschlagtem Einbau eine nennenswerte Einsparung (etwa 100 kWh/Jahr, d. h. 10 m³ Erdgas/Jahr) erreicht werden kann. Dies entspricht etwa 5 % des Jahresheizwaermebedarfes eines Einfamilienhauses im Passivhaus-Niveau. Die höhere Austrittstemperatur des Waermerückgewinners mit Luftkollektor bewirkt ein niedrigeren Energieverbrauch des nachgeschalteten, mit Pumpenwarmwasser geheizten Luffterwaermers. Weiterhin vorteilhaft erscheint, dass die Luftkollektoren mit grösseren Ertraegen in der zweiten Haelfte der Heizperiode gut die sinkednen Bodentemperaturen ausgleichen. (siehe die letzte Zeile der Tabelle). Das Schaltbild des Lüftungssystems mit Luftkollektor und die notwendige regelungstechnische Ausrüstung wird im Poster aufgezeigt.

4. Literatur

- (1) VAJDÁNÉ FROHNER, I. *A sokoldalú télkert* – Magyar Építéstechnika, 2008/2-3. p. 124.
- (2) SZABÓ, M. *A napenergia hasznosítása* – In: Környezettechnika (Szerk.: Barótfi I.), Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000, p. 32-69.

Vzduchový kolektor integrovaný do větracího systému pasivních domů

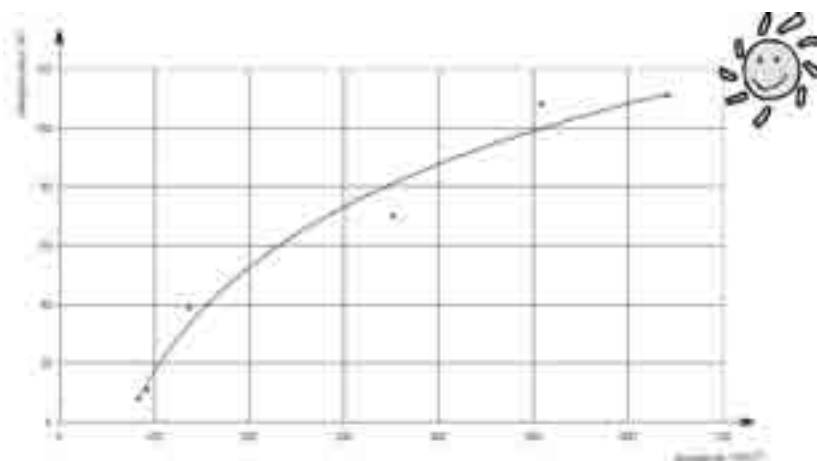
Dr. Vajda József, Universitaet Pécs, Technische Fakultat
H-7624 Pécs, Boszorkány Str. 2.
e-mail: vajdaj@witch.pmmf.hu

1. Úvodem

U pasivních domů vyhříváných přiváděným vzduchem představují vzduchové kolektory vhodný doplněk k zemnímu tepelnému výměníku. Jednoduché vzduchové kolektory si mohou s pomocí prázdných plechovek od piva sestavit i studenti – takto vyrobené kolektory jsou dokonce příznačně a vtipně nazývány „pivními kolektory“. Takovýto kolektor z plechovek od piva, který letos v Maďarsku postavili společně čeští a slovenští žáci v rámci mezinárodní spolupráce, je zachycen na obrázku 1. Měřením byla stanovena výkonnostní křivka kolektoru, přičemž šikmo umístěným kolektorem proudil vzduch samospádem. Na obr. č. 2 je znázorněn předávaný tepelný výkon (ve wattech) v závislosti na intenzitě slunečního záření (W/m^2).



Obr. 1: Kolektor z plechovek od piva



Obr. 2: Výkonnostní křivka kolektoru

2. Využití vzduchových kolektorů ve větracím systému domu

Na základě našeho konceptu se ukazuje jako efektivní umístění vzduchového kolektory za zemním tepelným výměníkem a před rekuperací tepla, přičemž určité energetické úspory lze dosáhnout dalším ohřevem přiváděného vzduchu v průběhu dne. Při energetickém výpočtu se vycházelo z předpokladu, že zhruba polovina přiváděného vzduchu (tj. asi 50 kg/h) proudí do rekuperace přes 1 m² plochy vzduchového kolektoru. Institut pasivních domů v Darmstadtu použil pro výpočet těchto hodnot charakteristiky běžně dostupných vzduchových kolektorů, klimatické hodnoty pro střední Evropu v měsíčním průměru a software PHLuft. Nejdůležitější výsledky těchto výpočtů týkající se periody vytápění pasivních domů jsou shrnuty v následující tabulce 1.

Měsíce	listopad	prosinec	leden	únor	březen
Střední hodnota venkovní teploty vzduchu (°C)	4,1	0,7	-0,3	0,8	4,3
Teplota půdy (°C)	12,0	10,9	10,0	9,6	9,8
Střední intenzita slunečního záření, jižní strana (W/m ²)	497	527	503	506	442
Počet hodin slunečního záření (h)	9	7	9	11	13
Výstupní teplota ze zemního tepelného výměníku (°C)	5,7	2,8	1,7	2,2	4,9
Výstupní teplota z rekuperace bez vzduchového kolektoru (°C)	17,0	16,4	16,2	16,2	16,8
Výstupní teplota z rekuperace se vzduchovým kolektorem (°C)	19,1	18,3	18,1	18,3	18,5
Teplotní rozdíl u výše uvedených hodnot (°C)	2,1	1,9	1,9	2,1	1,7
Energetická úspora dosažená s pomocí vzduchového kolektoru (kWh/rok)	19,8	14,4	18,6	22,6	24,0

Tabulka 1: Výsledky výpočtů

3. Shrnutí a závěr

Po zhodnocení všech těchto výsledků lze konstatovat, že díky cenově příznivým vzduchovým kolektorům nainstalovaným uvedeným způsobem lze dosáhnout určité úspory elektrické energie (ca. 100 kWh/rok, tj. 10 m³ zemního plynu/rok). Tato hodnota odpovídá zhruba 5% celkové roční spotřeby tepelné energie rodinného domu postaveného v pasivním standardu. Vyšší výstupní teplota rekuperátoru se vzduchovým kolektorem tak snižuje spotřebu energie u ohřívače vzduchu vytápěného teplou vodou. Další výhodou je, že díky vyšším tepelným ziskům v druhé polovině topné periody jsou vzduchové kolektory schopné vyrovnávat klesající teplotu půdy (viz poslední řádek v tabulce). Schéma spínání větracího systému se vzduchovým kolektorem a veškeré regulační prvky jsou znázorněny v přehledu.

4. Literatura

- (1) VAJDÁNÉ FROHNER, I. *A sokoldalú télikert* – Magyar Építéstechnika, 2008/2-3. p. 124.
- (2) SZABÓ, M. *A napenergia hasznosítása* – In: Környezettechnika (Szerk.: Barótfi I.), Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000, p. 32-69.

Fotovoltaika pro PD Koberovy v souvislostech

Kamil Staněk, ČVUT, Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Tel.: +420 224 354 473, e-mail: kamil.stanek@fsv.cvut.cz

1. Úvod do fotovoltaiky v Koberovech

1.1. Základní přehled

Oba koberovské fotovoltaické (FV) systémy spadají do kategorie malých domovních systémů. Instalované FV panely jsou postaveny na technologii krystalického křemíku (c-Si), stejně jako 90 % veškerých instalací v současné době. Každý ze systémů je založen na odlišné filozofii. Následující příspěvek má na koberovském příkladu přiblížit okolnosti instalace obdobných systémů a popsat některé zákonitosti jejich plánování.

Tab. 1: Základní parametry koberovských FV systémů.

parametr	dům č. 6	dům č. 7
instalovaný jmenovitý DC výkon	8,45 kWp	1,085 kWp
výstupní jmenovitý AC výkon	6,9 kW	1,0 kW
typ provozu	síťový (přímé napojení do DS)	kombi síťový a ostrovní (napojení do domu)
typ FV panelů / počet	Kyocera KC130GTH-2 / 65 ks	Solartec SST72-155/24 / 7 ks
jmen. DC výkon / účinnost FV panelu	130 Wp / 13,99 %	155 Wp / 12,08 %
rozměr FV panelu (l x š x d)	1 425 x 652 x 36 mm	1 578 x 813 x 34 mm
technologie FV článků	multikrystalický křemík (mc-Si)	monokrystalický křemík (c-Si)
celková plocha FV panelů / instalace	60,4 / 62,7 m ²	9,0 / 9,2 m ²
síťové DC/AC měniče napětí	SMA SB 5000TL HC a SB 2500 (→připojeno na 2 fáze)*	SMA SB 1100 (→připojeno na 1 fázi)
typ podpůrné konstrukce	Schletter Plandach 5 (hliník)	standardní typ pro šikmé střechy (hliník)

*) Provozovatelé distribučních soustav jen zřídka povolují připojení výkonů nad 5 kW_p na jednu fázi.



Obr. 1: Pohled na koberovské FV systémy instalované na domech č. 6 a 7. Foto: autor.

1.2. Dům č. 6

FV systém na domě č. 6 je příkladem v současnosti nejběžnějšího způsobu využívání fotovoltaiky. Ze soustavy FV panely → DC/AC měniče je výkon veden na hranici pozemku, kde je v kapličce přes 4-kvadrantový elektroměr náfázován do distribuční soustavy (DS). Ačkoli je FV systém stavebně pevně spojen s domem, po energetické stránce se jeho provozu přímo neúčastní a veškerá produkce je prodávána za garantovanou výkupní cenu provozovateli DS. Energetický přínos FV systému však virtuálně vyrovnává veškerou energetickou potřebu domu, čímž z něj činí energeticky nulový dům v celoroční bilanci [1].

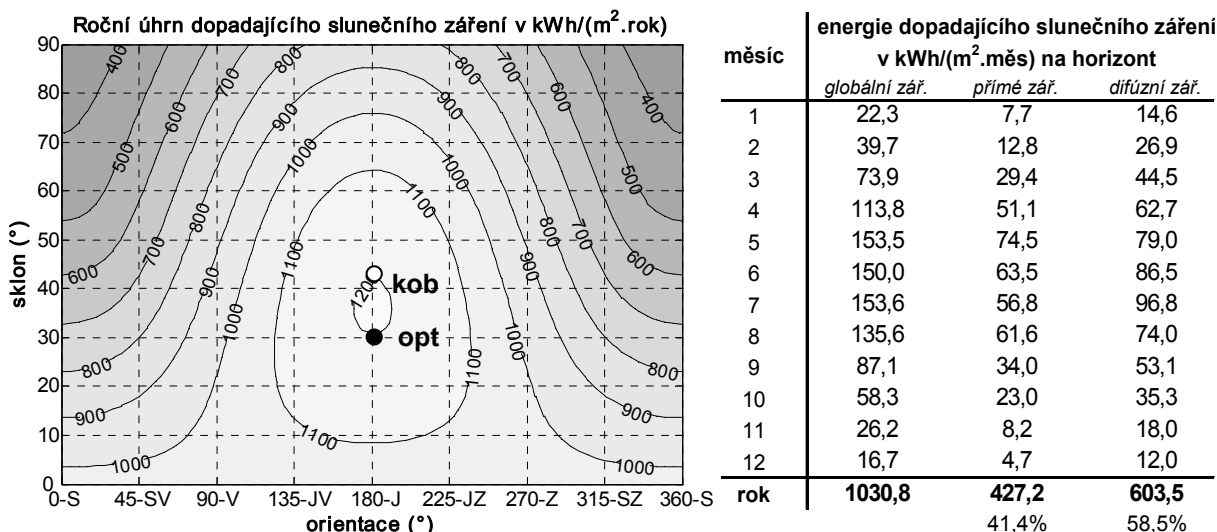
1.3. Dům č. 7

Pro dům č. 7 bylo použito řešení, kde FV systém slouží zároveň jako záložní zdroj v případě výpadku DS. Součástí systému tak kromě základních komponent uvedených v Tab. 1 jsou: 1) soustava deseti 12 V gelových akumulátorů s celkovou kapacitou 1 200 Ah (tzn. uloženo 12 kWh vč. ztrát); 2) ostrovní DC/AC měnič napětí SMA Sunny Island 4248 s min. pohotovostním AC výkonem 3,4 kW; 3) inteligentní řídicí jednotka. Systém pracuje ve dvou režimech: 1) v běžném režimu je produkce dodávána do domu, resp. případné přebytky do DS, a akumulátory jsou udržovány plně nabitě; 2) v nouzovém režimu při výpadku DS je systém automaticky přepnut do ostrovního provozu, elektřina je čerpána z akumulátorů a veškerá produkce je využita pro potřeby domu. Klíčové domovní technologie a nouzové osvětlení jsou v provozu.

2. Fotovoltaický potenciál zájmových střech

2.1. Solární potenciál lokality

Jednou z nejdůležitějších informací pro plánování FV systému je množství dostupného slunečního záření v dané lokalitě H v kWh/(m².rok).



Obr. 2: Roční úhrn sluneč. záření dopadajícího na roviny různých sklonů a orientací v kWh/(m².rok). Černým bodem je vyznačeno optimum (jih, 35°, 1 205 kWh/(m².rok)), bílým bodem poloha koberovských FV systémů (jih, 45°, 1 190 kWh/(m².rok)). Zpracováno na základě hodinových dat [2].

Tab. 2: Měsíční úhrny dopadajícího sluneč. záření na vodorovnou rovinu pro Koberovy dle [2].

Oblast širšího optima lze najít mezi JV a JZ orientací a sklonem 20° až 50°, kde úbytek celoročního množství dopadajícího záření není větší než 6 %. Pro střechy s méně příznivou orientací a/nebo sklonem je vždy nutno pečlivě vážit nároky na méně standardní podpůrnou konstrukci, která nebude kopírovat střešní rovinu, vůči dlouhodobému energetickému přínosu, počítanému standardně pro dvacetileté období. Je nutné doplnit, že umístění do optimální polohy je klíčové hlavně v případě prodeje vyráběné elektřiny a snahy maximalizovat zisk. V optimální poloze připadá 70 % roční produkce na teplé měsíce roku (duben až září). U ostrovních, resp. záložních FV systémů, může být systém optimalizován pouze pro omezenou část roku, čemuž se podřizuje i poloha FV panelů (časté jsou ostrovní instalace na horských chatách s optimálním sklonem 70° pro zimní měsíce, samozřejmě s jižní orientací).

2.2. Rozbor ztrát a dosažitelná produkce elektřiny

Jmenovitý DC výkon FV panelů P_{nom} se běžně udává jednotkou W_p (Watt peak), čímž je myšlen výkon při tzv. standardních testovacích podmínkách (STC). Jedná se o hodnotu v bodě maximálního výkonu při intenzitě normálového dopadajícího záření $G_{STC} = 1\,000\text{ W/m}^2$ se spektrem AM 1,5 a provozní teplotě článků $T_{STC} = 25\text{ °C}$. Pokud není výrobcem přímo uvedena, lze účinnost panelů při STC dopočítat jako $\eta_{STC} = P_{nom} / (A_p \cdot G_{STC})$, kde A_p je plocha FV panelu v m^2 (viz Tab. 1). Při známém ročním úhrnu dopadajícího slunečního záření v ploše FV panelů H v $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, viz Obr. 2, lze celoroční AC (tzn. na střídavé straně) produkci FV systému v kWh/rok stanovit ze součinu $E_{AC} = \eta_{STC} \cdot H \cdot A_s \cdot PR$, kde A_s je celková plocha FV panelů instalovaných v systému v m^2 . Výkonový součinitel PR (-) je kumulativním vyjádřením veškerých ztrát, které jsou spojeny s provozem FV systému v reálných podmínkách.

Tab. 3: Rozbor ztrát a výsledný výkonový součinitel FV systému.

příčina / druh ztráty	odpovídající vyjádření účinnosti	průměrná roční hodnota
Pokles napětí (tedy i výkonu) vlivem zvýšené provozní teploty křemíkových článků.	reálná účinnost FV panelů η_P	93,5 %
Pokles napětí (tedy i výkonu) při nízkých intenzitách záření.		
Optická ztráta odrazem na krycím skle FV panelů při velkých úhlech dopadu slunečních paprsků.	relativní optická účinnost η_{opt}^*	96,5 %
Ztráta na DC/AC měničích (závisí na typu měniče).	Euro-ETA	91 až 98 %
Ztráta na kabeláži.	-	1,5 %
Ostatní ztráty: běžné provozní ztráty, vliv zapadání sněhem, odchylky od jmenovitých hodnot jednotlivých komponent, znečištění, servisní / neplánované odstávky.	-	4,5 %
Výsledný výkonový součinitel FV systému.	PR	0,8 (-)

*) Relativní optická účinnost při dopadu paprsků ve směru normály povrchu FV panelů je rovna 100 %.

Na uvedeném základě lze snadno vypočítat očekávanou roční AC produkci obou koberovských systémů.

Nad rámec ztrát uvedených v Tab. 3 se může vyskytnout ještě jedna příčina poklesu produkce systému, totiž vliv stínění. Zastíněný článek ve FV panelu se chová jako spotřebič a ostatní články musí tento článek napájet. Tím dochází k lokálnímu zahřívání tohoto místa a hrozí mu zrychlené stárnutí [3]. Celková produkce pochopitelně klesá. V rámci plánování systému by proto měly být jasně vymezeny zastíněné plochy a stanovena čistá využitelná plocha pro instalaci, prostá stínění.

Tab. 4: Produkce elektřiny koberovských FV systémů se započtením účinností instalovaných měničů.

parametr produkce	dům č. 6	dům č. 7
Celková roční AC produkce v kWh/rok.	8 065	1 006
Měrná roční AC produkce vztažená na instalovaný výkon v kWh/(kWp.rok).	954,4	927,2
Měrná roční AC produkce vztažená na 1 m ² FV panelů v kWh/(m ² .rok).	133,5	111,8

3. Realizace FV systému

3.1. Z pohledu investora

Při instalaci fotovoltaiky na budovu si pozornost nárokuje zejména stavební část celé akce, část elektro je zpravidla nekomplikovaná. Obdobně k věci přistupují úřady a celý proces se řídí Stavebním zákonem. Průběh realizace lze rozdělit do několika základních etap, které střídavě zaměstnávají investora, dodavatele i příslušné úřady.

Tab. 5: Základní etapy, které je nutné projít při realizaci malého FV systému od prvotního rozhodnutí po uvedení systému do trvalého provozu.

etapa	popis	zpracovává	trvání (týdny)
1)	Místní šetření a vypracování studie, která stanoví základní parametry instalace v návaznosti na podmínkách dané lokality a místních omezeních.	investor, popř. specializovaná firma či generální dodavatel	2
2)	Zaslání „Žádosti o připojení“ a „Dotazníku pro vlastní výrobu“ provozovateli distribuční soustavy (PDS). Čekání na vyjádření o připojitelnosti systému a rezervaci výkonu.	investor nebo generální dodavatel	4
3)	Výběrové řízení na zpracovatele projektové dokumentace, dodávku a montáž systému (nejčastěji jediný subjekt).	investor	3
4)	Vypracování projektové dokumentace pro stavební povolení (příp. ohlášení stavby) se stavební a elektro částí. Konečné vyjádření PDS k projektu na základě 1-pólového schématu.	dodavatel	3-4
5)*	Získání vyjádření dotčených orgánů a řízení pro získání stavebního povolení (v případě ohlášení zkráceno).	investor	min. 4
6)	Uzavření smlouvy o dílo na dodávku a montáž systému.	investor / dodavatel	1
7)	Vypracování prováděcí projektové dokumentace.	dodavatel	3
8)	Dodávka a montáž systému vč. revizí.	dodavatel	1
9)	Proces povolování připojení výkonu do DS. Získání licence na prodej od Energetického regulačního úřadu (ERÚ). Zkušební provoz a uzavírání smlouvy s PDS. Uzavření pojistné smlouvy.	investor / dodavatel	min. 4

*) V případě, že je FV systém plánován pro novostavbu, posuzuje stavební úřad kompletní projektovou dokumentaci stavby, jejíž součástí je i FV systém.

Nezbytnou součástí dlouhodobě bezproblémového provozu systému je monitoring a pravidelná údržba, nejlépe na začátku sezóny (březen).

Tab. 6: Harmonogram realizace malého FV systému.

krok	týden																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1)																							
2)																							
3)																							
4)																							
5)																							
6)																							
7)																							
8)																							
9)																							

3.2. Z pohledu projektanta a dodavatele

Plánování FV systémů pro budovy je svébytnou činností, na které se nejčastěji podílejí stavební a elektro inženýr. U realizací, kde je důraz kladen na estetiku instalace, má nezastupitelnou roli architekt. V mnoha případech musí být přizván také statik. Následující text nemá být podrobným projekčním návodem, snahou autora je zmínit některé hlavní rysy a záludnosti plánování FV systémů pro budovy, konkrétně na šikmé střechy.

Elektrické jádro systému tvoří soustava FV panely – DC/AC měnič napětí – kabeláž – přepěťové ochrany a prvky uzemnění (pro zajištění dlouhodobé bezpečnosti systému není rozumné na ochranných prvcích šetřit). Měniče jsou často spolu s rozvaděčem FV systému umístěny v blízkosti FV panelů kvůli zkrácení kabelových tras na DC straně systému.

FV panely jsou umístěny na podpůrné konstrukci s následujícími prvky pro instalace na šikmých střechách: nerezové střešní háky (nebo příslušné kotvy pro jinou než skládanou krytinu), hliníkové nosné profily, hliníkové bodové přítlačné tvarovky. Vlastní tíha podpůrné konstrukce vč. FV panelů je minimální, cca 15 kg/m², ale statické posouzení si vyžaduje vliv sněhu a větru. Větretem vyvolané sání klade nároky na kotvení podpůrné konstrukce, tlakové zatížení sněhem vyvolává průhyby podpůrných profilů i samotných FV panelů. U větších instalací je vhodné podpůrnou konstrukci dilatovat pro omezení vlivu teplotních objemových změn.

V případě šikmých střech je sání od větru největší v pásu střechy u štítové stěny při směru větru vodorovně s hřebenem. Zde musí být počet kotevních prvků podpůrné konstrukce až zdvojnásoben. Případy vytržení poddimenzovaných kotev a poničení FV panelů při silné vichřici nejsou výjimečné.

Použité FV panely musí být odzkoušeny na namáhání v tlaku dle ČSN EN 61215 [4], standardně pro rovnoměrné zatížení 2,4 kPa. Touto zkouškou se prokazuje, že pokles výkonu zatíženého panelu nepřesáhne 5 % a jedná se vlastně o mezní stav po-

užitelnosti (při překročení mezního poloměru křivosti panelů dochází totiž ke vzniku mikrotrhlin na člancích a porušení vnitřního elektrického obvodu FV panelů [5]).

Pokud to situace dovolí, je vhodné umožnit sklouzávání sněhu z plochy FV panelů. U komplikovanějších geometrií střech, např. při instalaci FV panelů v blízkosti úžlabí vícelodních budov (navátí sněhu), nebo při kombinovaném tlakovém zatížení sněhem a větrem (nárazovým), je třeba zvýšené opatrnosti a v případě pochybností raději požadovat panely odzkoušené na vyšší zatížení 5,4 kPa dle [4]. Vždy je nutné dodržovat montážní pokyny výrobců FV panelů i podpůrné konstrukce.

Situaci lze opět přiblížit na příkladu. Koberovy se nachází v VI. sněhové oblasti s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem $s_k = 3,0$ kPa a ve III. větrné oblasti s výchozí základní rychlostí větru $v_{b,0} = 27,5$ m/s. Dle ČSN EN 1991 [6] lze pro nejexponovanější část sedlové střechy (sklon 45° , výška hřebene 8,5 m), tedy v páse u okapu, vypočítat následující klimatické tlakové zatížení. Zatížení sněhem s je 1,2 kPa. Tlak větru na vnější povrch konstrukce na návětrné straně w_e je 0,45 kPa pro směr větru kolmo na hřeben. Výsledné kombinované tlakové zatížení sněhem a větrem je $1,65 \times 1,35 = 2,23$ kPa (návrhová hodnota) a standardní panely odzkoušené na 2,4 kPa s mírnou rezervou vyhovují.

Podpůrná konstrukce musí vždy umožňovat proudění vzduchu na zadní straně FV panelů, které odvádí nadbytečné teplo a zmírňuje pokles konverzní účinnosti článků vlivem nárůstu jejich provozní teploty (viz Tab. 3). Odvětrání musí být zajištěno i při větší míře integrace FV panelů do střešní krytiny, jako je tomu např. v Koberovech na domě č. 6. Mezi FV panely, které plní funkci střešní krytiny, a vrchní pojistnou hydroizolací je 8 cm hluboká větraná mezera. Pod vrchní pojistnou hydroizolací je další větraná mezera pro odvod vodní páry ze střešního souvrství a na jejím spodním líci je opět položena pojistná hydroizolace na krokách s vloženou tepelnou izolací. Jedná se tak o tříplášťovou střechu.

U některých druhů střešních krytin, např. u kanadského šindele, je nutné kotvení podpůrné konstrukce přes krytinu, čímž může být ohrožena hydroizolační funkce střešního pláště. Např. v případě systému o výkonu 5 kW_p se jedná o desítky průníků. Klíčová je pečlivost při provádění a možnost vizuálně zjistit případné stékání srážkové vody po pojistné hydroizolaci. Před prováděním je také důležitá dohoda o převzetí odpovědnosti a záruk za hydroizolační funkci střešního pláště. V tomto ohledu je však řádově větší problém u plochých střech s nedostatečnou rezervou únosnosti (např. lehké montované haly), kde je třeba použít invazivní techniky kotvení do nosné konstrukce zastřešení místo bezpečnější zátěžové varianty.

V náročnějších případech, zejména u starších střech, je vhodné v rámci prvotních úvah provést stavebně-technický průzkum. Dodavatel také může požadovat stavební připravenost střechy.

4. Závěrem

Návrh FV systémů pro budovy zahrnuje elektrotechnologické, stavební i architektonické aspekty a je nutné vycházet z místně specifických podmínek lokality, vyhodnotit rizika zastínění a minimalizovat pokles účinnosti FV panelů vlivem nadměrného nárůstu provozní teploty. Současný fotovoltaický trh nabízí širokou škálu výrobků vhodných pro různorodá řešení. Odměnou za pečlivost ve fázi návrhu a realizace systému je pak dlouhodobě fungující hi-tech obnovitelný zdroj energie, jak je možné vidět na příkladu koberovských instalací.

5. Literatura

- (1) TYWONIAK, J., STANĚK, K., MORÁVEK, P. Solar Energy Systems Integrated in Low-Energy Buildings. Strategies and Built Examples from the Czech Republic. In *World Sustainable Building 2008 – Conference Proceedings*. Melbourne, 2008, September 21 – 24.
- (2) METEONORM 5.1. Globální meteorologická databáze. Meteotest.
- (3) MACHÁČEK, Z., STANĚK, K. Vliv částečného zastínění fotovoltaických článků na činnost FV systému. In *Sborník konference ELEN 2006*. Praha, 18 – 19 září, ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2006. ISBN 80-239-3565-8.
- (4) ČSN EN 61215. *Fotovoltaické (FV) moduly z krystalického křemíku pro pozemní použití. Posouzení způsobilosti konstrukce a schválení typu*.
- (5) GRUNOW, P. et al. The influence of Micro Cracks in Multi-Crystalline Silicon Solar Cells on the Reliability of PV Modules. In *Proceeding of the 20th PVSEC*, Barcelona, 2005, June 6 - 10. ISBN 3-936338-19-1.
- (6) ČSN EN 1991. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem a Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*.

Tento příspěvek vznikl za podpory Výzkumného záměru 04 „Udržitelná výstavba“ (MSM 6840770005) a Výzkumného centra CIDEAS (1M6840770001). Zvláštní poděkování patří Petru Morávkovi za invenční řešení stavebních detailů uložení FV panelů integrovaných do střechy koberovského domu č. 6.

Pasivní domy 2008

6. Výpočty, měření, statistiky

Jürgen Schnieders

Das Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) des PHI	306
Nástroj pro projektování pasivních domů (PHPP)	314

Jan Tywoniak

Metodika hodnocení rodinných domů s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění	322
---	-----

Jiří Novák

Možnosti praktického využití výpočtu potřeby tepla na vytápění	331
--	-----

Pavel Kopecký, Kamil Staněk, Jan Antonín

Přesvědčivost výsledků výpočtu potřeby tepla na vytápění pasivních domů	337
---	-----

Lorant Krajcsovics

Pasívny dom v klimatických podmienkach Slovenska	345
--	-----

Claus Kahlert

Ein rationaler Ansatz für die Definition des Passivhauses bei gewerblicher Nutzung	351
Racionální přístup k definici pasivního domu pro podnikání	357

Stanislav Karásek

Specializace, jako prostředek eliminace chyb v návrhu a realizaci pasivních domů	363
--	-----

Roman Šubrt, Pavlína Zvánovcová

Lineární tepelné mosty	365
------------------------	-----

Miloš Kalousek

Eliminace tepelného mostu ve styku vnitřní stěny s podlahou na terénu	367
---	-----

Miloš Kalousek, Lukáš Hejný

Lineární činitel prostupu tepla připojovací spáry okenních výplní	373
---	-----

Andreas Hermelink

Lebenszykluskostenanalyse unter Berücksichtigung externer Kosten für Herstellung und Betrieb: Passivhaus kontra Niedrigenergiehaus	375
Analýza nákladů v životním cyklu pasivního a nízkoenergetického domu z pohledu externích nákladů na jejich pořízení a provoz	377

Martin Jindrák

Vnitřní prostředí EPD - zkušenosti z čtyřletého provozu	379
---	-----

Das Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) des PHI

Jürgen Schnieders, Passivhaus Institut
Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, Deutschland
Tel.: +49/6151/82699-0, e-mail: juergen.schnieders@passiv.de

1. Einführung

Die Planung des ersten Passivhauses erfolgte noch mit Hilfe eines detaillierten dynamischen Simulationsprogramms, das auf Stundenbasis die thermischen Vorgänge im Gebäude abbildet. Bei dieser Methode werden u.a. sämtliche Außen- und Innenbauteile mit ihren Aufbauten, die Temperaturunterschiede zwischen verschiedenen Teilen des Gebäudes, die Einflüsse von Temperatur und Sonnenstand auf den Wärmetransport durch die Verglasungen und zeitabhängige Nutzungseinflüsse berücksichtigt.

Ein solches Verfahren bietet den Vorteil, dass es nahe an den physikalischen Grundlagen arbeitet. Es ist daher auch für innovative und ungewöhnliche Konzepte anwendbar. Die dynamische Gebäudesimulation ist generell ein eminent wichtiges Werkzeug für die Forschung. Sie ist jedoch verhältnismäßig aufwendig, sowohl in Bezug auf die Einarbeitung der Nutzer und die Dateneingabe als auch auf die Rechenzeit für die Simulation selbst – letzteres zumindest dann, wenn durch Berechnung zahlreicher Varianten der Gebäudeentwurf optimiert werden soll.

Für den Einsatz in der täglichen Planungspraxis sind dynamische Simulationsrechnungen daher nicht gut geeignet. Glücklicherweise stellte sich bereits in den 90er-Jahren heraus, dass vereinfachte Energiebilanzverfahren ebenfalls ausreichend genaue Ergebnisse liefern, vorausgesetzt, die Randbedingungen sind geeignet gewählt. Das gilt auch für Passivhäuser, bei diesen sind aufgrund der hohen thermischen Trägheit und der homogeneren Temperaturverteilung im Gebäude vereinfachte Ein-Zonen-Modelle sogar besser anwendbar. Diese Erkenntnis führte 1998 zur Herausgabe der ersten Auflage des Passivhaus Projektierungs Pakets (PHPP, (1)), einer Excel-Tabelle zur Planung von Passivhäusern.

Seitdem ist das PHPP vielfach ergänzt und weiterentwickelt worden. Die aktuelle Fassung aus dem Jahr 2007 enthält unter anderem Werkzeuge für die Berechnung von

- Heizwärmebedarf nach EN 13790
- Heizlast
- sommerlichem Komfort und Kühlbedarf
- Strombedarf in Wohn- und Nichtwohngebäuden
- Energiebedarf für Warmwasser
- End- und Primärenergiebedarf für sämtliche Energieanwendungen im Gebäude

Die wichtigsten Elemente des PHPP werden in diesem Beitrag vorgestellt.

2. Heizwärme

Unter dem Jahresheizwärmebedarf versteht man die Wärmemenge, die einem Gebäude im Laufe eines Jahres unter standardisierten Randbedingungen zugeführt werden muss, damit eine vorgegebene Raumtemperatur nicht unterschritten wird. Es handelt sich also um die reine Nutzwärme, ohne die Verluste der Wärmebereitstellung.

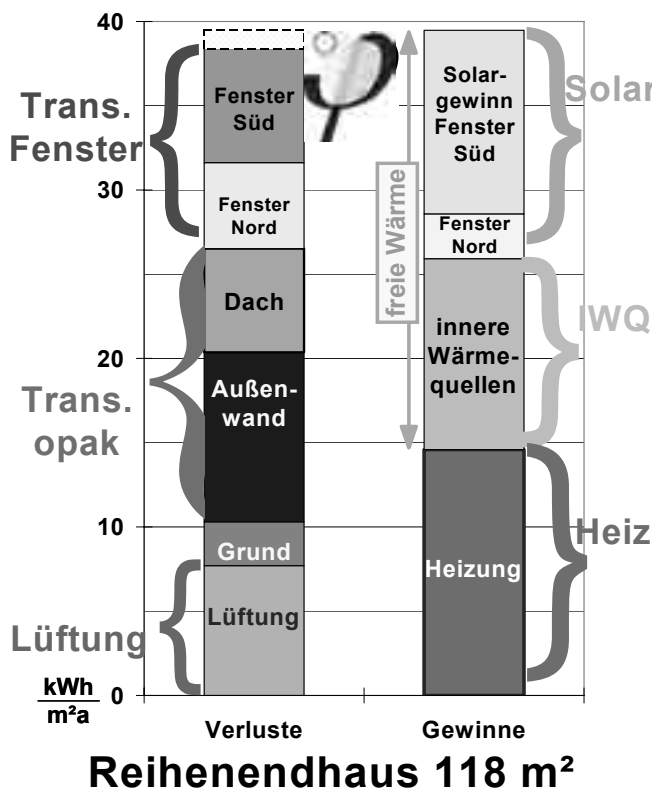
Der Heizwärmebedarf ergibt sich in einer Gebäudesimulation durch Aufsummieren der zu jedem Zeitschritt zugeführten Wärmemengen in allen Gebäudezonen über das ganze Jahr. Ein solches Verfahren berücksichtigt u.a. dynamische Speichereffekte in den Bauteilen und damit die Tatsache, dass die Verhältnisse in Bauteilen im laufenden Betrieb grundsätzlich instationär sind. Es war eine wichtige Erkenntnis, dass dennoch durch eine einfache Energiebilanz der Wärmegewinne und -verluste über längere Zeiträume, im Extremfall über die gesamte Heizperiode, nahezu dasselbe Ergebnis erzielt werden kann. Dabei geht zwar die Information über die zeitliche Verteilung des Wärmebedarfs weitgehend verloren, das ist in den meisten Fällen jedoch gleichgültig.

