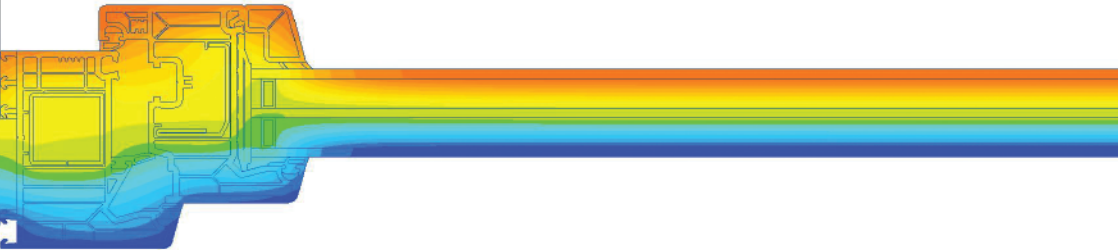


# **PASIVNÍ DOMY 2012** **PASÍVNE DOMY**



# PASIVNÍ DOMY 2012

Tento produkt vznikl v rámci projektu "Cesty na zkušenou" (reg. č. CZ.1.07 /2.4.00/31.0239), který je spolufinancován z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.

Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2012 – Program EFEKT



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ



Pasivní domy 2012 >

vydavatel >



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

ve spolupráci s >



< editor

Bc. Hana Typltová

< překlad z němčiny

Ing. Alena Povolná

vydání >

první vydání, 2012

Text publikace neprošel redakční ani jazykovou úpravou.

Kopírování jednotlivých příspěvků je možné jen se souhlasem autorů.

ISBN 978-80-904739-2-8



Úvodem o pasivních domech	I.
Architektura a urbanismus	II.
Rekonstrukce	III.
Konstrukce pro pasivní domy	IV.
Vnitřní prostředí	V.
Zkušenosti z realizace, kontrola kvality, měření spotřeby	VI.
Poznámky	VII.



# OBSAH

## I. ÚVODEM O PASIVNÍCH DOMECH

<b>Kvalitní budovy jako společenský problém</b>	14
Jan Tywoniak, Fakulta stavební ČVUT v Praze	
<b>ČKA a její vztah k udržitelné architektuře a urbanismu</b>	24
Ing. arch. Josef Panna, předseda ČKA	
<b>Tschechische Architektenkammer und ihre Beziehung zu der nachhaltigen Architektur und zu dem Urbanismus</b>	26
Josef Panna, Präsident, Tschechische Architektenkammer	
<b>Energeticky úsporné domy v procesu vzdělávání</b>	28
Josef Chybík, Fakulta architektury VUT v Brně	
<b>Informace pro stavební úřady</b>	34
Ing. arch. Josef Smola, Projektový a inženýrský ateliér Ing. Jiří Šála, CSc., MODI	
<b>Od pionýrských počínů k novému standardu</b>	66
Ing. Jan Řežáb, JRD s.r.o.,	
<b>Přínos pasivních staveb v kontextu reálné energetické spotřeby budov v ČR</b>	73
Pavel Šmelhaus, Atelier ARS	
<b>Ekonomická výhodnost pasivních domů</b>	84
Ing. Jan Koloděj, Ing. Petr Filip, Miloš Komňacký, DiS., CHYTRÝ DŮM s.r.o.	



<b>Ökonomische Vorteile der Passivhäuser</b>	95
Ing. Jan Koloděj, Ing. Petr Filip, Miloš Komňacký, DiS., CHYTRÝ DŮM s.r.o.	
<b>II. ARCHITEKTURA A URBANISMUS</b>	
<b>Udržitelná architektura a urbanismus</b>	108
Autorka textu: Dominique Gauzin-Müller	
Přednáška: Arch. Dipl. Ing. Helmut Dietrich, Dietrich I Untertrifaller Architekten ZT GmbH	
<b>Nachhaltigkeit in Architektur und Städtebau</b>	119
Autorin des Textes: Dominique Gauzin-Müller	
Vortrag: Arch. Dipl.-Ing. Helmut Dietrich, Dietrich I Untertrifaller Architekten ZT GmbH	
<b>BUBENEČ GARDENS, Praha, luxusní bydlení v pasivním standardu</b>	130
Josef Smola a Michaela Václavská	
<b>První pasivní administrativní budova v České republice</b>	148
Ing. arch. Radim Václavík, ATOS-6, spol. s r.o. STAVEBNĚ PROJEKTOVÁ KANCELÁŘ	
<b>Od pasívneho domu k nulovému</b>	156
Ing. Igor Kuzma, ForDom s.r.o.	
<b>Pasivní kruhový dům z přírodních materiálů s minimální ekologickou stopou</b>	165
Ing. arch. Mojmír Hudec, ATELIÉR ELAM	
<b>Pasívna drevostavba pre každého</b>	173
Ing. Marián Prejsa, Createrra s.r.o.	
<b>Pasívny dom na mieru</b>	181
Henrich Pifko, H.P.design	

<b>Projekt energeticky pasivní bytové vily Pod Altánem a proces výstavby</b>	191
Akad. arch. Aleš Brotánek	
<b>Účast týmu ČVUT v soutěži Solar Decathlon 2013</b>	205
Michal Bureš, Katedra konstrukcí pozemních staveb ČVUT v Praze	
<b>III. REKONSTRUKCE</b>	
<b>Přestavba městského domu B14 na energeticky autonomní objekt, Wels (Horní Rakousko)</b>	210
Ing. Kateřina Mertenová, Ph.D.	
Ing. arch. Bc. Martin Augustin, Ph.D.	
Arch. Dipl.-Ing. Heinz Plöderl, PAUAT Architekten	
<b>Rekonstrukce školy do standardu pasivního domu za použití vakuových izolačních panelů</b>	218
Steffen Knoll, Björn Poppeler Porextherm Dämmstoffe GmbH	
<b>Sanierung einer Schule zum Passivhaus unter Verwendung von Vakuum Isolations Paneelen</b>	223
Steffen Knoll, Björn Poppeler Porextherm Dämmstoffe GmbH	
<b>27 pasivních bytů - Ekonomika a problémy při realizaci rekonstrukce</b>	228
Zdeněk Kaňa, Úsporné bydlení s.r.o. Dubňany, H.L.C. spol. s r.o. Hodonín	
<b>Otopný a větrací systém u rekonstrukce s faktorem 10</b>	232
Erwin Schwarzmüller DI, F+E Begleitung für Unternehmen (PH, NAWARO, OI3)	
<b>Heizung und Lüftung in einer Faktor 10 Sanierung</b>	238
Erwin Schwarzmüller DI, F+E Begleitung für Unternehmen (PH, NAWARO, OI3)	

<b>Forma a (re)konstrukce RD jako nástroj provozních úspor, urbanistické lokality v horských podmínkách 3D</b>	244
--	-----

Ing. arch. Karel Vlček, ARCHITEKTONICKÉ STUDIO K4 s.r.o.

<b>Modernizace řadového rodinného domu do energeticky pasivního standardu</b>	250
---	-----

Ing. arch. Filip Řehák

<b>Rekonstrukce fasády do pasivního standardu, systémy pro těsnost budovy v detailech</b>	256
---	-----

Ing. František Buráň, Ing. Miroslav Straka, CIUR a.s.

## **IV. KONSTRUKCE PRO PASIVNÍ DOMY**

<b>Vliv konstrukčního systému na pasivitu stavby</b>	264
--	-----

Ing. Rostislav Kubíček, Vize Ateliér, s.r.o.

<b>Dřevobetonové a další environmentálně efektivní konstrukce pro pasivní domy</b>	269
--	-----

Ing. Ctislav Fiala, Ph.D., Ing. Magdaléna Kynčlová, Ing. Martin Volf

<b>Předsazená montáž otvorových výplní a kvantifikace lineárního tepelného činitele různých způsobů řešení a různého umístění hranice tepelné vazby mezi dvěma konstrukcemi</b>	272
---	-----

Roman Šubrt, VŠTE

Pavína Charvátová, VŠTE

<b>Přínosy tepelných čerpadel v pasivních domech</b>	280
--	-----

Tomáš Matuška, Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní ČVUT v Praze

<b>Ohřev podloží letními (solárními) přebytky - krok k pasivnímu standardu při regeneraci budovy</b>	289
--	-----

Jan Hollan, AdMaS - Advanced Materials,

Structures and Technologies Centre of the Brno University of Technology

Yvonna Gaillyová, Ekologický institut Veronica

<b>Sezónní horizontální zásobník tepla v podloží pasivního rodinného domu</b>	295
Pavel Kopecký, ČVUT, Fakulta stavební, katedra konstrukcí pozemních staveb	
Petr Kramoliš, Projektant OZE	

## **V. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ**

<b>Pasivní chlazení administrativní budovy</b>	300
Miloš Lain, ČVUT v Praze, Fakulta Strojní, Ústav techniky prostředí	

## **VI. ZKUŠENOSTI Z REALIZACE, KONTROLA KVALITY, MĚŘENÍ SPOTŘEBY**

<b>Aktuální průběh stavby MŠ Slivenec</b>	312
Jiří Čech, AB atelier	

<b>Energie zabudovaná v pasivních domech</b>	320
Karel Srdečný, EkoWATT	

<b>Téměř nulový [ne]pasivní dům - první zkušenosti</b>	325
Ing. arch. Jaroslav Tachecí, studio JATA	

<b>Pasivní rodinný dům "Vějíř" - výpočty a skutečnost</b>	329
Ing. Rostislav Kubíček, Vize Ateliér, s.r.o.	

<b>Sledování energetických vlastností úsporných domů - byt v nízkoenergetickém domě</b>	333
Michal Bureš, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze	

## **VII. POZNÁMKY**



# I. ÚVODEM O PASIVNÍCH DOMECH

<b>Kvalitní budovy jako společenský problém</b>	14
Jan Tywoniak, Fakulta stavební ČVUT v Praze	
<b>ČKA a její vztah k udržitelné architektuře a urbanismu</b>	24
Ing. arch. Josef Panna, předseda ČKA	
<b>Tschechische Architektenkammer und ihre Beziehung zu der nachhaltigen Architektur und zu dem Urbanismus</b>	26
Josef Panna, Präsident, Tschechische Architektenkammer	
<b>Energeticky úsporné domy v procesu vzdělávání</b>	28
Josef Chybík, Fakulta architektury VUT v Brně	
<b>Informace pro stavební úřady</b>	34
Ing. arch. Josef Smola, Projektový a inženýrský ateliér Ing. Jiří Šála, CSc., MODI	
<b>Od pionýrských počínů k novému standardu</b>	66
Ing. Jan Řežáb, JRD s.r.o.,	
<b>Přínos pasivních staveb v kontextu reálné energetické spotřeby budov v ČR</b>	73
Pavel Šmelhaus, Atelier ARS	
<b>Ekonomická výhodnost pasivních domů</b>	84
Ing. Jan Koloděj, Ing. Petr Filip, Miloš Komňacký, DiS., CHYTRÝ DŮM s.r.o.	
<b>Ökonomische Vorteile der Passivhäuser</b>	95
Ing. Jan Koloděj, Ing. Petr Filip, Miloš Komňacký, DiS., CHYTRÝ DŮM s.r.o.	

# Kvalitní budovy jako společenský problém

Jan Tywoniak, Fakulta stavební ČVUT v Praze  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, Česká republika  
tywoniak@fsv.cvut.cz

---

## 1. Úvod

Navrhování kvalitních budov není problémem výlučně technickým, ale ve značné míře problémem společenským – jak budou nová řešení přijata, jak se podaří zpřísnit energetické požadavky, jak se nastaví motivující daňová zvýhodnění nebo dotační programy, pokud budou v nějaké míře potřebné.

Je zřejmé, že samotnou výstavbou pasivních a nulových domů nemůžeme zachránit životní prostředí, současně je ale zřejmé, že jde o nezanedbatelný a významný prostředek rozumnějšího zacházení s přírodními zdroji, který nemá prakticky žádné negativní důsledky. I když jsme na této cestě první kroky již urazili, potřebné zhodnocení dosavadních snah a rozhodující kus cesty jsou teprve před námi. Je mnoho možností, jak dále rozvíjet pasivní standard budov – od využívání osvědčených postupů a komponentů ve větším rozsahu, ověření pro jiné, typologické odlišné skupiny budov, přes korektní využití všech poznatků při energetické obnově budov, až po hledání opravdu nových řešení.

Pro úspěch všech takových aktivit se potřebujeme naučit lépe argumentovat i ve společenských souvislostech, do čehož patří i prosazování nových požadavků na budovy. Jinak hrozí, že ověřená a prokazatelně výhodná řešení budov nebudeme moci prosadit v praxi nebo že zůstanou jen specifickým řešením pro málo početnou klientelu. Je jen dobře, že je odborná komunita okolo pasivních domů aktivní i v diskusi o budoucích stavebně-energetických předpisech.

## 2. Nové požadavky na stavebně-energetické vlastnosti budov

### 2.1. Obecně

Evropská unie prostřednictvím směrnice EPBD II (1) formulovala obecný požadavek, aby každá země udělala kontrolu svých stavebně-energetických předpisů, co nejdříve je nastavila na tzv. nákladově optimální úroveň a připravila se na další zpřísnění k roku 2020 (téměř nulové domy).

Již delší dobu se i v ČR připravují podklady ke stanovení nových požadavků a pracuje se na nových legislativních dokumentech. Během projednávání se objevuje nepochopení, nechuť i snaha zájmových skupin prosadit velmi konzervativní postoj umožňující i v dalším období výstavbu budov nerespektujících ověřený stav poznání ani zájmy uživatelů.

## 2.2. Problém názvu

K nejtrapnějším výtkám patří zpochybňování označení „nulové domy“, které bulvárním způsobem míří mimo podstatu problému. Obdobně se také vůči ne zcela výstižnému názvu „pasivní“ před léty vymezovali někteří odborníci i laici. Označení mají vždy nutně jen smluvní charakter a v názvu nemůže nikdy být obsažena celá definice. Definice jsou uvedeny v národních dokumentech (vyhláškách a technických normách) a vyjádřeny ve fyzikálních jednotkách. Definice pasivních domů jsou dostatečně známé, definice nulových domů je uvedena např. v ČSN 73 0540, v informativní příloze. Velmi zjednodušeně řečeno, jedná se o budovu stavebně řešenou přibližně na úrovni pasivního domu s tím, že podíl obnovitelné energie pro provoz budovy je obvykle vyšší. Jedná se o bilanční nulu (z ročního období hodnocení potřeby energie a exportu obnovitelné energie), nikoliv o budovu soběstačnou. Ve stejné logice lze pak nastavit požadavky na budovy s téměř nulovou energetickou náročností, tedy jako budovy výše uvedenému požadavku velmi blízké. Konkrétní parametry musí být nastaveny tak, aby je mohla (závazně) splnit tvarově a funkčně běžná výstavba.

## 2.3. Zahraniční pohled

Přípravy na změny ve stavebně-energetických předpisech probíhají intenzivně i v dalších zemích. Podíváme-li se na přístup k popisu téměř nulových domů, je možné odpovědět 24 zemí v dotazníku (červen 2012) (2) shrnout takto:

Dvě země mají proceduru definic a hodnocení schválenou, ve většině zemí legislativní proces probíhá. Čtyři země teprve zahajují práce na potřebných studiích.

Všechny země zahrnují do energetického hodnocení povinné součásti podle (1), několik zemí přidává další aspekty do hodnocení. Téměř všechny země používají jako základní indikátor vyjádření v primární energii, téměř polovina zemí používá další doplňkové indikátory.

Požadavky na využití obnovitelných zdrojů energie v budově jsou zhruba ve třetině odpovědí vyjádřeny jako poměrné číslo vztažené k celkové energetické náročnosti, ve třetině odpovědí vyjádřeny jako minimální objem využití obnovitelných zdrojů v budově, ve třetině zemí



se takové kritérium nevyskytuje. (Pravděpodobně je využití obnovitelných zdrojů v těchto případech řešeno jinými předpisy jako naplnění směrnice EU o obnovitelných zdrojích energie.)

I.

Produkce obnovitelné energie (zejména fotovoltaika) je ve všech případech započítatelná, pokud je přímo na budově, téměř ve všech případech, pokud se odehrává na pozemku budovy, v polovině případů i v blízkém okolí. Zelené certifikáty (prokázání smluvního nákupu od výrobce energie garantovaně z obnovitelných zdrojů) chtějí využít pouze dvě země. Z diskuse vyplývá obava z rizika nekontrolovatelnosti a snadných změn v čase – taková skutečnost není nijak fyzicky vázána na hodnocenou budovu. Jen menší část zemí započítává do hodnocení export energie do veřejné sítě, jen menší část zemí (zčásti se překrývající s předchozími) limituje započítatelnost fotovoltaické produkce do výše vlastní potřeby budovy. V téměř všech zemích vychází definice a způsoby hodnocení z dosavadních přístupů, ve čtvrtině zemí se zdůrazňuje nový přístup z původního vycházející. Všechny země hodnotí jednotlivé budovy, třetina z nich připouští hodnocení pro skupinu budov najednou.

V téměř všech zemích vychází definice a způsoby hodnocení z dosavadních přístupů, ve čtvrtině zemí se zdůrazňuje nový přístup z původního vycházející. Pouze dvě země deklarují přístup zcela odlišný od dosavadního.

Na otázku, jaké předpokládají celkové zpřísnění požadavků v porovnání se současnou praxí, odpověděla jen necelá polovina zemí. Zpřísnění udávají v hodnotách od 20 do 75 %, průměrná hodnota je 47 %.

## 2.4. Vyhodnocení nákladového optima

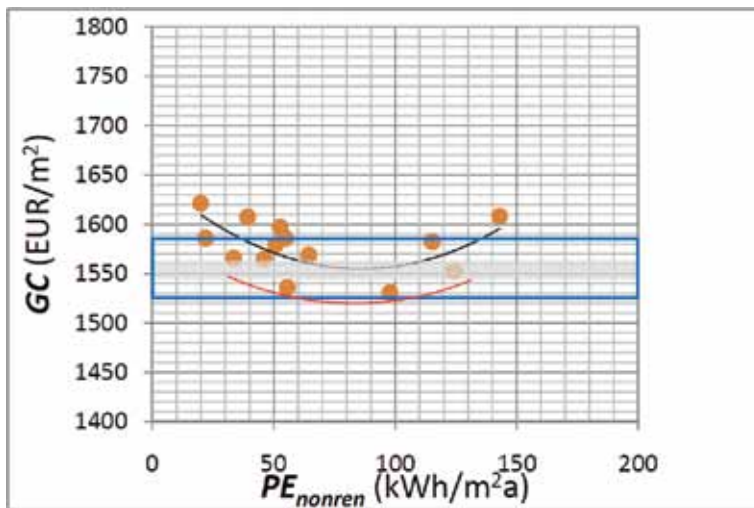
Zpřísnění na úroveň nákladového optima stanoveného ze součtu investičních a provozních nákladů (3) se požaduje v co nejkratším termínu. Otázkou je, jaké výpočty svým rozsahem, podrobností, zvolenými okrajovými podmínkami atd. mají být považovány za dostatečně reprezentativní, aby se při výrazné různorodosti budov a jejich užívání mohly výsledky použít ke korektnímu odvození nových požadavků. Kromě investičních nákladů, ne vždy jednoznačných, se navíc vždy jedná o prognózu na 30 let (obytné budovy) nebo 20 let (ostatní), kde se mezi předpoklady musí zařadit i očekávaný nárůst cen energie, inflace a další vlivy.

Ani stanovení minima součtových nákladů pro jediný modelový případ není zcela triviální, jak se ukazuje na obr. 1 (4). Horní křivka je automaticky generována (polynom druhého stupně) ze všech 14 variant zde uvažovaných. Minimum takové křivky je u hodnoty 1 555 EUR/m<sup>2</sup> součtových nákladů a 85 kWh/(m<sup>2</sup> a) v primární energii. Uvážíme-li jen dvouprocentní nejis-

totu ve stanovení nákladů, tedy interval 1 524 – 1 586 EUR/m<sup>2</sup> (v rámečku), můžeme konstatovat, že téměř všechny uvažované varianty mají stejné náklady.

Za minimum lze zde považovat 55 kWh/(m<sup>2</sup>a) při nákladech 1 535 eur/m<sup>2</sup>, jako bod ležící na dodatečně vykreslené spodní křivce. Je třeba si uvědomit, že poloha automaticky generované křivky a její minimum jsou závislé na rozložení jednotlivých bodů charakterizujících posuzované varianty, tedy ovlivněné základním výběrem.

Problém dále může nastat, když v souboru posuzovaných variant bude jedna s výrazně nižší hodnotou než všechny ostatní. To jistě není možné považovat za minimum pro odvození budoucích požadavků, protože požadavky musí i nadále umožňovat přiměřenou pestrost tvarového a konstrukčního řešení budov a volby technických systémů.



Obr. 1 Ilustrace k metodice hledání minima součtových nákladů – pro 14 variant těžce budovy s odlišnou kvalitou obálky a odlišnými technickými systémy. Osa x: Provozní primární energie (neobnovitelná část) na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, umělé osvětlení a pomocné energie). Osa y: Celkové náklady na pořízení energie za 30 let při uvažování 4% nárůstu cen energie ročně.

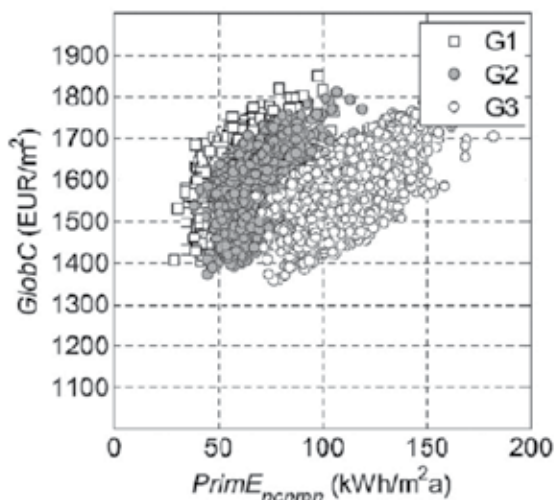
## 2.5. Využití stochastického modelu

Využití stochastického modelu pro chování skupiny budov může napomoci zpřesnění nastavení hodnot nákladového optima a překonat některé obtíže popsané výše. Na obr. 2 a obr. 3 jsou shr-

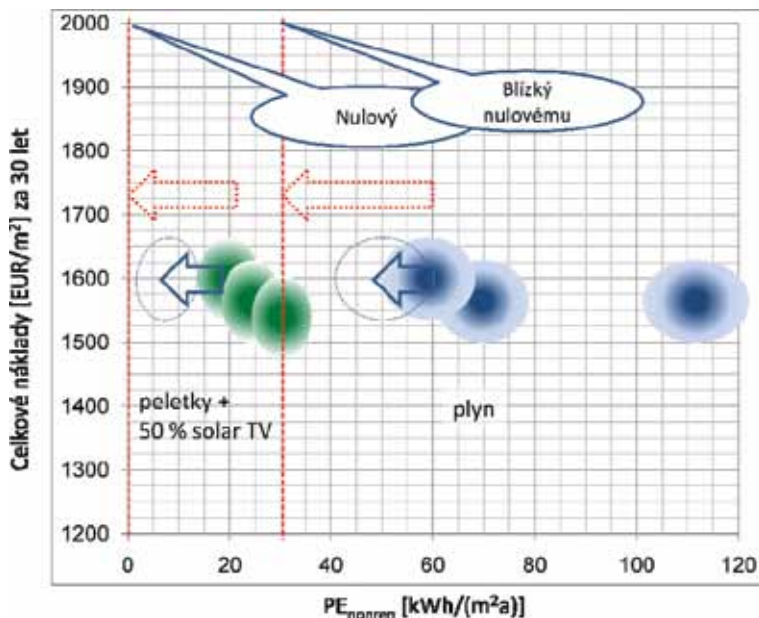
nuty výsledky automatizovaného opakovaného výpočtu energetické náročnosti a součtových nákladů velkých souborů budov jedné kategorie s náhodnými kombinacemi vstupních údajů.

I. Za pozornost stojí velké překrytí “oblaků” hodnot pro tři odlišné základní kvality stavebního řešení (dosud převažující - odpovídající aktuálním požadavkům normy, nízkoenergetické, pasivní). Potvrzuje se tím teze, někým odmítaná a jinými podporovaná, že od určité stavební kvality lépe je možné stavět budovy se shodnými náklady.

Se zvětšující se poptávkou po komponentech vhodných pro budovy se skutečně velmi nízkou energetickou náročností je možné obecně předpokládat pokles nákladů (tedy nulové vícenálady při vyšší kvalitě). To již dnes dokazují některé zahraniční realizace například bytových domů, pokud byl použit velmi racionální přístup k architektonickému a technickému řešení.



Obr. 2 Vztah mezi provozní primární energií (neobnovitelná část) a celkovými náklady obytné budovy (5) – souhrnně zobrazený výsledek pro 3.000 náhodných kombinací parametrů odpovídajících středně velké obytné budově (4 až 8 podlaží, objem 5 000 až 8 000 m<sup>3</sup>, s odlišnou mírou kompaktnosti, odlišnou obsazeností a dalšími proměnlivými parametry, jako je spotřeba teplé vody a energie na umělé osvětlení). Hodnoceny byly tři úrovně stavebního řešení (běžný – nejvíce vpravo, nízkoenergetický – převážně ve středu a pasivní standard – nejvíc vlevo, s velkou mírou překrytí bodů). Nezávisle na úrovni stavebního řešení byl rozptýl v investičních nákladech uvažován ve výši + 10 %. Provozní náklady na energie jsou uvažovány s nárůstem 4 % ročně. V uvedeném příkladu je budova vytápěna zemním plynem.



Obr. 3 Výsledky výpočtu podle stochastického modelu odpovídajícího obr. 2, zobrazené v zjednodušené formě pro dva druhy energetického zásobování (1. zemní plyn pro vytápění a přípravu teplé vody, 2. dřevěné peletky doplněné o solární termický systém pro přípravu teplé vody z 50 %). Tučné šipky naznačují možnosti dalšího snížení hodnot primární energie díky instalaci fotovoltaického systému na volné části ploché střechy (6).

### 3. Kriteria pro nulové budovy

Možný způsob hodnocení nulových budov a takové úrovni blízkých je popsán v informativní příloze ČSN 73 0540, v upravené podobě obsahující i představu o budovách nových generací ve studii (7). Princip by měl být převzat i do legislativních dokumentů, pro popis budovy na úrovni „téměř nulové“. Je zřejmé, že se musí uplatnit víceúrovňové hodnocení, počínající základní charakteristikou obálky budovy (průměrný součinitel prostupu tepla), končící přepočtenými hodnotami primární energie potřebné pro provoz budovy (vytápění, chlazení, příprava teplé vody, umělé osvětlení, pomocná energie pro energetické systémy). Metoda referenční budovy (mirror building) je zřejmě nejkorektnějším principem hodnocení kvality řešení i zde. Konkrétně navrhovaná budova se totiž porovnává podle jednoznačných pravidel s virtuální budovou o identickém tvaru a funkci, kde jsou použity prvky o referenčních vlastnostech (obálka, technické systémy). Podle toho se pak stanoví známá barevná stupnice a konkrétní budova se podle své kvality zatřídí.

## 4. Vzdělání

Kvalitní informace a schopnost je zpracovat patří k základním předpokladům pro akceptování nových řešení. K tomu je nezbytné vzdělání na všech úrovních. Klíčová je v naší oblasti komplexní výchova budoucích projektantů a realizátorů budov. Konkrétním příkladem v tomto směru je magisterský studijní program Budovy a prostředí na Fakultě stavební ČVUT v Praze od roku 2007. Je zde kladen důraz na integrované navrhování budov s pochopitelným soustředěním na zajištění vysoké kvality vnitřního prostředí s co nejnižší energetickou náročností a s využitím obnovitelných energetických zdrojů. Na tento program (s téměř stovkou studentů každoročně) navázal o tři roky později mezifakultní obor Inteligentní budovy (společně s Fakultou strojní a Fakultou elektrotechnickou) reflektující skutečnost, že budovy představují stále komplexnější problém, často přesahující hranice jednoho odborného zaměření.



Obr.4 Rekonstrukce a dostavba mateřské školy v Kostelci nad Černými Lesy – Ing. arch. P. Jón, diplomová práce na Katedře konstrukcí pozemních staveb, Fakulty stavební ČVUT v Praze, vedoucí práce Jan Tywoniak

## 5. Aplikovaný výzkum

Prostředkem pro pochopení souvislostí fyzikálních dějů v budově a jejích technických systémech je matematické modelování a experimentální výzkum. Stavebně-energetické koncepce budov, s důrazem na obvodové pláště, budou podstatnou částí výzkumných aktivit právě budovaného Univerzitního centra energeticky efektivních budov ČVUT (UCEEB). Výhodou by mělo být soustředění všech aktivit na jedno místo.

Špičkové technické vybavení s velkými klimatickým dvoukomorami (vzorky až 3 x 3 metry), laboratoří tepelně-vlhkostní, akustickou laboratoří, speciální laboratoří požární bezpečnosti (room corner test), laboratořemi pro energetické systémy budov, samostatnou laboratoří pro solární systémy, vybavením pro mechanické zkoušky atd. je velmi dobrým předpokladem pro získání nových poznatků v aplikovaném výzkumu zúročitelných ve vývoji nových principů a komponentů ve spolupráci s průmyslovými partnery. Ve velké hale a na přilehlých venkovních plochách je možné realizovat experimenty v měřítku 1:1.

Budova sama je navržena v nízkoenergetickém standardu (obr. 5) s komponenty obvyklými pro pasivní domy. S ohledem na specifický laboratorní provoz nebylo důsledné dosažení pasivního standardu podle obvyklé definice možné. Ve značné míře jsou použity dřevěné konstrukce (konstrukce zkušebních hal, obvodové pláště).



Obr. 5 Vizualizace budovy Výzkumného centra energeticky efektivních budov ČVUT. T.Šenberger a kolektiv, výstavba 2012-2013

## 6. Závěrem

I. Zúžení debaty o směřování výstavby na naplnění nebo odmítání nějakých nám vnučených předpisů pochopitelně není správné, ale děje se až příliš často. Zapomíná se přitom na skutečnost, že problém nezmizí, nebudeme-li o něm mluvit. Je nesprávné se domnívat, že si „vrchnost nevšimne“, nesplníme-li společně schválený požadavek nebo že se tím ČR opět nějak „prošvejkuje“. Pochopitelně, řada témat je aktuálních i bez existence předpisů – prostě proto, že vedou k celkově vyšší kvalitě budov pro její uživatele a k menšímu zatížení životního prostředí. Konkrétní vládní vyhláška nemusí v technických požadavcích označení typu nulová nebo téměř nulová budova vůbec používat, pokud by to bylo z jakýchkoliv důvodů nepřijatelné.

Stále platí, že ti, kteří navrhují a realizují pasivní domy, jsou na budoucí požadavky nulových budov dobře připraveni.

Největší bariérou v prosazování nových přístupů jsme pochopitelně my všichni dohromady – neumíme-li dobře vzájemně komunikovat, neumíme-li dobře formulovat, čeho je možné dosáhnout, ukázat úspěšné příklady řešení, přesvědčit a kontrolovat politiky, aby pracovali v zájmu společnosti. Blábolné argumentace, kterých jsme až příliš často svědky, obvykle kombinující neznalost s označováním skupinových zájmů za zájem veřejnosti, by měly být účinně korigovány kvalifikovaným tlakem poučené veřejnosti.

## Literatura

- (1) Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU O energetické náročnosti budov (přepřacování), červen 2010
- (2) <http://www.epbd-ca.eu>
- (3) EU: Commission delegated regulation of 16. 1. 2012 establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for building and building elements
- (4) Tywoniak, J.: Report on testing of cost optimum methodology. Study for Joint Research Centre EU, Institute for Energy, Ispra, 2011
- (5) Tywoniak, J. – Kopecký, P.: Passive and Zero-Energy Buildings: On the Way in the same Direction. In: Proceedings Passivhaustagung, Hannover 2012

(6) Tywoniak, J. a kolektiv: Nízkoenergetické domy 3. Nulové, pasivní a další. GRADA 2012

(7) Tywoniak, J. a kolektiv: Nová generace energeticky úsporných budov. Studie zpracovaná v rámci projektu 122 142 0506 MPO Efekt na ČVUT v Praze, 2011

(8) Tywoniak, J.: Pasivní a nulové budovy na společné cestě. In: Sborník konference Pasivné domy 2011, Bratislava

I.



# ČKA a její vztah k udržitelné architektuře a urbanismu

*Ing. arch. Josef Panna, předseda ČKA*

*Josefská 6/34, 118 00 Praha 1, Česká republika*

*Tel: +420 602 122 766, e-mail: panna@pxpstudio.com*

Termín udržitelnost má původ v ekologii, jako schopnost ekosystému udržet ekologické procesy a funkce i biologickou rozmanitost a produktivitu do budoucnosti. V současnosti se udržitelnost vztahuje na mnoho oblastí, nevyjímaje architekturu, urbanismus a oblast stavebnictví. A tato problematika může a musí být zkoumána na různých úrovních a z různých úhlů pohledu. Téměř 90 % domů bylo postaveno před rokem 1900, 40 % energií je spotřebováno v těchto budovách – a to je nejen pro architekty jistě příležitost a výzva.

Na začátku devadesátých let vstoupil i do našeho prostředí trend zateplování budov, následně značně urychlený dotacemi z programu Zelená úsporám a často zjednodušený na obalování domů tepelnou izolací bez ohledu na jejich vzhled, hodnotu a architektonické řešení. Bohužel zdá se, že udržitelnost ve stavebnictví není veřejností dostatečně vnímána jako problém architektonický, mnohdy jsou podceňována i témata inženýrská.

Architekti se svým holistickým pohledem na řešení úkolů zařazují, snad i vlivem tlaku okolí, mezi své priority úspory a udržitelný rozvoj. A Česká komora architektů se snaží zprostředkovat kvalitní řešení a návody hodné následování. Snaží se vzděláváním korigovat mýty a předsudky i uvnitř své členské základny.

Jedním s výsledků tohoto snažení na poli ČKA je i vznik manuálu o energeticky úsporné architektuře, který se snažil v pěti oddílech vybrané problematiky upozornit na rizika obvyklých řešení a rovněž nabídnout na konkrétních příkladech, ať z domova či zahraničí, náměty a příklady hodné následování. Široký tým autorů manuálu se při zpracování snažil zaměřit na různé aspekty pohledu na energetické úspory pro architektonickou tvorbu. Manuál se následně představil na konferenci Architekti a zelená úsporám, která vzbudila ohlas nejen mezi autorizovanými architekty.

Na konci roku 2011 se Česká komora architektů stala jedním z partnerů nadnárodního projektu CEC5 - "Demonstrace energetické účinnosti a využití obnovitelných zdrojů energie ve veřejných budovách". Projekt CEC5 se zaměřuje na provádění společného postupu certifikace staveb podporujících obnovitelné zdroje energie a energetickou účinnost ve veřejných budovách. Cílem je

vytvořit model pro veřejné budovy a zvýšit poptávku po stavbách s nulovou spotřebou energie. V rámci projektu se stala ČKA odpovědnou za pátý pracovní balíček – za implementaci a šíření konkrétních postupů mezi projektanty.

Nutno říci, že s přibývajícím komplikovaností prostředí, které nás obklopuje, se mění i pohled veřejnosti a vyvstávají otázky jak postupovat dále. Dovolím si v tomto místě použít slova kolegy Petra Všeťky *„Mohou-li architekti v konkurenci stavebních inženýrů a především rutinálních postupů dodavatelů zaužívaných systémů něco nabídnout, pak je to zkušenost s komplexním pohledem na zadání, s individuálním přístupem ke klientovi i k budově, s kritickým smyslem pro pomíjivost trendů a smyslem pro kontext, míru, kulturu prostředí“*.

# Tschechische Architektenkammer und ihre Beziehung zu der nachhaltigen Architektur und zu dem Urbanismus

I.

*Josef Panna, Präsident, Tschechische Architektenkammer*

*Josefska 6/34, 118 00 Prag 1, Tschechische Republik*

*Tel: +420 602 122 766, e-mail: panna@pxpstudio.com*

---

Der Begriff Nachhaltigkeit hat den Ursprung in der Ökologie, es ist die Fähigkeit des Ökosystems ökologische Prozesse und Funktionen und auch die biologische Vielfalt und Produktivität für die Zukunft aufrecht zu halten. In der Gegenwart bezieht sich DIE NACHHALTIGKEIT auf mehrere Bereiche, neben anderem auch auf die Architektur, den Urbanismus und auf den Bereich des Bauwesens. Und diese Problematik kann und muss auf unterschiedlichen Ebenen und unter unterschiedlichen Blickwinkeln untersucht werden. Fast 90 % der Häuser wurden vor 1900 gebaut, 40 % der Energie wird in diesen Gebäuden verbraucht – und das ist nicht nur für Architekten eine Herausforderung.

Am Anfang der neunziger Jahre ist auch bei uns die Tendenz der Gebäudeisolierung eingetreten, es folgte eine Beschleunigung dieser Trends durch die Zuschüsse aus dem Programm Grün für die Ersparnisse /ein Programm des Umweltministeriums. Der Trend wird oft vereinfacht als eine Haus-Verhüllung mit dem Isoliermaterial ohne Rücksicht auf das Aussehen, Wert und die architektonische Lösung gesehen. Leider scheint es, dass die Nachhaltigkeit im Bauwesen oft in der Öffentlichkeit nicht als ein architektonisches Problem aufgenommen wird, oft wird das Thema auch aus der Sicht der Ingenieure unterschätzt.

Architekten ordnen mit ihrem holistischen Blickwinkel auf die Aufgabelösungen, vielleicht auch unter dem Druck der Umgebung, unter ihre Prioritäten Ersparnisse und eine nachhaltige Entwicklung ein. Die Tschechische Architektenkammer versucht hochwertige Lösungen und Anweisungen zu vermitteln. Sie versucht durch Ausbildung Mythen und Vorurteile auch auf der Mitgliederbasis zu korrigieren.

Eins von den Ergebnissen dieses Strebens auf dem Gebiet der TAK/Tschechischen Architektenkammer/ ist auch das Entstehen des Handbuchs über die energiesparende Architektur. Die fünf Abschnitte der ausgewählten Problematik versuchen, auf die Risiken der gewöhnlichen Lösungen hinzuweisen und gleichzeitig auf konkreten Beispielen aus dem In- und Ausland Vorschläge anzubieten. Ein breites Autorenteam hat bei der Verarbeitung versucht,

sich auch auf unterschiedliche Aspekte des Blickwinkels auf die Energie-ersparnisse für die architektonische Schaffung zu orientieren.

Am Ende des Jahres 2011 ist die TAK einer der Partner des übernationalen Projektes CEC5 - Vorführung der Energie-Effektivität und des Ausnützens der erneubaren Energiequellen in den öffentlichen Gebäuden geworden. Das Projekt CEC5 orientiert sich auf das gemeinsame Vorgehen bei der Zertifikation von Gebäuden, die die erneubare Quellen und die Energie-Effektivität in den öffentlichen Gebäuden unterstützen. Das Ziel ist ein Modell für öffentliche Gebäude zu bilden und die Nachfrage nach Gebäuden mit dem Nullenergieverbrauch zu erhöhen. In dem Rahmen des Projektes ist die TAK für das fünfte Arbeitspäckchen verantwortlich – für die Implementation und Verbreitung der konkreten Vorgehensweisen unter den Architekten.

Es ist nötig zu erwähnen, dass mit der wachsenden Kompliziertheit der Umgebung ändert sich auch der Blickwinkel der Öffentlichkeit und es entstehen Fragen, wie man vorgehen soll. Ich erlaube mir an dieser Stelle Worte des Kollegen Peter Všeťečka zu benutzen: *Wenn Architekten in der Konkurrenz mit den Bauingenieuren und vor allem mit dem Routine-Vorgehen der Lieferanten der gewöhnlichen Systeme etwas anbieten können, dann ist das die Erfahrung mit der komplexen Hinsicht auf die Aufgabe, mit dem individuellen Zugang sowohl zu dem Kunden als auch zu dem Gebäude, mit dem kritischen Sinn für die Vergänglichkeit der Trends und mit dem Gefühl für Kontext, Maß, Umgebungskultur.*

# Energeticky úsporné domy v procesu vzdělávání

Josef Chybík, Fakulta architektury VUT v Brně

Pořičí 5, 639 00 Brno, Česká republika

Tel: +420 541 146 601, e-mail: chybik@fa.vutbr.cz

---

## Úvod

Téměř na všech českých vysokých školách je v duchu boloňského procesu výuka strukturovaná do tří studijních programů – bakalářského, magisterského a doktorského. Na Fakultě architektury Vysokého učení technického v Brně má každý z nich odlišnou náplň a také různé cíle. (1)

Cílem studia v bakalářském studijním programu (BSP) je výchova univerzálního odborníka v oblasti architektury. Bakalář je připravován pro činnosti v architektonicko-stavebních kancelářích a dalších institucích pro výstavbu a architekturu. Je schopen řešit úlohy spojené s navrhováním obytných, občanských a výrobních staveb, včetně rekonstrukcí památek, a to od širších vazeb až po technický detail.

Výuka v magisterském studijním programu (MSP) je zaměřena ke vzdělávání architekta jako odborníka – tvůrčího pracovníka, který v celém komplexu své profese zvládne projekční a řídicí činnost v investiční výstavbě. Současně mu jeho kvalifikace umožní zapojení do orgánů státní správy. Důsledně je dbáno toho, aby získané poznatky vytvořily základní předpoklady k činnostem, které budou splňovat všechny atributy pro optimální tvorbu životního prostředí a zachování principů udržitelného rozvoje.

V doktorském studijním programu (DSP) jsou pěstovány a rozvíjeny schopnosti k vědecké práci. Architektura a urbanismus jsou zde nahlíženy přísným prizmatem vědecké disciplíny. Student DSP je připravován na dráhu vědeckého a univerzitního pracovníka.

V těchto studijních programech je dbáno na vztah k hodnotám slučitelných se zdravým životním stylem a tvorbou životního prostředí. Od nich nelze odtrhnout vztahy na ekonomickou základnu a environmentální vazby. V nich své místo nacházejí:

- neobnovitelné zdroje energie,
- zátěž životního prostředí skleníkovými plyny,

- potřeba nových energetických zdrojů na zajištění zdravého života,
- vnímání architektonického díla jako spotřebitele surovin a energetických zdrojů.

Téma je známé více jak dvě stě let. Již na počátku 19. století se britský amatérský meteorolog Luke Howard (1771–1864) zabýval vlivem tepelného zatížení působícího na přírodu. Při sledování, která prováděl v Londýně, zjistil, že hmoty jako jsou beton, zdicí materiál nebo asfalt absorbují více tepla než zeleň, kterou na původních místech nahradily. Hovořil tehdy o městských tepelných ostrovech.

A právě urbanista a architekt se může stát rozhodujícím článkem, který by měl svými profesními činnostmi přispět ke snížení současné energetické zátěže. Je to principiální především v současnosti, neboť je známo, že v zemích Evropské unie připadá na budovy přibližně 40 % z celkové spotřeby energie.

## 1. Výuka na FA VUT v Brně

V poměrně komplikované skladbě předmětů, které studenti FA VUT v Brně musí absolvovat, má své místo také teoreticky zdůvodněné navrhování. Jeho nezbytnou součástí jsou poznatky o energetické kvalitě díla a jeho vlivu na prostředí.

### 1.1. Studium a energie

V energeticky úsporných domech sehrávají vážnou roli obnovitelné zdroje tepla. Proto se studenti ve svých návrzích koncentrují na fenomén přímé dostupnosti slunečního záření, které je základním předpokladem pro navrhování pasivních, nulových a především aktivních forem energeticky úsporných domů. Přitom sledují urbanistické podmínky, které umožňují optimální způsob insolace. S tím souvisí studium vlivů, které mohou nežádoucím způsobem budovy stínit. V architektonických návrzích zohledňují, že jedním z klíčových prvků je optimální vztah plochy A, kterou dochází k tepelným ztrátám a objemu, prezentovaném jako faktor tvaru A/V. Zásadní je orientace budovy ke světovým stranám a velikost transparentních ploch, což se výrazně propisuje do architektonického výrazu. Na to navazuje optimalizace při vytváření dispozice a volba materiálů, což je stěžejní fází architektonického návrhu.

Výuka energeticky úsporných domů je na FA VUT v Brně zavedena ve všech studijních programech. V BSP vstupuje ve čtvrtém semestru do výuky předmětu Pozemní stavitelství. Zde se studenti v přednáškách a cvičeních seznamují s principy energeticky úsporného domu. Zároveň

jsou vedeni k tomu, aby takovýto návrh chápali jako směr budoucího vývoje a v nadcházejících obdobích naprosto standardní trend, který již jako čerství absolventi budou v každodenní praxi běžně používat. Na takto koncipované architektonické dílo potom budou moci také nahlížet jako na environmentálně ohleduplný článek životního prostředí, který se vyznačuje minimální potřebou primární energie, s potlačenou emisí skleníkových plynů, omezeným potenciálem zvyšování globálních teplot a nízkým indikátorem acidifikace životního prostředí. K tomu se řadí také téma intenzivnějšího využívání obnovitelných zdrojů energie. Jsou to postuláty hybné síly pro efektivní a vlídnou formu stavění, které plynou z požadavků směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropské unie 2010/31/EU o energetické náročnosti budov EPBD II. (2)

Komplexní projektové řešení studenti absolvují v předmětu Stavební projekt. Zde je jejich úkolem samostatně zpracovat plány v úrovni dokumentace pro provedení stavby. Kromě obligátních příloh jako jsou situace, půdorysy, řezy a pohledy konstruují systémový detail, který ve velkém měřítku zobrazí budovu od základové spáry po atiku nebo hřeben. Zde se stavebně fyzikálním hodnocením ověřuje druh použitých materiálů, jejich vhodnost pro řešení budovy, také zajištění vzduchotěsnosti prostřednictvím vzduchotěsné roviny, posouzení míst s větším tepelným tokem jako jsou tepelné vazby nebo tepelné mosty. Simulačními výpočty teplotních polí studenti ověřují míru a správnost dimenzí izolačních vrstev. Zároveň výpočtově pomocí energetického štítku hodnotí energetickou kvalitu domu.

Energetické hodnocení vstoupilo i do závěrečných prací ve studiu v BSP. V akademickém roce 2011/12 takto všichni studenti poprvé hodnotili budovy ve svých bakalářských pracích. Prostředníkem se jim k tomu stal energetický štítek budovy. To u mladých architektů prohloubilo vědomí důležitosti energetické stránky návrhu.

Ve výuce jsou také pořádány exkurze. Studenti při nich konfrontují teoretické poznatky s praxí. Využívá se k tomu skutečnost, že v Brně nebo jeho okolí jsou objekty, které lze průběžně navštěvovat. Příkladem jsou rozestavěný pasivní dům nadace Partnerství na Údolní ulici nebo pasivní bytový dům pro seniory v Modřicích.

## 1.2. Dosažené výsledky

Vedle výsledků dosažených ve školních pracích se značná část studentů FA VUT v Brně věnuje architektonickým soutěžím. Již v předchozích letech bylo zaznamenáno několik významných úspěchů. Např. v prvních dvou ročnících se laureáty veřejné architektonické soutěže Dřevěný dům, staly projekty z brněnské Fakulty architektury. Úspěšná byla také účast v soutěži orga-

nizované firmou Rockwool. Studenti i jejich učitelé v nich zaujali kvalitními architektonickými návrhy doplněnými o promyšlený energetický koncept a dotažený stavební detail.

Z poslední doby (rok 2012) můžeme připomenout soutěž Active House Award CZ/SK pořádanou společností Velux. Mezinárodní porota zasedala v kvalitním obsazení: předsedou byl Juri Toy (A), členy Klára Bukolská (CZ), Lone Feifer (DK), Petr Suske (CZ) a Lubomír Závodný (SK). Pět ze sedmi oceněných prací připadlo studentům z FA VUT v Brně. Přitom Eva Bírová a Juraj Kačenka zvítězili v kategorii rekonstrukcí, obr. 1. Jednalo se o revitalizaci panelového domu postaveného v 80. letech v Trenčíně. Porota ocenila estetickou hodnotu, vyvážené hmotové řešení, využití dešťové vody, koncepci zohledňující sluneční záření jako zdroje energie pro ohřev vody a možnost rekuperace tepla. Pozornosti neunikly ani principy opakovatelnosti, prefabrikace a zakomponování zeleně do řešení fasád. Zabránění přehřívání domu bylo řešeno posuvnými stínícími prvky umístěnými na osluněných fasádách.(3) Po rekonstrukci se ve 2. a 3. podlaží nacházely menší byty o výměře 67-97 m<sup>2</sup>. Ve vyšších podlažích byty o výměře 160 m<sup>2</sup> a v nejvyšších dvou podlažích mezonetové byty s podlahovou plochou 138-172 m<sup>2</sup>. (4)



Obr. 1 Rekonstrukce panelového domu, který získal 1. cenu v soutěži Active House Award CZ/SK, Autoři: Eva Bírová a Juraj Kačenka z FA VUT v Brně



### 1.3. Doktorský studijní program

V úrovni DSP se podařilo vytvořit dvě nadprůměrné práce, obě svázané s tématem energetické úspornosti. V roce 2008 Barbora Krejčová obhájila disertační práci Interakce aktivních a pasivních prvků solární energetiky s architekturou.(5) Na ni v roce 2012 navázal David Křeček, který zpracoval téma Vliv architektonického konceptu na spotřebu tepla na vytápění energeticky úsporných budov pro bydlení.(6) Obě práce získaly ocenění v rámci studentské soutěže „Stavba jihomoravského kraje“.

## 2. Cesty na zkušenou

V roce 2012 v rámci operačního programu Vzdělání pro konkurenceschopnost získalo brněnské Centrum pasivního domu podporu pro projekt „Cesty na zkušenou“. Jeho partnery se staly Mendelova univerzita v Brně, Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě, Vysoké učení technické v Brně a Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola ve Volyni. VUT v Brně zastupují Fakulta architektura a Fakulta stavební. Cílem projektu je posílení vztahů mezi institucemi terciárního vzdělávání a subjekty soukromého a neziskového sektoru v oblasti energeticky úsporného stavění, a to prostřednictvím podpory spolupráce, interaktivních akcí, kam patří odborné konference, semináře a diskusní fóra a další vzdělávání. (7) Během dvou let, kdy projekt poběží, se do něj zapojí přes dva tisíce osob, a to nejen z řad studentů, ale i jejich pedagogů, výzkumných pracovníků a dalších expertů a odborníků z praxe. FA VUT v Brně od projektu očekává větší sepětí s reálnými architektonickými pracemi.

## Závěr

Energetická úspornost je neopominutelným tématem při vzdělávání budoucích architektů, stavebních inženýrů a také techniků činných v investiční výstavbě. Na FA VUT v Brně se na něm podílí komplex disciplín. Vedle vzpomenutého Pozemního stavitelství také další předměty. Především Stavební fyzika a Technické zařízení budov. V praktické rovině potom Ateliér architektonické tvorby a Stavební projekt. Na solidních základech poskytnutých již při studiích mohou vyrůst kvalifikovaní a vzdělaní odborníci.

## Literatura

- (1) Studijní programy 2012/13 na Fakultě architektury VUT v Brně. Brno, 2012, 84 s.
- (2) Směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropské unie 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, ze dne 19. května 2010.
- (3) <http://www.velux.cz/odbornici/architekti-a-projektanti/souteze/active-house-award>
- (4) BÍROVÁ, E. – KAČENKA, J.: Rekonstrukce panelového domu. Technická zpráva k soutěžnímu projektu. Brno, 2012.
- (5) KREJČOVÁ, B.: Interakce prvků solární energeticky a architektury. Disertační práce. Brno, FA VUT v Brně, 2007, 130 s.
- (6) KŘEČEK, D.: Vliv architektonického konceptu na potřebu tepla na vytápění energeticky úsporných budov pro bydlení. Disertační práce. Brno, FA VUT v Brně, 2011, 190 s.
- (7) <http://www.pasivnidomy.cz/studenti-stavebnich-oboru-vyrazi-na-zkusenou.html>

# Informace pro stavební úřady

*Ing. arch. Josef Smola, Projektový a inženýrský ateliér  
Sládkovičova 1306/11, 142 00 Praha 4, Česká republika  
Tel: +420 602 534 383, e-mail: kadet.kadet@volny.cz*

*Ing. Jiří Šála, CSc., MODI  
Nitranská 19, 130 00 Praha 3, Česká republika  
e-mail: salamodi@volny.cz*

---

## Úvodem

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (tzv. EPBD II), ze dne 19. května 2010, je implementovaná do českého právního řádu zákonem č. 318/2012 Sb. (dále také jen „zákon“), kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů (jeho poslední úplné znění před touto změnou viz zákon č. 61/2008 Sb.) a novou prováděcí vyhláškou č. XXX/2012 Sb., která nahradí vyhlášku č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov (dál jen „vyhláška“).

Zákon č. 318/2012 Sb. ze dne 19. července 2012 (přijetí zákona Parlamentem) byl po vrácení prezidentem republiky dne 9. srpna 2012 potvrzen setrváním na zákonu Poslaneckou sněmovnou 19. září 2012 podle jejího usnesení v č. 319/2012 Sb. Většina povinností podle tohoto zákona nabývá účinnosti dnem 1. ledna 2013. Lhůta na přípravu stavebnictví a veřejnosti k datu účinnosti zákona je tedy velmi krátká.

Změna má zásadní dopad do celé oblasti stavebnictví. Znamená přehodnocení stávajících znalostí a zkušeností vlastníků budov, stavebníků, projektantů, architektů, prováděcích firem a stavbyvedoucích, stavebních dozorů při individuální výstavbě, ale také autorských dozorů a technických dozorů stavebníka. Má rovněž dopad na činnost pracovníků stavebních úřadů, jimž je tato informace prioritně adresována.

Posláním této informace je seznámit zejména pracovníky stavebních úřadů se zásadními změnami, které nové právní předpisy pro výstavbu budov s velmi nízkou energetickou náročností přinášejí, a návazně na to s požadavky a principy návrhu energeticky vysoce úsporných budov.

# I. Základní pojmy pro energeticky nenáročné budovy

Základní pojmy jsou definovány v zákoně a vyhlášce:

## Energetická náročnost budovy (dále ENB)

„ENB je vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení.“ (§ 2 zákona, odst. 1, písm. f)

ENB charakterizují ukazatele ENB, a to:

- a) celková primární energie za rok,
- b) neobnovitelná primární energie za rok,
- c) celková dodaná energie za rok,
- d) dílčí dodaná energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok,
- e) průměrný součinitel prostupu tepla,
- f) součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
- g) účinnost technických systémů.

Plnění ENB se prokazuje porovnáním vyhláškou určeného souboru vypočtených ukazatelů ENB, jehož výčet se mění dle potřeby hodnocení, s požadovanými hodnotami ukazatelů energetické náročnosti referenční budovy (dále ENRB). Požadované hodnoty ukazatelů ENRB se vypočítají pro referenční budovu s referenčními hodnotami vlastností předepsanými v příloze 1 vyhlášky. Výpočtové postupy ke stanovení ENB a ENRB stanoví vyhláška (s navazujícími ČSN a TNI). ENB se dokládá pomocí průkazu energetické náročnosti budovy.

## Průkaz energetické náročnosti budovy

„Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) je dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy.“ (§ 2 zákona, odst. 1, písm. m)

Platí 10 let od data vyhotovení nebo do větší změny dokončené budovy, pro kterou byl zpra-

cován (§ 7a, odst. 4), až na výjimku musí být zpracován příslušným energetickým specialistou podle § 10 odst. 1 písm. b), musí být součástí dokumentace podle vyhl. č. 499/2006 Sb. při prokazování dodržení technických požadavků na stavby podle vyhl. č. 268/2009 Sb., musí být zpracován objektivně, pravdivě a úplně.

Skládá se obvykle ze dvou částí – z protokolu a z grafického vyjádření podle vzoru v příloze 4 vyhlášky a s klasifikací třídy ENB (vyhláška § 9 a příloha 2). Při dokládání proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie může navíc obsahovat energetický posudek o této skutečnosti (viz zákon § 7a, odst. 4, písm. c, § 9a).

Pro větší změny dokončených budov obsahuje doporučená opatření ke snížení ENB (zákon § 7, odst. 2, písm. c, vyhláška § 8 a příloha 4).

### **Celková energeticky vztažná plocha**

„Celková energeticky vztažná plocha EVP je vnější půdorysná plocha všech prostorů s upraveným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy.“ (§ 2 zákona, odst. 1, písm. r)

Tato plocha se užívá při rozhodování o rozsahu a době uplatnění povinností ohledně ENB ze zákona a ke stanovení měrných hodnot ukazatelů ENB. Nahrazuje dříve užívanou „celkovou podlahovou plochu“.

### **Větší změna dokončené budovy**

„Větší změnou dokončené budovy se rozumí změna dokončené budovy na více než 25 % obálky budovy. Obálkou budovy je přitom soubor všech teplosměných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu.“ (§ 2 zákona, odst. 1, písm. s, t)

### **Referenční budova**

„Referenční budova je výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stíněněji okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typem typického užívání a klimatických údajů jako hodnocená budova, avšak s referenčními

hodnotami vlastností budovy, jejich konstrukcí a technických systémů budovy.“ (§ 2 vyhlášky, dále v ČSN EN 15217)

Parametry a hodnoty referenční budovy jsou v příloze 1 vyhlášky stanovené tak, aby zajistily nákladově optimální úroveň ENB a prvků budov, vypočtenou pro předpokládaný ekonomický životní cyklus budovy nebo jejich prvků v souladu se srovnávacím metodickým rámcem podle přílohy III ve směrnici EPBD II a Nařízení komise k čl. 5 odst. 1 této směrnice, resp. na úrovni pro budovy s téměř nulovou spotřebou tepla.

Ostatní parametry a vlastnosti pro hodnocení ENB, pro které příloha 1 vyhlášky nestanoví referenční hodnoty, se uvažují s hodnotami shodně s hodnocenou budovou.

### **Nákladově optimální úroveň požadavků**

„Nákladově optimální úrovni požadavků se rozumí stanovené požadavky na ENB nebo jejich stavebních a technických prvků, která vede k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu.“ (§ 2 zákona, odst. 1, písm. v). Používá se ke stanovení požadovaných vlastností referenční budovou.

### **Budovy s téměř nulovou spotřebou energie**

„Budovou s téměř nulovou spotřebou energie se rozumí budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů.“ (§ 2 zákona, odst. 1, písm. w)

Jsou to budovy, k jejichž návrhu lze využít známé principy navrhování pasivních domů jak po stránce konstrukční, tak po stránce technických zařízení budov. Nákladově optimální volbou stavebně konstrukčního řešení (tj. neekonomičtějším způsobem, který nevyvolává vícenásledky) je snížena potřeba energií na minimum. Hodnoty téměř blízké nule je dosaženo vhodným poměrem obnovitelných zdrojů, umístěných na obálce budov či na vlastním pozemku, které saturují bilanci energetických potřeb budovy. Základem je komplexnost návrhu a vyvážený holistický přístup.

Budovy s velmi nízkou, popř. „jen“ nízkou, energetickou náročností se navrhují jako pasivní budovy, popř. lepší nízkenergetické budovy. Jejich definice uvádí ČSN 73 0540-2:2011, TNI 73 0329:2010 a TNI 73 0330:2010 v návaznosti na ČSN EN ISO 13790.



## Nízkoenergetické budovy

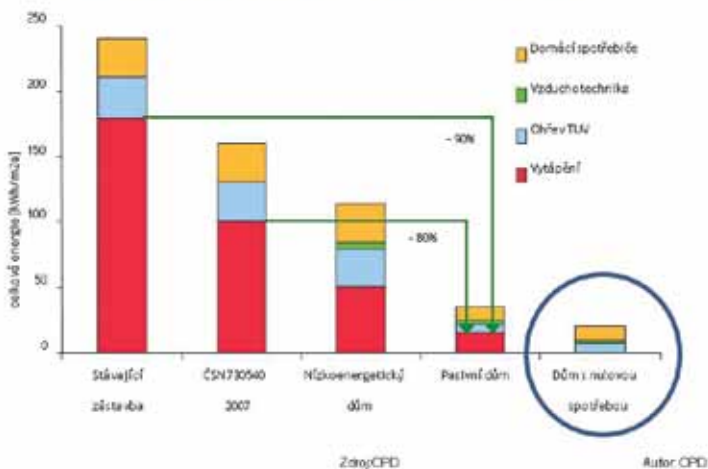
„Jsou charakterizovány nízkou potřebou tepla na vytápění. To je dosahováno zejména optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy. Za nízkoenergetickou budovu podle této normy se považuje budova, jejíž průměrný součinitel prostupu tepla nepřekračuje doporučenou hodnotu dle tabulky 5, a současně měrná potřeba tepla na vytápění stanovená v souladu s ČSN EN ISO13790, TNI 73 0329 a TNI 73 0330 nepřekračuje  $50 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ ...“

## Pasivní budovy

„Jsou charakterizovány minimální potřebou tepla na vytápění. Měrná potřeba tepla na vytápění nepřekračuje v případě rodinných domů  $20 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ , v případě ostatních staveb  $15 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ ... Povinné hodnocenou vlastností je celková průvzdušnost obálky podle ČSN EN 13829 a TNI 73 0329 a TNI 73 0330. Celková výměna vzduchu  $n_{50}$  při tlakovém spádu 50 Pa nesmí překročit hodnotu  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ ...“ Pro hodnocení a přepočty primární energie, faktor energetické přeměny a kombinované energetické systémy se použijí normové postupy.

*Název „pasivní“ domy je odvozen od faktu, že tepelné ztráty jsou pokryty pasivními solárními zisky, vnitřními tepelnými zisky z provozu zařízení budovy, metabolickým teplem osob a rekupe-  
rací. V tuzemských klimatických podmínkách je v zimním období zapotřebí ještě malý zdroj tepla.*

## POROVNÁNÍ POTŘEBY ENERGIE



## II. Právní předpisy pro výstavbu budov s velmi nízkou energetickou náročností

### 1. Nové budovy

Dokladování je při plnění ENB u nových budov odkazováno na „dotčený orgán podle § 13 zákona“, kterým je obvykle Státní energetická inspekce, pokud působnost stavebních úřadů v řízení nevykonávají Ministerstvo vnitra a Ministerstvo obrany – pak je dotčeným orgánem Ministerstvo průmyslu a obchodu.

Při podání žádosti o stavební povolení nebo ohlášení stavby je stavebník povinen doložit:

#### a) od 1.1.2013 u všech nových budov

- Kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu podle § 13) o splnění požadavků na ENB na nákladově optimální úrovni (zákon § 7 odst. 1 písm. a). Dotčený orgán se vyjadřuje k průkazu energetické náročnosti budovy (dále jen PENB). Požadavky jsou splněny, pokud neobnovitelná primární energie za rok, celková dodaná energie za rok a průměrný součinitel prostupu tepla nejsou vyšší než požadované hodnoty ukazatelů ENRB (vyhláška § 6 a § 3).
- PENB s posouzením technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie (zákon § 7 odst. 1 písm. d), v případě zdroje energie s instalovaným výkonem vyšším než 200 kW je prokazující součástí PENB energetický posudek (zákon § 9a odst. 1 písm. a, odst. 2 písm. a, vyhláška § 7).

#### b) od 1.1.2016 u nových budov, jejichž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci nebo subjekt řízený orgánem veřejné moci (dále jen „orgán veřejné moci“) a jejichž celková energeticky vztažná plocha (dále jen „EVP“) bude větší než 1500 m<sup>2</sup>

- Kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu podle § 13) o splnění požadavků na ENB s téměř nulovou spotřebou energie (zákon § 7 odst. 1 písm. b). Požadavky se prokazují ukazateli ENB jako v a).



### **c) od 1.1.2017 u nových budov, jejichž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci a jejichž EVP bude větší než 350 m<sup>2</sup>**

• Kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu podle § 13) o splnění požadavků na ENB s téměř nulovou spotřebou energie (zákon § 7 odst. 1 písm. b). Požadavky se prokazují ukazateli ENB jako v a).

### **d) od 1.1.2018 u nových budov, jejichž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci a jejichž EVP bude menší než 350 m<sup>2</sup> a všech ostatních nových budov s EVP větší než 1500 m<sup>2</sup>**

• Kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu podle § 13) o splnění požadavků na ENB s téměř nulovou spotřebou energie (zákon § 7 odst. 1 písm. b a c). Požadavky se prokazují ukazateli ENB jako v a).

### **e) od 1.1.2019 u všech nových budov, jejichž EVP bude větší než 350 m<sup>2</sup>**

• Kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu podle § 13) o splnění požadavků na ENB s téměř nulovou spotřebou energie (zákon § 7 odst. 1 písm. c). Požadavky se prokazují ukazateli ENB jako v a).

### **f) od 1.1.2020 u všech nových budov**

• Kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu podle § 13) o splnění požadavků na ENB s téměř nulovou spotřebou energie (zákon § 7 odst. 1 písm. c). Požadavky se prokazují ukazateli ENB jako v a).

## **2. Větší změny dokončených budov**

Při podání žádosti o stavební povolení nebo ohlášení stavby nebo před zahájením větší změny dokončené budovy, která nepodléhá stavebnímu povolení či ohlášení, jsou stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek povinni doložit prostřednictvím PENB od 1.1.2013 (zákon § 7, odst. 2):

**a) splnění požadavků na ENB na nákladově optimální úrovni pro budovu** (plněním ukazatelů ENB buď neobnovitelné primární energie za rok a průměrného součinitele prostupu tepla nebo celkové dodané energie za rok a průměrného součinitele prostupu tepla),

**nebo pro měněné stavební prvky obálky budovy** (plněním referenční hodnoty součinitele prostupu tepla měněného stavebního prvku obálky budovy podle přílohy 1, tab. 2), **nebo pro měněné technické systémy** (plněním referenční hodnoty účinnosti měněného technického systému podle přílohy 1, tab. 3),

**b) posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie**, v případě zdroje energie s instalovaným výkonem vyšším než 200 kW je prokazující součástí PENB energetický posudek (zákon § 9a odst. 1 písm. a, odst. 2 písm. a, vyhláška § 7),

**c) stanovení doporučených opatření pro snížení ENB** (vyhláška § 8)

### **3. Jiné než větší změny dokončených budov a větší změny dokončených budov dokladované měněnými stavebními prvky obálky budovy nebo technickými systémy**

Platí povinnost stavebníka, vlastníka budovy nebo společenství vlastníků jednotek plnit požadavky na ENB na měněné stavební prvky obálky budovy a technické systémy podle vyhlášky. Dokládá se kopii dokladů k měněným stavebním prvkům obálky budovy nebo měněným technickým systémům, které musí uchovávat 5 let. Alternativně mohou prokázat plnění požadavků na ENB pro celou budovu.

## **4. Výjimky**

Požadavky na ENB podle 1) až 4) nemusí být splněny:

- a) u budov s EVP menší než 50 m<sup>2</sup>,
- b) u budov, které jsou kulturní památkou nebo se nacházejí v památkové rezervaci nebo památkové zóně, pokud by splnění některých požadavků na ENB změnilo jejich charakter nebo vzhled nepřípustně vzhledem k zájmům státní památkové péče (doloží se závazným stanoviskem orgánu státní památkové péče),
- c) u budov navrhovaných a obvykle užívaných jako místa bohoslužeb a pro náboženské účely,
- d) u staveb pro rodinnou rekreaci,
- e) u průmyslových a výrobních provozů, dílenských provozoven a zemědělských budov

se spotřebou energie do 700 GJ za rok,

f) při větší změně dokončené budovy v případě, že stavebník, vlastník budovy, společenství vlastníků jednotek prokáže energetickým auditem, že to není technicky nebo ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely.

## 5. Další požadavky, které se nevztahují k činnosti stavebních úřadů

Týkají se tří oblastí, které spadají pod kontrolní a monitorovací činnost dotčeného orgánu podle § 13 zákona (obvykle SEI), kdy stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek jsou povinni:

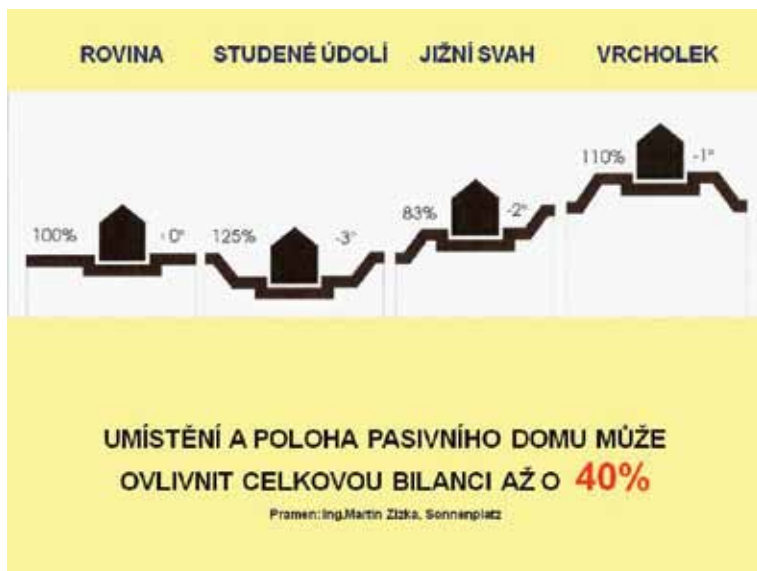
- a) zajistit zpracování PENB a jeho veřejné umístění v budově u budov užívaných orgánem veřejné moci (zákon § 7a, odst. 1 písm. b, e, vyhláška § 10),
- b) zajistit zpracování PENB při prodeji nebo pronájmu budovy nebo jejich ucelené části, předložit PENB (ověřenou kopii) zákazníkovi před podpisem smlouvy a při podpisu smlouvy jej předat (zákon § 7a, odst. 2, 3),
- c) zajistit zpracování PENB postupně pro všechny užívané bytové domy nebo administrativní budovy nejpozději do termínu podle harmonogramu uvedeného v zákoně (zákon § 7a, odst. 1, písm. c).

## III. Principy a požadavky při navrhování energeticky vysoce úsporných budov

### 1. Volba pozemku, umístění a orientace stavby na pozemku, vztah k aktuálním právním předpisům

Pro volbu pozemku jsou klíčová klimatická data (množství slunečního svitu, teplota a množství srážek). Umístění pozemku: intravilán, extravilán, morfologie terénu, orientace vůči světovým stranám. Toto vše jsou faktory ovlivňující významným způsobem energetickou bilanci stavby. To lze dokumentovat na příkladech:

Pozemek v neprovětrávané hluboké údolní nivě, v blízkosti řeky zhoršuje energetickou bilanci stavby až o 40 % oproti ideálnímu situování budovy na jižním úbočí kopce.



Rovněž tak, otočíme-li jižní průčelí pasivního domu o 90° od ideální jižní orientace, zhorší se měrná potřeba tepla na vytápění o třetinu.



Mějme dále na paměti, že v České republice je vlivem vybraného způsobu mapového (Křovákova) zobrazení rozdíl mezi severkou na katastrální mapě ve skutečnosti až 9,5°, vlivem „meridiánové konvergence“ (míra odchylky se liší od západu po východ země).

I.

Stavbu obecně umísťujeme k severní a východní hranici pozemku tak, aby byla průčelí s obytnými a bytovými místnostmi orientována na osluněné strany a případná následná stavební činnost nebo výsadba zeleně v sousedství nemohly vést k zastínění a zamezit solárním ziskům, a to po dobu předpokládané životnosti stavby.

Aktuální právní předpisy s realizací energeticky vysoce efektivních budov nepočítají. Obecné nerespektování právních předpisů vede k přeregulovanosti aktuálních územních plánů v rozporu s předpisy. Formální regulace (například v podobě stanovené uliční čáry, povolených odstupů od ní, případně tvary a sklony střech nebo orientace hřebenů) jsou regulace nepřijatelné a zhoršující možnosti pro umístění energeticky úsporných domů.

Shrňme, že přípustná míra regulací území (nikoliv jednotlivých pozemků) je v úrovni územního plánu pouze: funkční využití, výška zástavby, procento zastavění a velikost pozemku od→do, nikoliv taxativně (velká novela stavebního zákona č. 377/2012 Sb. již nekorektní podrobnosti v rámci územních plánů výslovně vylučuje).

## **2. Optimalizace A/V, vnitřní uspořádání, tepelné zónování podle funkcí, zónování dispozice dle typologie druhů budov a činností**

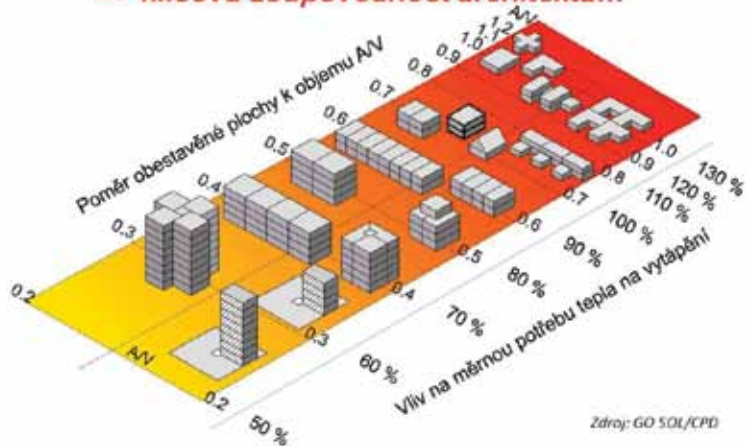
Cílem korektního návrhu je dosáhnout co nejlepšího poměru A/V, tj. co největší vnitřní objem s co nejmenší plochou ochlazovaného obvodového pláště. Tvar budovy má být kompaktní, bez výčnělků, výstupků a tvarových složitostí. Praxe se ustálila v preferování několikapodlažního kvádrů delší osou orientovaného ve směru východ-západ. Do architektury se ve větší míře vrací i válcové a eliptické tvary budov, které se vyznačují vynikajícím poměrem A/V.