Grundlage des Rechenverfahrens ist der Energieerhaltungssatz, eines der wichtigsten physikalischen Gesetze: Sämtliche Energie, die einem abgeschlossenen System, hier dem Gebäude, zugeführt wird, erhöht entweder den Energieinhalt des Systems (hier meist: die Temperatur) oder verlässt das System wieder. Ist also das Gebäude am Ende der Heizperiode im gleichen Zustand wie am Anfang, so müssen Gewinne und Verluste über die Heizperiode gleich groß sein.

Abb. 1 zeigt eine solche Energiebilanz für ein typisches Reihenendhaus in Passivhausbauweise. Die Wärmeverluste setzen sich zusammen aus Lüftungs- und Transmissionsverlusten, letztere bestehen wiederum aus den Verlusten durch Fenster, Wände, Dach und erdberührte Bauteile. Die Lüftungsverluste haben im Passivhaus eine relativ geringe Bedeutung, da sie durch die gute Luftdichtheit und die hocheffiziente Wärmerückgewinnung aus der Abluft minimiert werden. Wärmeverluste zum Erdreich sind ebenfalls vergleichsweise unbedeutend. Eine wichtige Rolle spielen dagegen die Fenster, trotz Dreifachverglasung und wärmegeprägten Fensterrahmen.

Auf der Gewinnseite stehen die solaren Wärmegewinne und die internen Gewinne, d.h. die Wärmeabgabe von Personen, Haushaltsgeräten, Warm- und Kaltwasserleitungen etc. Zieht man sie von den Verlusten ab, ergibt sich die zuzuführende Heizwärme. Dabei muss man allerdings beachten, dass solare und interne Gewinne manchmal zu Zeiten auftreten, zu denen gar nicht geheizt werden muss, weil es im Gebäude bereits wärmer als nötig ist. In dieser Situation führen zusätzliche Gewinne zunächst zu einer weiteren Überwärmung des Gebäudes, in der Folge werden die Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung höher als in der Berechnung, und von einem gewissen Punkt an öffnen die Nutzer sogar zusätzlich die Fenster, um die überschüssige Wärme hinauszulüften. Mit anderen Worten: Nur ein Teil der Wärme-

gewinne kann für die Reduzierung des Heizwärmebedarfs angerechnet werden, der Rest führt zu zusätzlichen Verlusten. Wie groß dieser Anteil ist, kann im Prinzip wieder durch eine dynamische Simulation festgestellt werden.



**Energiebilanz
nach
EN 13790**

**Wärmegewinne
=
Wärmeverluste**

Abb. 1: Energiebilanz Raumwärme eines typischen Passivhauses

Die entscheidende Vereinfachung in der Berechnung entsteht nun dadurch, dass der nutzbare Anteil der Wärmegewinne auch durch eine einfache Formel hinreichend genau ermittelt werden kann (vgl. EN 13790, (2)). Der Nutzungsgrad hängt dabei nur von zwei Faktoren ab, der thermischen Trägheit des Gebäudes und dem Verhältnis von Wärmegewinnen und -verlusten. Aufgrund der guten Wärmedämmung und der daraus resultierenden hohen thermischen Trägheit sind in Passivhäusern meist weit über 90% der Wärmegewinne während der Heizperiode nutzbar. Auf eine genaue Berechnung der Wärmekapazität des Gebäudes, aus der sich die thermische Trägheit ergibt, verzichtet das PHPP bewusst: Ihr Einfluss ist in Passivhäusern so klein, dass eine Unterscheidung zwischen leichter, schwerer oder Mischbauweise ausreicht. Damit entfällt die aufwendige Erfassung sämtlicher Innenbauteile mit ihren Flächen und Bauteilaufbauten sowie die Ermittlung der Wärmekapazitäten der Außenbauteile.

Das Energiebilanzverfahren kann wahlweise für sämtliche Monate des Jahres einzeln oder für die gesamte Heizperiode eingesetzt werden. Die Ergebnisse stimmen häufig gut überein; bei Differenzen, z.B. Gebäuden mit einem hohen Anteil freier Wärme, liefert das Monatsverfahren die genaueren Ergebnisse. Das Monatsverfahren hat außerdem den Vorteil, dass die benötigten Klimadaten am ehesten auf Monatsbasis verfügbar sind; der Klimadatensatz für das Monatsverfahren lässt sich daher relativ einfach bereitstellen.

Die solaren und internen Wärmegewinne sind im Passivhaus typischerweise etwa von der gleichen Größenordnung wie der verbleibende Heizwärmebedarf. Daher müssen – nicht nur im PHPP, sondern bei jedem Rechenverfahren – die Gewinne und Verluste mit hoher relativer Genauigkeit ermittelt werden, um die Ungenauigkeit des Heizwärmebedarfs gering zu halten.

Bei den Transmissionsverlusten durch die opaken Bauteile ist eine genaue Berechnung verhältnismäßig einfach. Fehler können hier hauptsächlich entstehen, wenn wichtige Wärmebrücken vernachlässigt werden, wie sie beispielsweise durch den Holzanteil in Leichtbauten, Unterkonstruktionen von Vorhangfassaden oder ungünstig geplante Bauteilanschlüsse entstehen. In den meisten Fällen ist es möglich, so zu planen, dass Wärmebrücken nicht explizit berücksichtigt werden müssen. Die im PHPP übliche Verwendung von Außenmaßen enthält dann bereits eine ausreichende Sicherheit.

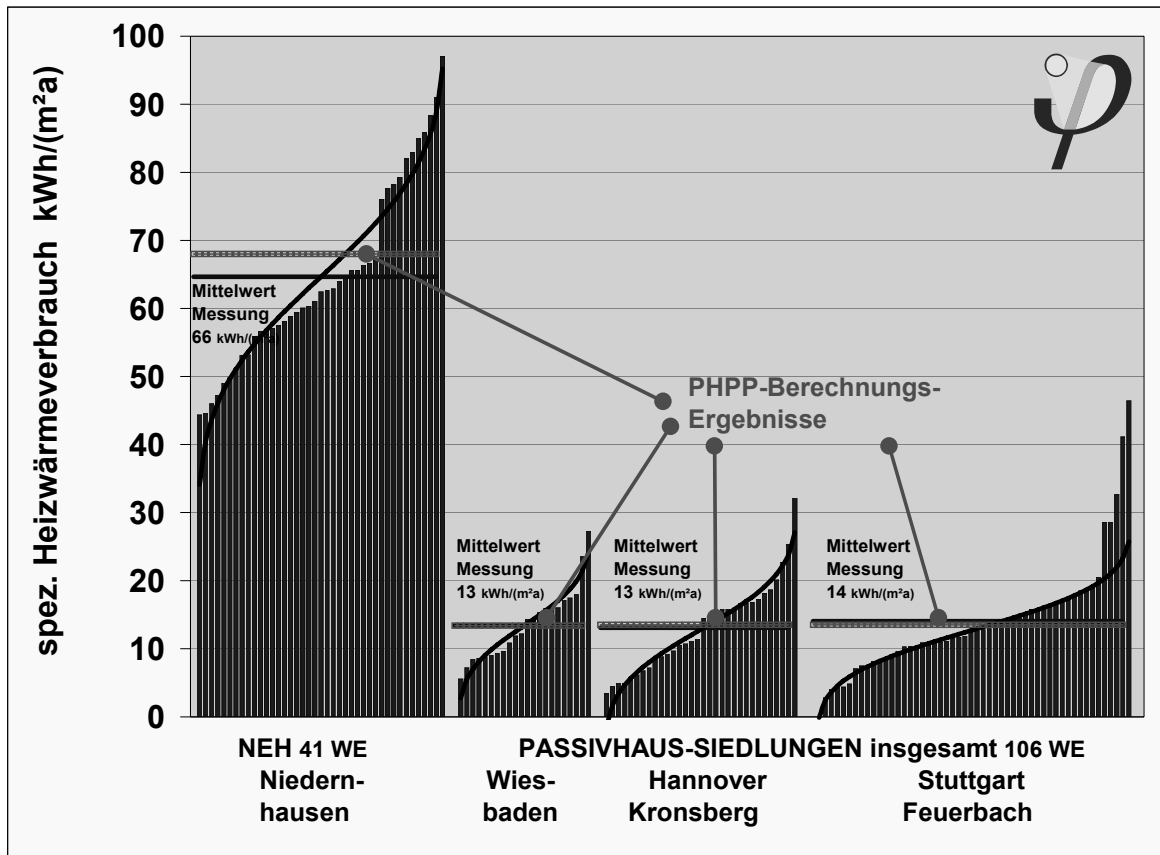
Wärmeverluste und -gewinne durch die Fenster müssen relativ sorgfältig ermittelt werden. Wie ein Fenster in der Wand eingebaut ist, wie groß der Rahmenanteil ist, Randverbund und Verschattungssituation können beispielsweise nennenswerten Einfluss auf den resultierenden Heizwärmebedarf haben. Das PHPP enthält deshalb eigene Arbeitsblätter, die eine ausreichend genaue Analyse der einzelnen Fenster mit möglichst geringem Aufwand ermöglichen.

Abweichungen zwischen dem PHPP und anderen Programmen entstehen häufig durch die unterschiedliche Bewertung der internen Gewinne. Als Standardwert verwendet das PHPP Wärmegewinne von 2,1 W pro Quadratmeter *Wohnfläche* (die Summe der Grundflächen aller Räume, ohne Innen- und Außenwände). Andere Rechenverfahren setzen oft mehr als das Doppelte an, was erheblichen Einfluss auf das Ergebnis hat. Der Grund für die Unterschiede: Im PHPP werden negative Wärmegewinne, die beispielsweise durch die Wärmeabgabe ans Kaltwassernetz oder durch Verdunstung aus Zimmerpflanzen entstehen, mit berücksichtigt. Umgekehrt ist zu beachten, dass nicht der gesamte Stromverbrauch in verfügbare Wärme im Gebäude umgewandelt wird; so wird etwa das elektrisch erzeugte warme Wasser aus Waschmaschinen nach Ende des Waschgangs ohne bedeutende Abkühlung ins Abwasser gepumpt.

Das Rechenverfahren des PHPP hat sich in der Praxis ausgezeichnet bewährt. In sorgfältig begleiteten Projekten stimmen die Rechenergebnisse des PHPP mit den durchschnittlichen Messergebnissen für eine Anzahl gleichartiger Objekte meist bis auf wenige kWh/(m²a) überein (vgl. AbAbb. 2). Das Verfahren funktioniert auch für Gebäude mit schlechterem Dämmstandard.

Beim Vergleich von Messungen und Berechnungen ist zu beachten, dass die Messung in einzelnen Wohnungen erhebliche Abweichungen vom Durchschnitt zeigen kann. Diese sind größtenteils auf Unterschiede in den eingestellten Raumtemperaturen zurückzuführen, ein kleinerer Teil korreliert mit unterschiedlichen Fensteröffnungszeiten oder Stromverbräuchen. All diese Parameter sind a priori nicht bekannt,

exakte Übereinstimmungen zwischen Messung und Rechnung für *einzelne* Wohnungen müssen daher als zufällig betrachtet werden. Erst ab einer gewissen Mindestzahl von Wohneinheiten ist ein aussagekräftiger Vergleich möglich.



Ab

Abb. 2: Vergleich von Messung und PHPP-Berechnung für verschiedene Gebäude

3. Heizlast

Will man eine Beheizung über die Zuluft mit der entsprechend begrenzten Leistung realisieren, ist eine möglichst genaue Berechnung der Heizlast erforderlich. Dabei müssen nicht nur die Wärmeverluste berücksichtigt werden, sondern solare und interne Wärmegewinne sowie dynamische Effekte müssen ebenfalls in die Berechnung mit einfließen. Übliche Auslegungsverfahren wie z.B. nach EN 12831 (3) liefern zu hohe Heizlasten, was zu einer ökonomisch fragwürdigen Überdimensionierung des Gebäudes führen kann.

Simulationsrechnungen (4) haben gezeigt, dass die maximale Heizlast in einem Passivhaus je nach Klima und Gebäude zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten kann. In den meisten Klimata sind nämlich die kältesten Tage stets sonnig: Bei fehlenden Wolken treten durch die Abstrahlung an den kalten Himmel besonders niedrige Temperaturen auf, während eine dichte Wolkendecke auch die Infrarotstrahlung zurückhält. Bei der guten Fensterqualität von Passivhäusern kann dann in Gebäuden mit Südorientierung und großen Fensterflächen die erforderliche Heizleistung an kalten, sonnigen Tagen niedriger sein als an milderer, aber bedeckten Tagen (Abb. 3).

Dieser Sachverhalt wird im PHPP dadurch berücksichtigt, dass zwei verschiedene Sätze von Temperatur und Solarstrahlung für die Heizlastermittlung verwendet werden. Für beide Auslegungs-Datensätze wird jeweils eine stationäre Wärmebilanz erstellt, die die erforderliche Heizleistung liefert. Das größere der beiden Ergebnisse liefert die tatsächliche Auslegungsheizlast.



Abb. 3: Passivhaus an einem kalten, klaren und an einem trüben, mäßig kalten Tag.

Während die eigentliche Berechnung der Heizlast im PHPP sehr einfach ist, stellt die Ermittlung der zugehörigen Klimadaten derzeit unter Umständen noch ein Problem dar. Sie muss mit Hilfe einer Anzahl dynamischer Simulationsrechnungen erfolgen und berücksichtigt damit auch Speichereffekte in der Gebäudestruktur, die eine Überbrückung kurzer kalter Perioden erlauben. Daten von Temperatur und Solarstrahlung sollten für die Ermittlung von Heizlastdaten idealerweise als Stunden- oder Tagesmittelwerte über einen längeren Zeitraum vorliegen und ausgewertet werden. Der Aufwand für die Erstellung eines Heizlastdatensatzes ist somit nicht unerheblich, zumal die benötigten Eingangsdaten häufig nicht oder nur zu prohibitiven Kosten erhältlich sind (vgl. auch (5)). Daher sind für viele Standorte zwar Daten für die Monatsbilanz, d.h. die Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs, verfügbar, aber keine Klimadaten für die Heizlastberechnung. Derzeit gilt das auch für Tschechien.

4. Sommerfall

In Mitteleuropa sind in gut geplanten Wohngebäuden keine aktiven Kühlsysteme erforderlich. Ob aber ein Passivhaus eine außenliegende Verschattung benötigt und welche Fenstergrößen einen ausreichenden sommerlichen Luftwechsel ermöglichen, sollte rechnerisch festgestellt werden können. Für diesen Zweck gibt es im PHPP ein eigenes Tabellenblatt. Es ermittelt die Häufigkeit von Temperaturen über 25 °C, ausgehend von einigen wenigen klimatischen Eingangsgrößen und unter Berücksichtigung der Speicherkapazität, des Lüftungsverhaltens und der solaren Lasten durch Fenster und opake Außenbauteile.

Das Prinzip dieser Berechnung besteht darin, ein einfaches dynamisches Modell des Gebäudes mit sehr großen Zeitschritten (Monate, in der heißesten Periode bis herunter zu einem Tag) zu rechnen. Durch Interpolation zwischen den resultierenden Stützpunkten einer Jahresdauerlinie kann dann die Übertemperaturhäufigkeit abgeschätzt werden.

Dieses Verfahren hat sich für praktische Zwecke als ausreichend genau erwiesen: Ob das sommerliche Verhalten des Gebäudes sehr gut, gut, verbesserungswürdig oder schlecht ist, lässt sich damit ebenso beurteilen wie die Wirksamkeit unterschiedlicher Optimierungsmaßnahmen.

Ist eine aktive Kühlung erforderlich, kann im PHPP auch der Kühlenergiebedarf ermittelt werden. Hierzu hat sich ein ebenfalls in EN 13790 normiertes Verfahren bewährt, das auf einem ähnlichen Prinzip wie die Heizwärmebedarfsberechnung fußt. Man kann nämlich – wie im Winterfall, aber unter sommerlichen Randbedingungen, insbesondere bei höheren Temperaturen – die nutzbaren und die nicht nutzbaren Wärmegewinne ermitteln. Letztere würden zu einer Überwärmung führen und entsprechen damit genau dem Nutzkältebedarf. Die Validität dieses Ansatzes wurde durch Vergleich mit dynamischen Simulationsrechnungen nachgewiesen.

5. Primärenergiebedarf

In Passivhäusern ist der Heizwärmebedarf nicht nur so gering, dass das konventionelle Heizsystem entfallen kann; er ist auch so gering, dass andere Energieverbräuche im Gebäude dominant werden (Abb. 4). Primärenergetisch bewertet übersteigt im Regelfall sowohl der Warmwasser- als auch der Haushaltsstromverbrauch den Heizwärmebedarf. Daher ist eine Berechnung dieser Verbräuche ebenfalls im PHPP enthalten.

Beim Warmwasser sind zunächst die Speicher- und Verteilverluste zu berücksichtigen, die insbesondere in größeren Objekten gravierend werden können. Diese können im PHPP ermittelt werden, wobei berücksichtigt wird, dass Teile dieser Wärmeverluste der Raumwärme zu Gute kommen.

Ein eigenes Tabellenblatt ist auch der Berechnung des Haushaltsstrombedarfs gewidmet, der allein etwa die Hälfte des gesamten Primärenergiebedarfs ausmachen

kann. Damit ist es möglich, für eine konkrete Konfiguration von Haushaltsgeräten den Strombedarf zu ermitteln und Optimierungspotenziale zu identifizieren.

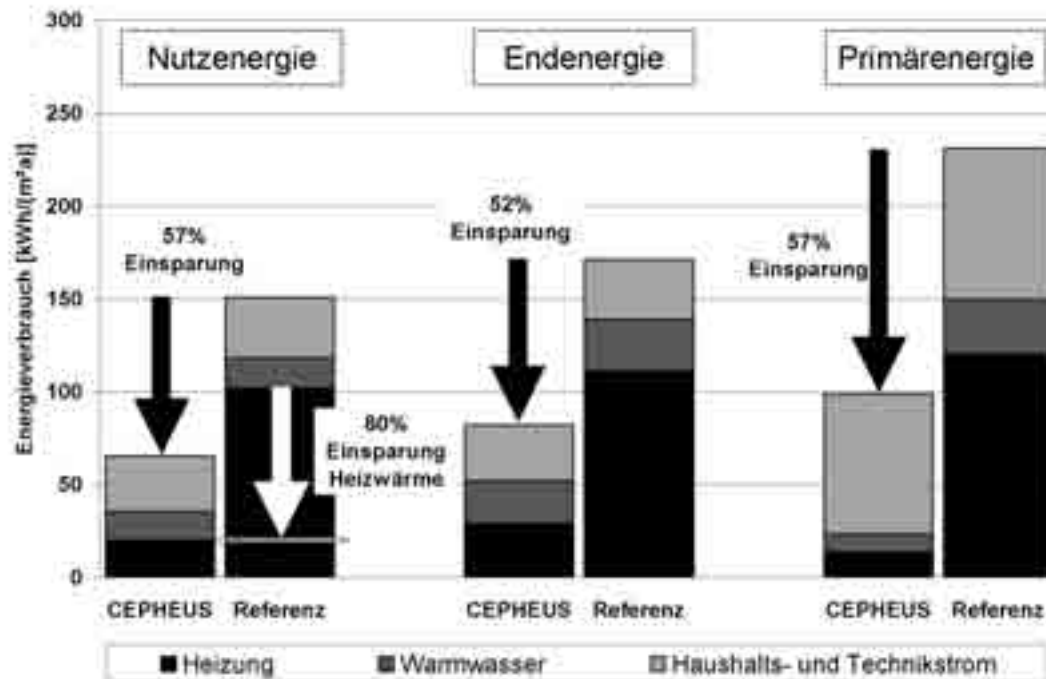


Abb. 4: Der Energieeinsatz für die Raumwärme kann gegenüber anderen Energieverbräuchen im Passivhaus unbedeutend werden – im Gegensatz zu konventionellen Neubauten („Referenz“). Die Grafik zeigt Messergebnisse aus dem CEPHEUS-Projekt (6).

6. Literatur

- (1) FEIST, W. (Hrsg.) Passivhaus Projektierungs Paket 2007. Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser. Darmstadt – Passivhaus Institut, 2007
- (2) DIN EN ISO 13790 : 2008-09, *Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung (ISO 13790:2008)*. Berlin – Beuth-Verlag, 2008
- (3) DIN EN 12831: Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Berlin – Beuth Verlag 2003
- (4) BISANZ, C.: *Heizlastauslegung im Niedrigenergie- und Passivhaus*. Diplomarbeit an der Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik, Stuttgart 1998
- (5) OBERRAUCH, B.: *How to Generate Climate Data outside Germany in Simplified and Automatic Mode with Meteonorm*. In: 12. Internationale Passivhaustagung, Nürnberg, 11./12.4.2008, Tagungsband. Darmstadt – Passivhaus Institut, April 2008
- (6) SCHNIEDERS, J., FEIST, W., PFLUGER, R. und KAH, O.: *CEPHEUS – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung, Endbericht*. CEPHEUS-Projektinformation Nr. 22, Fachinformation PHI 2001/9, Darmstadt, Passivhaus Institut, Juli 2001

Nástroj pro projektování pasivních domů (PHPP)

Jürgen Schnieders, Passivhaus Institut
Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, Deutschland
Tel.: +49/6151/82699-0, e-mail: juergen.schnieders@passiv.de

1. Úvod

Projektování prvního pasivního domu bylo provedeno ještě pomocí podrobného programu dynamické simulace, který znázorňuje tepelné procesy v budově po hodinách. U této metody se berou v úvahu mj. Veškeré vnější i vnitřní stavební konstrukce s nástavbami, rozdíly teploty mezi různými částmi budovy, vlivy teploty a postavení slunce na předávání tepla zasklením a působení využití v závislosti na čase.

Takový postup nabízí výhodu, že pracuje s fyzikálními podmínkami blízkými realitě. Je proto použitelný i pro inovativní a neobvyklé projekty. Metoda dynamické simulace budov je obecně eminentně důležitý nástroj pro výzkum. Je však poměrně náročný, jednak co se týče zapracování uživatelů a záznamu údajů, tak i na dobu výpočtu samotné simulace – doba výpočtu je náročná přinejmenším tehdy, má-li být výpočtem provedena optimalizace projektu stavby v mnoha variantách.

Pro použití v každodenní praxi proto výpočty metodou dynamické simulace nejsou právě nejvhodnější. Naštěstí se již v 90. letech ukázalo, že zjednodušené postupy pro bilanci energie poskytují rovněž dostatečně přesné výsledky za předpokladu, že budou vhodně zvolené okrajové podmínky. To platí i pro pasivní domy, u nichž jsou důsledkem vysoké tepelné setrvačnosti a homogennějšího rozdělení teploty v budově zjednodušené modely pro jednu zónu dokonce lépe použitelné. Tyto poznatky vedly v r. 1998 k vydání první verze nástroje pro projektování pasivních domů (PHPP, (1)), kalkulačního sešitu v programu Excel pro plánování pasivních domů.

Od té doby byl PHPP mnohokrát doplněn a dále rozvíjen. Aktuální verze z roku 2007 obsahuje především nástroje pro výpočet

- potřeby tepla na vytápění podle EN 13790
- topné zátěže
- letního komfortu a potřeby energie na chlazení
- potřeby elektřiny v obytných a nebytových objektech
- potřeby energie pro přípravu teplé vody
- potřebu konečné a primární energie pro veškeré energetické aplikace v objektu

V tomto příspěvku představíme nejdůležitější prvky nástroje PHPP.

2. Teplo na vytápění

Pod pojmem roční potřeby tepla na vytápění rozumíme množství tepla, které musí být za normalizovaných podmínek přivedeno objektu v průběhu jednoho roku, aby pokojová teplota nepoklesla pod zadanou požadovanou hodnotu. Jedná se tedy o čisté užitkové teplo bez ztrát přípravou tepla.

Hodnota potřeby tepla na vytápění se vypočítá u metody simulace budovy sečtením jednotlivých hodnot množství tepla přivedených do všech zón objektu za dobu celého roku za každý časový interval. Takový postup zohledňuje mj. dynamické akumulční efekty ve stavebních konstrukcích a tím skutečnost, že tepelné poměry ve stavebních konstrukcích jsou během běžného provozu obecně nestacionární. Důležitým poznatkem bylo, že přesto je možno dosáhnout pomocí jednoduché energetické bilance tepelných zisků a ztrát za delší časové období téměř totožných výsledků, v extrémním případě bilancí celkové topné sezóny. Přitom se sice téměř vytrácí informace o časovém rozdělení potřeby tepla, to nám však ve většině případů stejně nevadí.

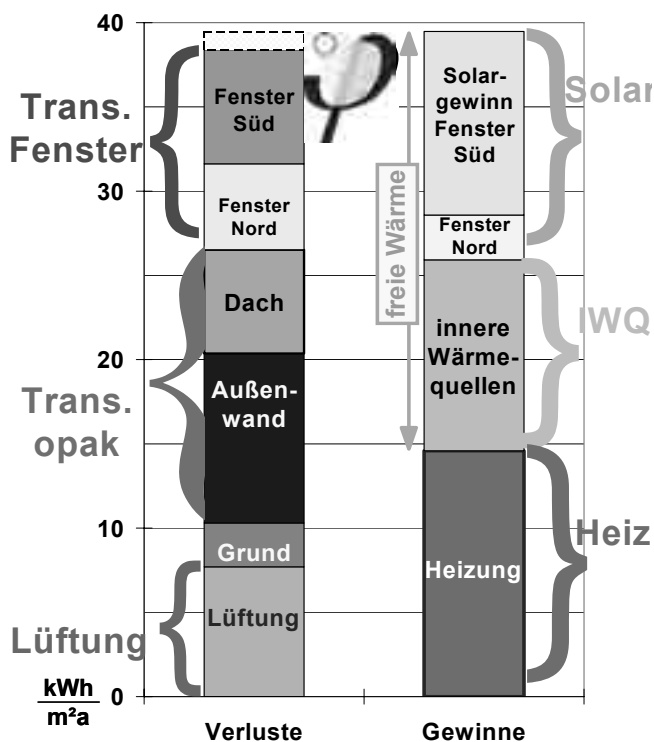
Základem výpočetního postupu je zákon zachování energie, jeden z nejdůležitějších fyzikálních zákonů: veškerá energie, která bude přivedena uzavřenému systému, zde danému objektu, buď zvýší obsah energie systému (zde většinou: teplota) nebo systém opět opustí. Bude-li tedy budova na konci topné sezóny ve stejném energetickém stavu jako nazačátku, musejí být zisky a ztráty za celkovou topnou sezónu stejně velké.

Abb. 1 ukazuje takovou energetickou bilanci pro typický koncový řadový dům ve standardu pasivních domů. Tepelné ztráty se skládají ze ztrát větráním a prostupem, ztráty prostupem se opět skládají ze ztrát okny, stěnami, střechou a stavebními konstrukcemi ve styku se zeminou. Ztráty větráním mají u pasivních domů relativně malý význam, protože jsou minimalizovány díky dobré vzduchotěsnosti a vysoce efektivní rekuperaci tepla z odváděného vzduchu. Tepelné ztráty ve styku se zeminou jsou rovněž relativně nevýznamné. Důležitou roli hrají naproti tomu okna, a to i přes trojitě zasklení a tepelně izolované okenní rámy.

Na straně zisků jsou solární tepelné zisky a interní zisky, tj. teplo vydané osobami, domácími přístroji, rozvody teplé a studené vody atd. pokud je odečteme od ztrát, dostaneme jako výsledek teplo na vytápění, které je třeba dodat. Přitom je však třeba pamatovat na to, že solární a interní zisky někdy nastávají v časech, v nichž se musí topit, protože v objektu už je tepleji, než by bylo třeba. V této situaci vedou další zisky nejprve k dalšímu přehřívání budovy, následně jsou i tepelné ztráty prostupem a větráním vyšší než ve výpočtu, a od jistého okamžiku začnou dokonce ještě uživatelé otevírat okna, aby přebytečné teplo vyvětrali. Jinými slovy: pro redukci potřeby tepla na vytápění je možno připočítat jenom část tepelných zisků, zbytek vede k dalším ztrátám. Jak velký tento podíl bude, lze v podstatě zjistit opět jenom metodou dynamické simulace.

Rozhodujícího zjednodušení výpočtu dosáhneme jen tehdy, když můžeme využitelný podíl tepelných zisků vypočítat dostatečně přesně i pomocí jednoduchého vzorce (srov. EN 13790, (2)). Stupeň využití přitom závisí jenom na dvou faktorech, tepelné setrvačnosti budovy a vzájemném poměru tepelných zisků a ztrát. Důsledkem dobré tepelné izolace a z ní vyplývající vysoké tepelné setrvačnosti je u pasivních domů většinou hodně přes 90% tepelných zisků během topné sezóny využitelných. Na přesný výpočet tepelné kapacity budovy, na níž závisí tepelná setrvačnost, nástroj PHPP vědomě rezignuje: dopad přesného výpočtu je u pasivních domů tak malý, že

postačí, budeme-li rozlišovat typ stavby na lehký, těžký nebo smíšený. Tím odpadá náročné měření a zaznamenávání veškerých vnitřních stavebních konstrukcí včetně ploch a doplňujících stavebních prvků i i určování tepelné kapacity vnějších stavebních konstrukcí.



Reihenendhaus 118 m²

**Energiebilanz
nach
EN 13790**

**Wärmegewinne
=
Wärmeverluste**

Obr. 5: Energetická bilance tepla v interiéru u typického pasivního domu

Energetická bilanční metoda může být použita volitelně pro každý měsíc v roce zvlášť nebo pro celou topnou sezónu. Výsledky se často dobře shodují; při rozdílech, např. u objektů s vysokým podílem volného tepla, poskytuje měsíční metoda přesnější výsledky. Měsíční metoda má kromě toho výhodu, že jsou potřebné klimatické údaje nejsnadněji dostupné uspořádané podle měsíců; soubor klimatických údajů pro měsíční metodu se proto dá sestavit relativně jednoduše.

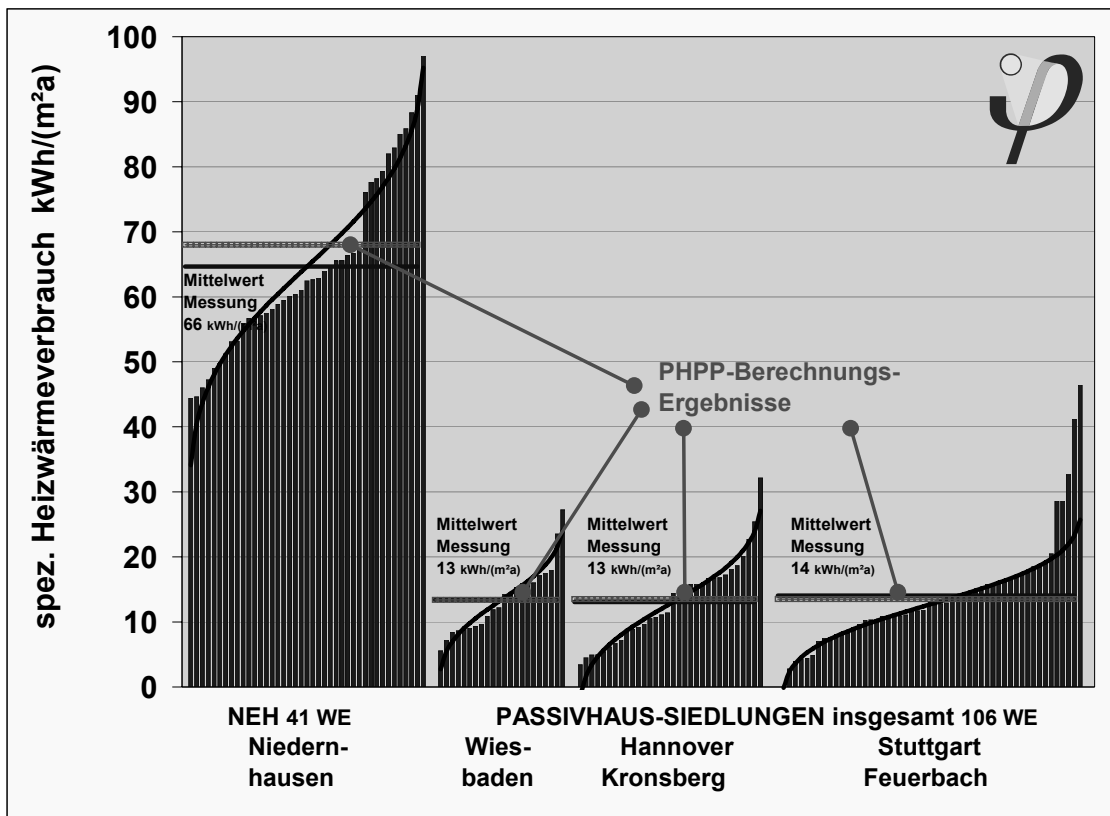
Solární a interní tepelné zisky jsou u pasivních domů typicky asi ve stejné řádové velikosti jako zbývající potřeba tepla na vytápění. Proto nejen v PHPP, ale i u každé výpočetní metody musíme počítat zisky a ztráty s vysokou relativní přesností, aby byla chyba nepřesností u výpočtu potřeby tepla na vytápění minimální.