Jedná se o klíčovou kompetenci architekta/projektanta. Nevhodný poměr A/V nelze v dalších fázích projektování žádným technickým opatřením za ekonomicky přijatelných nákladů napravit. Z tohoto pohledu je nejtěžší úlohou přízemní bungalovů, naopak velké veřejné stavby vycházejí při porovnání lépe. A/V má vliv na měrnou potřebu tepla na vytápění. Obvyklý rozsah poměru A/V je v rozmezí 0,2 – 1,2.



KOMPAKTNÍ OBJEMOVÉ ŘEŠENÍ STAVBY MÁ ZÁSADNÍ VLIV NA MĚRNOU POTŘEBU TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

=> *klíčová zodpovědnost architekta...*



V rámci energetického konceptu stavby, je dispozice členěná a zónovaná na nevytápěné části (například sklady, garáže) a části vytápěné s požadavky na chráněné vnitřní prostředí (obytné a pobytové místnosti, vytápěné servisní prostory). Zóny jsou od sebe tepelně izolovány. V této fázi se stanovuje rovněž průběh hlavní vzduchotěsnicí vrstvy (HVV), viz dále část 6.

Stejné funkční celky jsou sdružovány, případně rovněž tepelně odděleny podle povahy provozu. Také části s nejvyšší vnitřní teplotou a vlhkostí oproti podmínkám v exteriéru (kuchyně, sociální zařízení, koupelny, serverovny apod.) jsou účelně sdružovány, nejlépe v těsném sousedství či nad sebou = zkracování vnitřních rozvodů instalací = omezování tepelných ztrát. Je-li to možné, jsou umísťovány do středu dispozice. Tepelné ztráty jsou využity v rámci bilance budovy.

Vstupy do budov jsou vybavovány tepelnými filtry = těsným zádveřím.



Z tohoto hlediska jsou nejproblématictější typologickým druhem vnitřní bazény.

### 3. Konstrukce základů, stěn a střechy

Konstrukční řešení obvodového pláště se liší od „běžné“ výstavby vyšší mírou zateplení (tím větší tloušťkou konstrukce, stěny 400 – 500 mm, střecha 600 – 700 mm), přísnějšími nároky na relativní vzduchotěsnost a eliminací nebo výrazným potlačením obvyklých tepelných mostů a vazeb. Dále zohledňujeme snadnou proveditelnost a odolnost vůči technologické nekázni a rovněž udržitelnost materiálů z hlediska vlivů na životní prostředí v celém životním cyklu, „od kolébky do hrobu“ = od vytěžení surovin až po recyklaci po dožití stavby.

Pasivního standardu dosáhneme z libovolného stavebního materiálu. Některé jsou však s ohledem na výše uvedená kritéria vhodnější.



#### Spodní stavba

Z hlediska ekonomie i tepelné ochrany budov je výhodnější navrhovat budovy bez suterénu. V případě podzemních podlaží je preferovanou a bezpečnou konstrukcí železobetonová bílá vana (vodotěsnost, vzduchotěsnost a statická složka v jednom) před povlakovými hydroizolacemi. Tepelná izolace na bázi nenasákových materiálů je umístěna v zaplavované části vně vany.



Pro nepodsklepené masivní stavby je možné založení na tradičních základových pasech s oddělením vrchní stavby vrstvou speciálních tvarovek nebo desek z pěnoskla. Vnější líc pasů je až po základovou spáru na nezámrnou hloubku rovněž tepelně izolován.

Výhodnější a ekonomičtější řešení je založení na zámrnou hloubku, na 200–300 mm tenké železobetonové základové desce, která je od podloží tepelně izolována podle kvality podloží (propustné/nepropustné) vrstvou tepelného izolantu (šterk z pěnoskla / styrodur, případně nenasákavý XPS). Tepelná izolace základové desky plynule bez přerušení navazuje na zateplovací systém fasády.



V případě nepodsklepených moderních dřevostaveb je výhodné oddělení podloží od vrchní stavby větranou vzduchovou průleznou mezerou, která je zároveň dobře chráněna před zaplavením. Základy jsou v tom případě bodové na patkách nebo pilotkách.

### **Vrchní stavba**

Bezpečnou konstrukcí je sendvičová skladba. Pro masivní stavby se používají teplo-akumulační tvárnice a bloky s nízkou svázanou šedou energií z výroby → preferujeme studený proces. Například: betonové skořepinové tvárnice, vápenopískové bloky, tvárnice suchého zdění, z keramzitu nebo prvky ztraceného bednění apod. (rozšířené keramické dutinové tvárnice

mají nejhorší parametry z hlediska požadavku relativní vzduchotěsnosti). Dobrou volbou je monolitický železobetonový stěnový systém. Stěny a prvky jsou doplněné vnějším kontaktním zateplovacím systémem.

Moderní dřevostavby jsou řešeny jako sendvičová konstrukce s nosnými, obvykle dělenými nebo vystřídánými profily s potlačením tepelného mostu, na vnitřní straně ztužené konstrukčními deskami, které zároveň tvoří HVV. V interiéru je navržena instalační předstěna, vně nosná konstrukce pláště, obvykle s větranou mezerou. Tepelná izolace je chráněna větrovou zábranou. Preferovaná je difúzně otevřená skladba. Alternativou je nosná konstrukce z panelů z vrstveného dřeva. Základem správné funkce je respektování principů „konstrukční ochrany dřeva“.

Dřevěné stavby by byly po korektním zahrnutí všech externalit bezkonkurenční konstrukcí pro budovy, jak z hlediska ekonomické dostupnosti, tak i vztahu k životnímu prostředí.

Pro větší stavby lze s výhodou použít koncept kombinované konstrukce – masivní železobetonové / zděné tepelně akumulující jádro a lehký dřevěný prefabrikovaný obvodový plášť.



## Střecha

Důraz je kladen na tvarovou jednoduchost a nekomplikovaný odvod vody. Z hlediska A/V je výhodné volit ploché střechy jedno a více plášťové. V případě šikmých střech pultové nebo jednoduché sedlové, z hlediska životního prostředí a zajištění kvalitního mikroklimatu v blízkosti stavby střechy s vegetačním pokryvem. Snažíme se vyloučit atiky, zaatikové žlaby a vnitřní svody vody. Omezit tvarové složitosti, nástavby a zbytečné prostupy střechou vedoucí k poruše funkce a tepelným ztrátám. Kotvicí konstrukce technických nástaveb nebo solárních kolektorů řešit jako nezávislé na skladbě střechy.

## 4. Konstrukce výplní otvorů, optimalizace velikostí a umístění oken vzhledem ke světovým stranám, zabudování do konstrukce

Výplně otvorů jsou nejslabším článkem obálky budovy. Reprezentují u běžné stavby cca 40 % tepelných ztrát. Z toho vyplývá požadavek na jejich kvalifikovaný návrh.

### *Požadavky na okna u pasivních domů:*

- trojitě izolační zasklení a těsnění
- teplé distanční rámečky
- kvalitní rámy bez tepelných mostů
- optimální osazení bez tepelných mostů
- optimalizované zisky vysoká hodnota „g“



Pro splnění podmínky normových hodnot osvětlení postačuje poměr okenní plochy vůči podlahové ploše obytné či pobytové místnosti obvykle 1/6.

S ohledem na orientaci vůči světovým stranám je nezbytné respektovat účinky oken z hlediska

poměru tepelné zisky / tepelné ztráty v celoroční bilanci. Zjednodušeně řečeno: okna na jih mají aktivní bilanci, na západ a východ vyrovnanou, okna na sever pasivní. Proto by na sever neměla být buď žádná okna či pouze v redukované ploše.

I ta nejkvalitnější okna mají 4 – 5x horší tepelně technické vlastnosti než sousedící plný obvodový plášť. Obdobný poměr platí při porovnání cenových relací. Střešní okna se nedoporučují, výhodnější je návrh světlovodů.

Tepelné ztráty i cenu redukuje rovněž ponecháním pouze menších křídel otvíravých, s přihlédnutím k běžné údržbě.

Rámy oken mají podstatně horší tepelně technické vlastnosti než prosklené výplně (řešením může být použití bezrámového zasklení). Z toho vyplývá, že předloží-li výrobce certifikát se shodnou hodnotou součinitele prostupu tepla  $U_w$  pro malé a velké okno, byť shodné konstrukce, jde o nekorektní jednání.

Výhodnější je navrhnout jedno velké okno než tři malá o stejné ploše. Rozdíl v tepelné ztrátě je v řádu desítek %.

Klíčovým faktorem správné funkce okna je zabudování do konstrukce a korektní ošetření připojovací spáry. Okna v pasivním standardu kotvíme kotevnými prostředky v rovině tepelné izolace (!), tedy vně nosné konstrukce.



Připojovací spára musí plnit směrem do exteriéru funkci dešťové a větrové zábrany, zároveň být difúzně otevřená, rámy oken z vnější strany překrýváme min. 50 mm účinného izolantu.

I. Připojovací spára je vyplněna účinnou tepelnou izolací, kotevní prostředky musí umožnit dilataci okna.

Připojovací spára ze strany interiéru je vzduchotěsně uzavřena technickými prostředky napojenými na HVV obvodového pláště budovy.

V pasivním standardu je rozvrstvení teplot v obytné místnosti velmi blízké, povrchová teplota kvalitních oken je 16 - 17 °C. I v zimním období nedochází k vnitřní povrchové kondenzaci, naopak okna někdy namrzají z exteriéru = známka kvality oken. Zvukový útlum je až 35 dB.

Stínění je účinné zásadně z vnější strany - žaluzie, rolety, screeny. V případě pevných stínících prostředků (slunolamů, markýz) je nezbytné správným návrhem zajistit dostatek solárních zisků v zimním období → nižší dráha slunce. Vnitřní stínění může působit jako radiátor, který parametry vnitřního prostředí ještě zhoršuje.

### **Příklad zadání požadavků na kvalitní okna v pasivním standardu na úrovni DSP:**

**Okna** vytápěné části stavby budou dřevěná, standard lepeného profilu s tepelně izolační vložkou určeného pro pasivní domy se součinitelem prostupu tepla  $U_{okna(w)} < 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ . Vzhledem k rozměrům francouzských oken a výkladců je pro zajištění prostorové stability konstrukce a zajištění relativní vzduchotěsnosti na dobu životnosti stavby předepsaná konstrukční hloubka rámu minimálně 92 mm, trojitě těsnění a spárová průvzdušnost  $i_{LV} \leq 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 (\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa})^{0,67}$ . Zhotovitelem stavby bude předložen součinitel prostupu tepla rámem dle ČSN EN ISO 10077 (hodnota pro parapetní část a pro ostění/nadpraží).

Kování bude celoobvodové, těsné s možností odtěsnění. Okna opatřena izolačními trojskly s čirým měkkým nízkoemisním pokovením vnitřního skla a s výplní argonem mezi izolačními skly,  $U_g < 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ,  $g > 0,6$ . Okrajový distanční rámeček plastový.

Na **vstupní dveře** máme obdobné požadavky jako na okna. Kritickým místem, kde může vzniknout tepelný most, je prahový můstek, kde vyhláška č. 398/2009 Sb. nepřipouští vyšší nerovnost jak 20 mm = řešení bez prahu. Požadavky na dveře:  $U_D = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ , tvarová stálost a odolnost při trvalém zatížení, těsnost spár při tlakovém rozdílu  $100 \text{ Pa} \leq 2,25 \text{ m}^3/\text{hm}$ .

## 5. Zásady pro eliminaci tepelných mostů a tepelných vazeb, konstrukční detail

Vliv tepelných mostů a tepelných vazeb významně roste s mírou zateplení a těsnosti stavby.

Kritická místa z hlediska eliminace tepelných mostů a vazeb bychom měli identifikovat již v úrovni studie stavby. Tato místa budou v dalších stupních projektové dokumentace podrobně zmapována, výpočtově ověřena a podrobně popsána v knize konstrukčních detailů.

Prioritně jsou to místa oslabení tepelné obálky stavby (průchod konstrukcí, kotevnicí prostředků, v místě boxů žaluzií apod.). Dále jsou to místa uvnitř dispozice na rozhraní zón s různým režimem vytápění a užívání. Dochází v nich ke zvýšené hustotě tepelného toku ve srovnání s okolím, k tepelným ztrátám. Platí, že nasycený proud teplých vodních par, unikajících z interiéru do exteriéru rozdílem tlaku a hustoty vzduchu, se o to více soustřeďuje na defektní místa, čím lépe je konstrukce zateplená → srovnej „efekt protrženého bazénu“. Pro představu: netěsností o šířce 1 mm a délce jednoho metru vniká do konstrukce až 360 g vody za den (!).

Vznikají chybným návrhem, technologickou nekázní na stavbě nebo i přirozenou vlastností celé řady materiálů, případně kombinací předchozích. Souvisí s těsností obálky - je-li v místě mostu či vazby netěsná, negativní vliv se násobí. Důsledkem je kromě tepelných ztrát kondenzace v konstrukci, možnost vzniku plísní, u dřevostaveb i hniloby a ztráta tuhosti konstrukce.

Trend energeticky vysoce úsporných domů generuje nové sofistikované výrobky zejména v oblasti tepelných izolací, které efektivně slouží k eliminaci tepelných mostů, například: panely vakuové izolace, aerogelové izolace, zátěžový polystyrén, kompozitové profily i celá řada materiálů z recyklátů či z odpadů.



## 6. Zajištění relativní vzduchotěsnosti, předpoklady pro nekonfliktní a spojitou hlavní vzduchotěsnou vrstvu (HVV)

Dalším předpokladem pro správnou funkci energeticky vysoce efektivního domu je požadavek relativní vzduchotěsnosti obálky domu. Netěsnosti způsobují tepelné ztráty, riziko kondenzace vodních par ve skladbě konstrukce, snižují účinnost navrženého větracího systému s rekuperací a zhoršují akustické vlastnosti konstrukce. Bráníme nejen průchodu vodních par z interiéru, ale i z vnější strany tepelnou izolaci proti vzdušné vlhkosti a snížení účinnosti profouknutí větrem.

HVV tvoří u masivní stavby oboustranně omítnuté zdivo, u moderní dřevostavby zároveň parobrzdná rovina, situovaná u vnitřního povrchu skladby konstrukce. Její průběh musí být spojitý a pokud možno nekonfliktní. Musí být funkční po dobu životnosti stavby, spoje mají být jištěny

podélným přitlakem. Preferujeme konstrukční desky před fóliemi, které se hůře provádějí, kontrolují a z dlouhodobého hlediska vykazují v blower-door testech horší výsledky. Důraz je kladen na vzájemné spoje desek (péro+drážka, lepené, tmelené, svrchu přepáskované) a pečlivé vzduchotěsné provedení prostupů konstrukcí, instalací a připojení ráků výplní otvorů. K tomu slouží systémové těsnicí prostředky (nátěry, lepidla, tmely, speciální průchodky, manžety, těsné elektrikářské krabice a vzduchotěsné pásky).



Ověřování těsnosti domu se provádí po jednotlivých úsecích, funkčních celcích, bytech apod. pomocí metody tlakového spádu tzv. „**blower-door**“ (BD) testem, dle ČSN EN 13829.

Všechny funkční otvory (okna, odvětrání VZT, komíny, kanalizace, zápachové uzávěrky, zámky dveří a oken apod.) se utěsní a vysoce výkonným rychloběžným ventilátorem osazeným do rámu dveří spojeným s počítačem se konstrukce zatěžuje podtlakem/přetlakem 50 Pa, (tj. pro představu silnější vítr o rychlosti 10 – 14 m/s).





V případě nízkoenergetického domu je přípustná výměna netěsnostmi max. 100 % objemu vzduchu za hodinu, v případě pasivního domu jen 60 % objemu vzduchu. První BD test typu „B“ se provádí v době, kdy rozestavěnost stavby umožňuje volný přístup k HVV a jejím napojovacím bodům a je možné netěsnosti účinně opravit. Druhá část, test typu „A“, se provádí po dokončení stavby v rámci přejímkového řízení. Detekce netěsných míst je možná pomocí generátoru barevného dýmu, anemometrem, termovizní kamerou nebo ultrazvukem. Defektní místa se monitorují na záznam na jehož základě jsou stanoveny možnosti a způsob opravy. Výsledek testu je shrnut v protokolu o měření a zaznamenán ve stavebním deníku. Nad korektností výkonu profese v oboru dohlíží samosprávná organizace – Asociace Blower Door CZ.

## 7. Řízené (nucené) větrání

Pro míru znečištění vzduchu v obytných a pobytových místnostech je charakteristický ekvivalent dobře měřitelného plynu  $\text{CO}_2$ . Jeho vysoká koncentrace je zároveň indikátorem dalších

doprovodných znečištění a závadnosti vzduchu. Limitní hodnota byla uvedena ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. v § 26 jako ukazatel kvality a intenzity větrání ve výši 1 000 ppm. Následná novela tuto hodnotu zvýšila (v souladu s obdobnými ustanoveními ve státech EU) na 1 500 ppm.



### Koncentrace CO<sub>2</sub> a třídy kvality vnitřního prostředí

		Koncentrace CO <sub>2</sub> (ppm)		třída kvality prostředí (ČSN EN 15521)
😊	venkovní prostředí (VP)	350 – 450		
🙂	vysoká úroveň kvality vzduchu	800 – 1200		1. třída kvality 2. třída kvality
😐	přijatelná úroveň	1200 – 1400		3. třída kvality
😞	nizká úroveň - snížení koncentrace, únava	1400 – 2000		4. třída kvality doporučené max. 1500
😓	otupělost, zívání nekvální spánek	2500		mimo normu
😫	nedoporučuje se delší pobyt	> 5000		mimo normu

ve většině obydlí a škol v České republice je tato hranice běžně překračována

Zdroj: Atria

Jana Hanzoch | ©GAF Passivbox 04/2012

Při dobře zateplené stavbě a vysoké těsnosti obálky včetně výplní otvorů již nelze dosáhnout hygienicky předepsané výměny vzduchu v obytných a pobytových místnostech pouze větráním okny (viz například závěry studie Ekowatt – panelové domy nebo Energy Consulting Service – základní školy).

Jediným možným východiskem je proto některá z forem řízeného větrání. Princip je prostý - do stavby je nasáván čerstvý vzduch z vnějšího prostředí, který je po průchodu rekuperační jednotkou adresně rozváděn do jednotlivých místností. Zkažený odpadní vzduch je odváděn přes rekuperační jednotku do exteriéru. Hlavním úkolem rekuperační jednotky je obnova (vlhkost, zamezení plísním, škodlivinám, zejména CO<sub>2</sub> a zápachu) a úprava (filtrace, tepelná, vlhčení) vzduchu v místnosti, včetně rekuperace = předání tepelného potenciálu odpadního vzduchu vzduchu přiváděnému.

Množství vzduchu se liší podle funkčního využití místností a typologického druhu stavby.

Návrh systému se liší podle konfigurace polohy a počtu rekuperačních jednotek, vycházejí z uživatelských potřeb a specifik stavby. Rozeznáváme systémy lokální, centrální, decentrální a semicentrální. Od toho se odvíjí ekonomie návrhu, míra individuální možnosti regulace i náročnosti servisu a údržby. Limitujícím faktorem jsou rovněž požární úseky a množství požárních klapek na systému, dále akustické požadavky a počet nezbytných tlumičů. Rekuperační jednotka je situována vždy v rámci teplé obálky budovy. Úspora energie je 75 – 90 %. Řízené větrání zajišťuje komfortní větrání bez průvanu a hlukové zátěže z exteriéru. Důraz je kladen na jednoduché ovládání.



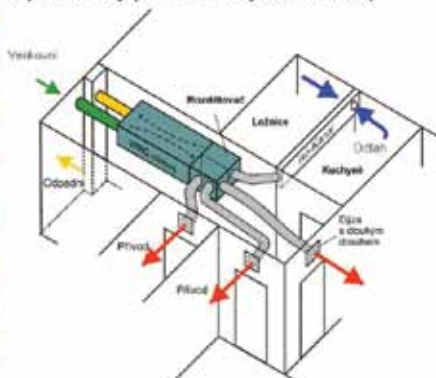
V korektně navrženém, provedeném a udržovaném systému nemůže dojít ke kondenzaci ani k přepálení/karbonizaci prachových částic.

Rekuperace není klimatizace, která je energeticky 3 x náročnější než vytápění a (s výjimkou speciálních výzkumných a lékařských pracovišť) není v našich klimatických podmínkách nezbytná.

Rozvody preferujeme v podvěsu pod stropy se snadnou přístupností před zapuštěnými v podlaze. Mají být co nejkratší a nejpřímější (tlakové ztráty, čistitelnost). Materiálově se nabízí široké spektrum profilů, například: nerez, sklo, dřevo nebo textil.

rozvody vzduchu:

-> co nejkratší a nejpřímější rozvody (tlakové ztráty, čistitelnost)



pod stropem – páteřní vedení v sníženém podhledu chodby, krátké odbočky do jednotlivých místností. Výhodou – jednodušší proveditelnost, kratší délky rozvodů

Jiří Hrozdka | ČIAAT Pasivní (04/2012)

## 8. Požadavky na projektovou dokumentaci

*Obecné motto:*

*„Projektování a zpracování projektové dokumentace staveb je proces upřesňování informací o stavbě. Každý předchozí stupeň dokumentace je zadáním pro stupeň dokumentace následující.“*

*Poznámka: stupně dokumentace jsou řazeny chronologicky, podle zavedeného postupu projektových prací.*

### Studie/návrh stavby (zadání či podklad dokumentace pro územní rozhodnutí)

Jedná se o stupeň „předprojektové“ přípravy, ve vyhlášce přímo neuvedený, nicméně v projektové praxi zavedený a užívaný (rozsah a obsah je popsán v profesních výkonových standardech ČKA/ČKAIT, závazných pro autorizované osoby).

Určuje základní koncept stavby a jejího umístění, shromažďuje vstupní podklady pro návrh stavby včetně formulace cílů investora.

Na úrovni studie se řeší zejména:

- umístění a orientace stavby na pozemku,

- optimalizace A/V,
- funkce a činnosti zajišťované stavbou a předpokládané ve stavbě,
- tepelné zónování dispozic dle typologie druhů budov a činností,
- optimalizace velikostí a umístění oken vzhledem ke světovým stranám,
- celkové tloušťky konstrukcí zohledňující předpokládaný konstrukční a tepelně izolační systém,
- předpoklady pro eliminaci tepelných mostů a tepelných vazeb,
- předpoklady pro nekonfliktní a spojitou HVV
- a to vše s přihlédnutím k navrhovanému konceptu zásobování budovy a jejich zón energiemi pro vytápění (a případné chlazení), větrání včetně úpravy vlhkosti vzduchu (a případné klimatizace), přípravu teplé vody a osvětlení, s ohledem na místní dostupnost a využitelnost obnovitelných či alternativních zdrojů energie.

Zásadou návrhu je komplexní (holistický) přístup a proporčně vyvážené naplnění uvedených kritérií.

Doporučení:

Vytipování klíčových konstrukčních detailů a principu jejich konstrukčního řešení.

### **DUR - obsah a rozsah dokumentace k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení, nebo rozhodnutí o změně stavby a o změně vlivu stavby na využití území**

DUR se zpracovává podle přílohy č. 4 vyhlášky č. 503/2006 Sb. o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření.

Doporučení:

Provést základní kalkulace a optimalizace pomocí vhodných návrhových programů (například PHPP) včetně ekonomické optimalizace se zohledněním celoživotního cyklu stavby, vytipování klíčových konstrukčních detailů a principů jejich konstrukčního řešení.

Obvyklá praxe, kdy projektant navrhne intuitivně koncept stavby, který je v závěru prací potvrzen spolupracujícími profesemi a specialistou na stavební fyziku a energetické poraden-

ství, při navrhování energeticky úsporných staveb neobstojí.

Od samého počátku zrodu konceptu je nezbytné interaktivně zapojit odborníky na energetické optimalizace s vhodnými návrhovými programy.

## **DSP - Projektová dokumentace pro ohlášení stavby, k žádosti o stavební povolení a k oznámení stavby ve zkráceném stavebním řízení**

- Vypracování klíčových konstrukčních detailů jako podklad pro jejich katalogové hodnocení (tj. přednostní využití dostupných, nejlépe verifikovaných katalogů hodnot  $f_{Rsi}$  a  $\Psi_e$  pro typické detaily konstrukčních řešení)
- Podkladové základní výkresy pro specialisty (půdorysy a řezy; tzv. „slepé výkresy“) s grafickým vyznačením průběhu hlavní vzduchotěsnící vrstvy.
- Upřesnění skladeb zejména pro teplosměnnou obálku budovy nebo jejích tepelných zón včetně návrhových hodnot tepelných veličin (obvykle odlišných od deklarovaných hodnot poskytovaných výrobcí).

## **DPS - Dokumentace pro provádění stavby**

- Stavební část musí obsahovat dopracování složky (knihovny) konstrukčních detailů co do obsahu, rozsahu a podrobností tak, aby byly správným, úplným, proveditelným a bezpečným podkladem pro realizaci stavby.
- Náležitosti textové a výkresové části stavebně konstrukčních detailů se stanovují co do obsahu a rozsahu následovně:

### 1. Obecné

- detail musí obsahovat verbální název detailu (např. parapet okna)
- detail musí obsahovat jméno zpracovatele detailu, pokud je součástí stavební dokumentace, tak standardní rozpisku na výkresu
- pokud jsou detaily řazeny do dokumentace stavby, tak by měly být řazeny za sebou tak, jak se postupně realizují na stavbě (nejdříve základ, . . . pak věnce, . . . pak střecha . . .)
- pokud je to možné, musí detail obsahovat piktogram umístění na stavbě (silueta budovy se zakroužkováním či jinak graficky vyznačením místa detailu)

## 2. Stavební část

### 2.1. grafická forma

- měřítko 1:10 až 1:2 (nekreslí se spojovací prvky jako vruty aj.)
- bude vyznačeno rozhraní materiálů
- bude vyznačeno rozhraní vrstev (např. 2 vrstvy minerální vlny)
- materiály budou pojednány graficky (šrafy, textury)
- doporučuje se jednotné značení materiálů
- výkresy budou provedeny černobíle, resp. tak, aby bylo možné je interpretovat i černobíle (kopírování a tím i srozumitelnost pro potřeby realizace stavby)

### 2.2. popisy

- vrstvy musí být popsány odkazem s uvedením materiálu a jeho charakteristických vlastností, pokud to stupeň projektové dokumentace a podmínky jeho zhotovení umožňují, tak i označením použitého výrobku (vysvětlení: pro výběrová řízení nelze použité materiály označovat obchodním označením, pak je nutné uvést požadované vlastnosti použitého materiálu, např. u minerální vlny hodnotou  $\lambda_{\text{výp.}}$   $\rho$  ...)
- vrstvy musí být okótovány (nestačí uvést tloušťku vrstvy v popisu, lze tolerovat neokótování vrstev nevýznamné tloušťky)

## 3. Tepelně technická část

- u popisu detailu musí být uvedeny použité výpočtové hodnoty a okrajové podmínky
- u výpočtu musí být uveden zpracovatel výpočtu a použitý výpočtový program vč. označení verze
- výsledkem výpočtu je teplotní faktor a lineární (bodový) činitel prostupu tepla
- výsledky v případě potřeby mohou být rozšířeny o vlhkostní bilanci, tepelné toky, povrchovou teplotu pro konkrétní okrajové podmínky a další údaje dle konkrétní potřeby
- ve výpočtu lineárního činitele prostupu tepla musí být jasně uvedeno, kde je uvažovaná

hranice mezi 2 konstrukcemi, např.: pro výpočet  $\Psi$  osazení otvorové výplně do stěny byl jako hranice uvažován čistý rozměr otvorové výplně

Doporučení:

Zpracovat pro rozhodující technologické operace kontrolní a zkušební plány (viz např. dle ČSN 73 2901 k provádění ETICS)

### **DSPS - Dokumentace skutečného provedení stavby**

- Zejména dokladovat změny teplosměnné obálky budovy a technických systémů s vlivem na spotřebu energie budovy. V případě podstatných změn zpracovat změnu průkazu energetické náročnosti budovy (PENB).
- Změny zpracovat v rozsahu, obsahu a podrobnosti na úrovni DPS (nebo v úrovni projektové dokumentace, podle které se stavba provádí, např. DSP).

### **Posílení kontrolních mechanismů (controlling) ke zvýšení kvality staveb**

a) Vytýkácí řízení a přejímka dokumentace

Forma výstupní kontroly a oprav dokumentace vhodná pro všechny stupně zpracování dokumentace staveb, zejména při předání dokumentace objednateli (stavebníkovi, investorovi, nejlépe za přítomnosti technického dozoru stavebníka - TDS) a při předání dokumentace zhotoviteli (ve vlastním zájmu zajistí budoucí zhotovitel, aby mohl za stavbu dle dokumentace odpovídat).

b) AD - Autorský dozor

Upřesnění zákonných povinností včetně doporučení vhodného obsahu, rozsahu, způsobu zajištění a součinnosti s technickým dozorem stavebníka (TDS) a koordinátorem bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

c) TDS - Technický dozor stavebníka

Upřesnění podle dostupných podkladů, zejména výkonový a honorářový řád ČKA/ČKAIT, stará vyhláška FMTIR (tehdy technický dozor investora, TDI), skriptá ČVUT v Praze, technická pravidla CZB 1-2009, metodické materiály ČKAIT v profesním informačním systému Profesis, komerční publikace.



*Poznámka: Vyhláška č. 499/2006 Sb. se nevztahuje na rozsah a obsah projektové dokumentace pro stavby letecké, stavby drah a na dráze včetně zařízení na dráze. Výše uvedená doporučení platí pro objekty s chráněným vnitřním prostředím (například nádražní budovy, letecké terminály, služební budovy) obdobně.*

## **IV. Doporučená literatura**

TYWONIAK, J. Nízkoenergetické domy. Principy a příklady. Praha : Grada 2005

TYWONIAK, J. Nízkoenergetické domy 2. Principy a příklady. Praha : Grada 2008

TYWONIAK, J. Nízkoenergetické domy 3. Principy a příklady. Praha : Grada 2012

HUMM, O. Nízkoenergetické domy. Praha: Grada, 1999

ŠUBRT, R., WOLF, M., Stavební detaily. Tepelné mosty, Praha: Grada, 2002

ŠUBRT, R. a kolektiv, Katalog tepelných mostů, 1 – Běžné detaily, České Budějovice: Energy Consulting 2008

HANZALOVÁ, L., ŠILAROVÁ, Š. a kolektiv. Ploché střechy, Informační centrum ČKAIT, Praha 2005

PASIVNÍ DOMY, Sborník přednášek z mezinárodní konference, Brno: Centrum pasivního domu 2005 - 2011

ZDRAVÉ DOMY 2005, Sborník přednášek z konference, Brno: FA VUT, 2005

RŮŽIČKA, M., Stavíme dům ze dřeva, Praha: Grada, 2006

ŠÁLA, J., Zateplování budov. Praha: Grada, 2000

NOVOTNY, M., MISAR, I., Ploché střechy, Praha: Grada, 2003

BLAICH, J., Poruchy staveb. Bratislava: Jaga, 2001

NEUFERT, E., Navrhování staveb. Praha: Consultinvest, 2000

SMOLA, J., Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů, Praha: Grada, 2011

NOVÁK, J., Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov, Praha: Grada, 2008

- MINKE, G., Building with earth, Basilej: Birkhäuser, 2006
- MINKE, G., FRIEDEMANN, M., Stavby ze slámy. Ostrava – Plesná: Hel, 2009
- CHYBÍK, J., Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, 2009
- KOLB, J., Dřevostavby, Praha: Grada, 2008
- CÍLEK, V., KAŠÍK, M., Nejistý plamen, Praha: Dokořán, 2007
- THOMPSONOVÁ, A., Feng shui, Frýdek-Místek: Alpress, 1996
- LAM KAM CHUEN, Příručka Feng shui, Praha: Václav Svojtka & Co., 1998
- BÍLEK, V., Dřevostavby, navrhování dřevěných vícepodlažních budov, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006
- MÁRTON, J., Stavby ze slaměných balíků, Liberec: Jan Márton, 2010
- NAGY, E., Manuál ekologickej výstavby, Permakultúra, 2007
- KRATOCHVÍL, P., Zelená architektura.cz, Praha : Galerie Jaroslava Frágnera, 2008
- BEHRINGER, W., Kulturní dějiny klimatu, Praha: Paseka 2010
- BERANOVSKÝ, J., SRDEČNÝ, K., VOGEL, P., Pasivní panelák? A to myslíte vážně?, Praha: EkoWATT, 2011
- DURAN, S, C., Architecture & Energy Efficiency, Barcelona: FKG 2012
- ŠÁLA J. a kol.: Katalog tepelných vazeb, Saint-Gobain Products CZ, divize Isover, 2012

*Poznámka: neznačené obrázky a fotografie - archiv autora, Josef Smola*

# Od pionýrských počinů k novému standardu

Ing. Jan Řežáb, JRD s.r.o.,

Vinohradská 220a, 100 00 Praha 10 - Strašnice, Česká republika

Tel: +420 272 650 044, e-mail: info@jrd.cz

---

## 1. Krátký náhled do historie v ČR

Zde na konferencích pasivních domů se již několik let zdá, že v ČR již stavíme jen NED bytové domy (NEBD) nebo Energeticky pasivní bytové domy (PBD). Ale projdeme si, jaká je historie do dnešního dne a jak vypadá situace s PBD dnes. Od roku 2003, kdy byly dokončeny první NEBD z veřejných zdrojů v Sušici a Železném Brodě se rozvoj NEBD příliš neprosadil. Celkový počet opravdu NEBD se (dle archivu JRD) pohybuje do 30 realizací. V oblasti developerské výstavby se aktivity ujalo jen několik firem:

Konhefr, H.L.C., JRD, SKANSKA, u dalších to byly pouze ojedinělé projekty. Bohužel v posledních letech došlo k zprofanování výrazu „nízkoenergetický“, a byl tak nazýván téměř každý dům s trochu silnější izolací.

PBD se objevily až v minulém a tomto roce v Modřicích, Rajhradě, Praze, Dubňanech a Českých Budějovicích a jejich celkový podíl na trhu dokončených bytů v ČR se pohybuje pod 1 %.

## 2. Současná situace na trhu bytových domů

Současná nálada investorů a developerů tlačí, i díky poptávce, na snižování nákladů, a tím často jen na základní úroveň energetického standardu danou ČSN. Nabídka PBD tak vychází spíše z odvahy developerů se prosadit vyšším energetickým standardem, příp. i kvalitou. Bohužel trh tedy není tažen poptávkou po pasivních bytech, ale spíše tlačení minimální úrovně energetického standardu.

## 3. Možná podpora

Jak tedy nastartovat větší množství realizací? Dle zkušeností se zavedením povinných energetických štítků pro stavební povolení v min. úrovni C je zvýšení potřebného energetického standardu nejjednodušší řešení. Nicméně, jak je vidět na prosazování implementace EPBD2 do naší legislativy, také nepopulární a problematické.

---

Poptávka se zatím chová spíše tak, že převládajícím a většinou i jediným kritériem při výběru bytu je cena. Takže s ní se v krátkém horizontu nedá moc počítat.

Další možností je podpora ze strany státu formou dotací či např. zvýhodněným úročením úvěrů. Jak jsme viděli na „Zelené úsporám“, je nutné případné dotace vypsát s alespoň střednědobým horizontem a držet stále stejná přísná kritéria. Tím, že „Zelená úsporám“ velmi polevila v kritériích, tak oboru téměř nepomohla. Z celkového objemu mnoha miliard Kč byly podpořeny jen desítky RD a dle dostupných informací jen jeden PBD. To je obrovský neúspěch pro celý obor.

A nezapomínejme také na potřebu dodržování norem, zejména pro výměnu vzduchu a kvalitu vnitřního prostředí, tím bychom již měli při každé stavbě automaticky realizováno nucené větrání snad i s rekuperací, vícenáklady PD jsou najednou poloviční

## 4. Překážky realizace

Největší překážkou rychlejšího rozvoje PBD je samotný stav trhu a nálada ve společnosti. Developerské projekty jsou realizovány z těch nejlevnějších materiálů, velikosti (výměry) bytů jsou dále snižovány a v tendrech jsou vybírány firmy s nejnižšími cenami často hluboko pod úrovní reálných nákladů.

Vlivem všech těchto faktorů se snižuje počet hráčů na trhu a ovládají je velcí developeri či velké investiční skupiny. V těchto větších firmách je složitější dosáhnout změny energetického standardu, když jeho realizace samozřejmě je dražší, a také procesně náročnější a návratnost zvýšením ceny klientům problematická.

Takovýto stav vytváří samozřejmě příležitost – potenciální okno na trhu – pro menší hráče, nicméně na prosazení do main streamu to PBD nemůže stačit.

Další zatím úplně opomíjenou překážkou realizace PBD je energetická politika státu a jeho postoj a opatření vůči OZE. Musíme si uvědomit, že bez OZE instalovaných na či v domech PBD či téměř nulových nebudeme moci realizovat.

Např. v JRD se snažíme na každý nový projekt umísťovat již od roku 2006 fotovoltaiku, ale poslední 2 roky nebylo možné získat souhlas s připojením... A to si uvědomme, jaké složitosti je potřeba řešit, když je v domě více vlastníků, jak se domluvit na umístění třeba FV na střechu, někde to nejde ani s anténou.



Obr. 1 Instalace „společné antény“, foto: autor



Obr. 2 Fotovoltaická elektrárna na střeše muzea ve Vatikánu, foto: autor

Ale ani památkáři vám obvykle nedovolí instalovat termický či FV panel na střechu, ale i papež to ve Vatikánu vedle chrámu sv. Petra s památkáři zvládl.

## 5. Možnosti nastartování rozvoje realizací PBD

Z tohoto stavu vychází tedy doporučení pro nastartování rozvoje PBD v pořadí dle důležitosti:

- 1) Tlak norem jako nejrychlejší nástroj, a to rozumnou rychlostí implementovanou EPBD2.
- 2) Nastartování podpůrného programu pro „ukázkové realizace“ které budou technicky o krok napřed, než jsou v té době dané požadavky ČSN.
- 3) Neustálá snaha o zlepšení povědomí veřejnosti o Energeticky šetrné výstavbě, ale také o Obnovitelných zdrojích energie, bez kterých se s potřebou primárních energií v domech nevypořádáme.
- 4) Vynucování dodržování norem zejména v oblasti kvality vnitřního prostředí a hluku, což by mělo za následek používání nuceného větrání s rekuperací.

## 6. Minimální technická řešení

Realizace PBD není v současné době již nic nedosažitelného, a pokud má objekt více než 3 NP, tak díky poměru A/V pak dosažení pasivního standardu dle TNI je relativně snadné. Dalo by se pak říci, že stačí tepelná izolace nad 200 mm, okna s trojskly, nucené větrání s rekupe-  
rací a vhodný zdroj TUV a máte hotovo. Nicméně správný návrh a zejména realizace stavby klade na všechny účastníky nové nároky, na které nebyli zvyklí, a rozhodně první realizace je pro každého účastníka minimálně náročná.

## 7. Možnosti posunu k “nearly zero houses”

Posun PBD k téměř nulovým je limitován zejména možnostmi snížení spotřeby primárních energií ovlivněným zejména spotřebou TUV, kterou množstevně ve výpočtu snížit nelze. Je tedy nutné pokrýt část spotřeby energie z OZE, a to v místě. To je technicky někdy velmi náročné, za určitých podmínek téměř nemožné. Pokud ovšem bude státem blokováno užití a připojování OZE, bude realizace téměř nulových domů téměř vyloučená.

## 8. Predikce vývoje, jak dál

I. Pevně doufám, že snaha odborné veřejnosti, zejména pak iniciativy „Šance pro budovy“, dojde v brzké době hmatatelných výsledků, a to ve všech třech výše uvedených oblastech: legislativě, podpoře projektů (zejména z výnosů aukcí emisních povolenek) a zlepšení povědomí o potřebě a přínosech energetických úspor v budovách u naší veřejnosti.

Pak všechny stavaře čeká už ta neméně náročná etapa, a to implementace do všech činností při návrhu a realizaci staveb.

## 9. Ukázky projektů v přípravě/realizaci

A na závěr mi dovoluji pro vlití optimismu do žil několik ukázek z našich projektů samozřejmě energeticky pasivních, ale i obchodně úspěšných!



Obr. 3 Park Hloubětín, 118 bytů, realizace od: léto 2013, vizualizace: archiv JRD



*Obr. 4 Eco city Malešice - Praha, 110 bytů, realizace od: zima 2012, prodáno 30 % (stav k 9/2012), vizualizace: archiv JRD*



*Obr. 5 Vila Na výsluní - Praha, 15 bytů, realizace od: zima 2012, prodáno 35 % (stav k 9/2012), vizualizace: archiv JRD*





*Obr. 6 Vila Pod Altánem - Praha, 6 bytů, dokončeno: 5/2012, vyprodáno, foto: archiv JRD*

# Přínos pasivních staveb v kontextu reálné energetické spotřeby budov v ČR

Pavel Šmelhaus, Atelier ARS

Plzeňská 199, 150 00 Praha 5, Česká republika

Tel: +420 603 736 306, e-mail: smelhaus@arch.cz, www.arch.cz/smelhaus

I.

*Úloha architekta by proto neměla skončit odevzdání studie či realizací domu - pro další práci jsou nejdůležitější subjektivní zkušenosti uživatelů a objektivní zhodnocení fungování domu, vyčíslené energetickou spotřebou.*

Výhody nízkoenergetických, pasivních a nulových domů jsou nesporné, teoreticky známe mnoho technických řešení jak dobrých výsledků dosáhnout, poněkud méně pozornosti se ale u většiny staveb věnuje monitoringu skutečného fungování a zpětnému vyhodnocování efektivity navržených a realizovaných opatření. Znat tyto údaje je stejně důležité jako vědět, jak dům funguje provozně, jak je uživatelé hodnotí po stránce pohodlí, kvality vnitřního prostředí, trvanlivosti materiálů atd.

Všechny tyto informace jsou pro architekta tím nejdůležitějším, na nich se může dozvědět, jak se jeho myšlenky zhmotnely do podoby domu v praxi osvědčují. O toto se aktivně zajímáme a těší nás, když se klientům v domech spokojeně bydlí, poskytují jim vše, co od stavby očekávali, a mají přiměřené provozní náklady.

Konkrétní číselné hodnoty vyjádřené v korunách, kWh elektřiny, metrech kubických plynu, či objemu spáleného dřeva si pak pro každý objekt evidujeme. Když jsme měli pár údajů zvláště pro každý dům, vypovídací hodnota nebyla velká, uživatel byl spokojen, do předpokládaných limitů jsme se vždy vešli a dál jsme se těmito čísly nevěnovali. Ne vždy se podařilo rozlišit která elektřina je pro vytápění a kolik jí spotřebuje běžný provoz domácnosti, ale i toto zjednodušení se časem ukázalo spíše výhodou a statistickým přínosem pro porovnávání, v němž se pak v průměru ztrácejí „pasivní“ domy s výpočtovými 14,9 kWh/m<sup>2</sup> za rok na vytápění, neboť jejich celková spotřeba je okolo 70 kWh/m<sup>2</sup> – což je velmi dobrá, ale jinak nevybočující hodnota.

Po vložení všech údajů do jedné přehledné databáze se postupně začalo objevovat mnoho dříve neviděných souvislostí. Pro větší názornost jsme zanesli i v odborné literatuře dobře zdokumentované stavby špičkových parametrů, na nichž někteří výrobci či dodavatelé testují praxi

své technologie a též si vše pečlivě evidují a s těmito mnohdy experimentálními objekty se mohou porovnávat běžné, v praxi obývané domky.

I.

Pro vlastní spotřebu vedeme databázi výše uvedených údajů. Rozsáhlé tabulky s mnoha údaji dovolí porovnávat výsledky dle mnoha kritérií - dle nákladů na  $m^2$ , na osobu, sledovat podíl biomasy a obnovitelných zdrojů energie, lze zobrazovat hodnoty v korunách, kWh, jednotkách primární energie, tunách  $CO_2$  atd. Samozřejmě je možné doplnit i projektované hodnoty či výsledky výpočtu dle různých metodik (TNI, starší ČSN... ) spočítané různými kalkulačními nástroji (NKN, PHPP) a ty porovnat s realitou.

### **A co ze zadaných údajů vyplývá?**

Těžko dělat nějaké zjednodušené závěry. Samozřejmě neporovnávají se shodně postavené stavby, liší se jejich výměry, technologické vybavení i nároky uživatelů. Výhodou je, že pro mnoho domů jsou k dispozici výstupy za několik po sobě jdoucích let, což možná sledovat dynamiku změn celkové spotřeby, vliv změn uživatelského chování či odhalí různé technologické a stavební úpravy a konkretizuje jejich dopad na reálnou spotřebu. A z toho všeho lze jisté trendy a obecné zákonitosti vysledovat.

### **Reálné spotřeby nižší než výpočtové předpoklady**

Toto je velmi pozitivní zjištění, které jistě potěší každého majitele domu. Druhou stránkou mince je však to, že investice do úspor mají pak nižší návratnost. Mnozí výrobci úspory přinášejících technologií často vycházejí z výpočtových údajů a slibují vysokou rentabilitu - a ta s reálně nižší spotřebou klesá.

### **Malé rozdíly spotřeb mezi jednotlivými stavbami**

Ty mohou být dány zejména tím, že se sleduje celková spotřeba energie a nejenom s oblibou sledované teplo na vytápění. To u úsporných staveb nepředstavuje nijak výraznou položku - v celkové bilanci je to cca 20-40 %. Ostatní spotřeby domácností výrazněji neklesají ani u zdokumentovaných pasivních staveb.

### **Nepatrný vliv klimatických podmínek na roční spotřeby**

U dlouhodoběji sledovaných objektů roční spotřeba prakticky nekolísá - rozdíly jsou do 10, častěji jen do 5 %. Mnohdy je patrné, jak se celková spotřeba rozdělí mezi různá media - pokles spotřeby elektřiny bývá kompenzován vyšší spotřebou topného dřeva, ale výsledek je stejný.

## Ekonomická výhodnost využití alternativních zdrojů

Ač celkově všechny hodnocené stavby spotřebovávají velmi podobné měrné množství energie, s rostoucím podílem netradičních zdrojů vždy klesají provozní náklady. Solární systémy, kamna na biomasu či energie získávaná tepelnými čerpadly výrazně snižují provozní náklady, je tedy potřeba jen kvalifikovaně počítat ekonomickou návratnost takovýchto investic.

Výsledky mohou být mírně zkreslené pouze tím, že všechny sledované stavby byly stavěny či rekonstruovány s ohledem na jejich energetické parametry - lze je tedy označit za nadprůměrné, nicméně soudobými technologiemi za běžných nákladů realizovatelné. Architektura i materiálové řešení jsou velmi rozmanité, takže není možno se vymlouvat ani na to, že nás energetická optimalizace výrazně omezuje po stránce designu či výběru použitých konstrukcí.

Mimo níže uvedených ukázek výstupů je možná celá řada přepočtů (na primární energii, emise CO<sub>2</sub>, energetická spotřeba na osobu atd.) Jde jen o záměr, co je třeba daným údajem doložit, porovnat, jak najít optimální energetické a ekonomické řešení.

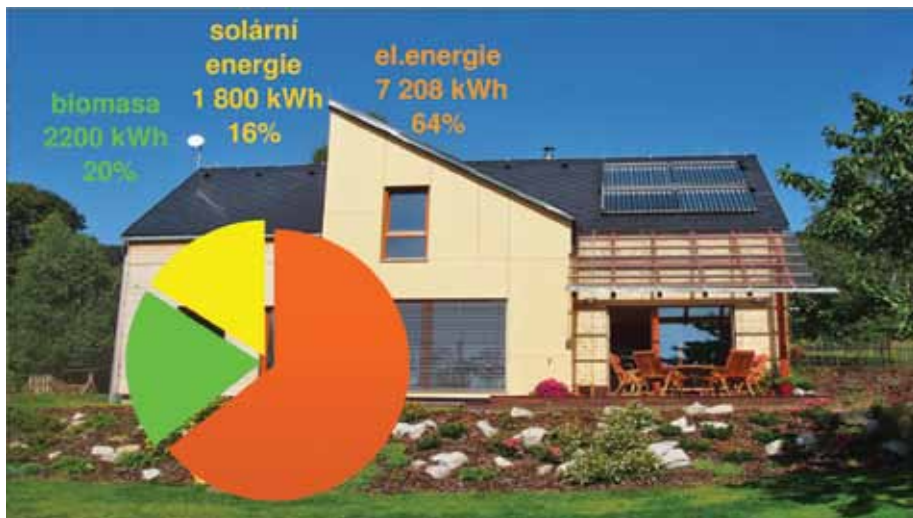
Nesmíme však nikdy zapomenout, že účelem staveb je zejména poskytovat pohodlné bydlení a kvalitní pracovní či pobytové prostředí. I přes všechny energetické optimalizace by stavby neměly svým vzhledem a měřítkem narušovat ráz okolí, měly by být respektovány urbanistické zásady a účelně využívána krajina.

I samotná výstavba by měla být co nejohleduplnější k využívání zdrojů a surovin, čemuž se podrobně věnují jiné metodiky a je to nad rámec dat, jež sledujeme, zde se tedy jedná jen o provozně-energetické nároky již hotových staveb.

## Praktické výstupy databáze:

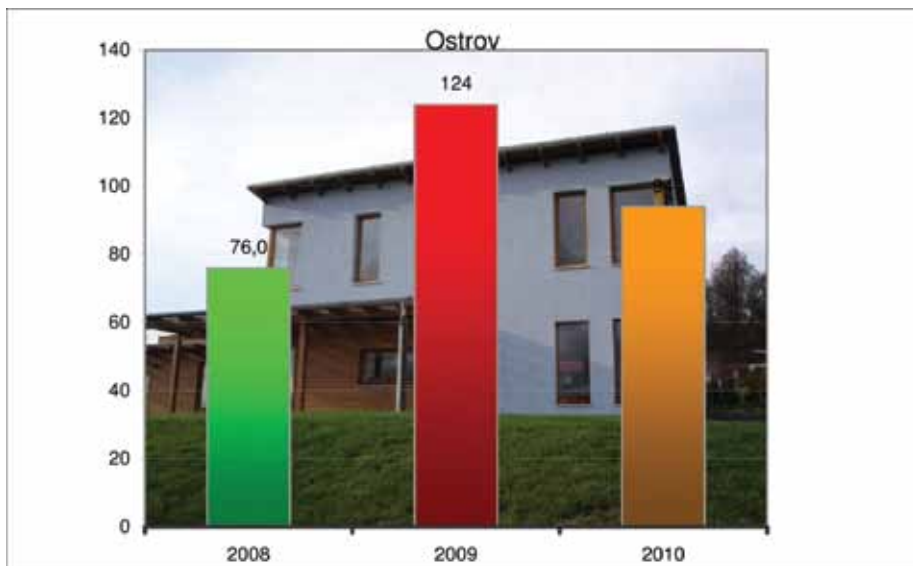
- Celkové a poměrné zastoupení jednotlivých zdrojů energií pro provoz domu

I.



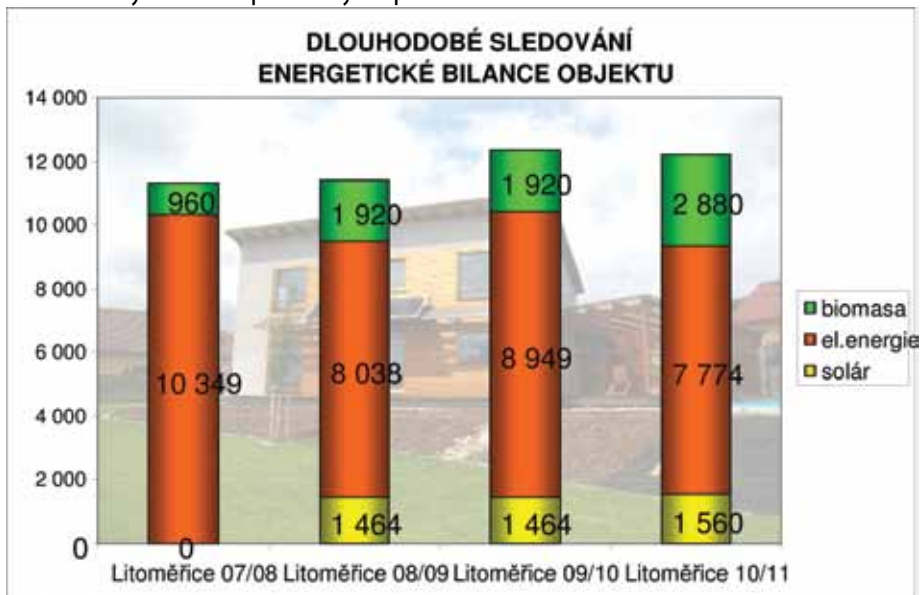
*Komentář k výstupu: Aplikace umožní vyčíslení poměru využívání zdrojů energie. Pro málokterý objekt je k dispozici přesné kalorimetrické měření solárních systémů či zdrojů na biomasu. Pro tento účel se využívá průměrná hodnota získaná z konkrétních měření. Ta vychází cca 340 kWh tepla z m<sup>2</sup> solárního systému a cca 400 kWh tepla z m<sup>3</sup> palivového dřeva.*

- Povnání celkových ročních spotřeb



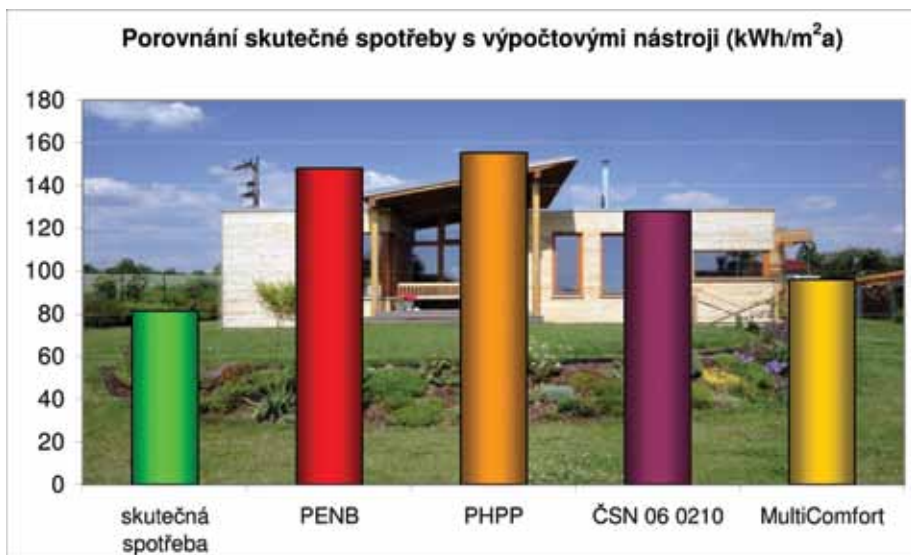
*Komentář k výstupu: Energeticky úsporná stavba byla po roce užívání původními majiteli prodána, nový vlastník měl jiné uživatelské požadavky, nebyl přesně seznámen s fungováním a správným nastavováním VZT vytápění s rekuperací, a došlo též k poruše zemního výměníku vzduchu. Po konzultacích a úpravě nastavení se spotřeba opět snížila - ne však k původním hodnotám - zde je patrný vliv uživatele.*

- Meziroční vyhodnocení provedených opatření



*Komentář k výstupu: Nízkoenergetický dům byl osazen solárním systémem až po roce užívání. V posledním roce byla provedena úprava nastavení solárního systému - byl eliminován tzv. „zimní režim“ a nyní celoročně přehřívá TUV. Dále se začal výrazněji používat krb - o zimních víkendech se jiné topení nevyužívalo. Centrální VZT jednotka se neutlumuje v době nepřítomnosti osob (problémy s pomalým náběhem), v době topení v krbu je VZT vypínána.*

- Porovnání skutečné spotřeby s výpočtovými hodnotami

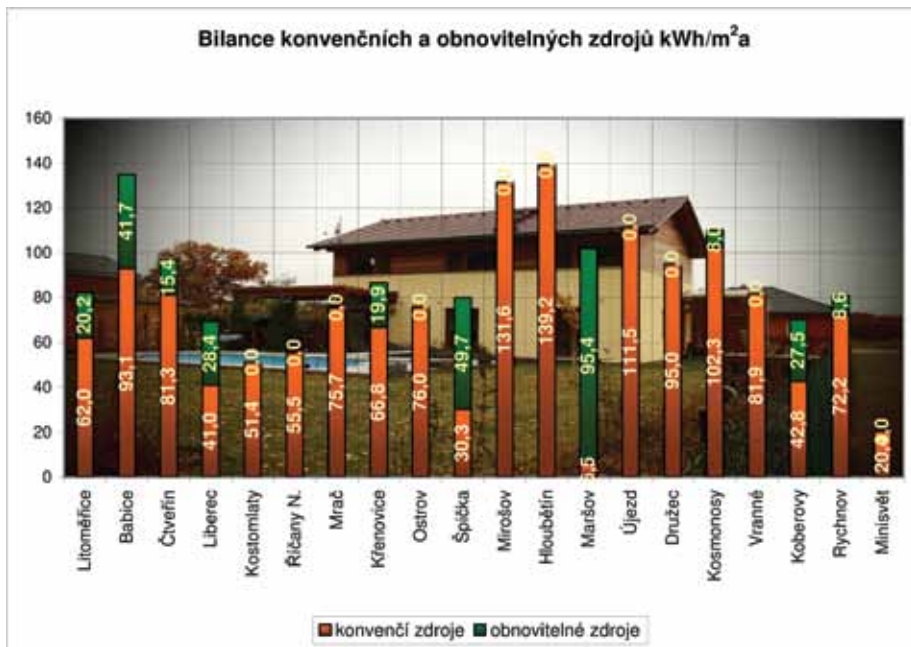


*Komentář k výstupu: Potěšitelné je, že spotřeba bývá nižší než uvádějí výpočtové předpoklady, málokterý dům je plně využíván po celý rok (dovolené, víkendy), spotřeba TUV na osobu je nižší než mnoho norm. předpokladů. Modernější kalkulační nástroje více zohledňují pozitivní vliv nuceného větrání a rekuperace tepla, takže méně vybavené domy by měly mít vyšší ztráty - vlivem menšího počtu osob v objektech však zřejmě není potřeba větracího vzduchu tak výrazná.*



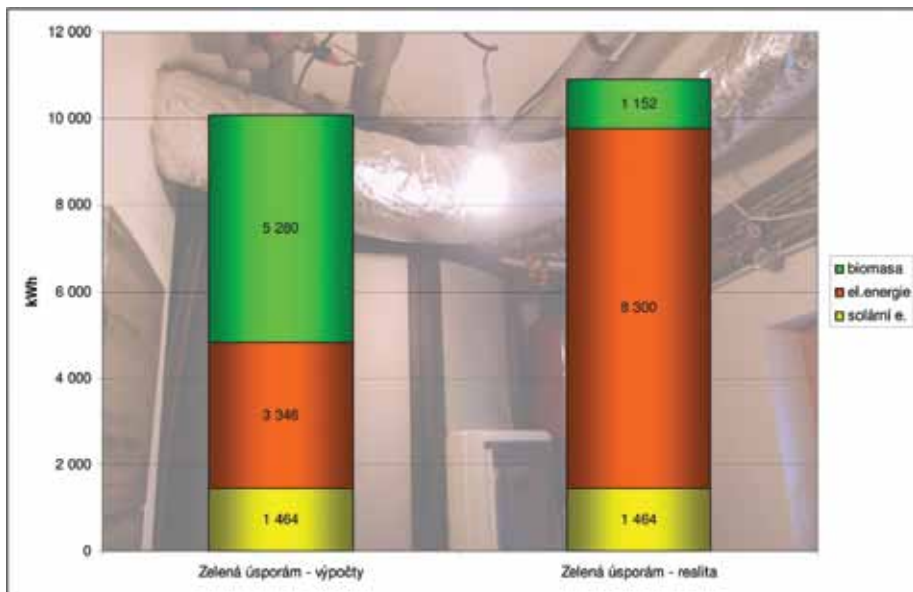
• Porovnání poměrných a celkových ročních spotřeb

I.



*Komentář k výstupu: Základní graf dokáže rozlišit spotřebu jednotlivých energií a odlišit obnovitelné a neobnovitelné zdroje. Sem je zahrnuta biomasa a solární systém, jež lze snadno vyčíslit, obtížněji spočitatelné geotermální zdroje (zemní výměníky, vrty tepelných čerpadel atp.) ani zisky z okolního prostředí vzduchových TČ zde zahrnuty nejsou - předpokladem je, že po získání většího objemu dat pro obdobné objekty s těmito zařízeními bude možné empirické odvození reálných zisků.*

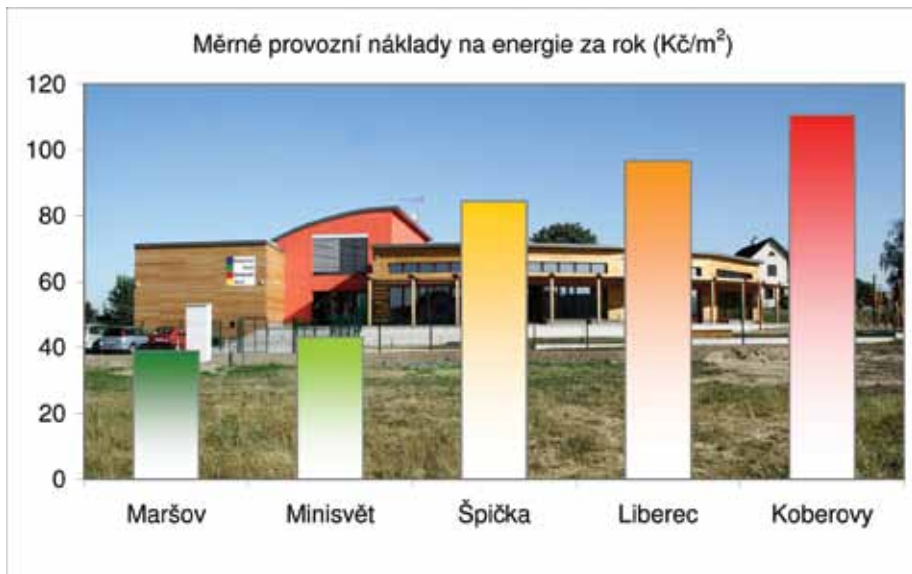
- Vyhodnocení provozu stavby splňující podmínky programu „Zelená úsporám“



*Komentář k výstupu: V reálném provozu došlo jen k nepatrnému navýšení celkové spotřeby, výrazněji ale vzrostl podíl el. energie - potvrdil se předpoklad že uživatelé nebudou tak často topit biomasou (peletkovými kamny). Přepočteno na finanční náklady je zde nárůst oproti předpokladům ve výši jen cca 10 tis. Kč, což je výrazně ovlivněno zvoleným tarifem el. energie, neboť při spotřebě pod 4 000 kWh se obtížně hledá ekonomické řešení - cena kilowattu je vysoká.*

• Vyčíslení nákladů na provoz - přepočít na měrnou jednotku

I.



*Komentář k výstupu: Vyčíslení měrných provozních nákladů na energie je spíše údajem pro laiky než odborníky, ale praktické znalost možných cílových hodnot je klíčová pro návrh energetické koncepce a výpočty efektivity investic. Nejnížší náklady jsou u staveb s vysokým podílem využívání biomasy z vlastních zdrojů a dále pak rozsáhlejší stavby či objekty s tepelnými čerpadly.*

*Naopak dobře vybavené ale půdorysně menší stavby vykazují vždy vyšší měrné náklady - a též je u nich nejobtížněji vyčísitelný přínos jednotlivých technologií - při malých spotřebách je návratnost do mnoha opatření problematická. Průměrné náklady u dobře provedených domů představují částky nad 150 Kč/m<sup>2</sup> za rok – cokoli pod tuto hranici je možné označit za vynikající výsledek.*

*Abstrakt:*

*The architect's role should not end by a submission of a study or construction of a house: the subjective information of users and independent evaluations of house operations (enumerated in energy consumption figures) represent the most important aspect for architects' design works in the future.*

# Ekonomická výhodnost pasivních domů

*Ing. Jan Koloděj, Ing. Petr Filip, Miloš Komňacký, DiS., CHYTRÝ DŮM s.r.o.  
Pod Strašnickou vinicí 32, 100 00 Praha 10, Česká republika  
Tel: +420 603 247 694, e-mail: kolodej@chytry-dum.eu*

---

## 1. Úvod

Poslední dobou je o výstavbu pasivních domů v České republice velký zájem. Je to dáno především neustálým zvyšováním cen energií, ekologickým myšlením, ale také propagací a vysvětlováním principů a výhod energeticky pasivních domů (EPD).

Dnes za námi přichází stavebníci s jasnou představou o bydlení v pasivním domě, ale také klienti s architektonickou studií na nízkoenergetický dům. V prvním případě řešíme konkrétní detaily domu tak, aby byl navržen dle zásad pasivního domu. Druhé skupině se snažíme vysvětlit, co získají navíc v pasivním domě.

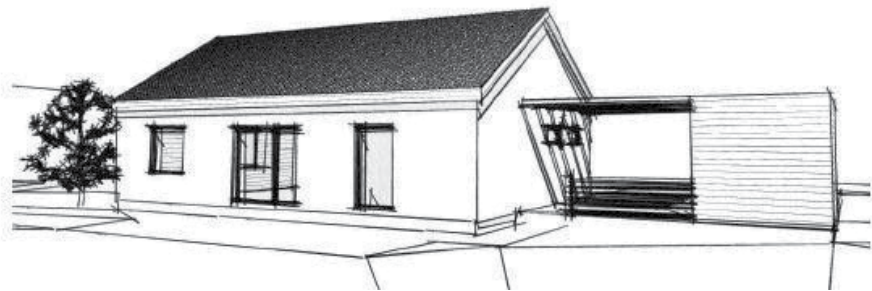
Samozřejmě, vždy se dostaneme také k ekonomické výhodnosti vyšší počáteční investice do pasivního domu.

Odpovědi na otázky ekonomické výhodnosti naleznete v další části tohoto článku.

## 2. Referenční objekt

Pro posouzení ekonomické výhodnosti posloužil referenční objekt v obci Slatina. Jedná se o jednopodlažní rodinný dům typu bungalov, který byl navržen jako dřevostavba z lehkého skeletu. Regulativy územního plánu předepisovaly požadavky na sedlovou střechu se sklonem 40 – 45 stupňů a natočení domu vůči komunikaci. Hlavní fasáda je orientována na JV. Pro naše posouzení jsme uvažovali s ideálním umístěním, tedy s orientací čistě na jih.

Lokalita	Slatina, cca 450 m.n.m., návrhová teplota $T_e = -15\text{ °C}$
Dispozice	3+1
Zastavěná plocha	105 m <sup>2</sup>
Podlahová plocha dle PHPP	88,3 m <sup>2</sup>
Podlahová plocha dle TNI 73 0329	92,4 m <sup>2</sup>
Obestavěný prostor	558 m <sup>3</sup>
Umístění v krajině	Více stran vystavených větru, mírná ochrana



Obr. 1 Skici pasivního domu



Obr. 2 Půdorys 1. NP



Obr. 3 Pohled západní



Obr. 4 Pohled jižní

## Skladby konstrukcí

Materiál	Tloušťka
SDK	12,5 mm
Tepelná izolace v roštu (minerální vlákna)	40 mm
OSB/3	15 mm
Tepelná izolace mezi sloupky (minerální vlákna)	360 mm
Dřevovláknitá izolace	60 mm
Povrchová úprava (omítka, resp. dřevěný obklad)	



Obr. 5 Izolační nosíky – prostor vyplněn tepelnou izolací tl. 360 mm



Obr. 6 Důsledná eliminace tepelných mostů – ostění zatepleno tepelnou izolací tl. 60 mm

<b>Strop pod nevytápěnou půdou</b>	
Materiál	Tloušťka
SDK	12,5 mm
Vzduchová mezera	200 mm
OSB/3	15 mm
Tepelná izolace mezi sloupky (minerální vlákna)	400 mm
Foukaná tepelná izolace – celuloza	100 mm
Větraný prostor půdy	

<b>Podlaha na terénu</b>	
Materiál	Tloušťka
Dřevěná plovoucí podlaha	15 mm
Betonová mazanina + kari síť	80 mm
PE folie	
Tepelná izolace EPS 100 Z	250 mm
Separáční vrstva geotextilie 300 g/m <sup>2</sup>	
Hydroizolace HDPE	
ŽB deska	150 mm

Pro výplně otvorů byla navržena Eurookna s rámem 88 mm a zasklením izolačním trojsklem. Zasklení je opatřeno distančními rámečky SuperSpacer a je uloženo do zasklívací drážky 25 mm. Izolační trojsklo má součinitel prostupu tepla zasklení  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  a solární faktor  $g = 52 \%$ . Díky těmto parametrům a nucenému větrání nedochází ani při extrémních teplotách ke vzniku kondenzátu na povrchu zasklení. Velikost a parametry oken byly optimalizovány tak, aby okna vykazovala aktivní bilanci tepelných zisků a ztrát. Letní stínění je zajištěno přesahem střechy, markýzou a vnitřními žaluziemi.





Obr. 7 Teplota v exteriéru  $-19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , teplota poblíž okna  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Otopné těleso vedle francouzského okna. Na okně se neobjevil po celou zimu kondenzát.



## Tepelně technické parametry konstrukcí obálky budovy

V tabulce č. 1 jsou shrnuty tepelně technické parametry jednotlivých konstrukcí obálky budovy. Je vidět, že všechny konstrukce s výjimkou výplní otvorů mají cca 3 krát lepší parametry než jsou dnešní požadavky dle ČSN 73 0540-2 (2011). Všechny konstrukce samozřejmě splňují doporučené hodnoty pro pasivní domy.

Tab. č. 1

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla konstrukce $U_i$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_n$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	Hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní domy $U_{pas}$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
Obvodové stěny (OS)	0,095	0,30	0,18 až 0,12
Strop pod nevytápěnou půdou (STR)	0,082	0,30	0,15 až 0,10
Podlaha na terénu (PDL)	0,124	0,45	0,22 až 0,15
Výplně otvorů (VO)	0,80 – 0,90	1,50	0,80 až 0,60

## Energetické hodnocení

Pasivní dům vykazuje velmi malou tepelnou ztrátu a potřebu tepla na vytápění. Tepelná ztráta činí  $1,8\text{ kW}$  dle ČSN 12 831 a  $1,4\text{ kW}$  metodikou dle PHPP. Měrná potřeba tepla vypočtená dle TNI 73 0329 je  $10\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , resp.  $15\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  dle PHPP. S ohledem na takto malé

potřeby a způsob užívání objektu dvěma lidmi byla zvolena také vnitřní technologie. Nucené větrání s rekuperací a přípravu teplé vody zajišťuje kompaktní jednotka s tepelným čerpadlem. Pro vytápění slouží mramorové sálavé panely a doplňkově krbová kamna o výkonu 2 – 4 kW.

Tab. č. 2

	Metodika	Vypočtená hodnota
Tepelná ztráta	ČSN EN 12 831	1,8 kW
	PHPP	1,4 kW
Měrná potřeba tepla na vytápění	TNI 73 0329	10 kWh/m <sup>2</sup> .a
	PHPP	15 kWh/m <sup>2</sup> .a

### 3. Modelové varianty nízkoenergetického a standardního domu

Pro srovnání s pasivním domem byly namodelovány varianty domu nízkoenergetického (NED) a standardního (STD). V případě nízkoenergetického domu nastaly změny pouze v menších tloušťkách tepelných izolací. Konstrukce byly dimenzovány tak, aby dům splňoval požadavek měrné potřeby tepla na nízkoenergetické domy max. 50 kWh/(m<sup>2</sup>.a), v našem případě je tato hodnota 43 kWh/(m<sup>2</sup>.a). Přehledné srovnání konstrukcí nízkoenergetického a pasivního domu je uvedeno v tabulce č. 3.

Tab. č. 3 Srovnání pasivního a nízkoenergetického domu

	Tloušťka tepelné izolace	Rozdíl oproti EPD	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
Obvodové stěny (OS)	260 mm	-200 mm	0,174
Strop pod nevytápěnou půdou (STR)	220 mm	-280 mm	0,197
Podlaha na terénu (PDL)	160 mm	-90 mm	0,191
Výplně otvorů (VO)	Stejná jako v EPD		
Technologie	Stejná jako v EPD		
Měrná potřeba tepla na vytápění	43 kWh/m <sup>2</sup> .a		

U standardního domu je uvažováno se stejnými tloušťkami jako ve variantě nízkoenergetického, jen jsou použity levnější a méně kvalitní tepelné izolace. Dále jsou použita okna s izolačním dvojsklem. Zcela je vypuštěna technologie nuceného větrání s rekuperací a pro přípravu teplé vody je uvažováno s nejlevnějším řešením z hlediska pořizovacích nákladů, s elektrickým bojlerem. Srovnání konstrukcí standardního a pasivního domu je vidět v tabulce č. 4.

Tab. č. 4 Srovnání pasivního a standardního domu

	Tloušťka tepelné izolace	Rozdíl oproti EPD	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
Obvodové stěny (OS)	260 mm	-200 mm	0,183
Strop pod nevytápěnou půdou (STR)	220 mm	-280 mm	0,214
Podlaha na terénu (PDL)	120 mm	-130 mm	0,252
Výplně otvorů (VO)	Eurookna s izolačním dvojsklem		
Technologie	Přirozené větrání, el. ohřev TV		
Měrná potřeba tepla na vytápění	91 kWh/m <sup>2</sup> .a		

Ve výše uvedených tabulkách si můžete všimnout výrazných rozdílů energetické náročnosti na vytápění. Pasivní dům je cca 3x úspornější než nízkoenergetický a cca 6x než dům standardní.

#### 4. Náklady pořizovací a provozní

Pořizovací náklady pasivního domu byly stanoveny na základě podrobného rozpočtu pro realizaci skutečného domu. Pro méně energeticky náročnější varianty domů byly upraveny položky tepelných izolací a dřevěné konstrukce, v případě standardního domu také položka oken a technologie přípravy TV. V obou variantách byly naopak zvýšeny náklady na otopnou soustavu s většími výkony. V tabulce č. 5 jsou vyčísleny pořizovací náklady pro jednotlivé varianty.

Tab. č. 5 Pořizovací náklady

	EPD	NED	STD
Základy, terasa, kryté stání, přípojky na parcele	660.667,- Kč	660.667,- Kč	660.667,- Kč
RD na klíč	2.477.317,- Kč	2.397.660,- Kč	2.182.008,- Kč
Celková cena bez DPH	3.137.984,- Kč	3.058.327,- Kč	2.842.675,- Kč
Cena vč. DPH 14 %	3.577.301,- Kč	3.486.493,- Kč	3.240.649,- Kč

Z tabulky č. 5 vyplývá, že referenční pasivní dům má o cca 90 tisíc vyšší pořizovací náklady než dům nízkoenergetický, to odpovídá navýšení 2,6 %. Ve srovnání se standardním domem jsou pořizovací náklady vyšší o cca 340 tisíc vyšší, což odpovídá navýšení 10,4 %.

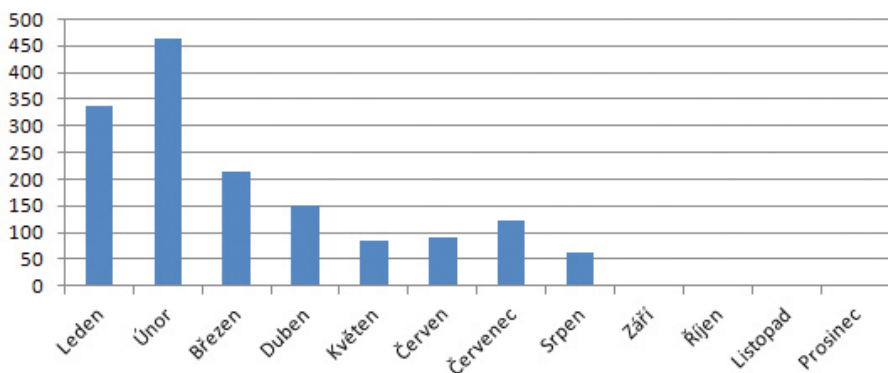
Stavebník by měl počítat také s ročními provozními náklady na vytápění, přípravu teplé vody.

Snadno se totiž může stát, že radost z levně pořízeného domu po dvou letech střídá zklamání z vysokých faktur za energie. V tabulce č. 6 je vidět, že úspora ročních provozních nákladů v pasivním domě je cca 8,5 tisíc Kč oproti domu nízkoenergetickému a cca 26,8 tisíc Kč oproti standardnímu.

Tab. č. 6 Potřeba energie a provozní náklady

	EPD	NED	STD
Vytápění	1482 kWh	4083 kWh	9183 kWh
Příprava TV	595 kWh	595 kWh	1470 kWh
Kč/kWh	3,2 Kč/kWh		
Roční provozní náklady	6.461,- Kč	14.969,- Kč	33.274,- Kč
Návýšení ročních provozních nákladů oproti pasivnímu domu	---	+ 8.508,- Kč	+ 26.813,- Kč

Od začátku roku 2012 provádíme v tomto pasivním domě měření spotřeby energie na vytápění, přípravu TV a pomocnou energii na provoz VZT. Celková spotřeba za období leden – srpen je 1523 kWh. Majitelé se naučili pasivní dům velmi rychle užívat, o čemž svědčí naměřená spotřeba, která je o něco nižší než výpočtový předpoklad. Skutečné měsíční spotřeby můžete vidět na následujícím grafu. V červenci došlo k mírnému nárůstu spotřeby díky občasnému využití chladičské funkce kompaktní jednotky.



Obr. č. 9 Celková spotřeba vytápění + TV + pomocná energie na provoz VZT

## 5. Ekonomická návratnost

Výhodnost ekonomické investice lze vyčíslit několika parametry. Nejjednodušší je ukazatel prosté návratnosti, kdy se vícenáklady dělí dosaženou roční úsporou. Hodnocení pomocí prosté návratnosti můžeme použít v případě, že stavbu financujeme v hotovosti bez pomoci úvěru (viz tabulka č. 7).

Tab. č. 7 Prostá návratnost investice

	Poživovací náklady vč. DPH	Úspora poživovacích nákladů vůči pasivnímu domu	Roční úspora provozních nákladů v pasivním domě	Prostá návratnost investice do pasivního domu
Pasivní	3.577.301,- Kč	---	---	---
Nízkoenergetický	3.486.493,- Kč	90.808,- Kč	8.508,- Kč	<b>10,7 let</b>
Standardní	3.240.649,- Kč	336.652,- Kč	26.813,- Kč	<b>12,6 let</b>

Budete-li financovat stavbu cash, můžete porovnávat jednotlivé varianty pomocí prosté návratnosti. V tomto modelovém příkladě je prostá návratnost pasivního domu cca 10,7 let vůči nízkoenergetickému a 12,6 let vůči standardnímu. Můžeme tedy mluvit o velmi dobré investici a výhodně uložených financích. Pro srovnání uvádíme příklad dodatečného zateplení panelových objektů, kde vychází prosté návratnosti kolem 25 – 30 let.

Většina našich klientů využívá částečné financování pomocí úvěru. V tomto případě není metoda prosté návratnosti zcela přesná, nezohledňuje podmínky úvěru (výši, dobu splatnosti, výši úrokové sazby) a také růst ceny energie.

Pro tento příklad je uvažováno s vlastními zdroji ve výši 1,0 mil. Kč, zbývající část je zajištěna úvěrem s dobou splatnosti 20 let, úrokovou sazbou 5 % po celou dobu splácení. Dále je uvažováno s mírným růstem ceny energie ve výši 3 %. Podrobné podmínky úvěru jsou obsaženy v tabulce č. 8. Ekonomická výhodnost v případě tohoto způsobu financování stavby je vidět v tabulce č. 9.

Tab. č. 8 Nastavení a roční platby úvěru

	Poživovací náklady	Vlastní prostředky	Výše úvěru	Roční anuita (splátky úvěru)
Pasivní	3.577.301,- Kč		2.577.301,- Kč	206.809,- Kč
Nízkoenergetický	3.486.493,- Kč	1.000.000,- Kč	2.486.493,- Kč	199.498,- Kč
Standardní	3.240.649,- Kč		2.240.649,- Kč	179.795,- Kč

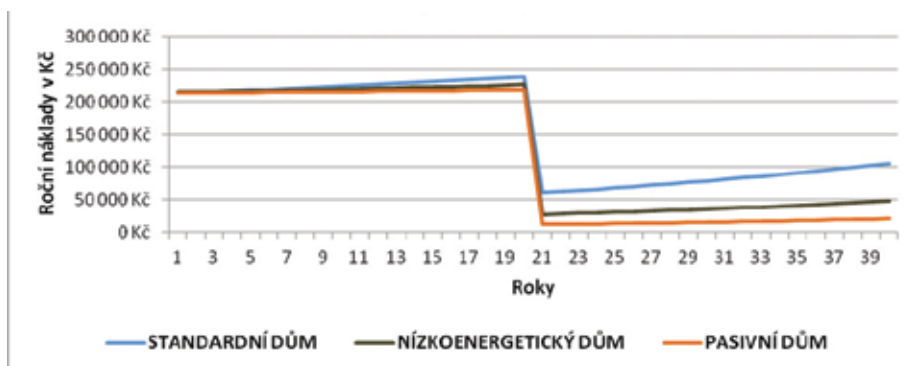
Tab. č. 9 Skutečná návratnost investice

	Roční anuita (splátky úvěru)	Roční provozní náklady	Celkové roční náklady (úvěr + provoz)	Skutečná návratnost investice do pasivního domu
Pasivní	206.809,- Kč	6.461,- Kč	213.270,- Kč	---
Nízkoenergetický	199.498,- Kč	14.969,- Kč	214.467,- Kč	<b>1 rok</b>
Standardní	179.795,- Kč	33.274,- Kč	213.069,- Kč	<b>2 roky</b>

Pokud budete financovat část stavby úvěrem, vidíte, že návratnost vyšší počáteční investice se při započtení reálných cen, tedy vč. uvažování mírného zvyšování cen energie, výrazně zkrátí. Sečteme-li roční platby úvěru a provozní náklady na vytápění a přípravu TV, vychází za daných předpokladů pasivní dům již první rok levněji než nízkoenergetický a jen o cca 200 Kč dražší než standardní. V dalších letech v pasivním domě jen šetříte náklady a navíc si můžete užívat vyššího standardu bydlení.

Na grafu ročních provozních nákladů můžete vidět, jak se křivky rozevírají, je to dáno růstem ceny energie. Po 20 letech (doplacení úvěru) představují křivky pouze náklady na provoz.

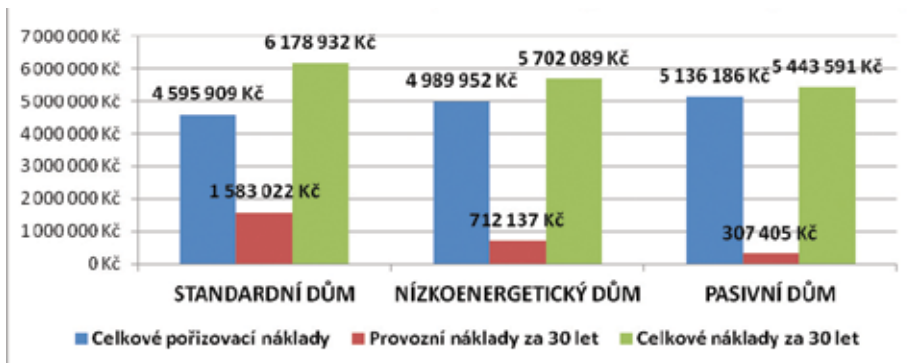
Ve 30. roku jsou náklady na provoz v pasivním domě stále cca poloviční ve srovnání s počátečními provozními náklady ve standardním domě. V případě standardního, resp. nízkoenergetického domu, budete v tomto období pravděpodobně uvažovat, jak snížit energetickou náročnost domu a tím platby za energie.



Obr. č. 10 Roční náklady na provoz domu (splátka hypotéky + provoz)

Na posledním grafu jsou znázorněny celkové náklady v horizontu 30 let. Za toto období nám pasivní dům ušetří cca 735 tisíc Kč oproti standardnímu a cca 258 tisíc Kč vůči nízkoenergetickému. Také z tohoto hodnocení vyplývá ekonomická výhodnost pasivních domů.

## 6. Závěr



Obr. č. 11 Celkové náklady za 30 let (pořizovací + provozní)

Cílem tohoto článku bylo ukázat několik možných hodnocení ekonomické výhodnosti vyšší počáteční investice do pasivního domu.

V případě financování stavby cash, se pohybuje prostá návratnost mezi 10 a 13 lety. Pokud chcete pro stavbu domu využít úvěr, návratnost se snižuje a pasivní dům může být výhodnější již od prvního roku. Navíc přináší výrazně vyšší standard bydlení, stálý přísun čerstvého vzduchu, minimální tepelné mosty a nulové riziko vzniku plísní.

Při rozhodování o energetické náročnosti se nelze řídit pouze pořizovacími náklady, ale je nutné spočítat také roční provozní náklady. Jednoznačně můžeme doporučit stavbu velmi dobře zaizolovaných pasivních domů. Kromě známých výhod se pasivní dům vyplatí také z hlediska ekonomického a navíc se majitelé pasivních domů stávají do jisté míry energeticky nezávislí a nemusí se v důchodovém věku obávat vysokých plateb za provoz domu ani náročné rekonstrukce v podobě dodatečného zateplení konstrukcí, výměny oken atd.

## 7. Literatura

- (1) Materiály z kurzu „Navrhování pasivních domů“
- (2) Materiály firmy Chytrý dům s.r.o.

# Ökonomische Vorteile der Passivhäuser

*Ing. Jan Koloděj, Ing. Petr Filip, Miloš Komňacký, DiS. – CHYTRÝ DŮM s.r.o.  
Pod Strašnickou vinicí 32, 100 00 Praha 10, Tschechische Republik  
Tel: +420 603 247 694, e-mail: kolodej@chytry-dum.eu*

---

I.

## 1. Einleitung

In der letzten Zeitperiode zeigt sich in der Tschechischen Republik grosses Interesse an den Passivhäusern. Die Ursachen sind ständig steigende Preise der Energie, ökologisches Umdenken der Bevölkerung, aber auch die Propaganda und Erklärung der Prinzipie der Passivhäuser (PH).

Heutzutage kontaktieren uns Bauherren mit klarer Vorstellung über das Wohnen im Passivhaus, aber auch Kunden bereits mit einer Studie des Passivhauses. Im ersten Fall lösen wir Details des Objekts nach den Grundlagen des Passivhauses. Der zweiten Gruppe erklären wir, was sie an dem Passivhaus mehr gewinnt.

Selbstverständlich stösst man immer wieder an die grösseren Investitionskosten des Passivhauses.

Die Antworten an die Fragen der ökonomischen Vorteile finden Sie weiter in diesem Artikel.

## 2. Referenzobjekt

Für Beurteilung der ökonomischen Vorteile diente uns das Referenzobjekt im Ort Slatina. Es handelt sich um einstockiges Einfamilienhaus, gestaltet als Bungalow mit leichter Holzskel-etkonstruktion. Regulative des urbanistischen Planes haben einen Satteldach mit Neigung von 40 – 45° und Orientierung gegen Himmelsrichtungen vorgeschrieben. Die Hauptfassade ist gegen Süd-Ost orientiert. Für unsere Beurteilung haben wir mit der idealen Platzierung gerechnet, und zwar die Hauptfassade gegen Süd.



Lokalität	Slatina, ca 450 m.ú.M., Berechnungstemperatur $T_o = -15\text{ °C}$
Wohnungsgrösse	3+1 (Vierzimmerwohnung)
Baufläche	105 m <sup>2</sup>
Nutzfläche laut PHPP	88,3 m <sup>2</sup>
Nutzfläche laut TNI 73 0329	92,4 m <sup>2</sup>
Baukubatur	558 m <sup>3</sup>
Platzierung in der Gegend	von mehreren Seiten der Wetterbelastung ausgestellt, leicht geschützt

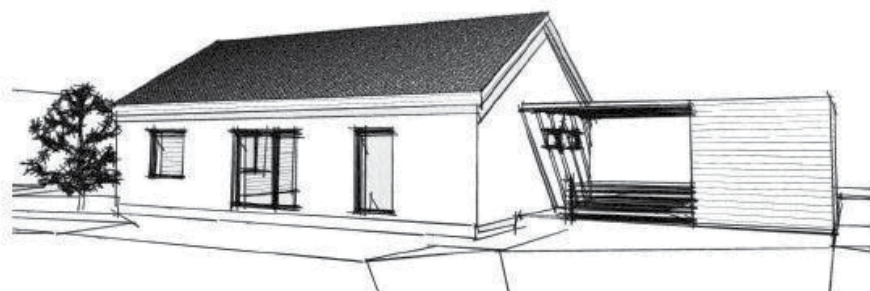


Abb. 1 Skizze des Passivhauses



Abb. 2 Grundriss 1. OG



Abb. 3 Ansicht -West



Abb. 4 Ansicht-Süd

## Konstruktion

Aussenwand	
Material	Dicke
Gipskartonplatten	12,5 mm
Wärmedämmung im Rost (Mineralfaser)	40 mm
Holzspanplatte OSB/3	15 mm
Wärmedämmung zwischen Holzständern (Mineralfaser)	360 mm
Holzfaserplatte	60 mm
Aussenhaut (Putz, oder Holzbelag)	



Abb. 5 Isolierständer – Zwischenraum ausgefüllt mit Wärmedämmung, Dicke 360 mm



Abb. 6 Fachgerechte Vermeidung der Wärmebrücken – Fensterleibung gedämmt mit 60 mm Isolierung

**Decke unter dem unbeheizten Dachgeschoss**

Material	Dicke
Gipskartonplatten	12,5 mm
Luftschicht	200 mm
Holzspanplatte OSB/3	15 mm
Wärmedämmung zwischen Holzständern (Mineralfaser)	400 mm
Gebblasene Wärmedämmung – Zellulose	100 mm
Belüftetes Dachgeschoss	

**Fussboden nicht unterkellert**

Material	Dicke
schwimmendes Holzfussboden	15 mm
Beton + Gitter-Bewehrung	80 mm
PE Folie	
Wärmedämmung EPS 100 Z	250 mm
Entkopplungsbahn 300 g/m <sup>2</sup>	
Wasserisolierung HDPE	
Stahlbetonplatte	150 mm

Es sind Holzfenster aus Europrofilen vorgeschlagen worden, mit dem Rahmen 88 mm und dreifacher Verglasung. Die Verglasung ist mit SuperSpacer-Rahmen versehen und ist in eine 25 mm breite Nut eingelegt. Das 3-Glas disponiert mit U-Wert  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  und Solar-Faktor  $g = 52 \%$ . Dank diesen Parametern und der Zwangslüftung kommt es bei den Extremtemperaturen nicht zur Kondensation an der Glasoberfläche. Die Grösse und Parameter der Fenster sind so optimalisiert worden, dass sie eine aktive Bilanz des Wärmegewinn und Verlust aufweisen. Die Sommerschattierung ist durch Dachübergreifen, Markise und Innenjalousie gesichert.



Abb. 7 Aussentemperatur  $-19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Temperatur am Fenster  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Heizkörper seitlich vom französischen Fenster. Am Fenster hat sich über Winter kein Tauwasser gezeigt.



Abb. 8 Aktive Bilanz der Fenster

## Wärmetechnische Parameter der Gebäudehülle

In der Tabelle 1 sind wärmetechnische Parameter der einzelnen Konstruktionen der Gebäudehülle zusammengefasst. Man sieht, dass alle Konstruktionen, mit Ausnahme der Fenster, ca dreimal bessere Werte aufweisen, als die jeweilige Norm ČSN 73 0540-2 (2011) fördert. Alle Konstruktionen erfüllen selbstverständlich die empfohlenen Werte für Passivhäuser.

Tabelle 1

Konstruktion	U-Wert $U_i$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	U-Wert laut Norm $U_n$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	U-Wert für Passivhäuser $U_{\text{pas}}$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
Aussenwand (AW)	0,095	0,30	0,18 bis 0,12
Decke unter dem unbeheizten Dachgeschoss (DuD)	0,082	0,30	0,15 bis 0,10
Fussboden nicht unterkellert (FnU)	0,124	0,45	0,22 bis 0,15
Fenster und Türen (FT)	0,80 – 0,90	1,50	0,80 bis 0,60

## Energetische Bewertung

Das Passivhaus weist sehr niedrigen Wärmeverlust und Heizungsenergiebedarf auf. Der Wärmeverlust beträgt  $1,8\text{ kW}$  laut ČSN 12 831 und  $1,4\text{ kW}$  laut Methodik PHPP. Messenergiebedarf berechnet laut TNI 73 0329 beträgt  $10\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , und  $15\text{ kWh}/\text{ma}$  laut PHPP. Mit Rücksicht auf so kleinen Bedarf und Nutzung des Objekts durch 2 Personen wurde auch die In-

nentechnologie gewählt. Die Lüftung und Warmwasserzubereitung wird durch eine kompakte Einheit mit Wärmepumpe gesichert. Für die Heizung sorgen die Marmorstrahlkörper und zusätzlich ein Kaminofen mit Leistung von 2 – 4 kW.

I.

Tabelle 2

	Methodik	Berechnungswert
Wärmeverlust	ČSN EN 12 831	1,8 kW
	PHPP	1,4 kW
Messenergiebedarf für Heizung	TNI 73 0329	10 kWh/m <sup>2</sup> .a
	PHPP	15 kWh/m <sup>2</sup> .a

### 3. Berechnungsvarianten für niedrigerenergetische und standard Häuser

Für den Vergleich mit Passivhaus (EPH) sind Varianten der niedrigerenergetischen (NEH) und standard (STH) Häuser entworfen worden. Beim NEH sind nur kleine Änderungen in den Dicken der Wärmedämmung durchgeführt worden. Die Konstruktionen wurden so dimensioniert, dass das Haus die Anforderung des Messenergiebedarfes für NEH erfüllte (max. 50 kWh/(m<sup>2</sup>.a)) - im unseren Fall beträgt dieser Wert 43 kWh/(m<sup>2</sup>.a). Übersichtsvergleich des NEH und EPH ist in der Tabelle 3 angeführt.

Tabelle 3 Vergleich des passiv- und niedrigerenergetischen Hauses

	Dicke der Wärmedämmung	Unterschied gegen Passivhaus	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
Außenwand (AW)	260 mm	-200 mm	0,174
Decke unter dem unbeheizten Dachgeschoss (DuD)	220 mm	-280 mm	0,197
Fussboden nicht unterkellert (FnU)	160 mm	-90 mm	0,191
Fenster und Türen (FT)	gleich wie Passivhaus		
Technologie	gleich wie Passivhaus		
Messenergiebedarf für Heizung	43 kWh/m <sup>2</sup> .a		

Beim STH werden die gleichen Dicken der Wärmedämmung wie beim NEH betrachtet, es werden aber billigere und minderwertige Isolierstoffe und Fester mit Doppelglas verwendet. Fällig ausgelassen bleibt die Zwangslüftung mit Rekuperation und für die Warmwasserzubereitung wird die billigste Variante aus der Sicht des Kaufpreises gewählt – der elektrische Warmwasserspeicher. Der Vergleich STH und des Passivhauses – siehe Tabelle 4.

Uvodem o pasivních domech

Tabelle 4 Vergleich des passiv- und standard Hauses

	Dicke der Wärmedämmung	Unterschied gegen Passivhaus	U-Wert [W/m²K]
Aussenwand (AW)	260 mm	-200 mm	0,183
Decke unter dem unbeheizten Dachgeschoss (DuD)	220 mm	-280 mm	0,214
Fussboden nicht unterkellert (FnU)	120 mm	-130 mm	0,252
Fenster und Türen (FT)	Eurofenster mit Doppelglas		
Technologie	natürliche Belüftung, elektrischer Warmwasserspeicher		
Messenergiebedarf für Heizung	91 kWh/m².a		

Oben angeführten Tabellen zeigen deutliche Unterschiede der Energieaufwände für Heizung. Das Passivhaus ist ca 3-mal sparsamer als NEH und 6-mal als STH.

#### 4. Die Beschaffungs- und Betriebskosten

Die Beschaffungskosten des Passivhauses sind aufgrund der ausführlichen Kalkulation beim konkreten Hausbau zusammengestellt worden. Für energetisch minderaufwändige Varianten sind die Wärmedämmung und Holzkonstruktion korrigiert verrechnet worden. Im Falle STH auch Position „Fenster und Warmwasserzubereitung“. In beiden Varianten sind aber die Kosten für Heizanlage mit grösserer Leistung erhöht worden. In der Tabelle 5 sind die Beschaffungskosten für einzelne Varianten aufgerechnet.

Tabelle 5 Beschaffungskosten

	EPH	NEH	STH
Fundament, Terrasse, PKW-Abstellplatz, IN-Anschlüsse	660.667,- CZK	660.667,- CZK	660.667,- CZK
Hausbau komplett	2.477.317,- CZK	2.397.660,- CZK	2.182.008,- CZK
Gesamtpreis ohne MwSt.	3.137.984,- CZK	3.058.327,- CZK	2.842.675,- CZK
Gesamtpreis incl. MwSt. 14 %	3.577.301,- CZK	3.486.493,- CZK	3.240.649,- CZK

Aus der Tabelle 5 ergibt sich, dass das Referenzhaus (EPH) um ca 90 000 CZK höhere Beschaffungskosten gegen NEH aufweist, was der Preiserhöhung von 2,6 % entspricht. Im Vergleich mit STH sind die Beschaffungskosten um ca 340 000 CZK höher, was der Preiserhöhung von 10,4 % entspricht.

Der Bauherr sollte auch die Jahreskosten für Heizung und Warmwasserzubereitung in Anspruch

nehmen. Leicht kann nämlich passieren, dass die Freude vom billig gebautem Haus nach 2 Jahren durch Enttäuschung von hohen Betriebskosten gewechselt wird. In der Tabelle 6 ist sichtbar, dass die Betriebskosteneinsparung des EPH gegen NEH ca 8 500 CZK aufweist und gegen STH ca 26 800 CZK.

Tabelle 6 Energieverbrauch und Betriebskosten

	EPD	NED	STD
Heizung	1482 kWh	4083 kWh	9183 kWh
Warmwasserzubereitung	595 kWh	595 kWh	1470 kWh
CZK/kWh	3,2 CZK/kWh		
Betriebskosten/Jahr	6.461,- CZK	14.969,- CZK	33.274,- CZK
Mehrkosten im Vergleich gegen EPH	—	+ 8 508,- CZK	+ 26 813,- CZK

Seit Anfang 2012 werden an dem Musterhaus Messungen des Energieverbrauches für Heizung, Warmwasserzubereitung und Betrieb der kompakten Klimaanlage-Einheit durchgeführt. Der Gesamtverbrauch im Zeitraum Januar – August 2012 beträgt 1523 kWh. Die Bewohner haben sich sehr schnell an das Haus angewöhnt, was auch der gemessene Verbrauch beweist, der bischen niedriger als kalkuliert ist. Der tatsächliche Verbrauch ist an dem Graph abzulesen. Im Juli ist der Verbrauch leicht gestiegen infolge der Klimaanlageutzung.

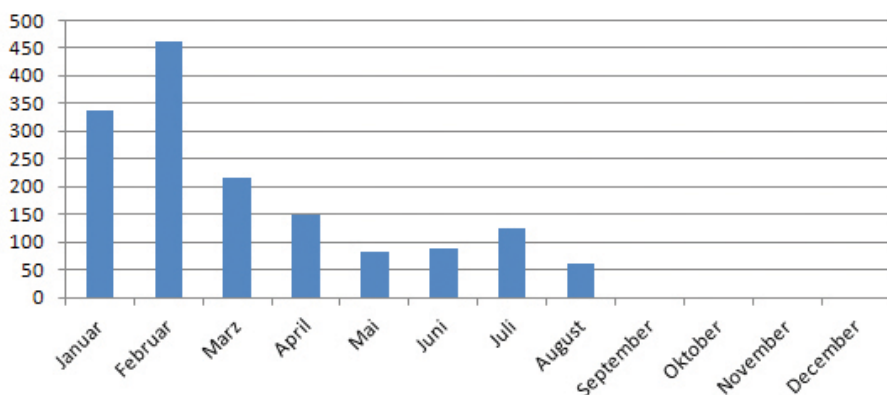


Abb. 9 Gesamtverbrauch: Heizung + Warmwasserzubereitung + Hilfsenergie für den Betrieb der Klimaanlage (kWh)

## 5. Wirtschaftliche Rentabilität

Die wirtschaftliche Rentabilität der Investition kann man durch mehrere Parameter aufrechnen. Die einfachste Kennzahl ist die simple Rentabilität, wo die Beschaffungsmehrkosten durch erreichte Jahreseinsparung dividiert werden. Diese Bewertung kann man dann verwenden, wenn der Bau durch Cash-Zahlung (ohne Kredit) finanziert wird (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7 Simple Rentabilität der Investition

	Beschaffungskosten incl. MwSt.	Einsparung der Beschaffungskosten im Vergleich mit EPH	Jahreseinsparung der Betriebskosten im EPH	Simple Rentabilität der Investition ins EPH
EPH	3.577.301,- CZK	---	---	---
NEH	3.486.493,- CZK	90.808,- CZK	8.508,- CZK	10,7 Jahre
STH	3.240.649,- CZK	336.652,- CZK	26.813,- CZK	12,6 Jahre

Im Fall der Cash-Finanzierung des Baues kann man die einzelnen Varianten mit Hilfe der simplen Rentabilität vergleichen. In diesem Musterbeispiel ist die simple Rentabilität des Passivhauses ca 10,7 Jahre gegen NEH und ca 12,6 Jahre gegen STH. Da spricht man über eine gute Investition und günstig gespeicherte Finanzmittel. Die simple Rentabilität der Paneelhäuser-sanierung (WDVS) ist zum Vergleich ca 25 – 30 Jahre.

Die Mehrheit unserer Kunden finanziert ihre Bauten mit Hilfe der Kredite. In diesem Fall ist die Methode der simplen Rentabilität nicht so ganz exakt, weil die Kreditbedingungen nicht berücksichtigt werden (Gesamtsumme, Rückzahlfrist, Kreditzinsen) und auch die Energiepreiserhöhung.

Für dieses Musterbeispiel wird mit eigenen Mitteln in Höhe von 1,0 Mio CZK kalkuliert und der Restbetrag wird durch Kredit auf 20 Jahre und Zinssatz von 5 % auf die ganze Periode der Kredittilgung gedeckt. Weiter wird mit leichter Steigerung der Energiepreise in Höhe von 3 % kalkuliert. Die ausführlichen Bedingungen des Kredits sind in der Tabelle 8 angeführt. Die wirtschaftliche Rentabilität der Investition für diesen Fall zeigt die Tabelle 9.

Tabelle 8 Kreditbedingungen und Jahrestilgung

	Beschaffungskosten	eigene Finanzmittel	Kredithöhe	Jahresanuität (Kredittilgung)
EPH	3.577.301,- CZK	1.000.000,- CZK	2.577.301,- CZK	206.809,- CZK
NEH	3.486.493,- CZK		2.486.493,- CZK	199.498,- CZK
STH	3.240.649,- CZK		2.240.649,- CZK	179.795,- CZK



Tabelle 9 Tatsächliche Rentabilität der Investition

	Jahresanuität (Kredittilgung)	Betriebskosten pro Jahr	Jahreskosten (Kredit und Betrieb)	Tatsächliche Rentabilität der Investition ins EPH
EPH	206.809,- CZK	6.461,- CZK	213.270,- CZK	---
NEH	199.498,- CZK	14.969,- CZK	214.467,- CZK	<b>1 Jahr</b>
STH	179.795,- CZK	33.274,- CZK	213.069,- CZK	<b>2 Jahre</b>

Falls der Bau zum Teil durch Kredit finanziert wird, sieht man, dass sich die Tilgungsfrist der höheren Investition bei Einrechnung der realen Preise und der Energiepreissteigerung deutlich gekürzt hat. Wenn man die Jahreskredittilgungen und die Betriebskosten für Heizung und Warwasserzubereitung zusammenrechnet, dann stellt man fest, dass das EPH schon im ersten Jahr billiger herauskommt als NED und nur um 200 CZK teurer ist als STH. In weiteren Jahren sparen Sie die Kosten ein und können Sie den besseren Wohnungsstandard genießen.

Im Diagramm der Jahresbetriebskosten kann man sehen, wie sich die Kurven entfalten. Das verursacht die Energiepreissteigerung. Nach 20 Jahren bilden die Kurven nur die Betriebskosten ab.

Im 30-sten Jahr sind die Betriebskosten im EPH immer noch ca die Hälfte im Vergleich zu Anfangsbetriebskosten im STH. In dieser Zeit wird der Besitzer des NEH oder STH stark überlegen, wie man den Energieverbrauch und damit die Energiekosten senken kann.

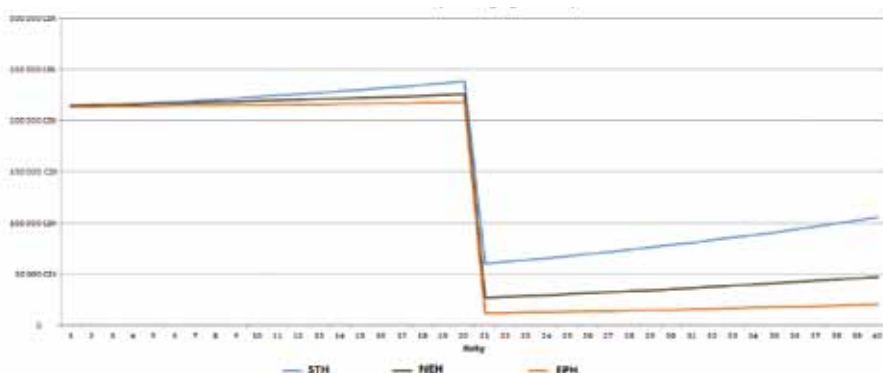


Abb. 10 Jahresbetriebskosten (Kredittilgung + Betrieb)

Das letzte Diagramm zeigt die Gesamtkosten im Zeithorizont von 30 Jahren. In dieser Zeitperiode spart das EPH ca 735.000 CZK gegen STH und ca 258.000 CZK gegen den NEH ein. Auch aus dieser Bewertung ergibt sich die wirtschaftliche Rentabilität der Passivhäuser.

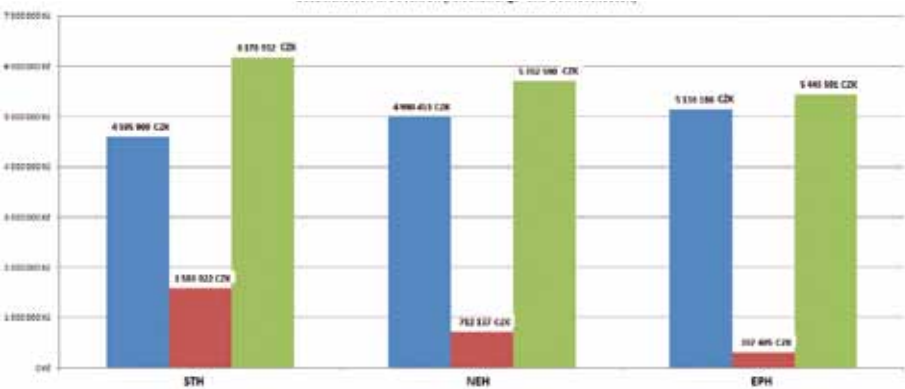


Abb. 11 Gesamtkosten in 30 Jahren (Anschaffungs- und Betriebskosten)

## 6. Schlusswort

Ziel dieses Artikels war eine Darstellung der möglichen Bewertungen wirtschaftlicher Rentabilität der höheren Investition ins EPH.

Im Falle der Cash-Finanzierung bewegt sich die simple Rentabilität zwischen 10 und 13 Jahren. Wenn durch Kredit finanziert wird, dann kürzt sich die Rentabilität deutlich und das Passivhaus kann schon vom Anfang her billiger sein. Ausserdem weist höheren Standard auf, ständigen Zuschub der frischen Luft, minimale Wärmebrücken und kein Risiko des Schimmelbefall.

Bei der Bestimmung über den energetischen Aufwand kann man sich nicht nur nach den Beschaffungskosten orientieren, aber man muss auch die Jahresbetriebskosten berechnen. Eindeutig können wir den Bau der gut gedämmten Pasivhäusern empfehlen. Neben den bekannten Vorteilen lohnt sich das Passivhaus auch aus der ökonomischen Sicht. Die Besitzer werden fast energetisch unabhängig und brauchen sich nicht Sorgen über die immer höhere Zahlungen im Rentneralter für die Betriebskosten oder Renovierung eigenes Hauses (WDVS, Fensteraustausch, etc.) machen.

## 7. Literatur

- (1) Unterlagen für Kurs „Planung von Passivhäusern“
- (2) Unterlagen der Gesellschaft Chytrý dům s.r.o. (“Kluges Haus”)

# II. ARCHITEKTURA A URBANISMUS

II.

<b>Udržitelná architektura a urbanismus</b>	108
Autorka textu: Dominique Gauzin-Müller	
Přednáška: Arch. Dipl. Ing. Helmut Dietrich, Dietrich I Untertrifaller Architekten ZT GmbH	
<b>Nachhaltigkeit in Architektur und Städtebau</b>	119
Autorin des Textes: Dominique Gauzin-Müller	
Vortrag: Arch. Dipl.-Ing. Helmut Dietrich, Dietrich I Untertrifaller Architekten ZT GmbH	
<b>BUBENEČ GARDENS, Praha, luxusní bydlení v pasivním standardu</b>	130
Text příspěvku: Josef Smola a Michaela Václavská	
<b>První pasivní administrativní budova v České republice</b>	148
Ing. arch. Radim Václavík, ATOS-6, spol. s r.o. STAVEBNĚ PROJEKTOVÁ KANCELÁŘ	
<b>Od pasívneho domu k nulovému</b>	156
Ing. Igor Kuzma, ForDom s.r.o.	
<b>Pasivní kruhový dům z přírodních materiálů s minimální ekologickou stopou</b>	165
Ing. arch. Mojmír Hudec, ATELIÉR ELAM	
<b>Pasívna drevostavba pre každého</b>	173
Ing. Marián Prejsa, Createrra s.r.o.	
<b>Pasívny dom na mieru</b>	181
Henrich Pifko, H.P.design	

<b>Projekt energeticky pasivní bytové vily Pod Altánem a proces výstavby</b>	191
Akad. arch. Aleš Brotánek	
<b>Účast týmu ČVUT v soutěži Solar Decathlon 2013</b>	205
Michal Bureš, Katedra konstrukcí pozemních staveb, ČVUT v Praze	

# Udržitelná architektura a urbanismus

*Autorka textu: Dominique Gauzin-Müller*

*D-70619 Stuttgart, Brunnenwiesen 55, Německo*

*Tel: +49 711 476 055-5, e-mail: gauzin-mueller@t-online.de*

*Zdroj: "Dietrich | Untertrifaller – Bauten und Projekte seit 2000" (Springer-Verlag Wien, 2008)*

*Přednáška: Arch. Dipl. Ing. Helmut Dietrich, Dietrich | Untertrifaller Architekten ZT GmbH*

*Arlbergstraße 117, 6900 Bregenz, Rakousko*

*e-mail: arch@dietrich-untertrifaller.com*

II.

Od svého založení v roce 1994 kancelář Dietrich | Untertrifaller usilovala o důslednou realizaci cesty, která zohledňuje všechna témata trvale udržitelné architektury. K tomu v první řadě patří šetrné začlenění jejich staveb do přírodního nebo městského okolí a jejich přizpůsobení topografii, aby se v lokalitách na svahu nemusely provádět zemní práce. Používání přírodních, trvanlivých a zdravých materiálů, které pocházejí z daného regionu, podporuje regionální ekonomiku, redukuje přepravní cesty a tím zabraňuje plýtvání benzínem a zbytečným emisím CO<sub>2</sub>. Ze stejného důvodu je dle možnosti provádění staveb zadáváno firmám sídlícím v daném regionu. Tím se ušetří nejenom čas a peníze, ale podporuje se tím i jistá hrdost a také regionální identita. Na konstrukce, ale také na interiéry a na vnější fasády se používá chemicky neupravené dřevo, převážně vorarlberská bílá jedle, které pochází často z lesů, jež je možno vidět z domu.

Stavět trvale udržitelně mimo jiné znamená šetřit za pomoci aktivních a pasivních opatření a také dávat přednost obnovitelným zdrojům energie. Helmut Dietrich a Much Untertrifaller navrhují již po dlouhou dobu domy ze dřeva s tlustou izolační vrstvou, které pasivně využívají solární energii díky důmyslně navrženým a orientovaným dvoj- a trojsklům a které jsou částečně vytápěny kamny na dřevo. Pro sluneční kolektory k přípravě teplé vody je často dostatek místa na střeše. Ke konkretizaci myšlení o trvale udržitelném rozvoji patří rovněž zohlednění sociálních a kulturních aspektů. Všechny projekty kanceláře budují mosty mezi tradicí a modernou. Dům rodiny Fink v Bezau (z roku 2006), který stojí zcela přirozeně vedle starého stavebního supermarketu Wälderhaus, má dřevník, ale také tepelné čerpadlo s hloubkovými vrty, která dodává teplo prostřednictvím podlahového topení. Díky obálce budovy s účinnou izolací se roční spotřeba tepla pohybuje kolem 27 kW/(m<sup>2</sup>a), zbývající teplo je převážně dodáváno ze zdrojů obnovitelné energie.



*Obr. 1 Dům F*



*Obr. 2 Dům F*

II.

Architektura a urbanismus

V domě N. v Dornbirnu (z roku 2004) se prostřednictvím podlahového topení nejen vytápí, ale také chladí. Větrací zařízení je propojeno s přepínatelným solankovým tepelným čerpadlem, jehož tři vrty jdou do země až do hloubky 83 metrů, a se zemním zásobníkem tepla pro pasivní předeřívání nebo ochlazování čerstvého vzduchu.

Po mnoha zkušenostech s ekologickou výstavbou jednogeneračních rodinných domů se kancelář odvážíla koncipovat první školní budovu v Rakousku ve standardu pasivního domu. Díky nasazení všech firem, které se na stavbě podílely, pak vznikl v Klausu ukázkový příklad veřejné budovy v duchu udržitelného rozvoje, která byla postavena z chemicky neupravované bílé jedle a byla s ní i obložena. Rozhodující úlohu zde sehrála zastupitelstva obcí Klaus, Fraxern a Weiler a také ředitel školy v těsné spolupráci s architekty, mnoha technickými inženýry a prováděcími firmami. Počínaje urbanistickým konceptem až do posledního detailu je tato základní škola zcela precizně promyšleným projektem: inteligentně sladěná s krajinou, velkorysá, co se prostoru týče, příjemná díky světlým plochám a přirozenému světlu a rovněž do detailů promyšlená z energeticko-technické stránky. Dešťová voda se sbírá a shromažďuje se jako rezerva pro sprinklerové automatické hasicí zařízení. Konec konců pitná voda je stále drahocennější zboží, kterým je třeba naléhavě šetřit!

Ve spolupráci s projekční kanceláří Ingenieurbüro Synergy byl důsledně sledován cíl dosažení standardu pasivního domu. Obálka domu je po celém povrchu vzduchotěsná, s obzvláště účinnou izolací: okna s trojskly mají U-hodnotu (součinitel prostupu tepla)  $0,76 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; 35 centimetrů kamenné vlny ve stěnách a 30 centimetrů ve střeše zajišťuje U-hodnotu  $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; 18 centimetrů minerální vlny pod stropem v přízemí dává U-hodnotu  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Aula a knihovna jsou vybaveny podlahovým topením, ostatní prostory jsou vytápěny pomocí centrálně řízeného ventilačního zařízení. Rotační výměník tepla přináší kolem 85 procent tepla získaného rekuperací z odpadního vzduchu. V létě i v zimě se čerstvý přiváděný vzduch nejdříve temperuje díky zemnímu výměníku tepla: Trubky z polyetylénu, které jsou 26 metrů dlouhé a mají průměr 40 centimetrů, byly položeny pod aulou ve třech vrstvách. Měření po dvou letech používání prokázala efektivitu těchto zemních kolektorů. Přiváděný vzduch se v průměru pasivně předeřívá a o pět až sedm procent a rozdíl může dosáhnout během nejstudenějších dnů až dvanácti stupňů Celsia. Leží-li venkovní teplota v rozmezí od 18 do 20 stupňů Celsia, proudí čerstvý vzduch díky „bypassu“ přímo do budovy. Pro zvýšení letního komfortu slouží na jižní fasádě sluneční clona z děrovaného měděného plechu a na východě a západě, kde jsou umístěny jednotlivé třídy, sluneční clona z elektronicky nastavitelných lamel. Odskok prosklené fasády ve výšce očí sedících dětí umožňuje výhled do přírodního

prostředí v okolí a zadržuje oslňující sluneční paprsky. Optimální využití denního světla ve spojení s osvětlovacím zařízením, které je řízeno přes systém LON-Bus, a s automatickým stínícím systémem snižuje spotřebu proudu. Přitom se využívá nejen potenciál energetické úspornosti elektroniky, nýbrž se těží i ze schopnosti a angažovanosti správce budovy.

Podle programu pro výpočet potřeby energie Solar-W12 a simulačního prostředí TRNSYS se očekávaná měrná spotřeba tepelné energie (potřeba tepla na vytápění dle PHPP) na topení a chlazení pohybovala kolem 14,30 kWh/(m<sup>2</sup>a) pro trakt se třídami a 15,71 kWh/(m<sup>2</sup>a) pro celou školu. Po dvou letech užívání vykázala měření ještě lepší hodnotu: 11,4 kWh/(m<sup>2</sup>a) pro celou budovu! Zbývající potřebu pokrývají obnovitelné zdroje energie. Na střeše knihovny jsou připraveny trubky pro kolektory na teplou vodu. Fotovoltaické zařízení má plochu 240 m<sup>2</sup> a dodává maximální výkon 20 kWp. Vyrobený proud se dodává do veřejné sítě. Pro dohřívání čerstvě přiváděného vzduchu se v současné době používá zařízení s plynovým kondenzačním kotlem, které má být ve druhé fázi stavby, při níž bude provedena rekonstrukce tělocvičny, nahrazeno připojením na dálkový zdroj tepla vedený z kotelny na biomasu, která bude spalovat štěpky. Z uživatelů, jak velkých, tak malých, vyznačuje hrdost a spokojenost. Učitelé zdůrazňují vyšší schopnost koncentrace svých žáků a vysvětlují si ji lepší kvalitou vzduchu: intenzita výměny vzduchu od 1 do 2,8 objemu místnosti za hodinu, regulovaná vlhkost vzduchu, nízký obsah CO<sub>2</sub> a čistý vzduch díky velice jemným filtrům. Při množství čerstvého vzduchu od 18 do 20 m<sup>3</sup>/h na osobu ležely naměřené hodnoty zatížení CO<sub>2</sub> mezi 500 a 700 ppm, to je dvakrát až třikrát méně, než činí průměrné hodnoty ve školách bez ventilačního zařízení.

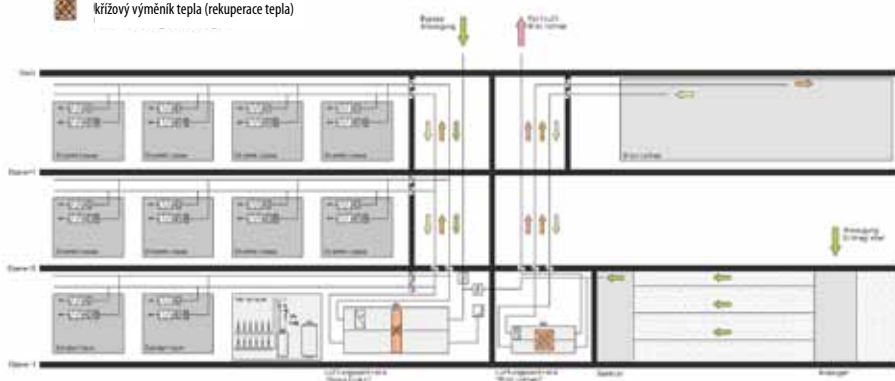


Obr. 3 Základní škola Klaus









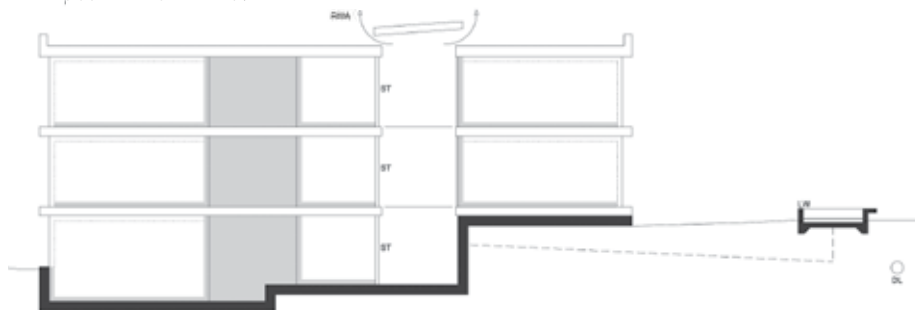
Stavba z prefabrikovaných dřevěných rámových dílců byla dokončena za 15 měsíců a předána v září 2003. Zcela rozhodující přitom je, že investice překračovala jen o tři procenta zemský průměr pro konvenční masivní školní stavby. Dle kanceláře pro řízení nákladů (Büro für Kostenmanagement) Josef Mahlknecht činily celkové náklady (1 až 9 dle ÖNORM B 1801-1, to znamená stavební dílo, vnitřní zařízení, vnější areál, honoráře a vedlejší náklady) 8,3 milionů euro netto na hrubou podlahovou plochu 5 264 m<sup>2</sup>, což znamená 1 577 €/m<sup>2</sup>. Pokud budeme sledovat jen náklady na stavbu (1 až 6 dle ÖNORM B 1801-1), ležela tato hodnota někde kolem 1 174 €/m<sup>2</sup> hrubé podlahové plochy (hodnota z roku 2004). Díky snížení spotřeby energie o cca 75 procent došlo během krátké doby k amortizaci vícenákladů. Díky čilé komunikaci, která panuje ve stavebním odvětví ve Vorarlbergu, šíření informací a mnoha prohlídkám již tato stavba udělala velikou osvětu. Od té doby bylo ve standardu pasivního domu postaveno větší množství dalších veřejných budov, případně se nyní nachází ve fázi plánování nebo výstavby.

-  odváděný vzduch
-  přiváděný vzduch
-  odvětrávaný vzduch
-  čerstvý vzduch
-  tlumič hluku
-  regulátor průtoku vzduchu
-  regulační klapka/protipožární klapka
-  uzavírací klapka
-  topný registr
-  rotační výměník tepla (rekuperace tepla)
-  křížový výměník tepla (rekuperace tepla)



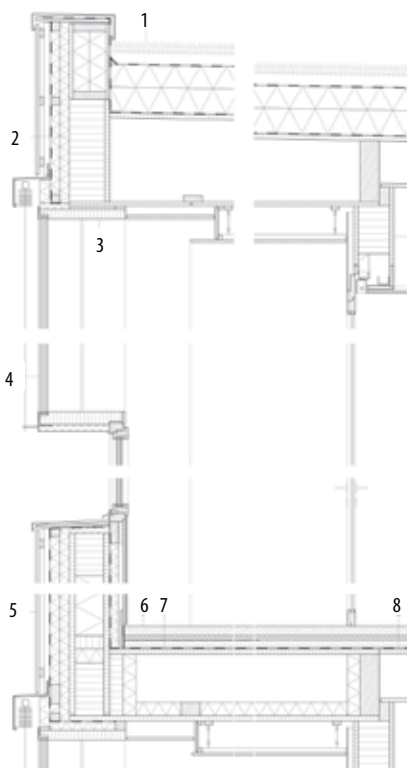
Obr. 4 Schema energetické koncepce

-  odvod kouře a tepla
-  18 mm kalkovaný opal F30 Kertoplatten a dřevěné lepené (lamelové) nosníky
-  protipožární obklad F30, příp. ohnivzdorný povrch
-  protipožární nátěr na ocelových vzpěrách
-  200 m<sup>3</sup> požární nádrž na vodu pro protipožární zásah
-  přípojka tlakového potrubí na veřejný vodovod



Obr. 5 Schema protipožární obrany

- 1 extenzivní zeleň 100 mm  
utěsnění střechy 3-vrstvý bitumen  
tepelná izolace kamenná vlna 300 mm  
parozábrana, OSB deska 22 mm  
lamelový (lepený) nosník (BSH) 520-380 mm ve sklonu  
OSB deska 22 mm  
zavěšený strop  
březová překližka 12 mm
- 2 dřevěný lepený nosník 220/640 mm
- 3 okenní rám z lamelového hranolu (BSH) 540/60 mm
- 4 izolační trojsklo ( $U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- 5 obložení bílá jedle přírodní 20 mm  
látování 30 mm, kontralátování 40 mm  
utěsnění proti větru  
látování 2  $\approx 40/60$  mm, prokládáno křížem,  
v mezivrstvě tepelná izolace z kamenné vlny  
překližková deska 33 mm  
lamelový nosník BSH 180 mm, v mezivrstvě kamenná vlna 180 mm  
překližková deska 33 mm, parozábrana  
látování 84 mm v mezivrstvě kamenná vlna 50 mm  
vzduchová komora 35 mm, březová překližka 12 mm
- 6 nivelační stěrka, lakováno epoxidovým lakem 3 mm  
potěr 60 mm  
izolace proti kročejovému hluku 25 mm  
náryp stěrkdrti 50 mm
- 7 překližková deska 33 mm  
lamelový nosník BSH 80/380 mm,  
v mezivrstvě kamenná vlna 100 mm  
překližková deska 33 mm  
zavěšený strop březová překližka 12 mm
- 8 OSB deska 30 mm  
dřevěný trám 80/280 mm  
OSB deska 22 mm



Obr. 6 Řez vnější stěnou třídy

Další pilotní projekt ve standardu pasivního domu, dům na ulici Mühlweg ve Vídni, vyprojektovala kancelář Dietrich I Untertrifaller pro investora BAI, Bauträger Austria Immobilien GmbH. Tento bytový komplex se 70 bytovými jednotkami pro cca 200 bydlících, který byl dokončen v listopadu 2006, se zúčastnil soutěže stavebních dodavatelů Wien 21, kterou organizoval v roce 2004 Vídeňský fond pro bytovou výstavbu a obnovu města (Wiener Fonds für Wohnbau und Stadterneuerung). V soutěži byl oceněn projekt vícepodlažních nájemních domů s dřevěnými nebo smíšenými dřevěnými konstrukcemi, které splňovaly kritéria pro udržitelný rozvoj v rámci maximální hranice celkových stavebních nákladů podporované bytové výstavby, to znamená čisté stavební náklady pro užitnou bytovou plochu do 1 100 €/m<sup>2</sup> (1 až 6 dle ÖNORM B 1801-1). Takováto kombinace v podobném rozsahu je evropskou premiérou a vyžaduje ode všech zúčastněných hodně odvahy a angažovanosti. Stavební záměr byl realizován za podpory programu „Haus der Zukunft (Dům budoucnosti)“. Investor BAI využil tuto soutěž jako podnět k tomu, „aby formou demonstračního projektu vyvinul a realizoval ekologicky orientovanou typologii bytové výstavby odpovídající udržitelnému rozvoji a následně ji také etabloval u volně financované bytové výstavby“. Tento způsob strategie zdola nahoru je jistě tím nejsmyslnějším, chceme-li co nejdříve dosáhnout potřebných změn mentality v zaměření na energeticky úsporné novostavby a renovace. A rozličné indicie nám ukazují, jak neodkladně musíme jednat!

Projekčně-architektonická opatření podporují ekologické kvality stavby, její energetickou efektivnost a také redukci jejích výrobních nákladů. Tyto čtyři kompaktní domy vykazují poměr povrchu, který je ve styku s exteriérem, vůči užitné bytové ploše (A/V) ve výši 0,44. Tím se o něco sníží spotřeba stavebních materiálů a zřetelně se omezí výměna tepla mezi exteriérem a interiérem, to je skutečnost, která šetří energii. Jednoduchý, čtyřikrát reprodukováný základní model umožňuje ve značné míře využít průmyslovou prefabrikaci, která se projeví snížením nákladů. Doba výstavby byla extrémně krátká: Vybudování bloku s 18 bytovými jednotkami trvalo pouze přibližně jeden týden, díky tomu se na stejnou dobu současně omezil stavební hluk a znečištění. Poměr realizační plochy vůči obytné užitné ploše byl rovněž optimalizován. Účelně řešené půdorysy bytů nabízejí dostatek úložných prostorů a umožňují flexibilní, rozmanité využití bez podstatných změn stavebního tělesa, což rovněž patří ke způsobům myšlení udržitelného rozvoje. Každý byt je vybaven chráněným místem k posezení v exteriéru: terasou v přízemí, velkorysou dřevěnou lodžii na jih, na západ nebo na východ ve vyšších patrech.

Bytové domy byly realizovány pomocí technologie smíšené dřevostavby s domovním jádrem se schodišťovým skeletem z železobetonu a ze stěn vyrobených z lepených panelů z vrstveného

masivního dřeva (panely CLT). Obálka je opatřena obzvláště účinnou tepelnou izolací: 24 centimetrů kamenné vlny a pěticentimetrová deska z dřevěné vlny přidaná před nosné panely tlusté devět centimetrů poskytuje celkovou U-hodnotu vnější stěny ve výši  $0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Na střeše přináší izolace, která je v průměru 40 centimetrů tlustá, a panel CLT tloušťky 10,5 centimetrů U-hodnotu  $0,075 \text{ W/m}^2\text{K}$ . 25 centimetrů izolace EPS přes železobetonový strop mezi suterénem a přízemím dosahují U-hodnoty  $0,105 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dřevěná okna s hliníkovými krycími plechy a trojsklem, certifikovaná Institutem pro pasivní domy, dosahují celkové U-hodnoty  $0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Měření při testu neprůvzdušnosti Blowerdoor vykázala při rozdílu tlaku 50 Pascalů intenzity výměny vzduchu n50 hodnotu pod 0,3 1/h, což odpovídá vysoké vzduchotěsnosti. Díky těmto mimořádným hodnotám, které jsou ještě lepší než hodnoty u základní školy v Klausu, se vypočítaná měrná spotřeba tepelné energie dle PHPP pohybuje do  $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Srovnání obou domů ukazuje, že se u bytové výstavby ve Vídni sice hodně investovalo do izolace obálky budovy, avšak na technické vybavení budovy se nahlíželo velmi přísně ekonomicky. Byl vyškrtnut plánovaný zemní plošný kolektor, „neboť [kolektor] byl při vysokých nákladech na jeho zřízení a údržbu málo efektivní“; malé radiátory nahradily malé podlahové vytápění; původně decentralizovaný ventilační systém byl centralizován vždy pro celý bytový dům. Rozdíly v řešení jsou samozřejmě závislé na rozpočtu, který je v příslušném případě k dispozici, a který je u podporované bytové výstavby nižší, ale také v rozdílném využívání: individuální regulace u bytů používaných denně po celý rok v bytové výstavbě; centrální řízení s dlouhými přestávkami mezi využitím, avšak s vysokým počtem uživatelů u školní stavby.

V bytovém komplexu v lokalitě Mühlweg byl instalován na střeše každého ze čtyř domů jeden centrální ventilační přístroj. Tento sestává zejména z ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu, protiproudých deskových výměníků tepla s tepelnou rekuperací 83 procent (při venkovní teplotě minus pět stupňů Celsia a 80 procentech vlhkosti vzduchu), předehřívacího registru proti zamrznutí výměníku tepla a z rukávových filtrů pro čerstvý a odváděný vzduch. Množství vzduchu pro přívod a odvod vzduchu se pohybuje kolem  $1\,800 \text{ m}^3/\text{h}$ . Základní vytápění obytných místností je pokryto teplotou přiváděného vzduchu 17 stupňů Celsia, kterou poskytuje přes odpadní vzduch výměník tepla. Individuální regulace pro každou místnost umožňují malé radiátory. Příprava teplé vody se provádí pomocí slunečních kolektorů, propojených se dvěma plynovými kondenzačními přístroji, které jsou umístěny ve sklepech každé budovy. Od venkovní teploty minus tři stupně Celsia slouží i tyto plynové kondenzační kotle k předehřívání čerstvě přiváděného vzduchu. Byl brán ohled i na další ekologické aspekty. Bylo upuštěno od používání elektrické energie k výrobě tepla kvůli špatné efektivitě. Díky odpovídající volbě přístrojů

a materiálu bylo zamezeno emisím fluorochlorovodíku (freonu) H-FCKW, fluorovodíku H-FKW a fluoridu sírového SF<sub>6</sub>. Samozřejmě byly použity armatury a splachovadla šetřící vodou, do každého bytu jsou namontovány měřiče teplé a studené vody, shromažďuje se dešťová voda pro zalévání vnějších ploch.

II.

Při celkové užitné bytové ploše 6 750 m<sup>2</sup> včetně 490 m<sup>2</sup> lodžii činí čisté stavební náklady (1 až 6 dle ÖNORM B 1801-1) něco kolem 7,2 milionů euro. Tím bylo dosaženo ambiciózního cíle minimalizace nákladů, které se pohybují kolem 1 065 €/m<sup>2</sup> užitné bytové plochy. Tento projekt byl dotován převážně spolkovou zemí Vídeň a jeho jednotlivá dodatečná opatření dostala subvence z programové linie „Haus der Zukunft (Dům budoucnosti)“, od Spolkového ministerstva pro dopravu, inovaci a technologii. K výhodám je třeba přičíst rozumné ocenění stavby a také spokojenost uživatelů, abychom profitovali ze zpětné vazby. Alexander Keul, doktor aplikované psychologie, přezkoumal toto zařízení na jaře roku 2007 dle svých kritérií na vhodnost pro uživatele. Jeho anonymní dotazník s kvantitativními a kvalitativními body vyplnili 46 rodin, tedy 66 procent obyvatel domu. V jeho krátké zprávě k výsledkům se můžeme dočíst: „Svůj tělesný a duševní dobrý pocit v novém bytě hodnotilo 80 procent nejlepší známkou „velmi dobrý“. Všichni chtějí zde v lokalitě Mühlweg bydlet delší dobu, asi 60 procent z nich dokonce déle než deset let. Pro 80 procent bylo dřevo a pasivní dům důležitým aspektem při jejich rozhodování o bydlení.“ Projekt Dům Mühlweg byl ze strany BAI hodnocen jako „vysloveně pozitivní“. Dodavatel stavby zdůraznil konstruktivní spolupráci se zúčastněnými úřady, projektovými a kooperačními partnery, mezi nimi zvláště s firmou KLH Massivholz GmbH a samozřejmě s kanceláří Dietrich I Untertrifaller: „Bez takového nasazení by v dnešní době nebylo možné realizovat takový či srovnatelné projekty za konkurenceschopné stavební náklady.“ Jak základní škola v Klausu, tak i dům Mühlweg vytyčují nový směr k trvale udržitelné budoucnosti.



*Obr. 7 Dům Mühlweg*



*Obr. 8 Půdorys běžného podlaží*

## AW 7 vnější stěna úroveň 4 parapet 280 mm

2mm	silikonová omítka
3mm	armovací stěrka
20mm	vápenocementová základní omítka
50mm	heraklit
140mm	konstrukční dřevo
18mm	OSB deska
5mm	izolační pás Sarnafil (vytažený nahoru)
25mm	laťování
20mm	3-vrstvá deska modřin

## DA 2 konstrukce terasy strop nad Ú+3 (strop F90)

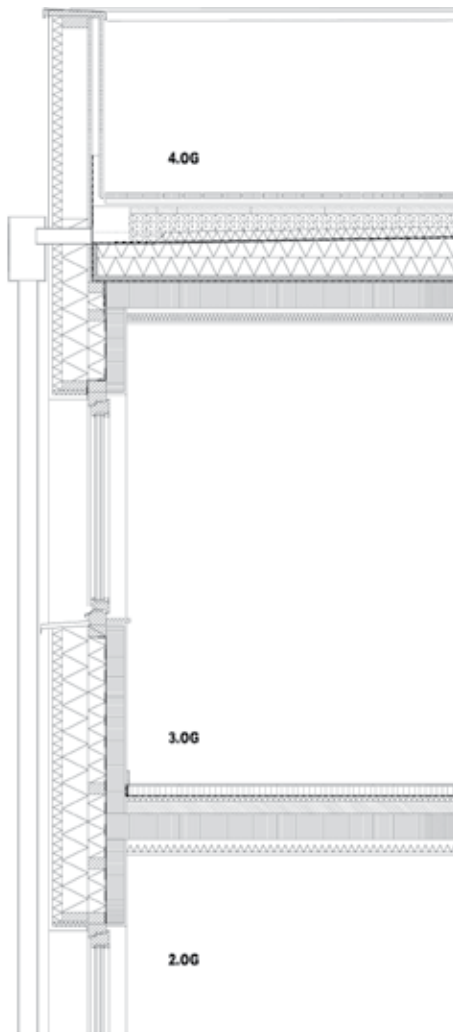
30mm	modřinové fošny s hladkými hranami 30/100
45mm	30mm Alu-fořo+15mm Schiff
40mm	betonové desky
20-150mm	štrkoderť (XPS 50mm u spodních bodů nakloněné plochy)
5mm	ochranná vrstva
10mm	2 vrstvy bitumenový izolační pás E KV5+ ohnivzdorná ochrana
70-200mm	EPS izolace nakloněné plochy W30
100mm	EPS izolace W30
30mm	deska izolace proti kročejovému hluku 35/30 (Isover tango)
5mm	živičná parozábrana sd >1500 m (nouzový přístřešek)
140mm	CLT stropní prvek
70mm	zavěšení stropu (protivibrační závěs)
40mm	vložená izolace z minerální vlny
15mm	GKF deska

## AW1 vnější stěna úroveň 1-3 425mm (stěna F60)

2mm	silikonová omítka
3mm	armovací stěrka
20mm	vápenocementová základní omítka
50mm	deska z dřevní vlny pojená magnezitem (např. heraklit – BM)
240mm	2-vrstvá izolace z kamenné vlny 90 kg/m <sup>3</sup> (např. Heralan KP-HP) WLG 040
100+140mm	konstrukční dřevo
	těsnící fólie proti proudění vzduchu hodnota sd=2m
94mm	CLT stěnový prvek
15mm	GKF deska

## DE 3a konstrukce podlahy chodba/bytná část, úroveň 2-3, 160mm (strop F90)

10mm	plovoucí podlaha dubové parkety
50mm	potěr E225
	separační vrstva parozábrana
30mm	deska izolace proti kročejovému hluku 35/30 (Isover tango)
70mm	lehce pojená štrkoderť
	ochrana proti propadání pomocí přelepení styčných spojů
140mm	CLT stropní prvek
70-270mm	zavěšení stropu (protivibrační závěs)
40mm	vložená izolace z minerální vlny
15mm	GKF deska



Obr. 9 Řez vnější stěnou

# Nachhaltigkeit in Architektur und Städtebau

*Autorin des Textes: Dominique Gauzin-Müller*

*D-70619 Stuttgart, Brunnenwiesen 55, Deutschland*

*Tel: +49 711 476 055-5, e-mail: gauzin-mueller@t-online.de*

*Quelle: "Dietrich | Untertrifaller – Bauten und Projekte seit 2000" (Springer-Verlag Wien, 2008)*

*Vortrag: Arch. Dipl.-Ing. Helmut Dietrich, Dietrich | Untertrifaller Architekten ZT GmbH*

*Arlbergstraße 117, 6900 Bregenz, Österreich*

*e-mail: arch@dietrich-untertrifaller.com*

---

Seit seiner Gründung 1994 hat sich das Büro Dietrich | Untertrifaller für einen konsequent verfolgten Weg engagiert, der alle Themen der nachhaltigen Architektur berücksichtigt. Dazu gehören in erster Linie die respektvolle Eingliederung ihrer Bauten in die natürliche oder städtische Umgebung und deren Anpassung an die Topografie, um in Hanglagen Erdarbeiten zu vermeiden. Die Verwendung natürlicher, beständiger und gesunder Materialien, die aus der Region stammen, unterstützt die regionale Wirtschaft, reduziert die Transportwege und vermeidet dadurch Benzinverschwendung und unnötige CO<sub>2</sub>-Emissionen. Aus dem gleichen Grund werden nach Möglichkeit ortsansässige Firmen mit den Ausführungen beauftragt. Dadurch werden nicht nur Zeit und Geld gespart, sondern auch ein gewisser Stolz sowie eine regionale Identität gefördert. Das Holz, überwiegend Vorarlberger Weißtanne, für die Konstruktion sowie im Innenausbau und an den Außenfassaden, wird unbehandelt verwendet und kommt oft aus Wäldern, die man vom Haus aus sehen kann.

Nachhaltig bauen heißt unter anderem, Energie durch passive und aktive Maßnahmen sparen sowie erneuerbare Energien bevorzugen. Helmut Dietrich und Much Untertrifaller konzipieren schon lange Häuser aus Holz mit einer dicken Isolierschicht, die Solarenergie durch geschickt dimensionierte und orientierte Doppel- und Dreifachverglasung passiv nutzen und zum Teil mit einem Holzofen geheizt werden. Für Sonnenkollektoren zur Warmwasseraufbereitung gibt es oft Platz auf dem Dach. Zur Konkretisierung des nachhaltigen Denkens gehört ebenso die Berücksichtigung sozialer und kultureller Aspekte. Alle Projekte des Büros bilden Brücken zwischen Tradition und Modernität. Haus Fink in Bezau (2006), das ganz natürlich neben einem alten Wälderhaus steht, besitzt einen Schopf, aber auch eine Erdwärmepumpe mit Tiefsonden, die die Wärme über die Fußbodenheizung abgibt. Dank der hochgedämmten



Hülle liegt der Jahreswärmebedarf bei rund  $27 \text{ kW}/(\text{m}^2 \text{a})$ , die Restwärme wird überwiegend von erneuerbarer Energie erbracht.

II.



Abb. 1 Haus F.



Abb. 2 Haus F.

Im Haus N. in Dornbirn (2004) wird über die Fußbodenheizung nicht nur geheizt, sondern auch gekühlt. Die Lüftungsanlage ist gekoppelt mit einer umschaltbaren Sole-Wasser-Wärmepumpe, deren drei Sonden 83 Meter tief im Boden stehen, und einem Erdreichregister zur passiven Vorwärmung beziehungsweise Vorkühlung der Frischluft.

Nach vielen Erfahrungen im ökologischen Einfamilienhausbau hat das Büro den Mut gehabt, das erste Schulgebäude Österreichs mit Passivhausstandard zu konzipieren. Dank des Engagements aller am Bau Beteiligten entstand dann in Klaus ein Paradebeispiel für ein nachhaltiges öffentliches Gebäude, das mit einheimischer unbehandelter Weißtanne gebaut und verkleidet wurde. Die Räte der Gemeinden Klaus, Fraxern und Weiler sowie der Schuldirektor haben dabei in enger Zusammenarbeit mit den Architekten, den vielen Fachingenieuren und den ausführenden Firmen eine entscheidende Rolle gespielt. Vom städtebaulichen Konzept bis ins Detail ist diese Hauptschule ein ganz präzise durchdachtes Projekt: dem Gelände intelligent angepasst, großzügig im Raum, freundlich durch die hellen Flächen und das natürliche Licht sowie energietechnisch ausgeklügelt. Das Regenwasser wird gesammelt und als Reserve für die Sprinkleranlage gespeichert. Schließlich ist Trinkwasser ein immer kostbarer werdendes Gut, das man dringend sparen muss!

Das Ziel Passivhausstandard wurde in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Synergy konsequent verfolgt. Die Hülle ist durchgehend luftdicht und besonders stark isoliert: Die Fenster mit Dreifachverglasung haben einen U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizienten) von  $0,76 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; 35 Zentimeter Steinwolle in den Wänden und 30 Zentimeter im Dach sorgen für einen U-Wert von  $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; 18 Zentimeter Mineralwolle unter der Erdgeschossdecke ergeben einen U-Wert von  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Aula und Bibliothek sind mit einer Fußbodenheizung ausgestattet, andere Räume werden über eine zentral kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage geheizt. Der Rotationswärmetauscher bringt rund 85 Prozent Rückwärmegewinnung über der Abluft. Im Sommer sowie im Winter wird die Frischluft zuerst dank eines Erdwärmetauschers temperiert: Die 27 dreilagig verlegten, 26 Meter langen Polyäthylenrohre mit einem Durchmesser von 40 Zentimetern wurden unter der Aula verlegt. Die Messungen nach zwei Jahren Nutzung haben die Effizienz dieser Erdkollektoren erwiesen. Die Zuluft wird im Durchschnitt um fünf bis sieben Prozent passiv vorgewärmt, und der Unterschied kann in den kältesten Tagen zwölf Grad Celsius erreichen. Wenn die Außentemperatur bei 18 bis 20 Grad Celsius liegt, strömt die Frischluft dank eines „Bypasses“ direkt in das Gebäude. Für den sommerlichen Komfort dienen im Süden die Fassade aus Kupferlochblech und im Osten und Westen, wo die Klassenräume liegen, der Sonnenschutz aus elektronisch gesteuerten Lamel-

len. Ein Rücksprung der verglasten Fassade in Augenhöhe der sitzenden Kinder ermöglicht die Sicht in die natürlich geprägte Umgebung und hält blendende Sonnenstrahlen ab. Optimale Tageslichtnutzung, verbunden mit einer über das LON-Bus-System gesteuerten Beleuchtungsanlage und automatischer Verschattung, reduziert den Stromverbrauch. Dabei wird nicht nur das Energiesparpotenzial der Elektronik genutzt, sondern auch vom Können und Engagement des Gebäudewarts profitiert.

Die nach Solar-W12 und TRNSYS-Simulationen erwartete Energiekennzahl (HWB gemäß PHPP) für Heizung und Kühlung lag bei  $14,30 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$  für den Klassentrakt und  $15,71 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  für die gesamte Schule. Nach zwei Jahren Nutzung ergaben die Messungen einen noch besseren Wert:  $11,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  für das gesamte Gebäude! Erneuerbare Energien decken den Restbedarf. Auf dem Bibliotheksdach sind Leitungen für Warmwasserkollektoren vormontiert. Die Photovoltaikanlage hat eine Fläche von  $240 \text{ m}^2$  und bringt eine maximale Leistung von 20 kWp. Der erzeugte Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist. Für die Nachheizung der Frischluft wird derzeit eine Gasbrennwert-Kesselanlage verwendet, die in der zweiten Bauphase für die Sanierung der Turnhalle durch einen Fernwärmeanschluss an ein Biomasseheizwerk, das mit Hackschnitzel betrieben wird, ersetzt werden soll. Die Nutzer, Groß und Klein, strahlen Stolz und Zufriedenheit aus. Die Lehrer unterstreichen die höhere Konzentrationsfähigkeit ihrer Schüler und führen sie auf die bessere Luftqualität zurück: ein Luftwechsel von 1 bis 2,8 Volumen pro Stunde, eine regulierte Luftfeuchtigkeit, ein niedriger  $\text{CO}_2$ -Anteil und eine saubere Luft dank sehr feiner Filter. Bei einer Frischluftmenge von 18 bis  $20 \text{ m}^3/\text{h}$



Abb. 3 Hauptschule Klaus

pro erson lagen die gemessenen CO<sub>2</sub>-Belastungswerte zwischen 500 und 700 ppm, zwei- bis dreimal unter den durchschnittlichen Werten bei Schulen ohne Lüftungsanlagen.