U ztrát tepla prostupem neprůhlednými stavebními konstrukcemi je přesný výpočet relativně jednoduchý. Zde mohou vzniknout chyby hlavně tehdy, pokud budou zanedbány důležité tepelné mosty, které vznikají např. podílem dřeva u lehkých staveb, spodních konstrukcí zavěšených fasád nebo nevhodně navrženého napojení stavební konstrukce. Ve většině případů je možné navrhovat projekty tak, aby nebylo třeba explicitně zohlednit tepelné mosty. Použití vnějších rozměrů obvyklé v PHPP pak již zahrnuje dostatečnou jistotu.

Tepelné ztráty a zisky okny je třeba zjišťovat dosti pečlivě. Například takové údaje, jako jak je osazeno okno ve stěně, jak velký je podíl rámu, spojení okrajů a situace zastínění, mohou mít významný vliv na výslednou potřebu tepla na vytápění. Nástroj PHPP proto obsahuje vlastní pracovní listy, které umožňují dostatečně přesnou analýzu jednotlivých oken s pokud možno minimálními náklady.

Odchytky mezi PHPP a jinými programy vznikají často rozdílným hodnocením interních zisků. Jako standardní hodnotu používá PHPP tepelné zisky ve výši 2,1 W na jeden metr čtvereční *obytné* plochy (součet podlahových ploch všech místností, bez vnitřních a vnějších stěn). Jiné výpočetní postupy používají často hodnotu víc než dvojnásobnou, což má značný vliv na výsledek. Důvod rozdílu: v PHPP se započítávají i negativní tepelné zisky, které vznikají například odevzdáním tepla rozvodu studené vody nebo vypařováním z pokojových rostlin. Naopak je třeba zohlednit, že na teplo využitelné v objektu nemůže být přeměněna celková spotřeba elektřiny; tak se například odčerpává elektricky připravená teplá voda z praček na konci pracovního cyklu do odpadní vody, aniž by byla významně ochlazená.

Výpočetní postup PHPP se v praxi výborně osvědčil. V pečlivě vedených projektech se shodují výpočetní výsledky nástroje PHPP s průměrnými výsledky měření u většiny objektů stejného typu většinou až na několik málo kWh/(m²a) (srov. AbAbb. 2). Metoda funguje také pro budovy s izolacemi v horším standardu.



Obr. 6: Porovnání výsledků měření a výpočtů PHPP pro různé budovy

Při porovnávání měření a výpočtů je třeba pamatovat na to, že měření v jednotlivých bytech může vykazovat značné odchylky od průměru. Ty se většinou dají vysvětlit jako rozdíly v nastavení požadovaných hodnot pokojové teploty, menší část koreluje

s různými dobami otevírání oken nebo spotřeby elektřiny. Všechny tyto parametry jsou a priori neznámé, exaktní shody mezi výsledky měření a výpočtů pro *jednotlivé* byty je proto třeba považovat za náhodné. Teprve od určitého minimálního počtu bytových jednotek je možno provést průkazné srovnání.

3. Topná zátěž

Chceme-li realizovat vytápěním prostřednictvím přívodního vzduchu o přiměřeně omezeném výkonu, je potřebný pokud možno přesný výpočet topné zátěže. Přitom se musejí zohlednit nejen tepelné ztráty, ale rovněž je třeba do výpočtu zahrnout také solární a interní tepelné zisky a také dynamické efekty. Obvyklé postupy dimenzování jako např. podle EN 12831 (3) poskytují příliš vysoké hodnoty topné zátěže, což může vést k ekonomicky problematickému předimenzování budovy.

Simulační výpočty (4) ukázaly, že maximální topná zátěž může u pasivního domu nastávat podle klimatu a typu budovy v různých okamžicích. Ve většině klimatických podmínek jsou totiž nejstudenější dny vždy slunečné: při bezmračném počasí nastávají vyzařováním vůči studené obloze obzvlášť nízké teploty, zatímco husté mraky zadržují i infračervené záření. Při dobré kvalitě oken u pasivních domů pak může být v budovách s orientací na jih a s velkými plochami oken potřebný topný výkon ve studených slunečných dnech nižší než ve dnech zamračených s mírnější teplotou (Abb. 3).

Tato skutečnost je zohledněna v PHPP tím, že se pro výpočet topné zátěže používají dva různé soubory teplot a solárního záření. Pro každý z obou souborů návrhových dat (databáze) se sestavuje stacionární tepelná bilance, která poskytuje topný výkon. Větší z obou výsledků pak představuje skutečnou návrhovou topnou zátěž.

Zatímco vlastní výpočet topné zátěže je v PHPP velmi jednoduchá, představuje určení příslušných klimatických hodnot v současnosti za určitých okolností ještě jistý problém. Výpočet se musí provádět pomocí určitého počtu výpočtů dynamické simulace a tím zohledňuje také akumulční efekty ve struktuře stavby, které dovolují přemostění krátkých chladných období. Údaje o teplotě a solárním záření by měly být pro zjišťování topné zátěže změřené a vyhodnocené ideálně jako hodinové nebo denní průměry za delší časové období. Vynaložená námaha na sestavení databáze topné zátěže proto není zanedbatelná, navíc potřebné vstupní údaje jsou často dostupné jen za poplatky nebo nejsou dostupné vůbec. Proto jsou pro mnoho lokalit sice k dispozici údaje pro měsíční bilanci, tj. stanovení roční potřeby tepla na vytápění, ale nikoliv klimatické údaje pro výpočet topné zátěže. V současnosti to platí také pro Českou republiku.



Obr. 7: Pasivní dům za chladného jasného dne a za zamračeného mírně chladného dne.

4. Případ léta

Ve Střední Evropě nejsou v dobře plánovaných obytných budovách potřebné žádné aktivní chladicí systémy. Jestli však některý pasivní dům potřebuje vnější zastínění, a jaká velikost oken zabezpečí dostatečnou výměnu vzduchu v létě, to by mělo být možné zjistit výpočtem. Pro tento účel existuje v PHPP vlastní tabulkový list. Tento list stanoví četnost teplot přes 25 °C, přičemž vychází z několika málo klimatických vstupních veličin a zohledňuje akumulaci kapacity, způsob větrání a solární zátěž okny a neprůhlednými vnějšími stavebními konstrukcemi.

Princip tohoto výpočtu spočívá v tom, že propočítává jednoduchý dynamický model objektu ve velmi velkých časových intervalech (měsíce, v období největšího horka až po jednotlivé dny). Interpolací mezi výslednými body ročního průběhu je možno odhadnout četnost nadměrných teplot.

Tato metoda se osvědčila pro praktické účely jako dostatečně přesná: lze pomocí ní posoudit jak účinnost různých optimalizačních opatření, tak i skutečnost, zda je chování objektu v létě velmi dobré, dobré, dá se zlepšit nebo je špatné.

Je-li zapotřebí aktivní chlazení, můžeme v PHPP zjistit i potřebu energie na chlazení. Zde se osvědčila metoda rovněž normalizovaná v EN 13790, založená na podobném principu jako výpočet potřeby tepla na vytápění. Je totiž možné – jako v případě zimy, ale za letních okrajových podmínek, zvláště u vyšších teplot – zjistit využitelné a

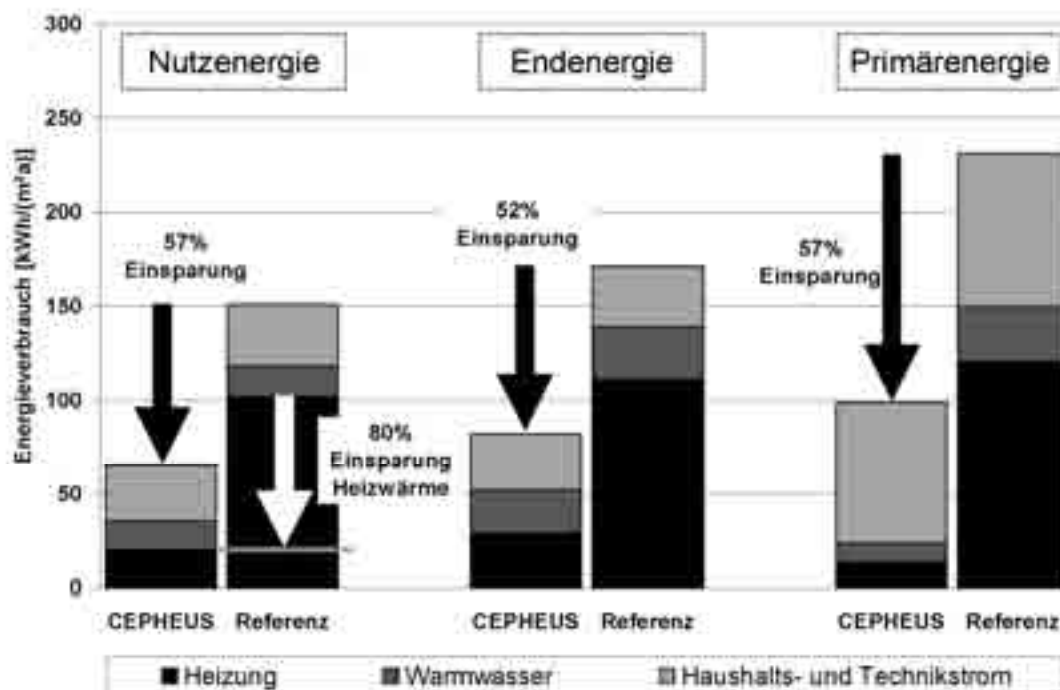
nevyužitelné tepelné zisky. Nevyužitelné tepelné zisky by vedly k přehřívání, a proto přesně odpovídají potřebě energie na užitkové chlazení. Platnost tohoto předpokladu byla prokázána porovnáním s výpočty dynamické simulace.

5. Potřeba primární energie

U pasivních domů je potřeba tepla na vytápění nejen tak malá, že od konvenčního vytápěcího systému je možno upustit; je také tak malá, že jiné spotřeby energie v objektu jsou dominantní (Abb. 4). Z hlediska hodnocení primární energie v obvyklých případech jak spotřeba elektřiny na přípravu TV tak i spotřeba elektřiny pro domácnost přesahuje potřebu tepla na vytápění. Proto je výpočet těchto spotřeb rovněž zahrnut v PHPP.

U teplé vody je třeba nejprve zohlednit ztráty akumulací a rozvodem, které zvláště ve větších objektech mohou velmi kolísat. Tyto je možno v PHPP vypočítat, přičemž se zohledňuje, že části těchto tepelných ztrát je možno využít pro teplo v interiéru.

Vlastní tabulkový list je věnován rovněž výpočtu potřeby elektřiny pro domácnost, která samotná může činit asi polovinu celkové potřeby primární energie. Takto je možné zjistit pro konkrétní konfiguraci domácích spotřebičů spotřebu elektřiny a identifikovat optimalizační potenciál.



Obr. 8: Potřeba energie pro teplo v interiéru může být vzhledem k jiným spotřebám energie u pasivních domů nevýznamná – v protikladu ke konvenčním novostavbám („Reference“). Graf ukazuje výsledky měření z projektu CEPHEUS (6).

6. Literatura

- (1) FEIST, W. (Hrsg.) Passivhaus Projektierungs Paket 2007. Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser. Darmstadt – Passivhaus Institut, 2007

- (2) DIN EN ISO 13790 : 2008-09, *Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung (ISO 13790:2008)*. Berlin – Beuth-Verlag, 2008
- (3) DIN EN 12831: Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Berlin – Beuth Verlag 2003
- (4) BISANZ, C.: *Heizlastauslegung im Niedrigenergie- und Passivhaus*. Diplomarbeit an der Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik, Stuttgart 1998
- (5) OBERRAUCH, B.: *How to Generate Climate Data outside Germany in Simplified and Automatic Mode with Meteororm*. In: 12. Internationale Passivhaustagung, Nürnberg, 11./12.4.2008, Tagungsband. Darmstadt – Passivhaus Institut, April 2008
- (6) SCHNIEDERS, J., FEIST, W., PFLUGER, R. und KAH, O.: *CEPHEUS – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung, Endbericht*. CEPHEUS-Projektinformation Nr. 22, Fachinformation PHI 2001/9, Darmstadt, Passivhaus Institut, Juli 2001

Metodika hodnocení rodinných domů s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění

Jan Tywoniak, ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6,
e-mail: tywoniak@fsv.cvut.cz

1. Úvod

Po energetických výpočtech se chce nemožné: mají být současně výstižné i rychlé, zahrnovat veškeré energetické děje v budově, a přitom platit pro všechny uživatele budov. U nízkoenergetických domů se navíc některé jevy dříve zanedbatelné projevují ve větší míře, jiné jsou naopak potlačeny.

Pro hodnocení rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností byla po delších odborných diskusích v roce 2008 zpracována relativně jednoduchá metodika (dále označovaná jako Metodika [1]). Cílem bylo sestavit co možná nejjednodušší soubor vstupních podmínek a dalších potřebných pravidel tak, aby výpočty provedené podle technických norem (zejména ČSN 73 0540:4, ČSN EN ISO 13790 (měsíční výpočet), ČSN EN ISO 13789, ČSN EN ISO 13370, ČSN EN ISO 6946) nemohly vést k výrazněji odlišným výsledkům, pokud je bude provádět více zpracovatelů.

Při navrhování pasivních domů se v zahraničí nejčastěji používá výpočetního nástroje PHPP [2] – pro běžnou práci při hledání řešení vedoucího ke splnění požadavků pro pasivní domy i pro vytvoření protokolu s deklaracemi těchto hodnot. PHPP je výpočetní nástroj na bázi Excelu, obsahující výpočetní algoritmy i některé datové soubory. Užívané vstupní údaje i některé další postupy (například způsob započtení podlahových ploch, množství čerstvého vzduchu, atd.) nemusí být vždy v souladu s národními (zemskými) stavebními a energetickými zákony a ani v úplném souladu s technickými normami. Technické normy samotné, zejména ty, které byly společně zpracovány na mezinárodní úrovni, neobsahují potřebné konkrétní údaje. Ty jsou pak často zpracovány na národní nebo zemské úrovni a vzájemně se liší.

V Metodice se tedy nejedná o nový výpočetní model, ale o sestavení souboru pravidel pro výpočet - připomenutí některých, které jsou rozmístěny po různých normách a předpisech, doplnění chybějících. Pro praktické použití může být Metodika zpracována v nějakém softwarovém balíčku (již je umístěna v programu ENERGIE od verze 2008 [3], v budoucnu možná v české národní verzi PHPP i jinde). Mezinárodnímu porovnávání výsledků se takovým způsobem může jedinečně napomoci.

Nejde zde tedy o podrobný výpočet energetické náročnosti budovy „co nejbližše skutečnosti“, kdy je zapotřebí používat klimatické a další údaje z místa stavby, detailní informace o způsobu užití budovy a technických systémech, a kdy může být použití jiného podrobnějšího výpočtu opravdu potřebné. Zde jde o porovnání kvality stavebního řešení – pro více variant téhož domu nebo pro porovnání různých návrhů mezi sebou – a o jednoduché vyjádření výsledků hodnocení.

Metodika se zabývá rodinnými domy, protože společenská poptávka je v této oblasti zatím největší a dosažení úrovně pasivního domu u malých objektů (s méně výhodnou hodnotou objemového faktoru tvaru A/V) je obtížnější. Provoz v rodinném domě je přes všechny obtíže snadněji předpověditelný než například v komerční budově. Metodika není tedy vhodná pro hodnocení budov s jiným převažujícím účelem, než je rodinné bydlení, a pro budovy s vyšší energetickou náročností. V Metodice je také zpracován názorný způsob vyjadřování výsledků.

2. Rozbor problému

S určitým nadhledem je možné stavebně-energetické výpočty podle účelu označit jako:

- a) optimalizační (slouží k hledání nejlepšího řešení),
- b) deklarativní (slouží k zařazení dosažené úrovně řešení podle klasifikačního schématu),
- c) analytické (pro rekonstrukci skutečných dějů v budově),
- d) spekulativní (pro oklamání zákazníka a poskytovatele dotací atd.).

V případě b), diskutovaném v tomto příspěvku, se jedná o výpočet za smluvních podmínek. Takový výpočet nemusí být nutně příliš komplikovaný, důležitější je jednoznačnost. V bilanci tepelných ztrát a zisků se jako relativně snadné jeví stanovení ztráty prostupem tepla (závisí na plochách, součinitelích prostupu tepla a venkovních teplotách). Potíže přetrvávají ve stanovení míry, jak zahrnovat vícerozměrné vedení tepla pro vyjádření vlivu tepelných mostů a tepelných vazeb, a v zodpovědném užívání hodnot tepelné vodivosti použitých materiálů. Se smluvním užíváním již souvisí stanovení tepelné ztráty větráním.

Výrazně komplikovanější situace je při stanovení tepelných zisků: Tepelné zisky od osob a spotřebičů závisí významně na chování uživatele. Pasivní solární zisky závisí na mnoha parametrech (skutečná velikost transparentní plochy vystavené Slunci, včetně vlivu stínění a clonění vlastní budovou, okolními budovami a zelení, okolním terénem). Jsou navíc vzhledem k pohybu Slunce po obloze v průběhu roku proměnlivé a jen s odvahou předpověditelné do budoucna – při možné změně zástavby i vzrůstu zeleně.

3. Základní hodnoty

Tabulka 1 uvádí přehled hodnocených vlastností, kriteria a způsob dokumentování dosažených hodnot. Za zcela klíčovou můžeme považovat střední hodnotu součinitele prostupu tepla obálky budovy – jako hodnotu dobře stanovitelnou i kontrolovatelnou, nezávislou na uživatelských i klimatických vlivech. Po provedení řady podrobných hodnocení rodinných domů obvyklé velikosti je možné konstatovat, že i při rozumných (a zahraničním doporučením pro pasivní domy odpovídajících) vlastnostech obvodových konstrukcí je zpravidla mimořádně obtížné dosahovat výpočtových hodnot měrné potřeby tepla na vytápění do $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. To sdělení platí při použití dostupných klimatických datových souborů současně s realistickými hodnotami vnitř-

ních tepelných zisků, korektními hodnotami tepelných vodivostí materiálů obvodových konstrukcí a se zahrnutými vlivy nehomogenit a tepelných vazeb. Metodika dává mj. jednoznačný návod, jakým způsobem je nutné tyto efekty zahrnout.

Použití nesprávných dat vede k výpočtům typu d) – spekulativní. Proto je požadavek na měrnou potřebu tepla na vytápění mírně zvýšen. Současně je z tabulky zřejmé, že kriteria ve stejné struktuře jsou stanovena i pro nízkoenergetické domy.

4. Klasifikační schéma

Jako *energeticky pasivní rodinný dům* se podle této metodiky označuje dům, který splňuje požadavky č.1,2,3,4,5,7 podle *tabulky 1* a hodnotu měrné potřeby tepla na vytápění má nejvýše 20 kWh/(m²a).

Jako *nízkoenergetický rodinný dům* se podle této metodiky označuje dům, který splňuje požadavky č.2 a 5 podle *tabulky 1* a hodnotu měrné potřeby tepla na vytápění má nejvýše 50 kWh/(m²a). Požadavky 1a, 1b, 3 a 4 jsou doporučené. Požadavek 7 se nehodnotí.

Energeticky pasivní rodinný dům a nízkoenergetický dům splňující výše uvedené požadavky se zařídí podle potřeby tepla na vytápění podle *tabulky 2*. (Vypočtené hodnoty se zaokrouhlí na celé kWh směrem dolů.) Třídy jsou odstupňovány po 2 kWh v intervalu 10 až 20 kWh a dále po 5 kWh v intervalu 20 až 50 kWh.

Tabulka 2 Třídy energeticky pasivních a nízkoenergetických rodinných domů podle měrné potřeby tepla na vytápění

Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m ² a)] v intervalu	Třída
≤ 10	10
>10 - ≤12	12
>12 - ≤14	14
>14 - ≤16	16
>16 - ≤18	18
>18 - ≤20	20
>20 - ≤25	25
>25 - ≤30	30
>30 - ≤35	35
>35 - ≤40	40
>40 - ≤45	45
>45 - ≤50	50

Označení hodnocených domů

Energeticky pasivní rodinný dům se označí písmennou zkratkou PARD doplněnou o dvouciferné označení třídy podle tabulky 2. *Nízkoenergetický rodinný dům* se označí písmennou zkratkou NERD doplněnou o dvouciferné označení třídy podle tabulky 2.

Pokud je alespoň 50% ročního množství energie potřebné na ohřev teplé vody pokryto pomocí solárního systému a současně $PE_A \leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, tedy řešení zvláště redukuje potřebu neobnovitelných energetických zdrojů, značení se doplní písmenem S.

Pokud je dům vybaven zařízeními na energetickou produkci (fotovoltaický systém), které jsou součástí budovy, ať již jsou použity pro vlastní potřebu nebo dále distribuovanou produkci, v takovém rozsahu, že roční bilance dodávané energie na vstupu do budovy a vyprodukované energie je vyrovnaná, označuje se jako *energeticky nulový dům*. Značení se doplňuje písmenem N.

Pokud budova vytváří přebytek energetické produkce, označuje se jako *energeticky plusový dům*. Značení se doplňuje značkou + (plus).

5. Protokol

V písemném protokolu hodnocení rodinného domu podle uvedené metodiky musí být uvedeny přinejmenším tyto údaje:

- A. Identifikace místa - adresa, katastrální území, GIS souřadnice
- B. Identifikace stavebníka, projektanta a zpracovatele hodnocení
- C. Informace o místních podmínkách – okolní zástavba, vzrostlá zeleň, slovní popis možných rizik změn zástavby a zeleně v budoucnu
- D. (schematické) výkresy situace, půdorysy podlaží, řez a pohledy nebo odkazy na ně. V takové podrobnosti, aby bylo možné odvodit způsob započtení ploch a objemů a velikosti jednotlivých prvků použitých v energetických výpočtech
- E. Tabulka obvodových konstrukcí s hodnotami součinitele prostupu tepla
- F. Tabulka ploch obvodových konstrukcí s přehledným výpočtem měrné ztráty prostupem tepla a střední hodnotou součinitele prostupu tepla
- G. Slovní hodnocení o zajištění přívodu čerstvého vzduchu do obytných místností – podle projektové dokumentace
- H. Informace o celkové účinnosti zpětného získávání tepla z větracího vzduchu, pokud je použito, s odkazem na odpovídající protokol ze zkušebny, firemní podklady, apod.
- I. Informace o neprůvzdušnosti obálky budovy. Uvedení hodnoty n_{50} , která je použita jako projektový předpoklad ve výpočtech. Při hodnocení již realizovaného domu informace o výsledku měření – v souladu s bodem 4 tabulky 1.
- J. Informace o výsledku výpočtu letní stability domu.

- K. Informace o výsledku výpočtu potřeby tepla na vytápění. Stručný protokol výpočtu s uvedením tabulky tepelných ztrát prostupem tepla a výměnou vzduchu, tepelných zisků, využitelnosti tepelných zisků a potřeby tepla na vytápění po měsících roku. Zatřídění podle měrné potřeby tepla na vytápění podle tabulky 2.
- L. Informace o použitých nosičích energie pro vytápění a přípravu teplé vody. Výsledek výpočtu primární energie - povinně pouze pro energeticky pasivní domy).
- M. Celkové zatřídění domu
- N. Případný komentář k možnostem dalšího zlepšení.
- O. Přílohy výpočtů, podle potřeby.

6. Závěrem

Zatřídění podle výše uvedeného klasifikačního schématu může být použito ve smluvních vztazích, jako podklad pro stanovení veřejných podpor i pro jednání stavebních spořitelů a bank. Podrobný popis je uveden v [4]. V přípravě je vytvoření samostatné české technické normy obsahující tuto Metodiku, včetně podrobných odkazů na výpočetní postupy, datové soubory, pravidla pro započtení ploch a objemů a velikosti vnitřních tepelných zisků [4]. Práce mohou pokračovat zpracováním obdobné metodiky pro bytové a další budovy.

Příspěvek byl zpracován s podporou projektem MSM 6840770005.

Literatura

- (1) TYWONIAK, J.: *Metodika hodnocení* In: Tepelná ochrana budov 2/2008, ČKAIT
- (2) PHPP – Passivhaus Projektierungspaket, 2007 (www.passiv.de)
- (3) ENERGIE2008, software Svoboda
- (4) TYWONIAK, J. a kol.: *Nízkoenergetické domy. Principy a příklady 2*. GRADA 2008

Abstrakt

Auch in Tschechien brauche,,n Niedrigstenergiehäuser klare Berechnungsmethodik, die sowohl als Instrument während Entwerfen auch zum eindeutigen Klassifizieren der Ergebnisse angewendet werden kann. Solche Methodik, die vor kurzem vorbereitet wurde, bringt keine neue Berechnungsalgorithmen. Sie basiert strikt auf den nationalen und europäischen technischen Normen und bauenergetischen Vorschriften und ist im maximalen Umfang im Einklang mit bereits ausgetesteter Methodik PHPP. Im Beitrag sind die wesentlichen Aspekte der Energieberechnungen erwähnt und die Eingabedaten begründet. Es wird auch betont, dass solche Berechnungsmethoden auf Monatsbasis mit vielen Annahmen relativ einfach bleiben können. Die Abweichungen zwischen Annahme und Realität bleiben naturgemäß relativ gross. Die Ergebnisse sollten jedoch vergleichbar bleiben. Prozess der offiziellen Eingliederung in tschechische technische Normen (CSN) ist im Gange.

Tabulka 1 Hodnocení rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností					
Č.	Jev, veličina	Označení	Jednotka	Požadavek	Způsob prokázání
Prostup tepla					
1a	Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici	U	W/(m ² K)	Splnění požadavku na doporučené hodnoty podle ČSN 730540:2, pokud není výjimečně a zdůvodněně jinak ¹⁾	Výpočet v souladu s ČSN 73 0540:4 Podle konkrétních podmínek se doporučuje splnění hodnot na úrovni 2/3 až 3/4 hodnot doporučených normou ČSN 73 0540-2 (2007)
1b	Střední hodnota součinitele prostupu tepla	U_{em}	W/(m ² K)	U _{em} ≤ 0,22 pro energeticky pasivní domy U _{em} ≤ 0,35 pro nízk energetické domy	Výpočet souladu s ČSN 73 0540:4 Podle konkrétních podmínek se pro energeticky pasivní rodinné domy doporučuje: U _{em} ≤ 0,15 – 0,18
<p>¹⁾ Za zdůvodnitelnou odchylku je možná považovat například řešení, kde budou použity semitransparentní fotovoltaické systémy jako součást obálky budovy, kdy lepší hodnoty součinitele prostupu tepla nelze dosáhnout.</p>					
Kvalita vzduchu a tepelná ztráta výměnou vzduchu					
2	Přívod čerstvého vzduchu do všech obytných místností	--	--	zajištěno	Kontrola projektové dokumentace, slovní hodnocení.

3	Účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu	η	%	$\eta \geq 75$	Podle ověřených podkladů výroby technického zařízení (rekuperátoru)	V energetických bilančních výpočtech se užije hodnota snížená o 10 procentních bodů
<i>Neprůvzdušnost</i>						
4	A. ve fázi přípravy stavby	n_{50}	[1/h]	$n_{50} = 0,6$ pro energeticky pasivní rodinný dům, $n_{50} = 1,5$ pro nízkenergetický dům	Kontrola projektové dokumentace, zejména úplné celistvosti vzduchotěsního systému.	Projektový předpoklad
	B1: po dokončení stavby	n_{50}	[1/h]	$n_{50} \leq 0,6$ pro energeticky pasivní rodinný dům $n_{50} \leq 1,5$ pro nízkenergetický dům	Měření metodou tlakového spádu a výpočet n_{50} v souladu s ČSN EN 13829, metoda B.	

	<p>B2: po dokončení stavby alternativně, pro $AV > 0,6$: Neprůvzdušnost obálky budovy vyjádřená hodnotou n_{50} a současně i vzduchovou propustností budovy q_{50}.</p> <p>Hodnocení B2 lze použít nejpozději do 31.12.2009.</p>	<p>n_{50} a současně</p> <p>q_{50}: $q_{50} = \frac{V_{50}}{A_E}$</p>	<p>[1/h]</p> <p>$[m^3/(h \cdot m^2)]$</p>	<p>pro energeticky pasivní rodinný dům: $n_{50} \leq 0,8$</p> <p>$q_{50} \leq 1,0$</p>	<p>Měření metodou tlakového spádu a výpočet n_{50} a q_{50} v souladu s ČSN EN 13829, metoda B.</p>	<p>Vzduchový tok při 50 Pa zjištěný měřením se vydělí plochou obálky budovy vypočítanou v souladu s článkem 6.1.2 ČSN EN 13829 z celkových vnitřních rozměrů. Pokud $n_{50} \geq 0,6$, provede se odpovídající přepočít energetické bilance budovy – měrné potřeby tepla na vytápění E_A a potřeby primární energie P_{EA}</p>
Zajištění pohody prostředí v letním období						
5	<p>Nejvyšší teplota vzduchu v pobytové místnosti</p>	θ_i	°C	≤ 27 °C	<p>Výpočet podle ČSN 73 0540:4. Strojní chlazení se nepředpokládá.</p>	<p>Ve výpočtu se nezahrnuje chladičí efekt zemního výměníku tepla. Ten slouží jako reálná rezerva při vícedenních vlnách veder (nad hodnotami normového výpočtu)</p>

Potřeba tepla na vytápění						
6	Měrná potřeba tepla na vytápění	E_A	$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	nejvýše 20 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ pro pasivní dům, nejvýše 50 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ pro nízkoenergetický dům	Výpočet podle ČSN EN ISO 13790 a dalších norem.	Doporučená hodnota pro pasivní dům: $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
	Potřeba primární energie					
7	Měrná potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění, přípravu teplé vody a technické systémy budovy	PE_A	$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ **) Pro energeticky pasivní rodinný dům		Pro nízkoenergetický rodinný dům se nehodnotí

**) Hodnota je ještě předmětem odborných diskusí.

Možnosti praktického využití výpočtu potřeby tepla na vytápění

Jiří Novák, Stavební fakulta ČVUT v Praze

Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice

Tel:+420 224 354 572, e-mail: jiri.novak.4@fsv.cvut.cz

1. Úvod

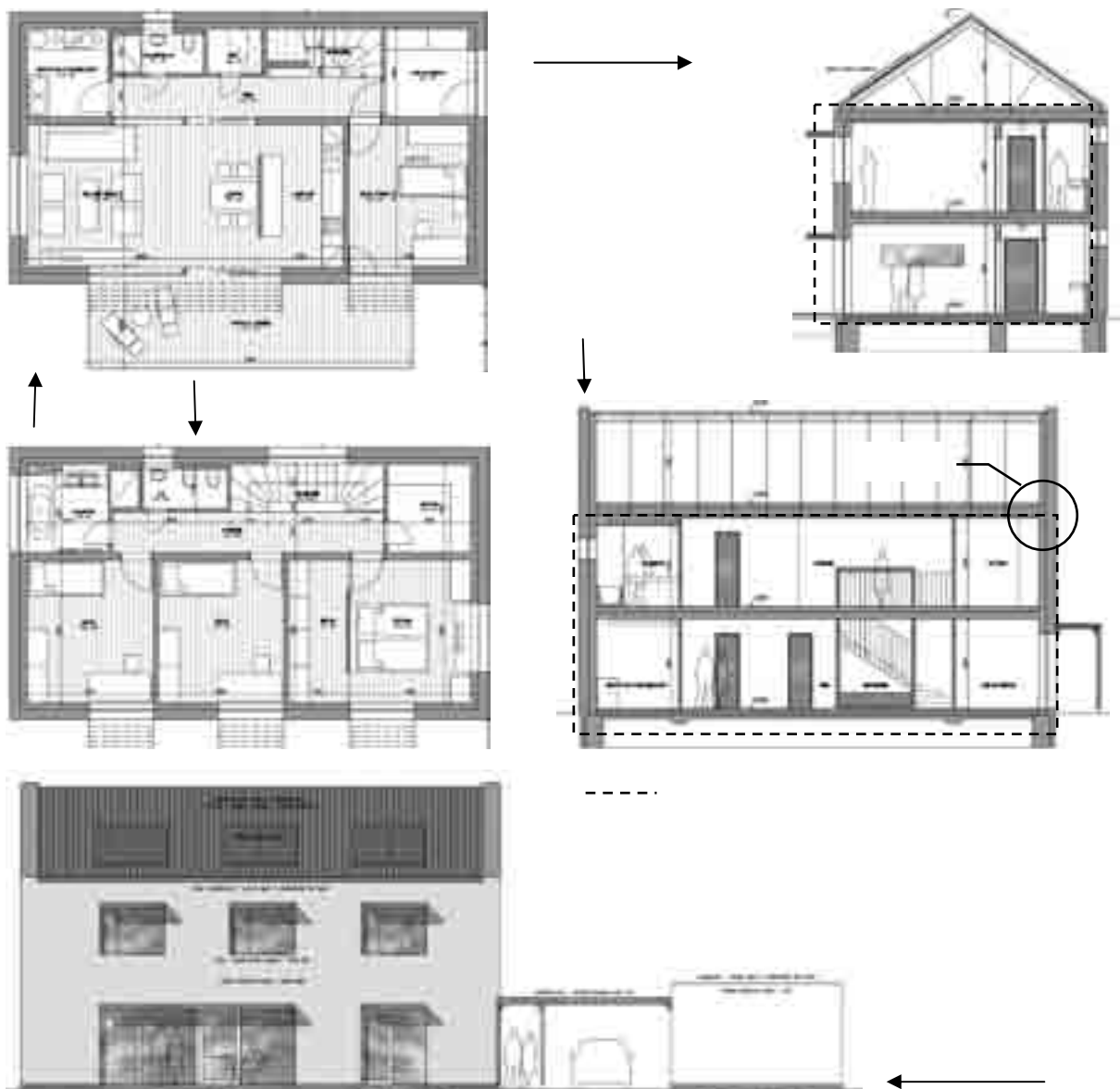
Výpočet potřeby tepla na vytápění by měl být nedílnou součástí projekční přípravy pasivních a nízkoenergetických domů. Výpočet obvykle slouží k optimalizaci stavebně energetické koncepce v úvodních fázích návrhu budovy a k deklaraci dosažených energetických parametrů v závěrečných fázích projektování. V případě domů s nízkou potřebou tepla na vytápění se používá měsíční výpočet podle starší verze normy [1] nebo [2] (na stejném principu jsou založeny i výpočty potřeby tepla na vytápění v nástroji PHPP).