Der Bau aus vorgefertigten Holzrahmenelementen wurde innerhalb von 15 Monaten fertiggestellt und im September 2003 bezogen. Ganz entscheidend ist, dass die Investitionen nur drei Prozent über dem Landesdurchschnitt für konventionellen massiven Schulbau lagen. Laut dem Büro für Kostenmanagement Josef Mahlknacht betragen die Gesamtkosten (1 bis 9 gemäß ÖNORM B 1801-1, das heißt Bauwerk, Einrichtung, Außenanlagen, Honorare und Nebenkosten) 8,3 Millionen Euro netto für 5 264 m<sup>2</sup> Bruttogrundrissfläche, das heißt 1 577 €/m<sup>2</sup>. Wenn man nur die Bauwerkskosten betrachtet (1 bis 6 gemäß ÖNORM B 1801-1), lag die Zahl bei 1 174 €/m<sup>2</sup> Bruttogrundrissfläche (Wert 2004). Dank der Senkung des Energiekonsums um rund 75 Prozent amortisieren sich die Mehrkosten innerhalb kurzer Zeit. Durch den regen Austausch, der in Vorarlberg in der Baubranche stattfindet, die Verbreitung der Informationen und die vielen Besichtigungen hat dieser Bau bereits Schule gemacht. Weitere öffentliche Gebäude mit Passivhausstandard, die von den Erfahrungen der Hauptschule von Klaus profitiert haben, wurden seither gebaut beziehungsweise befinden sich derzeit in der Planung oder im Bau.

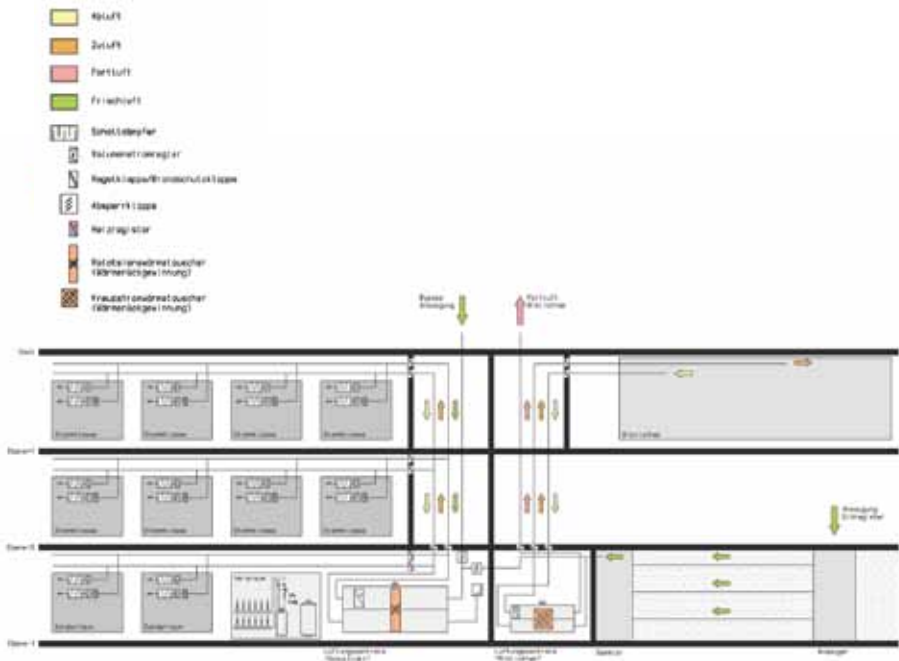








Abb. 4 Schema Energiekonzept



-  Rauch und Wärmeabzug
-  18 mm Kalkulierter Abbrand F30 Kertplatten und Brettschichtholzstützen
-  Brandhemmende Verkleidung F30, bzw Brandbeständige Oberfläche
-  Brandhemmender Anstrich auf Stahlstützen
-  200 m³ Löschwasserbecken für Feuerwehreinsatz
-  Druckleitung Anschluss an Öffentliche Wasserversorgung

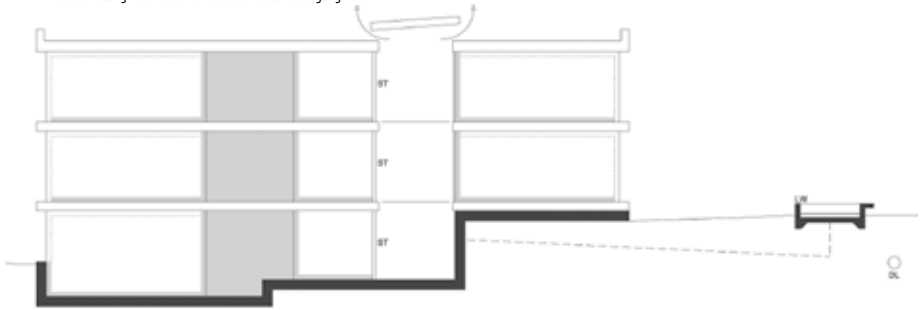


Abb. 5 Brandschutzschema

- 1 extensive Begrünung 100 mm  
Dachdichtung Bitumen 3-lagig  
Wärmedämmung Steinwolle 300 mm  
Dampfsperre, OSB-Platte 22 mm  
BSH 520–380 mm im Gefälle  
OSB-Platte 22 mm  
abgehängte Decke Birkenperrholz 12 mm
- 2 Träger Brettschichtholz 220/640 mm
- 3 Fensterrahmen BSH 540/60 mm
- 4 3-fach-Isolierverglasung (U = 0,6 W/m 2K)
- 5 Schalung Weißtanne natur 20 mm  
Lattung 30 mm, Konterlattung 40 mm  
Winddichtung  
Lattung 2 40/60 mm, kreuzweise verzahnt,  
dazwischen Wärmedämmung Steinwolle  
Furnierschichtholzplatte 33 mm  
Träger BSH 180 mm dazw. Steinwolle 180 mm  
Furnierschichtholzplatte 33 mm, Dampfsperre  
Lattung 84 mm, dazw. Steinwolle 50 mm  
Luftraum 35 mm, Birkenperrholz 12 mm
- 6 Fließbelag Epoxidharz versiegelt 3 mm  
Estrich 60 mm  
Trittschalldämmung 25 mm  
Splittschüttung 50 mm
- 7 Furnierschichtholzplatte 33 mm  
Träger BSH 80/380 mm,  
dazwischen Steinwolle 100 mm  
Furnierschichtholzplatte 33 mm  
abgehängte Decke Birkenperrholz 12 mm
- 8 OSB-Platte 30 mm  
Holzbalken 80/280 mm  
OSB-Platte 22 mm

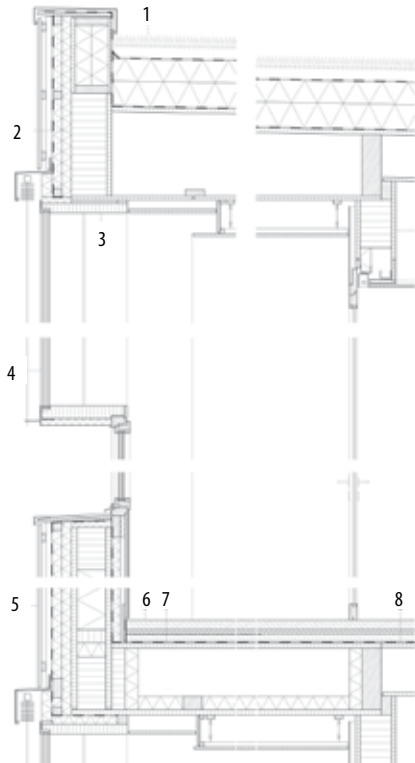


Abb. 6 Schnitt durch die Klassenaußenwand

Ein weiteres Pilotprojekt mit Passivstandard, das Haus am Mühlweg in Wien, hat das Büro Dietrich I Untertrifaller für die BAI, Bauträger Austria Immobilien GmbH, konzipiert. Diese im November 2006 fertiggestellte Wohnanlage mit 70 Einheiten für rund 200 Bewohner gehörte zum 2004 vom Wiener Fonds für Wohnbau und Stadterneuerung organisierten Bauträgerwettbewerb Wien 21. Ausgelobt wurden mehrgeschossige Miethäuser in Holz- oder Holzmischbauweise, die nachhaltige Kriterien im Rahmen der Gesamtbaukostengrenze des geförderten Wohnbaus erfüllen, das heißt unter  $1\,100\text{ €/m}^2$  reine Baukosten für die Wohnnutzfläche (1 bis 6 gemäß ÖNORM B 1801-1). Eine solche Kombination ist in ähnlichem Umfang eine europäische Premiere und verlangt von allen Beteiligten viel Mut und Engagement. Das Bauvorhaben wurde mit Unterstützung des Programms „Haus der Zukunft“ durchgeführt. Die BAI hat diesen Wettbewerb zum Anlass genommen, eine „ökologisch orientierte nachhaltige Wohnbautypologie als Demonstrationsprojekt zu entwickeln, zu realisieren und in weiterer Folge auch im frei finanzierten Wohnbau zu etablieren“. Diese bottom-up-artige Strategie ist sicherlich die sinnvollste, um die notwendigen Änderungen der Mentalität in Richtung energiesparende Neubauten und Renovierungen kurzfristig zu erzielen. Und vielerlei Anzeichen zeigen uns, wie dringend wir handeln müssen!

Planerisch-architektonische Maßnahmen fördern die ökologischen Qualitäten eines Baus, seine Energieeffizienz sowie die Kürzung seiner Herstellungskosten. Die vier kompakten Häuser haben ein Verhältnis von außenraumberührender Oberfläche zur Wohnnutzfläche (A/V) von 0,44. Damit wird die Baustoffverwendung etwas reduziert und der Wärmeaustausch zwischen Innen- und Außenraum deutlich beschränkt, ein Umstand, der Energie spart. Das einfache, vierfach reproduzierte Grundmuster erlaubt weitgehend eine industrielle Vorfertigung, die sich kostenminimierend auswirkt. Die Bauzeit war extrem kurz: Die Errichtung eines Blocks mit 18 Einheiten dauerte nur rund eine Woche, auf die sich zugleich Baustellenlärm und -schmutz beschränkte. Das Verhältnis von Erschließungs- zu Wohnnutzfläche wurde ebenfalls optimiert. Die funktionellen Wohnungsgrundrisse bieten genügend Stauraum und erlauben eine flexible, vielfältige Nutzung ohne wesentliche Veränderungen der Bausubstanz, was auch zu einer nachhaltigen Denkweise gehört. Jede Wohnung verfügt über einen geschützten Sitzplatz im Außenbereich: eine Terrasse im Erdgeschoss, eine großzügige Holzloggia nach Süden, Westen oder Osten in den oberen Etagen.

Die Wohnhäuser wurden in Mischbauweise mit Stiegenhauskern aus Stahlbeton und Wänden aus KLH-Massivholzplatten realisiert. Die Hülle ist besonders stark wärmedämmend: 24 Zentimeter Steinwolle und fünf Zentimeter Holzwoolplatte vor die tragende neun Zentim-

eter dicke KLH-platten ergeben für die Außenwände einen U-Wert von  $0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Im Dach sorgen eine im Durchschnitt 40 Zentimeter dicke Dämmung und eine KLH-Platte von 10,5 Zentimetern Stärke für einen U-Wert von  $0,075 \text{ W/m}^2\text{K}$ . 25 Zentimeter EPS-Dämmung über der Stahlbetondecke zwischen Unter- und Erdgeschoss erzielen einen U-Wert von  $0,105 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Holzfenster mit Aludeckschalen und Dreifachverglasung, vom Passivhaus-Institut zertifiziert, erreichen einen U-Wert von insgesamt  $0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Die Blowerdoor-Messungen ergaben bei einer Druckdifferenz von 50 Pascal eine Luftwechselrate  $n_{50}$  unter  $0,3 \text{ 1/h}$ , was einer sehr hohen Luftdichte entspricht. Dank dieser außergewöhnlichen Werte, die noch besser sind als die der Hauptschule von Klaus, liegt die errechnete Energiekennzahl unter zehn  $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  gemäß PHPP. Ein Vergleich zwischen beiden Häusern zeigt, dass im Wiener Wohnungsbau zwar viel in die Isolierung der Gebäudehülle investiert wurde, jedoch die technische Gebäudeausrüstung ökonomiekritisch sehr genau betrachtet wurde. Der vorgesehene Erdreichkollektor wurde gestrichen, „da [er] wenig effizient bei hohen Kosten in Errichtung und Wartung“ war; kleine Radiatoren haben die Mini-Fußbodenheizung ersetzt; das zuerst dezentrale Lüftungssystem wurde wohnhausweise zentralisiert. Die Unterschiede der Lösungen liegen natürlich an dem zur Verfügung stehenden Budget, das beim geförderter Wohnbau niedriger ist, aber auch an der differenzierten Verwendung: individuell geregelt und täglich über das ganze Jahr genutzt beim Wohnbau; zentral gesteuert und mit langen Nutzpausen, jedoch hoher Nutzeranzahl im Schulbau.

In der Wohnanlage am Mühlweg wurde auf dem Dach jedes der vier Häuser ein zentrales Lüftungsgerät installiert. Dieses besteht im Wesentlichen aus Zuluft- und Abluftventilatoren, Gegenstrom-Plattenwärmetauschern mit Rückwärmegewinnung von 83 Prozent (bei Außenlufttemperatur von minus fünf Grad Celsius und 80 Prozent Feuchte), Vorheizregister gegen Einfrieren des Wärmetauschers und Taschenfilter für Frisch- und Abluft. Die Luftmenge für Zu- und Abluft liegt bei  $1\,800 \text{ m}^3/\text{h}$ . Die Grundheizung der Wohnräume wird über eine Zulufttemperatur von 17 Grad Celsius gedeckt, die von dem Wärmetauscher über die Abluft bereitgestellt wird. Eine raumindividuelle Regelung wird dann über kleine Radiatoren ermöglicht. Die Warmwasseraufbereitung erfolgt durch Sonnenkollektoren, gekoppelt mit zwei Gasbrennwertgeräten, die im Keller jedes Hauses untergebracht sind. Ab einer Außentemperatur von minus drei Grad Celsius dienen auch diese Gasbrennwertthermen zum Vorheizen der Frischluft. Weitere ökologische Aspekte wurden berücksichtigt. Auf die thermische Anwendung von elektrischer Energie wurde wegen der schlechten Effizienz verzichtet. Die Emissionen von Fluorchlorkohlenwasserstoff H-FCKW, Fluorkohlenwasserstoff H-FKW und Schwefelhexafluorid SF<sub>6</sub> wurden durch entsprechende Geräte- und Materialwahl vermieden. Wassersparende

Armaturen und Spülsysteme wurden natürlich eingesetzt, Kaltwasser- und Warmwassermessungen sind wohnungsweise geführt, das Regenwasser ist für die Bewässerung der Außenanlagen gespeichert.

Bei einer gesamten Wohnnutzfläche von 6 750 m<sup>2</sup> inklusive 490 m<sup>2</sup> Loggien betragen die reine Baukosten (1 bis 6 gemäß ÖNORM B 1801-1) rund 7,2 Millionen Euro. Das ambitionierte Kostenziel wurde damit erreicht und liegt um 1 065 €/m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche. Gefördert wurde dieses Projekt überwiegend vom Land Wien und für einzelne zusätzliche Maßnahmen aus der Programmlinie „Haus der Zukunft“, vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Dazu gehören die vernünftige Evaluierung des Baus sowie der Nutzerzufriedenheit, um von dem Feedback zu profitieren. Alexander Keul, Doktor für angewandte Psychologie, hat die Anlage im Frühjahr 2007 auf seine Nutzertauglichkeit geprüft. Seinen anonymen Fragebogen mit quantitativen und qualitativen Items haben 46 Familien beantwortet, also 66 Prozent der Bewohner. In seinem Kurzbericht über die Ergebnisse ist zu lesen: „Ihr Wohlbefinden in der neuen Wohnung bewerten 80 Prozent mit der Bestnote Sehr gut. Alle wollen länger hier am Mühlweg wohnen, etwa 60 Prozent sogar länger als zehn Jahre. Für 80 Prozent waren Holz und Passivhaus für ihre Wohnentscheidung wichtig.“ Das Projekt Haus am Mühlweg wurde von der BAI als „ausgesprochen positiv“ beurteilt. Der Bauträger unterstreicht die konstruktive Zusammenarbeit mit den beteiligten Behörden, Projekt- und Kooperationspartnern, darunter insbesondere die Firma KLH Massivholz GmbH und natürlich das Büro Dietrich I Untertrifaller: „Ohne ein solches Engagement können dieses oder vergleichbare Projekte zu konkurrenzfähigen Baukosten derzeit nicht realisiert werden.“ Wie die Hauptschule in Klaus stellt das Haus am Mühlweg ebenso Weichen für eine nachhaltigere Zukunft.







Abb. 7 Haus am Mühlweg



Abb. 8 Grundriss einer Regeletage

- AW 7 AUSSENWAND EBENE 4 BRÜSTUNG  
280MM
- 2MM SILIKONHARZPUTZ
  - 3MM ANKERUNGSPACHTELUNG
  - 20MM KALK- ZEMENT GRUNDPUTZ
  - 50MM HERAKLITH
  - 140MM KONSTRUKTIONSHOLZ
  - 18MM OSB PLATTE
  - 5MM SARNFIL ABSICHTUNGSBAHN (HOCHZUG)
  - 25MM LÄTTUNG
  - 20MM 3-S PLATTE LÄRCH

- DA 2 TERRASSENBAU DECKE ÜBER E+3  
(BECKE F90)
- 30MM LÄRCH GLATTKANTBLECH 30/100
  - 45MM 30MM AUS-LÖS-+19MM SCHOTT
  - 40MM BETONPLATTEN
  - 20-150MM SPRITTSCHÜTTUNG (XPS 50MM BEI GEFÄLLETIEFPUNKTEN)
  - 5MM SCHÜTTMASTE
  - 10MM 2 LAGEN BITUMENABDICHTUNGSBAHN C-KV5+ FLAMMSCHUTZ
  - 70-200MM EPS (GF ALLESDÄMMUNG W30)
  - 150MM EPS DÄMMUNG W30
  - 30MM TRITTSCHALLDÄMMPLATTE 35/30 (ISOVER TANGO)
  - 5 MM BITUMINÖSE DAMPSPERRE sd >1500h (NOTDACH)
  - 140MM KLH DECKENELEMENT
  - 70MM DECKENABHÄNGUNG (SCHWINGBÜSEL)
  - 40MM MINERALFASERDÄMMUNG EINGELEGT
  - 15MM GKF PLATTE

- AW 1 AUSSENWAND EBENE 1-3  
425MM [WAND F90]
- 2MM SILIKONHARZPUTZ
  - 3MM ANKERUNGSPACHTELUNG
  - 20MM KALK- ZEMENT GRUNDPUTZ
  - 50MM MAGNESITBRÜNDENE WOLLEPLATTE (ZB HERAKLITH - BK)
  - 240MM STEINWOLLDÄMMUNG 90 KG/M<sup>3</sup> 2-LAGIG (ZB HERAKLITH-KP-HP) WLG 040
  - 100+140 MM KONSTRUKTIONSHOLZ
  - STROMGEGENSTÄNDE FOLIE 60-WERT 2M
  - 50MM KLH WÄNDELEMENT
  - 15MM GKF PLATTE

- DE 3a BODENBAU FLUR/ WOHNBEREICH  
EBENE 2-3 180MM (DECKE F90)
- 10MM PARKETT EICH/ SCHWIMMEND
  - 50MM ESTRICH E225
  - TRENNLAGE DAMPSPERRE
  - 30MM TRITTSCHALLDÄMMPLATTE 35/30 (ISOVER TANGO)
  - 70MM LEICHT GEBÜNDENE SPRITTSCHÜTTUNG
  - WIESELSCHUTZ DURCH STOSSABLEBUNG
  - 140MM KLH DECKENELEMENT
  - 70-270MM DECKENABHÄNGUNG (SCHWINGBÜSEL)
  - 40MM MINERALFASERDÄMMUNG EINGELEGT
  - 15MM GKF PLATTE

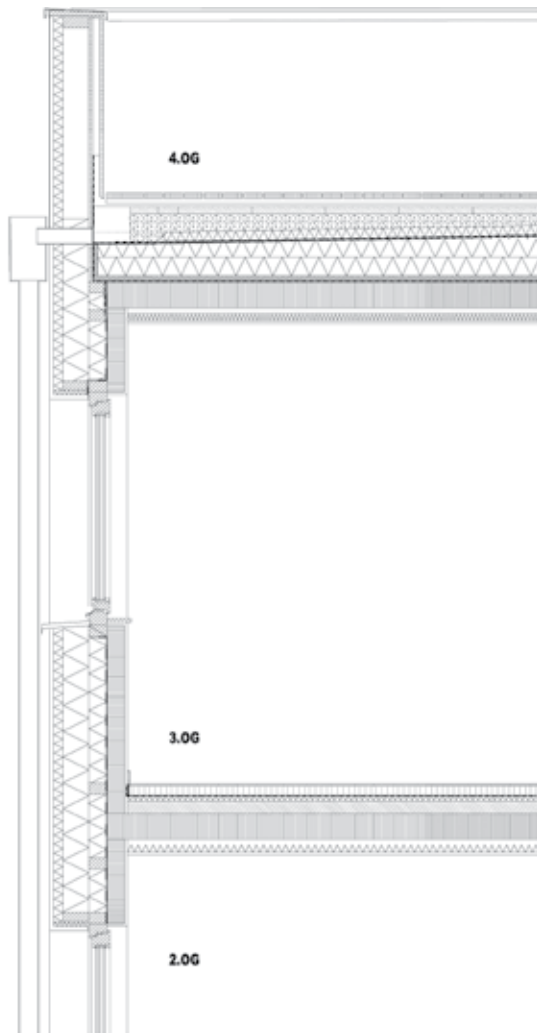


Abb. 9 Schnitt durch die Außenwand

# BUBENEČ GARDENS, Praha, luxusní bydlení v pasivním standardu

Text příspěvku: *Josef Smola a Michaela Václavská*  
Sládkovičova 1306/11, 142 00 Praha 4, Česká republika  
Tel: +420 602 534 383, e-mail: [kadet.kadet@volny.cz](mailto:kadet.kadet@volny.cz)

Auťori projektu: *Jakub Masák, Petr Němejc, Josef Smola*



## Úvod

Developer prostřednictvím vyzvané ideové architektonické soutěže oslovil 8 pražských architektonických ateliérů pro zpracování ideového návrhu nadstandardního pasivního bytového domu pro náročnou klientelu, návrhu udržitelné stavby, „zelené architektury“ pro výjimečný pozemek v známé pražské diplomatické čtvrti. V porotě byl zastoupen odborník na urbanismus i energetický poradce. Pro realizaci si vybral práci našeho týmu.



Obr. 2 Letecký snímek diplomatické čtvrti s novoustavbou pasivního bytového domu

### Motto:

*Výjimečná lokalita, výjimečný pozemek. Atraktivní a komfortní, dobře chráněné bydlení v zeleni, v parku. Ekonomické přiměřené řešení, šetrnost k životnímu prostředí, udržitelnost a nízká energetická náročnost jsou automatickou přidanou hodnotou kvality návrhu. Maximální ohled na stávající vlastníky sousední residence, obyvatele v okolí, rovněž bonus pro jejich bydlení, kvalitní sousedství...*

## 1. Vyzvaná soutěž osvíceným investorem

Požadavkem investora bylo navrhnout pro klienta komfortní bytový dům s doprovodnými službami s nízkou energetickou náročností, koncepčně řešený jako tradiční masivní stavba s využitím obnovitelných zdrojů energie, s cílem zajistit dílčí energetickou soběstačnost nemovitosti. Požadovány byly prvky pasivního standardu.

Vysoký nárok investora na parametry vnitřního prostředí bytů a jejich individuální klientské operativní změny je naplněn řízeným větráním s lokálními bytovými jednotkami s možností chlazení a dohřevu vzduchu, doplňkovým nízkospádovým podlahovým teplovodním

vytápěním, fakultativní možností chladících stropních podhledů dle volby klientů a IQ systémem řízení domácích technologií, s parametry ovládanými po jednotlivých obytných místnostech.

Z energetického hlediska je navržen maximální podíl OZE. Zdrojem primární energie jsou zemní vrty v skalním podloží, tepelná čerpadla, ohřev TV byty a bazén, termické solární kolektory, FV kolektory.

Během soutěže byla diskutována a do konceptu zpracována následující témata:

- udržitelnost životního prostředí
- životní styl, zdravé bydlení
- garantované vnitřní klima s řízeným větráním
- vyloučení letního přehřívání
- nezávislost na vnějších zdrojích, na státu v případě black-outu (řádově týdny)
- ekonomická výhodnost, o řád nižší provozní náklady oproti nepatrně vyšším pořizovacím, návratnost 10 – 15 let (dnešní ceny energií)
- úsporné bydlení
- vegetační fasáda s vodním prvkem na úrovni parteru

Realizován je pasivní bytový dům situovaný na pozemek v ozeleněné části parku se sedmi byty o užitkové ploše 150 – 390 m<sup>2</sup>, k nimž náleží terasa, balkon nebo soukromá zahrada, a 20 soukromými parkovacími stáními v podzemních garážích obsluhovaných autovýtáhem. Součástí domu je také krytý vnitřní podzemní bazén 4 x 13 metrů a fitness se saunou.

Železobetonová stěnová a stropní konstrukce s kontaktním zateplovacím systémem je opláštěná panely vegetační vertikální zahrady. Ploché střechy a terasy jsou rovněž z části vegetační. Eliptický tvar nadzemní části stavby vede k vynikajícímu poměru A/V = 0,29.

## 2. Urbanistické řešení

Z urbanistického hlediska nově založená kompozice městské zástavby navazuje na stávající residenci, která vůči sousedící blokové městské zástavbě „upevňuje“ nároží ulic Českomalinská/

Rooseveltova a svým půdorysně osově symetrickým tvarem písmene „H“ komponuje podružnou osu rovnoběžnou s osou ulice Rooseveltovy.



Obr. 3 Urbanistický rozbor

Stávající urbanistická kompozice je dotvořena vložení nové kompoziční osy a hmoty v ucelený areál. Elipsa je umístěná středem do osy sousedící residence čp. 10/166, vložena osa je zároveň vytočená z ortogonály do těžiště zahrady a vnáší do kompozice prvek napětí, návrh zhodnocuje urbanisticky, architektonicky i dispoziční vazbou rovněž stávající residenci.

Nadzemní část stavebního objektu je navržena o půdorysném tvaru elipsy s hlavními osami o délkách 26,4 x 22 m (26,8 x 22,4 m vč. vegetační fasády). Vzhledem ke světovým stranám je objekt orientován svou delší osou na jih a na sever a svou kratší osou na východ a na západ. Pootočení kratší osy od směru S-J je 26,3° ve směru hodinových ručiček.



Obr. 4 Umístění pasivního bytového domu na pozemku

### 3. Architektonické řešení

Místo původní zanedbané a opuštěné vily bez památkové ochrany byla navržena novostavba v zahradě uprostřed množství zeleně s výjimečnou kvalitou prostředí k bydlení. Odsunutím z uliční čáry se uvolňuje prostor pro volnější výtvarné řešení městského domu s komfortem bydlení a vysokým standardem vybavení. Vzniká čestný dvůr, reprezentativní předprostor, zdůrazněný oboustranným stromořadím, s dostatkem slunce pro jižní fasádu (eliminace zastínění protějšími průčelími bytových domů - ohled na pasivní standard) zejména v zimním období, výhodou je rovněž snížení hlukové zátěže z Rooseveltovy ulice.

Navržená petrifikovaná řádová kvalitní kamenná fasáda (pro realizaci jako integrovaný systém FVT) do ulice s jemným spárořezem a převýšeným vstupním portálem ukončeným římsou navazuje na široký mlatový přístupový chodník, je odkazem na průčelí původní vily a vyvolává dialog se zahradní vegetační fasádou rezidence. Symetrický eliptický tvar s oblými tvary zmenšuje pohledovou siluetu novostavby z rezidence, spolu s vegetačními fasádami rovněž zmenšuje opticky požadovaný obestavěný prostor a integruje dům do parkové zeleně.



Obr. 5 Půdorys 1. NP s parterem, DÚR

Vegetační fasády zlepšují (ochlazují) mikroklima v okolí domu a zpomalují odpar dešťových vod, hravá přírodní zelená krajka vegetačních fasád je prolomena mozaikou nepravidelně rozmístěných převážně francouzských oken a větších výkladců s akcentem v místě teras, balkonů a arkýřů, „měkká“ oblá hmota domu s vegetačním pláštěm je oddělena od plochy zahrady průběžným pásem oken zahradní úrovně, který se odráží v živé vodní hladině vodního prvku - úzkého prstence obepínajícího patu domu v úrovni dna anglického dvorku. Kompaktní tvar domu je prolomen pouze částečně zapuštěnými terasami, které parafrázují historické „loggie“ = chráněný venkovní prostor navazující na obytnou část, a vystupujícími částmi arkýřů. Terasy s dřevěnými palubami, do interiéru plně prosklené, budou odděleny od exteriéru pouze subtilním madlem a prakticky neviditelnou nerezovou sítí navazující



na sousedící vegetační panely fasády. Poslední ustoupené podlaží tvoří přirozenou střešní terasu s možností výhledů na město. Plochá střecha přechází v eliptickou stínící plochu.

Eliptický tvar (spolu s umístěním na pozemku a orientací ke světovým stranám) je rovněž výhodný z hlediska poměru A/V, zakládá předpoklad vysoce efektivního energetického řešení na principech pasivního domu. Koncept řešení vjezdu do garáží je minimalistický, v prostém designu. Autovýtah se propisuje do nadzemní části pouze baldachýnem s extenzivní zelení a ochranným zábradlím, celá technologie je skryta v podzemní části. Dominantním prvkem nové spojené zahrady je nízká intenzivní vegetační úprava nástupní části do domu. Široký mlátový chodník lemovaný vzrostlými stromy navazuje na kostru stávající uliční zeleně Rooseveltova, ostatní plochy zahrady jsou navrhovány v terénní modelaci zatravněných vln.



Obr. 6 Podélný řez pozemkem s vazbou na okolí a původní stavbou

## 4. Dispoziční řešení

Finálnímu návrhu, který je nyní součástí dokončovaného projektu pro provádění stavby, předcházely stovky hodin diskuzí a konzultací s cizojazyčnými poradci investora, kteří často vznášeli do řešení protichůdné požadavky a nekomplexní vnímání problému. Úhelným kamenem bylo stanovení parametrů luxusního bytu v tuzemských podmínkách – problematika, která se na školách nevyučuje. Rovněž požadavky na pasivní standard jim byly zcela cizí. Požadavek na vysokou míru variability dispozice bytů pro uvažované klientské změny vedl k velkým rozponům nosných konstrukcí a tím i větší spotřebě výztuže. Výsledek je kompromisem názorů obou stran...

Dispoziční řešení principiálně zohledňuje klasické požadavky na navrhování dispozic energeticky úsporných a pasivních domů. Důraz je kladen na účelné a funkční využití doslova každého metru čtverečního plochy. Plocha chodeb a komunikací je účelově minimalizovaná, „mokré“ provozy jsou účelně sdruženy nad sebou, dispozice jsou tepelně zónované. Všechny provozy domu jsou řešeny bezbariérově, součástí prostoru hlavního schodiště je lanový výtah také s možností přepravy vozíčkářů.

Stavba zahrnuje tři základní funkce a tím i tři relativně samostatné funkční celky:

- byty,
- garáže,
- bazén a fitness.

Objemově majoritní bytovou část v pasivním energetickém standardu tvoří sedm různých velkých bytů umístěných v pěti úrovních. Dále podzemní parkinky s celkem 20 stáními pro auta a dále v úrovni 2. PP situovaný provoz krytého bazénu 4 x 13 m, opět v pasivním standardu.

Bytová část je umístěna ve třech nadzemních a jednom ustoupeném podlaží a jedné zahradní úrovni orientované do zahrady v parteru. V rámci zpracování konceptu studie byly prověřeny formou workshopu s investorem a jeho poradci řádově desítky možností dispozičního řešení bytů vepsaných do tvaru elipsy. Ukázalo se, že dispozičně optimální využití, s odpovídající noblesou daného typologického druhu, je jeden byt na podlaží se středovou halou či s hlavním obytným prostorem orientovaným u jižního „kamenného“ průčelí – jako „piano nobile“, což však při zvolených rozměrech elipsy vyžaduje rovněž výjimečného klienta.

S ohledem na marketingové požadavky investora byly proto finálně sledovány ekonomičtější členěné dispozice s více obytnými místnostmi, vybavené pracovnami. Užité plochy v rozmezí 150 – 390 m<sup>2</sup> (bez teras a sklípků), v rozsahu velikostí 3+1 až 7+1.

Velká pozornost byla věnována polohám arkýřů, teras a balkónů s cílem zajistit přiměřenou intimitu těchto prostor s ohledem na výhledy ostatních vlastníků bytů jak v novostavbě, tak i ve stávající rezidenci Rooseveltova. Zohledněny byly rovněž možnosti orientace a výhledů z bytů do sousedící vzrostlé parkové zeleně - sever a západ, včetně dálkových výhledů do městské krajiny - Dejvice, Baba... Dále potom normové požadavky oslunění a osvětlení.

Elipsa byla pomyslně rozčleněna do čtyř kvadrantů, kde v každém sektoru byla symetricky opti-

malizována velikostí a polohou půdorysně obdélníková část dispozice u fasády. Tato může variovat v rámci konceptu na principu pozitiv/negativ jako terasa, balkon, či arkýř (který eliminuje ostré úhly stěn v rámci dispozice trojúhelníkovitých místností).

Klíčovou úlohou bylo stanovení vhodné polohy vertikální komunikace (schodiště a výtahu). Ze tří prověřovaných možností - poloha ve středu dispozice, u východní fasády a u severní fasády, byla potvrzena poslední uvedená.

Dvouramenné schodiště s výtahem v zrcátku je přímo osvětlené a přirozeně větratelné, zároveň nezabírá cennou plochu fasády na osluněných stranách domu. Tvoří chráněnou únikovou komunikaci, vybavenou požárním větráním. Půdorysně mírně kónický tvar vychází z „nálevkovitého“ řešení vstupní haly domu na úrovni 1. NP.

Vstup do objektu je z piazzetty od ulice Rooseveltovy přes markýzou zastřešený můstek překonávající vodní prstenek do proskleného zádveří a odtud rozšiřující se vstupní halou proti plně proskleným výkladcům schodiště orientovaným do parkové zeleně k výtahu. V těžišti vstupní haly se předpokládá umístění uměleckého díla, světelného sloupu či významného artefaktu z předpokládaných archeologických nálezů v místě stavby.



*Obr. 7 Pohled na vstupní můstek s vodním prstencem*

Prosklení schodiště umožňuje neomezený výhled do parku a okolí.



Obr. 8 Severní (zahradní) pohled na apendix a prosklené schodiště

Výtah a schody propojují všechna podlaží stavby, od garáží a bazénu po ustoupené poslední obytné podlaží.

## 5. Konstrukční řešení

Novostavba je navržena v pasivním standardu. Tomu odpovídá rovněž konstrukční a materiálové řešení.

### Svislé nosné konstrukce:

Nosný systém je primárně navržen jako monolitický železobetonový stěnový, tl. 200 mm. Ve 2. PP a v technologickém prostoru pod 2. PP jsou navrženy suterénní obvodové stěny tl. 300 mm řešené jako bílá vana, doplněné vnitřními železobetonovými stěnami tl. 200 mm a vnitřními železobetonovými pilíři o průřezu 250 x 300 mm až 250 x 1 200 mm.

## Vodorovné nosné konstrukce:

Stropní konstrukce jsou navrženy jako železobetonové křížem pnuté desky částečně vetknuté do železobetonových nosných stěn. Stropní desky ve všech podlažích jsou navrženy o tl. 250 mm. V místech vykonzolovaných podlahových a střešních desek arkýřů bude železobetonová deska zeslabena na 150 mm, aby bylo umožněno provedení tepelné izolace z vnější strany. V místech vykonzolovaných bytových teras (balkónů) bude stropní deska tl. 180 mm přerušena vložením tepelněizolačního isonosníku.

## Schodiště:

Hlavní domovní schodiště je navrženo jako železobetonové dvouramenné přímočaré s mezipodestami v polovině výšky jednotlivých podlaží. V zrcátku schodiště bude umístěn osobní výtah.

## Obvodový plášť:

Obvodové pláště jsou navrženy odlišně v návaznosti na teplou nebo studenou část objektu. V podzemní stavbě budou železobetonové obvodové stěny tvořící obálku vytápěné části zatepleny z exteriérové strany extrudovaným polystyrenem tl. 200 mm. Vytápěnou část podzemní stavby tvoří technické zázemí se strojovny, TZB, domovní schodiště včetně požární předsíně, technologie bazénu umístěná pod 2. PP a prostor pro wellness včetně bazénu a fitness.

Obvodové pláště ohraničující bytové prostory v 1. PP pod úrovní terénu budou zatepleny extrudovaným polystyrenem tl. 300 mm. V nadzemní části tvoří kontaktní zateplovací systém penový polystyren s příměsí uhlíku EPS-F, tl. 300 mm.

Dle architektonického návrhu je na větranou mezeru s nosným roštem zavěšen systémový vegetační panel nebo fotovoltaická fasáda.

## Otvorové výplně vnější:

Francouzská a pásová okna vytápěné části stavby budou dřevohliníková, standard lepeného profilu s tepelně izolační vložkou určeného pro pasivní domy, se součinitelem prostupu tepla  $U_{\text{okna (w)}} < 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Odstín - přírodní dřevo, z vnější strany budou okenní rámy chráněny hliníkovými lištami – odstín přírodní hliník stříbrný elox, matný.

Vzhledem k rozměrům francouzských oken a výkladců je pro zajištění prostorové stability konstrukce a zajištění relativní vzduchotěsnosti na dobu životnosti stavby předepsaná

konstrukční hloubka rámu minimálně 90 mm, trojitě těsnění, spárová průvzdušnost  $i_{LV} < 0,1$ . Zhotovitelem stavby bude předložen součinitel prostupu tepla rámem dle ČSN EN ISO 10077 (hodnota pro parapetní část a pro ostění/nadpraží).

Kování bude celoobvodové, těsné s možností odtěsnění. Okna opatřena izolačními trojskly s čirým měkkým nízkoemisním pokovením vnitřního skla a s výplní argonem mezi izolačními skly.  $U_g < 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,  $g > 0,6$ .  $U_g$  pro okna a výkladce jsou stanovena na základě orientace - osluněné a neosluněné strany. Okrajový distanční rámeček je teplý plastový. Navržena je účelná kombinace pevných a otvřívacích křídel. Fixní neotvřívavé části oken budou v bezrámovém provedení, montážní osazovací rámy budou zapuštěny do konstrukce ostění.

Stínění oken je navrženo jednotně, vnějšími hliníkovými žaluziemi motorovými horizontálními s lankovými vodičky po stranách.

### **Tepelné izolace:**

Vzhledem ke zvolenému energetickému standardu představují tepelné izolace z hlediska objemu stavebních konstrukcí rozhodující část. Z materiálového hlediska je navržena poměrně široká škála tepelně izolačních hmot od šedého pěnového polystyrenu EPS-F až po vysoce efektivní vakuovou izolaci.

Podzemní části stavby budou izolovány extrudovaným polystyrenem tl. 200 až 300 mm. Nadzemní části obvodových stěn budou izolovány pěnovým polystyrenem s příměsí grafitu, tl. 300 mm – ETICS.

Střecha jednoplášťová nad 4. NP bude izolována pěnovým polystyrenem.

Terasy a horizontální konstrukce arkýřů budou izolovány panely vakuové izolace, které budou opatřeny ze spodní strany ochrannou vrstvou z tvrzeného plastu nebo pryžového granulátu a ze strany směrem do exteriéru ochrannou vrstvou z tvrzeného polyuretanu.

V podzemní části objektu jsou navrženy vnitřní tepelné izolace z minerální vlny.

Za tepelné izolace lze označit též spádové vrstvy střech, které jsou navrženy nejčastěji ze spádových klínů z pěnového polystyrenu.

Tepelná izolace podlah je navržena z pěnového polystyrenu v kombinaci s kročejovou izolací z minerálních vláken.

## 6. Technologie

Z hlediska energetické náročnosti se jedná o stavbu, jejíž provozní náklady při užívání jsou oproti běžným stavbám násobně nižší. Měrná potřeba tepla pro vytápění za rok je do 15,0 kWh/(m<sup>2</sup>a). Z hlediska hodnocení Průkazu energetické náročnosti budovy je navrhovaná stavba zařazena do kategorie „A“ - mimořádně úsporná.

II.

Stavba je vybavena systémem řízeného větrání s rekuperací tepla z odpadního vzduchu. Jako zdroj tepla jsou navržena dvě tepelná čerpadla země-voda využívající teplo ze zemních vrtů. Jako doplňkový zdroj tepla zejména pro ohřev TV jsou navrženy termické solární kolektory.

Vnitřní umělé osvětlení je navrženo svítidly s úspornými LED zdroji, stejně jako areálové osvětlení. Všechny spotřebiče jsou navrženy v nejvyšší třídě energetické účinnosti. Rovněž oběhová čerpadla pro technická zařízení jsou navržena v nejvyšší třídě energetické účinnosti. Ve vzduchotechnických jednotkách budou osazeny úsporné EC ventilátory s regulací otáček.

### Zařízení pro vytápění:

Tepelné ztráty objektu spočítané dle ČSN EN 12831 činí v novostavbě BD 24,7 kW. Bazénová část prakticky jednou tolik. Celkové tepelné ztráty objektu s bazénem jsou přibližně 44 kW.

Jako hlavní zdroj tepla pro bytový dům pro pokrytí tepelných ztrát a pro výrobu teplé vody jsou navržena dvě tepelná čerpadla s topným výkonem 2 x 19 kW. Primárním zdrojem bude získávání energie z osmi zemních vrtů, o hloubce 100 m. Tepelné čerpadlo bude umístěno ve strojovně ve 2. PP. Zde je také umístěna akumulční nádrž pro akumulaci tepla, vyrovnání odběru mezi tepelným čerpadlem a systémem vytápění a pro zásobníkový ohřev TV. Vytápěcí systém je navržen se spádem 45/40. Zásobníky zároveň zajišťují i ohřev TUV, pomocí termických panelů, tepelného čerpadla a elektrických topných tyčí.

Pokrytí tepelných ztrát objektu novostavby BD je rozděleno na část pokrývanou klasickým topným systémem pomocí podlahového vytápění, doplňkových těles v koupelnách. Celý systém je navíc doplněn systémem teplovzdušného vytápění a chlazení. Tato kombinace je navržena jak pro bytové části tak pro wellness prostory včetně bazénové haly.

Jako další zdroj tepelné energie je navržen solární okruh s teplovodními solárními kolektory osazenými na ploché střeše 4. ustoupeného podlaží. Solární okruh (26 ks solárních panelů) bude napojen na akumulční zásobník TUV, kde se teplo předává přes průtočný výměník do TUV.

## Zařízení vzduchotechniky:

Navržená vzduchotechnická zařízení zajišťují dostatečnou výměnu vzduchu jednotlivých prostorů. Pro stavbu je navržen systém decentrálního řízeného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu. Každá bytová jednotka je vybavena vlastní podstropní vzduchotechnickou jednotkou umístěnou v technické místnosti. Dvoupodlažní byty jsou vybaveny samostatnou vzduchotechnickou jednotkou pro každé podlaží. Samostatné vzduchotechnické zařízení je dále navrženo pro prostor bazénu a pro prostor fitness. Zcela samostatně je též řešeno požární větrání chráněné únikové cesty ve 2. PP a požární předsíně ve 2. PP. Rovněž prostor hromadných garáží ve 2. PP bude větrán zcela samostatně.

Bytové jednotky budou zároveň teplotově kryt část tepelných ztrát.

V místnostech bude upravována teplota ohřevem pomocí teplovodního vytápěcího systému a pomocí teplotově krytého vytápění a větrání nebo v letním období chlazením pomocí systému vzduchotechniky.

Kompaktní vzduchotechnická větrací jednotka s rekuperací tepla je vybavena filtrací přiváděného i odsávaného vzduchu, teplovodním ohřevem a vodním chladičem. Vodní chladiče budou napojené na chladicí vodu 6/12°C. Vzduchové výkony těchto jednotek jsou: max. množství cirkulačního vzduchu je 500 m<sup>3</sup>/hod a max. množství větraného vzduchu je 350 m<sup>3</sup>/hod. Celkem je pro celý dům navrženo 9 vzduchotechnických jednotek.

Požadované parametry vnitřního vzduchu v bazénové hale bude zajišťovat vzduchotechnická jednotka s parametry větraného vzduchu v zimním období 1 900 m<sup>3</sup>/hod a v letním období 3 200 m<sup>3</sup>/hod. Kompaktní vzduchotechnická větrací jednotka s rekuperací tepla je vybavena filtrací přiváděného i odsávaného vzduchu, teplovodním ohřevem a chladičem.

Pro větrání místnosti fitness je navržena samostatná větrací jednotka upravující parametry vzduchu v místnosti na jiné než v bazénové hale. Je navržena vzduchotechnická jednotka s parametry větraného vzduchu v zimním období – 500 m<sup>3</sup>/hod a v letním období 750 m<sup>3</sup>/hod.

V suterénních prostorách domu jsou umístěny garáže, které budou odvětrány pomocí nuceného podtlakového systému.

Prostory schodiště ve 2. PP až po 3. NP budou z protipožárních důvodů přetlakově větrány.



## Zařízení pro měření a regulaci:

Zařízení pro měření a regulaci je navrženo v následujících okruzích:

- větrání v prostoru garážových stání včetně detekce CO;
- ovládání osvětlení ve společných prostorech a jeho regulace;
- ovládání venkovních rolet s centrální funkcí dle rychlosti větru a oslunění (vyhodnocení přímého dopadu slunečních paprsků);
- ovládání elektrického ohřevu vyhřívání střešních vpustí a okapových žlabů dle teploty a detekce srážek;
- autonomní ovládání osvětlení v jednotlivých bytech, vč. stmívání a světelných scén ve velkoplošných pobytových místnostech;
- autonomní ovládání osvětlení v místnostech wellness;
- ovládání areálového osvětlení;
- instalace LCD tabla do recepce v sousední budově a propojení optickým kabelem se systémem v navrhovaném objektu.

*Pro výše uvedené okruhy je navržen systém KNX.*

Další zařízení budou vybavena autonomní regulací jako součást dodávaných zařízení. Jedná se o následující okruhy:

- tepelné čerpadlo země-voda,
- vzduchotechnická zařízení,
- solární okruh,
- závlahový systém pro vegetační fasády,
- závlahový systém pro střešní a parterové zahrady.

## ZTI - vodovod a kanalizace:

Stavba bude napojena novou vodovodní přípojkou do veřejného vodovodního řádu, který prochází v ulici Rooseveltova. Ohřev teplé vody bude řešen zásobníkovým způsobem. V IZT (integrováný zásobník tepla) bude akumulována tepelná energie ze všech dostupných zdrojů, kterými jsou solární teplovodní kolektory, tepelné čerpadlo a jako doplňkový zdroj elektrické spirály.

Z hlediska splaškové kanalizace bude stavba napojena na jednotný kanalizační řad v ulici Rooseveltova. Veškeré zařizovací předměty jsou napojeny do odpadního a svodného potrubí, která jsou zaústěna do přečerpávacího zařízení umístěného v technologickém prostoru pod 2. PP.

Dešťová kanalizace odvádí dešťové vody pomocí vpustí umístěných na střeše 4. NP a 3. NP. Dešťové svody jsou navrženy vně objektu ve větrané dutině vegetační fasády a jsou odváděny do nádrže na dešťovou vodu, umístěné v severní části pozemku, sloužící pro závlahové systémy vegetačních fasád a údržbu zahrady

## 7. Základní parametry

Plocha celého řešeného území stavby (parc. č. 1325, 1327/1 a 1327/2):	1 606 m <sup>2</sup>
Zastavěná plocha v úrovni 2. PP:	960 m <sup>2</sup>
Plocha zpevněných ploch (chodníky, komunikace, parkovací stání):	86 m <sup>2</sup>
Plocha zahradních úprav:	1 121 m <sup>2</sup>
Obestavěný prostor bytová podlaží (1. PP až 4. NP):	7 760 m <sup>3</sup>
Obestavěný prostor 2. PP a technologie pod úrovní 2. PP:	4 950 m <sup>3</sup>
Celková podlahová plocha (bez teras a balkonů):	2 880 m <sup>2</sup>
Počet bytových jednotek:	7
Čistá užitková plocha bytů celkem:	1 690 m <sup>2</sup>
Plocha bytových teras a balkonů:	186 m <sup>2</sup>

Podlahová plocha společných prostor včetně schodišť (bez výtahů):	173 m <sup>2</sup>
Podlahová plocha technických zázemí:	163 m <sup>2</sup>
Plocha úložných prostorů pro byty (2. PP):	62 m <sup>2</sup>
Kapacita podzemního parkingu:	20 stání
Podlahová plocha podzemních garáží:	491 m <sup>2</sup>
Podlahová plocha wellness provozu (včetně bazénu):	159 m <sup>2</sup>
Rozměry bazénu:	4 x 13 x 1,5 m

*Pozn.: Hodnoty jsou převzaty z dokumentace pro stavební povolení.*

## Závěr

Pro pasivní bytový dům bylo získáno pravomocné stavební povolení, které bylo vydáno ve formě certifikátu autorizovaným inspektorem v srpnu roku 2012. Aktuálně se dokončuje dokumentace pro provádění stavby. Dokumentace je předávána postupně. Části stavby jsou tendrovány investorem po částech. Stavba byla zahájena v srpnu 2012, aktuálně jsou provedeny výkopy pro spodní stavbu na plný profil a rovněž všechny zemní vrty, včetně vystrojení.



*Obr.9 Provádění výkopových prací, září 2012*

Investor zadal hodnocení certifikačním nástrojem SB Tool CZ. V rámci precertifikace na úrovni projektu stavba dosáhla jako první v ČR zlatého stupně.

Jedná se o pilotní projekt pasivního bytového domu pro movitější klientelu, který patrně nemá dosud v ČR ani v centrální Evropě obdoby. Svého druhu experiment.

Prodejní cena přes 6 000 €/m<sup>2</sup> bude prověřením, zda se může pasivní standard uplatnit i v této výlučné oblasti luxusního bydlení v našich podmínkách.

V rámci této kategorie bydlení přehodnocujeme celou řadu ekonomických premis, které dosud pro navrhování pasivních domů pro nás platily.

Například:

- Metr čtverečný vegetačního obvodového pláště je cenově méně dostupný, než metr čtverečný oken => zvětšování oken nad rámec světelně technických požadavků a orientace ke světovým stranám jako nadstandard vizuálního propojení interiéru bytů s okolním parkem, bez ohledu na tepelné ztráty, které jsou kompenzovány zejména vynikajícím poměrem A/V.
- Záměna méně účinného izolantu ETICS za izolant výkonnější je přes zásadní zvýšení ceny vzhledem k ušetření výměry a prodejní ceně m<sup>2</sup> velmi výhodný.

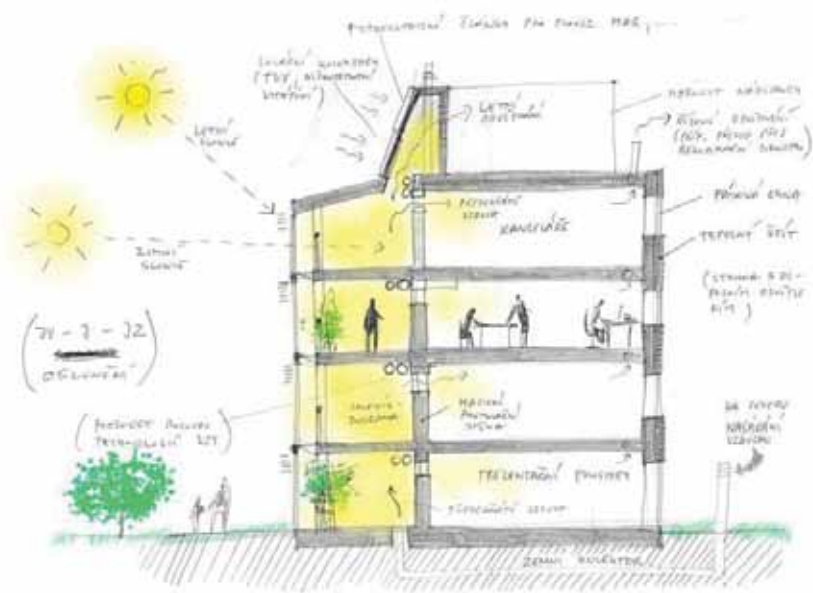
# První pasivní administrativní budova v České republice

Ing. arch. Radim Václavík, ATOS-6, spol. s r.o. STAVEBNĚ PROJEKTOVÁ KANCELÁŘ  
U Jeslí 310/10, 712 00 Ostrava, Česká republika  
Tel: +420 608 846 945, e-mail: vaclavik@atos6.cz, www.atos6.cz

II.

Administrativní čtyřpatrová budova je navržena jako sídlo firmy se školicím střediskem pro prezentaci výstavby energeticky pasivních a nízkoenergetických domů. Dům je koncipován jako vzorová energeticky pasivní stavba a zároveň slouží jako „školicí pomůcka,“ na které si návštěvníci mohou prohlédnout nejmodernější technologie používané při výstavbě nízkoenergetických a pasivních staveb. Výstavba objektu ověřila reálnost nízkoenergetického navrhování v pasivním standardu i pro vícepodlažní administrativní budovy lokalizované na území České republiky. Především se ale prokázalo, že takovéto stavby nemusí být cenově nedostupné a jsou vhodné pro běžnou výstavbu.

## 1. Vývoj konceptu budovy



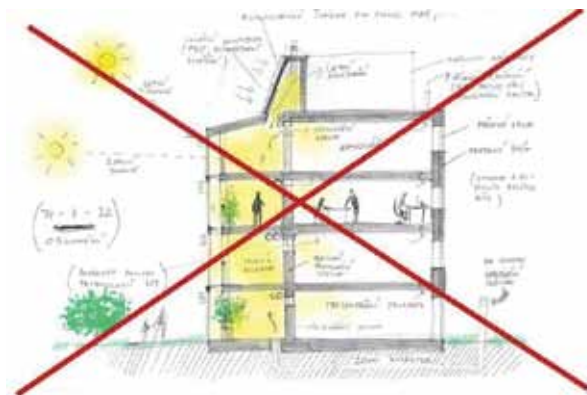
Obr. 1a Řez první variantou – dům založený na využití solární energie – solární dům



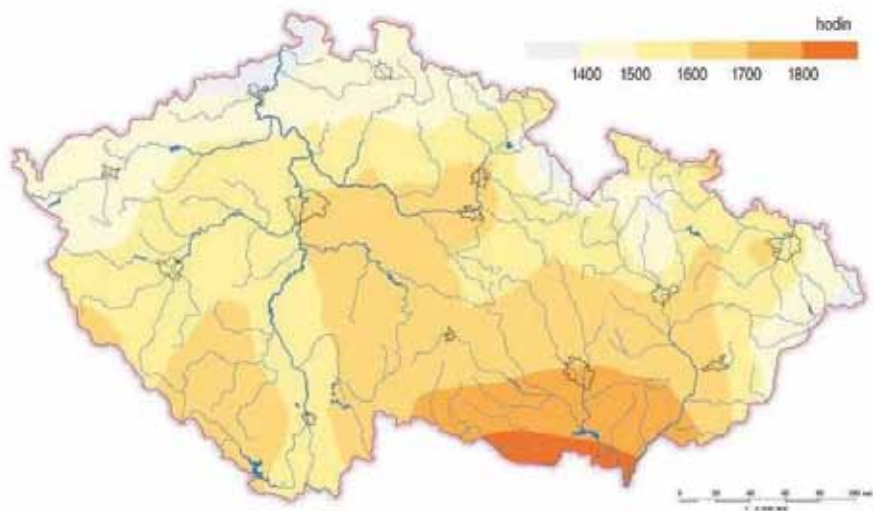
Obr. 1b Půdorysy první varianty – dům založený na využití solární energie – solární dům



Obr. 2 Vizualizace solárního domu



Obr. 3 V našich klimatických podmínekách koncept slunečního domu nebyl reálný. Hlavním důvodem je minimální počet slunečních dnů v dané lokalitě.



Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu  
Zdroj: [www.abcdenergy.cz](http://www.abcdenergy.cz) (31.10.2011)

Obr. 4 Mapka průměrného ročního úhrnu doby slunečního svitu

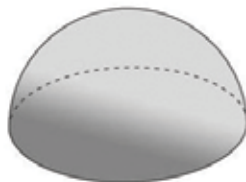
## 2. Architektonická koncepce stavby

Základní elementární forma stavby je výsledkem přiměřené optimalizace jednotlivých základních nároků kladených na objekt.

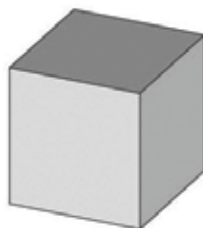
## Kompaktní tvar pasivního domu



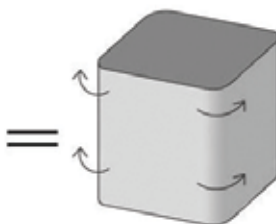
Ideálním tvarem pro pasivní dům je koule



Nejekonomičtější tvarem je krychle



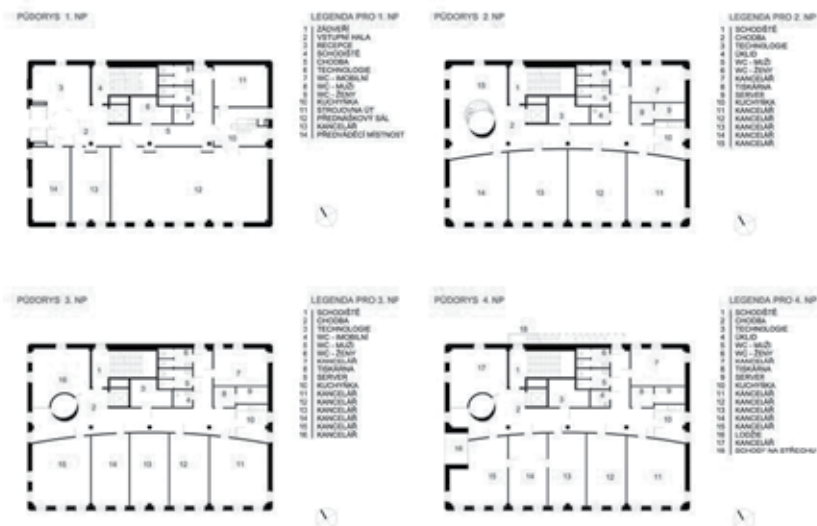
Výsledný tvar budovy



Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty. Jedním z parametrů ovlivňující potřebu energie na vytápění je poměr plochy vnějších ochlazovaných konstrukcí (obálky) budovy k jejímu vytápěnému objemu - tzv. geometrická charakteristika budovy A/V.

Obr. 5 Vývoj definitivního konceptu budovy - tvarové řešení a velikost domu

## Architektonická koncepce stavby



Obr. 6 Půdorysy budovy



## 2.1. Nízké pořizovací náklady

Jak udělat dům levný, a současně dobrý?

Jednotlivé prvky stavby jsou vybírány s ohledem na optimální poměr ceny a výkonu. Při dílčím rozhodování ze strany architekta i investora byla volena řešení jednoduchá a levná. Cenově náročnější detaily byly navrhovány v přesně stanoveném poměru, aby si stavba udržela ty nejvyšší estetické a kvalitativní parametry. Až asketická vnější forma je vyvážena v interiéru propojením jednotlivých pater kruhovým průhledem - světlovodem, kterým symbolicky prorůstá popínavá zeleň. Společný komunikační prostor na každém patře je oživen napouštěním světla do střední části domu.

Objemový cenový ukazatel je 213 eur/m<sup>3</sup> bez DPH. Náklady na m<sup>2</sup> užitné plochy jsou 1 042 eur bez DPH.

## 2.2. Nízké provozní náklady - parametry stavby v pasivním standardu

Musí provozní náklady vyčerpat významný podíl z ceny nájmu?

Prvotní byla eliminace povrchu budovy. Ideální z hlediska plochy by byla koule, či kruhový válec, ale toto řešení je nevýhodné pro běžné kancelářské prostory. Proto jsme navrhli obdélníkový půdorys blízký se čtverci. Oblé nároží budovy odkazuje na ideální zaoblenou formu. Následně pomocí výpočtových modelů jsme optimalizovali velikost otvorů v plášti budovy. Demonstrace poklesu okenních otvorů na méně osluněných stranách je uplatněna na fasádě v barevném řešení.

## 2.3. Opakovatelnost projektu

Musí se pořad vymýšlet něco nového?

Tvar pláště je záměrně jednoduchý, aby byl použitelný v jakémkoli prostředí. Dispozice vyjadřuje obvyklé požadavky na kancelářský prostor. Je možné modifikovat počet pater. Stavbu můžeme také vnímat jako základní funkční jednotku, kterou lze slučovat ve větším počtu.

## 3. Literatura

(1) ATOS6, Projekční dokumentace pro stavební povolení. Ostrava, 2009



*Obr. 7 Fotografie vstupu*



*Obr. 8 Fotografie vstupní recepce*



*Obr. 9 Fotografie kruhového světlíku*



*Obr. 10 Fotografie školící místnosti*

*Abstrakt: A passive administrative building*

*The four-storey administrative building was designed as company headquarters and training centre for the presentation of construction of passive and low energy buildings. The concept of the building is to work as a sample passive building and at the same time as a “teaching tool” where visitors can see cutting edge technologies used in these buildings. The construction of the building verified in practice that even multi-storey administrative buildings situated in the Czech Republic can be built as passive and energy efficient. Primarily, it was proved that these buildings can be and are affordable and that they are suitable for common construction.*



# Od pasívneho domu k nulovému

Ing. Igor Kuzma, ForDom s.r.o.

Družstevná 14, 960 01 Zvolen, Slovenská republika

Tel: +421 915 998 616, e-mail: kuzma@fordom.sk, www.fordom.sk

II.

## 1. Úvod

### 1.1. Typový dom v pasívnom štandarde

*Z čoho sme vychádzali*

Na jar 2010 sa zrodila myšlienka ponúknuť cenovo výhodnú alternatívu pre záujemcov o pasívne domy. Architektonická kancelária Createria v spolupráci s výrobcou montovaných drevostavieb, firmou ForDom, vypracovala návrh vhodného modulového systému pre typový pasívny dom.

V súčasnosti je zrealizovaných resppektive v procese realizácie už 17 typových domov radu Ecocube. Ten najväčší z radu, Ecocube Max, na základe požiadavky investora i v nulovom štandarde.



Obr. 1 Ecocube Plus v Hainburg an der Donau

## 2. Architektúra a technické riešenie

### 2.1. Modulová skladba

*Typový, avšak bez kompromisov*

Koncept 2,5 m širokých a 6 m vysokých panelov, ktorými sa hrubá stavba dá zmontovať za jeden deň, obsahuje v sebe i ďalšie výhody. Vo vnútri vznikne viditeľná vzduchotesná rovina a všetky spoje je možné prelepiť skôr ako sú pridané ďalšie vnútorné priečky a inštalačný rošt. Ďalšou výhodou modulového riešenia je možnosť ponúknuť rozdielne veľkosti dispozície domu pri rovnakej výrobnéj a montážnej koncepcii. Od malých domov (cca 90 m<sup>2</sup> úžitkovej plochy) až po väčšie domy (156 m<sup>2</sup> úžitkovej plochy). Typová rada obsahuje dokonca i varianty prízemných bungalovov so sedlovými strechami.



Obr. 2 Ecocube Max v Starej Kremničke, štádium hrubej stavby

## 2.2. Konštrukcia

### *Moderná montovaná drevostavba*

Celý stavebný systém je na báze dreva. Dom je založený na penovom skle. Akumuláciu vnútri domu a kročajovú nepriezvučnosť riešia nepálené hlinené tehly v nosnej priečke a v strope. Nechýba zelená strecha ani cemento drevovláknité izolácie či obklady interiéru a exteriérovej fasády. Obavy klientov, že dom je hermeticky uzavretý a „nedýcha“ rozptyľuje konštrukcia obvodového plášťa, ktorá je navrhnutá a dimenzovaná ako difúzne otvorená. Južná fasáda je tienená vonkajšími hliníkovými žalúziami, elektricky ovládanými.

II.



*Obr. 3 Ecocube Max v Starej Kremničke*



*Obr. 4 Ecocube Max v Šali*



*Obr. 5 Ecocube Max vo Wolfsthal*

## 2.3. Transparentné konštrukcie

### *Okná SmartWin alebo AlfaWin*

Okná sú rozhodujúce pre dobré fungovanie EPD. Sú tiež kľúčovým vizuálnym prvkom architektúry. Drevo hliníkové oknáSmartWin i AlfaWin sú určené pre pasívne domy najnovšej generácie. Ich úzke rámy (86 mm) maximalizujú presklenú plochu. Zároveň sú rámy dokonale izolované až cez sklo, vďaka uchytaniu skla grafitom vystuženým profilom. Tak znižujú celkové tepelné straty okna. Z interiéru je viditeľné drevo, ktoré je upravené len voskom. Z exteriéru je vystavený počasiu len bezúdržbový hliníkový rám.



*Obr. 6 Ecobase Plus v Pame*



## 2.4. Technické zariadenie domu

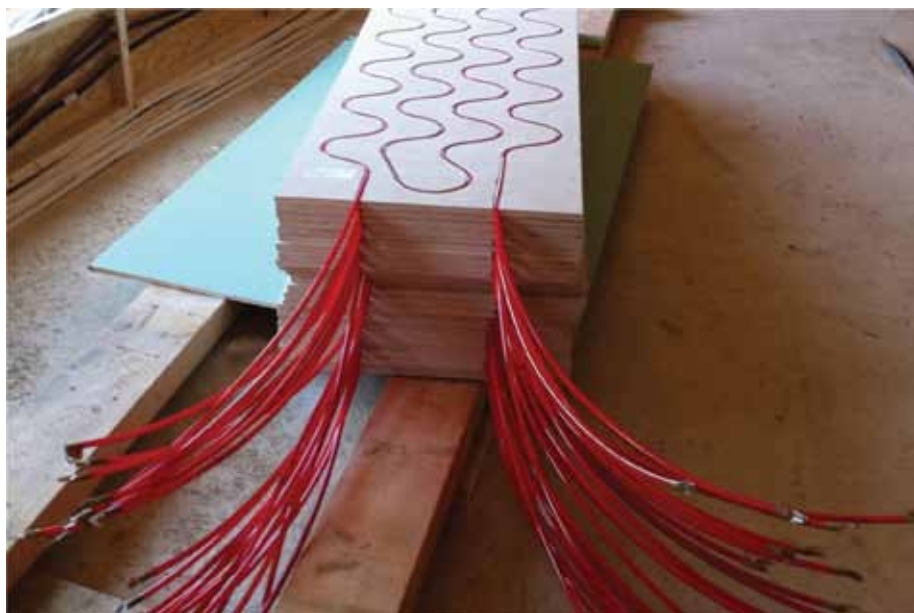
### *Obnoviteľné zdroje a jednoduchosť ovládania*

Ohrev teplej úžitkovej vody a vykurovanie zabezpečuje malé tepelné čerpadlo zn. Ochsner s priamym výparníkom a 3 kW výkonom. Priamy výparník je uložený v rovnakom zemnom výkope ako soľankový výmenník. Ten je potrebný pre efektívny chod VZT – ktorú zabezpečuje vetrací systém zn. Santos od firmy Paul.

Výhodou je, že máme teplú vodu aj vykurovanie pri pomerne dobrom COP tepelného čerpadla. Tu sa ukázala úspornosť pasívneho domu. Tepelné čerpadlo, ktoré je totiž bežne určené iba na ohrev TUV, v prípade Ecocube bez problémov rieši aj vykurovanie celého domu.

Teplovodné stenové okruhy v lete fungujú ako chladiace plochy. Dve malé obehové čerpadlá a jeden výmenník zabezpečia chladenie prostredníctvom zemného soľankového okruhu. Tak vieme v lete nielen chladiť prichádzajúci vzduch, ale aj vnútorné plochy v dome.

Celý systém je ovládaný malým termostatom zn. Siemens. Z neho je možné nastaviť nielen letnú a zimnú prevádzku, hraničné teploty pre chladenie a vykurovanie, ale aj 3 prednastavené rýchlosti vetrania.







Obr. 8 Fotovoltaické panely na streche Ecocube Max

Museli sme urobiť len relatívne málo úprav typového projektu:

- Staticky posúdiť a posilniť nosnú priečku domu. Kvôli dodatkovému zaťaženiu od fotovoltaiických panelov.
- „Nájsť miesto“ v dispozícii pre umiestnenie riadiacej jednotky fotovoltaiického systému a následne upraviť projekt vetrania domu. Z dôvodu, že táto je pomerne výrazným zdrojom tepla, čo by v letnom období pôsobilo nepriaznivo.
- Projekčne a realizačne zradiť elektroinštalačné okruhy s fotovoltaiickým systémom.
- Vyriešiť exteriérovým výlezovým rebríkom potrebu častejších revízií strešného priestoru.

## 3.2. Je to nulový dom?

Čo ukázali výpočty

Na streche objektu je fotovoltaická elektráreň (fotovoltaické panely) s inštalovaným výkonom 5,6 kWp a celkovou ročnou produkciou EE 5350 kWh. Vyrobená elektrická energia z fotovoltaiky je dodávaná (predávaná) do siete. Podľa programu PHPP (Passive House Planning Package) je spotreba primárnej energie pokrytá v plnej hodnote.

Vykurovanie, chladenie, teplá voda, elektrina pomocná a pre domácnosť		23,8	56,4	14,6
<b>Celkom Primárna E</b>	<b>56,4</b>	kWh/(m²a)		
<b>Celkom emisie CO<sub>2</sub>-ekvivalent</b>	<b>14,6</b>	kg/(m²a)		(domnie)
<b>Požiadavka na potrebu primárnej energie</b>	<b>120</b>	kWh/(m²a)		<b>áno</b>

Vykurovanie, teplá voda, elektrina pom (bez aplikácií v domácnosti)		16,3	26,8	7,0
<b>Merná potreba primárnej energie TZE</b>	<b>26,8</b>	kWh/(m²a)		
<b>Celkom emisie CO<sub>2</sub>-ekvivalent</b>	<b>7,0</b>	kg/(m²a)		

Slniečna elektrina		kWh/a	Primárna E (úspora)	emisie faktor CO <sub>2</sub>
Návrhová ročná výroba elektriny	Všetny úpočet	5350	kWh/a	g/kWh
<b>Merná potreba</b>			0,7	250
<b>Merná potreba primárnej E: úspora vďaka slnečnej elektrine</b>		<b>63,7</b>	<b>33,5</b>	<b>8,4</b>
<b>Ušporané emisie CO<sub>2</sub> slnečnou elektrinou</b>		<b>14,4</b>		

Pri rozhovoroch u nás vo firme, alebo s projekčnou firmou Createrra diskutujeme. Ide naozaj o nulový dom v pravom slova zmysle? Alebo je to pasívny dom s vlastnou fotovoltaickou elektrárnou? Verím že nás táto diskusia posunie ďalej na našej ceste. Jedno viem však určite. Ide o reálne, finančne prístupné riešenie, energeticky nezávislého bývania pre reálnych ľudí.



*Obr. 9 Ecocube Plus v Čiňove*

# Pasivní kruhový dům z přírodních materiálů s minimální ekologickou stopou

Ing. arch. Mojmír Hudec, ATELIÉR ELAM

Pekařská 6, 602 00 Brno, Česká republika

Tel.: +420 543 234 510, e-mail: elam@elam.cz, www.elam.cz

II.

## 1. Úvod

Příklad rodinného domu, který je řešen jako pasivní stavba s minimální ekologickou stopou a který je v souladu s principy trvale udržitelné výstavby. Základními materiály jsou dřevo, sláma, hlína, celulóza, recyklované pěnosclo, vápenopískové cihly. Objekt je navržen pro svépomocný způsob výstavby.

Užitná plocha domu je 119,6 m<sup>2</sup>. Dům je navržen podle pasivního standardu. Měrná potřeba tepla na vytápění je 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) (při uvažované  $\lambda$  slámy = 0,055 W/mK). Současně byla při stavbě použita další ekologická řešení - využití dešťové vody, vytápění biomasou, zelená střecha a bylo použito přírodní jezírko.

Stavba byla oceněna v soutěži Dřevěná stavba roku 2011 jako finalista veřejného hlasování a vítěz odborné poroty v kategorii realizací.