Jedná se o zjednodušený výpočtový postup, jehož výsledky jsou zatíženy nejistotou ze dvou zdrojů: jedním jsou některé zjednodušující předpoklady, na kterých je metoda založena (např. využití tepelných zisků, celoročně konstantní hodnoty součinitelů stínění a další), druhým je volba nebo způsob stanovení vstupních údajů (např. vlastnosti konstrukcí a transparentních výplní, výpočet nebo odhad součinitelů stínění, atd.). Praktické důsledky druhého typu nejistoty jsou velmi významné. Narozdíl od nejistot vyplývajících z principu metody je totiž nejistota vstupních údajů velmi závislá na konkrétním přístupu zpracovatele výpočtu (na jeho znalostech, zkušenosti a také poctivosti) a mimo jiné komplikuje vzájemnou srovnatelnost výsledků pro odlišné budovy. K výraznému zlepšení vzájemné srovnatelnosti výsledků může přispět přijetí jednotných pravidel pro volbu některých vstupních údajů, jak je nabízí např. návrh metodiky hodnocení nízkoenergetických rodinných domů [3]. I přesto budou zřejmě výsledky vždy zatíženy relativní nejistotou, která může být zejména u pasivních domů významná [4], což je potřeba brát v úvahu při jejich dalším použití a interpretaci.

Při porovnávání potřeby tepla na vytápění různých variant koncepčního řešení téže budovy nemusí být relativně vysoká nejistota výsledku takovým problémem, jako při porovnávání výsledků různých budov navzájem nebo při porovnávání s energetickými předpisy, cíli apod. Samotná hodnota výsledku není v tomto případě tak podstatná jako změna výsledku odpovídající změně klíčových vstupních parametrů (které zřejmě budou ve všech variantách zatíženy podobnou nejistotou). I přes nejistoty výsledku může být výpočet potřeby tepla na vytápění podle [1, 2] velmi dobře používán jako pomůcka pro koncepční rozhodování v klíčových momentech návrhu pasivního domu. Nespornou výhodou je jednoduchost a přístupnost použití v běžné inženýrské praxi. V příspěvku je uvedeno několik praktických ukázek takového přístupu.

2. Modelová budova

Zde uvedené ukázky jsou výběrem z variant prověřovaných v rámci projekční přípravy reálného pasivního rodinného domu podle architektonické studie Ing. Arch. O. Kramoliše (obr. 1). Dům je navržen pro čtyřčlennou rodinu a je nepodsklepený. Půdní prostor není obytný, 2. NP je uzavřené lehkým zatepleným podhledem na úrovni spodních pásnic střešních příhradových vazníků. Nosné a obvodové stěny jsou vyzděné z betonových tvárníc a zateplené vrstvou pěnového polystyrénu. Tepelná izolace podlahy je zajištěna vrstvou pěnového polystyrénu uloženou do souvrství podlahy a vrstvou extrudovaného polystyrénu na vnějším líci základových pasů. Obvodová stěna je od základového pasu oddělena vrstvou pěnového skla. V budově je plánováno teplovzdušné vytápění, VZT jednotka bude vybavena výměníkem ZZT. Budova má být realizována nedaleko Prahy, hlavní fasáda bude orientována přímo na jih. Z důvodu snížení rizika letního přehřívání budou všechna jižní okna vybavena vodorovnými clonami. V blízkosti budovy je umístěna samostatně stojící garáž.



Obr. 1 Schéma modelové budovy (Ing. Arch. O. Kramoliš)

3. Výpočet potřeby tepla na vytápění

3.1. Postup výpočtu

Na základě údajů z architektonické studie a průvodní dokumentace byla nejprve vypočítána potřeba tepla na vytápění referenční varianty (var. 1). V dalších variantách (var. 2 – 5) se měnily různé vlastnosti budovy s cílem dosáhnout limitní hodnoty potřeby tepla na vytápění pro pasivní domy podle návrhu metodiky [3] ($20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$).

Potřeba tepla na vytápění byla vždy počítána po měsících postupem podle [1, 2] a v souladu s metodikou [3]. Klíčové vstupní údaje jsou shrnuty v tab. 1. Klimatická data, údaje o vnitřních tepelných ziscích, údaje o větrné expozici budovy a množství čerstvého vzduchu byly určeny podle metodiky [3]. Součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí byly vypočítány podle [5] (s vlivem tepelných mostů). Vliv tepelných vazeb mezi konstrukcemi byl do výpočtu zaveden pomocí lineárních (ψ) a bodových (χ) činitelů prostupu tepla, jejichž hodnoty byly odvozeny z analýzy výpočtu 2D popř. 3D teplotních polí. Do výpočtu potřeby tepla na vytápění byly zadávány i záporné hodnoty ψ a χ . Součinitele prostupu tepla oken byly vypočítány postupem podle [6] pro každé okno zvlášť s ohledem na konkrétní poměr plochy rámu a zasklení a konkrétní délku tepelné vazby mezi rámem a zasklením. Dílčí činitele stínění (zejm. horizontem a clonami nad jižními okny) byly vypočteny pro každé okno postupem podle [1, 2], pouze dílčí činitel clonění byl v souladu s metodikou [3] uvažován hodnotou $F_c = 1,0$.

3.2. Varianta 1

Referenční varianta reprezentující stav navržený v architektonické studii. Výsledná měrná potřeba tepla na vytápění je $22 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, navržené řešení tedy nesplňuje energetický cíl.

3.3. Varianta 2

V této variantě byly iteračním postupem hledány takové hodnoty součinitele prostupu tepla obvodové stěny a zatepleného podhledu nad 2.NP, při kterých by potřeba tepla právě splnila cílovou hodnotu $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. V případě stěny by bylo potřeba snížit součinitel prostupu tepla z $0,13$ na $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, což reprezentuje zvětšení tloušťky tepelné izolace (EPS) z plánovaných 30 cm na 35 cm . V případě zatepleného podhledu by bylo potřeba snížit součinitel prostupu tepla z $0,11$ na $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tohoto snížení by bylo možné dosáhnout vyplněním vzduchové dutiny mezi nosným roštem pro sádkartonový podhled tepelnou izolací.

3.4. Varianta 3

Ve variantě 3 se ověřovala možnost zlepšení tepelné bilance omezením tepelných ztrát okny, neboť ta mají nejhorší tepelně izolační vlastnosti ze všech plošných prvků na hranici vytápěného prostoru. Z tohoto důvodu bylo okno v severní fasádě osvětlující schodiště zmenšeno, ostatní dvě severní okna byla zcela vypuštěna. Plocha již-

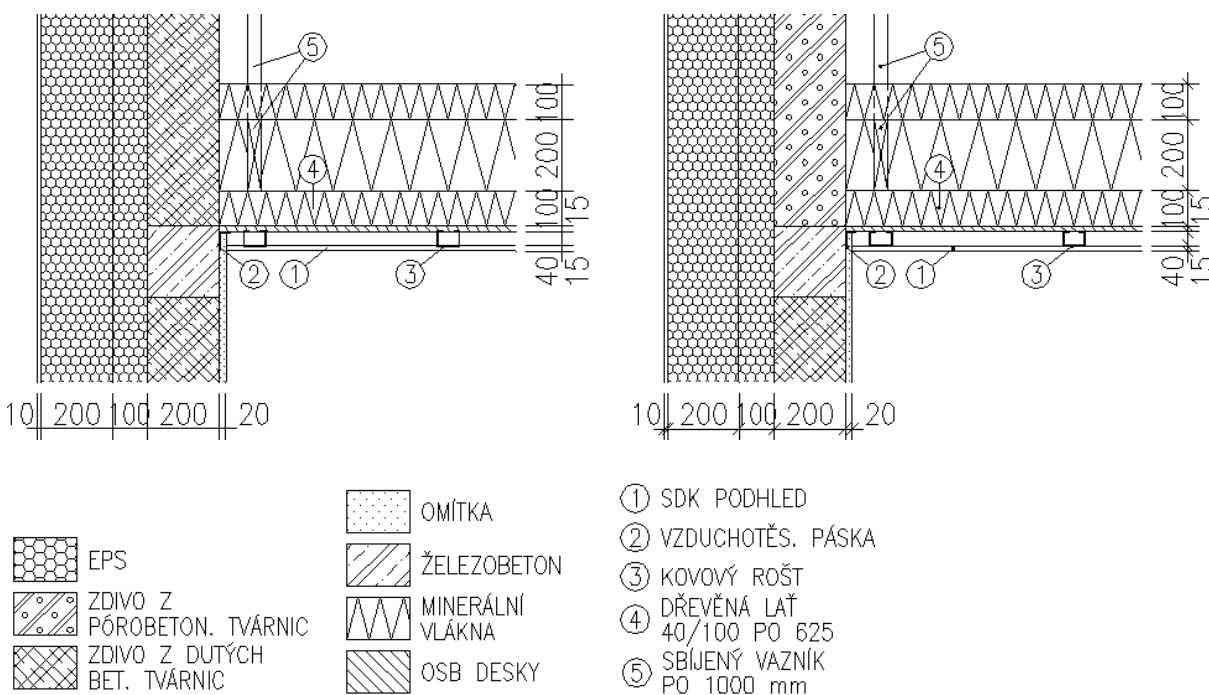
ních oken byla zmenšena o 50 % oproti variantě 1. Odpovídajícím způsobem byly ve výpočtu upraveny součinitele prostupu tepla oken a délky lineárních tepelných vazeb v napojení oken na obvodovou stěnu. Měrná potřeba tepla na vytápění se zvýšila na 23 kWh/(m².a).

3.5. Varianta 4

Ve variantě 4 se naopak testovala možnost snížení potřeby tepla na vytápění zvýšením solárních zisků. Plocha severních oken byla upravena stejným způsobem jako ve var. 3, plocha jižních oken byla naopak zvětšena o 50 % oproti variantě 1. Opět byly přepočítány součinitele prostupu tepla a délky lineárních vazeb. Měrná potřeba tepla na vytápění klesla na 20 kWh/(m².a).

3.6. Varianta 5

V této variantě bylo upraveno řešení detailu napojení zatepleného podhledu na štítovou obvodovou stěnu (obr. 2), ostatní vlastnosti budovy jsou shodné s var. 1. V původním řešení prochází zdivo štítové stěny z vytápěného prostoru 2.NP do nevytápěného střešního prostoru, takže spojitost tepelně izolačních vrstev je v tomto místě přerušena betonovými tvárnicemi s vysokou tepelnou vodivostí. Úprava spočívala v nahrazení betonového zdiva nad úrovní pozdního věnce 2.NP zdivem z pórobetonových tvárnic s výrazně nižší tepelnou vodivostí. Díky této úpravě klesl lineární činitel prostupu tepla detailu z 0,23 W/(m.K) na -0,04 W/(m.K) a měrná potřeba tepla na vytápění na 20 kWh/(m².a).



Obr. 2 Schéma řešení detailu styku zatepleného podhledu 2.NP se štítovou stěnou (det. A na obr. 1)

Tab. 1 Přehled variant – vstupní údaje a výsledky výpočtu potřeby tepla na vytápění

varianta	1	2	3	4	5
vnitřní tepelné zisky ϕ [W]	380	380	380	380	380
větrání					
tok větracího vzduchu V [m ³ /h]	70	70	70	70	70
účinnost ZZT η [%]	75	75	75	75	75
okna					
rám – souč. prostupu tepla U _f [W/m ² .K]	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
zasklení – souč. prostupu U _g [W/m ² .K]	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
plocha severních oken A [m ²]	2,3	2,3	1,1	1,1	2,3
plocha jižních oken A [m ²]	24,5	24,5	12,3	36,8	24,5
obvodová stěna					
souč. prostupu tepla U [W/m ² .K]	0,13	0,11	0,13	0,13	0,13
tl. tepel. izolace d [mm]	300	350	300	300	300
zateplený pohled					
souč. prostupu tepla U [W/m ² .K]	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
tl. tepel. izolace d [mm]	400	440	400	400	400
podlaha na terénu					
souč. prostupu tepla U [W/m ² .K]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
tl. tepel. izolace d [mm]	200	200	200	200	200
tepelné vazby					
ostění oken ψ [W/(m.K)]	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
parapety oken ψ [W/(m.K)]	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
nadpraží jižních oken ψ [W/(m.K)]	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039
nadpraží ostat. oken ψ [W/(m.K)]	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
obv. stěna/zatepl. pohled ψ [W/(m.K)]	-0,047	-0,047	-0,047	-0,047	-0,047
štíť. stěna/zatepl. pohled ψ [W/(m.K)]	0,23	0,23	0,23	0,23	-0,040
roh obvodové stěny ψ [W/(m.K)]	-0,060	-0,060	-0,060	-0,060	-0,060
obv. stěna/podlaha n.t. ψ [W/(m.K)]	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092
kotvení stínících clon χ [W/K]	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
kotvení stříšky χ [W/K]	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
výsledky					
prům. souč. prostupu U _{em} [W/m ² .K]	0,19	0,18	0,17	0,20	0,18
měrná potřeba tepla e _A [kWh/(m ² .a)]	22	20	23	20	20

4. Komentář k výsledkům

Průběh a výsledky studie ukazují, že výpočtový postup podle [1, 2] je dostatečně podrobný na to, aby během návrhu budovy umožňoval poměrně detailně (ale v případě potřeby i jednoduše) modelovat různé přístupy a technická řešení a sledo-

vat jejich vliv na energetické vlastnosti budovy jako celku. Před klíčovým rozhodnutím na základě podobných studií je potřeba kriticky zhodnotit vypovídací schopnost jejích výsledků. Např. v našem případě nesplnil původní návrh budovy energetický cíl o pouhé 2 kWh/(m².a). Jedná se o velmi malé množství energie, zcela jistě menší, než nejistota nebo chyba výpočtu (viz [4]). S ohledem na tuto nejistotu by měl stavebník zvážit, zda je rozumné vkládat do úspory 2 kWh/(m².a) další prostředky (materiál, výrobní energii, finance), když pravděpodobně nedojde ke znatelnému zlepšení energetických vlastností budovy (např. jen kvůli získání „značky“ pasivní dům). V případě, že se rozhodne budovu dále optimalizovat, pak mohou být výsledky studie velmi užitečné. Je zřejmé, že stanoveného energetického cíle je možné dosáhnout různými prostředky, které mohou mít podstatný vliv i na další vlastnosti budovy (architektonický výraz, velikost budovy, letní tepelná stabilita, denní osvětlení), navíc se bude jednat o rozhodnutí v řádu desítek až stovek tisíc Kč.

Zajímavé je porovnání variant 3 a 4, ze kterého je zřejmé, že jižní okna mají v tomto konkrétním případě celoročně pozitivní tepelnou bilanci. To lze vysvětlit kvalitou použitých komponentů (rám, zasklení), výhodným poměrem plochy rámu a zasklení a poměrně málo významným stíněním. Výsledek jistě nelze generalizovat – v lokalitě s nižší intenzitou slunečního záření (odlišná zeměpisná poloha, vyšší znečištění atmosféry) nebo při výraznějším zastínění (okolní zástavba, stromy) a zaclonění (záclony, žaluzie, zašpinění skel) by mohlo zvětšení plochy jižních oken vést pouze k malému nebo žádnému snížení potřeby tepla na vytápění. Toto je potřeba brát v úvahu při optimalizaci velikostí okenních ploch a použít raději klimatická data pro danou lokalitu (event. i další vstupní údaje), než jednotná data předepsaná v metodice [3]. Výsledky by byly pochopitelně odlišné i pro jiný typ rámu a zasklení.

5. Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

6. Literatura

- (1) ČSN EN ISO 13790 Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating. ČNI, Praha, 2000
- (2) ČSN EN 832 *Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie na vytápění - Obytné budovy*. ČNI, Praha, 2000
- (3) Tywoniak, J. *Metodika hodnocení rodinných domů s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění*. Sborník konference Pasivní domy 2008, 2008
- (4) Kopecký, P. *Přesvědčivost výsledků výpočtu potřeby tepla na vytápění pasivních domů*. Sborník konference Pasivní domy 2008, 2008
- (5) ČSN EN ISO 6946 *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda*. ČNI, Praha, 1998
- (6) ČSN EN ISO 10077-1 *Tepelné chování oken, dveří a okenic – Výpočet součinitele protupu tepla – Část 1: Zjednodušená metoda*. ČNI, Praha, 2001

Přesvědčivost výsledků výpočtu potřeby tepla na vytápění pasivních domů

Pavel Kopecký, Kamil Staněk, Jan Antonín, ČVUT, Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
Tel.: +420 224 354 473, e-mail: pavel.kopecky@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Do modelu výpočtu potřeby tepla na vytápění vstupuje mnoho parametrů, které jsou vypočteny/voleny s určitou nejistotou. Jednou ze značných nejistot výpočtu potřeby tepla na vytápění může být samotná osoba uživatele výpočtového modelu. Tento příspěvek se zabývá vlivem nejistot ve vstupních parametrech výpočtového modelu a vlivem uživatele na výsledky výpočtu potřeby tepla na vytápění. Výpočet potřeby tepla na vytápění modelového velmi dobře izolovaného rodinného domu byl zkoumán pomocí srovnávacího testu, kterého se zúčastnili někteří kolegové z Katedry konstrukcí pozemních staveb. Na tento test navazuje analýza nejistot a citlivostní analýza výpočtového modelu provedená s pomocí simulace Monte Carlo. Výsledky ukazují na nezanedbatelné rozdíly mezi jednotlivými uživateli, uživatel sám o sobě může být značným zdrojem chyb. Výsledkem simulace Monte Carlo je zjištění jak nejistoty vstupních parametrů ovlivňují výsledky výpočtu.

Klíčová slova

pasivní dům, výpočet potřeby tepla, analýza nejistot, simulace Monte Carlo

1. Úvod

Výpočet potřeby tepla na vytápění se provádí zejména za účelem a) posouzení shody s předpisy, b) porovnávání návrhových variant anebo c) posouzení plánovaných či realizovaných úsporných opatření.

Výpočet potřeby tepla na vytápění se obvykle provádí dle metodiky [1] po jednotlivých měsících. Zejména v německy mluvících zemích se prosadil tzv. výpočet dle metodiky PHPP [2], jehož principy však vycházejí z [1]. Výpočet dle [1] je založen na uvažování ustáleného teplotního stavu v jednotlivých měsících, dynamické efekty jsou zjednodušeně uvažovány pomocí tzv. faktoru využitelnosti tepelných zisků (pouze část tepelných zisků je skutečně využitelná). Hlavními výstupy z výpočtu jsou komponenty tepelné bilance a) tepelné ztráty prostupem a větráním v průběhu roku, b) využitelné tepelné zisky (solární a vnitřní) v průběhu roku a následně c) potřeba tepla na vytápění během roku.

Tepelné ztráty pasivních domů jsou velmi malé, tepelné zisky proto zpravidla kryjí značný podíl tepelných ztrát dle velikosti, orientace, stínění oken a v neposlední řadě optimismu výpočtu. Potřeba tepla na vytápění je tak výsledkem odčítání dvou podobně velkých čísel a relativní chyba stanovení výsledné potřeby tepla na vytápění proto může být nepříjemně vysoká. Informativní příloha H normy EN ISO 13790 doporučuje provádět analýzu nejistot výpočtu tehdy, když je roční potřeba tepla na vytápění

nižší než třetina ročních tepelných ztrát (Pozn.: v textu je pojmem ztráta míněna potřeba tepla na krytí tepelné ztráty, jednotky jsou tedy kWh. Viz také tabulka 3.). Informativní příloha H normy 13790 rovněž uvádí, že rozdíl výsledků výpočtu mezi jednotlivými uživateli může činit až 20 % pro stejné budovy v identickém klimatu.

Metodika hodnocení nízkoenergetických rodinných domů [3] stanovuje „napevno“ některé parametry ve výpočtu potřeby tepla na vytápění (např. se jedná o klimatická data, stanovení množství větracího vzduchu, velikost vnitřních zisků). I přes toto odstranění některých volných vstupních parametrů, vstupuje do výpočtu několik parametrů, které jsou vypočteny/voleny s určitou nejistotou.

Článek se zejména věnuje hledáním odpovědi na následující otázky. Jaký vliv mají samotní uživatelé na výsledky výpočtu potřeby tepla na vytápění? (Pozn.: v textu je uživatelem označována osoba provádějící výpočet). Je sám uživatelem největším zdrojem chyb a rozdílů ve výsledcích? Jaký vliv mají nejistoty vstupních parametrů na výsledky výpočtu potřeby tepla na vytápění?

2. Vliv uživatele

Srovnávací výpočet potřeby tepla na vytápění je proveden pro novostavbu nepodsklepeného rodinného domu se dvěma nadzemními podlažími (Obrázek 1 a 2). Dům odpovídá svým stavebním řešením standardu pasivního domu dle [2]. Pro stanovení potřeby tepla mohlo být využito jakéhokoliv výpočetního softwaru, jehož výpočetní postup vychází z metodiky [1]. Účastníkům testu (seznam viz Tabulka 1) byly poskytnuty totožné podklady. Nikdo ze zúčastněných neprováděl výpočet potřeby tepla poprvé, všichni jsou poměrně podrobně obeznámeni s pozadím výpočtů (tj. nejde o reprezentativní vzorek z lidské populace). Seznam vstupních parametrů do výpočtu je uveden v Tabulce 2. Některé vstupní parametry byly zadány napevno, některé musely být uživatelem zvoleny nebo doloženy. Pokud někdo z pečlivějších potřeboval pro svůj výpočet doplňující informace (např. považoval projektovou dokumentaci za nedostatečnou), byly mu poskytnuty. Výstupní parametry, které uživatelé poskytovali pro vyhodnocení, jsou uvedeny v Tabulce 3. Z dílčích výsledků jednotlivých uživatelů (hodnoty Q_I , Q_{s+Q_i} , viz Tabulka 3) byly ještě doloženy potřeby tepla na vytápění pro kombinace každý s každým (49 variant, viz obrázek 2) s přepočtením faktoru využitelnosti zisků (odvozuje se z poměru zisk/ztráta a z časové konstanty zóny).





Tab. 1: Účastníci testu

označení	používaný software	čas strávený výpočtem
1	Energie 2008	7 h
2	vlastní excel	7 h
3	vlastní excel	3 h
4	Energie 2008	12 h
5	Energie 2008	5 h
6	vlastní excel	15 h
7	excel PHPP	10 h

Tab. 2: Definice vstupních parametrů ve srovnávacím testu

1	klimatická data	dle metodiky [3]
2	časová konstanta budovy	volba uživatele
3	počet osob	5 osob
4	požadovaná vnitřní teplota	20 °C
5	objem vytápěné zóny	dle podkladů
6	vytápěná podlahová plocha	dle podkladů
7	plochy obvodových konstrukcí	dle podkladů
8	orientace obvodových konstrukcí ke světovým stranám	dle podkladů
9	součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí	dle podkladů
10	započtení tepelných vazeb a mostů	volba uživatele
11	součinitel prostupu tepla zasklení	0.6 W/(m ² ·K)
12	součinitel prostupu tepla rámu	0.9 W/(m ² ·K)
13	energetická propustnost zasklení	0.5
14	plastový distanční rámeček	-
15	koeficient F_f (vliv rámu)	dle podkladů
16	koeficient F_c (vliv clonění)	dle podkladů
17	koeficient F_o (vodorovná markýza)	dle podkladů
18	koeficient F_f (svislá žebra)	dle podkladů
19	koeficient F_h (horizont)	dle podkladů
20	plocha podlahy na terénu	dle podkladů
21	exponovaný obvod podlahy	dle podkladů
22	tloušťka obvodové stěny	dle podkladů
23	tepelná vodivost zeminy	2 W/(m·K)
24	tepelný odpor podlahové vrstvy	dle podkladů
25	tloušťka okrajové izolace	dle podkladů
26	tepelná vodivost izolace	volba uživatele
27	hloubka okrajové izolace	dle podkladů
28	Objemový tok větracího vzduchu	dle metodiky [3]
29	n_{50}	0.6 1/h

30	koeficient e	dle metodiky [3]
31	koeficient f	dle metodiky [3]
32	účinnost rekuperace	85 %
33	vnitřní tepelné zisky	dle metodiky [3]

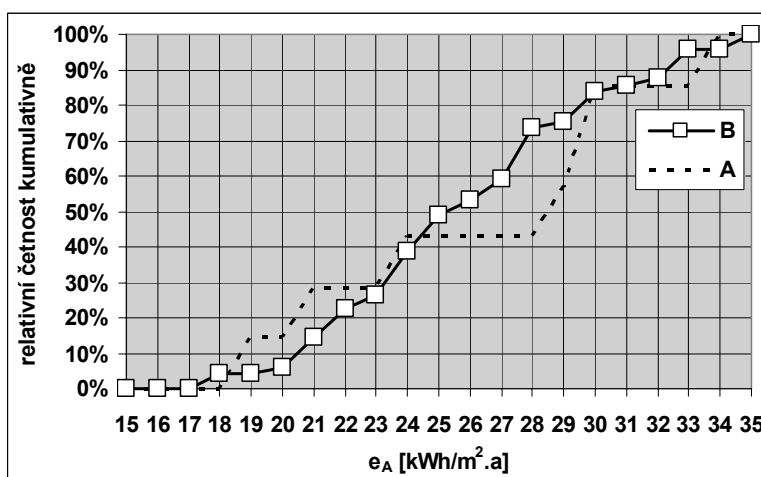
Tab. 3: Sledované výstupní parametry

1	součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí	$W/(m^2 \cdot K)$
2	poměr A/V	m^2/m^3
3	celková plocha netransparentních obvodových konstrukcí (i s podlahou na zemině)	m^2
4	celková plocha oken	m^2
5	měrná tepelná ztráta prostupem	W/K
6	měrná tepelná ztráta větráním	W/K
7	po měsících tepelné ztráty Q_l (12 hodnot)	kWh
8	po měsících solární zisky Q_s (12 hodnot)	kWh
9	po měsících vnitřní zisky Q_i (12 hodnot)	kWh
10	po měsících faktor využitelnosti tepelných zisků (12 hodnot)	-
11	po měsících potřeba tepla na vytápění Q_h (12 hodnot)	kWh
12	měrná potřeba tepla na vytápění e_A	$kWh/(m^2 \cdot rok)$
13	měrná potřeba tepla na vytápění e_V	$kWh/(m^3 \cdot rok)$
14	průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	$W/(m^2 \cdot K)$

Tab. 4: Souhrn výsledků ze srovnávacího testu

uživatel	1	2	3	4	5	6	7	průměr
Q_l [kWh]	16176	14541	15278	16344	14823	13982	13245	14913
Q_s [kWh]	10626	9698	7425	9156	8726	11515	10581	9675
Q_i [kWh]	3507	3504	3504	3504	3504	3571	4547*	-
Q_h [kWh]	7270	5747	7295	8371	7057	5223	4483	6492
e_A [kWh/m ² .a]	29	23	29	34	28	21	18	26

* Výpočtový excel PHPP neumožňuje zadání vnitřních zisků podle [3].



Obr. 3: Relativní četnost měrné potřeby tepla na vytápění (A – pouze z výsledků jednotlivých uživatelů; B – po kombinaci každý s každým)

3. Analýza nejistot

Mimo nejistot způsobené uživateli vstupují do výpočtu další nejistoty. Jedná se zejména o: a) nejistoty ve formulaci modelu (model je vždy pouze přiblížením reality

– zjednodušení a aproximace), b) nejistoty v hodnotách vstupních parametrů (nedostupnost údajů, rozptýl fyzikálních vlastností) a c) numerické nejistoty (numerické chyby vlivem diskretizace, případně zaokrouhlování).

Cílem této kapitoly je zjistit nejistotu stanovení potřeby tepla na vytápění modelového domu s pomocí stochastické metody Monte Carlo. Metoda Monte Carlo je založena na mnohonásobném opakování výpočtu (v příkladu bylo využito excelu uživatele 6), kdy definované vstupní parametry jsou generovány náhodně (pomocí zvolené vzorkovací metody) z oblasti volených rozdělení pravděpodobnosti. Metoda obecně zahrnuje následující kroky: a) výběr rozdělení pravděpodobnosti pro sledované vstupní parametry (obvykle voleno Gaussovo rozdělení), b) vygenerování sady vzorků z jednotlivých rozdělení (matice o x_n vstupních parametrech a S simulacích), c) opakování výpočtu a ukládání matice o y_k sledovaných výstupních parametrech a S simulacích, d) analýza nejistot, a případně e) citlivostní analýza. Pro další informace je čtenář odkázán na [4].

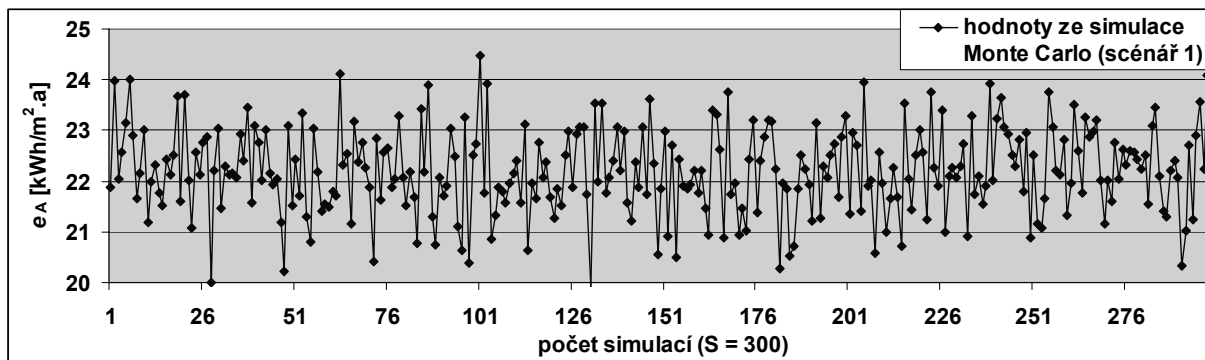
Mimo nejistot vstupních parametrů byly do výpočtu vneseny tyto scénáře:

- (1) výpočet dle metodiky [3],
- (2) jako 1 s klimatickými daty pro Hradec Králové,
- (3) jako 2 bez tepelných mostů,
- (4) jako 3, s vnitřními zisky o 25 % výše než dle metodiky [3],
- (5) jako 1, změna procenta prosklení JZ fasády (5a – plocha JZ oken x 1,15, 5b – plocha JZ oken x 0,85)

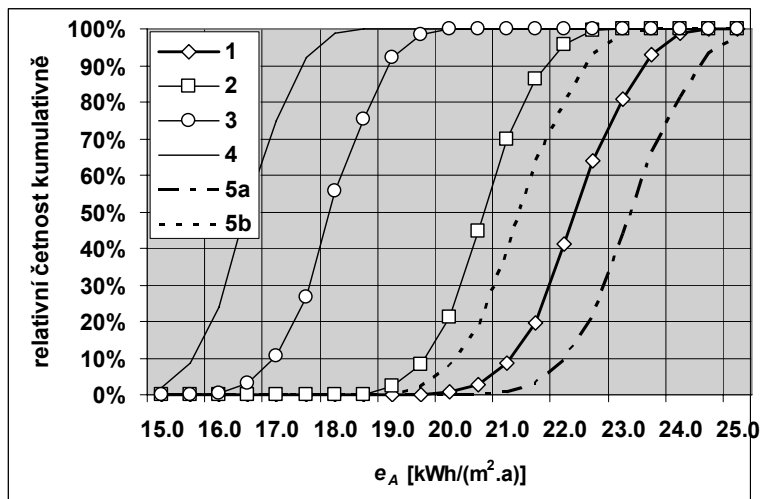
Pozn.: Scénáře také představují nejistoty. Je například Praha tak rozdílná od Hradce Králové, jak ukazuje srovnání jejich klimatických dat?