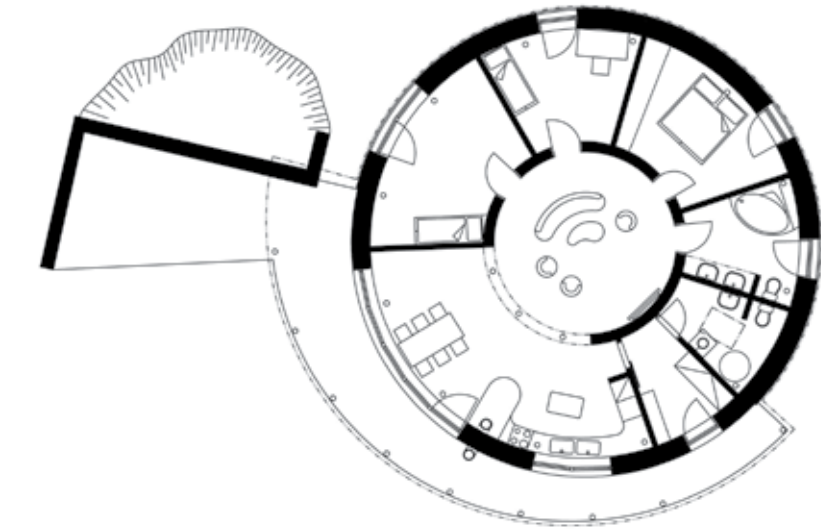
Stavba je konstrukčně řešena jako přízemní dřevostavba kombinovaná s vnitřním akumulčním jádrem z vápenopískových bloků. Střecha je z příhradových vazníků po obvodu vynášených rostlými dřevěnými sloupy. Obvodová stěna je řešena jako izolační nenosná. Stavba je založena progresivním způsobem zakládání na izolované betonové desce na vrstvě pěnoskla. Stavba využívá řízené větrání s rekuperací tepla v kombinaci se solárními kolektory.

## 2. Urbanistické, architektonické a dispoziční řešení

Objekt se nachází v typické liniové vesnické výstavbě ze samostatných rodinných domů podél hlavní komunikace. Objekt je přízemní kruhový se spirálovým půdorysem. Nárožní umístění domu na křížení ulic tuto koncepci urbanisticky umožňovalo. Dům je otevřen do zahrady směrem na jih, kde je terasa s přilehlým jezírkem.



Architektura domu je založena na kruhovém řešení s plochou zelenou střechou. Podél jižní strany je krytá průběžná terasa se sloupořadím z rostlých dřevěných sloupů. Krytí terasy je vytvořeno přetažením střechy, která stíní prosklenou jižní stěnu. Přesah střechy se rozšiřuje se směrem na západ, jako ochrana před nízkým západním sluncem. Vstup na terasu je přes prosklenou stěnu obytného prostoru domu, terasa se je rozšířena na západní straně, kde je vytvořeno venkovní sezení. Terasa navazuje na přírodní jezírko, které bude vybudováno v další etapě.



II.

Architektura a urbanismus



Dispozičně je dům založen na dvou prstencích, vnitřní prstenec tvoří komunikační část se sezením, která vytváří jakési srdce domu s centrální lucernou. Centrální část je otevřena do přilehlé obytné části s jídelním a kuchyňským koutem. Vnější prstenec je tvořen obvodovou stěnou. Obytná část je velkoryse prosklena a je přímo propojena s terasou a zahradou. Pokoje a ostatní místnosti jsou paprskovitě odděleny akumulacími příčkami mezi vnitřním a vnějším prstencem. Navrženým řešením se současně podařilo odstranit veškeré chodby. Z centrálního prostoru jsou pak přístupny dva pokoje dětí, ložnice rodičů, koupelna a technická místnost.

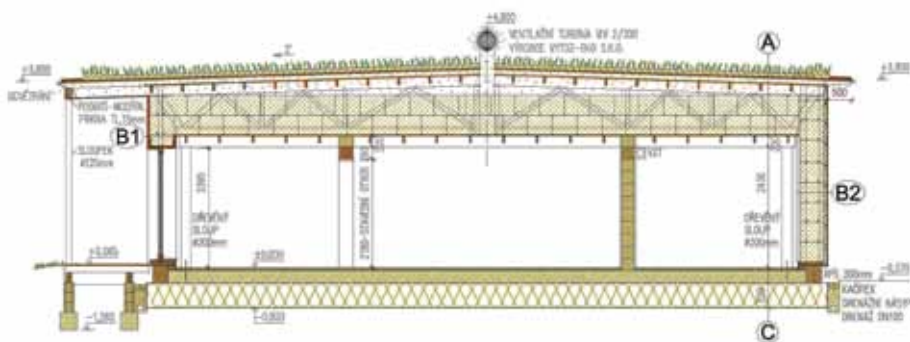
### 3. Konstrukční řešení

Kruhový objekt je založen na železobetonové desce na vrstvě drtě z pěnoskla. Tento recyklát z odpadního skla je použit v tloušťce 500 mm a je ztuhnut ve dvou vrstvách a přímo vytváří tepelnou izolaci. Vrstva pěnoskla je přetažena přes obvod desky jako ochrana proti podmrzáání. Na vrstvě pěnového skla byla vybetonována železobetonová základová deska, která tvoří nejen kvalitní, izolovaný a pevný základ, ale přispívá i k tepelné akumulaci stavby. Po obvodu je deska izolována 300 mm extrudovaného polystyrénu.





Na desce byl vyzděn vnitřní kruh domu z vápenopískových bloků tloušťky 250 mm, který tvoří vnitřní akumulaci a nosné jádro domu. Na toto zdivo byly položeny pohledové trámy a příhradové vazníky, které byly v místě vnějšího kruhu podepřeny dřevěnými sloupy z přírodního dřeva. Tyto sloupy a trámy jsou v interiéru přiznány a korelují s venkovními sloupy terasy. Obvodová stěna domu je pak řešena jako nenosná stěna vytvořená vrstvou ze slaměných balíků o rozměrech 40 x 50 x 70 cm, vkládaných do lehké vodící dřevěné konstrukce se sbíjených KVH hranolů. Ve skladbě obvodové stěny není použita žádná plošná deska ani folie, která by tvořila vzduchotěsnou obálku budovy, tuto funkci převzaly vnitřní hliněné omítky. Na jižní straně je pak ponechána hliněná omítka úmyslně s tvarovými nerovnostmi kopírujícími tvar balíků. Ochrana hliněné omítky je řešena dostatečným přesahem střechy na terasou. Ze severní strany je obvodová stěna domu chráněna svislým odvětraným modřínovým obkladem na laťovém roštu s difúzní folií.



Střecha je izolována dvěma vrstvami slaměných balíků s doplněním další vrstvou foukané izolace. Pro takto vysokou konstrukci a pro přerušení tepelných mostů byly použity sbíjené příhradové vazníky, které tvoří nosnou konstrukci střechy. Vzduchotěsnou rovinu tvoří desky OSB ze spodní strany vazníků. Tyto desky jsou vzduchotěsně napojeny na vnitřní omítky stěn pomocí pásek. Pod deskami OSB je v interiéru podhled ze smrkové palubky. Sbíjené vazníky střechy jsou shora zaklopeny difuzní DHF deskou. Nad ní je provětrávané mezeru z KVH hranolů, s odvětráním mezery ve středu střechy pomocí ventilační turbíny, nasávání je po celém obvodu střechy. Odvětrávaná mezeru je kryta deskou OSB na které je střešní fólie s odolností proti prorůstání kořínků. Na fólii je souvrství zelené střechy, zelená střecha je řešena jako extenzivní, s vysázenými sukulenty a po obvodu s pásem kačírku.



Na výplně otvorů je použito kvalitních dřevěných oken s trojskly, která jsou určena pro pasivní domy. Okna byla do konstrukce zabudována s přiizolováním okenních ráků, tedy s maximálním potlačením tepelného mostu po obvodu ráku okna.

#### 4. Použité technologie

Je použita větrací rekuperační jednotka s možností přehřívání vzduchu a mrazovou pojistkou. Rozvod větraného vzduchu je v kanálcích v podlaze. Na střeše jsou instalovány 3 kusy solárních kolektorů na ohřev teplé vody, které jsou napojeny na akumuláční zásobník. Jako zdroj dotápění je použito topidla na dřevo. I když by stačila malá krbová kamna s výkonem do 5 kW, investor použil jako zdroj mohutná finská kamna s vysokou akumulací, která tvoří dominantu kuchyňské části. Tato kamna byla vyzdívaná přímo na místě a jsou osazena i troubou na pečení. Kamna nemají přívod venkovního vzduchu, dostatečný přívod vzduchu zajišťuje vzduchotechnická jednotka, která má přetlakový režim na topení.

## 5. Ekologické řešení

Dům využívá ekologické prvky jako je využití dešťové a studniční vody, přírodní jezírko, vytápění biomasou a zelená střecha. Dům má dvojitý rozvod vody, pitné a užitkové. Jako užitková voda je využívána voda ze studny, na veřejný vodovod je napojen jen vývod v kuchyni. Dešťové vody zachytí převážně zelená střecha, přebytek dešťových vod bude sveden do jezírka.

## 6. Závěr

Na domu bylo dosaženo harmonie přírodní stavby v souladu s principy trvale udržitelné výstavby a současně s principy pasivního domu. Dům je optimalizován programem PHPP. Nevýhodou je přízemní řešení domu, vzhledem k poměru A/V (plocha/objem), toto řešení je obecně energeticky nevýhodné. Další nevýhodou je i nižší součinitel tepelné vodivosti slámy, který závisí na kvalitě slámy a na způsobu jejího zabudování do konstrukce. I při použití nejhoršího součinitele  $\lambda$  slámy = 0,08 W/mK, který literatura uvádí, stavba dosahuje měrné potřeby tepla na vytápění 20 kWh/(m<sup>2</sup>a). Stavba tak dokazuje, že je možno dosáhnout standardu pasivního domu nebo standardu k němu se blížícímu podle výpočtu v PHPP i u stavby s použitím slaměných balíků.



Přírodní materiály mají navíc to kouzlo, že pokud jsou správně zabudovány, odmění se nám vlastnostmi, které jsou velmi příjemné: kvalitou vzduchu s minimem škodlivin, přirozenou vůní dřeva v interiéru, kvalitní vlhkostní bilancí (danou schopností hlíny přijímat a vydávat vlhkost), pozitivními vlivy souvisejícími s magnetickými poli a dalšími vlivy vycházejícími z baubiologie.

V domě z přírodních materiálů „je velice příjemně“ aniž bychom tušili, zda je to vzduchem, barevností, lokalitou, konstrukcí či příjemnou společností lidí, kteří v těchto domech obvykle bydlí.



Dům s použitím kruhové dispozice se zdůrazněním centrální střední části vytváří současně zajímavou atmosféru, která vyvolává asociaci jeskyně, prehistorických staveb, chrámů, posvátných motivů a tento zvláštní pocit působí inspirativně i na návštěvníky.

# Pasívna drevostavba pre každého

Ing. Marián Prejsa, Createrra s.r.o.

925 25 Hrubý Šúr 15, Slovenská republika

Tel: +421 905 858 896, e-mail: m.prejsa@gmail.com

II.

Príspevok predstavuje prezentáciu projektov a realizácií ateliéru Createrra so zameraním sa na cenu pasívnej drevostavby v podmienkach slovenskej ekonomiky.

## 1. Viac ako 50 projektov

Ateliér Createrra má za sebou už viac ako 50 projektov v rôznom štádiu vypracovania. Z tohto počtu je prevažná väčšina stavieb s konštrukčným systémom z materiálov na báze dreva. Či už použitého ako rastlé drevo alebo drevo spracované do rôznych konštrukčných a izolačných materiálov.



## 2. 4 typy drevostavieb

V priebehu posledných rokov sa vyprofilovali 4 základné typy drevostavieb, líšiace sa podľa druhu použitého materiálu v sendvičových skladbách a podľa spôsobu zabezpečenia vzducho-tesnej roviny.

Na nasledujúcich fotografiách, detailoch a vizualizáciách sú tieto 4 konštrukčné typy predstavené. Pre jednotlivé skladby sú uvedené ich ceny za m<sup>2</sup> a naznačená vzduchotesná rovina, ktorá je pri každej skladbe zabezpečená iným spôsobom.

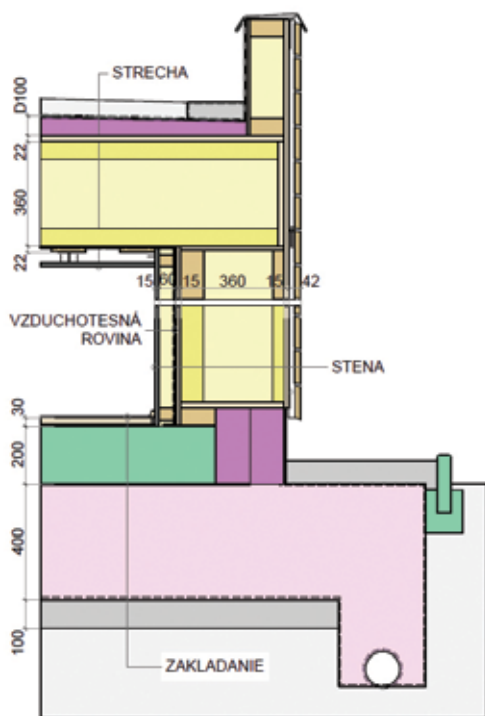
Ecocube

Ecococon

Lignotrend



V konštrukčnom systéme ECOCUBE je vzduchotesná rovina pri obvodových stenách zabezpečená 15 mm OSB 3 doskou prelepenou airstop páskami Isocell. V krove je to parobrzdna fólia s variabilnou Sd hodnotou a v základoch základova vláknetonová doska.



## ECOCUBE

### STRECHA

Extenzívna zelená strecha  
 Substrát...60 mm  
 Geotextília Prompt Terradren... 20 mm  
 Hydroizolácia - EPDM  
 Spádová vrstva - XPS... 50-150 mm  
 Plný záklop OSB 3 ... 22 mm  
 Boxové nosníky, 104x360  
 Izolácia z minerálnej vlny Isover ... 360 mm  
 Parobrzdza s var. hodnotou Sd 0,2 - 10  
 Úsporný záklop OSB 3 ... 22 mm  
 CD-UD systém závesný systém ... 50 mm  
 Sádrokartón protipožiarny...15 mm  
 spolu...649 mm

### STENA

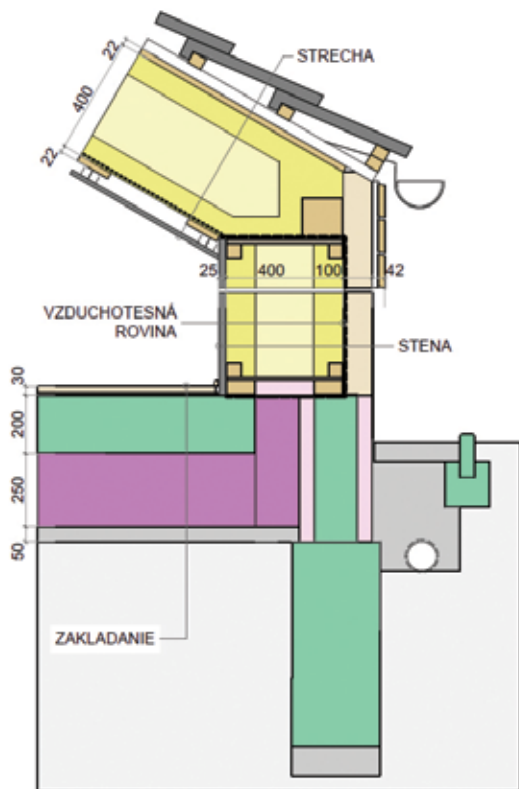
Sádrokartón protipožiarny...15 mm  
 Inštalčný rošt SM/JD 60x40  
 Izolácia Isover...60 mm  
 OSB 3 ako parobrzdza  
 a vzduchotesná rovina...15 mm  
 Stojky-boxové 76x360  
 Izolácia Isover...360 mm  
 FORMline®DFF (Diffusion-open  
 moisture-balancing fibreboard)...15mm  
 Laty... 21 mm  
 Drevený obklad SMC ... 21 mm  
 spolu...507 mm

### ZAKLADANIE

Palubová podlaha ... 22 mm  
 Hofatex silent ...8 mm  
 Železobetónová  
 základová doska ... 200 mm  
 PE fólia  
 Drtené penové sklo GEOCELL ... 400 mm  
 Geotextília PROMT Texizol 200gr ... 2 mm  
 Makadam ... 100 mm  
 spolu...732 mm

V konštrukčnom systéme ECOCOCON je vzduchotesná rovina pri obvodových stenách zabezpečená v rovine vonkajšej hrany slamených blokov parobrzdou s Sd hodnotou <math><0,2</math>. V krove je to parobrzdná fólia s variabilnou Sd hodnotou a v základoch vláknotbetónová doska.

II.



## ECOCOCON

### STRECHA

Krytina Tondach...40 mm  
 Laty, SM 40x50...40 mm  
 Kontralaty, SM 40x50mm...40 mm  
 FORMline®DHF (Diffusion-open moisture-balancing fibreboard)...22 mm  
 Priehradový nosník A 50x400.....400 mm  
 +Celulóza Climatizer Plus  
 Parobrzda s var. hodnotou Sd 0,2 -10  
 Úsporný záklop OSB 3 ... 22 mm  
 CD-UD systém závesný systém ... 50 mm  
 Sádrokartón protipožiarny...15 mm  
 Spolu...629 mm

### STENA

Interiérový omietkový systém z hlinených omietok PICAS  
 -vzduchotesná rovina ...25 mm  
 Bloky tvorené dvojším rámom SM 50x100, vyplnené izoláciou zo slamy -prefabrikát ...400 mm  
 Parobrzda ProClima DA Connect Mäkka drevovláknitá doska Hofafest...100 mm  
 Exteriérový difúzne otvorený omietkový systém...5mm  
 /SMC obklad a rošt 42 mm/  
 spolu ...530 /567/ mm

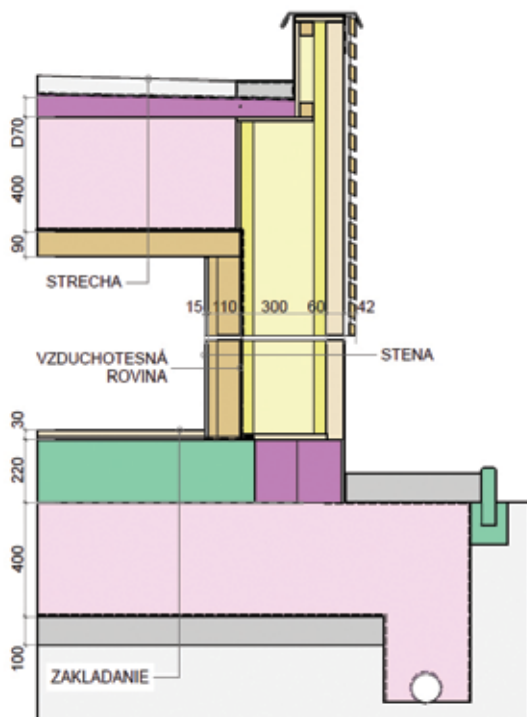
### ZAKLADANIE

Palubová podlaha ... 22 mm  
 Hofatex silent ...8 mm  
 Základová doska/vláknotbetón ... 200 mm  
 XPS...250 mm  
 Štrk...100 mm  
 spolu...580 mm





V konštrukčnom systéme LIGNOTREND je vzduchotesná rovina na vonkajšej strane nosnej drevenej steny, v krove je zabezpečená parotesnou fóliou s Sd hodnotou 1500 prelepenou páskami Isocell a v základoch základovou vláknobetónovou doskou.



## LIGNOTREND

### STRECHA

Extenzívna zelená strecha  
 Substrát...60 mm  
 Geotextília Prompt Terradren... 20 mm  
 EPDM Hydroizolácia Geomembrane  
 Spádová vrstva - XPS... 20-120 mm...  
 70 mm  
 Izolácia z EPS 200S ...400 mm  
 Parozábrana PE fólia  
 Pohľadový nosný stropný  
 systém LIGNOTREND od 90 mm  
 spolu...640 mm

### STENA

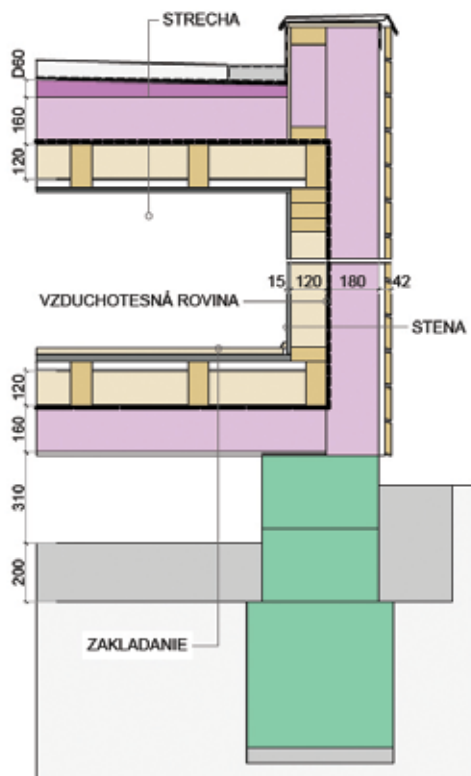
Sádkokartón alt. hlinený  
 ometkový systém...15 mm  
 Lignotrend UNI ...110 mm  
 Parobrzdza ProClima DA Connect  
 Izolácia z celulózy...300 mm  
 (Stojky Lignotrend U\*Psi F)  
 Hofatex ...60 mm  
 Latovanie zvisle...21 mm  
 Drevený obklad SMC ...21 mm  
 spolu...527 mm

### ZAKLADANIE

Palubová podlaha ... 22 mm  
 Hofatex silent ...8 mm  
 Vláknobetónová  
 základová doska ... 220 mm  
 PE fólia  
 Dřtené penové sklo GEOCELL ... 400 mm  
 Geotextília PROMT Texizol 200gr ... 2 mm  
 Makadam ... 100 mm  
 spolu...752 mm



V konštrukčnom systéme MOBI je vzduchotesná rovina pri obvodových stenách, krove a podlahe nad terénom zabezpečená vzájomne prelepenými Puren doskami potiahnuté hliníkovou fóliou.



## MOBI

### STRECHA

Extenzívna zelená strecha - substrát...60 mm  
 Filtračný geotextília, Prompt Terradren...22 mm  
 Hydroizolácia Firestone Pondliner  
 Geotextília 200gr/m2  
 Spádová vrstva-XPS, 20-100 mm...60 mm  
**PUREN** - tepelná izolácia  
 a paro a vzduchotesná rovina...160 mm  
 Rám KVH 80x160  
 nosný aj inštalačný vyplnený drevovláknitou  
 doskou HOFA...120 mm  
 Preglejka, vodeodolná alt. sádrokartón...15 mm  
 spolu...477 mm

### STENA

Preglejka, vodeodolná...15 mm  
 Rám KVH 60x120...nosný aj inštalačný  
 vyplnený mäkkou drevovláknitou doskou...120 mm  
**PUREN** - tepelná izolácia  
 a paro a vzduchotesná rovina...160 mm  
 Latovanie zvisle...21 mm  
 Drevený obklad  
 Červený smrek...21 mm  
 spolu...337 mm

### ZAKLADANIE

Palubová podlaha a podložka... 20 mm  
 Suchý poter zo sádrovláknitej dosky...25 mm  
 Rám KVH 80x160...160 mm  
 nosný aj inštalačný vyplnený drevovláknitou  
 doskou HOFA 120 mm  
**PUREN** - tepelná izolácia  
 a paro a vzduchotesná rovina, ...160 mm  
 spolu...365 mm



### 3. Cena EPD

Z hľadiska vplyvu typu konštrukcie na celkovú cenu stavby, sa najprv pozrime na EPD ako celok. EPD pozostáva v zjednodušenej podobe z OBALU a JADRA.

II.

JADRO by sme mohli rozdeliť na 1. vnútorné konštrukcie, 2. povrchy a inštalácie, 3. technika. Prvé dva body nám celkovú cenu stavby v podstate neovplyvňujú. Čo sa týka techniky tak jej cena sa bohybuje v rozmedzí 14 000 až 26 000 € pre 1 EPD.

OBAL stavby pozostáva zo 4 základných konštrukcií. 1. Okná a dvere, 2. Strešná konštrukcia, 3. Stenová konštrukcia, 4. Základová konštrukcia.

Celková plocha okien sa pohybuje okolo 20-30 % užitkovej plochy. Cenové relácie závisia od typu okien, pri drevo-hlinikových okien sú v rozmedzí 8 000 až 18 000 € pri bežných EPD od 80 do 180 m<sup>2</sup> užitkovej plochy. Pri EPD so 120 m<sup>2</sup> užitkovej plochy je cena okien približne 12 000 €.

Predstavme si takýto rodinný dom s užitkovou plochou 120 m<sup>2</sup>. A nech je to kvader o vonkajších rozmeroch izolačného plášťa cca 9 x 9 x 6,5 metra. Dostaneme plochu strešného a základového plášťa zaokrúhlene 80 m<sup>2</sup> a plochu stien 240 m<sup>2</sup>.

Po doplnení do porovnávacej tabuľky nám výjde cena obalu stavby v rozmedzí od 49 600 € do 85 680 € a cena celkovej stavby od 132 000 € do 180 080 € čo predstavuje cenu od 1 100 € do 1 500 € za m<sup>2</sup> užitkovej plochy. V nasledujúcich dvoch tabuľkách sú dané hodnoty podrobne rozpísané:

Tab. 1

	STRECHA			STENA			ZÁKLADY			EPD
	Materiál	Práca	€	Materiál	Práca	€	Materiál	Práca	€	€
	Celkom 1m <sup>2</sup>		80 m <sup>2</sup>	Celkom 1m <sup>2</sup>		240m <sup>2</sup>	Celkom 1m <sup>2</sup>		80m <sup>2</sup>	120 m <sup>2</sup>
<b>ECOCUBE</b>	80	75	12400	65	40	25200	100	50	12000	49600
	155			105			150			
<b>ECOCOCON</b>	124	45	13520	198	46	58560	110	60	13600	85680
	169			244			170			
<b>LIGNOTREND</b>	230	42	21760	128	36	39360	100	50	12000	73120
	272			164			150			
<b>MOBI</b>	113	70	14640	82	36	28320	84	45	10320	53280
	183			118			129			

Tab. 2

	JADRO	TECH.	OBAL	OKNA	EPD	EPD 1m <sup>2</sup>
<b>ECOCUBE</b>	60000	14000	49600	12000	135600	1130€
		26000			147600	1230€
<b>ECOCOCON</b>	60000	14000	85680	12000	171680	1431€
		26000			183680	1531€
<b>LIGNOTREND</b>	60000	14000	73120	12000	159120	1326€
		26000			171120	1426€
<b>MOBI</b>	60000	14000	53280	12000	139280	1161€
		26000			151280	1261€

Tab. 3

typ	stavby		priemer za 1m <sup>2</sup>
<b>ECOCUBE</b>	EcoCubePlus	EcoCubeMax	
cena/m <sup>2</sup>	145320/125	177000/158	1212 €
<b>ECOCOCON</b>	Stupava	Predajná	
cena/m <sup>2</sup>	133100/96	183700/136	1443 €
<b>LIGNOTREND</b>	Kramáre	Pezinok	
cena/m <sup>2</sup>	217000/145	198600/143	1368 €
<b>MOBI</b>	Mobi3	Mobi4	
cena/m <sup>2</sup>	78160/59	104440/84	1284 €

## 4. Záver

Záverom možno konštatovať, že v porovnaní so stavbami v nízkoenergetickom štandarde s konštrukciou z materiálov na báze dreva, ktorých cena sa pohybuje od 800 do 1 000 € za m<sup>2</sup> úžitkovej plochy, je cena pasívneho domu v podmienkach slovenskej stavebnej praxe o 10 až 50 % vyššia. Ďalej možno konštatovať, že čím je stavba realizovaná z ekologickejších materiálov, tým je jej cena žiaľ vyššia. Domy so skladbou Ecococon a Lignotrend sú drahšie aj o 200 €/m<sup>2</sup>. Vďaka pasívnemu štandardu a použitým materiálom je kvalita danej stavby a jej zostatková hodnota po 30 rokoch užívania ďaleko vyššia.

Ateliér Createrra venuje veľkú pozornosť nákladom na stavbu, avšak cena stavby na m<sup>2</sup> nie je rozhodujúca. Dôležité je, aby každý pasívny dom zodpovedal rozpočtu ktorý má investor k dispozícii.

## *Abstrakt: Passive woodhouses for everyone*

*This contribution is an introduction to the presentation of projects and work of the studio Createrra, whose focus is on passive woodhouse construction within the current economic situation of Slovakia. The studio Createrra has realized over 50 projects, which are in various states of completion. Wood is by and large the main material for the buildings' construction system. Four basic types of woodhouse constructions have been developed, differing according to the type of materials used in the makeup of the wall „sandwich“ and also according to the way the level of airtightness is secured.*

*Within the construction system In ECOCUBE the level of airtightness within the outside walls is secured by 15mm of OSB 3 board sealed with airstop tape Isocell. A vapor barrier, with a variable Sd value, is used beneath the rafters and fibre cement slab is the airtight layer in the foundation.*

*In ECOCON the airtightness level within the outside walls is secured at the outside edges of the straw blocks by a vapor barrier with an Sd value of 0,2. A vapor barrier with a variable Sd value is used in the roof and a the fibre cement slab is the airtight layer in the foundation.*

*In LIGNOTREND the vapor barrier is located on the outside of the massive wooden load bearing wall; the massive wooden roof is covered with a vapor tight foil with the Sd value of 1 500, taped with Isocell. The fibre cement slab is the airtight layer in the foundation.*

*In MOBI the airtightness level of the outside walls, rafters and flooring above the ground is secured by the joining of Puren aluminium foil covered boards.*

*Calculations have lead to the conclusion that the price of EPD is within the range of 1 100 to 1500 Euros per m<sup>2</sup> of floor space. In conclusion we can say that when comparing buildings of lower energy standard built mainly from wood, ranging in price from 800 to 1 000 Euros per m<sup>2</sup> of floor space, to passive houses built in Slovakia, that the price is from 10 to 50 % higher.*

*We can also say that with more ecologically friendly materials the price of the building increases. Houses using the construction system Ecococon and Lignotrend are more expensive by up to 200 Euros per m<sup>2</sup>. Thanks to the passive standard and materials used, the quality of the given building and its carrying value after 30 years of use is much higher.*

*The architectural studio Createrra does focus a lot on the price of the building, but price per m<sup>2</sup> is not the only criteria that counts. It is more important that the overall budget of the client can be met.*

# Pasívny dom na mieru

Henrich Pifko, H.P.design

Černyševského 9, 85101 Bratislava, Slovenská republika

Tel: +421 903 176 667, e-mail: pifko@hpdesign.sk

---

II.

## 1. Zamyslenie nad konštrukciou

Pri návrhu efektívnych stavieb sa spravidla snažíme o to, aby ich konštrukcie boli čo najjednoduchšie realizovateľné v kvalite, aká je potrebná pre pasívne domy. Väčšina našich stavieb je preto na báze dreva alebo z dobre izolovaného pórobetónu. Aj pri iných stavebných systémoch však možno nájsť výhodné riešenia – tu predstavíme koncept typický skôr pre väčšie a energeticky náročnejšie stavby, na pohľad „menej ekologický“, no v skutočnosti pomerne ohladuplný k prostrediu.

## 2. Riešenie na mieru

Rodinný dom pri Pezinku vznikol na základe špecifických požiadaviek investora. Mal jasnú víziu, aký dom chce. Trochu väčšie priestory, väčšie otvory, pár detailov od počiatku ovplyvňujúcich architektonický koncept – a v neposlednom rade požiadavka dosiahnuť štandard pasívneho domu s čo najväčším komfortom. Snažili sme sa túto víziu vteliť do reálneho objektu s minimom ústupkov a kompromisov, čo sa odrazilo na použitom konštrukčnom systéme (monolitický železobetón) i dôrazom na kvalitu architektonického detailu, ktorú sa nám nie na každej stavbe darí takto ustrážiť.

### 2.1. Architektonický koncept

Dom je na miernom svahu, na čo reaguje výškovým posunom medzi obývačkou a jedálňou – rozľahlému obytnému priestoru vyššia výška prospeje. Skromnejšej „nočnej“ časti domu stačí o tretinu skrátené poschodie, získaná terasa je využitá pre extenzívnu vegetačnú strechu, Kompozíciu domu dotvára prestrešenie parkoviska a skladu na strane ulice a terasy pri bazéne a záhrade. Výraz domu je určený kontrastnými obkladmi fasád, dispozície ovplyvnilo umiestnenie obytnej záhrady na západnej strane domu a snaha o využitie slnečnej energie cez veľké južné zasklenia.



Obr. 1, 2 Koncept domu (jedna z prvých skíc) a jeho realizácia

## 2.2. Riešenie konštrukcií

Stavebné riešenie vychádzalo z požiadavky na minimalizáciu tepelných mostov, špecifikom je založenie na penovom skle v svahovitom teréne. Ináč ide o konvenčnú konštrukciu, akurát neobvyklú pri rodinných a veľmi dobre izolovaných domoch. Jej výhodou je vysoká tepelná stabilita domu a ľahšie zabezpečenie pohody v lete.

## 2.3. Zakladanie

Zdola izolovaná základová doska je prirodzenou voľbou pre masívne konštrukčné systémy – uprednostnili sme penové sklo zachytené na dolnej hrane oporným múrikom, ktorý lícuje so stenou domu. To si vynútilo jeho komplikovanejšie riešenie, aby tepelný most v tomto detaile neprekročil únosnú hranicu. Samotná základová doska je vyztužená tak, aby preniesla veľké sústredené zaťaženia pri čo najmensej hrúbke.



Obr. 3, 4, 5 Izolácia z penového skla, jej oporný múr a príprava betonáže základovej dosky.

## 2.4. Nosné konštrukcie

Železobetónový nosný systém si tu vyžiadal vysokú precíznosť pri zhotovení – už pri betonáži boli v stenách pripravené všetky rozvody. Hrúbku stien a stropov sme minimalizovali, množstvo zabudovanej energie je v nich menšie než pri porovnateľnej konvenčnej stavbe. Pripojenie oceľových nosníkov exteriérových prístreškov sme navrhli a realizovali s prerušením tepelného mosta.



Obr. 6, 7, 8 Príprava systémového debnenia, hotová hrubá stavba, uloženie oceľových nosníkov.

## 2.5. Tepelné izolácie

Pôvodne sme predpokladali využitie drevenej nosnej konštrukcie obkladu stien na vytvorenie dutiny pre celulóзовú izoláciu. Potreba vyššej izolačnej schopnosti viedla k voľbe účinnejšej izolácie z „neoporu“, daňou za túto zmenu pri zachovaní minimálnych tepelných mostov bolo komplikovanejšie zavesenie obkladov a vyššia prácnosť pri montáži izolácie. Na strechách sme použili obdobný materiál v konvenčnej skladbe, päty stien sú izolované extrudovaným polystyrénom. Atiky majú drevenú konštrukciu, aby sa aj v tomto detaile minimalizovali tepelné mosty.





Obr. 9, 10, 11 Nosný rošt fasády, montáž izolácie stien okolo jeho prvkov, zaizolovaný dom.

## 2.6. Výplne otvorov

Drevené okná Makrowin s certifikátom PHI sú montované v rovine tepelnej izolácie v ostení z osb-dosiek, podopierajú ich nerezové konzolky. Atypický rám s redukovanou šírkou je z väčšej časti prekrytý tepelnou izoláciou. Parapety končia pod obkladom v odvetrávanej medzere a zvrchu sú prekryté obkladovou doskou na polystyrénových klinoch. Zasklenia sú volené s ohľadom na orientáciu k svetovým stranám – na juhu s dôrazom na tepelné zisky, inde s ohľadom na čo najlepšiu izolačnú schopnosť a letnú pohodu. Drevené vstupné dvere sa parametrami blížia oknám.

Vonkajšie žalúzie majú vysokú odolnosť vďaka tuhému profilu a ovládaniu skrytému vo vodiacej koľajnici. Umiestnili sme ich čo najďalej k vonkajšiemu lícu steny, takže tepelný most spôsobený žalúziovým boxom je veľmi malý, a vodiace koľajnice sme skryli do obkladu ostení.



Obr. 12, 13, 14, 15 Montáž okna vysunutého pred stenu, parapet, žalúziový box, spustená žalúzia.

## 2.7. Povrchy, podlahy atď.

Ostatné prvky stavby nemajú veľký vplyv na dosiahnutie štandardu pasívneho domu, uvádzame ich tu pre úplnosť. Obklad fasád kombinuje veľkoplošné panely s doskami v štruktúre dreva, ktoré nahradili pôvodne plánovaný smrekovcový obklad s vyššími nárokmi na údržbu. Rovnaký materiál je použitý na obytnú terasu. Exteriérové steny majú šedý kamenný obklad, brány a doplnky sú z nerezú a oporné múry v záhrade z gabionov. Strechy s krytinou z pvc-fólie sú extenzívne vegetačné (terasa domu, parkovanie) alebo so štrkovým posypom (poschodie domu, prístrešok v záhrade). V interiéroch sú steny omietnuté (pričky sú z pórobetónu), sadrokartónové podhlady v chodbách sú znížené a ukrývajú potrubia vzduchotechniky. Podlahová krytina je (mimo „mokrých“ prevádzok) z marmolea, betónové schodište má drevený obklad stupňov a sklené nasvietené podstupnice. Akvárium v obývačke patrí k ťažiskovým prvkom interiéru. Vnútorne rolety sú skryté v rímse či v podhladoch.



Obr. 16, 17, 18 Obklad fasád (veľkoplošný a „drevo“), riešenie kúpeľne, začiatok schodišťa

## 2.8. Technika v dome

Srdcom pasívneho domu je vetrací systém. Vzhľadom k tomu, že ide o pomerne veľký dom s vysokými požiadavkami na komfort, zvolili sme kompaktnú jednotku Drexel-Weiss aer-smart x2 s 300 l zásobníkom teplej vody – technika v dome zaberá necelé 2 m<sup>2</sup> podlažnej plochy. Tepelné čerpadlo odoberá teplo zo zeme, z jedného 80 m vrtu, a zabezpečuje ohrev vody, kúrenie i chladenie. Teplo je do domu rozvádzané vetracím vzduchom, to však nestačí pokryť väčšiu tepelnú stratu v najchladnejších dňoch a preto systém dopĺňa podlahové kúrenie v obývacej izbe a v jedálni.



Obr. 19, 20, 21, 22 Kompaktná jednotka vo výklenku, rozvod vzt v podhlade, vrt, káble elektroinštalácie

Pri nasadení dostatočne výkonného tepelného čerpadla využitie slnečných kolektorov spravidla nie je efektívne. Prípravu pre ne sme realizovali len na záhradnom prístrešku, kde môžu byť v lete využívané na ohrev vody v exteriérovom bazéne.

Snaha o efektívnosť a komfort nekončí zabezpečením tepelnej pohody. Zaujímavý je aj systém inteligentných elektroinštalácií a úsporné umelé osvetlenie s prevažujúcim uplatnením „lediek“ – nájdeme ich aj v soklových lištách, v nasvetlení stupňov schodišťa a v osvetľovacej rímse. Plochá strecha domu ponúka vhodný priestor pre montáž fotovoltických panelov, až ju energetická politika štátu spraví zmysluplným riešením. Techniku v dome dopĺňa centrálny vysavač. Odpadové vody sú spracované v domovej čističke a využité na závlahu, Bazén využíva namiesto chémie biologické čistenie vody, čistiaca zóna s rastlinami je umiestnená oddelene pod plotom.

## 2.9. Technické údaje o dome

Rodinný dom v štandarde PD	Lokalita: pri Pezinku; Rok dokončenia: 2012
Energeticky vzťažná plocha:	232 m <sup>2</sup> (podľa PHPP)
Konštrukčný systém:	ŽB monolitická stenová konštrukcia, izolácia stien a strechy "šedý" EPS, pod základmi drť z penového skla. Odvetrávané fasády (Cembrit, Woodlook), pórobetónové priečky. Pristrešky: oceľ, drevo. Strešná krytina PVC, veg.strecha resp. štrk.
Obvodová konštrukcia:	U steny = 0,11 W/(m <sup>2</sup> K)
Základová konštrukcia:	U = 0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
Strecha:	U = 0,09 W/(m <sup>2</sup> K)
Okenný rám (Makrowin g2):	U <sub>w</sub> = 0,76 W/(m <sup>2</sup> K) (certifikát PHI)
Zasklenie: trojité	U <sub>g</sub> = 0,7 W/(m <sup>2</sup> K), g = 60% (juh, inde 0,6 / 50%)
Vchodové dvere:	U <sub>d</sub> = 0,9 W/(m <sup>2</sup> K)
Vetranie, vykurovanie, ohrev vody: DW x2: vetranie max. 235 m <sup>3</sup> výkon kúrenia 3,3 kW výkon chladenia 2,5 kW	Kompaktná vetracia jednotka s tepelným čerpadlom Drexel-Weiss aerosmart X2, zdroj pre TČ hlbkový vrt, prívod čerstvého vzduchu cez fasádu, výfuk cez strechu. Ohrev /chladenie vetracieho vzduchu, na prizemi podlahové kúrenie.
Vzduchotesnosť (výsledok BDT):	n50 = 0,47/h
Merná potreba tepla na kúrenie:	15 kWh/(m <sup>2</sup> a) počítaná podľa PHPP
Tepelná strata:	14 W/(m <sup>2</sup> ) počítaná podľa PHPP
Potreba primárnej energie:	115 kWh/(m <sup>2</sup> a) počítaná podľa PHPP
Architektúra a projekt, stav. fyzika:	Ing. arch. Henrich Piňko, PhD, AA SKA, CEPHD
Projekt TZB:	Drexel-Weiss a i.
Projekt statiky:	Ing. Hušťáková
Realizácia stavby:	SIBEX s.r.o. (Ing. Robert Krajčovič)
Stavebný dozor:	Ing. Ján Zlámal

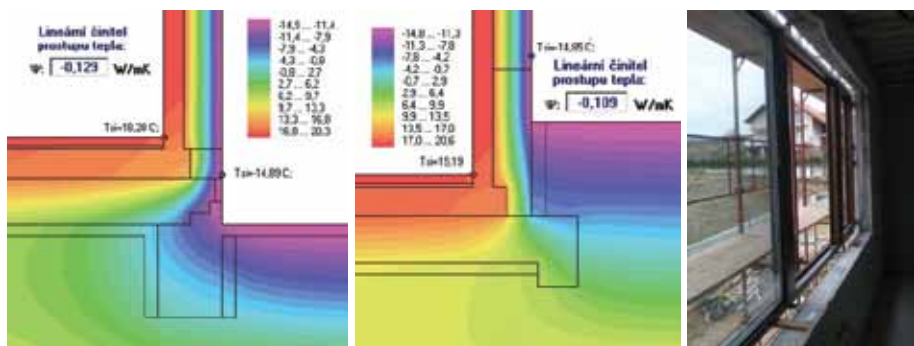


Obr. 23 Pohľad na dom tesne pred dokončením

### 3. Skúsenosti z realizácie

Poučenie z realizácie začína projektom a starostlivým posúdením vplyvu tepelných mostov v kritických miestach (päta stien, osadenie okien, atika) – za dobré riešenie platíme daň v podobe vysokých nárokov na remeselnú zručnosť realizátorov. Posúdením environmentálnych vplyvov (aspoň na úrovni viazanej energie) sme sa snažili aj pri nie celkom „zelených“ materiáloch spraviť túto stavbu aspoň na úrovni „konvenčnej klasiky“ – pravda, rátali sme s celulózovou izoláciou a drevenými obkladmi.

Počas výstavby sa ukázala dôležitosť synergie všetkých zúčastnených v udržaní na pohľad samozrejmych kvalitatívnych požiadaviek – žb konštrukcia si vynútila nadštandardnú presnosť práce, niektoré atypické detaily by mnohé stavebné firmy nezvládli. Osvedčilo sa založenie na penovom skle aj v zložitejších podmienkach.



Obr. 24, 25, 26 Priebeh teplôt v päte východnej a južnej steny, montáž okien pred stenou.

### 4. Dôraz na detail

V tomto príspevku sme si nekládli mimoriadne ambície – chceli sme len predstaviť inšpiratívny dom a ukázať, že snaha o dosiahnutie štandardu PD nie je pre architekta obmedzením, ale inšpiráciou. Zaujať mohli riešenia oporného múru základov, osadenia okien a žalúzií či kotvenia oceľových nosníkov – možno nie sú priamo opakovateľné na iných stavbách, naznačujú však, ako redukovať tepelné mosty v domoch s masívnou nosnou konštrukciou. Súvisí s to s precíznym riešením konštrukčných detailov – rovnako precízne architektonické detaily robia z výrazovo skromnej stavby zaujímavú architektúru.



*Obr. 27, 28, 29, 30*



## Abstrakt: Tailored Passive House

Designing effective houses we care to make their constructions easy to build in the “passive-house quality”, so most of our buildings are wooden or simple well-insulated walled houses. But in this case reinforced concrete construction was needed for larger spaces and large openings in the design, reflecting specific needs and visions of the owner – we can say that it is “tailored” to suit as well as possible, with maximal comfort and of course within the passive-house specifications with minimal compromises. We also tried to make this not very “green” construction more environment-friendly – its built-in energy is comparable with standard brick houses.



Image 1-4 Construction without thermal bridges is essential in a concrete house.

Great effort was given to avoiding thermal bridges – basement is insulated with foam-glass grit, windows are installed in the insulation layer, facing is hung on a wooden construction with minimal insulation penetrations. HVAC system is Drexel-Weiss x2 compact unit (heat-pump and ventilation with heat recovery), needs less then 2 sq.m.

Basic data of the house: 232 m<sup>2</sup> nett floor area, 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) heating energy need, 115 kWh/(m<sup>2</sup>a) primary energy need, 14 W/(m<sup>2</sup>) heat loss, 0,47 h<sup>-1</sup> airtightness n<sub>50</sub>, wooden windows U<sub>f</sub> 0,76 W/(m<sup>2</sup>K), glass U<sub>g</sub> 0,6 /0,7 W/(m<sup>2</sup>K), floor with foam-glass insulation U 0,17 W/(m<sup>2</sup>K), walls and roofs with Neopor U 0,11 /0,09 W/(m<sup>2</sup>K)...

Building was successful thanks to synergy of owner, builder and designer, energy-efficiency was supported by well-designed (and calculated) construction details, but it was also connected with clean architectural design and precise visual details.



Image 5-8 Details of construction and shading, HVAC in a niche, street view (north-east) of the house.

# Projekt energeticky pasivní bytové vily Pod Altánem a proces výstavby

Akad. arch. Aleš Brotánek

AB ateliér, Sedlice 65, Rožmitál pod Třemšínem, Česká republika

Tel: +420 604 713 426, e-mail: abrotanek@pasivnidomy.cz

II.

## 1. Úvod

Vila Pod Altánem je bytový dům se šesti byty ve třech nadzemních podlažích s garážemi, sklepy a technologickou místností v suterénu. Vila svým konceptem a architekturou navazuje na prvorepublikovou tradici městských bytových vil se zahradou. Projekt bytové vily započal se záměrem navrhnout atraktivní bydlení na dobré adrese, dopravně blízko centra, a přesto se všemi výhodami bydlení jako v rodinném domě ve vilové zástavbě – přiměřeně nízkoenergetický, vzhledem k celkově nepříznivým podmínkám situace. Přesto nakonec je energeticky pasivní a měrná potřeba tepla na vytápění nepřesahuje 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), protože návrh dosáhl přes optickou členitost kompaktnosti  $A/V = 0,4$  Podrobně byl vlastní návrh představen na minulé konferenci PD2011.

## 2. Čím lze projekt nejvýstižněji charakterizovat?

### Optimalizace v celém průběhu vzniku stavby

#### OPTIMALIZACE ZADÁNÍ

První kontakty s developerem JRD s.r.o. proběhly na konci roku 2008, investorské zadání bylo dopřesněno v lednu 2009. Celý proces hledání optimálního návrhu se odehrál ve třech zadáních a třech výsledných návrzích, které prošly vždy oponentním kritickým posuzováním proveditelnosti. Začali jsme společně přemýšlet, jak bychom mohli bytový dům na složitém a pro PD nevýhodném pozemku posunout z nízkoenergetického do energeticky pasivního standardu dle TNI 73 03 29 tak, aby výsledek byl nákladově optimální, tedy bez extrémně složitých a dlouhodobě problematických technologií a materiálů, které by stavbu nepřiměřeně prodražovaly. To trvalo přesně do ledna 2010.



Jako bonus následně bylo možno žádat o dotaci z programu Zelená úsporám, kterou projekt na SFŽP mezi bytovými i získal.

II.



*Obr. 2 Optimalizovaný návrh s  $A/V = 0,4$*

## OPTIMALIZACE NÁVRHU

Aby bylo možno splnit základní kritéria zadání, byl projekt od začátku prověřován modelem pro navrhování pasivních domů PHPP, který má mnohem přísnější kritéria hodnocení než ČSN, ale umožňuje optimalizaci projektu. Výsledkem je, že projekt splňuje kritéria pro energeticky pasivní bytový dům jak dle ČSN, tak dle PHPP. Na tomto základě pak mohla pokračovat projekční společnost Starý a Partner s.r.o. realizační projektovou dokumentaci, která i pro potřeby získání dotace ZELENÁ ÚSPORÁM byla křížově kontrolována oběma výpočtovými programy, ale již nezávislým vyřizovatelem dotace Porsenna o.p.s. konkrétně Ing. Michalem Čejkou.

Typ budovy, místní označení: BD - Bytový dům  
 Adresa budovy: Pod Altánem 328, Strašnice, Praha 10  
 Celková podlahová plocha  $A_g$  : 635.0 m<sup>2</sup>

Hodnocení budovy

stávající stav      po realizaci doporučení

<43			
43			
82			
83			
120			
121			
162			
163			
205			
206			
245			
>245			
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/(m <sup>2</sup> .rok)		42	0
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ		96,0	0,0

Podíl dodané energie připadající na [%]:

Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
33,9	0,0	2,5	46,7	16,8
Doba platnosti průkazu :		17.03.2021		
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení : Ing. Iva Mědlíková Osvědčení č. : Datum vypracování : 17.03.2011		

Průřady ve vztahu k vytápění podlahové plochy			
Vytápění podlahová plocha:	591,6 m <sup>2</sup>	Použít:	Měsíční metoda
Měrná potřeba tepla pro vytápění:	14,8 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Certifikát:	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Výsledek zkoušky neprůvzdušnosti:	0,6 h <sup>-1</sup>		0,6 h <sup>-1</sup>
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění, chlazení, pom. a dom. spotřebiče):	101 kWh/(m <sup>2</sup> a)		120 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění a pomocné a domácí spotřebiče):	60 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Protokol PHPP	
Měrná potřeba primární energie Úspora elektriny pomocí solární energie:	0 kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Tepná zátěž:	W/m <sup>2</sup>		
Četnost překročení nejvyšší teploty vzduchu:	4 %	nad	25 °C
Měrná potřeba energie pro chlazení:	kWh/(m <sup>2</sup> a)		15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Chlazení zámě:	W/m <sup>2</sup>		

II.

Architektura a urbanismus

Optimalizace probíhala nejen během návrhu stavby-studie (STS), ale probíhala i během prací na DUR, DSP i DPS do výkopu na stavbě v květnu 2011 a v detailech samozřejmě i během výstavby, která byla zkolaudována 30.5.2012. Tedy vlastní hlavní proces návrhu probíhal před započítáním stavby 28 měsíců, zatímco vlastní realizace stavby od předání staveniště přesně měsíců 12.

Kdysi na jednání České komory architektů JuDr. Jiří Plos zdůvodňoval, že pro dobrou přípravu stavby, má-li hladce probíhat, není nic mimořádného, že její proces projektování je stejně dlouhý jako proces realizace, tedy 1:1. Pod Altánem byl tento poměr času k projektování vůči provádění stavby 2,3 : 1, tedy více než dvojnásobný oproti vlastní realizaci.

### OPTIMALIZACE PROVÁDĚNÍ

Díky prozíravě pečlivé přípravě návrhu, kterému nechal investor s manažerem projektu Ing. Jindřichem Kindlem prostor aby mohl dozrát, mohl být následně první projekt opravdu pasivního bytového domu realizován v rekordně krátké době. Stavební a.s. Konstruktis byla (na průměr stavebních firem v Česku) velmi pružná a připravená naslouchat, tak aby mohla zvažovat a hledat optimální režim provádění stavby, jakou ještě nikdy provádět nemohla. Pro PD jsou důležité poslušnosti a dodržení normální kvality, jaká by standardně měla být dodržována i na běžných stavbách. Důležitý byl dialog, ve kterém se hledal průsečík bezpodmínečného dodržení parametrů za optimální nasmlouvanou cenu. Pokora a ostražitost u dodavatele stavby byl ten základní předpoklad úspěšné realizace, která rozhodně nebyla bez problémů, ale na všech stranách byl zájem je řešit, tedy optimalizovat.

### 3. Postup výstavby





*Obr. 6 Využitelnost celé šíře parcely na 90 % umožnily ideální základací podmínky na zvětralé břidlici a pohodlně bylo možné provádět i veškeré podzemní izolace a rozvody ve velmi příkrém výkopu*

V domě není použita žádná principiálně nová (nebo dokonce kosmická) technologie, ale jde o promyšlený optimalizovaný návrh, v němž není nic nadbytečného.

Nosné zdivo je z tenkých vápenopískových bloků s vynikající tepelnou stabilitou vnitřního prostředí a díky své hmotnosti s výborným akustickým útlumem. Tyto vlastnosti ještě podporuje provedení nenosných příček ze sádrových bloků. Plynotěsnou vrstvu tvoří vnitřní stěrková omítka. Zvažovali jsme, zda je nutné provádět i vnější stěrku. Nakonec se vyplatilo, že jsme na ní v projektu trvali, neboť až při provádění bylo jasné, že u bytového domu ve stoupačkách, sice horizontálně utěšňovaných lukoprenovou zálivkou, ale mnohdy tak těžko přístupně, je vnější pojistná plynotěsná vrstva důležitou pojistkou. Následnou kvalitu provedení stavby prokázal Blower-door test těsnosti (zde naměřené hodnoty 0,41-0,52), prováděný přísnější metodou po jednotlivých bytech.





*Obr. 8 Hrubá stavba s vnější stěrkou jako pojistkou pro zajištění plynutěsnosti těsně před aplikací tepelné izolace*

Základní vlastnosti většiny povrchu tepelné obálky domu dodává tepelná izolace 280 mm grafitového EPS. Kotvení takto silných desek na fasádu bylo provedeno neprůvléčnými kotvami Klebeanker od Baumitu.



*Obr. 9, 10 Velké úsilí bylo třeba na vysvětlení a kontrolu vyplnění všech dutin a větších spár v EPS*

K eliminaci systémových tepelných mostů zejména na fasádě bylo použito kompozitních konzolí procházejících skrz vrstvu tepelné izolace, v kontaktu s nosnou konstrukcí ještě oddělenými podložkou z materiálu Compactfoam (což je vysoce únosný mnohonásobně stlačený EPS). Pečlivé dopasování prostupů konzolí prostupující EPS bylo pracné, ale nezbytné, pokud měl být na podstatné části fasády použit cementovláknitý obklad, který musí být zavěšen na samostatném nosném roštu.



*Obr. 11, 12,13 Povrch fasády s obkladem cementovláknitými deskami je zavěšen na kotvy z laminátových profilů a podložkami Compacfoam s omezením tepelné vazby*



*Obr. 14 Pohled na ustupující atiku 3. NP se zelenou střechou*

Odpovídajícím způsobem jsou dimenzovány i plochy izolací ošetřené šterkovým pěnosklem na terénu pod domem nebo stropu v podzemních garážích použitím foukané celulózy-Klimatizér Plus, která umožnila vyplnit prostor mezi podhledem a žb stropem se všemi instalacemi.

II.



*Obr. 15 Přechod mezi částí stavby s podzemím a bez něho tvoří vrstva šterkového pěnoskla pod vytápěnou částí 2. NP na terénu*



*Obr. 16 Terasa ve 3. NP je izolována deskami z tvrdého PUR a nosná část zábradlí je z kompozitů*

Požadavek na splnění hygienických potřeb osob v bytových místnostech daných obecnou vyhláškou OTP, tedy  $30 \text{ m}^3$  na osobu, lze dosáhnout jedině řízenou výměnou vzduchu se zpětným získáváním tepla. V každém ze šesti bytů je proto v komoře umístěna lokální

rekuperační jednotka, kterou v provozu hlídá pokojový termostat, čidlo koncentrace CO<sub>2</sub> a doplňkově čidlo vlhkosti. Rozvody VZT jsou vedeny v podhledech v neobytných místnostech (komory, chodby a sociální zázemí), v obytných místnostech jsou již jen vyústky čerstvého vzduchu. V obytných místnostech je otopný panel umístěn nezávisle na přívodech vzduchu, tak jak to odpovídá konkrétní situaci většího pokoje.



*Obr. 17 V komoře umístěna lokální rekuperační jednotka s odvodem kondenzátu*

V ložnicích a menších pokojích je použito nadedveřních otopných panelů s integrovanými vyústkami a tato inovace je jednou z prvních v oboru VZT. V koupelnách je použito obvyklých žebříčků. Oddělená soustava větrání a vytápění minimalizuje objem pohybu vzduchu. Teplotu v místnostech je tak možné řídit individuálně termostatickými hlavicemi na otopných tělesech a v referenční místnosti termostatem dle konkrétních potřeb každého obyvatele a tím dosahovat nejlepšího pobytového komfortu, který nikoho neomezuje a zajišťuje opravdu zdravé vnitřní prostředí.



*Obr. 18, 19, 20 Vyústka přívodu vzduchu do ložnice je integrovaná do sálavého panelu*



System pracuje běžně s účinností 80 %, nicméně aby v extrémních zimních teplotách nedocházelo k přivádění příliš studeného čerstvého vzduchu, jsou na přívodním potrubí instalovány teplovodní ohřivače.

Topný systém, který spolupracuje se systémem VZT je centrální teplovodní se zdrojem tepla v podobě běžného, byť moderního kondenzačního plynového kotle. Pro celý dům dostačuje ve velikosti jaká odpovídá bytu nebo malému RD.

Souborem těchto jednoduchých opatření bylo možné dosáhnout parametrů  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  i podle PHPP, přestože ostatní okolnosti nebyly ideální. Pokud by dům mohl být otočen o  $90^\circ$  delší stranou k jihu, měl by parametry nejhůře  $12 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

Při návrhu byly zvažovány různé varianty jak nejchopárněji zajistit ten nepatrný zlomek potřebné energie na provoz domu – např. tepelné čerpadlo s vrty, sluneční kolektory a různé kombinace těchto řešení, ale přísným environmentálním podmínkám dům vyhověl i za použití jednoho malého kondenzačního kotle na plyn, právě proto, že jeho základní potřeby energie na provoz jsou minimalizované.



*Obr. 21 Téměř prázdná technická místnost s kondenzačním plynovým kotlem pro šest bytů na teplo a teplou vodu.*

Všechny dřevěné prvky na povětrnosti (treláže a terasy) se podařilo realizovat z odolného dřeva z tuzemských zdrojů, ale v kvalitě tropického dřeva z moravského akátu.



## Závěr

Celá stavba dokazuje, že i bez použití přetechnizovaných řešení lze postavit pasivní bytový dům “pouze” díky promyšlenému optimalizovanému architektonicko-technickému návrhu s použitím testovacího návrhového programu PHPP. I v těžkých dobách recese byly všechny byty prodány půl roku před kolaudací.

Cenné je, že stavbou developera JRD s.r.o. dochází k průlomu a ukazuje se, že princip pasivních domů má potenciál prosadit se i na zcela komerčním poli a při stavbách veřejného charakteru. Jeho konečnou cenu neurčuje, zda je pasivní, ale všechny ostatní okolnosti.

Projekt v soutěži Český energetický a ekologický projekt 2009 získal cenu České komory architektů.

V soutěži STAVBA ROKU 2011 získal nominaci na titul (bude vyhlášeno až po uzávěrcce sborníku) a cenu nadace ABF za komplexní přístup k řešení energetické úspornosti budovy.

II.





II.

Architektura a urbanismus

## Tvůrčí a realizační tým projektu:

JRD s.r.o. – Developer, investor - [www.jrd.cz](http://www.jrd.cz)  
Vinohradská 3330/220a, 100 00 Praha 10  
Jan Řežáb – ředitel, majitel, Jindřich Kindl - vedoucí projektu

AB ateliér – architektonický návrh, dokumentace proUR a SP, koordinace real. PD  
Sedlice 65, Rožmitál pod Třemšínem,  
[abrotanek@volny.cz](mailto:abrotanek@volny.cz)  
Aleš Brotánek, Jan Praisler

Starý a Partner s.r.o. - realizační PD  
Kubova 505/6, 186 00 Praha-Karlín  
Pavel Hrdina, Vratislav Jílek

Konstruktis a.s. – generální dodavatel  
Kolbenova 616/34, 190 00 Praha 9  
Leoš Jindra – výrobní ředitel, Jozef Košarištan – hlavní stavbyvedoucí

Fotky: Aleš Brotánek, Jindřich Kindl

# Účast týmu ČVUT v soutěži Solar Decathlon 2013

*Michal Bureš, Katedra konstrukcí pozemních staveb ČVUT v Praze*

*Thákurova 7, 169 00 Praha 6, Česká republika*

*Tel: +420 606 456 924, e-mail: michal.bures@fsv.cvut.cz*

---

II.

## 1. Anotace

Tým fakult ČVUT postoupil mezi 20 finalistů prestižní studentské soutěže Solar Decathlon. Aktuální 6. ročník se přesunul do Orange Country Great Park v Kalifornii. Soutěž je jedinečnou příležitostí pro České vysoké učení technické představit se jako přední evropské vědecké pracoviště, schopné obstát ve světové konkurenci.

## 2. Úvod

Od roku 2002, kdy se ve Washingtonu konal první Solar Decathlon, soutěží každé dva roky 20 vybraných univerzitních týmů z celého světa v návrhu a stavbě energeticky soběstačného solárního domu. Studenti sami zajišťují financování projektu, jeho prezentaci, vlastními silami domy staví. Stavby, které vznikají na půdě univerzit, jsou na finální přehlídku převezeny do USA, kde jsou hodnoceny v deseti disciplínách — podobně jako v atletickém desetiboji. Vítězem celé soutěže je tým, jehož dům je cenově dostupný, energeticky efektivní, zajímavý pro případné zákazníky, má vynikající design, kombinuje účinné technologie a vyrábí dostatek energie ze slunečního záření. Soutěžní domy jsou prezentovány veřejnosti a přehlídku doprovází řada workshopů, odborných konferencí a přednášek.

Hlavním posláním Solar Decathlonu je představit studentům a veřejnosti řadu možností, jak uspořit náklady díky „čistým“ energetickým technologiím. Ukazuje široké veřejnosti cenově dostupná řešení rodinných domů, které kombinují energeticky úspornou výstavbu se získáváním energie z obnovitelných zdrojů. Soutěž pořádá Ministerstvo energetiky Spojených států (U.S. Department of Energy – DOE) a Národní laboratoř obnovitelných energií (National Renewable Energy Laboratory – NREL).

### 3. Historie

Prvního ročníku se zúčastnilo 13 univerzitních týmů ze všech koutů Spojených států. Již v tomto prvním ročníku se přišlo na stavby podívat přes sto tisíc návštěvníků. Od té doby se soutěže zúčastnilo přes 92 vysokoškolských týmů a bylo postaveno mnoho domů, které jsou nyní rozestry po celém světě, kde i nadále slouží pro vzdělávací, výzkumné nebo společenské akce. Aktuální polohu domů je možné nalézt v (1).

### 4. Pravidla

Základními omezeními soutěže jsou velikost pozemku, který je k dispozici, a zastavěná plocha objektu. Pozemky mají rozměry  $23 \times 18$  m a povolená zastavěná plocha domu je v rozmezí 57 až 93 m<sup>2</sup>. Dům pro soutěž musí být snadno transportovatelný, protože na jeho sestavení a provozování mají týmy pouhý jeden týden.

Jak už napovídá název soutěže, je zde deset hlavních disciplín, které pokrývají široké pole pohledů na kvalitu domu. V každé disciplíně lze dosáhnout 100 bodů, celkové maximum je tedy 1000 bodů. Část disciplín je založena na měřitelných veličinách, část disciplín hodnotí odborná porota. Soutěžní disciplíny jsou architektura, atraktivita pro realitní trh, inženýring, komunikace, cenová dostupnost, komfort vnitřního prostředí, teplá voda, spotřebiče, domácí zábava a energetická bilance.

### 5. Tým ČVUT

Na podzim loňského roku se spojila Fakulta architektury a Fakulta stavební se společným cílem podat přihlášku do dalšího ročníku soutěže. V prosinci 2011 tak vznikla přihláška týmu ČVUT v Praze, která byla odeslána pořadatelům.

V lednu byly zveřejněny vybrané týmy, které se zúčastní příštího ročníku soutěže – Solar Decathlon 2013. Mezi dvacet finalistů se probojoval i tým z České republiky. Dále bylo do tohoto ročníku vybráno 18 týmů z USA a jeden tým z Vídeňské technické univerzity.

Pro co nejlepší pokračování projektu bylo nutné přizvat ke spolupráci další specialisty z Fakulty strojní, elektrotechnické a dopravní. Vznikl tak velmi různorodý tým lidí, kteří se jinak v profesní praxi těžko potkávají. Tým se také jednotliví členové můžou obohatit o znalosti z jiných oborů nebo získat nezaujatý názor na svou práci.

## 6. Závěr

Prvotní vize o celém konceptu domu se postupem času mění. S ohledem na prováděné výpočty, nutnost plnit jak české, tak americké normy, rozpočet projektu a mnoho dalších skutečností, je dům stále ve vývoji. Celý tým se snaží najít optimální variantu, se kterou bude mít šanci na dobré umístění v soutěži. Pro každého člena týmu se jedná o novou zkušenost, jednak díky rozdílným požadavkům na výstavbu v USA a klimatických podmínkám, ale také nutnosti najít vzájemný kompromis v celé šíři technických i netechnických disciplín.

## 7. Literatura

(1) U.S. Department of Energy Solar Decathlon, [www.solardecathlon.gov/where\\_now.html](http://www.solardecathlon.gov/where_now.html)

Poděkování: Tento článek vznikl díky podpoře z doktorského grantu GA ČR 103-09-H095 Udržitelná výstavba a udržitelný rozvoj sídel a Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS12/106/OHK1/2T/11.



# III. REKONSTRUKCE

- Přestavba městského domu B14 na energeticky autonomní objekt,  
Wels (Horní Rakousko)** 210
- Ing. Kateřina Mertenová, Ph.D.  
Ing. arch. Bc. Martin Augustin, Ph.D.  
Arch. Dipl.-Ing. Heinz Plöderl, PAUAT Architekten
- Rekonstrukce školy do standardu pasivního domu  
za použití vakuových izolačních panelů** 218
- Steffen Knoll, Björn Poppeler Porextherm Dämmstoffe GmbH
- Sanierung einer Schule zum Passivhaus  
unter Verwendung von Vakuum Isolations Paneelen** 223
- Steffen Knoll, Björn Poppeler Porextherm Dämmstoffe GmbH
- 27 pasivních bytů - Ekonomika a problémy při realizaci rekonstrukce** 228
- Zdeněk Kaňa, Úsporné bydlení s.r.o. Dubňany, H.L.C. spol. s r.o. Hodonín
- Otopný a větrací systém u rekonstrukce s faktorem 10** 232
- Erwin Schwarzmüller DI, F+E Begleitung für Unternehmen (PH, NAWARO, OI3)
- Heizung und Lüftung in einer Faktor 10 Sanierung** 238
- Erwin Schwarzmüller DI, F+E Begleitung für Unternehmen (PH, NAWARO, OI3)
- Forma a (re)konstrukce RD jako nástroj provozních úspor,  
urbanistické lokality v horských podmínkách 3D** 244
- Ing. arch. Karel Vlček, ARCHITEKTONICKÉ STUDIO K4 s.r.o.

**Modernizace řadového rodinného domu do energeticky pasivního standardu** 250

Ing. arch. Filip Řehák

**Rekonstrukce fasády do pasivního standardu,  
systémy pro těsnost budovy v detailech** 256

Ing. František Buráň, Ing. Miroslav Straka, CIUR a.s.

III.

# Přestavba městského domu B14 na energeticky autonomní objekt, Wels (Horní Rakousko)

*Ing. Kateřina Mertenová, Ph.D.*

*Pražská 57, 370 04 České Budějovice, Česká republika*

*Tel: +420 728 772 979, e-mail: katerina.mertenova@email.cz*

III.

*Ing. arch. Bc. Martin Augustin, Ph.D.*

*Pasovská 12, 370 05 České Budějovice, Česká republika*

*Tel: +420 389 109 591, e-mail: agtin@email.cz*

*Arch. Dipl.-Ing. Heinz Plöderl, PAUAT Architekten*

*Bernardingasse 14, A-4600 Wels, Rakousko*

*Tel: +43 7242 79 660, e-mail: office@pau.at, www.pau.at*

---

## 1. Východiska projektu a obecné souvislosti

Odborná diskuse a realizace v oblasti energeticky pasivní výstavby se s postupem času stále více rozšiřují o problematiku zahrnující úpravy, přestavby a rekonstrukce existujících objektů. Je to logické, neboť podíl nově vznikajících staveb na celkové energetické potřebě je pouze zlomkem v porovnání s již existujícími objekty realizovanými v blízké nebo vzdálenější historii. Stejně je tomu i z hlediska prostého porovnání rozsahu hmotné podstaty realizovaných novostaveb vůči stavbám již existujícím. Dalším aspektem podporujícím zmíněný trend je, kromě obvyklé obnovy a prodloužení životního cyklu staveb stavebními zásahy, což probíhalo v jakékoliv době, také vzrůstající podíl regeneračních zásahů do stávající struktury celých stavebních celků a obecně snad již zřetelný posun orientace společnosti našeho kulturního okruhu od bezstarostné extenzivní expanze k zamýšlení se nad problémy nalézání nových hodnot problematiku fungujících nebo odumřelých struktur původních sídel.

Vzhledem k požadavkům na soudobou výstavbu a k vývoji technologií je potenciál celkového přínosu u přestaveb a rekonstrukcí skutečně obrovský. Ponecháme-li stranou památkově chráněné objekty a stavby s historickou nebo jinou výjimečnou specifickou hodnotou, které vyžadují zcela individuální přístup, není důvod, proč by cílem každého projektu rekonstrukce nemělo být pokud možno překonat nebo vyrovnat se s omezeními danými původní stavební

strukturou a dosáhnout maximálně možné úrovně vlastností a parametrů stavby odpovídající technologické úrovni současné doby.



Obr. 1 Dům před přestavbou



Obr. 2 Během přestavby

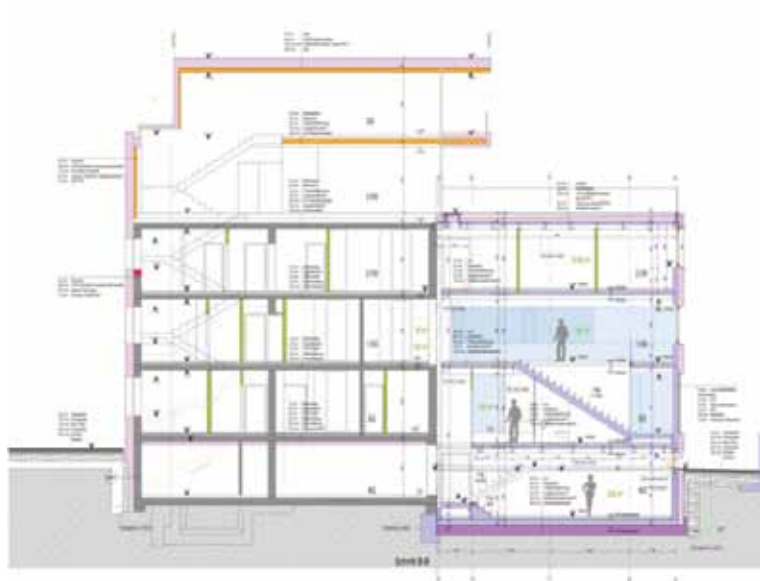


Obr. 3 Po přestavbě

III.

## 2. Městský dům B14

Projekt a realizace městského domu B14 ateliéru PAUAT Architekten, Wels vycházel z výše zmíněných tezí. Důležitým prvkem byl také důraz na architektonické pojetí, které jednoznačně a o důsledku v každém detailu exteriéru a interiéru odráží rukopis a výtvarný názor architektonické kanceláře specializované na technologicky pokročilé projekty v energeticky pasivním resp. aktivním standardu, která architektonickou koncepcí považuje za zásadní a integrující prvek ve své tvorbě. Aspekty energetické a technologické chápe jako přirozenou a nutnou součást, ale nikoliv jako samoučelný cíl. Původní budova s byty a kancelářskými prostory z 60. let 20. století postavená v běžném stavebním standardu se potýkala i s běžnými problémy, jako jsou plísňe, průvan, nekvalitní vnitřní ovzduší, teplotní diskomfort, a s tím spojenými vysokými náklady na provoz. Starý objekt byl rozšířen zástavbou sousední proluky, což kromě požadovaného zvětšení užité plochy vedlo k pozitivnímu zahušťování fragmentované městské zástavby. Objemové řešení a architektonický výraz je reakcí na neuspořádaný a proměnlivý charakter uliční fronty v nekompromisním technicistním duchu soudobé architektury rozehrávající hru jednoduchých bílých abstraktních objemů členěných výraznými kontrastními horizontálami a vertikálami.



Obr. 4 Řez s odlišením původní části



Obr. 5 Vizualizace návrhu



Obr. 6 Dvorní fasáda



Obr. 7 Dřevěná nástavba s terasou



Obr. 8 Uliční fasáda před dokončením

## 2.1. Technické řešení

Technická stránka rekonstrukce byla zaměřena na rozšíření objektu, zlepšení užitného komfortu, tepelně technických parametrů stavby a optimalizaci osvětlení. Hlavním úkolem v této oblasti bylo snížení potřeby všech energií o 90 % (faktor 10), úspora emisí a co největší energetická soběstačnost objektu.

Východiskem pro dosažení požadovaných parametrů při návrhu a realizaci byly zásady pasivního domu včetně eliminace tepelných mostů. Byly použity různé stavební materiály s úmyslem využít jejich přednosti a potlačit nedostatky - vše bylo podřízeno architektonické koncepci a cílovým technickým parametrům. Jednalo se např. o konstrukční materiály nosné struktury stavby - železobeton, dřevo (CLT panely) a ocel, které umožnily poměrně odvážná řešení statického schématu nové části s volnou dispozicí bez mezilehlých vnitřních podpor a výtvarně efektními levitujícími prvky dlouhých konzol s „prázdnými“ nárožními. Použití celé palety různých druhů tepelných izolací a jejich kombinace - fenolové pěny, XPS, EPS grafit, EPS dalmatin, vakuové izolace, PIR pěny, šterk z pěnokla, purenit či foukaná celulóza - zajistilo celistvost a požadované tepelně technické vlastnosti obálky objektu i v případě architektonicky pojednaných členitých fasád se změnami tloušťky izolantů a návaznostmi jednotlivých prvků.



Obr. 9 Detail zateplení fasády



Obr. 10 Interiér nástavby z CLT panelů



Obr. 11 Detail zateplení soklu

## 2.2. Energetická koncepce

Budova, přestože se nachází v husté zástavbě, využívá obnovitelných zdrojů energie dostupných přímo na pozemku: pro úpravu vzduchu ve vzduchotechnické jednotce (předchlazení, předehřev) a pro aktivaci těžkých konstrukcí (podlahové konstrukce či stropy) je využito potenciálu podzemní vody. Centrální vzduchotechnická jednotka s vysokou účinností rekuperace tepla je rozdělena do několika větví dle provozu. Množství čerstvého vzduchu pro kancelářský trakt je regulováno v závislosti na koncentraci CO<sub>2</sub> a vlhkosti. Elektrická energie vyrobená fotovoltaickými články umístěnými na přilehlých garážích a střeše bude využita na provoz objektu a její přebytky budou ukládány na místě k pozdějšímu využití. Odpadní teplo bude sloužit pro ohřev vody, který je zajišťován také fototermitickými panely. Součástí konceptu je promyšlený management přirozeného a umělého osvětlení s důrazem na dokonalé prosvětlení a komfort interiéru. Zmodernizovaný objekt by měl být perspektivně energeticky nezávislý. I přes násobné zvětšení užitné plochy bude spotřeba energií hluboko pod původní úrovní, takže se bude jednat o přestavbu s faktorem 10.



Obr. 12-14 Svislé rozvody instalací jsou koncentrovány na rozhraní staré a nové části

## 2.3. Další inovativní prvky

V návrhu a realizaci byly zahrnuty další inovativní technologie: např. vodíkový článek pro ukládání přebytků z PV článků nebo použité okenní výplně se selektivním zasklením. Tyto výplně s redukováným rámem byly vyvinuty ve spolupráci s výrobcem speciálně pro tento objekt a vlastnosti zasklení byly testovány na předchozí realizaci architektonické kanceláře PAUAT, kde bylo použito zatím jako fasádní struktura otočných exteriérových žaluzií. V projektu B14 už bylo pro eliminaci nežádoucích tepelných zisků a přehřívání interiéru toto zasklení použito pouze a přímo v okenních výplních, a tak mimo jiné také z důvodu architektonicko-výtvarné koncepce se objekt obešel bez exteriérových stínících prvků. Zkušenosti z první sezóny užívání jsou pozitivní.



Obr. 15-17 Precizní design prosvětleného interiéru

## 2.4. Očekávané výsledky

- nárůst výměry užité plochy: původně 325 m<sup>2</sup>  
po přestavbě 900 m<sup>2</sup>
- vytvoření komfortního prostředí pro uživatele ve srovnání s původním stavem a běžnými stavbami
- snížení potřeby tepla na vytápění o 95 % (dle PHPP): původně: 150 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
po přestavbě: 7 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- snížení potřeby primární energie na max. 100 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- perspektivní energetická nezávislost
- snížení emisí CO<sub>2</sub> (při vytápění a chlazení) o 95 %
- snížení celkové potřeby energie o 90 %

## 3. Závěr

Přestavba a přístavba objektu je realizována jako pilotní projekt rekonstrukce běžného městského domu ve stávající husté zástavbě na energeticky autonomní a bez produkce emisí z provozu stavby. V objektu se mimo jiné nachází sídlo architektonické kanceláře PAUAT Architekten, která je autorem projektu. Proto představuje tento pilotní projekt i zhmotnění firemní filozofie ateliéru, který ve své práci spojuje jak architektonické, tak i technické kvality. Nabízí tak reálný příklad pro ostatní obdobné budovy v intravilánu města vhodný k následování a zároveň ukazuje různé možnosti použití moderních stavebních materiálů a technologií, které umožňují razantní redukci energetické náročnosti stavby bez rezignace na vysokou architektonickou a výtvarnou úroveň.





Obr. 18 Celkový pohled na uliční zástavbu a objekt při přestavbě

## 4. Literatura a zdroje

(1) PAUAT Architekten

(2) [www.igpassivhaus.at](http://www.igpassivhaus.at)

(3) [www.klimaaktiv-gebaut.at](http://www.klimaaktiv-gebaut.at)

Foto: Martin Augustin (Obr. 9, 12), Kateřina Mertenová (Obr. 2, 8, 10, 11, 13, 14, 15), PAUAT Architekten (Obr. 1, 6, 7, 16, 17), [www.google.cz](http://www.google.cz) (Obr. 18)

Vizualizace, výkresy: PAUAT Architekten (Obr. 3, 4, 5)

*Abstrakt: Renovation of an existing town house B 14 into energy autonomous building, Wels*

*The original residential and office building, situated near the city centre, was erected in the 1960s in current building standard. It faced the common problems like draught, mold, poor indoor air quality, thermal discomfort and high operation costs.*

*Project goal was to rehabilitate the common town house with high energy efficiency, to create healthy environment, to use renewable power supplies and to become independent on external energy sources. All these aims should be achieved by using modern architectural language. The overall renovation and extension of the building was designed by PAUAT Architekten studio.*

*To reach the required qualities there were used passive house principles, including the elimination of thermal bridges, and various types of building materials. These include both the construction materials - concrete, timber (CLT panels), steel, which enable new solutions of the static scheme with free layout and visually levitating elements, and the thermal insulation and their combinations - phenolic foam, EPS Dalmatian, PIR foam, VIP, foam glass gravel, purenit or blown cellulose which ensure the integrity of the thermal envelope.*

*The building, although it is located in a dense area, uses renewable energy sources available directly on site. The groundwater potential is used for central air treatment (precooling, preheating) and activation of heavy structures (floor or ceiling). The electrical energy produced by photovoltaic cells will provide energy for building operation and its surplus will be stored in a fuel cell. Waste heat will be used for water heating, which is also secured by photothermic panels. The sophisticated management of natural and artificial lighting focuses on the perfect lighting and interior comfort. The energy concept ensures the independence of the building. Despite magnification floor area, energy consumption is far below the original levels. Energy demand for heating is reduced of 95 % (from 150 to 7 kWh/(m<sup>2</sup> a)).*

*In the house there is the seat of the architectural office PAUAT Architekten, who is the author of the project. Therefore, this realisation represents the studio's philosophy of work that combines both architectural and technical quality.*

*Conversion and extension of the town house into energy autonomous building and without producing emissions was implemented as a pilot project which offers a real example for other similar buildings in the urban area suitable to follow and also shows the different possibilities of modern construction materials and technologies that enable considerable reduction of energy demand without resignation on high architectural level.*

# Rekonstrukce školy do standardu pasivního domu za použití vakuových izolačních panelů

Steffen Knoll, Björn Poppeler Porextherm Dämmstoffe GmbH  
Heisinger Str. 8/10, D-87437 Kempten, Německo  
Tel: +49 831 57 53 60, info@porextherm.com

III.

## 1. Vakuová izolace v základní škole ve Freilassingu

V přednášce je popsána rekonstrukce školy do standardu pasivního domu za použití vakuově izolačních panelů v Německu.

Zveřejněná stavební zpráva popisuje energetickou rekonstrukci základní školy ve Freilassingu. Celkové náklady činily cca 7 mil. €. Stavební projekt byl kompletně uzavřen v září 2011. Zvláštní pozornost bude věnována použití VIP pro izolaci podlahy.

Použity byly VIP panely potažené oboustrannou ochrannou vrstvou z gumového granulátu. Tím se dosáhlo hodnoty  $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  při celkové konstrukční výšce podlahy 120 mm.

Aby se dosáhlo vysokého izolačního standardu (pasivní dům), bylo zapotřebí použít vysoce účinné izolační materiály. Tak bylo možno dosáhnout malých konstrukčních výšek podlah, aby se například dodržela výška schodového stupně u stávajícího schodiště do sklepních místností.



Obr. 1 Jednoduché a bezpečné pokládání VIP na rovném podkladu

Stejně tak bylo možno dodržet u předem dané malé výšky sklepních prostorů minimální výšku

místnosti i s tak vysokým standardem izolace. Stávající protipožární dveře byly schváleny a bez nutnosti demontáže povoleny k dalšímu užívání. Jejich demontáž by s sebou přinesla další následné vysoké náklady.

Na celkovou plochu patra, která činí  $6\,142\text{ m}^2$ , bylo spotřebováno dohromady  $1\,230\text{ m}^2$  VIP při použití v suterénu a v přízemí. Tloušťka panelů VIP: 30 mm + ochranná vrstva.

Díky použití vakuové izolace bylo možno dosáhnout energetických cílů a zároveň dodržet i potřebné předepsané výškové parametry. Celková spotřeba tepla při vytápení činí po rekonstrukci cca  $13,3\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{ a})$ . Tuto dodatečnou investici do izolace bylo možno naprosto kompenzovat, ba i z ní profitovat díky tomu, že odpadla další stavební opatření za účelem dosažení požadované výšky místností, a dále díky zachování stávajících protipožárních dveří.



*Obr. 2 Pohled na západní stranu školní budovy*

## 2. Základní škola Freilassing



*Obr. 3 Pohled z jihu*



*Obr. 4 Západní vstup*

Místo: Freilassing

Stát: Německo

Typ budovy: Škola

Rok výstavby: 1972

Rekonstrukce: 2011

Oblasti použití vakuových izolačních panelů:

Vacupor® RP-B2 30 mm; 1 200 m<sup>2</sup> – podlahová izolace

Realizace a projekt použití VIP-panelů:

Společnost architektů Architektengemeinschaft Meier und Putzhammer;  
Meuvo Ökotechnik GmbH

### **Základní škola Freilassing - Rekonstrukce školy do standardu pasivního domu za použití vakuově izolačních panelů**

Ambiciózní cíl byl od začátku jasný: po dokončení přestavby školní budovy má být dosaženo splnění standardu pasivního domu. Na objednávku města Freilassing vypracovala Architektonická kancelář Freda Meiera a Bernharda Putzhammera důmyslný projekt. V rámci projektu byla stavba se železobetonovou konstrukcí z roku 1972 opatřena novým pláštěm ve standardu pasivního domu a byla provedena kompletní izolace v oblasti podlahy pomocí vysoce účinných vakuových izolačních panelů. Použity byly vakuové izolační panely Vacupor® firmy Porextherm.

### **Vysoká účinnost izolace - nízká konstrukční výška**

Nedostatek prostoru pro realizaci izolačních opatření hraje na mnoha místech budovy významnou roli. Zvláště složité je to tehdy, když se nenabízí žádné alternativní možnosti, jako je to u dodržení výšky stropu. Aby architekti dosáhli vysokého izolačního standardu bez ztráty výšky, rádi využili extrémně tenké vakuové izolační panely Vacupor®.

„Byl to pro nás ten nejelegantnější způsob, jak současně vyhovět požadavkům na vysoký izolační standard a zachování výšky stropu,“ vysvětluje pan Putzhammer ze Společnosti architektů Meier a Putzhammer. Použity byly vakuové izolační panely Vacupor® RP-B2 s oboustrannou ochranou, aby byla zaručena jejich bezpečná montáž. Díky úzké dřívější spolupráci s výrobním závodem a s projekční kanceláří Meuvo Ökotechnik, která poskytuje i montážní po-

radenství, bylo možno použít hodně vysoký podíl standardizovaných izolačních panelů. Výrobu standardních panelů a individuální výrobu speciálních panelů realizoval závod v Kemptenu.

### Instalace zkušenými odborníky

Kromě přesného vyměření a rozsáhlého předchozího plánování má velký význam i pokládání panelů Vacupor®. Pomocí softwaru pro plánování pokládky byly plochy jednotlivých místností automaticky rozděleny. Tým firmy Meuvo Ökotechnik přitom mohl těžit ze svých dlouholetých zkušeností se zpracováním panelů VIP, a jejich plným využitím se postaral o hladký průběh a profesionální úroveň montáže této speciální izolace. Pan Meuren z firmy Meuvo Ökotechnik zdůrazňuje: „I když se používají panely vysoké kvality, je třeba navíc dbát především na detaily: Dodávka probíhá odděleně podle místností, balení respektuje podmínky stavby a počítá se s eventuální výrobou, pokud je přece jen nutno rychle část panelů dovyrobiť.“ Díky použití kaširovaných vakuových izolačních panelů s tenkou povrchovou ochrannou vrstvou byly položené panely ihned pochůzné. Tím bylo umožněno, že na celé ploše pokládky nedošlo k poškození žádného panelu.

III.



Obr. 5 Chráněné okrajové oblasti



Obr. 6 Styčné spáry minimalizované díky technologii dvojitého středního švu

### Panely VIP se vyplácejí dvojnásob

Vždy, a především u veřejných budov, je třeba dbát na to, aby se náklady nevymkly z rukou, a ani ve Freilassingu tomu nebylo jinak. Po počáteční skepsi dokázalo použití panelů Vacupor® přesvědčit nejen technicky, ale i po finanční stránce. Projektanti mohli investorům doložit díky úspoře následných budoucích nákladů dokonce i ekonomickou rentabilitu panelů VIP. Jejich použitím bylo např. umožněno dosáhnout rovného napojení na stávající schodiště a dodržet

výšku schodového stupně. Rovněž odpadly enormní náklady na rekonstrukci stávajících protipožárních dveří. I v případě únikových cest byla možná bezbariérová realizace, aniž by bylo nutné u izolace přistoupit na kompromisy.



*Obr. 7 Krycí separační podložka pod potěr*

Závěrem bylo možno vyhodnotit použití vakuových izolačních panelů VIP u rekonstrukce školy ve Freilassingu jak z technického, tak i z finančního hlediska jako absolutní výhru. Dle hodnocení projektantů i investorů byla tímto v září 2011 realizována 1. energetická rekonstrukce školy ve standardu pasivního domu v Německu.

### **3. Zdroje**

Obr. 1, 2, 3; Meier und Putzhammer

Obr. 4, 5, 6, 7; Porextherm

# Sanierung einer Schule zum Passivhaus unter Verwendung von Vakuum Isolations Paneelen

Steffen Knoll, Björn Poppeler Porextherm Dämmstoffe GmbH  
Heisinger Str. 8/10, D-87437 Kempten, Deutschland  
Tel: +49 831 57 53 60, info@porextherm.com

III.

## 1. Vakuumdämmung in der Hauptschule Freilassing

In dem Vortrag wird die Sanierung einer Schule zum Passivhaus-Standard unter Verwendung von Vakuum Isolations Paneelen in Deutschland beschrieben.

Der vorliegende Baubericht beschreibt die energetische Sanierung der Hauptschule Freilassing. Die Gesamtbaukosten belaufen sich auf rund 7 Mio €. Die Baumaßnahme wurde im September 2011 vollständig abgeschlossen. Der besondere Fokus liegt auf dem Einsatz von VIP-Dämmung im Fußboden.

Zum Einsatz kamen VIP Paneelen mit beidseitiger Schutzschicht aus Gummigranulatmatten. Damit wurde bei einer Gesamtbodenaufbauhöhe von 120 mm ein U-Wert von  $0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$  erreicht.

Zur Erreichung des hohen Dämmstandards (Passivhaus) waren Hochleistungsdämmstoffe erforderlich. Damit konnten geringe Bodenaufbauhöhen erreicht werden, um zum Beispiel das Treppenstufenmaß an den bestehenden Treppen in den Kellerräumen einzuhalten.



Abb. 1 Einfache und sichere Verlegung der VIPs auf dem ebenen Untergrund



Ebenso konnte bei der gegebenen geringen Kellerraumhöhe die Mindestraumhöhe trotz hohem Dämmstandard eingehalten werden. Die bestehenden Brandschutztüren sind zugelassen und können nur ohne Ausbau weiterverwendet werden. Ein Ausbau hätte weitere hohe Folgekosten nach sich gezogen.

Auf der Gesamtgeschossfläche von  $6\,142\text{ m}^2$  wurden insgesamt  $1\,230\text{ m}^2$  VIP verbaut, Einsatz im UG und EG. Stärke der VIPs: 30 mm + Schutzschicht.

III.

Durch den Einsatz der Vakuumdämmung konnten die energetischen Ziele erreicht und gleichzeitig erforderliche Höhendvorgaben eingehalten werden. Der Gesamtheizwärmebedarf nach Sanierung liegt bei  $13,3\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Diese Mehrinvestition in die Dämmung konnte durch den Wegfall von weiteren Baumaßnahmen zur Erreichung der Raumhöhen und den Erhalt der Brandschutztüren mehr als aufgefangen werden.



Abb. 2 Ansicht des Schulgebäudes Westseite

## 2. Základní škola Freilassing



Abb. 3 Südansicht



Abb. 4 Westeingang

Ort: Freilassing  
Land: Deutschland  
Gebäudeart: Schule  
Baujahr: 1972  
Renovierung: 2011

Anwendungsgebiete der Vakuum Isolations Paneele:  
Vacupor® RP-B2 30 mm; 1 200 m<sup>2</sup> – Bodendämmung

Ausführung und Planung des VIP-Einsatzes:  
Architektengemeinschaft Meier und Putzhammer;  
Meuvo Ökotechnik GmbH

## **Hauptschule Freilassing - Sanierung einer Schule zum Passivhaus-Standard unter Verwendung von Vakuum Isolations Paneelen**

Das ehrgeizige Ziel stand von Beginn an fest: nach Abschluss der Baumaßnahmen soll das Schulgebäude den Passivhaus-Standard erfüllen. Im Auftrag der Stadt Freilassing hat die Architektengemeinschaft Fred Meier und Bernhard Putzhammer ein ausgeklügeltes Konzept erarbeitet. Dazu wurde dem Stahlbetonskelettbau aus dem Jahr 1972 eine neue Gebäudehülle auf Passivhaus-Niveau verpasst und sämtliche Dämmmaßnahmen im Fußbodenbereich mit Hochleistungsvakuumdämmung ausgeführt. Verwendet wurden die Vakuumdämmplatten Vacupor® von Porextherm.

### **Hoher Dämmstandard - geringe Aufbauhöhe**

Der nicht vorhandene Platz für Dämmmaßnahmen spielt an allen Stellen eines Gebäudes eine wichtige Rolle. Besonders knifflig wird es, wenn es keine Ausweichmöglichkeiten gibt, wie z.B. bei den Raumhöhen. Zur Erreichung des hohen Dämmstandards ohne Höhenverlust, haben die Architekten gerne auf die extrem schlanken Vacupor® Dämm-platten zurückgegriffen.

„Das war für uns die eleganteste Art und Weise, die Anforderungen an Dämmstandard und Raumhöhe gleichzeitig zu erfüllen“, erläutert Hr. Putzhammer von der Architektengemeinschaft Meier und Putzhammer. Verwendet wurden beidseitig geschützte Vakuumplatten Vacupor® RP-B2, damit war ein sicherer Einbau gewährleistet. Durch eine enge und frühzeitige

Zusammenarbeit mit dem Herstellerwerk und dem Planungsbüro und Einbauberater Meuvo Ökotechnik, konnte ein sehr hoher Anteil an standardisierten Dämmpaneelen verwendet werden. Die Herstellung der Standard-Paneele und der Sonderanfertigungen übernahm das Werk in Kempten.

### Einbau von erfahrenen Fachleuten

III. Neben dem exakten Aufmaß und umfangreichen Planung im Vorfeld, ist die Verlegung der Vacupor® Platten von besonderer Bedeutung. Mit einem EDV-gestützten Verlegeprogramm wurden die Flächen der einzelnen Räume automatisch eingeteilt. Das Team von Meuvo Ökotechnik hat hierbei seine jahrelange Erfahrung im Umgang mit VIPs voll ausspielen können, und für einen reibungslosen und professionellen Einbau der Spezialdämmung gesorgt. Hr. Meuren von Meuvo Ökotechnik betont „Abgesehen von qualitativ hochwertigen Paneelen ist vor allem auf die Details zu achten: Anlieferung getrennt nach Räumen, baustellengerechte Verpackung und eine potente Produktion, falls doch mal schnell nachproduziert werden muss.“ Durch die Verwendung von kaschierten Vakuum-Platten mit einer dünnen Bautenschutzmatte, konnten die verlegten Platten sofort begangen werden. So wurde auf der gesamten verlegten Fläche, keine Platte verletzt.



Abb. 5 Geschützte Randbereiche

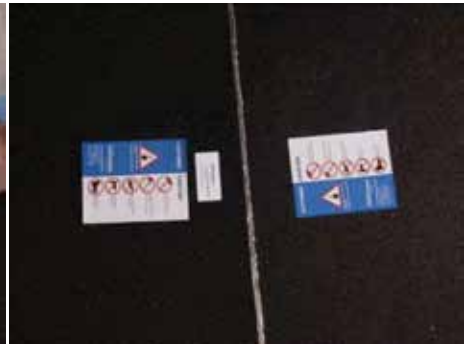


Abb. 6 Minimierte Stoßfugen  
dank Doppelmittelnahhttechnik

### VIPs rechnen sich doppelt

Dass die Kosten, v. a. bei öffentlichen Gebäuden, nicht aus dem Ruder laufen dürfen, war auch in Freilassing nicht anders. Nach anfänglicher Skepsis, konnte der Einsatz von Vacupor® jedoch nicht nur technisch, sondern auch finanziell überzeugen. Die Planer konnten den Bauherren durch die Einsparung von Folgekosten, sogar einen Kostenvorteil der VIPs belegen. So konnte

durch den Einsatz z.B. der Anschluss an die bestehende Treppe erreicht und das Treppenstufenmaß eingehalten werden. Ebenso entfielen die enormen Kosten für den Wiedereinbau der bestehenden Brandschutztüren. Auch bei den Fluchtwegen war eine absatzfreie Ausführung möglich, ohne bei der Dämmung einen Kompromiss eingehen zu müssen.



*Abb. 7 Abdeckende Trennlage für den Estrich*

Am Ende konnte die Verwendung von VIPs beim Objekt Hauptschule Freilassing sowohl in technischer als auch in finanzieller Hinsicht als absoluter Gewinn bezeichnet werden. Nach Wissensstand der Planer und Bauherren, wurde damit im September 2011, die 1. energetische Sanierung eine Schule auf Passivhaus- Niveau in Deutschland abgeschlossen.

### **3. Quellen**

Abb. 1, 2, 3; Meier und Putzhammer

Abb. 4, 5, 6, 7; Porextherm

# 27 pasivních bytů - Ekonomika a problémy při realizaci rekonstrukce

Zdeněk Kaňa, Úsporné bydlení s.r.o. Dubňany, H.L.C. spol. s r.o. Hodonín  
Dubňany, Nádražní 1000, Česká republika  
Tel: +420 608 380 100, e-mail: uspornebydleni@email.cz

III.

## 1. Proč rekonstruovat - přestavovat?

V ČR a nejen u nás je velké množství nevyužitých budov jak školského, tak armádního a v neposlední řadě výrobního charakteru. Většina z těchto budov chátrá. My, stavaři a developeři se neustále snažíme budovat nové a tyto budovy opomíjíme. V přestavbách je však skryt velký potenciál. Vzhledem k tomu, že jednu školu přestavujeme, zaměřím se na výhody rekonstrukce školských zařízení.

Výhody:

- Budovy jsou už připojeny na inženýrské sítě, není zde potřeba složité jednat o kapacitách jednotlivých sítí, neboť školy apod. byly místa se zvýšeným množstvím osob než jsou běžné byty.
- Jsou 100% prověřeny základní podmínky ať již kladně, kdy budovy jsou bez poruch, nebo záporně, kdy poruchy jsou již viditelné a my jsme schopni stanovit způsob jejich opravy.
- U školských staveb jsou minimalizovány bourací práce. Vždyť třída s kabinetem je zpravidla v rozsahu běžného bytu, tj. cca 70 – 90 m<sup>2</sup>.

## 2. Ekonomika rekonstrukce základní školy na 27 pasivních bytů

Při každé přestavbě nám vznikají náklady - nejpodstatnější jsou náklady na přebudování vnitřních rozvodů vody, kanalizace a elektřiny. Při rekonstrukcích školských zařízení je minimální náklad na bourací práce. Podstatné náklady jsou pak při revitalizaci obálkové konstrukce – výměna otvorových prvků, fasáda, zateplení prvního a posledního nadzemního podlaží a v suché výstavbě a to hlavně sádkartonových konstrukcích, podlahách a úpravách povrchů. Rozdíl běžné přestavby a pasivní je hlavně ve zvětšení tloušťky izolací obálkové konstrukce a vytvoření vzduchotěsné roviny. Na první pohled by se mohlo jevit zvýšení nákladů na pasivní přestavbu v nutnosti instalace rekuperace. Opak je však pravdou.

Každá běžná přestavba s těsnými okny, ať plastovými nebo dřevěnými, se pohybuje na hranici neprůvzdušnosti  $1,5 \text{ h}^{-1}$  a zde je již nutno použít nucené větrání. Každý, kdo realizuje dnešní kvalitní stavbu, by si měl uvědomovat nutnost zajištění zdravého vnitřního prostředí a ne jen vnímat úspory energií, vřdyť zdraví se nedá koupit za žádné peníze.

Příklad řešení výpočtu v PHPP přestavby ZŠ na 27 bytů. Pro objektivní srovnání je úspora řešena jen kvalitou obálkové konstrukce, neprůvzdušnosti a nižší účinnosti větracího systému.

Požadavky ve vztahu k vytápění podlahové plochy				
Vytápěná podlahová plocha:		2384,7 m <sup>2</sup>		
	Použito:	Měsíční metoda	Certifikát:	Spínáno?
Měrná potřeba tepla pro vytápění:	77	kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	ne
Výsledek zkoušky neprůvzdušnosti:	1,5	h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	ne
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění, ohřev, pom. a dom. spotřebiče):	204	kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	ne
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění a pomocné a domácí spotřebiče):	149	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Měrná potřeba primární energie Úspora elektrický proudů solární energie:		kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Topná zátěž:	43	W/m <sup>2</sup>		
Činnost přechodu nejvyšší teploty vzduchu:	0	%	nad 24 °C	
Měrná potřeba energie pro chlazení:		kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Chladicí zátěž:	1	W/m <sup>2</sup>		

Obr. 1 Běžná rekonstrukce - přestavba

Požadavky ve vztahu k vytápění podlahové plochy				
Vytápěná podlahová plocha:		2632,2 m <sup>2</sup>		
	Použito:	Měsíční metoda	Certifikát:	Spínáno?
Měrná potřeba tepla pro vytápění:	12	kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	ano
Výsledek zkoušky neprůvzdušnosti:	0,6	h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	ano
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění, ohřev, pom. a dom. spotřebiče):	94	kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	ano
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění a pomocné a domácí spotřebiče):	44	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Měrná potřeba primární energie Úspora elektrický proudů solární energie:		kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Topná zátěž:	10	W/m <sup>2</sup>		
Činnost přechodu nejvyšší teploty vzduchu:	0	%	nad 24 °C	
Měrná potřeba energie pro chlazení:		kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Chladicí zátěž:	2	W/m <sup>2</sup>		

Obr. 2 Přestavba - rekonstrukce dle skutečnosti v pasivním standardu

Pro objektivní srovnání nákladů lze uvést rozdíly v systému zateplení a rekuperace:

fasáda – zvýšení tl. izolace o 150 mm ( $250 \text{ Kč/m}^2$ ) x $2\,000 \text{ m}^2$	500 000 Kč
půda + suterén – zvýšení tl. izolace o 200 mm ( $300 \text{ Kč/m}^2$ ) x $1\,680 \text{ m}^2$	504 000 Kč
okna – trojsklo, kvalitní vzduchotěsné osazení	100 000 Kč
Rekuperace 27 bytů x 50 000 Kč	1 350 000 Kč
Celkové zvýšení nákladů	2 454 000 Kč
Zvýšení nákladů v rámci pasivního standardu na jeden byt činí	90 888 Kč
Při běžné ceně jednoho bytu 1,5 mil Kč je cena vyšší o 6 %.	

Co je však nezanedbatelné, je fakt, že i při tomto zvýšení je skutečná výsledná prodejní cena 19 - 20 tis. Kč/m<sup>2</sup> a to v závislosti na velikosti bytu. Běžné nové přestavby se v okolí Hodonína prodávají za 22 – 25 tis. Kč/m<sup>2</sup>.

Pro budoucí uživatele jsou podstatné náklady na provoz, které jsou u bytu o ploše 80 m<sup>2</sup> a průměrné ceně energie následné:

standard	plocha m <sup>2</sup>	Energie Kč/kWh	měrná potřeba tepla na vytápění	primární energie kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Kvalitní přestavba	80	2,2	77	13 552 Kč	204	35 904 Kč
Pasivní přestavba	80	2,2	12	2 112 Kč	94	16 544 Kč
Roční úspora				11 440 Kč		19 360 Kč
Úspora za 10 let bez zvyšování cen energií				114 400 Kč		193 600 Kč

Pokud zohledníme vliv chování uživatele na výslednou úsporu energií, kdy může být potřeba na energie jak vyšší, tak nižší, lze s určitou rezervou konstatovat, že pasivní přestavba je jak z ekonomického, tak zdravotního hlediska podstatně výhodnější. A co je nezpochybnitelné, je návratnost investice.

Výše uvedené náklady na pasivní přestavbu odpovídají skutečnosti a jsou dokladovatelné. Náklady na vlastní užívání nám ukáže až minimálně jeden rok provozu. Pro skutečné zjištění úspor ze solárního ohřevu TV bude solární ohřev instalován až po roku provozu s ohřevem teplé vody kondenzačním kotlem.

### 3. Chyby a problémy při přestavbě

Jako největší chybu lze uvést problém se zajištěním vzduchotěsnosti obálkové konstrukce. V rámci úspor jsme se snažili ušetřit tím, že maximálně využijeme původních příček. Výsledkem však bylo několikrát přetěšňování spojů mezi příčkami a stropy s obvodovými stěnami. Složitě dohledávání netěsností ve spojení jednotlivých konstrukcí a prostupů. V konečném důsledku byla úspora smazána zvýšenými náklady na zajištění vzduchotěsnosti.

Po zkušenostech bychom kompletně vybourali veškeré příčky a zajistili nepřerušovanou vzduchotěsnou rovinu. Ušetří se za množství liniového těsnícího materiálu, ale hlavně za vzduchotěsné průchodky přes stěny a stropy.

III.



Obr. 4 Otvory směrem do konstrukce po demontáži staré příčky



Obr. 5 Test vzduchotěsnosti



# Otopný a větrací systém u rekonstrukce s faktorem 10

Erwin Schwarzmüller DI, F+E Begleitung für Unternehmen (PH, NAWARO, O13)

3040 Matzelsdorf 16, Rakousko

Tel: +43 277 254 415, e-mail: erwinschwarzmueller@hotmail.com

---

## 1. Výchozí stav stavby (rok výstavby 1912)

50 cm a 40 cm cihlové zdivo, celodřevěné stropy (překlady) s hliněným násypem a dřevěnou podlahou. V nepodsklepené oblasti realizoval předchozí majitel 20 cm betonovou podlahu s 3 cm litého asfaltu, který byl z velké části odstraněn. Díky neodborné rekonstrukci předchozích majitelů v 80. letech byl dům při převzetí v srpnu 2005 zcela promočen, zdivo bylo až do výšky cca 4 m nasáklé vodou.



Obr. 1 Pohled z východu s ještě nezaizolovanou přístavbou na severu

## 2. Vysušení a izolace (2005-2012)

V několika etapách byla stavba vysušena a ekologicky izolována. Jako nové materiály byly použity sláma v zavěšené fasádě ( $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  v tepelně neovlivněné oblasti) a ve střešní izolaci ( $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), korek jako vnitřní izolace spolu s nástěnným topením v hliněné omítce, dále také dřevěná podlaha na hliněné mazanině a drti z pěnového skla na zemině  $U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$  se 3 cm vakuové izolace, se 2 cm extrudovaného polystyrénu XPS a 2 vrstvami PE bublinkové fólie, použité jako ochranná vrstva  $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  pod potěrem vyhřívaným topnými články. K tomu pevné zasklení s trojitým sklem  $U_g = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$  a modřínové dveře 92 mm překryté izolací s  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  v technologii tenkého skla.

## 3. Kroky při rekonstrukci otopného a větracího systému

### 3.1. Otopný a větrací systém během rekonstrukce za normálního obývání domu od r. 2005

Během první zimy probíhalo vytápění pomocí samostatných kamen za účelem vysušování poté, co byla odhlášena elektrická akumulární kamna na noční proud a byly odstraněny nejzávažnější příčiny způsobující vlhkost. Díky nepřetržitému větrání za účelem vysušení zdiva bylo při vytápění nástěnným topením na korkových deskách zaomítaným hliněnou omítkou spaleno 11 t dřeva ve dvou samostatných kamnech, ačkoliv byly stěny v obývací zóně izolovány vnitřní korkovou izolací a stropy a stěny směrem k půdě vrstvou slámy 36 cm. Byl použit ventilátor na cirkulaci vzduchu a trubkový ventilátor s průtokem vzduchu  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  vedený z WC přes střechu, oba větraly na nejvyšší stupeň 4 měsíce bez přerušení.

Každý starý dům představuje vlastní systém, a abychom odstranili nedostatky v souladu s udržitelným rozvojem, musíme ten systém pochopit. V našem případě se navzdory předchozím odborným znalostem objevovaly stále nové nedostatky, což zpětně potvrdilo správnost provádění rekonstrukce po etapách. Při generální rekonstrukci by některé vady nemohly být během jednoho kroku správně odstraněny.

### 3.2. Instalace peletových kamen ve 2. roce rekonstrukce

Byla použita peletová kamna do obývacího pokoje o výkonu 6 kW s automatickým dávkováním, zásobník o obsahu 3,5 t se nachází v bývalé prádelně vedle garáže. Dávkování pelet pomocí turbíny a 2 hadic vede přes izolovaný sokl a sklep přímo do obytné místnosti. Komín

z nerezů Ø 130 mm byl zabudován a přizpůsoben na stávající 17 cm komín vč. rekonstrukce komínové hlavy.

III. Hlavními důvody pro pořízení peletového topení bylo zaměstnání obou manželů a zpočátku ještě vysoká potřeba tepla, která si vyžádala automatický topný systém. Volba padla na pelety kvůli velmi nízkým emisím CO<sub>2</sub> a hodnotám spotřeby primární energie (PEI) tohoto topení a také možnosti zásobování palivem z regionu, což je v souladu trvale udržitelným rozvojem. Manželka Fanya de Stella–Palikruschewa se kvůli výši investic a závislosti na dodavatelích paliva opakovaně vyslovila proti pořízení kamen. Náklady činily v roce 2007 cca 19 000 € (bez odečtení podpory) včetně zásobníku s dávkovacím zařízením a rekonstrukce komína, bez systému distribuce tepla, který byl vybudován vlastními silami. Odpor mé ženy byl posílen díky vadné dodávce a připojení, teprve 4. kotel pracoval uspokojivě a funguje až dodnes.

Z dnešního pohledu, kdy pracuji doma, bych už neinvestoval do tak drahého systému, ale dal bych přednost kachlovým kamnům na dřevo s vysokou účinností s napojeným systémem přípravy teplé vody kombinovaným se solárním zařízením, i s ohledem na vlastní zásobování, protože máme stále dřevěný odpad z vlastní zahrady. Navíc se spotřeba proudu při provozu těchto kamen blíží nule, příp. je redukována na jedno efektivní oběhové čerpadlo. Tím by se dala snížit spotřeba dřeva při vhodném naprojektování na 500–800 kg. Z mého pohledu jsou v tomto ohledu nejkrásnější kamna z udusané hlíny od Martina Raucha, viz [www.lehmo.at](http://www.lehmo.at).

### 3.3. Zařízení pro odvod vzduchu a příprava větracích systémů

Starší stavby z doby kolem roku 1900 s částečným podsklepením nemají prakticky žádnou izolaci proti zemní vlhkosti (navzdory horizontální zábraně ve zdivu).

Proto je kvůli regulaci vlhkosti vzduchu v místnostech bezpodmínečně nutný nepřetržitý přívod čerstvého vzduchu během topné sezony a také je nutná regulovaná výměna vzduchu v létě. V době stavby zajišťovalo tuto výměnu vzduchu zařízení pro odvod vzduchu přes WC a koupelnu a také přes přídavný odvětrávací kanál z kanceláří, které vytvářelo orientovaný a regulovatelný proud vzduchu v přízemí, které je nejvíce obydleno. K tomu se v zimě přidal regulovaný odvod vzduchu větracími otvory v prvním patře za účelem odvodu vlhkosti z ložnic (zvýšení větracích ztrát).

### 3.4. Redukce rozvodů tepla obálkou budovy v kvalitě PD

Výhoda izolace v kvalitě pasivního domu (třebaže rekonstrukce kvůli nepříznivému poměru povrchu vůči objemu a přetrvávajícím tepelným mostům vykazuje nadále potřebu tepla cca 35 kWh/(m<sup>2</sup>a)) se projevila především v možnosti uspořádání rozvodů tepla a také v dimenzování topných ploch. V kanceláři si tedy vystačíme s malým koupelnovým radiátorem o výkonu 450 W, který byl z optických důvodů namontován na strop. Ve vedlejší místnosti bylo položeno do potěru, který leží na vakuové izolaci tloušťky 3 cm, 20 m podlahového topení napájeného z topného systému. Ložnice o ploše 20 m<sup>2</sup> má k dispozici uvnitř nainstalované koupelnové topné těleso o výkonu 600 W (pod vstupem čerstvého vzduchu), které funguje jako sálavé vytápění. Obývací pokoj o ploše 40 m<sup>2</sup> je vytápěn sálavým teplem z kamen (dle výrobce max. 1,5 kW) a stěnovým topením a funguje jako místnost pro přívod vzduchu a i po ukončení rekonstrukce zůstane místností s největší spotřebou tepla, neboť východní stěna s korkovou izolací 6 cm pod topením ve stěně je nejméně izolována. Důvodem bylo zachování fasády ve stylu Art Deco, kterou jsme nechtěli zničit, a omezení vnitřní izolace díky uložení dřevěného stropu.

### 3.5. Rozvody větracího systému

Použity byly 2 z 5 starých komínů, do nichž byly vloženy falcované trubky a zvuková izolace, další 2 komíny byly odstaveny, tedy přerušeny pod položenou vrstvou izolace. Z dnešního pohledu to nebylo zcela optimální, protože v případě čištění bude přinejmenším třeba vyměnit zvukovou izolaci. Nicméně jsme díky tomu nemuseli dělat zavěšené stropy pro rozvody větracího systému, takže investice vychází menší s ohledem na započtení budoucích rekonstrukčních prací. Potrubí ve sklepech o průměru 160 mm se rozděluje v přízemí do 2 trubek o průměru 125 mm, z nichž jedno potrubí zásobuje veliký obývací pokoj a umožňuje v přízemí výměnu vzduchu až 60 m<sup>3</sup>/h.

Přepadové otvory směřují vzduch do koupelny, kuchyně, kanceláře a předsíně.

Místnostmi s odvodem vzduchu jsou koupelna, WC, kuchyň a kancelář. Množství přiváděného vzduchu pro 2 obyvatele se bude pohybovat spíše na horní hranici, přičemž je při plném obsazení domu při návštěvě možná příčná ventilace přes 2 patra. Větev odvodu vzduchu byla spolu s novým rozvodem vody zabudována do zadní stěny WC.

Během rekonstrukce přišly na trh cenově výhodnější systémy, mezi jinými [www.inventer.de](http://www.inventer.de), které představují dobrý kompromis pro rekonstrukci, když vezmeme při montáži v úvahu

větrné poměry a nemusíme systém dimenzovat na maximální hodnoty.

V posledních 2 letech byl v partnerské kooperaci klastru Bau.Energie.Umwelt Cluster Niederösterreich vyvinut systém pro rozvod vedený centrální místností, na nějž se můžete informovat na [www.leit-wolf.at](http://www.leit-wolf.at).

### 3.6. Zkušenosti obyvatel domu

Po extrémních zkušenostech během počáteční doby rekonstrukce za normálního obývání domu (během první zimy neexistoval žádný systém distribuce tepla, před zaizolováním půdy bylo v ložnici v listopadu 12°C, po zaizolování 17°C), které rovněž potvrdily, jak je důležité provést přestavbu správně z hlediska stavební fyziky a jak je u starých staveb obtížná realizace vzduchotěsného provedení úprav (viz obrázky v přednášce), se komfort krok za krokem zvyšoval.



Obr. 2 Parozábrana ještě bez izolační vrstvy v podkroví, během několika hodin plná kondenzátu, ukazuje průchod vlhkosti skrze starou, omítnutou tenkou stěnu. Po izolování slámou na studené straně suchá.

Teprve po zabudování všech dobře zaizolovaných francouzských oken a úplném zaizolování západní fasády bylo možno odstavit kuchyňská kamna. Což je vlastně škoda, neboť v zimě rádi vaříme v kamnech na dřevo. Stará kuchyňská kamna však nebyla kompatibilní s větracím systémem obývacího pokoje a navíc jsem do staré kuchyně přemístil svou kancelář. Zkušenosti s kominíky nás také odradily od toho, abychom provozovali druhé ohniště.

Rekonstrukce na etapy představovala jednu z hlavních výzev pro nás jako obyvatele domu a také se hned ukazovaly nedostatky (až po vytváření plísňe na studených plochách).

V létě představuje celoplošně dobrá izolace při současném napojení zdí na zeminu výzvu pro řízení větracího systému, neboť za vlhkých parných dnů s teplotou přesahující 32°C se také vnitřní teplota pohybuje mezi 23- 24°C a když se po delší dobu udržuje teplé a vlhké proudění, tak se vyčerpá akumulací kapacita hliněné omítky i hliněné mazaniny. Pak stoupne relativní vlhkost přes 75 %. Již delší dobu pomýšlím na solární zařízení pro ohřev teplé vody, pro něž bych položil přívodní a výstupní rozvod do oblasti soklu v obývacím pokoji, abych takto vytvořil letní vyhřívání v oblasti soklu obývacího pokoje a tím zbavil vlhkosti oblast v okolí podlahové krycí lišty.

## 4. Literatura

(1) FEIST, W. Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser. Darmstadt – Verlag das Beispiel GmbH, 2000, 144 s.

# Heizung und Lüftung in einer Faktor 10 Sanierung

Erwin Schwarzmüller DI, F+E Begleitung für Unternehmen (PH, NAWARO, O13)

3040 Matzelsdorf 16, Österreich

Tel: +43 277 254 415, e-mail: erwinschwarzmueller@hotmail.com

---

## 1. Bestand des Altbaus (BJ 1912)

50 cm und 40 cm Ziegelmauerwerk, Vollholzdecke (Sturzbalken) mit Lehmschüttung und Holzboden. Im nichtunterkellerten Bereich wurde durch Vorgänger 20 cm Beton mit 3 cm Gussasphalt ausgeführt, der Großteils entfernt wurde. Durch unsachgemäße Sanierungen der Vorbesitzer in den 80er Jahren war das Haus bei Übernahme August 2005 völlig durchnässt, das Mauerwerk bis ca. 4 m Höhe Wasser gesättigt.



Abb. 1 Ansicht Ost mit noch ungedämmten Zubau Nord

## 2. Trockenlegung und Dämmung (2005-2012)

In mehreren Abschnitten wurde das Bauwerk trockengelegt und ökologisch gedämmt. Zum Einsatz kamen Stroh in einer Vorhangfassade ( $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  im ungestörten Bereich) und Dachdämmung ( $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), Kork als Innendämmung mit Wandheizung in Lehm Putz sowie Holzboden auf Lehmestrich und Schaumglasschotter zu Erdreich  $U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$  und 3 cm Vakuumdämmung, mit 2 cm XPS und 2x PE Bläschenfolie als Schutzlage  $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  unter dem Heizestrich. Dazu Dreischeibenfixverglasungen  $U_g = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$  und überdämmten 92 mm Lärchentüren mit  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  in Dünnglastechnik.

III.

## 3. Sanierungsschritte Heizung und Lüftung

### 3.1. Heizung und Lüftung während der bewohnten Sanierung seit 2005

Trockenheizung im ersten Winter mit Einzelöfen, nachdem E-Nachspeicherheizung abgemeldet und die gravierendsten Ursachen für Feuchtigkeit abgestellt wurden. Durchlaufende Lüftung zur Trocknung des Mauerwerks sowie der Lehmverputzten Wandheizung auf Korkplatten verheizt wurden 11 t Holz in 2 Einzelöfen, obwohl die Wände im Wohnraum mit Korkinnendämmung und Decken und Wände zu Dachraum sowie bereits mit 36 cm Stroh gedämmt waren. Es kam ein Umluftventilator und ein Rohrventilator mit  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  Durchsatz vom WC über Dach zum Einsatz, beide lüfteten auf Höchststufe 4 Monate ohne Unterbrechung.

Jedes Althaus ist ein eigenes System, um Mängel nachhaltig zu beheben muss es verstanden werden. In unserem Fall kamen trotz fachlicher Vorkenntnis immer wieder neue Mängel zum Vorschein, was die schrittweise Sanierung nachträglich als richtig bestätigt. Bei einer Generalsanierung hätten manche Schäden in einem Schritt nicht richtig behoben werden können.

### 3.2. Einbau der Pellets Heizung im 2. Jahr der Sanierung

Zum Einsatz kam ein 6 kW Wohnzimmer Pelletsofen mit automatischer Befüllung, ein Sacktank mit 3,5 t Fassung befindet sich in der ehem. Waschküche neben der Garage. Die Bringung der Pellets mit Turbine und 2 Schläuchen erfolgt über Dämmsockel und Keller direkt in den Wohnraum. Edelstahlkamin  $\varnothing 130 \text{ mm}$  wurde zur Anpassung in den bestehenden 17 cm Kamin inkl. Kaminkopfsanierung eingebaut.

Hauptgrund für die Anschaffung der Pellets Heizung war die Berufstätigkeit beider Ehepartner und der Anfangs noch hohe Heizwärmebedarfes, der ein automatisiertes Heizsys-



tem erforderte. Die Wahl fiel auf Pellets wegen der geringen CO<sub>2</sub> Emissionen und PEI Werte für die Heizung sowie der nachhaltigen Belieferung aus der Region. Gattin Fanya de Stella–Palikruschewa sprach sich wegen Investition und Abhängigkeit von Brennstofflieferanten wiederholt gegen die Anschaffung aus. Die Kosten beliefen sich 2007 auf ca. 19 000 € (ohne Abzug der Förderung) inkl. Tank mit Befüllungsanlage und Kaminsanierung, ohne Wärmeverteilung, die in Eigenleistung erstellt wurde. Verstärkt wurde der Widerstand meiner Gattin durch mangelhafte Lieferung und Anschluss, erst der 4. Kessel funktionierte bis heute zufriedenstellend.

III.

Aus heutiger Sicht, mit Arbeitsplatz zu Hause würde ich nicht mehr in ein so teures System investieren, sondern einem effizienten Holzgrundofen mit nachgeschalteter Warmwasserbereitung kombiniert mit Solaranlage den Vorzug geben, auch unter dem Gesichtspunkt der Eigenversorgung, da immer wieder Holz in unserem Garten anfällt. Zusätzlich ist der Strobbedarf bei diesen Öfen im Betrieb gegen Null bzw. reduziert sich auf eine effiziente Umwälzpumpe. Damit wäre der Holzbedarf bei geeigneter Auslegung auf 500–800 kg zu senken. Der diesbezüglich schönste Ofen aus meiner Sicht ist der Stampflehmofen von Martin Rauch [www.lehmo.at](http://www.lehmo.at)

### **3.3. Abluftanlage und Vorbereitung der Lüftung**

Altbauten aus der Zeit um 1900 mit Teilunterkellerung verfügten praktisch über keine Feuchteabkoppelung vom Erdreich (trotz Horizontalsperre im Mauerwerk).

Deshalb sind zur Regulierung der Raumluftfeuchte eine durchgehende Frischluftzufuhr in der Heizperiode sowie ein geregelter Luftaustausch im Sommer unbedingt nötig. In der Bauphase erfolgt dieser durch eine Abluftanlage über WC und Bad, sowie einem zusätzlichen Abluftkanal aus den Büroräumen, die einen gerichteten und regelbaren Luftstrom im Erdgeschoss, das hauptsächlich bewohnt ist herstellt. Dazu kam im Winter eine geregelte Abluft über OG durch Spaltlüftung zur Abfuhr der Feuchte in den Schlafräumen (Erhöhung der Lüftungsverluste)

### **3.4. Reduzierung der Wärmeverteilung durch Gebäudehülle in PH Qualität**

Der Vorteil der Dämmung in Passivhausqualität (wenngleich die Sanierung wegen ungünstigem Oberflächen-Volumen Verhältnis und den bestehen bleibenden Wärmebrücken nach wie vor bei ca. 35 kWh/(m<sup>2</sup>a) Wärmebedarf aufweist) zeigte sich vor Allem in der Freiheit der Anordnung der Wärmeverteilung, sowie in der Dimensionierung der Heizflächen. So genügt im Büro ein kleiner Badheizkörper mit 450 W Leistung, der aus optischen Gründen an die Decke montiert wurde. Im Nebenraum wurde 20 m Fußbodenheizung aus dem Rücklauf

gespeist im Estrich, der auf 3 cm Vakuumdämmung liegt, verlegt. Der 20 m<sup>2</sup> Schlafräum verfügt über einen innen liegenden 600 W Badheizkörper (unter dem Frischluftauslass), der als Strahlungsheizkörper funktioniert. Der 40 m<sup>2</sup> Wohnraum wird durch Ofenabstrahlung (laut Hersteller max. 1,5 kW und eine Wandheizung beheizt und ist als Zuluft Raum ausgebildet, er wird bei der abgeschlossenen Sanierung der größte Wärmeverbraucher bleiben, da die Ostwand mit 6 cm Korkinnendämmung unter der Wandheizung am Schwächsten gedämmt ist. Grund war die zu erhaltende Fassade mit Art-Deco Putzgliederung, die wir nicht zerstören wollten und die Begrenzung der Innendämmung durch die Holzdeckenaufleger.

### 3.5. Lüftungsverteilung

Genutzt wurden 2 der 5 alten Kamine, in die Wickelfalzrohre und Schalldämpfer eingelegt wurden, 2 weitere Kamine wurden stillgelegt bzw. bis unter die Dämmlage abgebrochen. Aus heutiger Sicht nicht ganz optimal, da im Reinigungsfall zumindest die Schalldämpfer zu ersetzen sein werden. Allerdings konnte damit auf abgehängte Decken für die Luftverteilung verzichtet werden, womit die Investition unter Einrechnung zukünftiger Sanierungsarbeiten geringer ausfällt. Leitungen in den Keller DN 160 mm verzweigen im EG auf 2 x DN 125, wovon eine Leitung den großen Wohnraum versorgt, dieser ist im Erdgeschoss mit 60 m<sup>3</sup> beaufschlagbar.

Überströmöffnungen lenken die Luft zu Bad, Küche, Büro und Vorraum.

Ablufträume sind Bad, WC, Küche und Büro. Die Luftmenge wird für 2 Bewohner eher an der oberen Grenze zu liegen kommen, wobei bei Vollbelegung Besuch Querlüftung über 2 Geschosse möglich ist. Der Abluftstrang wurde wie auch die neue Wasserverteilung der Rückwand des WC eingebaut.

Kostengünstigere Systeme kamen während der Sanierung auf den Markt darunter [www.inventer.de](http://www.inventer.de), die für Sanierungen einen guten Kompromiss darstellen, wenn man die Windverhältnisse beim Einbau berücksichtigt und nicht auf Maximalbelegung dimensioniert.

Ein System zur Verteilung über einen zentralen Raum wurde in den letzten 2 Jahren in einer Kooperation von Partnern des Bau.Energie.Umwelt Cluster Niederösterreich entwickelt und ist unter [www.leit-wolf.at](http://www.leit-wolf.at) abfragbar.

### 3.6. Erfahrungen der Bewohner

Nach Grenzerfahrungen während der Anfangszeiten der bewohnten Sanierung (kein Wärmeverteilungssystem im ersten Winter, vor Dämmung des Dachraums im November 12°C im Schlafraum, nach Dämmung 17°C), die auch die Bedeutung der bauphysikalisch richtigen Aufbauten und bei Altbauten schwer herstellbaren luftdichten Ausführung zeigten (siehe Bilder in Vortrag) nahm der Komfort Schritt für Schritt zu.

III.



Abb. 2 Dampfbremse noch ohne Dämmlage im Dachraum, innerhalb weniger Stunden voll mit Kondensat, zeigt den Feuchtedurchgang durch die alte, verputzte Leichwand auf. Nach Dämmung mit Stroh auf der Kaltseite trocken.

Erst mit Einbau aller gut gedämmten Fenstertüren und vollständiger Dämmung der Westfassade konnte auf den Küchenofen verzichtet werden. Eigentlich schade, denn wir kochen gerne mit Holz im Winter. Allerdings war der alte Küchenofen nicht mit Wohnraumlüftung kompatibel und siedelte ich meinen Büro in die alte Küche ein. Die Erfahrungen mit den Rauchfangkehrern war auch nicht dazu angetan eine zweite Feuerstellen zu unterhalten.

Rekonstrukce

Die schrittweise Sanierung war die der Hauptherausforderungen an uns Bewohner, auch zeigen sich Mängel sofort (bis hin zum Schimmel an kalten Flächen).

Im Sommer ist die durchgängig gute Dämmung bei gleichzeitiger Ankoppelung der Mauern ans Erdreich eine Herausforderung für Lüftungsregelung, da auch an feucht schwülen Tagen mit mehr als 32°C die Innentemperatur bei 23- 24°C liegt und wenn eine feuchtwarme Strömung längere Zeit aufrecht bleibt, die Pufferungskapazität von Lehmputz und Lehmestrich ausgeschöpft sind. Dann steigt die relative Feuchte auf über 75 %. Ich denke schon länger an eine Solaranlage für WW, zu der ich Vor- und Rücklauf im Sockelbereich des Wohnraums verlege, um so zu einer sommerlichen Aufheizung des Sockelbereiches zu kommen und den Bereich der Fußleiste aus dem Feuchtebereich zu bringen.

#### **4. Literatur**

(1) FEIST, W. Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser. Darmstadt – Verlag das Beispiel GmbH, 2000, 144 s.

# Forma a (re)konstrukce RD jako nástroj provozních úspor, urbanistické lokality v horských podmínkách 3D

Ing. arch. Karel Vlček, ARCHITEKTONICKÉ STUDIO K4 s.r.o

Lesní Stezka 2750/11, 466 01 Jablonec nad Nisou, Česká republika

Tel. +420 604 300 968, e-mail: karelk4@atlas.cz, www.studiok4.cz

III.

## 1. Vymezení problému

Jak skutečně ovlivňuje doporučená forma EPD urbanistické pojetí lokality? Prezentace zásadních přístupů, ke kterým jsme se dobrali - konvenční se sedlovými střechami ale i hledání nové formy RD v náročných sněhových podmínkách. V rámci urbanistické a architektonické tvorby v horských lokalitách – okolí Jablonce n. Nisou – jsou většinou ideální způsoby zakládání s možností ukládání přebytku tepla do žulového podloží.

Hendikepem jsou plochy u lesa a na severních a strmých svazích. Nutno využívat každý  $\text{dm}^2$  osluněné fasády – aktivně, FV, kolektory nebo pasivně akumulační plášť. Klasický šedý betonový povrch po dvou hodinách slunečního svitu má i v období rovnodennosti výrazné pasivní zisky  $36 - 40^\circ \text{C}$ .

Pokud jsou lokality situované jižně od města, architekta čeká úloha, jak načerpat co nejvíce slunce a zajistit severní výhled

V některých místech je možné využít obrácený přístup – protisklon, s navázáním střechy na terén nebo blíže k terénu pro lepší přístupnost na ozeleněnou střechu. Toto řešení jsme vybrali pro vzorovou rekonstrukci RD blížící se pasivnímu standardu.

Logicky se docílí :

Větší plochy nahříváné pasivní akumulační fasády – zejména účinné v zimě – setrvačností tepelného chladnutí vnější skořepiny se zmírní rozdíl I a E teplot a zlepší se bilance. Objekt jako klasické zděné domy umí zpříjemnit okolní exteriér vyzařováním naakumulovaného tepla během dne. Materiály STYRCON, XPS + žulové desky, případně obklad věncovou BS Klatovy.



## 2. Použitá metoda řešení

Poznatky lidí, klientů, vlastní měření, intuice a vlastní provedení vzoru. Využití mimo jiné programů SKETCHUP, Allplan pro kontrolu oslunění interiéru, fasád a střech a prezentaci lokality klientům a zúčastněným stranám. Prosazování umístění slunečních kolektorů na fasádách i pro stínění fasád a přirozené regulace oslunění díky různé výšce slunce v ročních obdobích.

## 3. Obsah příspěvku

3D Prezentace urbanistického přístupu v horských podmínkách při utváření několika lokalit.

### Návrh řeší :

- 1) ozeleněné střechy za použití lehkých panelů KingSpan X DEK, vyvážení lesklých ploch kolektorů a FV ve středu a na fasádách.
- 2) Zapuštění objektů pro lepší vyrovnání ochlazovaných ploch.
- 3) Lokality jsou zpracovány ve variantách.

- 4) Regulace a následné řešení RD je v rozmezí – jsou vybrány typy.
- 5) Zásady proslunění parcel a domů se promítají do optimálních připojovacích bodů.
- 6) Z důvodů úklidu sněhu je doprava průjezdná, avšak max. chráněna - protihlukové zdi popnuté zelení + aleje. V lokalitách se vymezují místa pro OV a veřejný parkový prostor jakož i poměrně hustou průchodnou komunikační sít – cyklisti, chodníky pobytové a průpojné.
- 7) Důležité jsou i nezávislé zadní hospodářské přístupy pro založení kvalitních zahrad.
- 8) Do projektu jsou integrovány všechny vodoteče – snaha max. využít povrchovou vodu pro zahrady.



### 3D Prezentace a poznatky z rekonstrukce RD

- se třemi podlažimi, 220 m<sup>2</sup> obytné plochy, s výpočtovými ztrátami 30 kWh/m<sup>2</sup>. Komplex návrhu technologie vedoucí ke kombinaci současných nejlepších nalezených technologií.

- 1) Hlavní zdroj slunce – Sluneční trubicové kolektory – Topení , TV z CZ, dále akumulace

přebytků do žulového podloží RD a do podzemní dešťového registru cca 2 500 l.

2) Nízkoteplotní podlahové a stropní topení = kapilární mikrorohože Infraclima, Alpex, důkladně odizolované.

3) Dotápění pro pár měsíců TČ, které využívá letní nahromaděnou energii v žulovém podloží, případně dalších dvou zahradních smyčkách.

4) Možnosti sběru přebytků tepla oslunění a krbu stropními mikrorohožemi. Každá místnost se může stát zdrojem nízkoteplotního topení bez oděrových zátěží.

5) Přes dešťový registr odebírání tepla odpadní vody, stejně jako teploty deště

6) Ozeleněná střecha chlazená TČ = kondenzační zálivka, možnost marnit energii z teplovodních vložek pro odtávání střechy i cesty.

7) V případě potřeby je v domě instalován vzduchový rozvod – pro nucenou ventilaci bez nutnosti otevírat okna. Dva stupně rekuperace ventilace vzduchu – rovnotlaké kondenzační svislé – odvod kondenzátu do kanalizace dtto bod 3. a protiproudé pro zimní a letní provoz se zemním registrem – předchlazení, protizámrzová ochrana

8) Pro zajištění pohonu čerpadel je plánováno využití FV pasu PowerFLEX

9) Při rekonstrukci se testovali různé řešení i přídavného vnitřního zateplení a přerušení tak všech tepelných mostů původní zděné konstrukce. Osvědčila se nám práce s RTI pro všechny podlahové systémy výrazně zvyšující výpočtový i praktický efekt. Nutno si jen dát pozor na použití čistého Alu povrchu stavebního pasu bez krycí fólie a Alu silných spojovacích pásků na svislé konstrukce, které doporučujeme chránit předstěrovým systémem raději s pevnějšími deskami RIGIPS – sádrovlákno. Vnitřní reflexní dobře provedená parozábrana umožní postupné vysychání zdiva do exteriéru (při nutném zachování difuzní otevřenosti), jeho ochranu před pohlcením nasycených par a vnitřní kondenzace. Min. tepelná brzda umožňuje jeho další prohřátí a i následné využití zpomalené akumulace. Tato opatření se nám zdají vhodnější, než práce s materiály vázající vzdušnou vlhkost a ztrácející tak svoje izolační vlastnosti.

10) Pro styk zdi se sněhovou pokrývkou navrhujeme vnější zateplení vata, Styrcon, bublinky + obklad Lunawood – větší podíl vrstev sendviče a nemožnost vzlínání vody.





#### 4. Dosažené výsledky

Dlouholeté nabité teoretické znalosti jsme uplatnili také při rekonstrukci RD (2 BJ). Výčet hlavních zásad pro rekonstrukci i přes menší pasivní zisky trojskel v rozmezí venkovní teploty 10 - 27 se vnitřní teplota pohybuje 16 - 20 stupňů bez jakékoliv další technologie.

#### 5. Závěry

Forma RD a estetika lokalit nemusí podléhat diktatuře konvenční regulace sedlových či jen jednosměrně orientovaných pultových střech a oken - viz příklady. Chytré tvarové a materiálové řešení může však provoz a využití aktivních slunečních technologií významně ovlivnit. Důležité je vyvážení působení přírodních a antropogenních a technologických prvků vedoucí k harmonii vnitřního i vnějšího obytného prostředí.



III.

Rekonstrukce

# Modernizace řadového rodinného domu do energeticky pasivního standardu

Ing. arch. Filip Řehák

Milady Horákové 1a, 602 00 Brno, Česká republika

e-mail: rehak.f@gmail.com

III.

## 1. Úvod

V roce 2008 jsem začal pracovat na projektu, kde úkolem bylo provést komplexní zateplení rodinného domu (dále jen RD). V průběhu plánování jsem se přiklonil k modernizaci s použitím prvků pasivního domu, která byla doladěna jako vzorová modernizace do standardu pasivního domu, pravděpodobně první v ČR (2010).

Vzhledem k tomu že se jedná o řadový RD, kterých byly v letech 1980-1990 podle stejného či podobného typového projektu postaveny stovky, je možno vyvodit obecné závěry a doporučení na základě této konkrétní realizace.



Obr. 1 Původní řadová zástavba

## 2. Možnosti v řadové zástavbě

### 2.1. Rozhodnutí pro standard energeticky pasivního domu

Řadové RD jsou pro modernizaci do energeticky pasivního standardu na první pohled vhodné - mají menší plochu ochlazovaných stěn než domy samostatně stojící. Bohužel však mají pro tento účel také řadu nevýhod, které plynou z návazností na domy sousední. Některé nevýhody je možno odstranit, s jinými je třeba se vyrovnat.

Na počátku by měl investor důkladně zhodnotit situaci a dohodnout se s majiteli sousedních domů na společném postupu, bez toho není možno vytčeného cíle dosáhnout.

### 2.2. Výhody a nevýhody řadového rodinného domu

*stavební část - výhody*

- kompaktní tvar
- řadová zástavba = pouze 2 fasády k zateplení
- zdivo z pravidla z porobetonu = redukuje tepelné mosty lépe než zdivo z cihel
- plochá střecha se stávající izolací z asfaltových pásů = poslouží jako kvalitní parozábrana

*stavební část - nevýhody, jejichž vliv je možno omezit*

- balkony, loggie, terasy spojené s obvodovým zdivem domu
- suterénní zdivo jako tepelný most (u podsklepeného domu)
- otevřené schodiště propojující obytná podlaží s nevytápěným suterénem
- drobné prvky kotvené do fasády jako zábradlí, stříšky apod.
- rozvaděč elektro, HUP, zvonky, apod. pokud jsou na fasádě

*stavební část – nevýhody které nelze změnit (tepelné mosty nutno zahrnout do výpočtu)*

- konstrukce sousedních domů spojené s konstrukcí řešeného RD, např. vetknuté balkony či loggie sousedních RD

## 2.3. Další důležité předpoklady pro modernizaci

Kromě stavebních předpokladů je potřeba již v první fázi návrhu uvažovat také s následujícími požadavky, které bude nutno splnit:

### *větrání*

- umístit ventilační jednotku do vytápěné části, např. do chodby, předsíně či zádveří
- zajistit velmi krátké vedení přívodního a odpadního vzduchu
- zajistit pokud možno krátké vnitřní rozvody větrání

### *způsob vytápění*

- stávající vytápění odstranit a použít např. infrapanely, případně v kombinaci s dohřevem vzduchu
- stávající způsob vytápění zachovat, doplnit o zásobník tepla a novou regulaci (vhodné v případě modernizace rozložené do několika etap, kdy potřeba tepla na vytápění klesá postupně po etapách)

## 3. Zkušenosti z modernizace RD v Lednici

### 3.1. Stavební úpravy

Na začátku bylo nutno oddělit od rodinného domu zděnou venkovní terasu, odstranit stávající zábradlí balkonů, výlez na střechu a všechna oplechování.

Stropy nad nevytápěným suterénem byly zatepleny pohledem ze SDK s vloženou minerální vatou tl. 180 mm.

Střecha byla zateplena 300 mm EPS a proveden střešní plášť z fólie z mPVC. Atiky byly obaleny polystyrenem, tudíž také zvýšeny o 100 mm, a to i na straně sousedních RD. Původní izolace z asfaltových pásů byla ponechána jako parozábrana.

Stěny byly zatepleny 160 až 200 mm polystyrenu s přídavkem grafitu. Aby se snížily tepelné mosty na minimum, byly zatepleny také některé stěny sousedních RD.

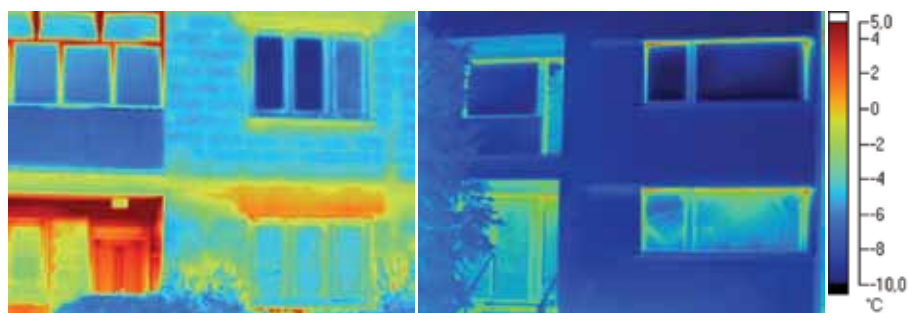
Balkony byly zatepleny fasádním polystyrenem a XPS. Zábradlí balkonů není kotveno do ob-

vodových zdí, ale je součástí samostatné ocelové konstrukce s pochůznými dřevěnými rošty.

Okenní otvory na JV a JZ byly zvětšeny a osazena okna pro pasivní domy od firmy Stolařství Vašíček se zasklením trojskly s vyššími solárními zisky ( $g = 66\%$ ).



Obr. 2 Pohled jihovýchodní a jihozápadní - současný stav



Obr. 3 Kvalitu provedení potvrzují snímky z termovize, stupnice barev je stejná ( $-10^{\circ}\text{C}$  až  $+5^{\circ}\text{C}$ ).  
Vlevo původní stav, vpravo současnost

III.

Rekonstrukce

### 3.2. Větrání, vytápění a ohřev teplé vody (TUV)

Dispozice domu s chodbou uprostřed je pro instalaci větrání s rekuperací tepla výhodná. Jednotka, izolovaná potrubí přírodního a odpadního vzduchu a protimrazová ochrana se vešly do vestavné skříně. Vzhledem k tomu že bylo potřeba umístit jednotku ve vstupní hale, byla vybrána ventilační jednotka aerosilent® rakouského výrobce drexel und weiss, která je nprasto tichá.

III.

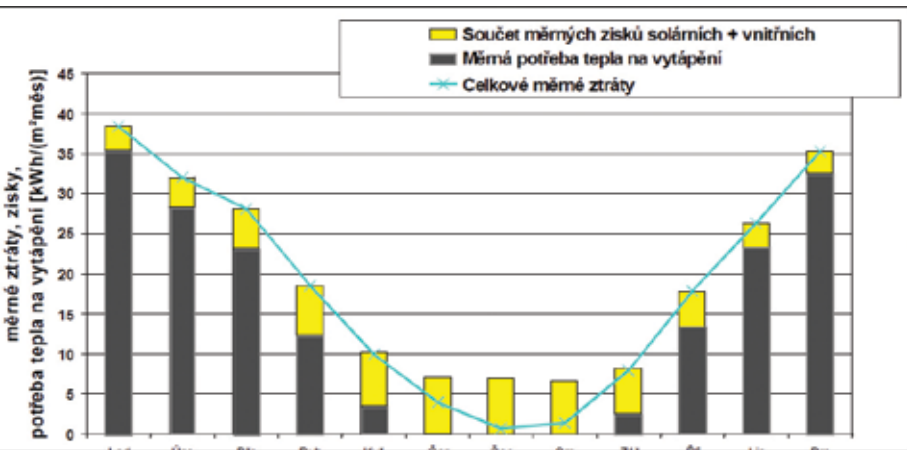
Do jednotlivých místností vedou pevné rozvody vzduchu s tlumiči bez obsahu minerálních vláken od firmy TAUSH. Trasa je optimalizována tak, aby délka potrubí byla co nejkratší.

Byl zachován stávající způsob vytápění, doplněný o vrstvený zásobník tepla. Natápění zásobníku kotlem zajišťuje inteligentní regulace solárů AMK Genius, regulaci vytápění umožňuje ovládací panel větrání umístěný v obývacím pokoji.

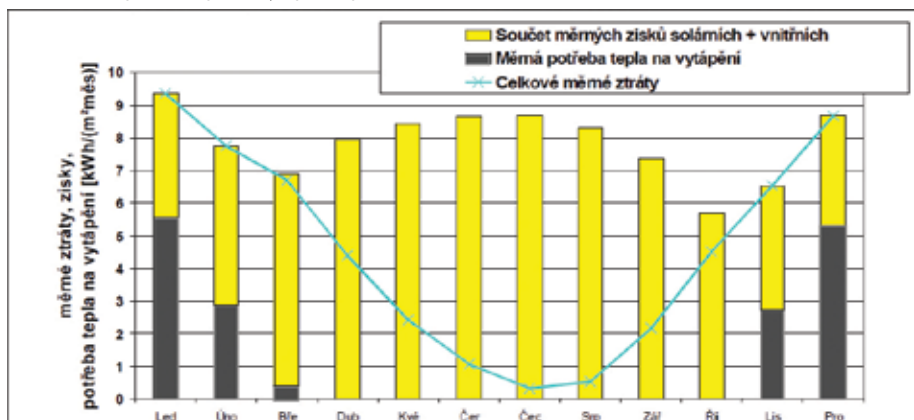


Obr. 4 Jednotka aerosilent® umístěna do vestavných skříní (Dny pasivních domů 2011)

Standardní délka topné sezóny v dané lokalitě činí 215 dnů. Zde však potřeba topit začíná v listopadu a končí v březnu, tj. celkem cca 140 dnů. Po tuto dobu je v provozu plynový kotel, který natápí horní část kombinovaného zásobníku s průtokovým ohřevem TUV. Solární systém je dimenzován tak, aby pokryl 100 % potřeb TUV po zbytek roku, kdy se netopí.



Graf. 1 Měsíční potřeba tepla na vytápění – původní stav



Graf. 2 Měsíční potřeba tepla na vytápění dle PHPP

Uvedená opatření představují snížení potřeby tepla na vytápění zhruba o 90 % oproti původnímu stavu.

#### 4. Výhled do budoucna

Existují stovky řadových rodinných domů, které byly postaveny podle stejného typového projektu, a dále mnoho řadových RD velmi podobných. U těchto domů lze tyto zkušenosti aplikovat a modernizovat je do energeticky pasivního standardu a dosáhnout značných úspor.



# Rekonstrukce fasády do pasivního standardu, systémy pro těsnost budovy v detailech

Ing. František Buráň, Ing. Miroslav Straka, CIUR a.s.  
Malé náměstí 142/3, 110 00 Praha 1, Česká republika  
Tel: +420 326 901 411, e-mail: info@ciur.cz

III.