Tab. 6: Definice nejistot vstupních parametrů pro simulaci Monte Carlo (rozdíly ve vstupních parametrech získané z výsledků srovnávacího testu slouží k odhadu pravděpodobnostního rozdělení pro Monte Carlo).

	název	jednotka	zvolené rozdělení	střední hodnota	směrod. odchylka
1	časová konstanta zóny	[h]	normální	200	15
2	souč. prostupu tepla stěn 1.NP	[W/(m ² ·K)]	normální	0,13	0.005
3	souč. prostupu tepla stěn 2.NP	[W/(m ² ·K)]	normální	0,16	0.005
4	souč. prostupu tepla střechy 1.NP	[W/(m ² ·K)]	normální	0,10	0.005
5	souč. prostupu tepla střechy 2.NP	[W/(m ² ·K)]	normální	0,10	0.005
6	souč. prostupu tepla podlahy	[W/(m ² ·K)]	normální	0,19	0.005
7	souč. prostupu tepla rámu okna	[W/(m ² ·K)]	normální	0,90	0.025
8	souč. prostupu tepla zasklení	[W/(m ² ·K)]	normální	0,60	0.025
9	lineární činitel – vliv rámečku	[W/(m ² ·K)]	normální	0,02	0.002
10	celková tepelná propustnost zasklení	[-]	normální	0,50	0.020
11	součinitel stínění horizont JV	[-]	normální	0,95	0.015
12	součinitel stínění horizont JZ	[-]	normální	0,95	0.015
13	součinitel stínění horizont SZ	[-]	normální	0,95	0.015
14	součinitel stínění horizont SV	[-]	normální	0,95	0.015



Obr. 4: Měrná potřeba tepla na vytápění – ukázka hodnot z jednotlivých kroků simulace Monte Carlo



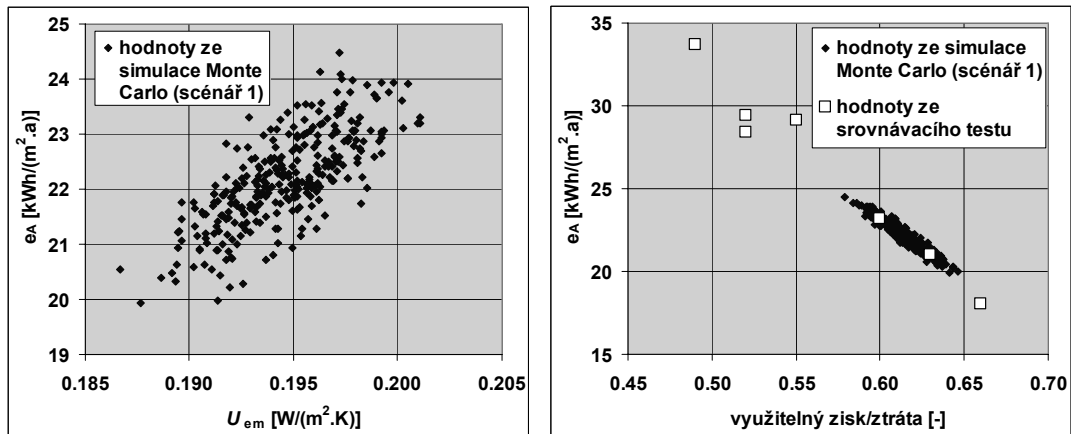
Obr. 5: Kumulativní relativní četnost měrné potřeby tepla na vytápění pro definované scénáře

4. Komentáře

Ačkoliv bylo využito dobře definované zjednodušené metody výpočtu, měrná potřeba tepla na vytápění jednotlivých uživatelů se pohybovala v relativně širokém rozmezí $\pm 30\%$ od průměrné hodnoty. Zdá se, že lidský faktor je ve výpočtech velmi důležitou okrajovou podmínkou. Rozdíly například vznikaly z chyb a nepozornosti uživatele (opomenutí, překlepy při zadání), při tvorbě modelu budovy (např. zanedbání důležitého), při výpočtu ploch a objemů, součinitelů prostupu tepla a volbou/výpočtem stínících koeficientů.

Volba hodnot součinitelů prostupu tepla zaručuje dosažení určité úrovně potřeby tepla, snižování samozřejmě vede ke snížení e_A (viz obrázek 6 vlevo). Zdánlivé detaily ale rozhodují, zda se z této globální úrovně dostaneme na ještě nižší hodnoty.

Například důvodem snížení potřeby tepla po odebrání tepelných mostů (snížení tepelných ztrát) je zvýšení poměru zisk/ztráta. Snižuje se tím sice faktor využitelnosti (využitelné tepelné zisky jsou o trochu nižší), výsledná potřeba tepla na vytápění je ale nižší než v případě scénáře s tepelnými mosty (redukce tepelných ztrát převažuje nad redukcí využitelných zisků). Naopak, proto se „téměř nic neděje“, když je zvyšováno procento prosklení JZ fasády. Tímto krokem je sice zvyšován zisk, ale zároveň i ztráta a tak jejich poměr zůstává podobný (v případě oken pro pasivní domy).



Obr 6: Vlevo – korelace mezi průměrným součinitelem prostupu tepla U_{em} a měrnou potřebou tepla na vytápění e_A . Vpravo – korelace mezi poměrem poměrem využitelný zisk/ztráta ($\eta \cdot (Q_s + Q_i) / Q_i$) a měrnou potřebou tepla na vytápění e_A .

5. Závěr

Výsledky srovnávacího testu ukázaly, že osoba uživatele může být značným zdrojem nejistoty výpočtu potřeby tepla na vytápění. Pro minimalizaci rizika chyb plynoucích z nepochopení metodiky výpočtu a nedostatečné kontroly nad vstupními daty je vhodné používat dostatečně jednoduché a transparentní modely. Žádný vstupní parametr výpočtu by neměl za sebou mít nejasné nebo neznámé pozadí.

Každý výpočetní model je zatížen určitou nejistotou. Relativní nejistota stanovení výsledku (vlivem velmi nízko položené srovnávací hladiny) je u výpočtu potřeby tepla na vytápění nízkoenergetických či pasivních domů značná. I při optimisticky zvoleném spíše úzkém rozmezí nejistot vstupních parametrů (viz Tabulka 6) se výsledná hodnota potřeby tepla pohybovala v rozmezí 5 kWh/(m²·a), viz obrázek 5.

Výpočet, zda je dům pasivní či nikoli, je smluvní postup, který nakonec s realitou nemusí mít příliš společného. Pro návrh domu je ale vhodný a nutný, protože poskytuje poměrně rychlou kontrolu projektovaného stavu [5]. Doposud patrně neexistuje jednoduchá metoda výpočtu, která by měla lepší rozlišovací schopnost. Tato skutečnost by měla být vzata v úvahu při vyhodnocování výsledků výpočtu, ale i v samotné definici pasivního domu.

6. Poděkování

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

7. Literatura

- (1) ČSN EN ISO 13790 „Tepelné chování budov – výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení“
- (2) Passivhaus Institut, PHPP 2007: *Passivhaus Projektierungs Paket 2007* (www.passiv.de)
- (3) TYWONIAK, J: *Metodika výpočtu a hodnocení nízkoenergetických rodinných domů*, In: *Tepelná ochrana budov 2/2008*.

- (4) SALTELLI, CHAN, SCOTT: *Sensitivity Analysis*, Wiley, 2000.
- (5) NOVÁK, J.: *Možnosti praktického využití výpočtu potřeby tepla na vytápění*. Sborník konference Pasivní domy 2008.

Pasívny dom v klimatických podmienkach Slovenska

Ing. arch. Lorant Krajcsovics, Fakulta architektúry STU
Nám.slobody 19, 812 45 Bratislava

Abstrakt – Passivhaus in Klimaregionen der Slowakei

Der Entwurf eines Passivhauses ist abhängig vom lokalen Klima. Für die Südslowakei sind höheren Temperaturen (-1°C) im Winter und mittlere Sonneneinstrahlungen charakteristisch. Im Norden des Landes den Karpaten sind im Winter mittlere Temperaturen bis -3°C und relativ wenig Sonneneinstrahlung charakteristisch. Eine Ausnahme bilden das Tal unter den Hohen Tatas, wo bedingt durch die hohe Lage, die Sonneneinstrahlung im Winter am höchsten ist, aber auch die niedrigste Durchschnittstemperatur im Winter (-5°C) herrscht.

Die folgenden Untersuchungen wurden an einem Einfamilienhaus (172 m² EBF) vorgenommen, welcher im verschiedenen Klimaregionen Slowakei optimiert zum Passivhausstandart war.

Am Süden des Landes war eine Vergrößerung der Apertur hauptsächlich mit Über-temperaturhäufigkeit im Sommer verbunden. Die Vergrößerung der Apertur hatte einen sehr kleinen Einfluss an den HWB aber erhöht Heizlast des Objektes.

Für den Norden war die bessere Strategie sich auf die Minimierung der Wärmeverluste zu konzentrieren. Die Vergrößerung der Apertur brachte eine Erhöhung des HWB mit sich. Die Erreichung des Grenzwerts von 10 W/m² war problematisch.

Im Gebieten mit hoher Lage (z. B. in Poprad) und mit viel Sonneneinstrahlung brachte die Vergrößerung der Apertur eine Verkleinerung des HWB mit sich, verursachte aber gleichzeitig eine Erhöhung des Heizwärmebedarf (20W/m²). Die Über-temperaturhäufigkeit im Sommer war wegen der relativ niedrigen Durchschnittstemperatur (16°C) nicht so problematisch.

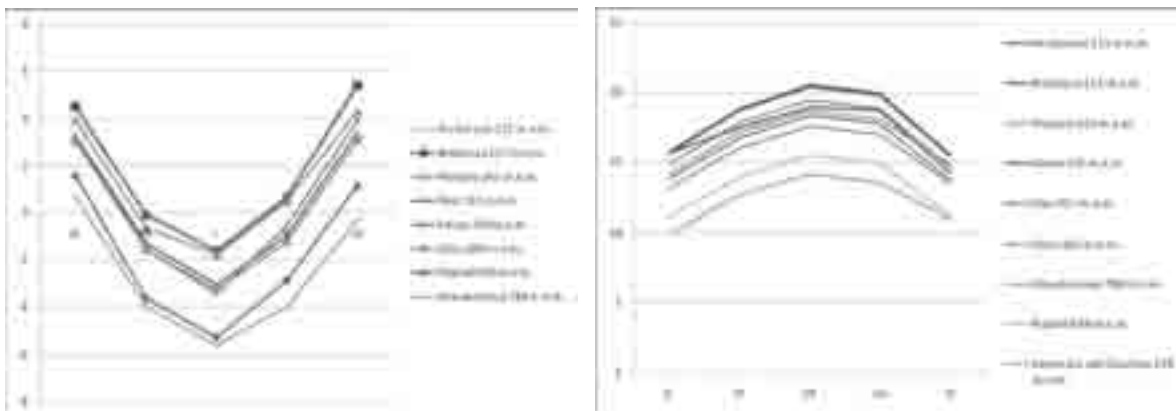
1. Klimatická charakteristika Slovenska

1.1. Teplota

Návrh pasívneho domu je závisí od lokálnych klimatických podmienok. Hlavnými ovplyvňujúcimi faktormi sú vonkajšia teplota a množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia. Tieto faktory sú určujúce nielen pre obdobie počas zimy, na určenie mernej potreby tepla na vykurovanie a tepelnej straty, ale aj na určenie tepelnej záťaže a potreby chladiť v letných mesiacoch.

Klimatické podmienky Slovenska sú veľmi rôznorodé vzhľadom na geomorfológiu krajiny. V zimných mesiacoch môžeme na Slovensku charakterizovať nasledujúce rozloženie teplôt. Najchladnejší mesiac je január s priemernými mesačnými teplotami od $-1,5^{\circ}\text{C}$ po $-5,5^{\circ}\text{C}$. Najvyššie priemerné teploty sú v mestách na juhu Slovenska: Hurbanovo, Bratislava, Piešťany. Priemerná teplota okolo -3°C je v mestách Žilina,

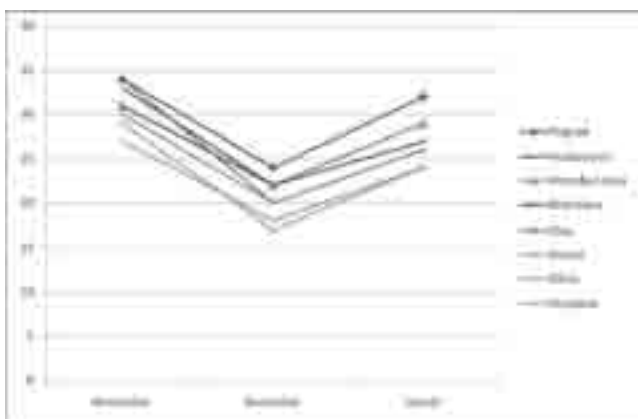
Sliač a Košice. Najchladnejšie je v Poprade a v Oravskej Lesnej. So stúpajúcou nadmorskou výškou, klesá úmerne teplota. Mesiace december a február sú v našich klimatických podmienkach, tiež veľmi chladné, no v priemere nedosahujú tak nízke teploty ako mesiac január.



V južných oblastiach Podunajskej a Východoslovenskej nížiny sa stretávame s problémom vysokých horúčav a s nimi súvisiacim problémom letného prehrievania, ktoré s postupnými klimatickými zmenami narastá na význame. Najvyššie priemerné teploty sa dosahujú v mesiacoch júl a august na juhu Slovenska, kde priemerná teplota prekračuje 20°C. Najchladnejšie je na Orave a v Podtatranskej kotline, kde sa maximálna priemerná teplota pohybuje v oblasti 15 °C.

1.2. Slnéčné žiarenie

Slovensko je podľa STN ISO 13790 rozdelené do troch oblastí. Prvá charakterizuje nížiny Slovenska, ktoré dostávajú najviac žiarenia v lete. Druhá oblasť, je charakteristická relatívne nízkym množstvom slnečného žiarenia v zime aj v lete, čo je zapríčinené prítomnosťou horských masívov, kde dochádza k väčšej koncentrácii zrážkovej činnosti a inverzných javov ako v zime tak aj v lete. Tretia podtatranská a vysokohorská oblasť je charakteristická relatívne vysokými dávkami slnečného žiarenia v zime.

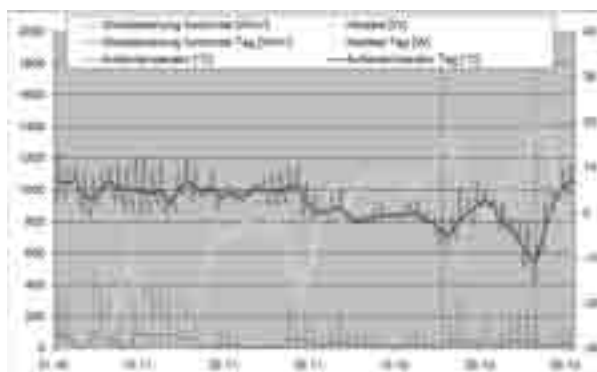


Z grafu je vidieť, že v mesiaci december je oblasť Slovenska pomerne „chudobná“ na slnečné žiarenie. Najmenej slnečného žiarenia dopadá v horských kotlinách. Výnimkou je Podtatranská kotlina a vyššie polohy

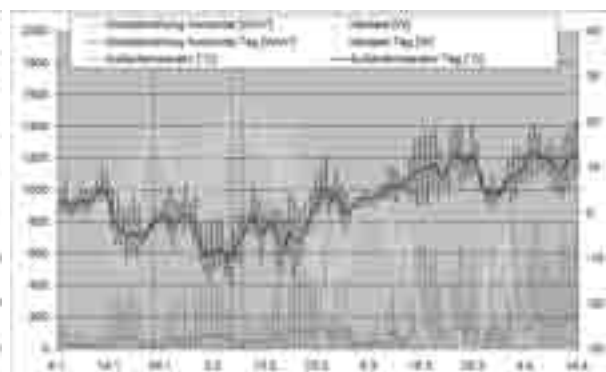
Z analýz teploty a slnečného žiarenia vyplýva, že sú pomerne veľké rozdiely v teplotách a dopadajúcom slnečnom žiarení medzi nížinnými polohami na juhu územia a horskými polohami na severe, čo má vplyv na tvorbu koncepcii pasívnych domov.

1.3. Teplená strata

Pre výpočet tepelnej straty z dvoch posudzovaných stavov počasia (slnečná jasná obloha a nízka teplota a zatiahnutá obloha a miernejšia teplota) je vo väčšine prípadov kritickejšou zatiahnutá obloha s nízkymi teplotami.

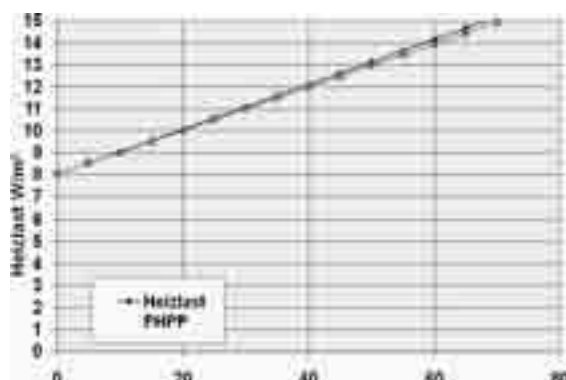


Obr 4. Bratislava november - december 1986

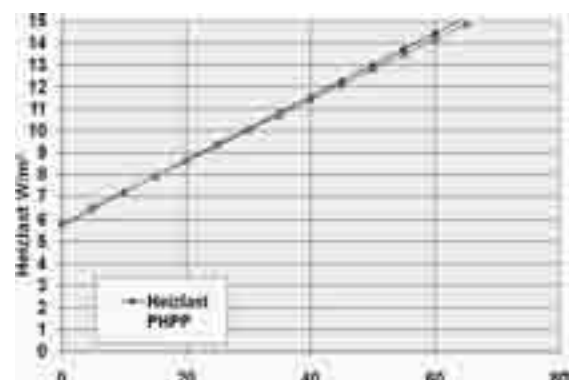


Obr 5. Bratislava január - február 1991

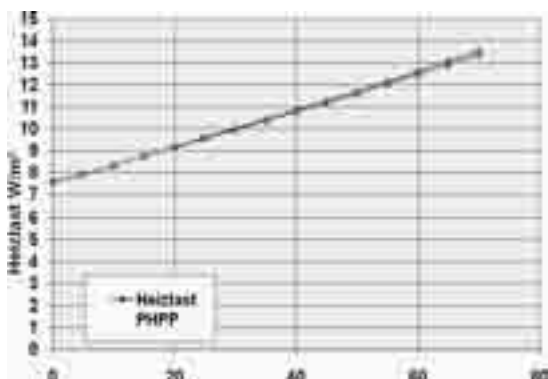
Z dôvodu výskytu takého počasia je zväčšovanie okenných otvorov spojené s nárastom tepelnej straty objektu. Tento vplyv je ešte výraznejší v horských kotlinách, kde je častejší výskyt inverzných javov počasia. Miernejší nárast môžeme pozorovať v Podtatranskej kotline, kde je množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia v zime najvyššie na území Slovenska. Ešte miernejší je priebeh v meste Štrbské pleso, kde môžeme pozorovať najprv pokles a potom nárast tepelnej straty pri zväčšovaní okenných otvorov. Tento jav sa ešte viac začne prejavovať s vývojom vákuového zasklenia, kde sa predpokladá zníženie súčiniteľa prechodu tepla a zväčšenie hodnoty g .



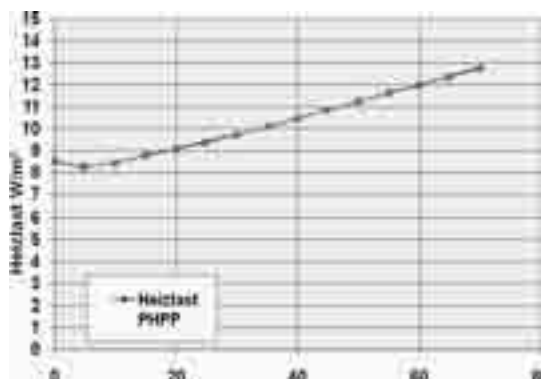
Obr 6. Tepelná strata Bratislava 1986



Obr 7. Tepelná strata Žilina 1986



Obr 8. Tepelná strata Poprad 1986



Obr 9. Tepelná strata Štrbské pleso 1991

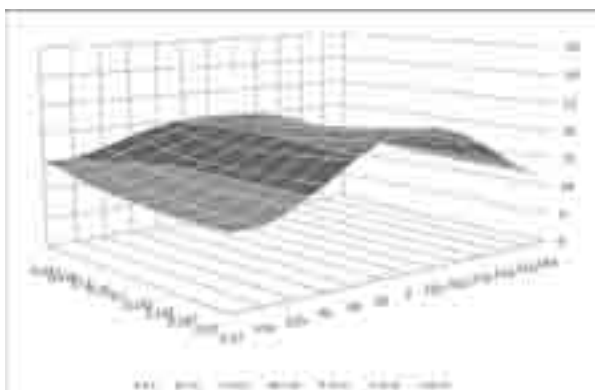
2. Stratégie návrhu pasívnych domov na Slovensku

Charakteristika klimatických oblastí bola spracovaná na dvojpodlažnom rodinnom dome pomocou programu PHPP, kde bola postupne variovaná orientácia objektu voči svetovým stranám a veľkosť okenných otvorov. V grafe je tento faktor prepočítaný na pomer ekvivalentného južného presklenia a energeticky vzťažnej podlahovej plochy.

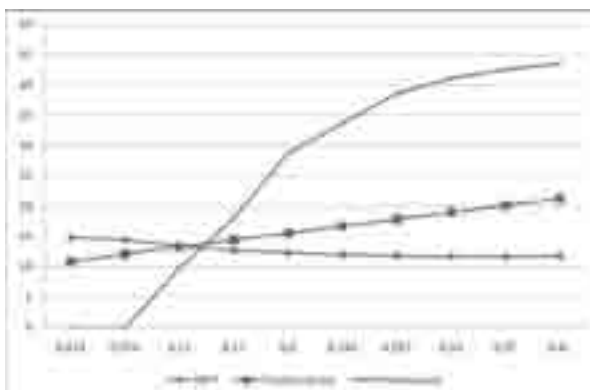
2.1. Južné a nížinné polohy Slovenska (Bratislava, Hurbanovo, Piešťany)

Merná potreba tepla na vykurovanie posudzovaného domu: 15 kWh/m²a.

V tejto lokalite spôsobilo zväčšovanie okenných otvorov len veľmi mierny pokles mernej potreby tepla na vykurovanie (MPT) pri južnej orientácii a mierny nárast pri severnej orientácii. Ich zväčšovanie je spojené ale s narastom investičných nákladov a pri prekročení ohodnoty 0,11 faktoru ASW / EVP narastalo letné prehrievanie.



Obr. 10 Modelový rodinný dom v Bratislave pri rôznych veľkostiach okenných otvorov a orientácii



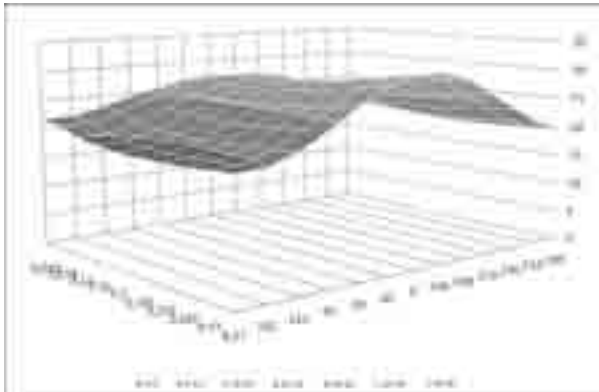
Obr. 11 Lokalita: Bratislava, južná orientácia, pozdĺžny rez

2.2. Horské polohy Slovenska (Žilina, Sliac)

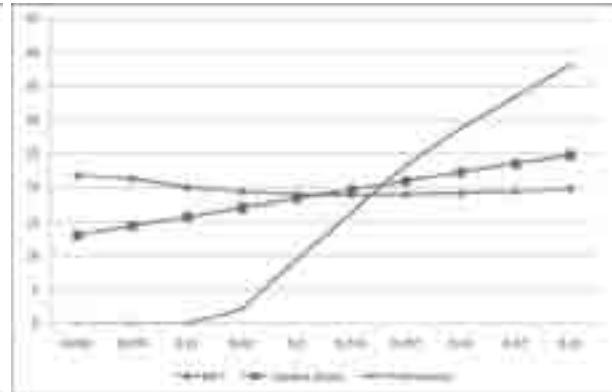
Merná potreba tepla na vykurovanie posudzovaného domu: 20 kWh/m²a.

Dosiahnutie pasívneho štandardu pri navrhovaných parametroch domu v týchto podmienkach nebolo možné. MPT bola na úrovni 20 kWh/m²a. Je to zapríčinené nižšími priemernými teplotami a menším množstvom dopadajúceho slnečného žiarenia. Na dosiahnutie pasívneho štandardu boli optimalizované tepelné straty zlepšením

obalového pláště. Zväčšenie okenných otvorov pre zväčšenie solárnych ziskov vďaka nízkej energii slnečného žiarenia malo za následok nárast tepelnej straty objektu nad hodnotu 20W/m^2 . Zmena orientácie objektu mala malý vplyv na MPT.



Obr. 12 Modelový rodinný dom v Žiline pri rôznych veľkostiach okenných otvorov a orientácii

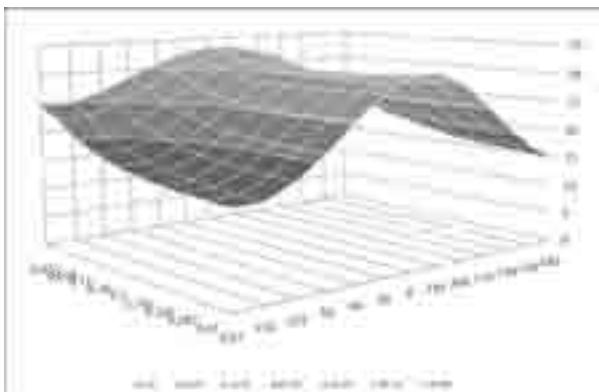


Obr. 13 Lokalita: Žilina, pozdĺžny rez, južná orientácia

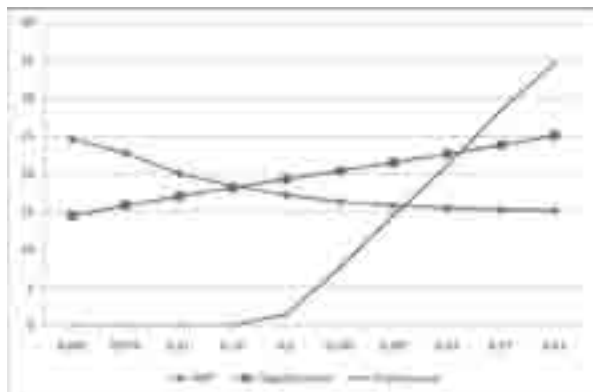
2.3. Vysokohorské polohy Slovenska (Poprad)

Merná potreba tepla na vykurovanie posudzovaného domu: $20\text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Na dosiahnutie pasívneho štandardu bolo možné zväčšiť okenné otvory až na hodnotu $\text{ASW/EVP} = 0,245$. Merná potreba tepla na vykurovanie v tomto prípade poklesne na hodnotu $16\text{ kWh/m}^2\text{a}$. Ďalšie zväčšovanie okenných otvorov malo za následok letné prehrievanie a preto bol optimalizovaný obalový plášť budovy. Zväčšenie okenných zasklení malo za následok nárast tepelnej straty objektu nad hodnotu 20W/m^2 . Zmena orientácie objektu má veľký vplyv na MPT



Obr. 14 Modelový rodinný dom v Poprade pri rôznych veľkostiach okenných otvorov a orientácii

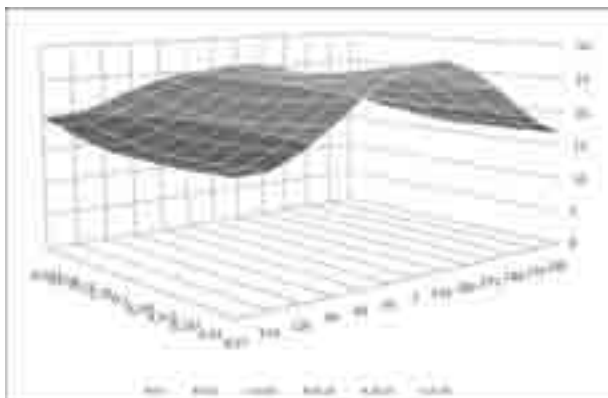


Obr. 15 Lokalita: Poprad, južná orientácia

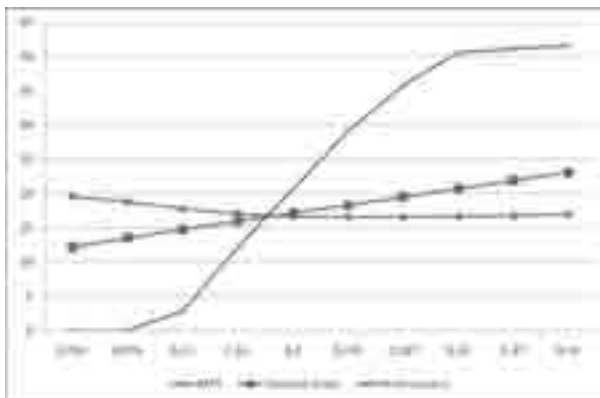
2.4. Východné Slovensko (Košice)

Merná potreba tepla na vykurovanie posudzovaného domu: $17\text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Dosiahnutie pasívneho štandardu bolo možné zlepšením parametrov obalového pláště budovy. Zväčšovanie okenných otvorov malo za následok letné prehrievanie preto bol optimalizovaný obalový plášť budovy. Hodnota tepelnej straty objektu je nad 15 W/m^2 a teda objekt nebude vykúriteľný ohriatym vzduchom.



Obr. 16 Modelový rodinný dom v Košiciach pri rôznych veľkostiach okenných otvorov a orientácii



Obr. 17 Lokalita: Košice, južná orientácia

2.5. Záver

Z predchádzajúcich analýz vyplýva, veľká rozdielnosť požiadaviek na návrh pasívneho domu na juhu Slovenska, kde sa treba koncentrovať na problematiku letného prehrievania. V horských kotlinách sa bolo treba orientovať na minimalizáciu tepelných strát a optimalizáciu okenných otvorov vzhľadom na požiadavky osvetlenia a tepelnej straty budovy. Vo vysokohorských oblastiach mali veľké okenné otvory nepriaznivý dopad na tepelnú stratu, ale pozitívny vplyvajú na MPT. Tiež tu nie nebolo problémové letné prehrievanie. Vo všetkých prípadoch je potrebná inštalácia dodatočného zdroja vykurovania, objekt nie je vykúriteľný iba ohriatym vzduchom.

Mesto	Rodinný dom A_{ws}/EVP
Bratislava	0,11
Žilina	0,2
Poprad	0,25
Košice	0,16

Tabuľka znázorňujúca hraničné hodnoty pre riziko letného prehrievania skúmaného rodinného domu.

3. Literatúra

(1) STN ISO 13790, Národná príloha

Ein rationaler Ansatz für die Definition des Passivhauses bei gewerblicher Nutzung

Claus Kahlert, Ingenieurbüro ebök
Schellingstraße 4/2, 72072 Tübingen, Deutschland
Tel: +49 7071 9394-0, e-mail:claus.kahlert@eboek.de

1. PHPP und Passivhaus-Kriterien

Das Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) [1] stellt ein flexibles und zuverlässiges Planungswerkzeug für die energetische Optimierung von Gebäuden dar. Da die Berechnungsmodelle nahe an der Physik liegen, weisen die erstellten Enrgiebilanzen eine hohe Transparenz auf.

Ein zentrales Element des PHPP ist der „Passivhaus Nachweis“. Die darin geforderten Zielwerte für Heizwärme, Heizlast und Luftdichtheit sind Ein-Zahl-Werte, die sich bei Wohnnutzung und wohnähnlichen Nutzungen sicher anwenden lassen². Da diese Anforderungen nicht physikalisch sondern empirisch begründet sind, stellen sie kein gutes Anforderungsprofil für andere Architekturformen und Nutzungen dar. Dies demonstriert das Beispiel einer mittelgroßen Logistikhalle mit 10.000 m^2 Nutzfläche und 25 m Raumhöhe.

Tab. 1 Kennwerte Beispielhalle

Nutzfläche	10.000 m ²
Volumen	250.000 m ³
Fensterfläche	1.476 m ²
U _{Wand/Dach}	0,166 W/(m ² K)
U _{Fenster}	1,43 W/(m ² K)
A/V	0,12 m ⁻¹
Luftdichtheit n ₅₀	0,6 h ⁻¹
Personenbelegung	200 m ² p.c.
Interne Wärmequellen	2,1 W/m ²
Kennwert Heizwärme	57,7 kWh/(m ² a)
Kennwert Heizlast	25,3 W/m ²
davon über Frischluft verfügbar	0,2 W/m ²

² Das Primärenergie-Kriterium wird hier, mangels eines Standard-Nutzungsprofils für gewerbliche Gebäude, nicht diskutiert.

Trotz einer extrem kompakten Bauweise und des Einsatzes von Passivhaus-Komponenten, werden die Passivhaus-Kriterien deutlich verfehlt. Am deutlichsten das in letzter Zeit so populäre Kriterium der Beheizbarkeit über Frischluft, dieses erweist sich nur für mittlere bis hohe Nutzungsdichten und geringe Raumhöhen als praktikabel.

Die Gründe hierfür lassen sich mittels PHPP analysieren:

- Bei großen Raumhöhen treten höhere flächenspezifische Transmissions-Wärmeverluste auf.
- Die geforderte Luftdichtheit von $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ führt zu Infiltrations-Wärmeverlusten die ebenfalls linear mit der Raumhöhe wachsen.
- Aufgrund der geringen Belegungsdichte ist der mechanisch geförderte Luft-Massenstrom gering. Damit resultieren die Lüftungs-Wärmeverluste fast ausschliesslich aus Infiltrationen.
- Die Belichtung großer Volumina erfolgt optimal über Oberlichter, was architektonisch zu kleinen Fenstern in der Fassade und damit geringen solaren Gewinnen führt.

2. PHPP-konforme Erweiterungsoptionen

Im Rahmen der Methodik des PHPP lassen sich eine Reihe von Anpassungen vornehmen, welche die angesprochenen Probleme behandeln.

2.1. Wahl der Bezugsgröße

Für Wohnnutzung stellt die Nutzfläche innerhalb der thermischen Gebäudehülle, die Energiebezugsfläche (EBF), eine „natürliche“ Bezugsgröße dar, da sich auch Kaufpreise, Mieten und andere Bewertungsschemata darauf beziehen. Im Gegensatz zur Wohnnutzung hat für eine gewerbliche Nutzung die dritte Dimension, die Raumhöhe jedoch die gleiche Bedeutung wie die Nutzfläche – z.B. für Lagerung oder Transport von Gütern.

Es ist deshalb zu hinterfragen, ob für gewerbliche Gebäude ein Volumenbezug dem Flächenbezug aus dem Wohnungsbau nicht vorzuziehen ist. Während im Wohnungsbau ein Passivhaus einen typischen Heizwärme-Kennwert von $6 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$ aufweist, hat die beschriebene Musterhalle einen solchen von $2,3 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$, was die bekannte Tendenz bestätigt, dass große und kompakte Gebäude günstigere Kennwerte aufweisen.