## 1. Zateplení fasády do pasivního standardu u objektů s požární výškou $h \leq 12$ m

### Stanovení problému a jeho možnosti řešení

Rekonstrukce stěn budov do nízkoenergetického nebo pasivního standardu sebou přináší celou řadu možných komplikací. Při použití na trhu běžně dostupných izolačních systémů to jsou vyšší tloušťky izolací a s tím spojené statické a prováděcí problémy, velmi vysoká technologicko - prováděcí kázeň pracovníků. Správně provedené zateplení fasády je často stejně důležité jako samotný izolační materiál. Možností řešení se naskýtá několik. V první řadě je to použití moderních fasádních izolací z grafitového polystyrenu nebo minerálu a zateplení fasády známými postupy. Další a čím dále častěji využívanou možností je vytvoření jednoduchých kapes s pomocí stavebnice – tzv. expandérů – a vyplnění prostor s pomocí



Obr. 1 Ilustrační foto použití expandérů na fasádu

foukané celulózové izolace. Jednoduchým posouváním obou prvků tvořících kapsu je možné variabilně měnit výšku stojiny a tím tloušťku izolace (až 35 cm). Dřevěné prvky je možné použít i na nevyrovnané stěny. Zateplení lze provést kontaktně – prvky se na venkovní straně zaklopí dřevovláknitými deskami a následně je nanesena omítka nebo odvětrávaným způsobem. Odvětrávací mezera mezi prvky je vymezená latí 5 x 3 cm. Skladba systému vyhovuje požadavkům na difúzi vodních par všech fasádních konstrukcí tvořených ze skladeb různých materiálů. Foukaná celulóza přináší zvýšené tepelné technické vlastnosti v podobě součinitele tepelné vodivosti 0,037 W/mK a měrné tepelné kapacity 1907 J/kgK. Celulóza stejně jako dřevovláknité desky pracuje s kapilární elevací, kdy je případná zvýšená vlhkost rovnoměrně rozprostřena v celém objemu izolace. Použití celulózy také například oproti polystyrénům přináší vyšší reakci na oheň – B – s1 – d0. Pro krycí vrstvu provětrávané fasády lze zvolit systémové omítky pro kontaktní zateplení ve spojení s dřevovláknitou fasádní deskou.

III.



Obr. 2 Instalace expanderů na stávající fasádu včetně vyrovnání.



Obr. 3 Montáž dřevovláknitých desek jako podklad pro omítku.



Obr. 4 Aplikace foukané celulózy do izolačního prostoru kapsy.

## 2. Systémy pro těsnost budovy v detailech

Při realizaci objektů v pasivním standardu se používá systém řízeného větrání s rekuperací. Na obálku budovy jsou proto kladeny nejvyšší nároky nejen z hlediska součinitele prostupu tepla, ale také z hlediska zajištění vzduchotěsnosti obvodových konstrukcí. Svou důležitost zaujímá také snížení infiltrace venkovního vzduchu na minimum. Obvodovými konstrukcemi prochází mnoho systémových prvků – elektroinstalace, potrubní rozvody a další. Abychom zajistili vzduchotěsnost těchto prostupů, je důležité s vedením instalací počítat již v samotné projektové dokumentaci, nejlépe zpracováním prováděcí dokumentace včetně řešení detailů. Při vlastní realizaci pak musíme důsledně dbát na provedení těchto detailů a řešit neprodyšnou obálku jako celek. Uvedené chyby v drobných prostupech konstrukcí se výrazně projeví při kontrolním měření Blower Door Test. Častým nedostatkem je chybějící napojení fólií na obvodové zdivo, základovou desku nebo jsou nesprávně řešeny prostupy kabelů a potrubí skrz obálku. Na trhu výrobci nabízejí prvky, jako například kabelové a trubní manžety, instalační krabice nebo pásy, které nám starosti s celkovou těsností budovy řeší. Během instalace prvků je nutné dbát technologických předpisů aplikace od výrobce.



Obr. 5 Nesprávně provedený detail prostupu PVC trubky konstrukcí



Obr. 6, 7 Detail řešení okenní připojovací spáry. Nevhodné použití okenní nízkoexpanzní pěny místo těsnící pásky. Měřeno anemometrem, rychlost proudění vzduchu 0,9 m/s. Zjištěno během kontrolního měření Blower Door Test.



Obr. 8 Správné vzduchotěsné napojení prostupujícího potrubí na parobrzdu pomocí systémové trubní manžety



Obr. 9 Správné vzduchotěsné napojení prostupující kabeláže na parobrzdu pomocí systémové kabelové manžety.





# IV. KONSTRUKCE PRO PASIVNÍ DOMY

**Vliv konstrukčního systému na pasivitu stavby** 264

Ing. Rostislav Kubíček, Vize Ateliér, s.r.o.

**Dřevobetonové a další environmentálně efektivní konstrukce pro pasivní domy** 269

Ing. Ctislav Fiala, Ph.D., Ing. Magdaléna Kynčlová, Ing. Martin Volf

**Předsazená montáž otvorových výplní a kvantifikace lineárního tepelného činitele různých způsobů řešení a různého umístění hranice tepelné vazby mezi dvěma konstrukcemi** 272

Roman Šubrt, VŠTE

Pavčina Charvátová, VŠTE

**Přínosy tepelných čerpadel v pasivních domech** 280

Tomáš Matuška, Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní ČVUT v Praze

**Ohřev podloží letními (solárními) přebytky - krok k pasivnímu standardu při regeneraci budovy** 289

Jan Hollan, AdMaS - Advanced Materials,

Structures and Technologies Centre of the Brno University of Technology

Yvonna Gaillyová, Ekologický institut Veronica

**Sezónní horizontální zásobník tepla v podloží pasivního rodinného domu** 295

Pavel Kopecký, ČVUT, Fakulta stavební, katedra konstrukcí pozemních staveb

Petr Kramoliš, Projektant OZE

IV.



# Vliv konstrukčního systému na pasivitu stavby

Ing. Rostislav Kubíček, Vize Ateliér, s.r.o.

Běhounská 22, 602 00 Brno, Česká republika

Tel: +420 777 887 839, e-mail: kubicek@vizeatelier.eu,

www.VizeAtelier.eu, www.facebook.com/VizeAtelier.eu

*Který konstrukční systém si vybrat?*

IV.

Volba konstrukčního systému, neboli stavebního materiálu použitého pro stavbu, je hned po výběru pozemku druhé nejdůležitější rozhodnutí každého stavebníka. Jeho nejdůležitějším kritériem výběru by mělo být to, jak ovlivňuje kvalitu vnitřního mikroklima, a s tím zároveň množství spotřebované energie na provoz.

## 1. Důležitost konstrukčního systému

### 1.1. Mikroklima

Tak jako v každém místě zeměkoule nás obklopuje a působí na nás vlastní klima, tak v každém domě na nás působí jeho mikroklima (viz Obr. 1). Klima kolem sebe zvlášť neovlivníme, ale mikroklima můžeme ovlivnit značně.



Obr. 1 Příklady prostředí klima (vně domu) a mikroklima (uvnitř domu) (Vize Ateliér, s.r.o.)

Dle státního zdravotního ústavu jsou základními vlastnostmi, které určují kvalitu vnitřního mikroklima - teplota vzduchu, výsledná teplota, radiační teploty, povrchové teploty, relativní vlhkost vzduchu a rychlost proudění vzduchu (v širším pohledu pak můžeme sledovat i ionty, elektromagnetické záření, toxiny a odéry).

Mikroklima si chceme udržet na nejvyšší úrovni po celý rok a k tomu potřebujeme i techniku (otopný a větrací systém), která ale spotřebovává energii. Energie chceme spotřebovat co nejméně a tím si nepřímo zlepšujeme i kvalitu v okolí stavby (klima).

## 1.2. Energie

Abychom měli co nejmenší spotřebu energie a díky tomu i co nejmenší výkon zdroje tepla (tepelného čerpadla, kotle, kamen atd.), musíme nejprve zkvalitnit tepelně izolační obálku stavby. Tu tvoří zpravidla obvodové stěny, střecha, podlaha a výplně otvorů.



Obr. 2 Roční bilance energií v dvoupodlažním pasivním rodinném domě (kWh/rok)

Skrze obvodové stěny se z pasivního domu ztrácí polovina energie. Druhá polovina uniká střechou, podlahou a větráním. Skrze okna se v pasivním domě během roku více energie získá nežli ztratí. Největší potenciál úspor nebo ztrát je tedy u obvodových konstrukcí.

## 2. Porovnání:

### 2.1. Dvouvrstvá konstrukce:

#### Vápenopísková tvárnice s kontaktním zateplením

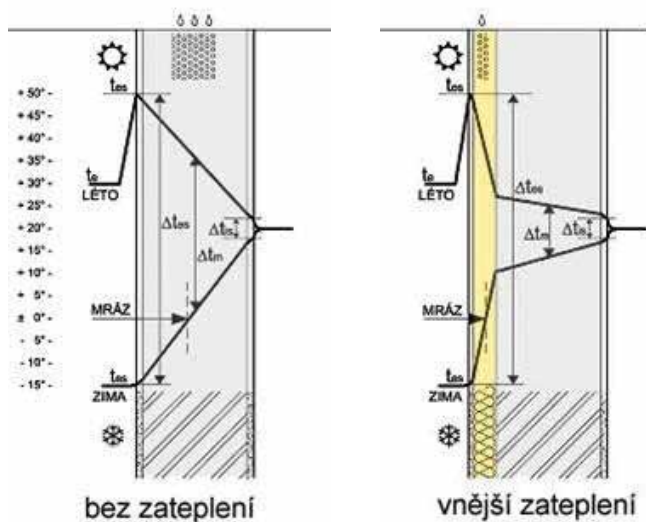
+ Hlavní výhodou je rozdělení tepelně izolačních vlastností a akumulčních vlastností. To má za následek lepší tepelnou stabilitu vnitřního prostředí (mikroklima).

+ Rodělení na tepelně-izolační vrstvu a statickou vrstvu má kladný vliv na životnost stavby, kdy statická část již není vystavena velkým rozdílům teplot jako je tomu u jednovrstvé konstrukce.

IV.



Obr. 3 Hrubá stavba z vápenopískových tvárníc (Vize Ateliér, s.r.o.)



Obr. 4 Průběh teplot v konstrukcích (1)

## Dřevěné masivní panely s kontaktním zateplením

+ Hlavní výhodou je rychlost výstavby, která se přibližně z jednoho až dvou měsíců zkracuje na dva až tři dny. To je způsobeno tím, že jsou panely předvyrobeny na míru a na stavbě jsou jen poskládány.

+ Další výhodou je menší tl. při stejných izolačních vlastnostech jako u ostatních konstrukcí. Díky tomu je možné zvětšit podlahovou plochu při stejném obestavěném prostoru a izolačních vlastnostech nebo zlepšit izolační vlastnosti zvýšením tl. izolantu (při celkové tl. 500 mm je  $U = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

IV.



Obr. 5 Hrubá stavba z masivních dřevěných panelů (Vize Ateliér, s.r.o.)

	TI. [mm]	U [W/m2K]
Keramika	500	
Vápnopísek + TI	475	0,11
Dřevěný panel + TI	360	

Obr. 6 Rozdíly v tl. obvodových stěn při stejných izolačních vlastnostech

## 2.2. Jednovrstvá konstrukce:

### Děrované cihelné tvárnice s izolační výplní dutin

+ Hlavní výhodou je jednodušší výstavba, není již nutné aplikovat druhou vrstvu s tepelnou izolací.

- Největší zápornou vlastností je řešení tepelných vazeb a mostů. To jsou například styk stěny se základy, styk stěny a stropu, zapuštěné žaluziové boxy a jiné konstrukce. Tyto tepelné mosty zvyšují ztráty o více než  $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ .

IV.



Obr. 7 Příklad rozdílného řešení styku stěny a základové desky u jednovrstvé konstrukce (vlevo) a dvouvrstvé konstrukce (vpravo). Řešení tepelné vazby je u jednovrstvé daleko horší, zároveň s odstíněním akumulční vrstvy železobetonové základové desky.

	Tl. [mm]	P [kg/m3]	P [kg/m2]	c [kJ/kg.K]	"c" [kJ/K.m2]	μ
Keramika	500	650	325	1	325	9,7
Vápnopisek	200	2000	400	1	400	15-25
Dřevěný panel	84	490	41	1,6	66	62-200

Obr. 8 Základní vlastnosti materiálů

## 3. Literatura

(1) Hestia – Encyklopedie: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/3.htm>

Pozn.: Jedná se o zkrácenou verzi přednášky, podrobnější informace pak budou součástí prezentace.

# Dřevobetonové a další environmentálně efektivní konstrukce pro pasivní domy

*Ing. Ctislav Fiala, Ph.D., Ing. Magdaléna Kynčlová, Ing. Martin Volf  
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb  
Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6 – Dejvice, Česká republika  
Tel: +420 224 354 560, e-mail: ctislav.fiala@fsv.cvut.cz*

---

## 1. Úvod

Optimalizace obvodových pláštů i nosných konstrukcí budov může významně přispět ke snížení negativních dopadů stavebnictví na životní prostředí. Jedna z možných cest je využití obnovitelných materiálů na bázi dřeva, druhou z možných cest je využití optimalizovaných konstrukcí z vysokohodnotných betonů (HPC, UHPC), alt. jejich kombinace. Energeticky úsporné budovy jsou dnes zpravidla realizovány jako dřevostavby, kdy jedním z důvodů je možnost lepšího využití tloušťky obvodového pláště pro zajištění vysokých tepelně izolačních požadavků. Známostou nevýhodou dřevostaveb jsou však zpravidla horší akustické a požární vlastnosti dřevěných stropních konstrukcí. Efektivním řešením eliminujícím tyto nevýhody může být kombinace subtilního železobetonového skeletu s obvodovými konstrukcemi na bázi dřeva, jehož aplikace byla prezentována např. v (1). Další optimalizací tohoto progresivního řešení se v širších souvislostech zabývá dílčí výzkum na Katedře konstrukcí pozemních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze.

## 2. Koncepce konstrukčního řešení

### 2.1. Subtilní skelet z vysokohodnotného betonu

Materiálové charakteristiky HPC a UHPC, jako je vysoká pevnost v tlaku, duktilita, trvanlivost, voděodolnost atd., vytvářejí podmínky pro návrh subtilních konstrukcí vč. redukce konvenční betonářské výztuže, kdy lze snížit spotřebu materiálů až o 70 % v porovnání s konstrukcemi z běžného betonu, což vede k redukci svázané potřeby primární energie a s tím související svázané produkce emisí ( $\text{CO}_2$ , ekviv.,  $\text{SO}_2$ , ekviv.). Hlavním cílem výzkumu je vývoj optimalizovaného subtilního prefabrikovaného nosného systému na bázi vysokohodnotných silikátových kompozitů speciálně uzpůsobeného pro výstavbu budov v pasivním až téměř nulovém energetickém standardu. Snahou řešení je integrovat subtilní nosné prvky

z vysokohodnotného betonu do obvodového pláště energeticky úsporných budov a s ohledem na materiálové charakteristiky betonu oproti dřevostavbám realizovat vícepodlažní objekty o větších výškách a s většími rozpony stropních konstrukcí. V současné době probíhá experimentální ověření konstrukčního prvku štíhlého sloupu 100/200 mm bez konvenční výztuže a s pouze podélnou výztuží, na jehož základě bude průřez dále optimalizován vč. následného ověření vybraných typických styků sloup/průvlaky/sloup, průvlaky/stropní deska aj. s paralelní numerickou simulací plánovaných experimentů metodou konečných prvků pomocí software ATENA.

## 2.2. Dřevobetonová stropní konstrukce

Stropní konstrukcí prefabrikovaných skeletů jsou často prefabrikované ŽB stropy z vylehčených panelů (dutinových, vč. předpjatých) nebo prefamonolitických stropů typu filigrán (s možností vylehčení stropními vložkami, např. z recyklovaného směsného plastu aj.). Alternativou k ŽB konstrukcím může být použití kompozitní dřevobetonové stropní konstrukce s dřevěnými trámy z lepeného lamelového dřeva spřaženými s tenkou prefa deskou z vysokohodnotného vláknobetonu tl. do 30 mm. Experimenty provedené na FSv ČVUT potvrdily možnost využití HPC/UHPC v dřevobetonových stropních kompozitech. Dřevobetonové stropní konstrukce těží z nižší hmotnosti UHPC desky a současně vylepšuje akustické vlastnosti, požární odolnost a akumulační schopnosti konstrukce. Klíčovým problémem je řešení spoje mezi trámem a betonovou deskou, kde výsledky experimentu ukázaly (2), že spoj lze efektivně vyřešit lepením pomocí lepidel na bázi epoxydových pryskyřic.

## 2.3. Obvodový plášť na bázi dřeva a recyklovaných materiálů

Alternativou tradičního pláště dřevostaveb systému 2 x 4 může být prefabrikovaný obvodový plášť na bázi nosné konstrukce ze dřeva a dalších přírodních či recyklovaných materiálů – konopí a foukaného celulózoového vlákna, jehož funkční vzorky byly vyrobeny v rámci výzkumu na FSv ČVUT (3). Systém vykazuje vysokou variabilitu a jednoduchost použití, v rámci dalšího výzkumu je však nutné detailně vyřešit přípoje obvodového pláště k nedřevěné nosné konstrukci, rozměrovou přesnost dílců aj.

## 3. Závěr

V průběhu výzkumu je vypracovávána celá řada LCA analýz, s lokálními environmentálními daty, variant různých stropních konstrukcí na bázi betonu a obvodových plášťů na bázi

dřeva jako výplň subtilního železobetonového skeletu. Z výsledků vyplývá, že i při využití environmentálně náročnějších směsí vysokohodnotných betonů v optimalizovaných materiálově kombinovaných konstrukcích lze navrhnout řešení s minimalizovaným dopadem na životní prostředí.

## 4. Literatura

- (1) Hájek, P., Fiala, C., Tywoniak, J., Bílek, V.: Lehký prefabrikovaný skelet pro energeticky efektivní budovy, 16. Betonářské dny 2009, Hradec Králové, ČBS ČSSI, 2009, s. 159 – 164, ISBN 978-80-87158-20-3
- (2) Kynčlová M., Hájek P., Fiala C.: Timber-concrete composite floor structures - environmental study and experimental verification, The 7th Central European Congress on Concrete Engineering, Balatonfüred, Hungary 2011, pp. 307-310, ISBN 978-963-313-036-0
- (3) Volf, M: Prefabrikovaný plášť budov na bázi dřeva, 14. Odborná konference doktorského studia - Juniorstav, Brno, FAST VUT, 2012, ISBN 978-80-214-4393-8

V příspěvku bylo využito dílčích výstupů výzkumného projektu GAČR 104/10/2153 Kompozitní konstrukce na bázi vysokohodnotných silikátů a dřeva a grantu Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS11/103/OHK1/2T/11.



# Předsazená montáž otvorových výplní a kvantifikace lineárního tepelného činitele různých způsobů řešení a různého umístění hranice tepelné vazby mezi dvěma konstrukcemi

Roman Šubrt, VŠTE

Tel: +420 777 196 154, e-mail: roman@e-c.cz

IV.

Pavčina Charvátová, VŠTE

Tel: +420 774 400 921, e-mail: pavlina@e-c.cz

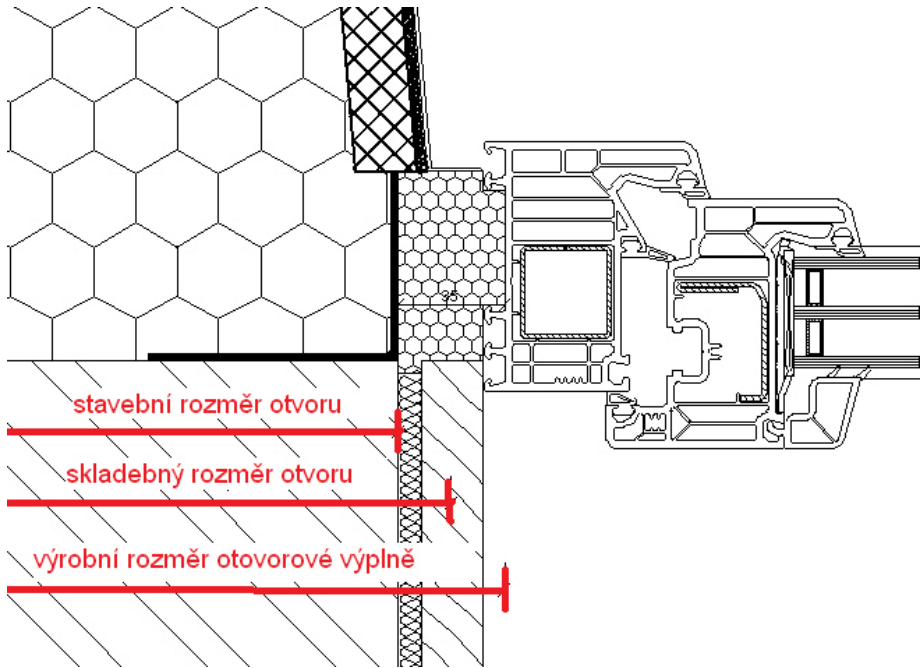
## 1. Lineární činitel prostupu tepla $\psi$ [W/(mK)]

Lineární činitel prostupu tepla je koeficient, kterým se snažíme vyrovnat výpočtový rozdíl v prostupu tepla při jednorozměrném a dvourozměrném uvažování konstrukce. Z této definice vychází jak výpočet tepelného toku, tak i zpětně výpočet lineárního činitele prostupu tepla. Platí:  $L_{2D} = \Sigma (U * A) + \Sigma (\psi * I)$ . Při výpočtu lineárního činitele prostupu tepla pokračujeme obráceně. Nejprve v programu na výpočet dvourozměrného vedení tepla vypočteme měrný tepelný tok  $L_{2D}$  a pak odečteme součiny jednotlivých ploch a příslušných součinitelů prostupu tepla, tedy  $\Sigma (U * A)$  a výsledek dělíme délkou výseku, jakou jsme ve výpočtu uvažovali (obvykle 1). Zde je patrné, že pro velikost lineárního činitele prostupu tepla  $U$  je rozhodující, z jakých vycházíme ploch jednotlivých konstrukcí.

## 2. Ukázka vlivu uvažovaných rozměrů na velikost činitele

Pro hodnocení pasivních domů je rozhodující jak velký je lineární činitel prostupu tepla  $\psi$ , neboť dle metodiky PHI lze lineární činitel prostupu tepla  $\psi \leq 0,01$  W/(mK) ve výpočtech zanedbávat.

Na obr. 1 je námi simulovaná tepelná vazba napojení předsazené otvorové výplně na stěnu. V obrázku jsou naznačeny 3 možné rozměry otvoru. Otvor lze ve výpočtu uvažovat jako stavební rozměr otvoru, skladebný rozměr otvoru, nebo výrobní rozměr otvorové výplně. Na základě tohoto nám také vyjdou ve výpočtu jednotlivé lineární činitele prostupu tepla  $\psi$ , viz tabulka 1.



Obr. 1 Napojení předsazené otvorové výplně na stěnu

Tab. 1 Lineární činitel prostupu tepla v závislosti na poloze osy.

	stavební rozměr otvoru	skladebný rozměr otvoru	výrobní rozměr okna
lineární činitel prostupu tepla $\psi$	0,0021	0,0150	0,0279

### 3. Lineární činitel prostupu tepla v závislosti na geometrii

Že činitel  $\psi$  je závislý na geometrii stavebního detailu, je jasné. I tak však může dojít k omylu, že pokud se jedná o jeden způsob předsazení okna je jedno, jaké okno je použito. V následující tabulce 2 je porovnání různých hodnot činitele prostupu tepla v detailu dle obr. 1 v závislosti na výpočtu. Při výpočtu jsme uvažovali 1. náhradu okna deskou o  $U = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , 2. plastové okno  $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,  $U_w = 1,234 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  a 3. plastové okno  $U_g = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,  $U_w = 0,865 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Tab. 2 Lineární činitel prostupu tepla v závislosti na poloze osy a druhu okna

	stavební rozměr otvoru	skladebný rozměr otvoru	výrobní rozměr okna
deska, $U = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,0021	0,0150	0,0279
okno $U_w = 1,234 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	-0,0098	0,0089	0,0277
okno $U_w = 0,865 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,0028	0,0151	0,0273

## 4. Lineární činitel prostupu tepla v závislosti na způsobu řešeného detailu

### IV.

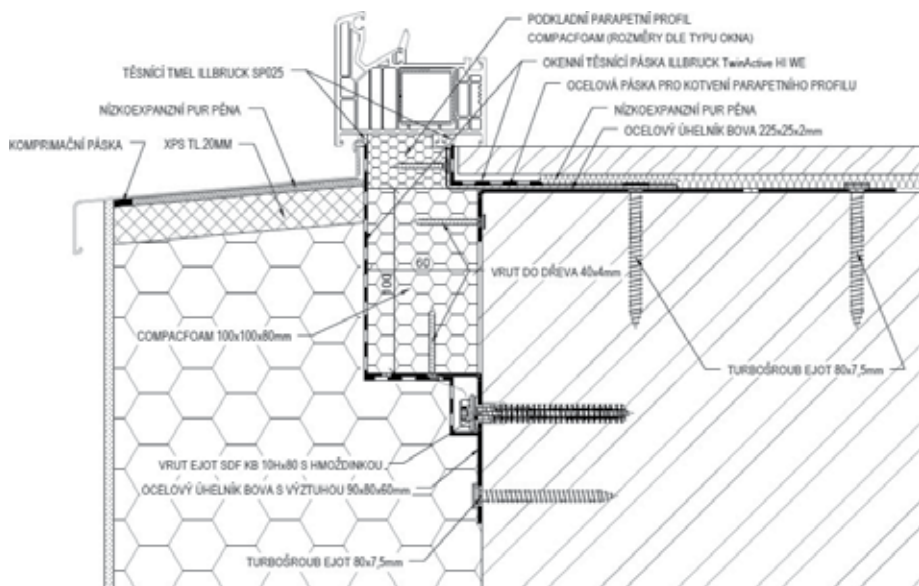
V této kapitole se chceme již pouze informativně věnovat některým řešením osazení otvorové výplně a vlivu tohoto osazení na lineární činitel prostupu tepla  $\psi$ .

- Výpočty jsou prováděny pro plastové okno s  $U_g = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , osazené na podkladní profil Compacfoam nebo plastový podkladní profil.
- Osazení do OSB kastlíku pro dřevěné okno.
- Okno je umístěno vždy ve stejné poloze.
- Stěna je z cihelných tvárců zateplená pěnovým polystyrenem tl. 200 mm o součiniteli prostupu tepla  $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .
- Vnitřní parapet je dřevěný.

Jednotlivé detaily jsou znázorněny na obr. 2 – předsazená montáž systémem EJOT - Compacfoam, obr. 3 – předsazená montáž s řešením průběžného ocelového úhelníku jako podpory, obr. 4 – předsazená montáž s řešením průběžného ocelového úhelníku níž jako podpory, obr. 5 – předsazená montáž s použitím průběžného ocelového styčnicku, obr. 6 – předsazená montáž - plastový podkladní profil (ocelový úhelník bodově), obr. 7 – předsazená montáž - plastový podkladní profil (ocelový úhelník průběžný), obr. 8 – předsazená montáž - plastový podkladní profil (ocelový styčník průběžný), obr. 9 – předsazená montáž s použitím kastlíku z OSB desek. V tabulce 3 jsou pak jednotlivé lineární činitelé prostupu tepla  $\psi$ , minimální povrchové teploty v místě styku okna s parapetem a teplotní faktor.

## 5. Literatura

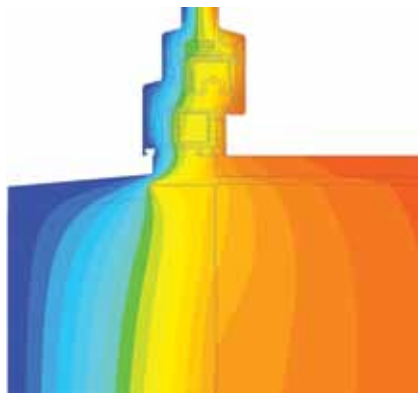
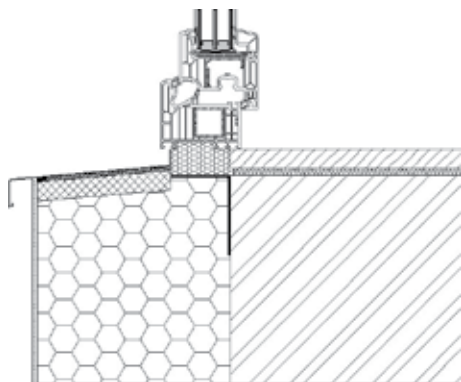
ŠUBRT, R. a kol. Tepelné mosty. Praha: GRADA 2011. 224s.



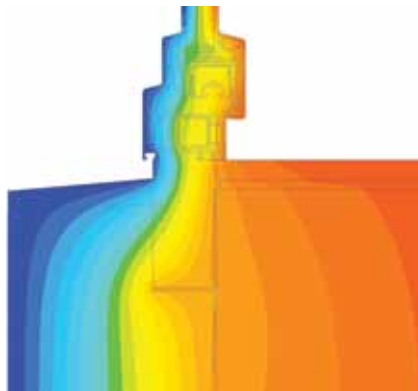
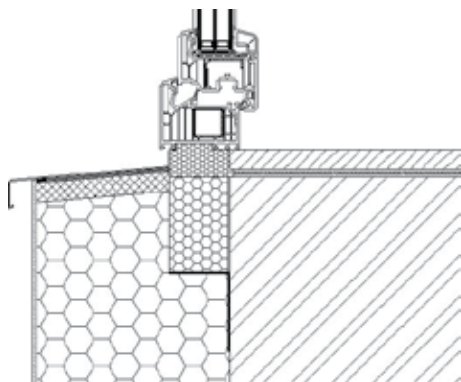
IV.



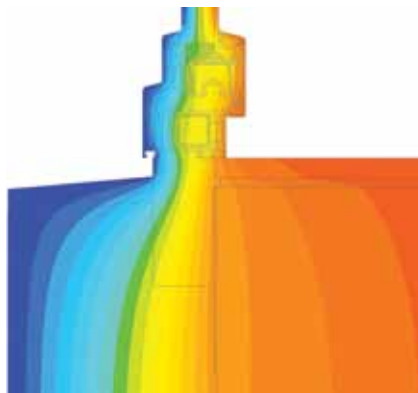
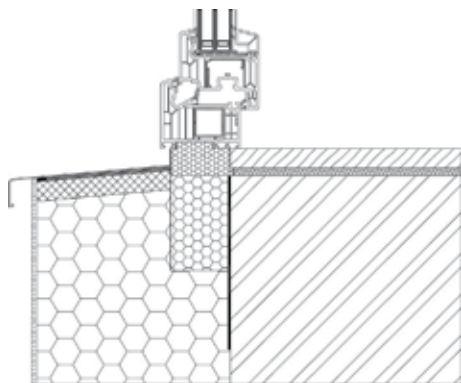
Obr. 2 Představená montáž systémem EJOT - Compacfoam



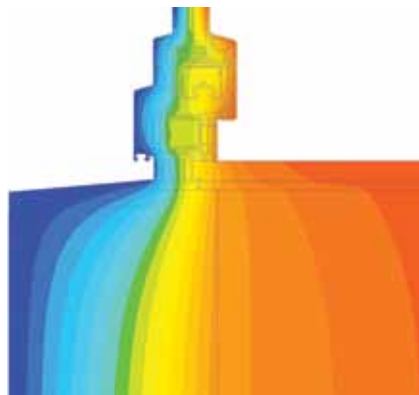
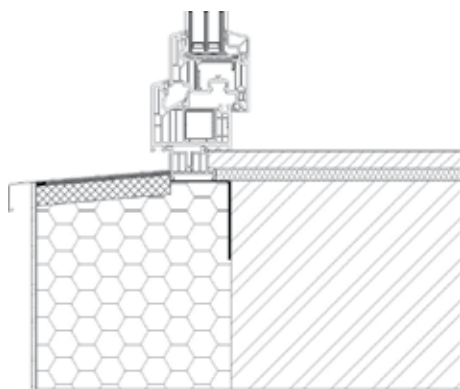
Obr. 3 Předšazená montáž s řešením průběžného ocelového úhelníku



Obr. 4 Předšazená montáž s řešením průběžného ocelového úhelníku – umístění níž

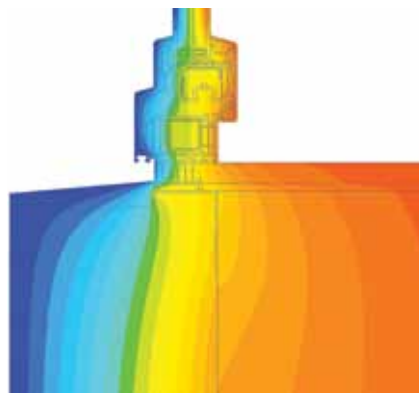
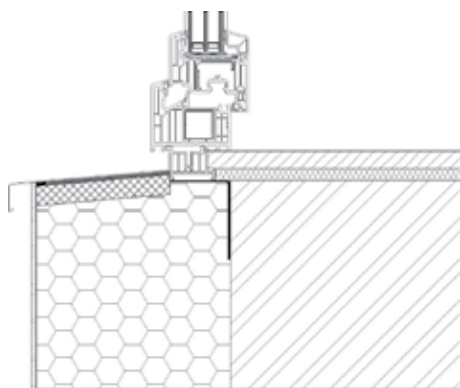


Obr. 5 Předšazená montáž s použitím průběžného ocelového stýčnicku

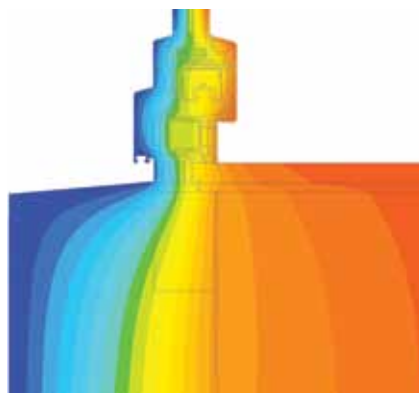
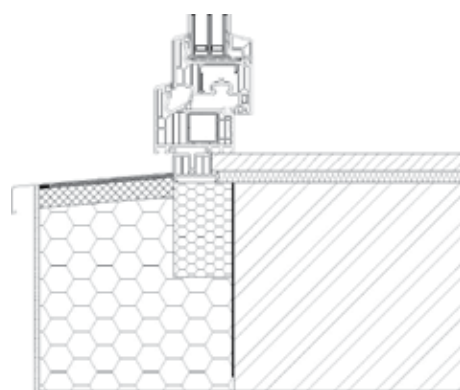


Obr. 6 Předšazená montáž - plastový podkladní profil (ocelový úhelník bodově)

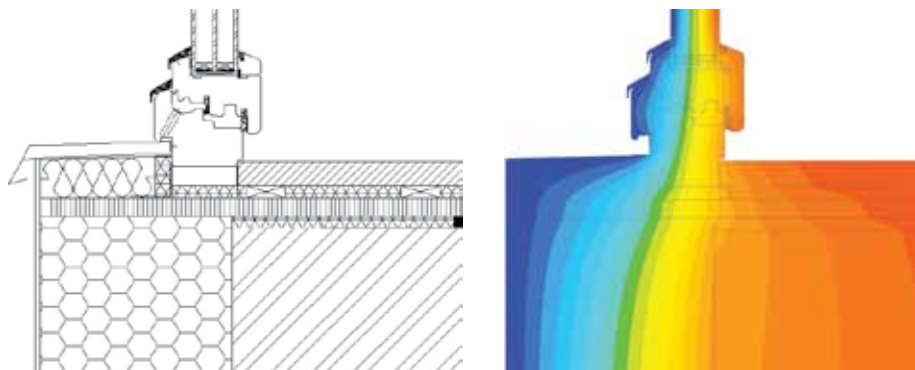
IV.



Obr. 7 Předšazená montáž - plastový podkladní profil (ocelový úhelník průběžný)



Obr. 8 Předšazená montáž - plastový podkladní profil (ocelový styčník průběžný)



Obr. 9 Předřazená montáž s použitím kastlíku z OSB desek (dřevěné okno)

Tab. 3 Lin. činitel prostupu tepla, minimální povrchová teplota a teplotní faktor

	Osazení	Lineární činitel prostupu tepla $\psi$ [W/(m.K)] (skladebný rozměr otvoru)	Min. teplota [°C] při teplotě v int. 21 °C a v ext. -15 °C	Teplotní faktor [-]
Podkladní profil Compacfoam	systémem EJOT - Compacfoam	0,015	15,75	0,854
	systémem EJOT - Compacfoam (ŽB stěna)	0,017	16,82	0,884
	průběžný ocelový úhelník	0,042	14,83	0,829
	průběžný ocelový úhelník - níž	0,021	15,71	0,853
	průběžný kompozitní úhelník	0,021	15,45	0,846
	průběžný kompozitní úhelník - níž	0,017	15,73	0,853
Plastový podkladní profil	průběžný ocelový styčník	0,016	15,79	0,855
	bodový ocelový úhelník	0,036	13,27	0,785
	průběžný ocelový úhelník	0,069	12,61	0,767
	průběžný ocelový styčník	0,037	13,37	0,788
OSB	bodový ocelový úhelník – okno modelované včetně podkladního profilu (stavební rozměr otvoru)	0,039	13,27	0,785
	OSB kastlík – dřevěné okno	0,035	12,47	0,763

## Abstrakt:

*The linear thermal transmittance of installation of windows is significantly influenced by a placement of the window in the structure. At the same time it is influenced by a placement of computational boundaries between the hole filling and masonry. For a mitigation of thermal binding it is possible to fitted the hole filling in various ways. The text therefore deals with a comparison of various ways how to address the issue of hanging of hole filling on the level of thermal insulation (by the use of compacfoam, OSB boxes, steel anchors, . . .). In parallel, however, we monitor a quantity of linear thermal transmittance on the base of the placement of virtual level of the contact of the hole filling and the wall.*

IV.



# Přínosy tepelných čerpadel v pasivních domech

Tomáš Matuška, Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní ČVUT v Praze  
Technická 4, 166 07, Praha 6, Česká republika  
Tel: +420 224 352 481, e-mail: tomas.matuska@fs.cvut.cz

## 1. Úvod

IV. Tepelná čerpadla, oproti jiným obnovitelným zdrojům tepla, spotřebovávají nezanedbatelné množství primární energie kvůli elektrickému pohonu pro přečerpávání obnovitelného nízko-potenciálního tepla okolního prostředí na využitelnou teplotní úroveň. Efektivita přečerpávání tepla se vyjadřuje topným faktorem COP (coefficient of performance) definovaným jako poměr mezi teplem dodaným tepelným čerpadlem k elektrické energii spotřebované. Podíl obnovitelného tepla je pouze  $(1 - 1/\text{COP})$  z dodaného tepla, zbylá část je přeměněná elektrická energie. Pro celou tepelnou soustavu s tepelným čerpadlem se vyjadřuje také tzv. sezónní topný faktor soustavy SPF (seasonal performance factor), který zahrnuje i potřebu elektrické energie dodané dodatkovým ohřívačem a pomocnou energii všech prvků soustavy

$$\text{SPF} = \frac{Q}{E_{\text{TC}} + E_{\text{DZ}} + E_{\text{PZ}}} \quad (1)$$

kde  $Q$  je teplo dodané soustavou s tepelným čerpadlem (měřeno za zásobníky tepla),  $E_{\text{TC}}$  je elektrická energie spotřebovaná tepelným čerpadlem,  $E_{\text{DZ}}$  je elektrická energie spotřebovaná dodatkovým zdrojem tepla (elektrický ohřívač) a  $E_{\text{PZ}}$  je elektrická energie na provoz pomocných zařízení (oběhová čerpadla, regulační prvky, apod.). Hodnota SPF tedy nezávisí pouze na efektivitě tepelného čerpadla, ale na celkovém návrhu soustavy, tj. na návrhu velikosti výkonu tepelného čerpadla vůči potřebě tepla budovy, tepelných ztrátách zásobníků, energetické spotřebě dalších prvků apod. Hodnocení SPF je z principu definice možné pouze u soustav, kde dodatkovým zdrojem je elektrický kotel či ohřívač.

Na provozní účinnost soustav s tepelnými čerpadly jsou kladeny určité požadavky jako například v evropské směrnici o podpoře OZE (1)

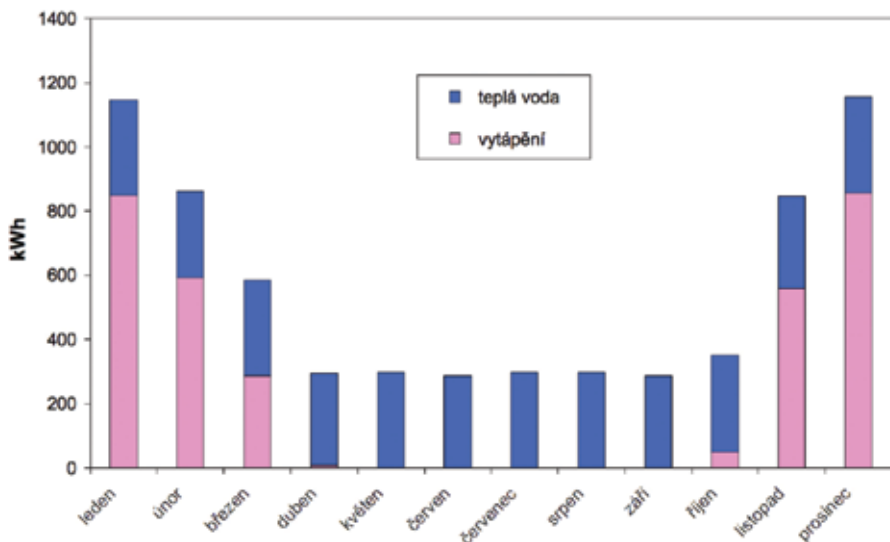
$$\text{SPF} > 1,15 \frac{1}{\eta_e} \quad (2)$$

kde  $\eta_e$  je celková účinnost výroby elektrické energie uvažovaná jako evropský průměr ( $\eta_e = 0,4$ ). Potom požadovaný minimální sezónní topný faktor SPF soustav s tepelnými čerpadly je 2,875. Pro samotnou ČR by hodnota byla výrazně vyšší vzhledem k nízké účinnosti výroby elektrické energie okolo 30 % (2). Minimální hodnota SPF vyjadřuje, zda je možné soustavu s tepelným čerpadlem považovat za obnovitelný zdroj tepla, např. zahrnout jej do statistik OZE.

V rodinných domech s běžnou energetickou náročností při měrné potřebě tepla na vytápění 80 až 100 kWh/(m<sup>2</sup>a) lze v případě vhodného návrhu soustavy s tepelným čerpadlem (nízkoteplotní otopná soustava, nízké krytí dodatkovým zdrojem tepla, správný návrh nízkopotenciálního zdroje tepla) požadovaných hodnot dosáhnout a výrazně i překročit (3). Díky nízkoteplotní otopné soustavě pracuje tepelné čerpadlo v režimu vytápění s vysokým topným faktorem. Kritická je však obecně příprava teplé vody s celoročním požadavkem na ohřev na teploty 50 až 60 °C, které výrazně snižují provozní účinnost tepelných čerpadel. Navíc, při nepříznivých teplotních podmínkách na straně nízkopotenciálního zdroje tepla nemusí být ani takových teplot tepelným čerpadlem dosaženo a ohřev musí pokrýt záložní zdroj tepla – elektrokotel. Energeticky náročná příprava teplé vody však v běžné výstavbě tvoří cca 15 až 20 % celkové potřeby a vliv zhoršeného topného faktoru na celkovou bilanci je omezený. V případě pasivních domů je však potřeba tepla na ohřev vody srovnatelná s nároky na vytápění. Následující analýza se snaží určit, nakolik nízký topný faktor přípravy teplé vody může negativně ovlivnit energetickou bilanci nasazení tepelných čerpadel v pasivních domech a ukázat na možnosti zlepšení.

## 2. Analýza provozu tepelného čerpadla

Pro účely analýzy efektivity provozu soustavy s tepelným čerpadlem byl uvažován dům v pasivním standardu běžné velikosti (vytápěná plocha cca 150 m<sup>2</sup>) s tepelnou ztrátou 2,7 kW při návrhové venkovní teplotě -12 °C. Roční potřeba tepla na vytápění je 3200 kWh, roční potřeba tepla na přípravu teplé vody 3500 kWh odpovídá 160 litrům teplé vody (55 °C) pro 4 osoby včetně uvažování tepelných ztrát.



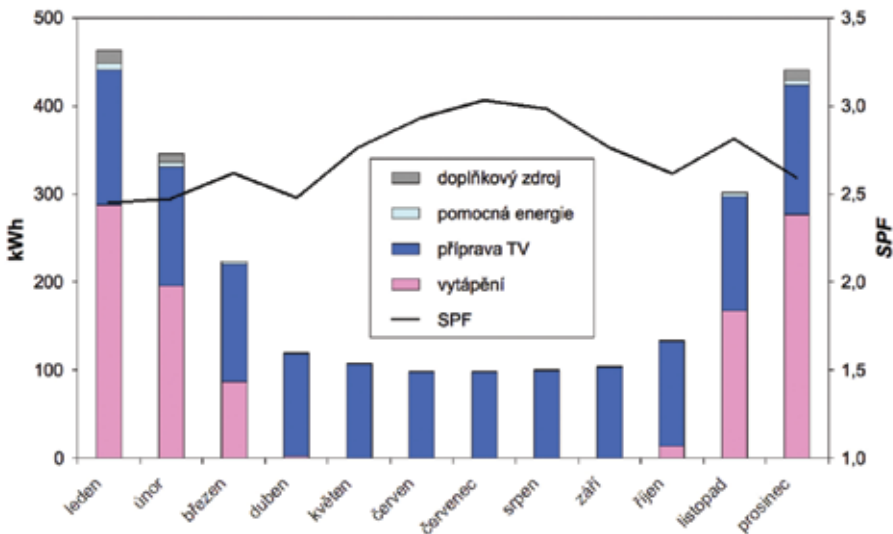
Obr. 1 Potřeba tepla analyzovaného pasivního domu během roku

Simulačním výpočtem s hodinovým krokem je modelován provoz soustavy přípravy teplé vody a vytápění se dvěma variantami tepelného čerpadla: vzduch-voda a země-voda. Tepelná čerpadla byla vybrána od renomovaného zahraničního výrobce ve vyšší kvalitativní (i cenové) hladině. Otopná soustava v pasivním domě je uvažována nízkoteplotní s návrhovými teplotami otopné vody 35 / 25 °C (velkoplošná sálavá soustava) a teplota otopné vody je řízena ekvitermně podle venkovní teploty. Pro omezení cyklování tepelného čerpadla a k jeho hydraulickému oddělení od otopné soustavy s proměnným průtokem je instalován zásobník otopné vody. Tepelné ztráty zásobníku otopné vody jsou ve výpočtu zanedbány vzhledem k velmi nízké provozní teplotě. Teplá voda se připravuje tepelným čerpadlem na požadovaných 55 °C v zásobníku teplé vody přes vnitřní trubkový výměník tepla. Mezi tepelným čerpadlem a zásobníky jsou pro nucený oběh otopné vody uvažována oběhová čerpadla, každé s elektrickým příkonem v pracovním bodě 30 W.

Bilance potřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění během roku je uvedena na obr. 1. Pro pasivní domy je typické období vytápění od přelomu října a listopadu do konce března v době nejnižších teplot v roce. Potřeba tepla na přípravu teplé vody převyšuje potřebu tepla na vytápění a je celoročně přibližně konstantní (letní pokles nebyl ve výpočtu uvažován, pouze typická denní odběrová křivka).

## 2.1. Varianta vzduch-voda

Pro simulační výpočet bylo uvažováno konkrétní tepelné čerpadlo se jmenovitým výkonem 6,7 kW a jmenovitým topným faktorem 3,2 (při A2/W35). Výkon a topný faktor byly definovány charakteristikami v závislosti na teplotě vzduchu vstupujícího do výparníku a teplotě otopné vody vystupující z kondenzátoru.



Obr. 2 Roční bilance spotřeby elektrické energie tepelným čerpadlem vzduch-voda

Tab. 1 Roční provozní parametry varianty s tepelným čerpadlem vzduch-voda

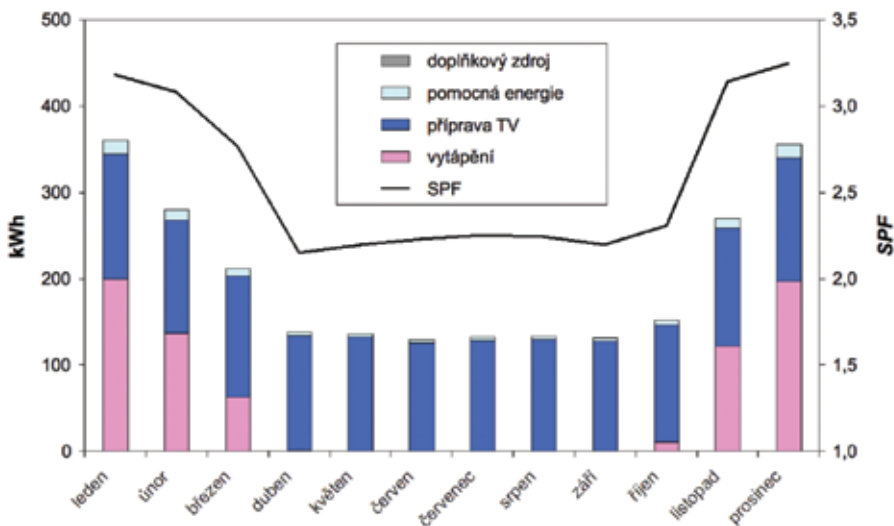
	Vytápění	Příprava TV	Celkem
Teplo dodané TČ	3170	3511	6681
Teplo dodané elektrokotlem	31	4	36
Elektrická energie pro TČ	1030	1438	2469
Pomocná elektrická energie	16	17	33
<b>Sezónní topný faktor SPF</b>	<b>2,94</b>	<b>2,40</b>	<b>2,63</b>

Uvedené tepelné čerpadlo kryje potřebu tepla pasivního domu z 99 %, zbylá část je kryta vestavěným elektrokotlem. V tab. 1 jsou uvedeny výsledky simulačního výpočtu, na obr. 2 je roční bilance znázorněna graficky.

## 2.2. Varianta země-voda

Pro simulační výpočet bylo uvažováno konkrétní tepelné čerpadlo se jmenovitým výkonem 5,8 kW a jmenovitým topným faktorem 4,3 (při B0/W35). Výkon a topný faktor byly definovány charakteristikami v závislosti na teplotě nemrznoucí kapaliny vstupující ze zemní sondy do výparníku a teplotě otopné vody vystupující z kondenzátoru. Pro nucený oběh nemrznoucí kapaliny mezi zemní sondou a výparníkem bylo uvažováno oběhové čerpadlo s elektrickým příkonem v pracovním bodě 50 W.

Uvedené tepelné čerpadlo kryje zcela potřebu tepla pasivního domu. V tab. 2 jsou uvedeny výsledky simulačního výpočtu, na obr. 3 je roční bilance znázorněna graficky.



Obr. 3 Roční bilance spotřeby elektrické energie tepelným čerpadlem země-voda

Tab. 2 Roční provozní parametry varianty s tepelným čerpadlem vzduch-voda

	Vytápění	Příprava TV	Celkem
Teplo dodané TČ	3201	3515	6716
Teplo dodané elektrokotlem	0	0	0
Elektrická energie pro TČ	730	1608	2338
Pomocná elektrická energie	42	51	93
<b>Sezónní topný faktor SPF</b>	<b>4,15</b>	<b>2,12</b>	<b>2,76</b>

IV.

### 2.3. Diskuse

Z tabulek výsledků je patrné, že obě varianty soustav s tepelnými čerpadly nasazenými v pasivním domě nedosahují minimálního sezónního topného faktoru  $SPF = 2,875$ , který by znamenal úsporu primárního paliva, natož hodnoty odpovídající podmínkám výroby elektrické energie v ČR. Tepelné čerpadlo vzduch-voda nasazené v pasivním domě je z hlediska potřeby primární neobnovitelné energie v podstatě srovnatelné s plynovým kondenzačním kotlem. Při srovnání s plynovým kotlem kombinovaným se solární soustavou pro přípravu teplé vody (s plochou kolektorů  $5 \text{ m}^2$ ) je potřeba primární energie na vytápění a přípravu teplé vody tepelnými čerpadly v obou variantách vyšší, v případě tepelného čerpadla země-voda o 25 % a v případě tepelného čerpadla vzduch-voda o 30 %. Z pohledu potřeby primární energie se tedy nasazení tepelných čerpadel v pasivních domech nejeví hospodárné.

### 3. Kombinované soustavy

Zlepšení provozní bilance vlastní soustavy s tepelným čerpadlem je možné řadou způsobů soustřeďujících se zejména na zvýšení efektivity přípravy teplé vody, jako využití tepla z podchlazení kapalného chladiva za kondenzátorem (dochlazení) pro předehřev studené vody, ohřevu vody v sériových zásobnících (studený, teplý), využití tepelných čerpadel s  $\text{CO}_2$  jako chladivem apod. V následující analýze bude pozornost věnována v praxi běžnějšímu opatření - využití sluneční energie. V prvním případě se jedná o kombinaci tepelných čerpadel se solární tepelnou soustavou pro ohřev vody, která v letním období může z velké části odstavit energeticky náročnou přípravu teplé vody tepelným čerpadlem. Druhým případem je použití fotovol-

taického systému, který může částečně pokrýt aktuální potřebu elektrické energie pro soustavu s tepelným čerpadlem a tím snížit její energetickou náročnost na primární energii.

### 3.1. Tepelná čerpadla kombinovaná se solární soustavou

Pro snížení spotřeby elektrické energie tepelného čerpadla v obou variantách nízkopotenciálního zdroje tepla byla použita solární tepelná soustava pro přípravu teplé vody o ploše solárních kolektorů 5 m<sup>2</sup> se špičkovým instalovaným výkonem 4 kWp. Solární soustava v obou variantách ročně dodá stejné množství tepla 1748 kWh, tj. cca 350 kWh/(m<sup>2</sup>a), zbylou potřebu tepla kryje tepelné čerpadlo. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v tab. 3. Pomocná energie na provoz solární soustavy je započítána.

Tab. 3 Roční provozní parametry varianty s tepelným čerpadlem vzduch-voda

	vzduch – voda			země - voda		
	Vytápění	Teplá voda	Celkem	Vytápění	Teplá voda	Celkem
Teplo ze solární soustavy	0	1748	1748	0	1748	1748
Teplo z tepelného čerpadla	3175	1765	4941	3201	1767	4968
Teplo z elektrokotle (ze sítě)	26	2	27	0	0	0
El. energie pro TČ (ze sítě)	1033	783	1815	730	826	1556
Pomocná el. energie (ze sítě)	16	70	86	42	86	128
<b>Sezónní topný faktor SPF</b>	<b>2,96</b>	<b>4,11</b>	<b>3,47</b>	<b>4,15</b>	<b>3,85</b>	<b>3,99</b>

### 3.2. Tepelná čerpadla kombinovaná s fotovoltaickým systémem

Druhým způsobem snížení roční spotřeby elektrické energie soustavy s tepelným čerpadlem je kombinace s fotovoltaickým systémem navrženým se stejným špičkovým výkonem jako solární tepelná soustava 4 kWp (50 m<sup>2</sup> amorfních mikrokrytalických panelů se jmenovitou účinností 8 %). Systémové ztráty (MPPT, měnič, vedení) byly uvažovány na úrovni 10 %. Fotovoltaický systém v obou variantách ročně vyrobí stejné množství elektrické energie cca 3500 kWh. Pokud v čase výroby elektrické energie fotovoltaickým systémem je v provozu soustava s tepelným čerpadlem (tepelné čerpadlo, pomocná zařízení, dodatkový zdroj tepla), může vyrobenou elektrickou energii aktuálně spotřebovat a snížit tak nároky na externí dodávku elektrické energie ze sítě. Aktuálně využitá elektrická energie z FV systému je započítána do zlepšení SPF soustavy s tepelným čerpadlem. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4 Roční provozní parametry varianty s tepelným čerpadlem vzduch-voda

	vzduch – voda			země - voda		
	Vytápění	Teplá voda	Celkem	Vytápění	Teplá voda	Celkem
Využitá elektřina z FV	176	470	646	140	522	662
Teplo z tepelného čerpadla	3170	3511	6681	3201	3515	6716
Teplo z elektrokotle (ze sítě)	31	4	36	0	0	0
El. energie pro TČ (ze sítě)	856	972	1828	592	1090	1682
Pomocná el. energie (ze sítě)	14	14	28	13	15	28
<b>Sezónní topný faktor <i>SPF</i></b>	<b>3,51</b>	<b>3,55</b>	<b>3,53</b>	<b>5,29</b>	<b>3,18</b>	<b>3,93</b>

IV.

## 4. Závěr

Samostatné nasazení tepelných čerpadel běžné koncepce v pasivních rodinných domech je z pohledu úspor primární energie neefektivní. Analýza ukázala, že kombinace tepelného čerpadla s využitím sluneční energie, ať už solární tepenou soustavou (přímé krytí potřeby tepla) nebo fotovoltaickým systémem (krytí spotřeby elektrické energie tepelným čerpadlem), umožňuje energetickou bilanci výrazně zlepšit a dosáhnout minimálních sezónních topných faktorů požadovaných po soustavách s tepelnými čerpadly.

## 5. Literatura

- (1) Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources.
- (2) Czech Republic Energy Efficiency Report, ABB report, January, 2011
- (3) Šourek, B., Matuška, T. Simulační analýza solární soustavy kombinované s tepelným čerpadlem v běžné výstavbě. Sborník konference Alternativní zdroje energie 2012, Kroměříž. str. 289 – 298.



#### *Abstract: Contribution of heat pumps in passive houses*

*Heat pumps compared to other energy sources using the renewable energy consume indispensable amount of primary energy due to electricity driven pumping of renewable low temperature heat to usable level. An operational parameter expressing the ratio between total delivered heat from heat pump system and total electricity input into heat pump system including electric back-up heater and auxiliary energy is a system seasonal performance factor SPF.*

*While heat pumps usually achieve high SPF above 3,5 for space heating, domestic hot water preparation shows much worse figures. In the case of passive houses, due to extremely high portion of heat demand for domestic hot water preparation with low SPF factors, the overall energy balance of both ground source (GSHP) and air source (ASHP) heat pump systems results in system SPF figures (2,63 for ASHP and 2,76 for GSHP) lower than criteria for acceptance of heat pump systems as renewable ones (SPF = 2,875).*

*Two possibilities for improvement of SPF in heat pump systems are outlined and analysed: combination with solar thermal system for hot water preparation (5 m<sup>2</sup> of solar flat-plate collectors, 4 kWp) with direct supply of solar heat to DHW load and combination with PV system (50 m<sup>2</sup> of amorphous Si cells, 4 kWp) with direct supply of PV electricity for heat pump system. Both combination with solar hot water system and combination with PV system result in comparable significant improvement of SPF figures: air source heat pump system achieves SPF up to 3,5 and ground source heat pump system up to 4,0.*

#### IV.

# Ohřev podloží letními (solárními) přebytky - krok k pasivnímu standardu při regeneraci budovy

*Jan Hollan, AdMaS - Advanced Materials,  
Structures and Technologies Centre of the Brno University of Technology  
Fakulta stavební, Veveří 95, 602 00 Brno, Česká republika  
Tel: +420 606 073 562, e-mail: hollan@ped.muni.cz*

*Yvonna Gaillyová, Ekologický institut Veronica  
Panská 9, 602 00 Brno, Česká republika  
Tel: +420 542 422 758, e-mail: yvonna.gailly@veronica.cz*

IV.

## 1. Úvod

Co je účelem budov, v nichž bydlíme nebo přes den pobýváme? Chránit nás před mnohými stavy počasí. Před deštěm, větrem, nočním a zimním chladem, letním denním horkem, sluncem. My se dále zaměříme jen na chod teplot. Budova jejich výkyvy tlumí. Při vhodném užívání může být její nitro teplejší, než je průměrná teplota venku, to umožňují zasklená okna. Nebo může být naopak chladnější, toho lze docílit větráním jen během noci. Udržovat takto pasivně značný rozdíl průměrných teplot interiéru oproti exteriéru mohou snadno zvládnout budovy těsné a velkoryse tepelně izolované.

Pokud jde o chod teplot interiéru během ročních období, ten budova samotnými solárními zisky a načasováním větrání úplně „zrušit“ nemůže. Její teplotu ale může velmi stabilizovat podložní či okolní zemina, v níž je amplituda ročního chodu teplot malá. V subtropích, kde je se její teplota pohybuje kolem 20 °C, tak ke komfortu stačí, je-li obydlí dostatečně zanořeno v zemi. Ve vyšších zeměpisných šířkách se tak původně žilo také, v zemnicích či polozemnicích – jen v nich v zimě bylo potřeba důkladné oblečení, protože teploty pod 10 °C už bez něj příjemné nejsou. I dnes takové interiéry užíváme, pobýváme-li ve vinném sklepě, v zimě příjemně suchém.

Dnešní nadzemní budovy v mírném pásu ale úplně pasivní stabilizaci teploty svých interiérů zeminou nevyužívají, až na výjimky, jako je slavná budova Lovinsových a Rocky Mountain Institute. Užívají leda zemní tepelné kolektory, jimiž proudí vzduch či solanka. Jsou trvale teplejší než podloží, tepelnému toku do něj se nové budovy brání vrstvou tepelné izolace. Staré ma-

sivní budovy to tak ale nečinily, ani neměly jak. Změnit jejich nejspodnější podlaží na stav odpovídající dnešním požadavkům na komfort přesto lze. Je potřeba podložní zeminu ohřát na úroveň subtropickou. Letní solární přísun tepla na budovu to může zajistit, pakliže se aktivním systémem vhodně využije. Technika k tomu potřebná je dnes již zcela běžná, jen ji tak začít využívat.

## 2. Motivy a princip řešení

Pasivní budovy se staví většinou tak, že jsou odděleny od podloží důkladnou, nepřerušovanou tepelnou izolací. U starých budov takového oddělení docílit nelze, přinejmenším paty jejich zdí budou i nadále tepelně propojeny s podlažím. To znamená nejen nežádoucí únik tepla v době, kdy se v nich topí. Vede to i k nemile chladným povrchům spodku dolního podlaží v období letním, kdy za dusných dní může jejich teplota být i pod rosným bodem, a ony pak rychle vlhnou. Zvlhnout a plesnivět mohou i předměty na podlaze a u zdí, ještě více pak podlaha či zem jimi zakrytá, která není ohřívána zářením z teplejšího okolí. Suterénní byty se tehdy stávají velmi nekomfortními. Jedinou možnou nápravou je teplotu oněch povrchů dostatečně zvýšit.

Ohřívát základové zdi lze za horkých dní teplem, které jinde přebývá. Může jít o teplo odebírané z jiných konstrukcí či z interiérového vzduchu, tedy teplo odváděné z budovy jejím systémem chlazení, pokud nějaké má. Jinou možností je využít solárních kolektorů, které za slunných jarních a letních dní mají běžně přebytek výkonu.

Solární přebytky jsme použili v našem rodinném domě na Lipové 19 v Brně. K dosavadnímu odběru tepla z primárního okruhu, čili vyhřívání vodního tepelného zásobníku, jsme v květnu 2012 přidali paralelní větev, kdy primární kapalina ohřívá dolní část zdí u podlahy suterénního pokoje. V provozu mohou být obě větve současně či jen jedna z nich. Odpojení vyhřívání zásobníku lze uplatnit jak v situaci, když je již příliš teplý, tak i v situaci, že je solární příkon tak malý, že už by primární okruh vodu v zásobníku neohříval. Zdi s teplotou pod 20 °C ale ohřívát dokáže, i když jen malým výkonem. I ten je ale řádově vyšší, než tepelný příkon, který by do zdí dodávalo jen sálání teplejších povrchů interiéru a interiérový vzduch, který má v suterénu takové zvrstvení, že se nepromíchává, chladný se drží při zemi.

Provoz našeho systému způsobil, že v dusných letních dnech nezůstávala teplota patřící na úrovni 16 °C, jaká byla dříve, ale zvýšila se na oněch 20 °C. Pobyt v místnostech byl příjemný, zcela zmizel někdejší sklepní odér. Nyní na podzim, na konci sezóny hojných solárních přebytků, jsou teploty patřící o dva stupně vyšší než na jaře.

### 3. Technické provedení dnešní a budoucí

Zdrojem tepla pro ohřev pat zdi je solární systém se dvěma velkoplošnými kolektory o úhrnném netto obsahu 12 m<sup>2</sup>. Ty jsou ale dosti zastíněné a neselektivní. Přepínání mezi ohřevem zásobníku, zdi nebo obou současně se děje ručně (autor pracuje doma). Čerpadlo solárního systému je stejnosměrné, napájené fotovoltaickým panelem rovnoběžným s kolektory, tempo čerpání tedy roste s ozářeností panelu.

Experimentální systém předávání tepla do zdi jsme realizovali stejnými součástkami, jaké jsou užity ve starých svépomocně sestavených solárních kolektorech, zaváděných v letech 1997 a 1998 v programu Slunce pro Bílé Karpaty. Jde o hliníkové plechy šířky 20 cm (někde i 30 cm), které jsou přitlačeny k patě zdi hliníkovými trubkami o vnějším průměru 12 mm a vnitřním 10 mm. Hydraulické spoje jsou provedeny gumovými hadicemi. Kdyby šlo o solární systém moderní, s trubkami měděnými a letovanými spoji, použily by se takové i pro ohřev pat zdi, opět jen přitlačené na plechy, ale zvlněné kvůli dilataci.

Náš dosavadní systém ohřevu zdi má jen tři paralelní větve. Pro docílení vyššího tepelného příkonu do podloží budovy systém v budoucnu doplníme dalšími dvěma větvemi a rozsáhlejší vodorovnou hliníkovou plochou předávající teplo do země, kterou uložíme pod tepelnou izolaci podlahy – tu ještě v místnosti nemáme. Půjde vlastně o obdobu podlahového topení, jen teplo z ní půjde ne do interiéru, ale do exteriéru. Věříme, že tak po letech docílíme stavu, kdy podloží nejen nebude kazit letní komfort, ale sníží se i únik tepla do něj v zimě tepelným mostem, který představují zdi.

### 4. Integrace s dalšími opatřeními

Vyhřívání základových zdi lze kombinovat s jejich vnější tepelnou izolací, nejnázne s izolací krinolínovou (Schirmdämmung), tedy jdoucí jen mírně šikmo do dále od domu, jako v (1). V takovém případě lze během let očekávat vzrůst teploty podloží a tedy i snižování zimních tepelných ztrát. Nebo nakonec i toho, že podloží bude v zimě dům vyhřívát... tedy v případě, že teplo není z podloží odváděno protékající spodní vodou.

Obdobná řešení lze uplatnit u všech starých budov. Pokud se regenerují s důsledným uplatněním technologií pasivních domů, lze postupným ohřátím jejich podloží docílit toho, že i budovy s méně než dvěma patry pasivní standard nakonec opravdu splní. Zvláštního zvýšení komfortu tím lze docílit u obydlí rekreačních, která s takovou soustavou nemusí být nehostinná, když tam

obyvatelé přijedou po delší nepřítomnosti. U nich se solární ohřev podloží může dobře uplatnit i v zimě, neb potřeba přípravy teplé vody je v nich nevelká.

Ohřívání podloží domu je také šancí pro to, aby lidé neinstalovali jen malé kolektorové plochy z obavy, že jejich letní výkon bude přílišný. Velkorysé kolektorové plochy pak samozřejmě zajistí i větší solární pokrytí celoroční spotřeby tepla na ohřev vody.

## 5. Projekty s podobnými prvky

Již zmíněný dům Lovinsových a RMI v Coloradu z roku 1984 se vyznačuje mj. tím, že tepelné izolace ve zdech jsou prodlouženy ještě dále dolů do země a že betonové podlahy budovy nemají naopak tepelnou izolaci žádnou. Spolu s podložím tak tvoří tepelný zásobník pro pasivní solární ohřev – rovnou skrze okna i teplým interiérovým vzduchem během teplých dní. Během zimy postupně chladnou, pak se znovu ohřívají. Teplota v interiéru se neudrzuje uměle konstantní nezávisle na ročním období, zato je masivní podlahou i zdmi výborně stabilizována v průběhu dne. V betonové vrstvě byly při stavbě položeny hadice pro možnost napojení na solární systém, k tomu ale došlo až v roce 2009. Předtím se za zatažených dní v mrazech přitápělo občas kamínky na dřevo. Místo nich je nyní na střeše více solárních panelů a podlahy se v případě potřeby ohřejí pomocí přidaného stratifikovaného vodního zásobníku (2). Obytné budovy s obdobným tepelným konceptem byly zřejmě postaveny i jinde, např. v Dolních Rakousích, popisy po jejich zhotovení jsem ale v literatuře nenalezl.

Obrovskou výrobní halou s plochou 1,8 ha užívající tento koncept je Sunhouse aneb Greiner Sonnenhaus firmy Xolar v Horních Rakousích v Eberstallzell. Pro běžný provoz již dnes zřejmě stačí zem pod podlahou ohřívát teplem odebíraným ze strojů, počáteční nahřátí mnoha metrů zeminy zajistily solární kolektory. Systém hadic pod podlahou budovy, předávající teplo do zeminy, je dlouhý 100 km. V létě jde teplo ze vzduchu v hale do podlahy, většinu chladného období jde naopak z podlahy do interiéru. Podlaha je se zeminou propojena tepelně co nejlépe, na zdi budovy naopak navazuje tlustá vislá tepelná izolace jdoucí až do hloubky 6 m. Efektivní číselnou hodnotu měrné tepelné prostupnosti podlahy pro „topné období“ udávali projektanti jako  $U = 0,02$  (3)(4).

Experimentální projekt rodinného domu s ukládáním solárních přebytků do jeho podloží pomocí plastových hadic se solankou je detailně popsán v (5), viz též (6). Dům má ale pod sebou spojitou 30 cm tlustou tepelnou izolaci, takže podloží nevyužívá pasivně. Aby teplo neunikalo do boků, navazuje na vodorovnou izolaci pod budovou ještě izolační zástěrka, jdoucí od budovy

šikmo ven pod úhlem asi 45°, dlouhá asi 45 cm a silná 14 cm. Teplo se z podloží v zimě odebírá tepelným čerpadlem, přičemž se podloží vychladí výrazně pod hodnotu, kterou by mělo bez soustavy pro dodávání a odběr tepla. Projekt autoři hodnotí jako ne příliš vhodný pro dům tak malého půdorysu.

V jiné zkoumané novostavbě, velké školní budově, se teplo do podloží aktivně nepředává. Základová deska budovy je rovnou na terénu, vrstva tepelné izolace je až na ní, na podlahách, přerušovaná zdmi. Pro potlačení vlivu těchto tepelných mostů je ale po stranách budova opatřena opět tepelné izolačními zástěrami (Dämmschürze) tloušťky 20 cm, jdoucími svisle až do hloubky 2 m pod základovou desku. Opatření je hodnoceno jako velmi prospěšné, aplikovatelné všude, kde tepelné oddělení interiéru od podloží není dost dobré; podrobný rozbor viz (7).

## 6. Další informace

Snímky provedení systému ohřívání pat zdí a podloží, termografické snímky, záznamy měření atd. lze nalézt na stránce <http://amper.ped.muni.cz/pasiv/zem/>.

## 7. Literatura

- (1) Lang, G. et al. Erstes Einfamilien-Passivhaus im Altbau - Umsetzung des Passivhausstandards und -komforts in der Altbausanierung von Einfamilienhäusern am Beispiel EFH Pettenbach. 157 (2007). <<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id3868>>
- (2) Amory's Private Residence. (2009). <<http://www.rmi.org/Amory%27s+Private+Residence>>
- (3) Xolar Fabrik Eberstanzell. <<http://www.nachhaltig-bauen.at/praxisbeispiele/xolar-fabrik-eberstanzell>>
- (4) Sunhouse|XOLAR-Industrial Solar Solutions GmbH. <<http://www.xolar.at/sunhouse.html>>
- (5) Peper, S., Schnieders, J., Ochs, F. & Feist, W. Messtechnische Untersuchung und wissenschaftliche Auswertung zur saisonalen Wärmespeicherung über Sole-Register unter der Bodenplatte eines Passivhauses mit Dämmschürze. Abschlussbericht. (Fraunhofer Irb Verlag: 2011). <[http://www.passivhaus-plattform.de/downloads/studien\\_passivhausinstitut/100\\_monitoring\\_passivhaus\\_mit\\_solarspeicher\\_2010.pdf](http://www.passivhaus-plattform.de/downloads/studien_passivhausinstitut/100_monitoring_passivhaus_mit_solarspeicher_2010.pdf)>

(6) Passivhaus mit saisonalem Solarspeicher im Erdreich. <[http://passiv.de/de/05\\_service/03\\_fachliteratur/030101\\_neubau\\_wohnungsbau/04\\_saisonaler-solarspeicher\\_erdreich/04\\_saisonaler-solarspeicher\\_erdreich.htm](http://passiv.de/de/05_service/03_fachliteratur/030101_neubau_wohnungsbau/04_saisonaler-solarspeicher_erdreich/04_saisonaler-solarspeicher_erdreich.htm)>

(7) Peper, S., Schnieders, J. & Feist, W. Langzeiterfahrung zur Funktion der Dämmschürze beim Projekt Passivhaus Grundschule Frankfurt-Riedberg. (Passivhaus Institut: 2011). <[http://www.dbu.de/projekt\\_26309/\\_db\\_1036.html](http://www.dbu.de/projekt_26309/_db_1036.html)>

## IV.

# Sezónní horizontální zásobník tepla v podloží pasivního rodinného domu

*Pavel Kopecký, ČVUT, Fakulta stavební, katedra konstrukcí pozemních staveb  
Thákurova 7, Praha, Česká republika  
e-mail: pavel.kopecky@fsv.cvut.cz*

*Petr Kramoliš, Projektant OZE  
Ostrava, Česká republika  
e-mail: kramolis.petr@seznam.cz*

IV.