2.2. Luftdichtheit

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle besitzt drei wichtige Funktionen: (1) Bauschadenfreiheit, (2) Raumklima sowie (3) die Effizienz der Wärmerückgewinnung. Die Anforderung $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ zielt durch den Volumenbezug auf den dritten Effekt, sie gibt damit nur ein indirektes Maß für die Dichtheit der Gebäudehülle. Für ein typisches Einfamilienhaus bedeutet ein volumenspezifischer Wert von $0,6 \text{ h}^{-1}$ etwa einer hüllflächenspezifischen Strömungsgeschwindigkeit von $q_{50} = 1 \text{ m/h}$. Dagegen entspre-

chen für die Beispielhalle $0,6 \text{ h}^{-1}$ etwa $7,5 \text{ m/h}$, somit einem Wert, der als „sehr undicht“ einzustufen ist.

Der Vorschlag lautet deshalb, als Passivhaus-Kriterium konsequent die Qualität der Gebäudehülle mit einem Grenzwert von $q_{50} = 1 \text{ m/h}$ oder besser festzulegen.

2.3. Wärmeverluste

Wie die Analyse der Beispielhalle zeigt, wachsen sowohl die Transmissions- wie auch die Lüftungswärmeverluste durch Infiltration linear mit der Raumhöhe. Die höheren Verluste lassen sich nur in Grenzen durch bessere U-Werte und erhöhte Luftdichtheit kompensieren. Häufig stehen ihnen auch keine vergrößerten solaren Gewinne gegenüber. Im Rahmen der Methodik eines flächenbezogenen Energiekennwerts für Heizwärme, sollte der Passivhaus-Grenzwert deshalb eine lineare Funktion des dimensionslosen und deshalb skalunenabhängigen Kompaktheits-Parameters „Hüllfläche durch Energiebezugsfläche“ (A/EBF) sein.

Ein solcher Schritt wäre natürlich ein Paradigmenwechsel im Bezug auf die Kompaktheit. Die bestehenden Einzahl-Kriterien bevorzugen kompakte Gebäude und unterstützen eine wirtschaftliche Bauweise, da (bei gleichem Volumen) eine kleinere Aussenwand-Fläche unmittelbar Baustoffe und mittelbar, über geringere notwendige U-Werte, Dämmstoff spart. Wird dagegen der Grenzwert eine Funktion, der Kompaktheit, so unterstellt das, dass die wirtschaftliche Optimierung bereits stattgefunden hat, die Kompaktheit der Gebäudehülle also ohne Einschränkung der Funktionalität nicht mehr verbessert werden kann. Nach der Erfahrung des Autors kann bei gewerblichen Gebäuden in der Mehrzahl der Fälle hiervon ausgegangen werden.

3. Nutzungsparameter

Die Frage der Nutzungsparameter ist die schwierigste im Kontext der Kriterienfindung. Einerseits ist die Anzahl der unterschiedlichen Nutzungen sehr groß, was eine konsistente Verwaltung der Profile überaus aufwändig gestaltet. Das größere Problem stellen allerdings die unterschiedlichen Zeitskalen dar, auf denen geplant werden muss. Wird die Primärstruktur und Hülle eines Gebäudes für 50 – 100 Jahre konzipiert, so hat die Haustechnik eine technische Lebensdauer von ca. 20 Jahren und die Nutzung wird häufig auf 5 Jahre oder weniger festgelegt.

Der daraus resultierenden Unsicherheit lässt sich nur bedingt technisch begegnen. Eine „Planung für den Wandel“, die flexible Gebäude hervor bringt, stellt immer auch einen Kompromiss im Bezug auf Wirtschaftlichkeit und natürlich auch im Bezug auf Energieeffizienz dar.

Von daher erscheint es angebracht, Passivhaus-Zertifikate für Gewerbebauten auf Zeit zu vergeben. Nach Ablauf der Gültigkeit ist ein Review obligatorisch.

3.1. Lüftung

Der für den Betrieb eines Gebäudes notwendige Volumenstrom bzw. die daraus resultierende Luftwechselrate schwanken, je nach Nutzung, in weiten Grenzen. Für die Beispielhalle, eine Logistikzentrum beträgt der notwendige Volumenstrom $1.500 \text{ m}^3/\text{h}$, was weniger als *1/100 Luftwechsel pro Stunde* ist. Nach dem Infiltrationsmodell des PHPP entspricht dies etwa der Infiltration bei $q_{50} = 1 \text{ m/h}$. Auf der anderen Seite können für den Arbeitsschutz *10 Luftwechsel pro Stunde* oder mehr notwendig sein.

Während im ersten Fall, wegen der enormen Disbalance, eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung sinnlos ist, entscheidet im zweiten Fall die Effizienz der Wärmerückgewinnung in hohem Maß über die Energiebilanz.

Da die Temperatur, mit der Zuluft in die Aufenthaltszone eingebracht wird, entscheidend für die Aufenthaltsqualität ist, sollten in Passivhäusern im Winter die Zuluft nicht mehr als 4 K Temperaturdifferenz zur Raumluft aufweisen, ohne Einsatz von Heizenergie – d.h. die Erwärmung muss über eine Wärmerückgewinnung oder Abwärme erfolgen. Für kleine Volumenströme von weniger als $1/5$ des Infiltrationsluftwechsels ist auch der Einsatz einer reinen Abluftanlage zulässig.

Für die Erstellung der Energiebilanz sollen Standardbedingungen³ angesetzt werden.

3.2. Innere Wärmequellen

Ähnlich der notwendigen Luftwechsel können auch die Abwärmen aus Prozessen in weiten Grenzen schwanken. Hier ist zunächst der Energieeinsatz für die Herstellung eines Produkts oder die Bereitstellung einer Dienstleistung zu hinterfragen. Besonders die Auskopplung von Wärme für andere Anwendungen besitzt große Potentiale. Zukünftig werden auch hierfür einheitliche Kriterien verfügbar sein.

Bei kleinen und mittleren Leistungsdichten, unterhalb der üblichen Heizlast von $ca. 4 \text{ W/m}^3$, soll der Nachweis bei Standardbedingungen erfolgen⁴. Bei großen Leistungsdichten, die oberhalb der üblichen Heizlast liegen, kann die Anforderung an die U-Werte so weit reduziert werden, dass keine Heizwärme mehr nachgefragt wird.⁵ Eine angemessene Begrenzung der sommerlichen Wärmeeinträge ist dabei zu gewährleisten, siehe Abschnitt 4.

³ Solche Standard-Nutzungsprofile müssen noch empirisch erarbeitet werden.

⁴ Solche Standardbedingungen sollen sicher stellen, dass das Gebäude für die Mehrzahl der Nutzungen als Passivhaus funktioniert. Sie sollen nicht mit dem Ansatz der Referenzgebäude z.B. in der DIN V 18599 verwechselt werden.

⁵ „Einmalige“ Vorgänge, wie das Aufheizen nach den Weihnachtsfeien sollen dabei nicht betrachtet werden.

4. Der Lebenszyklus-Ansatz

Das Passivhaus besitzt den Anspruch, im Bausektor einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz zu liefern. Hierfür ist allerdings eine Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von der Erstellung über den Betrieb bis zur Entsorgung notwendig. Dies wurde von W. Feist anhand von Falluntersuchungen auch belegt. Die Lebenszyklus-Bilanz ist jedoch keine Planungsgröße in der Methodik des PHPP, so können Planer mit diesem Werkzeug auch nicht das Ziel einer minimalen Umweltbelastung ansteuern.

Der Grund dafür, dass Lebenszyklusanalysen bis heute noch kein Standard-Planungswerkzeug darstellen, liegt einerseits in der Komplexität der Modelle darüber hinaus lassen diese sich nicht parallel zum thermischen Modell *schrittweise verfeinern*.

Ein Ziel des von der EU geförderten Projekts HOLIWOOD⁶ ist die Entwicklung des eco²buildings, eines Holzbausystems für Industriehallen, das bei Errichtung, Betrieb und Entsorgung minimale Umweltbelastungen verursachen soll. Im Verlauf des Projekts werden alle Konstruktionen und Details mit ihren Eigenschaften in einer Datenbank hinterlegt, so dass **alle** in diesem System errichteten Gebäude standardmäßig eine Bewertung ihrer Umweltbilanz erfahren werden.

Die Optimierungsaufgabe besteht darin, die totale Variation der Summe aller annuierte Investitionen und Jahreskosten zum Verschwinden zu bringen.

$$\delta \sum_i \left(\frac{I_{pi}}{T_{ui}} + H_{pi} \right) = 0$$

Dabei ist I_{pi} die Investition in die i -te Komponente in der „Währung“ p , was Geld, Primärenergie, CO₂-Äquivalent oder ein anderer Indikator sein kann. Die H_{pi} sind dann die korrespondierenden Jahreskosten und T_{ui} ist die Nutzungsdauer der i -ten Komponente. Der gängigste Maßstab ist heute die Primärenergie. Wenn in Zukunft jedoch realistische Preise für Energie und Baustoffe entsprechend ihrer Umweltbelastung bezahlt werden, kann die ökonomische und die ökologische Bewertung synonym werden.

Zur Veranschaulichung sei die Primärenergiebilanz für Wärmedämmung in Flächenbauteilen betrachtet. Der Einfachheit und Überschaubarkeit wegen sind hier die Wechselwirkung mit den solaren Gewinnen (Verschattung) sowie den Türen und Fenstern (Wärmebrücken) unberücksichtigt geblieben, ebenso wie Restriktionen die

⁶ Holistic Implementation of European thermal treated hard wood in the sector of construction industry and noise protection by sustainable, knowledge-based and value added products

aus Ästhetik oder Baugrenzen resultieren. Die Optimierungsaufgabe für die Stärke der Wärmedämmung (im Tangentialraum der Energiebilanz) lautet:

$$\frac{d}{dD} \left(A \cdot D \cdot \frac{I_p}{T_u} + A \cdot \frac{\lambda}{D} \cdot (G_t \cdot e_{pH} + K_t \cdot e_{pK}) \right) = 0$$

Dabei sind G_t und K_t die Heizgrad- bzw. Kühlgrad-Stunden und e_p die korrespondierenden Aufwandszahlen. Für die optimale Dämmstärke ergibt sich daraus ein Wurzelgesetz

$$D^* = \sqrt{\frac{T_u \cdot \lambda \cdot (G_t \cdot e_{pH} + K_t \cdot e_{pK})}{I_p}}$$

Für ein realistisches Beispiel mit

$$T_u = 30a; \lambda = 0,04 \frac{W}{mK}; G_t = 80 \frac{kKh}{a}; e_{pH} = 1,2; K_t = 0; I_p = 400 \frac{kWh}{m^3}$$

folgt dann

$$D^* = 0,54m$$

Die vollständige, globale Optimierungsaufgabe, bei der Investitionen und Jahreskosten für die relevanten Indikatoren simultan verglichen werden, verlangt noch umfangreiche Datenerhebung und Modellierung. Der Ansatz lässt sich jedoch automatisieren und liefert dann ein rational begründetes, unmittelbares Maß für die Inanspruchnahme von Ressourcen – auch bei ungewöhnlichen Nutzungen und Architekturformen.

Insbesondere zeigt das vorgestellte Beispiel, dass eine Synergie zwischen natürlichen Baustoffen und Energieeffizienz besteht. Für Dämmstoffe mit geringem Energieinhalt lassen sich sehr gute U-Werte realisieren, ohne das Optimum der Dämmstärke zu überschreiten.

5. Literatur

- (1) PHPP 2007: Passivhaus Projektierungs Paket 2007, 7. Auflage, Passivhaus Institut Darmstadt, 2007.

Danksagung

Diese Arbeit wird von der EU im Rahmen des Projekts HOLIWOOD unter der Projekt Nummer NMP2-CT-2005-011799 unterstützt.

Racionální přístup k definici pasivního domu pro podnikání

Claus Kahlert, Ingenieurbüro ebök
Schellingstraße 4/2, 72072 Tübingen, Deutschland
Tel: +49 7071 9394-0, e-mail:claus.kahlert@eboek.de

1. PHPP a kriteria pasivního domu

Balíček k projektování pasivního domu (PHPP) [1] představuje pružný a spolehlivý nástroj k plánování energetické optimalizace budov. Protože jsou výpočtové modely blízké fyzice, vypracované energetické bilance se vyznačují vysokou transparentností.

Hlavním prvkem PHPP je „průkaz pasivního domu“. Požadované cílové hodnoty topného tepla, otopného zatížení a vzduchotěsnosti jsou číselné hodnoty, které se dají bezpečně používat u funkce bydlení a u podobných objektů⁷. Protože však tyto požadavky nejsou zdůvodněny fyzikálně, nýbrž empiricky, nepředstavují dobrý profil požadavků pro jiné architektonické formy a funkce. Ukažme si to na příkladu středně velké logistické haly s užitnou plochou 10.000 m^2 a výškou místnosti 25 m .

Tab. 1 Parametry haly – příklad

užitná plocha	10.000 m ²
objem	250.000 m ³
plocha oken	1.476 m ²
$U_{\text{stěna/střecha}}$	0,166 W/(m ² K)
U_{okna}	1,43 W/(m ² K)
A/V	0,12 m ⁻¹
vzduchotěsnost n_{50}	0,6 h ⁻¹
obsazenost osobami	200 m ² p.c.
vnitřní zdroje tepla	2,1 W/m ²
měrná potřeba tepla na vytápění	57,7 kWh/(m ² a)
topná zátěž	25,3 W/m ²
z toho přiváděným vzduchem	0,2 W/m ²

Navzdory extrémně kompaktní konstrukci a použití komponentů pasivního domu se kritérií pasivního domu ani zdaleka nedosahuje. Nejzřetelnější je to u kriteria vytápění

⁷ O kritériu primární energie se zde nedisktuje vzhledem k tomu, že u objektů k podnikání chybí standardní profil užívání.

pomocí přiváděného vzduchu, jež je v poslední době tak populární – to se ukazuje jako vhodné jen pro střední až vysokou intenzitu využívání a malé výšky místností.

Důvody lze analyzovat pomocí PHPP:

- U velkých výšek místností dochází k vyšším ztrátám tepla přenosem v poměru k ploše.
- Požadovaná vzduchotěsnost $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ vede ke ztrátám tepla infiltrací, jež také rostou lineárně s výškou místnosti.
- Vzhledem k malé obsazenosti je mechanicky požadovaný proud vzduchové hmoty příliš malý. Z toho vyplývají ztráty tepla větráním téměř výhradně infiltrací.
- Osvětlení velkých objemů se optimálně provádí shora, což vede architektonicky k malým oknům na fasádě a tím k menším solárním ziskům.

2. Možnosti rozšíření s dodržáním PHPP

V rámci metodiky PHPP lze provést řadu úprav, řešících uvedené problémy.

2.1. Volba referenčních veličin

Pro obytnou funkci představuje „přirozenou“ referenční veličinu užitná plocha uvnitř termického pláště budovy – referenční energetická plocha (Energiebezugsfläche, EBF), ke které se vztahují i kupní ceny, nájemné a další hodnotící schémata. Na rozdíl od obytné funkce má však pro funkci podnikání stejný význam jako užitná plocha i třetí rozměr, výška místnosti – např. pro skladování nebo transport zboží.

Je proto nutné zjistit, jestli by se pro objekty pro podnikání nemělo dávat přednost referenci k objemu místo k ploše jako u obytných objektů. Zatímco v bytové výstavbě vykazuje pasivní dům typickou hodnotu topné zátěže $6 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$, popsaná vzorová hala má tuto hodnotu $2,3 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ a})$, což potvrzuje známou tendenci, že velké a kompaktní budovy mají výhodnější parametry.

2.2. Vzduchotěsnost

Vzduchotěsnost pláště budovy má tři důležité funkce: (1) ochranu před poškozením, (2) klima v místnostech a (3) efektivitu rekuperace tepla. Požadavek $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ vztahovaný k objemu se zaměřuje na třetí efekt, představuje tak jen nepřímo míru pro těsnost pláště budovy. Pro typický rodinný dům tak hodnota $0,6 \text{ h}^{-1}$ vztahovaná k objemu znamená přibližně rychlost proudění $q_{50} = 1 \text{ m/h}$, vztahovanou k ploše pláště. Naproti tomu pro halu z příkladu odpovídá hodnotě $0,6 \text{ h}^{-1}$ asi $7,5 \text{ m/h}$, tedy hodnotě „velmi netěsný“.

Proto navrhuje, za kritérium pasivního domu stanovit důsledně kvalitu pláště budovy s mezní hodnotou $q_{50} = 1 \text{ m/h}$ nebo lepší.

2.3. Ztráty tepla

Jak ukazuje analýza haly z příkladu, ztráty tepla přenosem i větráním rostou infiltrací spolu s výškou místnosti. Vyšší ztráty lze kompenzovat jen do určité míry lepším

součinitelem prostupu tepla a vyšší vzduchotěsností. Často jim neodpovídají ani vyšší solární zisky. V rámci metodiky energetického parametru topného tepla na plochu by proto mezní hodnota pro pasivní dům měla být lineární funkcí bezrozměrného, a proto na stupnici nezávislého parametru kompaktnosti „plocha pláště na referenční energetickou plochu“ (A/EBF).

Takový krok by přirozeně znamenal změnu paradigmatu s ohledem na kompaktnost. Současná kritéria zvyhodňují kompaktní budovy a podporují ekonomický způsob stavění, protože menší plocha vnější stěny (při stejném objemu) šetří přímo stavební hmoty a nepřímo, díky menšímu nutnému součiniteli prostupu tepla, také izolaci. Jestliže se však stane mezní hodnotou funkce kompaktnosti, předpokládá to, že již proběhla ekonomická optimalizace, kompaktnost pláště budovy tedy nelze dále zlepšovat bez omezení funkčnosti. U objektů pro podnikání z toho lze podle zkušeností autora ve většině případů vycházet.

3. Funkční parametry

Otázka funkčních parametrů je v kontextu hledání kritérií nejobtížnější. Jednak je počet nejrůznějších funkcí příliš velký, což velmi ztěžuje konzistentní správu profilů. Větší problém však představují různé časové škály, podle nichž je nutné plánovat. Jestliže se primární struktura a plášť budovy koncipuje na 50 – 100 let, domovní technika má životnost cca 20 let a užívání se často stanoví na 5 let nebo i méně.

Rozdíl, který z toho vyplývá, lze technicky řešit pouze podmíněně. „Plánování pro změnu“, přinášející flexibilní budovu, představuje vždy kompromis, pokud jde o ekonomiku a přirozeně i o energetickou efektivitu.

Proto se jeví jako vhodné udělovat objektům pro podnikání certifikáty pasivního domu jen na určitou dobu. Po uplynutí platnosti je nutná nová certifikace.

3.1. Větrání

Objemový proud nezbytný pro provoz budovy, resp. z toho vyplývající křivka výměny vzduchu kolísá v širokém rozmezí podle způsobu užívání. Pro halu logistického centra z příkladu činí nutný objemový proud $1.500 \text{ m}^3/\text{h}$, což je *výměna vzduchu menší než 1/100 za hodinu*. Podle infiltračního modelu PHPP to přibližně odpovídá infiltraci při $q_{50} = 1 \text{ m}/\text{h}$. Na druhé straně pro ochranu zdraví při práci může být nutná *výměna vzduchu 10x za hodinu* nebo víc.

Zatímco v prvním případě nemá větrání s rekuperací tepla smysl kvůli enormní nerovnováze, ve druhém případě rozhoduje efektivita rekuperace tepla do značné míry o energetické bilanci.

Protože pro kvalitu pobytu je rozhodující teplo vnášené do bytové zóny s přiváděným vzduchem, neměl by vzduch přiváděný do pasivních domů vykazovat v zimě rozdíl teploty vůči vzduchu v místnostech větší než 4 K , bez použití topné energie – tzn. ohřívání se musí provádět rekuperací tepla nebo odpadním teplem.

Pro objemové proudy menší než $1/5$ výměny vzduchu infiltrací je přípustné i použití čistě odvětrávacího zařízení.

Pro sestavení energetické bilance je třeba dosadit standardní podmínky⁸.

3.2. Vnitřní zdroje tepla

Podobně jako nutná výměna vzduchu může ve velkém rozmezí kolísat i ohřívání z procesů. Zde se musí nejprve zjistit využití energie na výrobu produktu nebo provádění služby. Velký potenciál má zejména odběr tepla pro jiné použití. V budoucnu budou i zde k dispozici jednotná kritéria.

U malé a střední hustoty výkonu, pod obvyklým otopným zatížením cca 4 W/m^3 , se provádí důkaz při standardních podmínkách⁹. U velké hustoty výkonu nad obvyklým otopným zatížením lze požadavek na součinitel prostupu tepla natolik zredukovat, že se již nemusí zjišťovat topné teplo.¹⁰ Při tom je nutné zajistit přiměřené omezení vnášeného tepla v letním období, viz odst. 4.

4. Životní cyklus

Pasivní dům se snaží podstatně přispět k ochraně klimatu v sektoru stavebnictví. Je při tom však nutné analyzovat celý životní cyklus od zhotovení přes provoz až po likvidaci. Na případových studiích to doložil W. Feist. Bilance životního cyklu však není plánovací veličinou v metodice PHPP, takže projektanti nemohou pomocí tohoto nástroje usilovat o minimalizaci zátěže pro životní prostředí.

Důvod toho, že analýzy životního cyklu dosud nepředstavují standardní plánovací nástroj, spočívá ve složitosti modelů, které se navíc nedají *postupně upřesňovat* souběžně s termickým modelem.

Cílem projektu HOLIWOOD¹¹ s podporou EU je vývoj dřevěného konstrukčního systému pro průmyslové haly eco²building, který má při stavbě, provozu i likvidaci vytvářet minimální ekologickou zátěž. Během projektu se vlastnosti všech konstrukcí a detailů ukládají do databáze, takže u **všech** budov postavených tímto systémem lze standardně vyhodnotit ekologickou bilanci.

Požadovaná optimalizace spočívá v odstranění nesmírné variability součtu všech splácených investic a ročních nákladů.

⁸ Takové standardní funkční profily se musí teprve empiricky zpracovat.

⁹ Takové standardní podmínky zajistí, aby budova fungovala pro většinu funkcí jako pasivní dům. Nesmí se zaměřovat s pojmem referenční budovy např. v DIN V 18599.

¹⁰ Při tom se nezohledňují „jednorázové“ procesy, jako ohřátí po vánoční oslavě.

¹¹ Holistic Implementation of European thermal treated hard wood in the sector of construction industry and noise protection by sustainable, knowledge-based and value added products

$$\delta \sum_i \left(\frac{I_{pi}}{T_{ui}} + H_{pi} \right) = 0$$

Při tom I_{pi} je investice do i -té složky v „měně“ p , což mohou být peníze, primární energie, ekvivalent CO_2 nebo jiný indikátor. H_{pi} jsou pak odpovídající roční náklady a T_{ui} je doba užívání i -té složky. Nejobvyklejším měřítkem je dnes primární energie. Až se však budou v budoucnu za energie a stavební hmoty platit realističtější ceny podle ekologické zátěže, může se ekonomické a ekologické hodnocení stát synonymem.

Pro názornost se podívejme na bilanci primární energie pro tepelnou izolaci v plochých stavebních dílech. Pro jednoduchost a přehlednost zde zanedbáme vzájemné působení se solárními zisky (zastínění) a dveřmi a okny (tepelné mosty) stejně jako restrikce vyplývající z estetiky nebo stavební čáry. Optimalizační úloha pro tloušťku tepelné izolace (v tangenciální ploše energetické bilance) zní:

$$\frac{d}{dD} \left(A \cdot D \cdot \frac{I_p}{T_u} + A \cdot \frac{\lambda}{D} \cdot (G_t \cdot e_{pH} + K_t \cdot e_{pK}) \right) = 0$$

Při tom jsou G_t a K_t hodiny topení a chlazení a e_p odpovídající náklady. Pro optimální tloušťku izolace z toho vyplývá rovnice

$$D^* = \sqrt{\frac{T_u \cdot \lambda \cdot (G_t \cdot e_{pH} + K_t \cdot e_{pK})}{I_p}}$$

Pro realistický příklad

$$T_u = 30a; \lambda = 0,04 \frac{W}{mK}; G_t = 80 \frac{kKh}{a}; e_{pH} = 1,2; K_t = 0; I_p = 400 \frac{kWh}{m^3}$$

pak vyplývá

$$D^* = 0,54m$$

Úplná, globální optimalizační úloha, v níž se simultánně porovnávají investice a roční náklady pro relevantní indikátory, vyžaduje ještě rozsáhlejší zjišťování dat a modelování. Tento postup však lze automatizovat a podává pak racionálně zdůvodněné, přímé měřítko využívání zdrojů – i u nebytových funkcí a architektonických forem.

Představený příklad ukazuje zejména to, že existuje synergie mezi přírodními stavebními hmotami a energetickou efektivitou. S izolačními hmotami s malým obsahem energií lze dosahovat velmi dobrého součinitele prostupu tepla bez překročení optimální tloušťky izolace.

5. Literatura

- (1) PHPP 2007: Passivhaus Projektierungs Paket 2007, 7. Auflage, Passivhaus Institut Darmstadt, 2007

Specializace, jako prostředek eliminace chyb v návrhu a realizaci pasivních domů

Stanislav Karásek a kol., Karon s.r.o.

Adresa: Prostějovičky č.97, 798 03 Plumlov

Tel: 731 418 060, e-mail: karon@seznam.cz

1. Úvod

Pasivními domy se intenzivně zabýváme zhruba od roku 2000, přičemž první, na kterém jsme se podíleli, byl dokončen roku 2004. Další jsme již kompletně realizovali a většinou i projektovali vlastními silami.

2. Vzájemné vazby

Vysoké nároky na znalosti a dovednosti celého realizačního týmu nás přiměly při projektování a výstavbě těchto domů se úzce specializovat na jednu technologii a jeden stavební systém. Takto úzká specializace nám umožňuje podstatně hlubší poznání a řešení všech detailů a možnost opakování vhodných řešení. Dalším důležitým aspektem je úzká vazba z projekce na stavbu, ale hlavně ze stavby zpět do projekce. Projektant může vymyslet sebelepší detail. Pokud však toto řešení není v praxi realizovatelné, je k ničemu. Právě možnost si v praxi ověřit proveditelnost jednotlivých detailů, eliminuje opakování chybných a nevhodných řešení. Bezprostřední kontakt mezi projektantem a montérem na stavbě umožňuje pracovníkům v terénu pochopit nutnost dodržet dané řešení a projektantovi dává možnost ověřit si, zda jeho řešení je vůbec technicky proveditelné. Výsledkem takto pojaté spolupráce pak může být opravdu pasivní dům. Ono postavit pasivní dům není až taková sranda, jak bývá mnohdy veřejnosti a veřejnosti prezentováno. K postavení pasivního domu ve smyslu „Passihaus“, tak jak jej definoval dr. Feist, jsou v podstatě dva základní nástroje:

a) vhodný software, dle mého názoru je to PHPP2007, protože byl sestaven speciálně pro tento účel a také proto, že většina hodnot je předem daná a nedává prostor pro ovlivnění konečného výsledku vědomou či nevědomou chybou projektanta.

b) BlowerDoor test, který neověřuje jenom vzduchotěsnost obálky domu, ale jako jediná reálně měřitelná veličina vypovídá i o celkové kvalitě provedených prací. Před časem proběhla v odborných kruzích u nás diskuse, zda je možné dosáhnout u dřevostaveb požadované hodnoty $n_{50} = 0,6$ a zda vůbec má smysl se o to snažit.

2.1. Vzduchotěsnost a její vliv

Pro ukázkou vlivu vzduchotěsnosti si vezmeme pasivní rodinný dům postavený ze sendvičových panelů s přidaným zateplením. Dům přibližně čtvercového půdorysu o dvou podlažích, užitná plocha 100m^2 , pultová střecha, orientace hlavního průčelí přímo na jih, místo stavby Praha. Vnější stěna $U=0,095$; podlaha na terénu $U=0,147$; střecha $U=0,094$; okna $U=0,7$; vstupní dveře $U=0,86$; přiizolování základu do hloub-

ky 1m; účinnost rekuperace 85%; vzduchotěsnost obálky $n_{50}=0,6$; potřeba energie na vytápění = **15,0 kWh/m²a.**

Pokud se nám podaří dosáhnout vzduchotěsnosti $n_{50}=0,3$ můžeme si dovolit např.:

- snížit tloušťku izolace stěn o 50mm
- nebo natočit dům až o 45° od jihu
- nebo použít v oknech místo kryptonu argon
- nebo skla plněná kryptonem, ale s horšími rámy

Možných variant je daleko víc, ale z několika uvedených je zcela evidentní, že vliv úrovně vzduchotěsnosti obálky není ani zdaleka zanedbatelný.

2.2. Vzduchotěsnost v praxi

Že u dřevostaveb lze dosáhnout solidních výsledků, ukazuje následující přehled naměřených hodnot na realizovaných domech. Je v tom hlavně zkušenost, důsledná kontrola kvality a zájem pracovníků na stavbě odvést co nejpečlivější práci. Určitě stojí za povšimnutí i negativní vliv komína.

Výsledky měření průvzdušnosti - BlowerDoor Test dle ČSN EN 13829				
		ověřovací	certifikační	
Rodinný dům LOKALITA	datum měření	B	A	komín
		n50	n50	
		ověřovací	certifikační	
Bělkovice	28.8.2006	0,48	x	ano
Myslejovice	28.8.2006	x	0,70	ano
Myslejovice - opakované měření	21.11.2007		0,70	
Svobodné Dvory	22.6.2007	0,34	0,43	ne
Olšany u PV	27.6.2007	0,37	x	ne
Litovel	20.11.2007	x	0,31	ne
Mohelnice	20.11.2007	0,34	x	ne
Benešov u Boskovic	30.11.2007	0,37	x	ne
Čtyřkoly	12.12.2007	0,59	x	ano
Lednice	14.12.2007	0,30	x	ne
Petřkovice	4.4.2008	0,20	x	ne
Hlinsko	11.6.2008	0,41	x	ne
Čechovice	11.6.2008	0,28	x	ne

3. Použitý software

(1) PHPP2007

Lineární tepelné mosty

Roman Šubrt, Pavlína Zvánovcová / Energy Consulting

Alešova 21, České Budějovice

Tel: 777196154; 774400921, e-mail: roman@e-c.cz; pavlina@e-c.cz

Lineární tepelné mosty, jejich kvantifikace

Tepelné mosty jsou již poměrně známým jevem. Ví se o nich, že mohou výrazně ovlivňovat tepelné ztráty objektu. V normě se uvádí, že neřešené tepelné mosty lze do výpočtu zahrnout zvýšením součinitele prostupu tepla U o $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Toto zvýšení bylo dříve, kdy běžná zeď měla součinitel prostupu tepla $U = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ zanedbatelné, ovšem u dnešních konstrukcí to může být zvýšení o 50 i více %. Protože dosud není zcela jasné, jak tepelné mosty jednotlivé konstrukce ovlivňují, vydává Energy Consulting knihu „Katalog tepelných mostů 1 – běžné detaily. V této knize je 85 běžných stavebních detailů z běžných konstrukcí. Každý detail je pak řešen v několika různých variantách, takže kniha obsahuje výsledky výpočtů více jak 600 tepelných mostů (přesné číslo není v době psaní tohoto příspěvku ještě známé). Tato kniha obsahuje vedle katalogu řešených detailů i teoretický úvod, shrnutí požadavků normy tabulky apod. Kniha je označena číslicí 1 proto, že bychom rádi v tomto tématu pokračovali a v dalších knihách bychom se rádi věnovali dalším materiálům, konstrukcím (okna, střechy...) i samostatným tématům (dřevostavby, pasivní domy...).

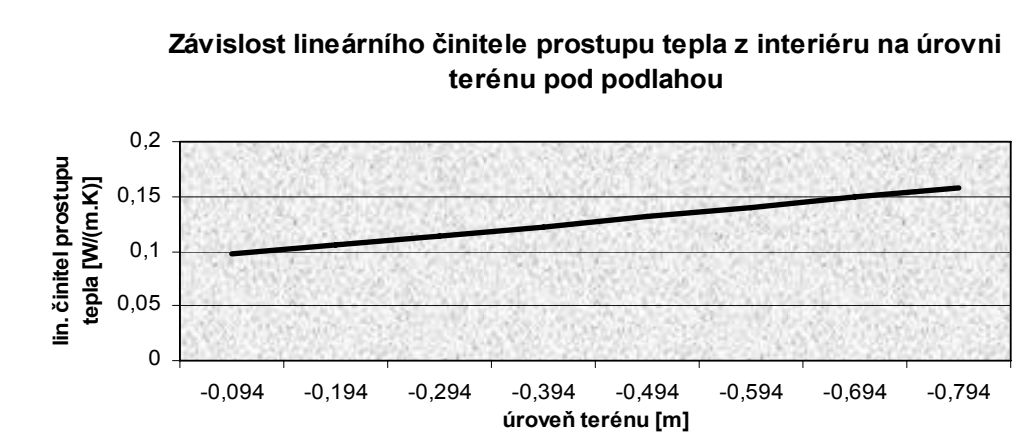
Při přípravě této publikace jsme se věnovali nejen kvantifikaci jednotlivých tepelných mostů, ale snažili jsme se porovnat i jednotlivé výpočetní programy, neboť výpočty teplotních polí lze v současnosti řešit širokou škálou dostupných programů, které se mezi sebou liší v různých parametrech a možnostech. Mohou se lišit např. v typu řešené úlohy, a to z hlediska geometrie řešené úlohy (jedno, dvou či trojrozměrná pole), uvažovaného souřadného systému (kartézský, cylindrický, sférický), nebo z hlediska závislosti na čase (stacionární, řešící pouze ustálená teplotní pole, či nestacionární, jež řeší teplotní pole v zadaném časovém intervalu). Každý program řešící jakékoliv fyzikální pole jej řeší diskrétně (nespojité), což znamená, že své stavové veličiny (u teplotních polí je to teplota v bodě) počítá pouze v předem zadané množině bodů (tzv. diskretizační síť) a v prostoru mezi těmito body se tyto stavové veličiny stanovují pouze interpolací. Z takto vypočtených stavových veličin se při vyhodnocování polí vypočítávají již další odvozené veličiny, v našem případě tedy u teplotních polí tepelné toky a jejich hustoty.

Lze konstatovat, že v současnosti v ČR je ve stavebnictví nejvíce rozšířen program AREA. Ostatní programy, jako ANSYS a QuickField, jsou rozšířeny méně, existuje však mnoho dalších výpočetních programů použitelných pro řešení teplotních polí.

Pro zjištění přesnosti používaných výpočtových programů a porovnání výsledků na základě jejich výpočtových postupů, byl zvolen jednoduchý stavební detail pro porovnání – a sice roh zdiva z tvarovek HELUZ P+D 490 mm. Tento detail byl postupně spočítán následujícími programy: AREA, QuickField, Comsol a FEMM, jež byly pře-

dem verifikovány dle postupu uvedeného v příloze A ČSN EN ISO 10211:2008 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích - Výpočet tepelných toků a povrchových teplot - Podrobné výpočty. Vypočítané povrchové teploty se lišily maximálně o $\pm 0,04$ °C. U lineárního činitele prostupu tepla docházelo k chybám v řádech desetitisícin ψ [W/(m.K)]. Z uvedeného vyplývá, že při zaokrouhlování povrchové teploty na desetiny stupně Celsia a při zaokrouhlování lineárního činitele prostupu tepla na tisíce je možné uvedené výsledky výpočtů v různých programech pro takto složitý tepelný most považovat za shodné.

V knize se věnujeme i závislosti polohy terénu a podlahy u detailu obvodové stěny u základů. Tento detail byl počítán pro zdivo HELUZ 490 mm STI. Výsledky jsou uvedeny v grafu. Tento případ je ve stavebnictví velmi obvyklý, jde o objekt osazený do mírně svažitého terénu a z grafu je patrné, že bychom měli tento typ tepelného mostu, pokud vyžadujeme přesné výsledky, kvantifikovat vlastně pro každé místo samostatně.



Při výpočtu tepelných mostů a zpětně při výpočtech tepelných ztrát objektů je nutné přesně rozlišovat rozměry, ze kterých při výpočtech vycházíme. Z těchto důvodů u detailů uvádíme lineární činitele prostupu tepla vždy pro 2 rozměry. Jedním činitel prostupu tepla při uvažování vnějších rozměrů, dalším pak při uvažování vnitřních světlych rozměrů. Toto uvádění dvou hodnot vypadá poněkud zmateně, ovšem do té doby, než si uvědomíme, že například vnitřní světly rozměr rodinného domu může být 9 m a vnější 10 m (při síle stěny 500 mm). Při výpočtech z interiéru i z exteriéru však musíme získat stejné výsledky, neboť ve všech výpočtech se uvažuje stacionární teplotní pole, tudíž tepelný tok zdíkem v exteriéru a v interiéru musí být totožný, pouze s opačným znaménkem. Násobíme-li tedy součinitel prostupu tepla plochou z exteriéru a plochou z interiéru, musíme k nim přičíst různě velké násobky lineárního součinitele prostupu tepla ψ .

Literatura

- (1) Roman Šubrt, Pavlína Zvánovcová, Martin Škopek: *Katalog tepelných mostů 1 – běžné detaily*, Energy Consulting, 2008, asi 230 s

Eliminace tepelného mostu ve styku vnitřní stěny s podlahou na terénu

Kalousek, M., VUT Brno, Fakulta stavební

Veveří 95, 602 00 Brno

Tel:+420 604687251, e-mail:kalousek.m@fce.vutbr.cz

1. Úvod

Venkovní obalové stěny energeticky pasivních objektů jsou velmi často kvalitně tepelně izolovány, obvykle s přetažením tepelné izolace značně hluboko pod upravený terén, což je velmi pozitivní k celkové bilanci tepelných ztrát. Vnitřní stěny např. zděné nosné stěny, které jsou na terénu, obvykle již izolované nejsou a to z důvodu vyšší ceny nosné tepelné izolace (např. použití pěnoskla), technologických těžkostí atp., a jsou postaveny přímo na základové desce bez přerušení tepelným izolantem. Na základě řešení dvourozměrných teplotních polí je v příspěvku vyjádřen „Lineární činitel prostupu tepla“ ψ (W/mK) pro několik typických variant úpravy tohoto opomíjeného detailu styku vnitřních stěn s podlahou na terénu. Při nevhodném řešení uvedeného detailu vnitřní stěny a podlahy - dle výpočtů, může tvořit navýšení tepelné ztráty objektu až o 5%, což je srovnatelné s tím, jako kdybychom přidali další okenní výplň do domu navíc nebo kdybychom "omylem" navrhli použití hliníkových distanční rámečků do okenních výplní v celém pasivním domě.

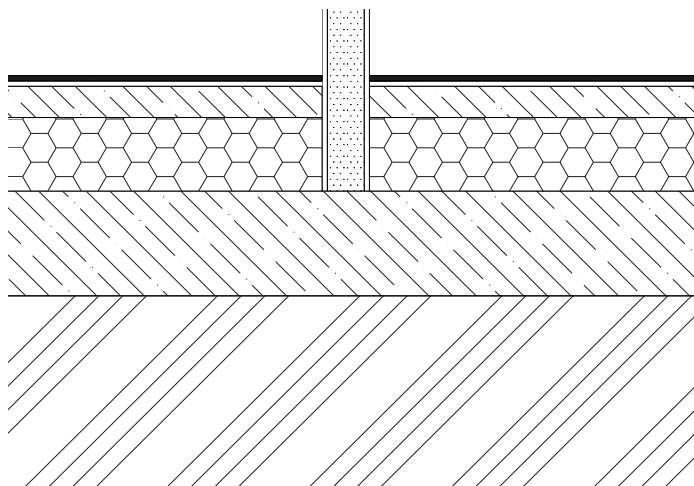
2. Varianty detailu vnitřní stěny a podlahy a okrajové podmínky

Porovnání bylo provedeno pro čtyři vybrané materiálové a geometrické řešení detailu vnitřní stěny vybudované na ochlazované podlaze.

VARIANTA	VNITŘNÍ STĚNA	PODLAHA	„U“ podlahy
1	Cihla plná	Lamino	0.21
2	Plynosilikát	Lamino	0.21
3	Plynosilikát	Dlažba	0.22
4	SDK desky	Lamino	0.21

Tab.1 Vybrané varianty spojení příčky s podlahou

Vnitřní stěna má tloušťku 90 mm a je provedena z plné cihly, plynosilikátu nebo sádkartonové desky. Okrajové podmínky jsou použity pro lokalitu Brno ($\theta_e = -15^\circ\text{C}$), kde se vzorový pasivní dům nachází (4). Vnitřní teplota vzduchu je $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ a pro teplotu zeminy byla použita hodnota $\theta_g = 0^\circ\text{C}$ v hloubce 2,5 m. Součinitele přestupu tepla byly použity dle normy ČSN 730540-2 (2).



Obr. 1 Schéma napojení příčky na podlahu (Plynosilikát, dlažba)

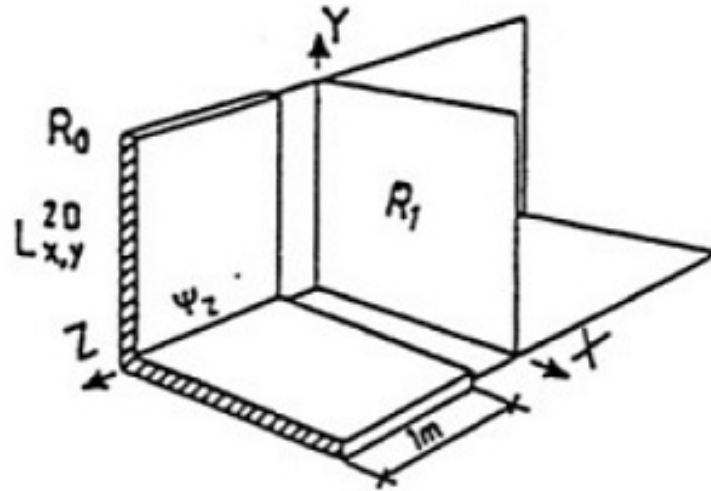
V tabulce 1 jsou uvedeny tepelně technické hodnoty materiálů a tloušťky vrstev podlahy. Tepelná izolace EPS je navržena v tloušťce 140 mm. Finální vrstva je tvořena buď laminátovými deskami nebo keramickou dlažbou. Při výpočtech bylo nutno zjistit, zda činitel prostupu tepla závisí i na sklabě podlahy (kromě tepelného izolantu).

Vrstva	λ (W/mK)	Tl. (m)	R (m ² K/W)	Vrstva	λ (W/mK)	Tl. (m)	R (m ² K/W)
1 Lamino	0,18	0,01	0,056	1 Dlažba	1,05	0,01	0,010
2 Miralon	0,05	0,01	0,200	2 Malta	1,05	0,01	0,010
3 Beton	1,05	0,06	0,057	3 Beton	1,05	0,06	0,057
4 EPS	0,04	0,14	3,500	4 EPS	0,04	0,14	3,500
5 ŽB	1,74	0,20	0,115	5 ŽB	1,74	0,20	0,115
6 Zemina	2,00	1,30	0,650	6 Zemina	2,00	1,30	0,650
		R _{si} =	0,210			R _{si} +R _{se} =	0,210
		R=	4,788			R=	4,551
		U=	0,2089 W/m ² K			U=	0,2197 W/m ² K

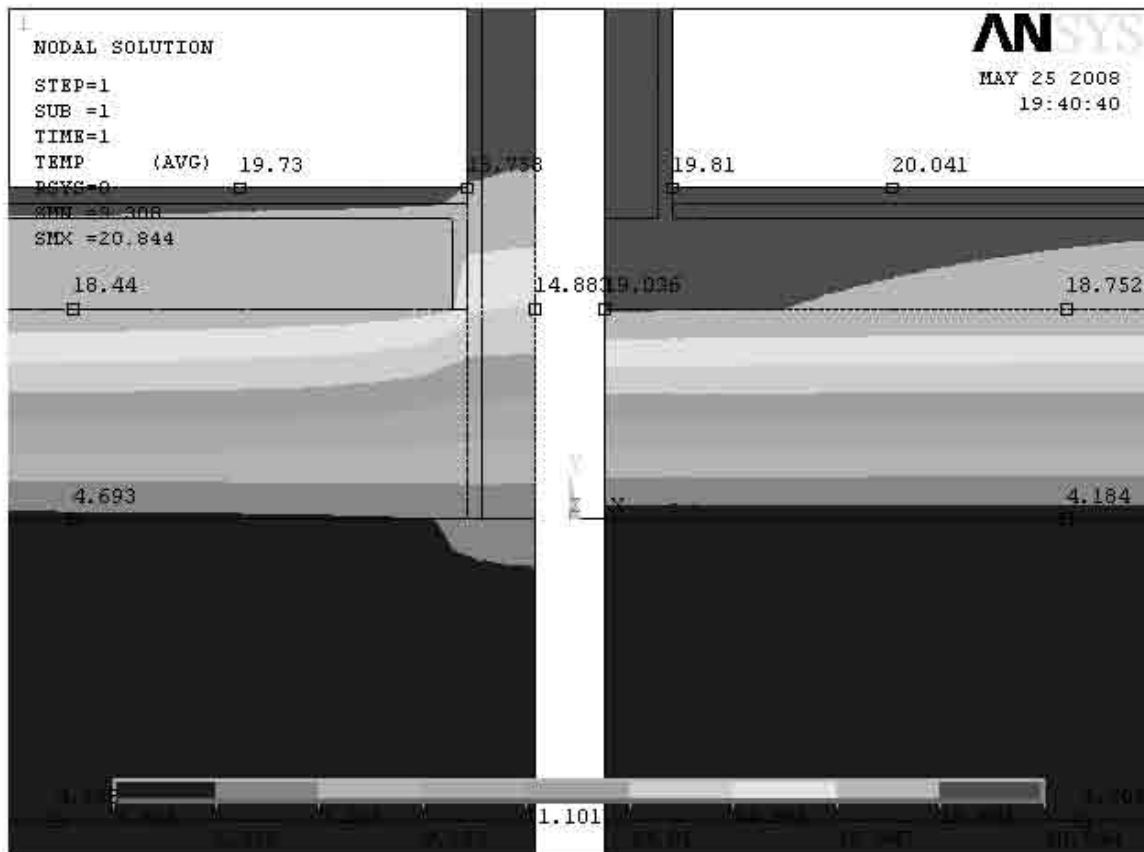
Tab. 2 Skladby podlah a součinitel prostupu tepla „U“

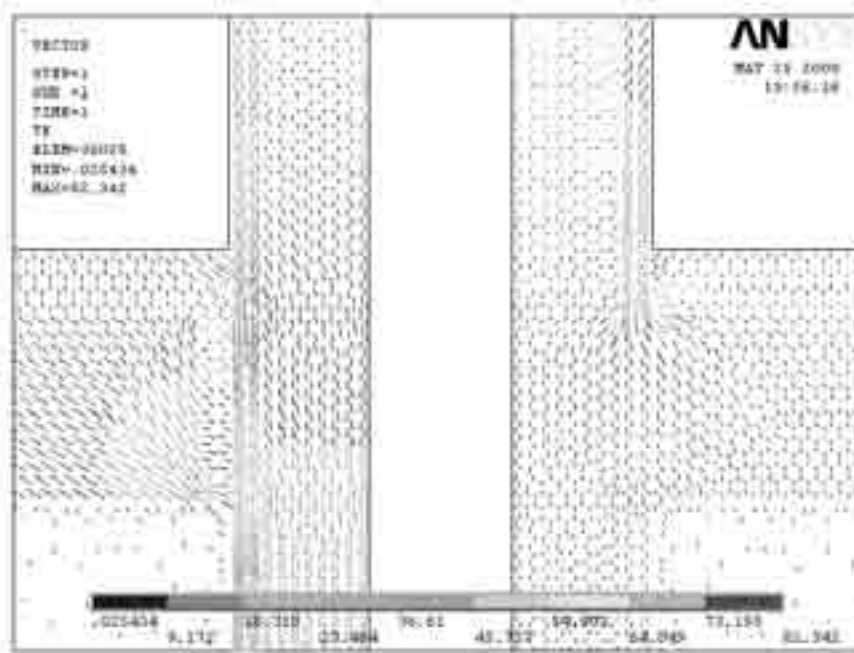
3. Výpočet lineárního činitele prostupu tepla

Výpočet lineárního činitele prostupu tepla ψ (W/mK) byl stanoven dle postupu ČSN EN ISO 14683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích (3). Jedná se v principu o vyčíslení zvýšeného prostupu tepla dvou konstrukcí, který je způsoben spojením těchto konstrukcí. Je třeba použít dvojrozměrné teplotní pole (v případě bodové tepelné vazby - třírozměrné), ze kterého je vyjádřen tepelný tok L2D (obr. 2).



$$\psi_z = L_{1D}^{2D(x,y)} - U_{xz} \cdot l_x - U_{yz} \cdot l_y$$

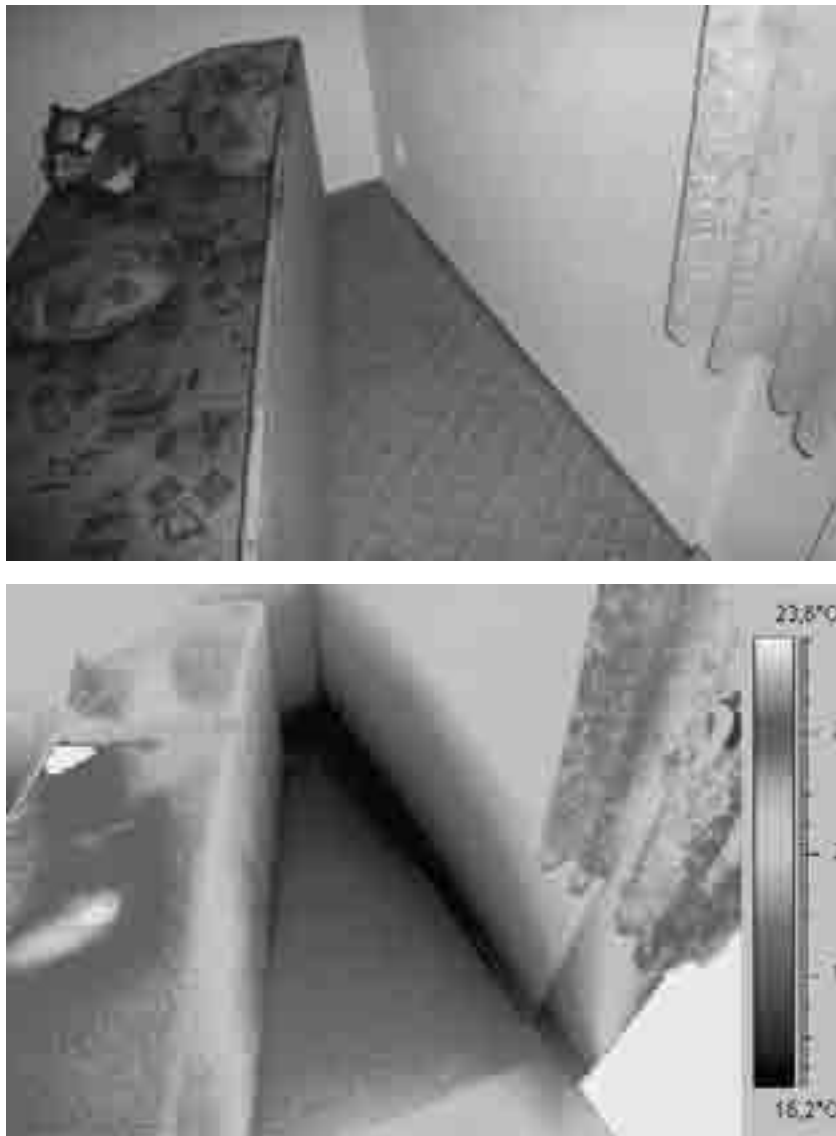
Obr. 2 Schéma modelu při výpočtu činitele ψ Obr. 3 Rozložení teplot detailu ($^{\circ}\text{C}$) s Plynosilikátem (vlevo) a SDK (vpravo)



Obr. 4 Hustota tepelného toku detailu (W/m^2) s Plynosilikátem (vlevo) a SDK (vpravo)



Obr. 5 Pohled na termogram vnitřních stěn v zimním období – snížená teplota povrchu



Obr. 6 Pohled na termogram obvodové stěny v zimním období – snížená teplota povrchu

4. Výpočet

Posuzované detaily byly modelovány v programu ANSYS 11.0 a výpočet proveden metodou MKP – metody konečných prvků. Návrhové hodnoty materiálů a výpočty lineárního činitele prostupu tepla a dalších fyzikálních veličin byly stanoveny dle ČSN 73 0540-2,3,4, ČSN EN ISO 14683 a ČSN EN ISO 10211-1.

Vypočtené hodnoty lineárního činitele jsou uvedeny v tabulce 3, jde jsou také uvedeny rozměry konstrukcí okna (plocha, pouze pro srovnání) a příček v celém objektu. Měrná ztráta je pak uvedena v posledním sloupci.

Var.	Konstrukce	ψ (U)	Jednotek	Ztráta
-	okno	0,800	2,25 m ²	1,8 W/K
1	příčky CP	0,041	46 m	1,9 W/K
2,3	příčky Plynosil.	0,026	46 m	1,2 W/K
4	příčky SDK	-0,005	46 m	-0,2 W/K

Tab. 3 Lineární činitelé prostupu pro jednotlivé varianty a tepelná ztráta detailem

5. Závěr

Na základě provedených výpočtů dvojrozměrného teplotního pole vyplynulo, že při nevhodném geometrickém a materiálovém řešení detailu styku svislých vnitřních konstrukcí s podlahou na terénu vznikají výraznější tepelné vazby a navyšují se tepelné ztráty. Při použití příčky z plných cihel (obvykle odůvodněno schopností vyšší akumulace chladu v letním období) vyzděné přímo na železobetonovou desku, může tepelná ztráta ve vzorovém objektu převýšit i ztrátu pasivní okenní výplně. Naopak ne příliš oblíbené sádkartonové příčky založené na vyrovnávací betonové vrstvě (nad tepelnou izolací) mají tepelnou ztrátu nulovou.

Nejnižší povrchová vnitřní teplota na vnitřní přičce je obvykle splněna, ale další kritické místo je napojení obvodové stěny se základem. Zde je to v případě použití tepelně izolačního staviva, nebo přerušení tepelného mostu, obvykle z tepelně technického hlediska přijatelné.

Příspěvek obsahuje výsledky projektu GAČR 103/07/0907 “Solar chimneys and phase-change materials for passive cooling of buildings”, díky němuž může být zde prezentován.

6. Literatura

- (1) ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Výpočtové hodnoty*. Praha : Vydavatelství ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. 2005.
- (2) ČSN EN ISO 10211-1 *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelné toky a povrchová teplota – Část 1: Základní výpočtové metody*. Praha : Vydavatelství ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. 1997. 52 s.
- (3) ČSN EN ISO 14683 *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla*. Praha : Vydavatelství ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. 2000.
- (4) Projekt Referenčního Energetického Pasivního domu REP-HOUSE v Moravanech u Brna
- (5) Manuál programu ANSYS 11.0, USA, 2007

Lineární činitel prostupu tepla přípojovací spáry okenních výplní

Kalousek, M., Hejný, L., VUT Brno, Fakulta stavební

Veveří 95, 602 00 Brno

Tel:+420 777 808612, e-mail:kalousek.m@fce.vutbr.cz, hejny.l@fce.vutbr.cz

1. Úvod

Výplně otvorů patří k technicky náročným konstrukcím budovy. Jejich správný návrh patří k určujícím předpokladům tepelně technické kvality budovy. Tepelně technickou kvalitu výplňových konstrukcí ovlivňuje řešení jejich styků se stavební konstrukcí. Mezi nejproblematictější místa konstrukce obvodového pláště budov z hlediska tepelných mostů patří konstrukce detailu ve styku obvodové stěny a rámu okenní výplně. Pro pasivní dům je samozřejmostí osazení rámu do roviny izolace, tak aby izotermy ze stěnové konstrukce plynule přecházely do okenní výplně a nevznikaly zde geometrické tepelné mosty. Pomocí dvojrozměrného teplotního pole jsou vyjádřeny lineární činitele prostupu tepla. V příspěvku jsou zhodnoceny a porovnány dvě varianty osazení výplně otvorů – osazení výplně otvorů v tepelné izolaci a osazení výplně otvorů na zdivu se zateplením rámu 30 mm.

2. Varianty osazení výplně otvorů a okrajové podmínky

Porovnání bylo provedeno pro plastové okno TOPLINE PLUS od firmy VEKA a.s. První varianta: okno uloženo v tepelné izolaci, která přesahuje přes rám (30 mm), ukotvení je pomocí ocelových kotev do zdiva v ostění, do železobetonového věnce v nadpraží a položené na dřevěném hranolku 86/120 u parapetu. Druhá varianta: okno uloženo na zdivu se zateplením rámu (tepelná izolace vytažena přes rám 30 mm u ostění a nadpraží) a kotveno šrouby. Obvodová stěna v obou variantách je tvořena keramickým zdivem KERATHERM 30 P+D s tepelnou izolací EPS tl. 250 mm, BACHL a.s. Okrajové podmínky: způsob vytápění - tlumené (pokles od 2 do 5 °C včetně), otopné těleso není pod výplní otvorů, obvodová stěna je těžká, relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi \leq 50 \%$, návrhová vnitřní teplota $\theta_{ai} = 21^\circ\text{C}$ a vnější teplota $\theta_{ae} = -15^\circ\text{C}$, odpor při přestupu tepla $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

3. Popis výpočtu

Posuzované detaily byly modelovány v programu ANSYS 11.0, ANSYS Workbench a výpočet proveden metodou MKP. Návrhové hodnoty materiálů a výpočty lineárního činitele prostupu tepla a dalších fyzikálních veličin byly stanoveny dle ČSN 73 0540-2,3,4, ČSN EN ISO 10077-1,2, ČSN EN ISO 14683 a ČSN EN ISO 10211-1.

4. Posuzované místa a hodnoty lineárního činitele prostupu tepla

U obou variant bylo posouzení provedeno v místech parapetu, ostění a nadpraží, mimo kotvy (označení a) a v místech ukotvení ocelovými kotvami (označení b).

Ozn. detailu	Popis	θ_{SIM} (°C)	Ψ_f (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Ozn. detailu	Popis	θ_{SIM} (°C)	Ψ_f (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Uložení výplně otvorů na tepelné izolaci T1 - T3							
T1-a	Parapet	19,509	0,033	T1-b	Parapet	19,461	0,051
T2-a	Ostění	19,767	-0,017	T2-b	Ostění	19,731	-0,005
T3-a	Nadpraží	19,799	-0,028	T3-b	Nadpraží	19,796	-0,027
Uložení výplně otvorů na zdivu S1 - S3							
S1-a	Parapet	19,407	0,070	S1-b	Parapet	19,433	0,061
S2-a	Ostění	19,715	0,000	S2-b	Ostění	19,706	0,003
S3-a	Nadpraží	19,699	0,005	S3-b	Nadpraží	19,691	0,008

Tab.1 Lineární činitel prostupu tepla posuzovaných detailů (a – mimo kotvy, b – v místě kotvy, θ_{SIM} průměrná vnitřní teplota, Ψ_f lineární činitel prostupu tepla připojovací spáry rámu)

Při výpočtech byly uvažovány hodnoty $U_f = 0,7 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, $U_g = 0,6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, $\Psi_g = 0,03 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ a součinitel prostupu tepla obvodové stěny $U_s = 0,11 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Celková hodnota součinitele prostupu tepla okna U_w se započítanými hodnotami Ψ_f (výpočet dle ČSN EN ISO 10077-1,2): okno uložené v tepelné izolaci $U_w = 0,6901 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, okno uložené na zdivu $U_w = 0,7481 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Hodnota součinitele prostupu tepla okna U_w bez započítaných hodnot Ψ_f je pro okna uložené v tepelné izolaci a na zdivu $U_w = 0,6979 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Součinitel prostupu tepla okna U_w bez započítaných hodnot Ψ_f je o 1,12% větší než U_w okna uloženého v tepelné izolaci. Hodnota U_w okna uloženého na zdivu je o 7,75% větší než U_w okna uloženého v tepelné izolaci.

5. Závěr

Na základě provedených výpočtů dvojrozměrného teplotního pole vyplynulo, že při dostatečném zateplení obvodové konstrukce a přetažení tepelné izolace min. 30 mm přes rám výplně otvoru jsou hodnoty lineárního činitele prostupu tepla v obou variantách srovnatelné a v některých případech byly hodnoty Ψ_f s kotvou příznivější než mimo kotvu. Celkové hodnoty U_w jsou při osazení okna v tepelné izolaci o něco příznivější, ale nesmíme opomenout vyšší náklady a náročnější provedení při tomto uložení.

6. Literatura

- (1) ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody. Praha : Vydavatelství ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. 2005. 60 s.
- (2) ČSN EN ISO 10211-1 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelné toky a povrchová teplota – Část 1: Základní výpočtové metody. Praha : Vydavatelství ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. 1997. 52 s.
- (3) ČSN EN ISO 14683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla. Praha : Vydavatelství ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. 2000.

Lebenszykluskostenanalyse unter Berücksichtigung externer Kosten für Herstellung und Betrieb: Passivhaus kontra Niedrigenergiehaus

Dr. Andreas Hermelink, Ecofys Germany GmbH
 Stralauer Platz 34, 10243 Berlin, Deutschland
 +49 30 297 735 79-50, a.hermelink@ecofys.com

1. Einleitung

Einsparmaßnahmen auf der *Nachfrageseite* wurden in den 1990er Jahren schwerpunktmäßig für die Elektrizitätswirtschaft in den USA untersucht und Konzepte zur kostenminimalen Kombination von angebots- und nachfrageseitigen Ressourcen entwickelt („Least-Cost-Planning“ (LCP) bzw. „Integrated-Resource-Planning“ (IRP)). Seither ist ein systematischer Transfer der wertvollen Erkenntnisse auf Effizienzfragen jenseits der Elektrizitätswirtschaft kaum feststellbar. Der Bau eines Passivhauses anstelle eines Niedrigenergiehauses kann ohne weiteres wie der „Bau eines Einsparkraftwerkes“ interpretiert werden. Die für LCP- bzw. IRP-Programme entwickelten umfassenden Methoden zur Wirtschaftlichkeitsberechnung lassen sich demnach auf den Bau von Passivhäusern übertragen.

2. Methode

Für einen Vergleich der Lebenszykluskosten der Optionen „Passivhaus“ und „Niedrigenergie-Haus“ sind vor allem folgende Perspektiven relevant:

- *Participant Test*: dies ist in LCP-Programmen die Perspektive des Programm-Teilnehmers. Hier geht es um Kosten und Nutzen für den Endkunden bzw. Endverbraucher, wenn er sich für ein Passivhaus statt für ein Niedrigenergie-Haus gemäß der geltenden deutschen Energieeinspar-Verordnung entscheidet.
- *Societal Test*: hier geht es um die Kosten und Nutzen, die eine Entscheidung (hier: zugunsten des Passivhauses) aus der Perspektive der Gesellschaft mit sich bringt. Dies schließt ausdrücklich die Berücksichtigung der durch Technik verursachten externen Kosten ein. Sie wurden erstmals entsprechend der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes für die durch Herstellung, Instandhaltung und Betrieb der Gebäude entstehenden CO₂-Äquivalente (Treibhauseffekt), SO₂-Äquivalente (Versauerung) und NMVOC-Äquivalente (Sommersmog) ermittelt.

Als Beispiel für die Anwendung beider Wirtschaftlichkeitstests dienten Europas erste Mehrfamilien-Passivhäuser in Kassel/Deutschland. Berechnungen erfolgen für den gesamten Lebenszyklus von 80 Jahren anhand des Kapitalwertkriteriums. Kosten und Nutzen werden als *Differenz* zwischen Passivhaus- und Niedrigenergie-Haus in die Berechnung aufgenommen. Nicht berücksichtigt wurde der Wert des im Passivhaus höheren Komforts. Berücksichtigt wurden:

- die Bauwerkskosten: Für den Neubau eines Niedrigenergie-Hauses wurden 1.000 €/m² zzgl. Umsatzsteuer angesetzt. Sie dienten als Ausgangsbasis für die Berechnung der „erlaubten“ Mehr-Investitionskosten (Bonus) für das Passivhaus.
- *Wartung und Instandsetzung*: Für Heizungs- und Lüftungstechnik, Fenster, Fassade etc. wurden differenzierte Lebensdauern sowie Instandsetzungs- bzw. Erneuerungszyklen angenommen.
- *Zinsen und Preissteigerungen*: Alle Berechnungen erfolgten in realen Preisen. Ein Preis, der sich im Gleichschritt mit dem Gesamtpreisindex bewegt, hat eine reale Steigerung von $j = 0\%$. In allen Rechnungen wurden die Preissteigerungen variiert, um die Sensitivität der Ergebnisse zu überprüfen. Für Strom und Gas wurden jeweils reale Preissteigerungen j von 0 %, 2 % und 4 % gerechnet, für Ersatzbeschaffungen -1 %, 0 % und 1 %. Participant Test. Den Berechnungen liegt ein Realzins von 4 %, ein Gaspreis von 6 ct/kWh und ein Strompreis von 20 ct/kWh zugrunde, jeweils inkl. Mehrwertsteuer.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Lebenszykluskostenbetrachtungen mittels Participant Test und Societal Test sprechen unter deutschen Bedingungen eindeutig für die Wahl des Passivhauses. Die Abbildung zeigt das Ergebnis des Participant Tests. Je nach Annahmen bezüglich der Preissteigerungen darf das Passivhaus im „Best Case“ 21,6% höhere Investitionskosten als das Niedrigenergie-Haus haben („Bonus“, weißer Teil der Balkens im Diagramm), im „Worst-case“ sind es noch 2,2%.

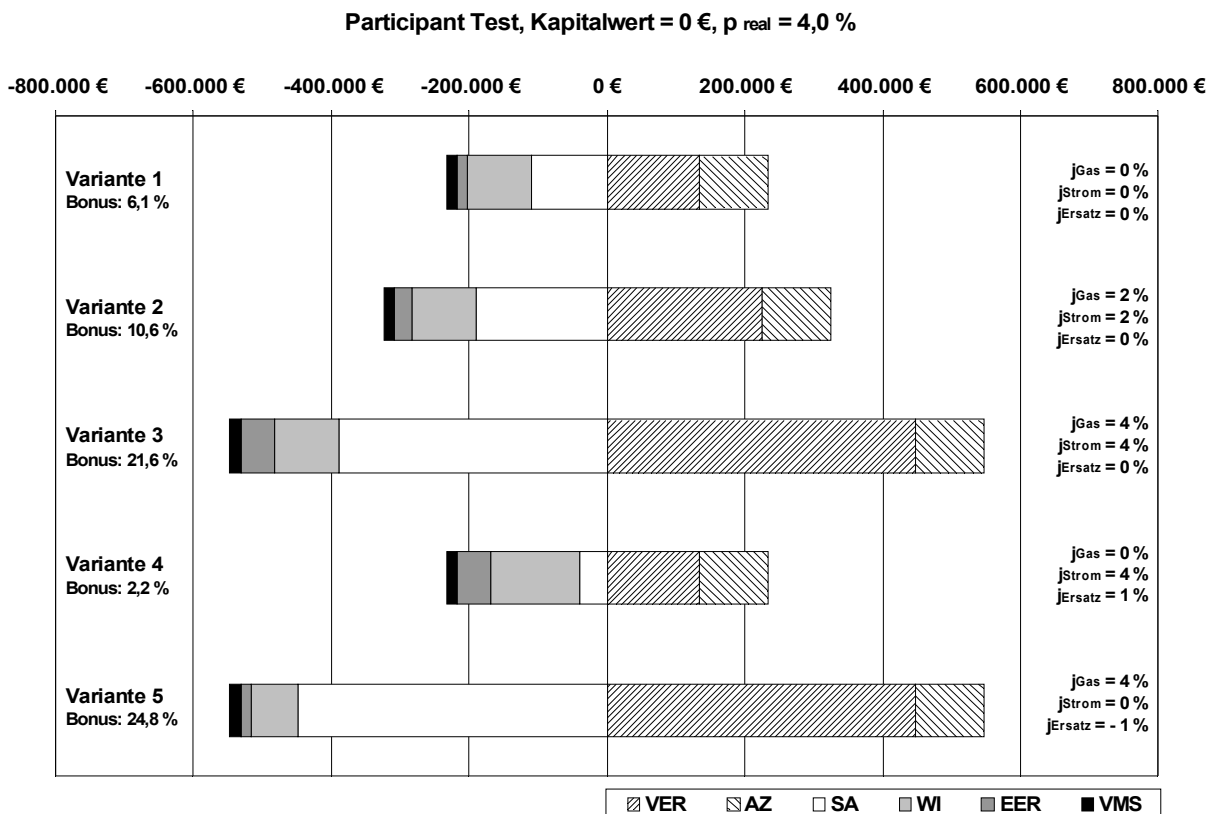


Abb. 1 Ergebnis des Participant Tests: Passivhaus vs. Niedrigenergie-Haus

Analýza nákladů v životním cyklu pasivního a nízkoenergetického domu z pohledu externích nákladů na jejich pořízení a provoz

Dr. Andreas Hermelink, Ecofys Germany GmbH
Stralauer Platz 34, 10243 Berlin, Deutschland
+49 30 297 735 79-50, a.hermelink@ecofys.com

1. Úvodem

Základ tohoto pojednání tvoří analýza úsporných opatření na straně *poptávky* uskutečněná v 90. letech v Americe, která se zaměřila na hlavní problémy energetiky v USA. V rámci této analýzy byly vyvinuty koncepty pro cenově optimální kombinaci zdrojů jak na straně poptávky, tak i na straně nabídky („Least-Cost-Planning“ (LCP) nebo taky „Integrated-Resource-Planning“ (IRP)). Avšak transfer těchto cenných zkušeností i do jiných oblastí mimo energetiku, zabývajících se problematikou efektivnosti, nebyl prakticky zaznamenán. Přitom výstavbu pasivního domu namísto domu nízkoenergetického lze bez problémů označit za „výstavbu úsporné elektrárny“. Velmi podrobné metody pro výpočet hospodárnosti vyvinuté speciálně pro tyto programy LCP a IRP se tak dají aplikovat i na výstavbu pasivních domů.

2. Metoda

Při porovnávání nákladů vznikajících během životního cyklu „pasivního domu“ a „nízkoenergetického domu“ jsou důležité zejména tyto úhly pohledu:

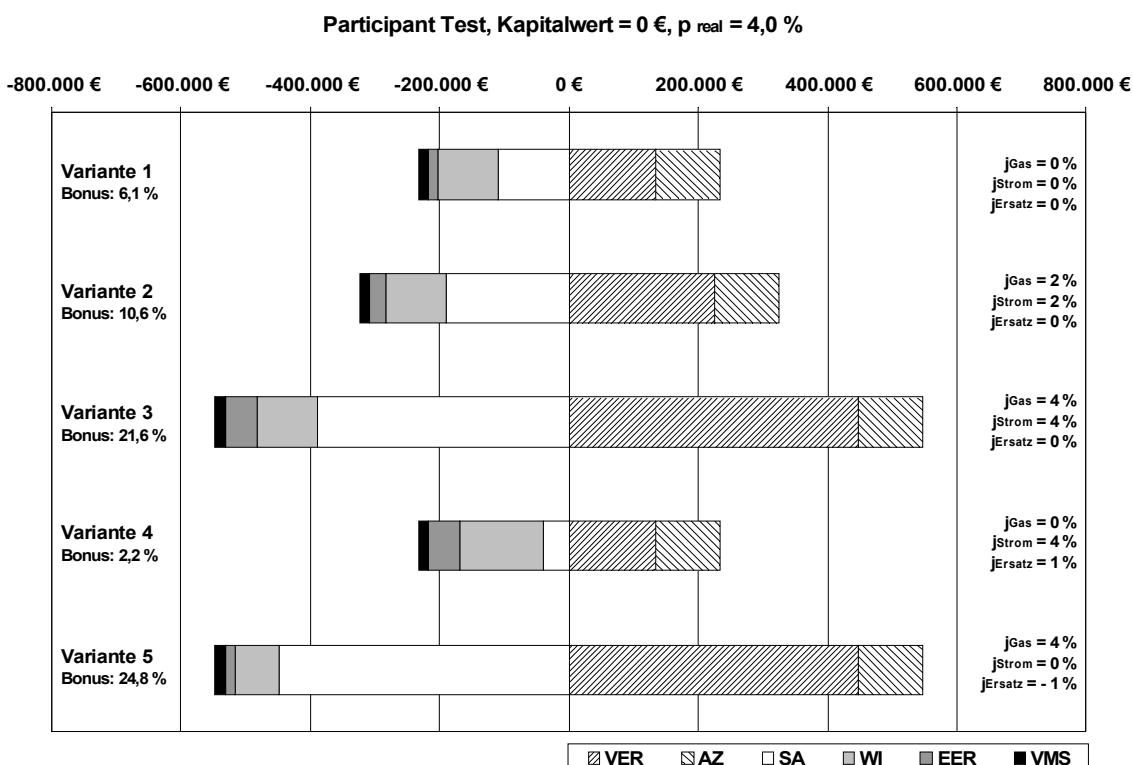
- *Participant Test*: úhel pohledu účastníka programu v LCP. Jedná se o náklady a užítky konečného zákazníka nebo spotřebitele v případě, že se rozhodne pro výstavbu pasivního domu na místo domu nízkoenergetického (definice podle platné německé směrnice pro šetření energií).
- *Societal Test*: zde se jedná o náklady a užítky, které ze společenského hlediska vzniknou na základě učiněného rozhodnutí (zde: pro pasivní dům). Jsou zde výslovně zahrnuty i externí náklady vzniklé v souvislosti s nainstalovanou domovní technikou. Tyto náklady byly poprvé vypočteny z pohledu a v souladu s metodickou konvencí úřadu pro životní prostředí, a to pro ekvivalenty CO₂ (skleníkový efekt), SO₂ (kyselý déšť) a NMVOC (letní smog), které vznikají při výstavbě, údržbě a provozování těchto budov.

Oba testy hospodárnosti byly aplikovány na první vícegenerační pasivní domy postavené ve městě Kassel/Německo. Výpočty byly provedeny pro celý životní cyklus těchto domů (80 let), a to na základě kritéria kapitálové hodnoty. Náklady a užítky byly ve výpočtu zohledněny jako *diference* mezi pasivním domem a domem nízkoenergetickým. Ve výpočtech se nezohledňovala hodnota vyššího komfortu bydlení, kterého se v pasivních domech dosahuje. Naopak byly zohledněny tyto náklady:

- Náklady na zhotovení stavby: na výstavbu nízkoenergetického domu se počítalo s částkou 1.000 €/m² + DPH. Tato částka sloužila jako základ pro výpočet „povolených“ investičních vícenákladů (tzv. bonus) u pasivního domu.
- Údržba a servis domu: Ve výpočtu byla zohledněna rozdílná životnost a rozdílné cykly pro obnovu nebo rekonstrukci topení a ventilace, oken, fasády domu atd.
- Úroky a nárůst cen: Všechny výpočty byly prováděny v reálných cenách. Cena, která drží krok s celkovým cenovým indexem, stoupá o reálnou hodnotu $j = 0 \%$. Při výpočtech se počítalo s různým nárůstem cen, přičemž cílem bylo zjistit, do jaké míry ovlivňuje tento cenový nárůst konečný výsledek. U elektrické energie a plynu se počítalo s reálným zvyšováním cen $j = 0 \%$, 2% a 4% , u nákladů na obnovu a rekonstrukci se zvyšováním $j = -1 \%$, 0% a 1% . Dále se ve výpočtech počítalo s reálnými úroky ve výši 4% , cenou plynu 6 ct/kWh a cenou elektrické energie 20 ct/kWh (včetně DPH).

3. Výsledky porovnání

Výsledky z porovnání nákladů u obou typů domů za dobu jejich životnosti s pomocí testu Participant Test a Societal Test hovoří v německých podmínkách jednoznačně pro pasivní dům. Výsledek Participant Test je znázorněn na obrázku – podle toho, jaký nárůst cen byl ve výpočtech použit, mohou investiční náklady na pasivní dům převýšit náklady na nízkoenergetickým dům o 21,6 % („Best Case“ – bonus znázorněný jako bílý pruh v diagramu) nebo v nejhorsím případě alespoň o 2,2% („Worst Case“).



Obr. 1 Výsledek Participant Test: Pasivní dům v porovnání s nízkoenergetickým domem

Vnitřní prostředí EPD - zkušenosti z čtyřletého provozu

Martin Jindrák, ATREA s.r.o.
V Aleji 20, 466 01 Jablonec nad Nisou
e-mail: rd@atrea.cz

1. Energeticky pasivní dům – je to nyní módní vlna zájmu?

Pojem energeticky pasivní dům slyšíme na každém kroku. Zaslíbeně se o něm hovoří, novináři se snaží své čtenáře zaujmout a překvapit. Když si ovšem pozorně tyto texty přečteme, zjistíme, že se opakují stále stejné pojmy a informace, pouze stylisticky jinak napsané. Mnohokrát opakované a tiskem rozšiřované, často z neznalosti nebo nedostatku místa zkracované pojmy a tvrzení se považují za svaté a jediné možné. Vyrůstající ceny energií ale žádají své a kdo o tomto tématu nepíše, EPD neprojektuje nebo nestaví, pak není „IN“. V praxi se však již zoufalý majitel ptá, proč má v jarním období přehřátý objekt a nemůže si otevřít ani pootevřít okno, proč mu nefunguje přetlakové chlazení s přímým zemním výměníkem. Někde nastala chyba.

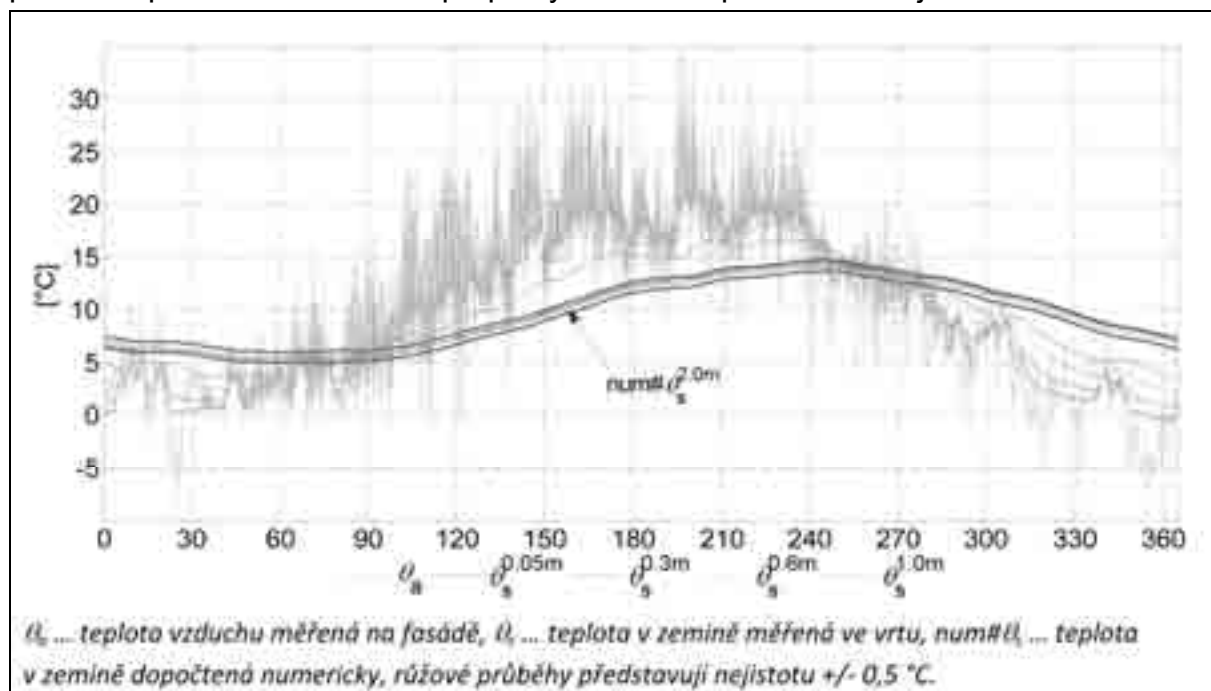
2. Realizace 1.EPD v ČR – Rychnov u Jablonce nad Nisou

Na základě našich tehdejších znalostí jsme v roce 2004 zrealizovali EPD v Rychnově u Jbc. Celý projekt byl připravován tak, aby výsledky splňovaly všechny v té době známé parametry pro EPD. Stěny a stropy mají $U \leq 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, okna (vč.rámů) cca $0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$. Parametr vzduchotěsnosti při BLOWERDOOR TESTU (pro EPD $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ při 50 Pa) se nám splnit nepodařilo (naměřeno $n_{50} = 0,88 \text{ h}^{-1}$), i tak se na tehdejší i současné české prostředí jedná o slušný výsledek. Na jižní straně jsme zvolili kombinaci oken, která mají plochu skla cca $4,3 \text{ m}^2$, tedy cca 11% jižní svíslé stěny domu. Výrazně nižší, než dle zahraniční literatury dříve doporučovaná hodnota cca 25 - 40%. Jak potvrdil provoz objektu, volba byla správná s ohledem na intenzitu slunečního záření v zimním období v Jizerských horách. Tato zkušenost s velikostí prosklení se promítá i do technických podkladů platných pro Českou republiku. Pro temperování a větrání jsme použili systém teplovzdušného cirkulačního vytápění a řízeného větrání s rekuperací odpadního tepla, ohřev TUV a UT zajišťuje akumulaci zásobník s el. spirálami a se solární podporou. Dům je realizován se vzduchovým zemním výměníkem tepla s možností cirkulace.

Od 1/2005 spolu s ČVUT Praha měříme a sledujeme nyní už 35 provozních parametrů (teplot, vlhkostí, koncentrací CO_2 , provozních stavů VZT systému a zdroje tepla, teplotu zeminy v různých hloubkách atd.) K dispozici máme tisíce údajů, vzájemně se ovlivňujících. Zpracováním a pochopením jednotlivých vazeb jsme teď schopni předpovídat chování objektu při užívání. Lze říci, že za téměř čtyři roky provozu (dům obydlen 5.12.2004) jsme získali mnoho zkušeností, v některých směrech jsme dál, než kolegové v zahraničí. Také se snažíme bořit některé mýty, které se k otázce EPD v ČR vážou. V tomto příspěvku nechci rozebírat skutečné provozní náklady a spotřeby energií, jsme s rezervou pod hranicí $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Zaměříme se na oblast chlazení pomocí zemních výměníků tepla a hlavně na vnitřní mikroklima.

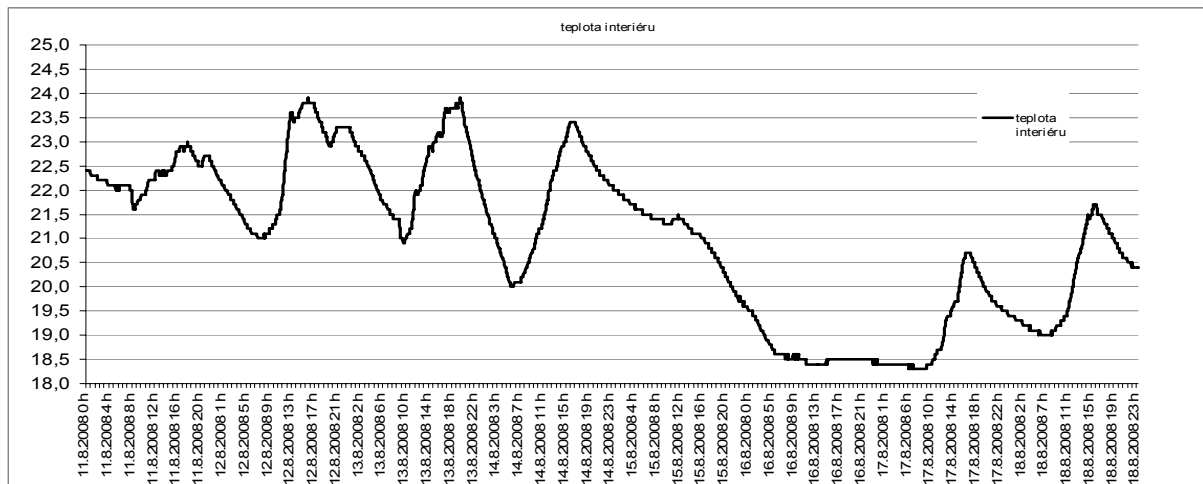
3. Zemní výměník tepla pro energeticky pasivní dům

Od ledna 2005 jsou měřeny provozní parametry zemního výměníku tepla. Od podzimu 2006 bylo doplněno i měření teploty v zemině v různých hloubkách, jako doplnění podkladů pro další simulace a přepočty. Průběh teplot v zemině je uveden na obr. č. 1



Obr. 1 Průběh teplot v zemině, EPD Rychnov, 2007

Na konci srpna je teplota v hloubce cca 2 m na úrovni 15°C, pro chlazení určitým výkonem dostatečné. Nevkládejme ale přehnané naděje do výkonu chlazení ať již vzduchových výměníků, tak také zemních výměníků s nemrznoucí kapalinou. Tepelná zátěž EPD Rychnov v letním období je ve špičce cca 2,9 kW. Průtok cirkulačního vzduchu z interiéru v množství 400m³/hod dokáže zajistit výkon chlazení výkonu 1,3-1,8 kW. To samo o sobě nestačí, a teplota v interiéru může stoupat. Co teprve větrací jednotky s přímým přívodem vzduchu (bez cirkulace) s vzduchovým výkon 200 – 300 m³/hod. Chladicí výkon této sestavy je pak 0,7 – 1,1 kW. V reálném provozu to ani nepoznáte. Ale zpátky k tématu. EPD Rychnov dřevostavba bez betonových podlah. V interiéru je cca 6300 kg sádkartonu a sádrovláknitých desek. To není málo. V roce 2008 jsme objekt provozovali úplně odlišně než v předchozích letech. Od června byl VZT systém vypnutý, větrání se spínalo pouze na základě impulsů z koupelen a WC při využívání těchto prostor. Počasí nám také přálo, venkovní noční teplota neklesala obvykle pod 12°C. Na hory velmi příjemné počasí, které nám v tomto směru využití mohou např. v Břeclavi závidět. Nechávali jsme pootevřené ventilačky v oknech v podkroví – v ložnicích. Chladnější vzduch následně „stékal“ do přízemí. Přes noc teplota v interiéru poklesla, konstrukce naakumulovaly chlad. Tepelné izolace konstrukcí, parametry skel a zastínění zajistily, že venkovní tepelné vlivy byli eliminovány. Největší vliv na vzrůst teploty v interiéru měl provoz počítače v domácí kanceláři (trvalá práce manželky). Chlazení přes ZVT jsme nijak nevyužívali. Přesto byly teploty víc než přijatelné, vč. nízkých hodnot CO₂ v interiéru.



Graf.č.2 – příklad průběhu teploty v interiéru

S trochou předvídavosti a odhadu je tedy možné v našich podhorských podmínkách EPD provozovat i bez systému chlazení. V teplých nížinách, kde teplota v noci neklesá tak jako v Rychnově, nebo v hlučném a prašném prostředí, je chladicí výkon ZVT velmi příjemný pro „ořezání“ teplotních špiček. Jakmile venkovní teplota v noci na začátku září 2008 začala klesat ke 2°C, VZT systém jsme začali přes noc provozovat v režimu rovnotlakého větrání. Využili jsme možnosti zónování, kdy jsme přiváděli vzduch pouze do podkroví. Přívod výkonu cca 75 m³/hod byl dostatečný pro provětrání celého prostoru. Více bude tato oblast popsána v další kapitole.

V zimním období jsme naproti tomu ZVT využívali prakticky stále. Díky ohromné kapacitě jílového podloží jsme vzduch přes ZVT nasávali již od venkovní teploty nižší než cca 4 °C. Po průchodu ZVT se teplota vzduchu pohybovala od 2 – 7°C. Díky predehřevu vzduchu se ale snižuje využití účinnosti rekuperace. S účinným ZVT není důvod se honit za extrémní účinností rekuperace, kdy je díky rekuperačnímu výměníku zvýšena tlaková ztráta přívodu, kterou musí pokrýt vyšší výkon a el. příkon ventilátoru. Účinnost rekuperace na úrovni 90% se jeví jako odpovídající. Energetický přínos predehřevu ZVT sice není v zimním období velký, u rodinného domu se pohybuje na cca 0,3 – 0,6 kWh/den. Pro ochranu rekuperačního výměníku před zámrazem a pro snížení ztrát prochlazováním přívodního potrubí k jednotce díky vyšší teplotě přiváděného vzduchu na vstupu do objektu je přínos nepopíratelný. V každém případě se vždy vyplatí zvážit pořizovací náklady a porovnat s výkonem a očekáváním.

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

V EPD Rychnov jsou instalována dvě čidla na zaznamenávání koncentrací CO₂. Jedno je pod stropem v obývacím pokoji, druhé v centrálním přívodu vnitřního cirkulačního vzduchu do jednotky, zaznamenávající průměr ze všech místností. Pro koncentraci CO₂ existují různé třídy. Často se mluví o hodnotě 1000 p.p.m, jako o max. koncentraci, při jejímž překročení, s trochou nadsázky, již člověk nemůže existovat. Tento parametr je přejímám ze zahraniční literatury a stalo se z něj další téměř dog-

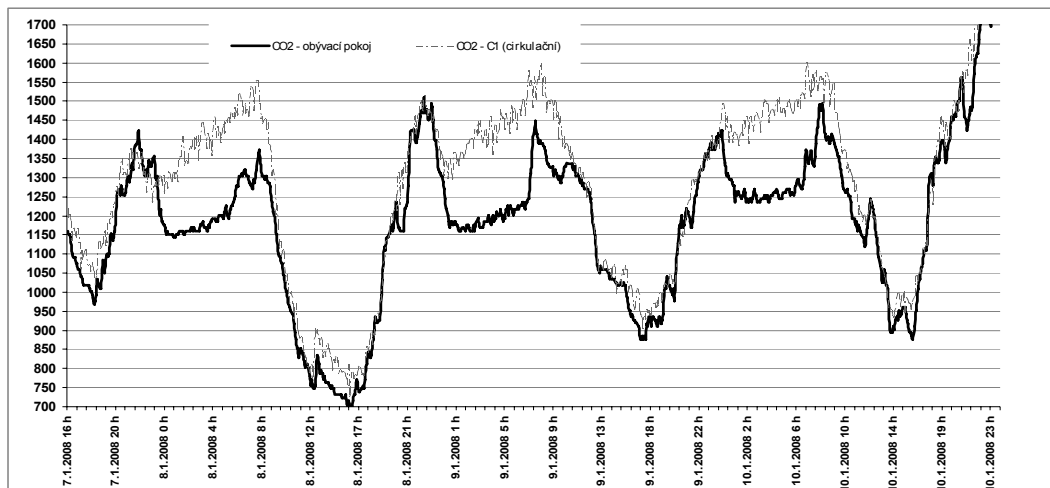
ma, o kterém se prostě nediskutuje. Samozřejmě že není technický problém zajistit nepřekročení této koncentrace, a to větráním. Je potřeba si uvědomit, že kolegové v Dánsku mají vyšší teplotu v zimním období a hlavně, díky blízkosti moře mají vyšší obsah vlhkosti ve venkovním vzduchu. Česká republika je již ovlivňována vnitrozemským podnebím, které směrem na východ dominuje. Kromě nižší teploty je zde i sušší vzduch v porovnání s přímořskými státy. Větráním se nahrazuje vnitřní vzduch, bohatý na vodní páry vzduchem venkovním. Je lepší se zaměřit na příčiny, nikoliv pracně a složitě napravovat následky. Proto je nutné větrat s ohledem na uživatele, nikoliv na předpisy pro vnitřní mikroklima, které mimochodem v legislativě ČR žádné neexistují!!!! Sice nezajišťujeme větrání téměř žádné školní budovy, ale při realizaci EPD se odborníci nemohou dohodnout, jakou intenzitou výměny vzduchu vlastně větrat. Padají názory, že výměna vzduchu by měla být min. $n=1 \text{ h}^{-1}$, umírněnější kolegové pak hovoří jako o minimu výměny $n= 0,5 \text{ h}^{-1}$. Kde jsou ale lidé? Je možné v době, kdy dům není obsazen nevětrat a naopak, v době přítomnosti osob větrat větší intenzitou výměny?. Proč nevyužít kapacitu obestavěného prostoru?

I vzduchotěsnou obálkou objektu do objektu proudí určité množství vzduchu. Také se otevírají vchodové dveře. Na základě měření vzduchotěsnosti EPD Rychnov ($n_{50}=0,88 \text{ n}^{-1}$) jsme dle ČSN spočítali průměrné množství vzduchu, přiváděné infiltrací - cca $11 \text{ m}^3/\text{hod}$. Dle průměrného obsazení osobami (4 osoby, každá 12 hodin = 48 pobyto hodin / den), doby využívání soc. zařízení jsme nastavili výkony větrání, doběhy po vypnutí atd.

Tabulka dimenzování množství odsávacího vzduchu (standardní doporučení):	
koupelna	60 m ³ /hod
WC přízemí + zádveří	50 m ³ /hod
kuchyně	60 m ³ /hod

Dle měření pak vychází \emptyset intenzita výměny díky VZT systému na cca $33 \text{ m}^3/\text{hod}$, tedy v poměru k obestavěnému prostoru $n= 0,1 \text{ n}^{-1}$. Může se to zdát málo, je to ale jen zdání. Spolu s infiltrací jsme na cca $44 \text{ m}^3/\text{hod}$ – tedy $0,15 \text{ n}^{-1}$. Při průměrném stálém obsazení dvou osob $23 \text{ m}^3/\text{hod}$ /osobu. Díky cirkulačnímu topnému okruhu byl objekt v době, kdy nikdo doma nebyl, jen temperován vnitřním vzduchem a řízeně se nevětralo, kromě automatického periodického provětrání – 1xhod. 5 min. Stačilo to na snížení koncentrace CO_2 a předvětrání objektu. V době, kdy byl objekt obsazen pak díky využívání WC, koupelen a kuchyně byl VZT systém nárazově zapínán na max. výkon větrání – tedy výkon $170 \text{ m}^3/\text{hod}$. Pro čtyři osoby komfortní hodnota. V praxi to znamenalo, že v době vaření klesala standardně koncentrace v obývacím pokoji (volně spojeno s kuchyní) na cca 800 ppm, ve večerních hodnotách pak v OP byla hodnota 1400 ppm. Nárazově 1700 ppm – lokální zátěž, kdy pod čidlem v OP v křesle někdo seděl. Opět s nadsázkou – dle zahraničních pramenů bychom již měli být dávno mimo smyslů.... Čidlo v centrálním potrubí ale hlásilo cca 1150 – 1300 ppm. V neobsazených místnostech, kde nebyla žádná zátěž, byla koncentrace nižší.

Po promíchání vzduchu pak byl do OP pokoje přiváděn vzduch o nižší koncentraci, a to v době, kdy nebyl přiváděn vzduch zvenčí – nevětralo. Využívalo se prostě kapacity objektu a předvětrání. Po odchodu z OP pak postupně, díky periodickému větrání došlo ke snížení koncentrace v OP na přijatelnou hodnotu ráno. Během dopoledne pak došlo k dalšímu poklesu v době, kdy dům nebyl obsazen, a to díky periodickému provětrání a vlivu infiltrace. Dle těchto zkušeností, ověřených čtyřletým provozem, doporučuji stanovovat intenzitu větrání dle počtu osob, a nebát se používat nižších intenzit návrhových výměn, než je nyní zvykem.

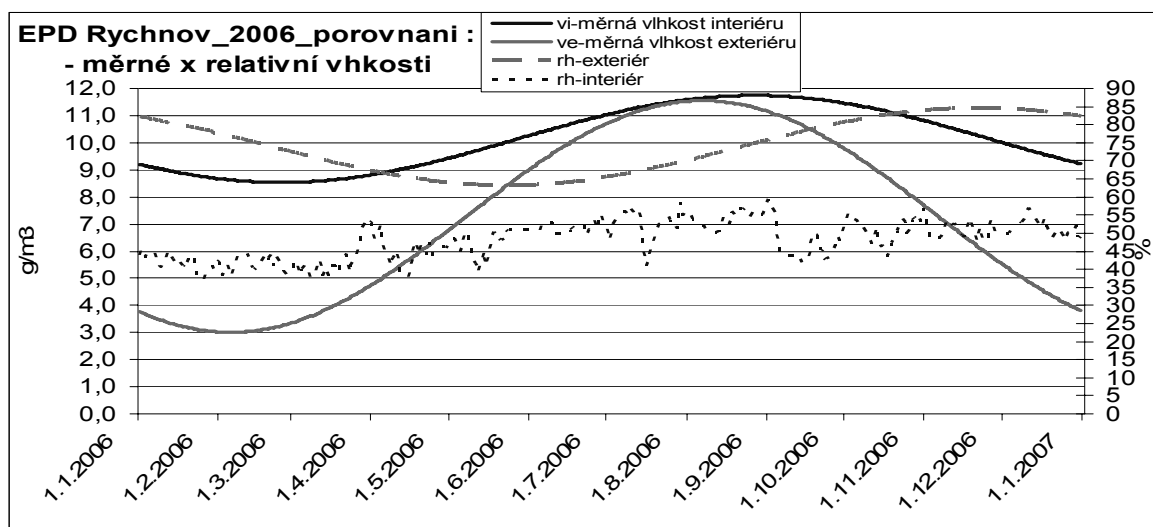


Ze záznamů je jasně poznat přesun obyvatel z OP do ložnic a srovnávání koncentrací v objektu atd. Při měření koncentrací v objektu bez VZT, pak jsme nenaměřili nic – max. rozsah čidel 2000 ppm byl moc nízký. Zde bylo použito čidlo s rozsahem 0-5000 ppm. Ale to nikomu nevádí, stejně jako ve školách a školkách. Tam není přece VZT systém, a okna větrání nezajistí, tak proč do této oblasti „šťourat“. A to přesto, že na tuto oblast předpisy na výměnu vzduchu v zásadě existují.

Podobné zkušenosti se snížením „požadované normové výměny vzduchu“ jsou i jinde. V Rakousku je výstavní hala, která se větrá s výměnou nižší cca 7x proti požadavku předpisů. Pouze využívá velkého prostoru jako zásobníku vzduchu. Než se celá hala „vydýchá“, výstavní den končí. Systém VZT přes den napomáhá zpomalení nárůstu koncentrací, přes noc halu předvětrá. Majitel haly „musel podepsat a na sebe vzít riziko tohoto způsobu provozu, aby byl k dispozici viník v případě problémů, ale bez zhoršení komfortu pro návštěvníky ušetří nemalou částku na pořizovacích nákladech na menší VZT systém a také každoročně na provozních nákladech.

U RD EPD parametrů volbou teplovzdušné cirkulační jednotky můžeme temperovat, aniž bychom byly nuceni větrat. Tím je možné vyhnout se problémům s nízkou hodnotou rh. V EPD Rychnov samozřejmě měříme i tyto parametry (relativní i absolutní vlhkost). Záznamy o zalévání květin apod. jsme získali relativně přesné množství produkce vlhkosti z provozu domácnosti – cca 4,8 l/den. V literatuře uváděné hodnoty 11 – 14 l jsou dle mého názoru poněkud tendenční. Měřením EPD Rychnov jsme znali množství přiváděného vzduchu, i parametry venkovního prostředí (teplota, vlhkost = množství vody ve větracím vzduchu). Na následujícím obrázku je znázorněna

vazba relativní vlhkosti interiéru a exteriéru na měrnou vlhkost. Je patrné, že absolutní vlhkost byla shodná v krátkém úseku léta. Díky větrání s ohledem na předchozí popsané vazby se relativní vlhkost i v zimním období udržovala v interiéru ve velmi přijatelné úrovni cca 38 – 50 %. A to i bez dalších technických opatření.



Vraťme se ještě ke způsobu větrání během letošního léta. Samozřejmě, jakmile v 1/2 září 2008 klesly teploty i ke 2°C a přes den nepřekročily 10°C, okna jsme zavřely a zapnuly systém VZT. Zatažená obloha neumožnila pasivní zisky, přesto díky rekuperaci a vnitřním energetickým ziskům teplota interiéru neklesla pod 21,5°C. V objektech v Jablonci nad Nisou byla zahájena topná sezóna 9.9.2008. V EPD Rychnov předpokládáme zahájení temperování někdy od 1 1/2 měsíce listopadu.

5. Závěr

Není možné bezhlavě přejímat informace. Zvláště u studií vnitřního mikroklimatu jsme svědky zveřejňování závěrů, popisující s laboratorní přesností možné problémy ve vazbě na koncentrace CO₂. Bohužel často bez posouzení vlivu dalších parametrů mikroklimatu, např. enormního snížení relativní vlhkosti. Koncentrace CO₂ nad 1000 ppm je pro některé odborníky absolutně nepředstavitelná a neakceptovatelná, aniž by měli možnost testovat reálný provoz. V jejich bytech bez nuceného větrání je koncentrace pravděpodobně vyšší. Ale zde se neměří, to není laboratoř. Připusťme proto v oblasti bydlení zvýšení někdy až dogmatických hranic tříd CO₂, sníží se energetická náročnost, požadavky na výkon a velikost vzduchotechnických systémů, zvýší se vnitřní relativní vlhkost. Větší pozornost si zaslouží i školy a školky, které jsou nyní často utěšňovány bez řešení větrání. Také v některých obchodních domech se moc nevětrá. Energie je sice drahá, bohužel se šetří na nepravých místech.

6. Podpora:

- (1) ing. Pavel Kopecký, ČVUT Praha, měření a zpracovávání údajů EPD Rychnov
- (2) ing. Štefan Krahulec, FELI v.o.s., konzultace, spolupráce
- (3) ing. Jan Jabor, ATREA s.r.o., konzultace, spolupráce