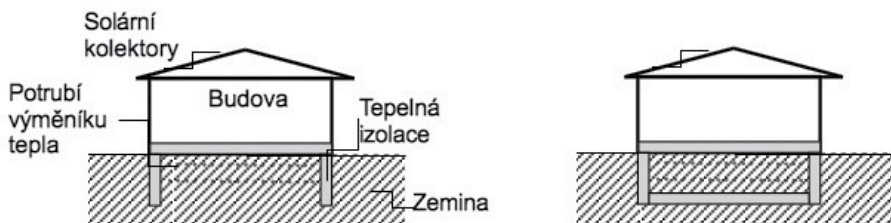
## 1. Úvod

K překlenutí časové neshody mezi energetickým ziskem a poptávkou slouží zásobníky tepla. Jako dlouhodobé zásobníky pro menší solární soustavy se v současné době používají vodní tlakové i beztlakové zásobníky o obsahu několik desítek až stovek metrů krychlových, viz např. (1). Nevýhodou je jejich umístění v budově, kde zabírají prostor, který by jinak bylo možné využít.

Sezónní zásobníky tepla se zatím používají u velkých projektů. Typicky se jedná o centralizované zásobování teplem z obnovitelných zdrojů pro větší sídlištní celky (viz např. (2) nebo (3)). Zásobníky tepla jsou v tomto případě umístěny na zvláštním místě a jsou velké i několik desítek tisíc metrů krychlových.

Tento příspěvek se zabývá koncepcí sezónního horizontálního zásobníku, který využívá zeminu v podloží staveb pro akumulaci tepla. Horizontální zemní zásobník je umístěn v podloží budovy mezi obvodovými základovými pásy (viz Obr. 1). Po obvodě základových pásů a v podlaze na terénu je uložena tepelná izolace. Ta by zde byla potřeba, i kdyby v podloží budovy nebyl žádný zásobník tepla (snížení tepelných ztrát budovy přes zeminu). Přirozeně se tedy nabízí možnost uzavřít tento poloprostor tepelnou izolací i zespodu a vytvořit objem zeminu tepelně izolovaný od svého okolí. Průtok teplosměnné kapaliny přes trubkový registr zajistí nabíjení a vybíjení zásobníku. Potrubí registru je obdobné tomu, které se používá například v primárních okruzích pro tepelná čerpadla země-voda.



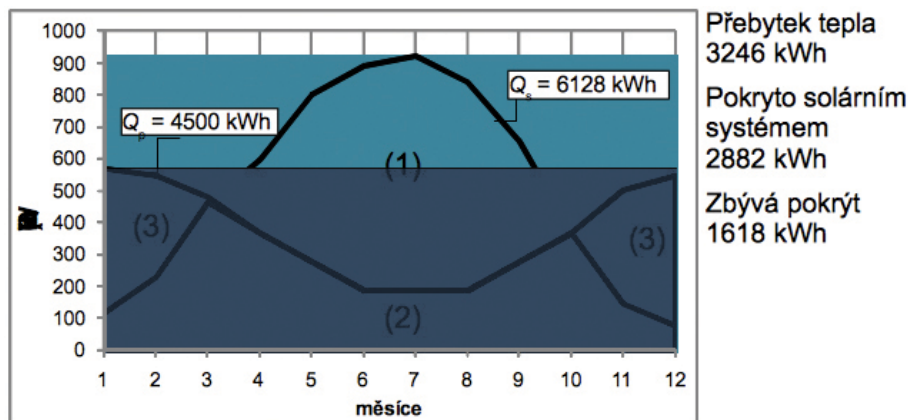


Obr. 1 Zásobník tepla umístěný pod domem (vlevo - bez tepelné izolace spodní strany zásobníku, vpravo - s tepelnou izolací spodní strany zásobníku).

## IV. 2. Energetická bilance modelového domu

Modelový dům je pasivní rodinný dům s energetickou vztažnou plochou  $150 \text{ m}^2$ , a zastavěnou plochou  $100 \text{ m}^2$ . Dům obývají čtyři obyvatelé. Předpokládá se, že dům má šikmou střechu se sklonem a orientací vhodnou pro instalaci solárních kolektorů. Plocha apertury solárních kolektorů je  $15 \text{ m}^2$ .

Měsíční potřeba domu na vytápění a přípravu teplé vody ( $Q_p$ ) a produkce tepla ze solárních kolektorů ( $Q_s$ ) jsou zobrazeny na Obr. 2. Je zřejmé, že pokud bychom dokázali převést letní přebytek tepla až do zimních měsíců, můžeme tímto přebytkem pokrýt zbývající část potřeby tepla domu.



Obr. 2 Potřeba vs. produkce tepla v modelovém rodinném domě.  $Q_s$  je produkce tepla solárními kolektory.  $Q_p$  je potřeba tepla modelového domu (vytápění + ohřev teplé vody).

Reálná velikost horizontálního zemního zásobníku pod modelovým domem je  $100 \text{ m}^2 \times 0,8 \text{ m} = 80 \text{ m}^3$ . Pokud budeme uvažovat 50% ztráty zásobníku, tak celkové množství využitelného tepla je:  $3\,246 \text{ kWh} - (0,5 \times 3\,246 \text{ kWh}) = 1\,623 \text{ kWh}$ . Toto množství teoreticky pokrývá zbývající potřebu tepla.

### 3. Závěr

Sezónní zemní zásobník umístěný pod budovou může představovat způsob, jak dosáhnout velmi vysokého solárního pokrytí při vytápění obytných budov. Pro reálné využití tohoto konceptu by bylo nutné dořešit řadu praktických otázek, zejména otázku ekonomiky, která souvisí s konkrétním technickým řešením spodní stavby domu a zemního zásobníku, ale také se současnou úrovní cen za energii.

V principu jsou možné dvě varianty zásobníku: a) zásobník s tepelnou izolací spodní strany a b) zásobník bez tepelné izolace spodní strany. Zásobník tepla bez tepelné izolace spodní strany bude mít vyšší tepelné ztráty a bude tak dosahovat nižších teplot. I přes tuto nevýhodu patrně existuje značný potenciál pro využití v kombinaci s tepelným čerpadlem pro vybíjení zásobníku. Dojde totiž ke značnému zvýšení topného faktoru tepelného čerpadla v porovnání s běžným horizontálním zemním kolektorem uloženým mimo budovu v určité hloubce pod povrchem země.

### 4. Literatura

- (1) Informace dostupné na <<http://www.jenni.ch>>
- (2) Sídliště v Neckarsulmu, informace dostupné na <<http://www.neckarsulm.de>>
- (3) Projekt Sunstore 4, Marstal v Dánsku, informace dostupné na <<http://www.solarmarstal.dk>>

Príspevek byl podpořen z grantu SGS12/106/OHK1/2T/11.



# V. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

## Pasivní chlazení administrativní budovy

300

Miloš Lain, ČVUT v Praze, Fakulta Strojní, Ústav techniky prostředí

V.

# Pasivní chlazení administrativní budovy

Miloš Lain, ČVUT v Praze, Fakulta Strojní, Ústav techniky prostředí  
Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká republika  
milos.lain@fs.cvut.cz

---

## 1. Anotace

Príspevek se zabývá návrhem, realizací a provozem universitní budovy s pasivním chlazením. V příspěvku naleznete výtah z počítačových simulací realizovaných v jednotlivých stupních projektu i výsledky monitorování budovy v prvním roce provozu.

Klíčová slova: pasivní chlazení, klimatizace, počítačová simulace, noční chlazení.

## 2. Úvod

Pod pojmem pasivní chlazení se rozumí především projektování takových budov, které žádné chlazení nepotřebují. Využívá se pasivních prvků snižujících tepelné zátěže, akumulace tepla a přirozeného odvodu tepla. Koncepte pasivního domu z pohledu chlazení by měla být základem i pro budovy s chlazením nízkoenergetickým nebo strojním a některé principy, jako třeba přirozené noční větrání, jsou zahrnovány jak do pasivních tak do nízkoenergetických systémů. Dlouhodobě se koncepcí pasivních domů z pohledu chlazení zabývají především v jižní Evropě a USA, mezinárodně uznávaný je především výzkum v Řecku, Portugalsku, Francii, USA. V podmínkách České republiky je pasivní chlazení standardem pro řadu typů budov (obytné, výrobní, zemědělské) a vyskytuje se i řada stávajících administrativních budov, které nemají strojní chlazení.

U nově stavěných budov je problém v přístupu především architektů k pasivnímu chlazení. Pro řadu architektů se stále nové budovy dělí na klimatizované a neklimatizované. U neklimatizovaných je pak většinou letní situace řešena okrajově a velmi povrchně. Při správném návrhu je třeba provést návrh neklimatizované (nechlazené) budovy s ohledem na letní tepelnou pohodu. Dle charakteru vnitřní a vnější tepelné zátěže je třeba použít principy pasivního chlazení, které umožní odvod tepelné zátěže v letních měsících při zachování tepelné pohody ve vnitřním prostředí. V poslední době se ale požadavky hygieniků zpříšňují a neklimatizované administrativní budovy mají často problémy se schválením. Při nynějších požadavcích

na variabilitu a intenzivní využívání nově stavěných budov se potom většinou architektů přikloní spíše ke strojnímu chlazení, které dokáže zajistit tepelnou pohodu i v případě vyšších tepelných zátěží. Oproti tomu prokazování parametrů prostředí v neklimatizovaných budovách je poměrně obtížné a většinou vyžaduje detailní výpočty, či počítačovou simulaci. Trochu jiná situace je u budov škol a universit, ty oproti pouze administrativním budovám mají mírně nižší požadavky na variabilitu prostoru. V létě většinou nejsou příliš intenzivně využívány a i tepelné zátěže bývají v běžných posluchárnách nižší. Ve školních budovách jsou ale zase díky velkému počtu osob v učebnách poměrně často problémy s dostatečným větráním. Především u stávajících škol, kde dojde k rekonstrukci fasády a výměně oken, je většinou větrání nedostatečné.

### 3. Nová budova ČVUT v Praze 6

Nová budova ČVUT v Praze 6 Dejvicích byla koncipována z pohledu chlazení jako pasivní již od prvních studií. Součástí úvodního projektu bylo ověření možnosti pasivního chlazení počítačovou simulací a další detailní simulace byly zpracovány v rámci dalších stupňů projektové dokumentace. Budova je vícepodlažní objekt (8 nadzemních podlaží a 3 podzemní podlaží). Objekt je rozdělen na několik funkčních celků. V nadzemních podlažích budovy jsou umístěny posluchárny, ateliéry, učebny a kanceláře. V budově jsou integrována 3 zastřešená atria. V podzemních podlažích jsou umístěny garáže. Budovu tvoří nosný železobetonový skelet, vnitřní stěny jsou tvořeny převážně z cihlových nebo železobetonových příček. Vnější obvodová fasáda je středně těžká s výrazným podílem prosklených ploch.

### 4. Počítačové simulace



Obr. 1 Nová budova ČVUT- severní pohled vlevo a jižní pohled vpravo (3)

Již v rámci architektonické studie byly zpracovány předběžné simulace pro ověření základního architektonického konceptu. Ty potvrdily, že pasivní chlazení by mohlo být dostatečné

pro dodržení přijatelných pracovních podmínek v letním období, ale je nutné maximální omezení vnějších solárních zisků a to použitím vnějšího stínění a nelze izolovat teplou masu budovy od vnitřního prostředí akustickými obklady stropů.

Na základě výsledků předběžných simulací a nezávislých výpočtů přirozeného proudění byl vytvořen koncept větrání a pasivního chlazení budovy včetně předběžného dimenzování jednotlivých komponent systému.

Čerstvý větrací vzduch je z venkovního prostředí do místnosti přiváděn otevíratelnými hliníkovými okny. V původní koncepci se počítalo s manuálně otevíratelnými okny pro denní větrání a se servopohonem ovládanými výklopnými okny pro noční větrání. Tato koncepce zůstala zachována pouze v kancelářích u jižní fasády. Pro ateliéry a posluchárny jsou spodní pásová okna neotevíratelná a byla zvětšena plocha horních výklopných oken a doplněno jejich manuální ovládání z místnosti. Minimální volná plocha oken ovládaných servopohonem je ve druhém až čtvrtém patře  $0,8 \text{ m}^2$  a v pátém až osmém patře budovy  $1,6 \text{ m}^2$ . Během dne je tato okna možné otevírat manuálním nastavením z místnosti a v nočních hodinách v létě se okna otevírají centrálně. Volnou plochu oken lze plynule měnit pouze manuálním nastavením z místnosti. Při centrálním otevírání jsou okna buď plně otevřena, nebo zavřena.

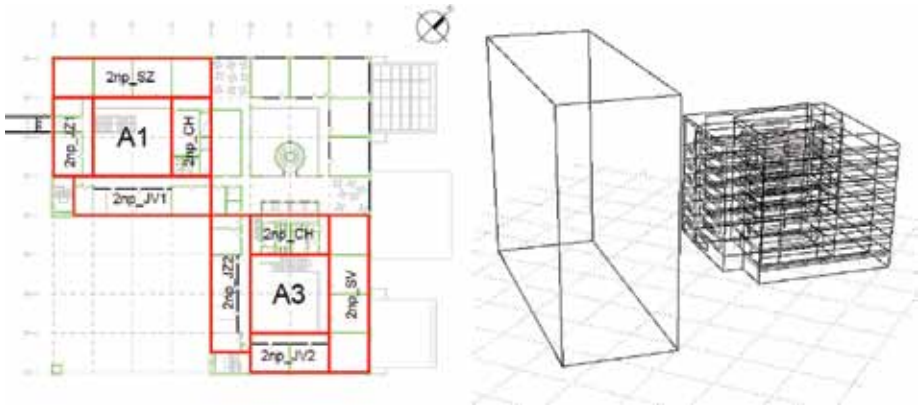
Znehodnocený vzduch odchází z místnosti jedním či dvěma přefuky do chodby a následně do jednoho ze tří atrií. Tyto přefuky jsou provedeny jako tlumiče hluku a mají i funkci požárního uzávěru.

Z atria je znehodnocený vzduch odváděn otevíratelnými odvodními otvory v horní části pod střechem atria. Volná plocha odvodních otvorů pod stropem atria je  $12 \text{ m}^2$  na atrium. Odvodní otvory jsou ovládané řetězovými servopohonem a jsou provedeny tak, aby mohly zůstat otevřeny i při mírném dešti.

Samozřejmou součástí pasivního konceptu stavby je kvalitní vnější stínění na všech fasádách a masivní betonové stropy a podlahy bez podhledů, akustických či tepelných izolací na vnitřní straně.

## 4.1. Detailní počítačové simulace

Cílem simulačního výpočtu bylo ověření parametrů vnitřního prostředí v budově bez nuceného větrání a chlazení. Simulační model zpracovaný v programu ESP-r (5) zahrnuje jak geometrický model části budovy, tak model přirozeného proudění rozdílem hustot a účinky větru a simulace řeší paralelně proudění a energetické bilance objektu. Simulací byly ověřeny velikosti větracích otvorů a jejich optimalizace s ohledem na požadované teploty v ateliérech, učebnách a kancelářích.



Obr. 2 Půdorysné schéma budovy vyznačením řešených zón (vlevo), schéma modelu jednoho atria v programu ESP-r (vpravo) (5).

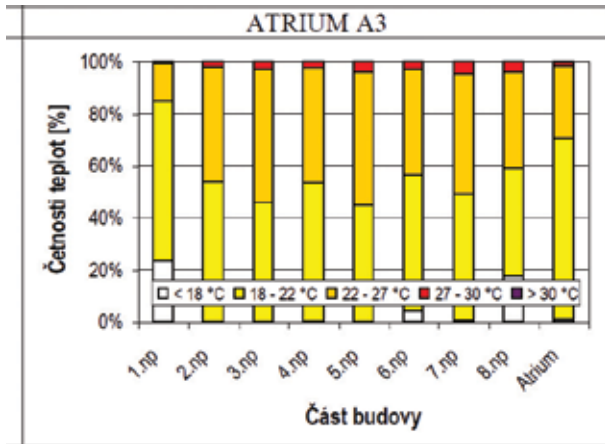
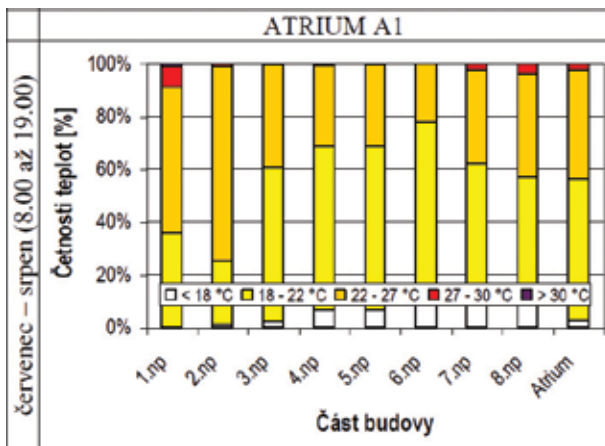
Energetický model byl doplněn o model přirozeného proudění zahrnující proudění způsobené rozdílem hustot a proudění způsobené účinky větru. Model vychází z koncepce přirozeného větrání zpracované na základě zjednodušeného modelu. Též bylo zahrnuto nucené větrání a klimatizace pro počítačové učebny a specifikované prostory. Pro výpočet účinku větru na přirozené větrání je vždy obtížné získat skutečné součinitele větru  $c_p$  pro jednotlivé body fasády, zahrnující vliv tvaru budovy a jejího okolí. Pro energetické výpočty byly použity tlakové součinitele vypočtené pomocí CFD (1), které jsou pak použity v počítačové simulaci.

Vzhledem k rozsahu výsledků (hodinová data pro 58 zón) byla pro jejich analýzu použita metoda statistického vyhodnocení na základě četnosti výskytu teplot vzduchu pro vybraná období. Navržený systém přirozeného větrání je dle počítačové simulace za zadaných okrajových



podmínek (vnitřní tepelné zisky, referenční klimatické podmínky) schopen zajistit nočním větráním tepelnou pohodu v budově i přívod čerstvého vzduchu pro osoby.

V.



Obr. 3 Výsledky simulačních výpočtů (4)

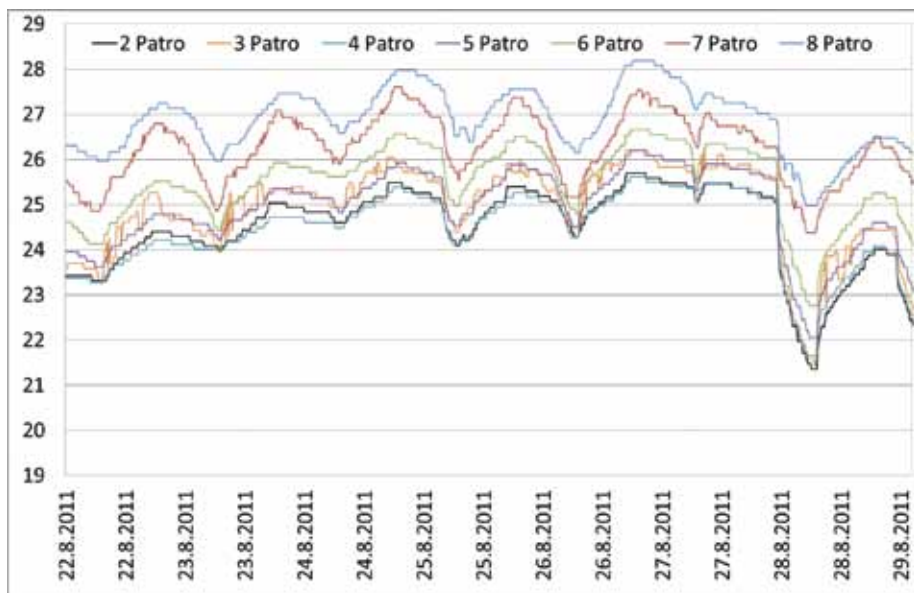
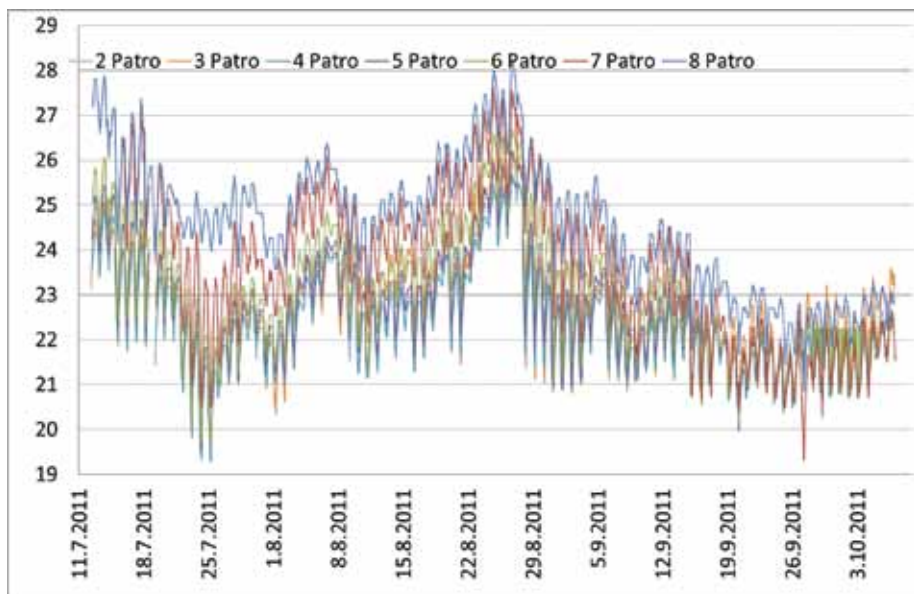
Vnitřní prostředí

## 5. Realizace a uvádění do provozu

Při dokončování projektu, realizaci a uvádění do provozu se z pohledu pasivního chlazení a přirozeného větrání ukázala být zásadním problémem koncepce systému měření a regulace. Pasivní chlazení sice nevyžaduje instalaci větracího ani klimatizačního systému, ale na druhé straně musí být okna osazena servopohony. V každé místnosti je monitorována teplota a dle ní je ovládáno noční otevírání oken. Přefuky mezi místnostmi a atriem se díky vysokým požadavkům na útlum hluku a požární odolnost staly též poměrně složitým prvkem, který musel být pro tuto budovu vyvinut.

## 6. První rok provozu budovy

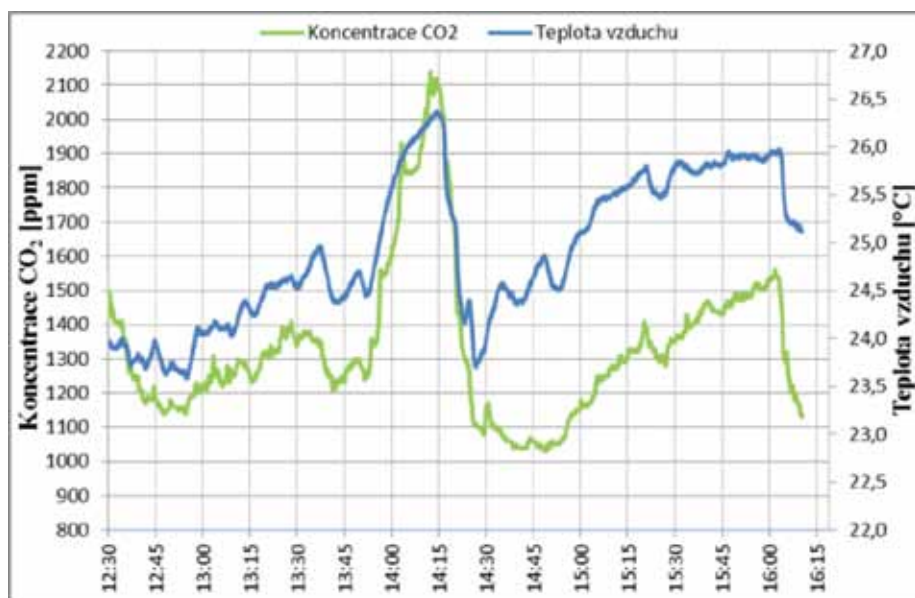
U pasivních a nízkoenergetických staveb takového rozsahu je vždy velmi důležité nezanedbat uvádění do provozu a dodržet jeden až dva roky zkušební provozu. Zkušební provoz a optimalizace systému byly součástí požadavků na dodávku stavby nové budovy ČVUT. Bohužel byl nakonec v podstatě omezen na odstranění základních nedostatků a chyb v realizaci a zprovoznění systému měření a regulace. V rámci diplomové práce na fakultě strojní (3) byl proto v létě 2011 proveden sběr dat a jejich analýza doplněná o jednorázová měření. Bohužel systém měření a regulace neumožňuje záznam měřených teplot ve všech místnostech, proto se monitorování provozu omezilo pouze na střední teploty pro každé podlaží a fasádu. Naměřené teploty vzduchu ukazují, že po většinu léta jsou teploty v budově v požadovaném rozmezí. K tomu výrazně přispívá právě noční chlazení budovy. Porovnáme-li průběhy naměřené a vypočítané počítačovou simulací, je patrné, že ve skutečném provozu se budovy v noci ochlazuje méně, než jak předpovídaly počítačové simulace. To je způsobeno především vlivem okolí budovy, teploty vzduchu kolem budovy jsou večer výrazně vyšší než teploty v otevřeném terénu, to omezuje počet hodin, kdy lze noční větrání efektivně využívat.



Obr. 8 Průběh středních teplot vzduchu v jednotlivých patrech pro celé léto (nahore) a pro extrémní týden (dole)(3)

Bylo též provedeno měření rychlostí proudění v režimu nočního větrání. To ukázalo, že při otevření všech oken v budově jsou velmi dobře provětrávány místnosti v nižších podlažích a v 7. i 8. NP sice nedochází k opačnému proudění z atria do místností, ale intenzity větrání jsou tam minimální. Na základě těchto měření bylo doporučeno provozovat část noci větrání pouze pro horní dvě podlaží se zavřenými okny v spodních podlažích, tento režim byl uveden do provozu koncem léta 2011 a noční chlazení se v horních podlažích výrazně zlepšilo.

Měření koncentrace  $\text{CO}_2$  ukázalo, že i v zimních měsících je možné zajistit kvalitní prostředí v budově, ale je třeba otevřít okna, jinak koncentrace  $\text{CO}_2$  velmi rychle rostou. Tento závěr by se mohl zdát příliš triviální, ale měření v budově ukázala na nutnost propagace těchto základních faktů. Lidé se v místnosti poměrně dobře aklimatizují a vnímají snižování kvality vzduchu poměrně omezeně, v některých místnostech se zavřenými okny byly potom naměřeny koncentrace  $\text{CO}_2$  výrazně vyšší než 2 000 ppm.



Obr. 9 Koncentrace  $\text{CO}_2$  a teplota vzduchu v plně učeně (3)

## 7. Závěry

Při návrhu budovy bez klimatizace je třeba dodržovat zásady návrhu pasivního domu z pohledu chlazení a lze doporučit použití počítačových simulací pro ověření navrhovaného řešení. Vzhledem k tomu, že takovéto nově stavěné stavby ještě nejsou u nás typické, je při jejich projektování a realizaci nutná úzká kooperace pracovního týmu a zpracování a dodržení základního konceptu systému. Maximální spolupráce a vstřícnost je nutná i v prvních letech provozu takovéto budovy, neboť nelze očekávat, že by byla všechny chyby a nedostatky v takto složitém systému odstraněny během testů při uvádění budovy do provozu. Stejně vlastní logika regulace systému je nestandardní a je vhodná její postupná optimalizace. Proto by realizace systémů měření a regulace a především jeho naprogramování měla být spíše kontinuálním procesem monitorování a úprav systému než jednorázovou dodávkou při realizaci stavy.

V.

Na konkrétním případě nové budovy ČVUT lze tyto vlivy velmi dobře sledovat. Tato budova s pasivním chlazením je schopna zajistit kvalitní vnitřní prostředí s minimálními energetickými nároky. Jsem však přesvědčen, že by při lepší spolupráci jednotlivých zapojených subjektů mohly být výsledky ještě výrazně lepší - to jak v prvotní koncepci (zachování manuálně otevíratelných oken), při dořešení projekčních detailů (otevíratelná okna v rohových místnostech, servopohony pro spodní okna v dvoupatrových ateliérech, koncepce přefuků), tak při uvádění do provozu (sběr dat a regulační algoritmy). Zpracované studie jednoznačně přispěly k správnému návrhu systému přirozeného větrání. I když se ukazuje, že je třeba při simulaci více zohlednit okolí budovy, které má na noční větrání zcela zásadní vliv.

## 8. Literatura

- (1) JANÁK, M. Aerodynamický posudek za účelom posúdenia účinku vetra na budovu a jej okolie, prosinec 2007, NBD - Praha Dejvice.
- (2) LAIN, M. Nízkoenergetické chlazení budov [Doktorská práce (Ph.D.)]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008. 176 s.
- (3) LINHART, Z. Monitorování provozu budovy, Diplomová práce, ČVUT v Praze, Fakulta strojní 2012
- (4) ZMRHAL, V. LAIN, M. DRKAL, F. Simulace přirozeného větrání administrativní budovy In: Simulace budov a techniky prostředí. Praha: IBPSA-CZ, 2008, s. 67-71. ISBN 978-80-254-3373-7.
- (5) LAIN, M., DRKAL, F., ZMRHAL, V. Studie energetické simulace nově stavěné budovy ČVUT Praha 6, Dejvice – I. ETAPA. Výzkumná zpráva, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 2008
- (6) LAIN, M., Mareš, L. Měření tlakových ztrát přefukových tlumičů hluku pro novou budovu ČVUT v Praze 6.. Výzkumná zpráva, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 2010

Příspěvek byl napsán s podporou výzkumného záměru MSM 6840770011 Technika životního prostředí.



# VI. ZKUŠENOSTI Z REALIZACE, KONTROLA KVALITY, MĚŘENÍ SPOTŘEBY

<b>Aktuální průběh stavby MŠ Slivenec</b>	312
Jiří Čech, AB atelier	
<b>Energie zabudovaná v pasivních domech</b>	320
Karel Srdečný, EkoWATT	
<b>Téměř nulový [ne]pasivní dům - první zkušenosti</b>	325
Ing. arch. Jaroslav Tachecí, studio JATA	
<b>Pasivní rodinný dům "Vějíř" - výpočty a skutečnost</b>	329
Ing. Rostislav Kubíček, Vize Ateliér, s.r.o.	
<b>Sledování energetických vlastností úsporných domů - byt v nízkoenergetickém domě</b>	333
Michal Bureš, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze	



# Aktuální průběh stavby MŠ Slivenec

Jiří Čech, AB atelier

Sedlice 46, 262 42 Rožmitál pod Třemšínem, Česká republika

Tel: +420 736 705 155, e-mail: jiri.cech@email.cz

## 1. Úvod

Již od roku 2007 pracujeme na projektu energeticky pasivní mateřské školy v Praze Slivenec. V roce 2010 proběhlo výběrové řízení na hlavního dodavatele stavby a od 2011 probíhá samotná výstavba.



Obr. 1 Vizualizace – západní náhled

## 2. Popis stavby

Stavba byla koncipována jako pasivní, nicméně stísněné podmínky v areálu výrazně ztížily návrh: nedovolily ideální orientaci fasád, vyvolaly vybudování požárního koridoru délky 300 m, umístění vsakovacích objektů dešťových vod muselo být provedeno relativně blízko stávajících objektů, výškové terénní poměry vyvolaly víceúrovňové podlaží.

Původní návrh byl vytvořit mateřskou školu jako dřevostavbu, což se ukázalo jako nemožné z důvodu požárních předpisů. Stavby této velikosti jsou jako dřevostavby povolené, ale mateřské školy jsou vyjmuty. Byl tedy zvolen železobetonový skelet s dřevěným opláštěním.

Mateřská škola bude mít čtyři třídy, celková kapacita 112 dětí. Stavba o dvou nadzemních podlažích je obdélníkového tvaru o rozměrech 45 x 12 m. Je založena na loži z pěnového skla na železobetonové desce. Nosný konstrukční systém je sloupový železobetonový doplněný o ztužující zděné stěny. Strop 1. NP je také monolitický železobetonový. Tyto konstrukce zajišťují svým objemem tepelnou akumulaci objektu. Konstrukci střechy tvoří dřevěné lepené vazníky, mezi něž jsou uloženy dřevěné I-nosníky a vkládána tepelná izolace o tloušťce 400 mm, tato konstrukce je chráněna protipožárními podhledy. Také obvodové nenosné stěny, jež jsou konstruovány jako výplňová dřevěná konstrukce, a stěnové nosníky, jsou nadstandardně izolovány. Střecha je odvětrávána, se skladbou ozeleněné střechy. Dřevěná konstrukce terasy je založena nezávisle tak, aby byly eliminovány tepelné mosty. Přesah střechy je samonosný, vykonzoloovaný ze střešní konstrukce.

Komunikační prostor mezi MŠ a tělocvičnou je samostatný nevytápěný dilatační celek. Je založen opět na desce, jeho střechu nesou nosné zdi. Střecha je částečně ozeleněná a částečně obsahuje světlíky.

Okenní otvory jsou navrženy jako částečně otevíravé (cca 1/3 plochy), čímž je umožněno přirozené větrání. Stavba je ale koncipována tak, že hygienicky požadované množství čerstvého vzduchu je zajištěno řízeným větráním (VZT systém), čímž se snižuje energetická náročnost budovy v porovnání s přirozeným větráním a zároveň se dosahuje dostatečné kvality vnitřního vzduchu. Hygienická zařízení jsou odvětrána nuceně VZT systémem.

Z jižní strany k MŠ přiléhá nevytápěný objekt foyeru propojující novou MŠ, stávající pavilony základní školy, jídelnu a správní pavilon a budoucí tělocvičnu.



Obr. 2, 3 Vizualizace - jihovýchodní pohled ze střechy Foyer a severozápadní pohled

## Základní parametry stavby (objekt MŠ):

Autor:	Aleš Brotánek, Jan Marton, Jan Praisler		
Hlavní projektant:	Jiří Čech		
Profese:	VZT	Zdeněk Zikán	
	UT	Petr Chochola	
	ZTI	Pavel Minář	
	EL	František Novotný	
Obestavěný prostor:	4 550 m <sup>3</sup>		
Zastavěná plocha:	510 m <sup>2</sup>		
Užitná plocha:	887 m <sup>2</sup>		
Kapacita:	112 dětí		
Štítek PENB:	budova je ve třídě A měrná roční spotřeba energie 39,1 kWh/(m <sup>2</sup> a) z toho vytápění 15 kWh/(m <sup>2</sup> a) (38 %)		

### 3. Zakládání stavby

Se založením na drti z pěnového skla začínají být zkušenosti, ovšem pouze v případě menších staveb – rodinných domů. V případě MŠ se jednalo o 650 m<sup>3</sup> skla. V předstihu před pokládkou a hutněním jsme stavbě doporučili, aby aplikace byla prováděna za přítomnosti dodavatele skla. Přestože to bylo (částečně) zajištěno, došlo pod objektem Foyeru k přehutnění skla a tím i výrazně větší spotřebě materiálu. Důvodů bylo více. Dodavatelská firma nemá s tímto materiálem žádné zkušenosti a její prioritou byla zejména mít více než dokonalou jistotu statické únosnosti. Základová deska byla ve třech výškových úrovních a tedy zhutněná pláň musela přecházet výšku cca 92 cm pomocí „ramp“. Skloněný povrch rampy se špatně hutní a pod patou docházelo k drcení skla na malé až prachové částičky. Dalším důvodem je, že dodavatelé těchto materiálů mají pouze tabulky únosnosti v závislosti na hutnění (objemový poměr). Není metoda, jak zjistit únosnost již zhutněné pláně a tím zkontrolovat poměr hutnění. A dále, místní poměry nedovolily zahлубit vrstvu pěnoskla v nutné půdorysné ploše. Zemní pláň pod sklem byla vyrovnána ve větší ploše a sklo bylo sypáno na tuto rovinu, takže po obvodě byly opět

svahy z skelné drtě. Tyto svahy při hutnění ujízděly. Bylo doporučeno současně s prováděním skla provádět zásyp obvodu zeminou, dodavatel ale zvolil jiný postup: obvodové svahy proléval betonem a tím je zpevnil. Tím ale došlo k razantnímu zhoršení tepelně-tech. vlastností skla.



Obr. 4, 5 Hutnění pěnoskla, základová deska mateřské školy

Na vrstvu skla bylo navrženo hydroizolační souvrství (netex – PVC folie – netex) a následně ochranný potěr a armoaná základová deska. Dodavatel hydroizolace rozporoval tuto skladbu z důvodu, že hydroizolace musí být položena na rovný povrch bez výčnělků a zhutněné pěnosklo nepovažoval za dostatečné. Protože geotextilie položená na pěnosklo funguje jako „suchý zip“, tedy při pohybu, zvednutí a další manipulaci na sebe nalepuje pěnosklo. Bylo dohodnuto, že po základním hutnění bude položena geotextilie, přes ní proběhne další srovnávací hutnění a pak bude následovat druhá, přidaná geotextilie. Teprve poté byla svařena hydroizolace.



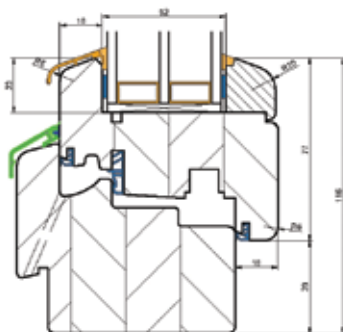
Obr. 6

#### 4. Výběr oken - výplně otvorů

Při specifikaci oken je naprosto nutné uvádět k požadavkům i způsob jejich prokázání, neb výsledné hodnoty se můžou značně lišit. Projekt pro výběr zhotovitele stavby obsahoval

výpis výplní s těmito požadavky:  $U_w < 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , rám dřevěný tl. 92 mm, zasklení izolačním trojsklem  $U_g < 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,  $g > 0,62$ . V té době, před dvěma lety, jsme považovali tuto specifikaci pro pasivní dům za dostatečnou. Bohužel, U-hodnota oken je v ČR běžně prokazována zkouškou. Naproti tomu jsou okna dle Passivhaus Institutu definována výpočtem. Výsledné U-hodnoty se ale značně liší. Dřevěný rám 92 mm má dle zkoušky běžně hodnotu  $U_f = 0,78 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , dle výpočtu je až o tři desediny horší, tedy  $U_f = 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . „Učko“ celého okna se na výstavách běžně pohybuje na  $U_w = 0,6$  až  $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  a to se jedná o okna s čistě dřevěnými rámy. Ale pokud si najdete okna certifikovaná PH Institutem, zjistíte, že dosáhnout  $U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  znamená použít moderní rámy s tepelně-izolačními vložkami nebo jiná technologická opatření.

Selský rozum napovídá, že jistější a hlavně skutečnosti bližší je přeci zkouška a ne teoretický výpočet. Konzultoval jsem toto mimo jiné i s Franzem Freundorferem, který rozdíl vysvětluje tím, že okno pro účely zkoušky je vyrobené s jinou péčí, než ta sériová okna, která jdou na trh. Výrobce může vybrat to nejlepší dřevo (s nejlepší lambdou), může pevně dotáhnout veškeré vŕle v kování, protože funkčnost otevírání není nutná, atd. Z těchto důvodů certifikuje Passivhaus Institut podle výpočtů, dle normy ČSN EN ISO 10077-2. Navíc, certifikovaná okna dosahují požadovaných  $U_w < 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  s předepsaným sklem o  $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ! To je další „drobnost“, která vyvolává potřebu kvalitních rákůů.



Výrobek:	Rámy dřevěného okna typ EURO IV 92		
Výrobce:	viz. Základ		
Popis:			
Rám a křídlo:	Dřevěný čtyřvrstvý hranol (světlík), rohové spojení na šep a rozpor, lepeno lepidlem Rascol GXL 4		
Datní profily:	Rámová okapnice DONAU 22/24 F. Ti a křovívkami, středová okapnice FP 8832 s křovívkami, okapňky jsou podtřelery silikonovým těmlem		
Těsnění:	Hlavní středová ACF 8900 a vnější ACF 9020, srazová těsnění TKS 5427 navlečeno do štěrby a v rozích nastřeno		
Zasklení:	Dřevěná zasklivač křídla, předtlačná páska 2 x 9 mm, silikonový tmel silikonový tmel Elastcol 600		
Odvodnění a dekompresa:	Zasklivač štěrba: odvodnění 2x (14,0 x 6,0) mm, dekompresa 2x (14,0 x 6,0) mm		
Kování:	MACO MULTI 2000 - Trend		
Výsledek:			
Název ověřovaného parametru	Zkušební metoda	Výsledek	
Součinitel prostupu tepla	U <sub>f</sub>	ČSN EN 12412-2	0,78 W/(m <sup>2</sup> ·K)

Obr. 7,8 Dodavatelem stavby vybraný okenní rám

Dodavatel stavby nebyl ochoten přistoupit na to, že požadované hodnoty mají být splněny dle 10077-2, rozhodl se požadavky splnit pouze certifikátem ze zkušebny. Dodaná okna jsou tedy klasický smrkový napojovaný europrofil „soft 92“. Navíc měla mít původně jen dvě těsnění a parapetní hliníkový profil zabíhal hluboko do rámu. Alespoň toto se podařilo změnit na tři

těsnění a vhodnější řešení krycích lišt.

Po této zkušenosti doporučuji uvádět ve specifikaci oken, že požadované  $U_w$  bude splněno výpočtem dle normy 10077-2. Výpis výplní pak může vypadat takto:

Rámy: dřevohliníkové profily s tepelně izolační vložkou, šířka rámu: max 90 mm

- bude předložen součinitel prostupu tepla rámem dle ČSN EN ISO 10077 (hodnota pro parapetní část a pro ostění/nadpraží)

- trojitě těsnění, spárová průvzdušnost  $i_{LV} < 0,1 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3 / (\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67})]$

Zasklení:  $U_g < 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ , prostup sluneční energie  $g > 0,6$  (dle ČSN EN 410)

- okrajový distanční rámeček plastový bílý

Celé okno: součinitel prostupu celého okna (s referenčním sklem  $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ) bude pro každou výplň stavby  $U_w < 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$  a bude spočten dle ČSN EN ISO 10077

Tyto požadavky vychází z metodiky Passivhaus Institutu pro splnění mezinárodního standardu pasivního domu

## 5. Současný stav: realizace hrubé stavby

Stavba byla zahájena na jaře 2011 a první půlrok byly řešeny přeložky areálových sítí, které byly zjištěny až při zahájení. Od podzimu 2011 se již staví nevytápěný přiléhající objekt S003 – Foyer a samotná mateřská škola.



Obr. 9 Hotové monolitické a zděné konstrukce, probíhá montáž dřevěného pláště



Obr. 10 Stropní desky vytápěné MŠ a nevytápěné přístupové chodby – pro eliminaci tepelných mostů jsou stropní desky samostatné, tepelněizolační plášť probíhá a pouze v místě dveří a ze statických důvodů jsou desky bodově propojeny.



*Obr. 11 Detail prahu dřevěné stěny – pro potlačení tepelného mostu v patě stěny jsou stěnové I-nosníky přesazeny přes žb základovou desku, pod prahem je XPS.*



*Obr. 12 V levé části dřevěný plášť MŠ, kotvený v patě a v úrovni stropu do žb desek, krov je vynášen monolitickým skeletem uvnitř dispozice. V pravé části plynosilikátová stěna přístupové chodby a zároveň budoucí tělocvična.*

## 6. Závěr

Při návrhu veřejné budovy je nutné do tendrové dokumentace přesně a jednoznačně specifikovat veškeré parametry komponentů pasivního domu. Přístup dodavatelů těchto staveb bývá úplně jiný, než v případě stavby pasivního RD, kdy investor sám hlídá a motivuje dodavatele ke splnění standardu PD.



# Energie zabudovaná v pasivních domech

Karel Srdečný, EkoWATT

Žižkova 1, České Budějovice, Česká republika

Tel: +420 774 697 901, e-mail: karel.srdecny@ekowatt.cz

---

## 1. Šedá energie v pasivních domech

Stavební materiály při svém vzniku zatěžují životní prostředí, hovoří se o zabudované nebo šedé energii. U starší konvenční výstavby spotřeboval dům během až 80 let svého života řádově více energie, než bylo potřeba na jeho vznik. U pasivních domů, kde je spotřeba na vytápění až 10 x menší, je objem šedé energie významněji. Totéž platí o emisích, jak z vlastního provozu, tak emisí svázaných s výstavbou.

## 2. Primární energie, emise

Je zřejmé, že spotřeba tepla na vytápění, případně další spotřeba v domě (na ohřev vody, na provoz domácnosti a další), zajímá zejména majitele domu. To, co „proteče“ přes elektroměr, plynoměr, to se také musí zaplatit.

Z globálního hlediska je však důležitá spotřeba primární energie – tj. zejména energie fosilních a jaderných paliv. Různé zdroje přeměňují primární energii na konečné teplo či elektřinu s různou účinností. Například běžná uhelná či jaderná elektrárna má účinnost okolo 32 %. Ale i „čisté“ zdroje, jako je solární kolektor pro ohřev vody, potřebují ke svému provozu elektřinu (na pohon čerpadel a regulace).

Z globálního i lokálního hlediska je také důležité, jak životní prostředí zatížila výroba energie. Produkce elektřiny v běžných uhelných elektrárnách zatěžuje životní prostředí emisemi oxidů síry, dusíku a dalších plyných látek; i přes instalaci filtrů stále produkuje i popílek. Podobně spalování uhlí v teplárnách nebo dřeva v individuálních kotlích emituje nezanedbatelné množství tuhých látek a samozřejmě i plyné emise.

Pro porovnání spotřeby primární energie byla použita metodika pro hodnocení staveb SBTool-CZ. Používá trochu jiná čísla, než například metodika používaná pro hodnocení pasivních domů v programu Zelená úsporám. Metodika SBToolCZ byla použita i pro stanovení emisí z výroby materiálů. Jde vlastně o hodnoty převzaté z rakouské databáze IBO (Österreichisches Institut

für Baubiologie und Bauökologie). Důvod je zejména ten, že dostatečně podrobný katalog pro podmínky ČR neexistuje.

	svázaná energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	svázané emise CO <sub>2,ekv</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	svázané emise SO <sub>2,ekv</sub> [g/m <sup>2</sup> ]
Polystyrenová izolace (EPS)	570	14	120
Izolace ze skelných vláken	142	10	42
Izolace z celulosových vláken	69	3	41
Izolace z ovčí vlny	111	0	41

Tab. 1 Svázaná energie a emise izolací při tloušťce, která odpovídá  $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 3. Energetická náročnost stavebních konstrukcí

Porovnali jsme několik vybraných konstrukcí, běžně používaných v pasivních i „běžných“ domech. Jde o konstrukce obvodových stěn. Těmto konstrukcím stavebníci obvykle věnují největší pozornost, přičemž přehlíží, že plocha střechy, stropu a podlahové konstrukce je v rodinném domě zhruba stejně velká jako plocha obvodových stěn.

Ze srovnání vyplývá, že většina konstrukcí běžně používaných při pasivní výstavbě má zhruba stejný obsah zabudované energie. Výjimkou jsou konstrukce na bázi dřeva, které je jako surovina jednak méně náročné na spotřebu energie při výrobě a současně - jakožto přírodní materiál - má nízkou produkci CO<sub>2</sub> při výrobě.

V porovnání s ne-pasivní výstavbou hraje větší roli energie a emise svázané s tepelnou izolací. Pokud porovnáme parametry různých izolací při tloušťce vrstvy s ekvivalentním tepelněizolačním účinkem, ukazuje se, že polystyren (EPS) je asi 4x energeticky náročnější než izolace ze skelných vláken a asi 8x náročnější než izolace z celulosových vláken.

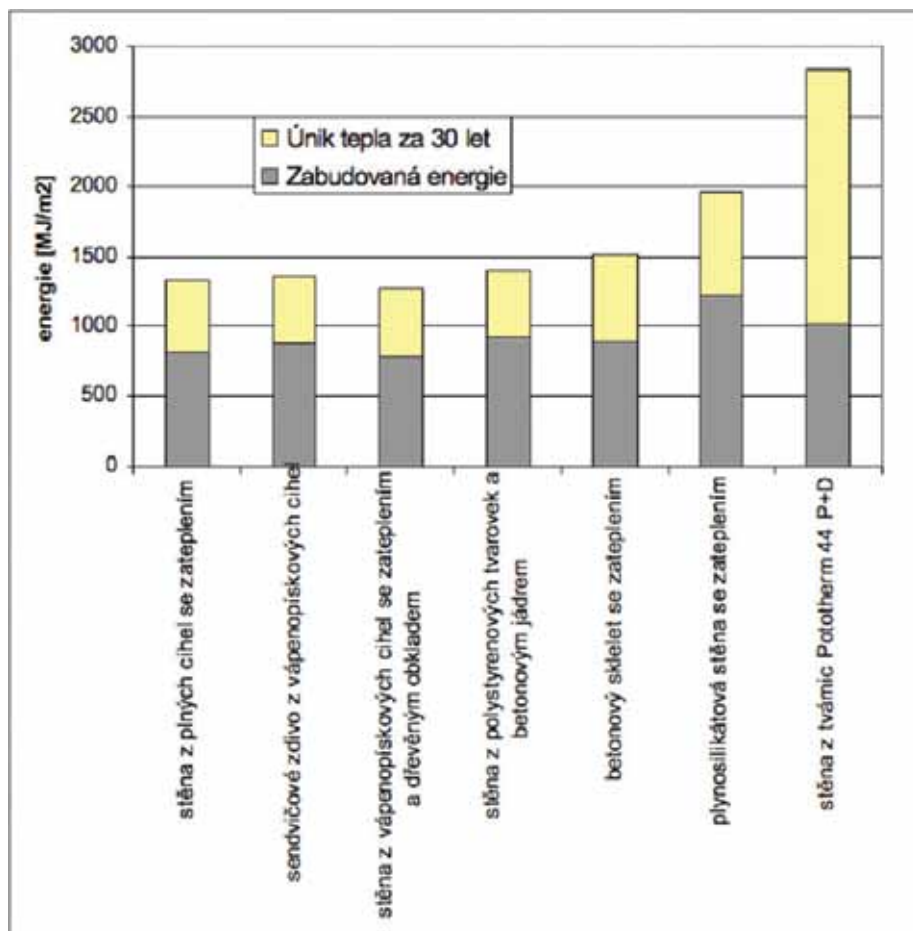
	součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> .K]	svázaná energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	svázané emise CO <sub>2,ekv</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]	svázané emise SO <sub>2,ekv</sub> [g/m <sup>2</sup> ]
stěna z plyných cihel se zateplením sendvičové zdivo z vápenopískových cihel	0,11	808	74	213
stěna z vápenopísk. cihel se zateplením a dřevěným obkladem	0,10	885	80	213
stěna z polystyrenových tvarovek a s betonovým jádrem	0,10	793	67	212
betonový skelet se zateplením	0,13	902	80	385
plynosilikátová stěna se zateplením	0,13	1202	108	356
dřevěná výplňová konstrukce s celulozovou izolací	0,11	353	26	150
stěna z tvárnice Porotherm 44 P+D	0,32	1021	68	195

Tab. 2 Svázaná energie a emise vybraných stavebních konstrukcí

## 4. Provozní energie

Hodnoty svázané energie byly porovnány s množstvím tepla, které „uteče“ skrze stěnu. Ukazuje se, že během 30 let života domu (přibližně do první větší rekonstrukce) je energie na vytápění srovnatelná se zabudovanou energií. Naproti tomu u konstrukce, která pouze splňuje požadavek normy, je spotřeba provozní energie cca 3x vyšší. Přitom většina porovnávaných konstrukcí pasivního domu má zabudovanou energii nižší než srovnávací ne-pasivní stěna.

Spotřeba tepla odpovídá průměrným klimatickým podmínkám ČR. Skutečná spotřeba domu vždy závisí kromě aktuální venkovní teploty také na uživatelském chování.

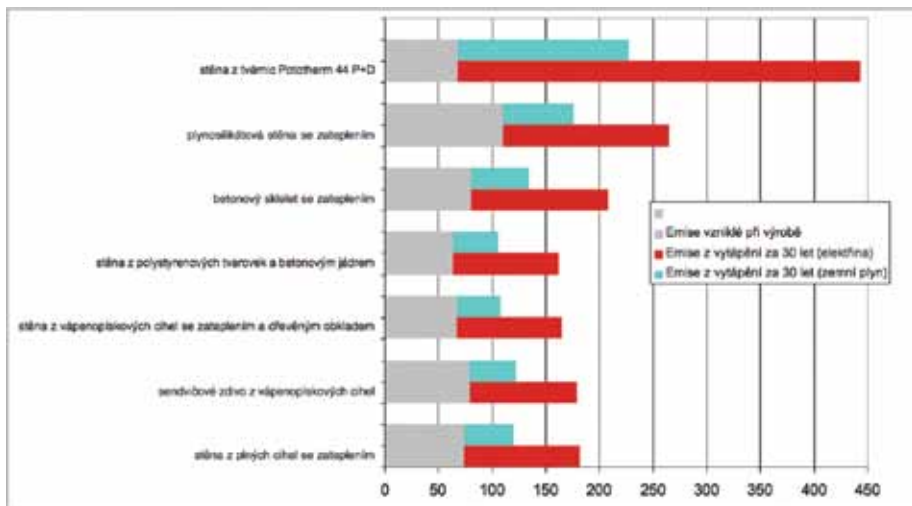


Obr. 1 Svázaná a provozní energie pro vybrané konstrukce

## 5. Svázané emise a emise z vytápění

Pro vybrané konstrukce byly dále stanoveny svázané emise CO<sub>2</sub> a emise vzniklé při vytápění během 30 roků. Jsou srovnány emise z vytápění elektřinou a zemním plynem. Podle metodiky SBTool CZ jsou emise CO<sub>2</sub>, ekv. z elektřiny asi 3x vyšší než ze zemního plynu. Při elektrickém vytápění jsou provozní emise za 30 let vždy vyšší než emise vzniklé při výrobě materiálů.

Je vidět, že volba paliva pro dům je z hlediska emisí významnější než volba stavební konstrukce.



Obr. 2 Svázané a provozní emise

## 6. Závěr

Energie spotřebovaná „navíc“ při stavbě pasivního domu se vždy vrátí v podobě nižší spotřeby tepla na vytápění. Platí to i o tak energeticky náročné izolaci, jako je polystyren.

Z hlediska emisí CO<sub>2</sub> se výrazně projevuje vliv použitých materiálů. Dřevostavby mají podle očekávání výrazně nižší emise CO<sub>2</sub> než ostatní domy. Stejný vliv má ale i způsob vytápění. Zjednodušeně řečeno: ne-pasivní dům vytápěný zemním plynem bude produkovat zhruba stejné emise CO<sub>2</sub> jako pasivní dům vytápěný elektřinou.

Celá studie, s hodnocením konkrétních domů a s obsáhlou přílohou konkrétních stavebních konstrukcí, je k dispozici na [www.ekowatt.cz](http://www.ekowatt.cz).

## 7. Literatura

- (1) Vonka, M.: Hodnocení vlivu staveb na životní prostředí, ČVUT Praha 2010
- (2) Waltjen, T.: Passivhaus-Bauteilkatalog, Ökologisch bewertete Konstruktionen, Springer-Verlag/Wien 2008. ISBN 978-3-211-29763-6

# Téměř nulový [ne]pasivní dům - první zkušenosti

Ing. arch. Jaroslav Tachecí, studio JATA

Bienerova 1946, 274 01 Slaný, Česká republika

Tel: +420 777 070 969, e-mail: studioJATA@seznam.cz

---

## První zkušenosti

Výsledky jsou po prvním roce provozu z používání domu. A ty jsou natolik zajímavé, že bych se o ně rád podělil. Asi jste si všimli poněkud nesmyslného názvu článku. Ten ale poměrně výstižně vysvětluje situaci, která nastala. Přestože dům neplní mnoho základních postulátů a dogmat pasivních domů, jeho pečlivě změřený výsledek spotřeby tepla je na úrovni „nulového“ domu ( $5,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ ).

## Popis domu

Dům je postaven jako dvojdům. Bydlí se zatím pouze v jedné, o něco menší polovině - veškerý popis se bude týkat této poloviny. Domy jsou naprosto nezávislé, všechny technologie jsou zdvojeny. Dům je navržen pro 2-3(4) osoby. Jednoznačným zadáním byl nepodsklepený přízemní bungalov. V domě je velice nadstandardním způsobem řešena pohoda bydlení - nejen tepelná a vlhkostní, ale i světelná (denní i umělé světlo) a zraková, zvuková a hluková, bezpečnostní i pocitu soukromí v domě i mimo něj, snadné pravidelné i dlouhodobé údržby a úklidu a mnoha dalších dle požadavků „baubiologie“. Zastavěná plocha je  $120 \text{ m}^2$ , z toho  $6,8 \text{ m}^2$  je nezateplená dílna. Plocha všech místností je  $88 \text{ m}^2$ , z toho obývací pokoj+KK  $35 \text{ m}^2$ , ložnice  $13 \text{ m}^2$ , pokoj  $15 \text{ m}^2$ , šatna  $9 \text{ m}^2$ .

## Cena

Zásadně důležitým hlediskem byla snaha o co nejnižší finanční náklady stavby. Optimalizovaným řešením dispozice, všech konstrukcí, jednoduchými detaily, hledáním netradičních řešení a materiálů se podařilo, že náklady na všechny materiály a technologie kompletně pro celý dům (tedy polovinu dvojdому) byly 1 mil. Kč.

VI.

Zkušenosti z realizace, kontrola kvality, měření spotřeby

## Tepelné ztráty a vytápění

Samostatně stojící dvojdom je postaven v nadmořské výšce 292 m, v poloze hodně exponované větrem. Spočítané tepelné ztráty domu jsou 1 500 W včetně větrání. V domě byl proveden Blower-door test v době hrubé stavby s výsledkem 0,4 1/h. Hodnota U [W/(m<sup>2</sup>K)] je: stěny 0,1, střecha 0,073, podlaha 0,128, okna 0,83. Velký důraz na řešení tepelných mostů.

## Vytápění

Jako hlavní zdroj tepla se uvažuje tepelné čerpadlo vzduch-vzduch. Jedná se o „klima“ jednotku Hitachi RAS 8SX18. Tato jednotka topí do -20°C, v létě chladí, odvlhčuje vzduch, čistí ho a umí vytvářet záporné ionty. Nominální výkon je 1,8 kW, díky invertorové technologii může být topný výkon 360 – 4 800 W. Vytápí celý dům!

## Větrání

V domě je nucené větrání s rekuperací Paul Climos 100 řízené čidlem CO<sub>2</sub> v obývacím pokoji a vlhkosti umístěným v koupelně nad sprchovým koutem v místě odtahu větraného vzduchu. Průměrná spotřeba 13W/h, doba provozu cca 200 dní/a.

## Ohřev teplé vody

Je použito tepelné čerpadlo země-voda Aqualea. Díky tomu, že čerpadlo ohřívá vodu v době, kdy je potřeba a nikoliv v době závislé na slunečním svitu, může být použit zásobník teplé vody jen 120 litrů. V domě je pouze sprchový kout. Teplá voda je také používána v myčce. Průměrná spotřeba cca 1 kWh/den.

## Technická místnost

Díky všem předchozím řešením v domě nemusí být technická místnost, jen v koupelně je zabrána z půdorysu místnosti plocha 0,7 x 0,8 m – tedy jen asi 0,5 m<sup>2</sup>!

## Ostatní spotřebiče v domě

Všechny další spotřebiče v domě byly nakupovány s ohledem na co nejmenší spotřebu elektrické energie. Tedy A+, A++, zářivky, indukční zářivky, LED svítidla, notebooky, ECO TV atd. Nicméně vše nakonec zásadně narušil herní počítač nejmladšího člena domácnosti. Jeho spotřeba je 20 % celkové ostatní spotřeby domu! Zakoupen byl až po ukončení topné sezóny.

## Porušení zásad stavby pasivního domu

- dům porušuje mnoho základních zásad stavby pasivního domu. Proto je v nadpisu napsáno [ne]pasivní.
- nesnaží se pro svou tepelnou bilanci využívat slunce! Všechna okna na sever!
- dům má dvě tepelná čerpadla (druhá polovina dvojdomu má další dvě).
- dům je přízemní, poměrně malý bungalov – má proto velice nepříznivý poměr A/V.
- dům má jako základ vytápění jeden zdroj tepla (v jedné místnosti) pro celý dům. A ono to funguje! Kdo nevěří, ať se přijede podívat.
- dům má vnitřní zateplení – teoreticky bez akumulační hmoty uvnitř domu.
- dům má okna, která mají U lehce nad  $0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .
- návratnost lepších oken vycházela ve stovkách let!
- nucené větrání je řešeno „atypicky“ - čerstvý vzduch je vydýchán v místě, kde jsou lidé, a množství větraného vzduchu je v průměru cca  $30\text{--}80 \text{ m}^3/\text{h}$  pro tři osoby při koncentraci  $\text{CO}_2$  v rozmezí 800-1 300 ppm.

## Měření

Dům je osazen desítkami čidel. Měří se teplota, vlhkost, koncentrace  $\text{CO}_2$ , spotřeba elektrické energie. Ale i další – povrchové teploty, elektrosmog, magnetické pole, záporné ionty atd.

## Měření skutečných spotřeb

Topná sezóna začala v listopadu a skončila v březnu, délka topné sezóny 120 dní, průměrná venkovní teplota topné sezóny byla  $0^\circ\text{C}$ . Vnitřní teplota se pohybovala mezi  $19\text{--}22^\circ\text{C}$ , nižší teplota byla zcela záměrně v ložnici (jsme na to tak zvyklí). V obývacím pokoji byla teplota mezi  $20\text{--}22^\circ\text{C}$ , nižší byla v noci v době spánku, kdy bylo vytápění vypnuto a ráno s předstihem opět zapnuto. Díky výborné tepelné izolaci a trojsklům je povrchová teplota stěn, podlah, stropů a oken téměř stejná jako teplota vzduchu, díky čemuž teplota vzduchu odpovídá teplotě minimálně  $23^\circ\text{C}$  v normálním domě.



Spotřeba tepelného čerpadla byla za sledované období 456 kWh, přepočteno na peníze cca 1 350 Kč. Průměrná spotřeba domu byla 5,1 kWh/m<sup>2</sup>a. Proto jsem si dovolil dát do názvu „Téměř nulový dům“.

Spotřeba tepelného čerpadla na ohřev vody je cca 25-30 kWh/měsíc, spotřeba rekuperace 50 kWh/sezona.

Požadavek na primární energii 120 kWh/(m<sup>2</sup>a) se také jednoznačně podaří splnit, podle měření bude skutečná spotřeba cca 45 kWh/(m<sup>2</sup>a). Celkem 4 000 kWh/a, z toho 300 kWh ve vysokém tarifu a 3 700 kWh v nízkém tarifu (díky tepelnému čerpadlu).

## VI.

# Pasivní rodinný dům “Vějíř” - výpočty a skutečnost

Ing. Rostislav Kubíček, Vize Ateliér, s.r.o.

Běhounská 22, 602 00 Brno, Česká republika

Tel: +420 777 887 839, e-mail: kubicek@vizeatelier.eu,

www.VizeAtelier.eu, www.facebook.com/VizeAtelier.eu

## 1. Úvod

Na konferenci 2009 jsme prezentovali pasivní rodinný dům v Brně-Bystrci pro čtyřčlennou rodinu, který splňuje pasivní standard dle přesného posouzení v PHPP. (Stavba z VPC tl. 175 mm, založená na železobetonové desce na štěrku z pěnového skla, střecha z příhradových vazníků s foukanou celulózou se zelenou střechou, okna se solárními trojskly, podlahová plocha 134 m<sup>2</sup>).



Obr. 1 Vizualizace

## 2. Výpočet

Dle PHPP byla vyčíslena potřeba tepla na vytápění (14 kWh/m<sup>2</sup>rok) a potřeba primární energie, tyto hodnoty byly následně přepočteny na peníze, tedy náklady na celkový provoz domu,

VI.

Zkušební z realizace, kontrola kvality, měření spotřeby

kteře dosahovaly 19 tisíc ročně za veškeré energie. Z toho 5 050,- za vytápění a 13 950,- za ostatní energie (teplou vodu, spotřebiče a pomocné en.).

### 3. Skutečnost

Po prvním celoročním provozu máme již účty a náklady se dostaly na 20,4 tisíc korun.

Rozdíl ve výpočtu a ceně po prvním roce provozu může být způsoben tím, že jde o první sezónu, kdy se majitelé s domem sžívají, poté tím, že vysychají stavební materiály domu (převážně beton základové desky, který je uvnitř tepelné obálky) a nebo i zvýšením ceny el. energie.



Obr. 2 Skutečnost (před dokončením teras)

### 4. Cena stavby

Celková cena stavby je 3,4 mil. korun. V ceně jsou zahrnuty veškeré náklady od první myšlenky majitelů, že si postaví dům, přes projektovou dokumentaci, stavbu včetně povrchových úprav (dlažeb, obkladů), zařizovacích předmětů koupelny a WC, zařízení kuchyně, veškerou techniku (včetně solárních kolektorů) až po rostlinky na střeše. V ceně není pouze pozemek, který získali od rodiny.

Majitelé dále získali dotaci Zelená úsporám z fondu životního prostředí a to celkem 405 tis. korun. Z cenou stavby se tedy nakonec vešli do 3 mil. korun.

## 5. Závěr

Stavba pasivního domu se vyplatí a nemusí být cenově nedosažitelná. Dle ceny za provoz je vidět, že posouzení a optimalizace v PHPP je přesné a odpovídá skutečnosti. Kvalitní projektová příprava s odbornou firmou a odborný dozor stavby se majitelům vyplatil.

*Něco navíc:*

*„V případě porovnání s vlastními náklady nezapomeňte zohlednit, kolik osob žije ve Vaší domácnosti a velikost podlahové plochy Vašeho domu.“*



Obr. 3 Interiér

VI.

Zkušební z realizace, kontrola kvality, měření spotřeby

VI.

Zkušenosti z realizace, kontrola kvality, měření spotřeby



# Sledování energetických vlastností úsporných domů - byt v nízkoenergetickém domě

*Michal Bureš, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze  
Thákurova 7, 169 00 Praha 6, Česká republika  
Tel: +420 606 456 924, e-mail: michal.bures@fsv.cvut.cz*

---

## 1. Anotace

U staveb s nízkou spotřebou energií a využívajících obnovitelné zdroje energie je nezbytné v projektové fázi udělat větší množství výpočtů, které předpovídají chování domu. Přesto jsou obvyklé výpočtové postupy značně zjednodušené a také technické systémy jsou zatíženy nejistotou a jejich reálný přínos může být v závislosti například na klimatických podmínkách nebo na chování uživatelů rozdílný.

Pokud chceme znát skutečné chování domu a jeho technického zařízení, je nutné provádět dlouhodobá měření při reálném provozu. Možností realizovat takové měření není mnoho. V nízkoenergetickém bytovém domě v Dolních Měcholupech se naskytla příležitost detailně monitorovat rozsáhlý technický systém jednoho bytu.

Cílem sledování bylo zejména:

- Monitorování energetických toků v jednom bytě
- Vyhodnocení přínosů jednotlivých systémů
- Stanovení energetické náročnosti technických systémů

VI.

Zkušební z realizace, kontrola kvality, měření spotřeby



Obr. 1 Nízkoenergetický bytový dům – Dolní Měcholupy

## 2. Popis měření

Měření je instalováno v přízemním bytě bytového domu v Praze, Dolních Měcholupech (Obr. 1). Stavba byla navržena s minimální potřebou tepla na vytápění. Objekt získal ocenění první nízkoenergetický bytový dům v České republice. Měřený byt je oproti standardním navíc osazen dalšími systémy s cílem být v ročním úhrnu energeticky nulový.

Na energetickém fungování bytu se podílí několik odlišných systémů, které se potkávají v integrovaném zásobníku tepla (IZT). Zde předávají nebo odebírají tepelnou energii a tak lze integrovaný zásobník tepla nazvat „energetickým srdcem“ celého bytu. Vytápění bytu je provedeno jako teplovzdušné. Doplňné je v sociálních místnostech o teplovodní topné žebříky nebo deskové tělesa.

Měření probíhá samostatně na těchto okruzích:

- Vzduchotechnická jednotka s rekuperací tepla Atrea Duplex RB-S 730
- Zemní solankový plošný kolektor
- Integrovaný zásobník tepla pro přípravu TV a vytápění IZT SN 615
- Krbová vložka s výměníkem pro ohřev vody Aquador RS 12
- Solární vakuové deskové kolektory Lagosol SK 4.0-w
- Měření parametrů vnitřního prostředí (teplota, vlhkost, CO<sub>w</sub>)
- Měření parametrů venkovního prostředí (teplota, solární záření)

Celkem je k měření použito 22 ks teplotních čidel, 6 ks průtokoměrů, 5 ks elektroměrů, 2 ks vlhkostních čidel a jeden pyranometr. Většina čidel je umístěna na rozvodech jednotlivých systémů přímo v technické místnosti. K záznamu a ukládání dat z čidel je použita měřící ústředna Almemo 5690-2M.

Z nabytých zkušeností je důležité připomenout důslednou přípravu pro rozmístění měřících bodů. Je nutné si předem uvědomit, které hodnoty potřebujeme znát pro to, abychom si zpětně mohli udělat reálný obraz o chování systému. Dalším důležitým úkolem je vytvořit pravidelné a spolehlivé stahování dat a také jejich samotné vyhodnocení, které bez softwarové automatizace zabírá nepřiměřené množství času.

### 3. Závěr

Měření probíhalo za spolupráce Katedry konstrukcí pozemních staveb ČVUT v Praze a firmy JRD, s. r. o., v rámci výzkumného projektu MPO 2A–1TP1/129. Jedním z výsledků projektu je kniha kolektivu autorů Sledování energetických vlastností pasivních domů. Kniha mimo jiné popisuje problémy, které nastávají při stavebně-energetických měřeních, je inspirací, jak se problémům vyvarovat, a otevírá diskusi co lze a nelze sledovat.

### 4. Literatura

- (1) Kolektiv autorů: Sledování energetických vlastností pasivních domů. Grada, 2012, *Estalungsgrundlagen Passivhäuser*. Darmstadt – Verlag das Beispiel GmbH, 2000, 96 s.



# VII. POZNÁMKY

VII.

Poznámky

**VII.**

## VII.



Poznámky



## VII.





## VII.





INŠTITÚT PRE  
ENERGETICKY  
PASÍVNE DOMY

– je občianske združenie, ktorého hlavným cieľom je všestranne podporovať výstavbu pasívnych domov. Zameriava sa najmä na šírenie informácií o energeticky pasívnych domoch medzi odbornou a laickou verejnosťou a vytvára platformu spolupráce medzi odborníkmi, spoločnosťami a ďalšími záujemcami, ktorí sú aktívni v energeticky efektívnej výstavbe.



člen

– sa zaujíma o zvyšovanie kvality energeticky efektívnej výstavby, realizáciu v čo najlepšom štandarde, znížovanie energetickej náročnosti existujúcich objektov, prihliada na zabudovanú energiu materiálov, aktívne sa podieľa na šírení technicko-odborných poznatkov medzi členmi inštitútu a smerom k odbornej a laickej verejnosti vystupuje s cieľom zvýšiť informovanosť a povedomie o problematike.

### *aktivity*

- medzinárodné konferencie "Pasívne domy"
- medzinárodné podujatia "Dni pasívnych domov"
- exkurzie do pasívnych domov
- informačná internetová stránka [www.iepd.sk](http://www.iepd.sk)
- publikácie o pasívnych domoch
- organizovanie výstav
- účasť na stavebných veľtrhoch

### *odborná činnosť*

- semináre pre architektov a projektantov
- poradenstvo a energetická optimalizácia projektov
- skúšky a certifikáty produktov od PHI Darmstadt
- certifikácia pasívnych domov od PHI Darmstadt
- distribúcia a podpora výpočtového programu PHPP

### *medzinárodná spolupráca*

- člen International Passive House Association
- české Centrum pasívneho domu
- nemecký Passivhaus Institut, Darmstadt
- účasť na rôznych medzinárodných projektoch

[www.iepd.sk](http://www.iepd.sk)

Online portál IEPD je zdrojom informácií v oblasti pasívnych domov pre odbornú i laickú verejnosť.

Je miestom, kde sa môžete dozvedieť viac o koncepte, výhodách a príkladoch pasívnych domov. Nájdete tu projektantov, realizačné firmy ako aj výrobcov materiálov a komponentov vhodných pre pasívne domy.



# Skutečně nezávislý Kalkulátor cen energií

Porovnání  
dodavatelů  
elektriny a plynu  
na stránkách  
[kalkulator.tzb-info.cz](http://kalkulator.tzb-info.cz)



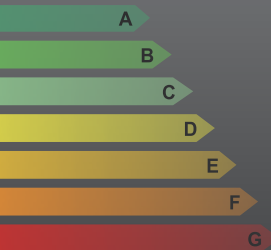
**Novinka**

Internetový portál TZB info  
Vás srdečně zve na konferenci

## Energetická náročnost budov 2013

Nová legislativa od ledna 2013. Novela zákona  
č. 406/2000 Sb. a vyhlášky č. 148/2007 Sb.  
a nové podmínky pro přezkušování  
oprávněných osob v seznamu  
energetických expertů.

8. 11. 2012  
Praha 6



**tzbinfo**  
stavebnictví, úspory energií  
technická zařízení budov



Tovární 1112, 537 01 Chrudim  
tel: 469 622 448



Mišákova 468/41, 772 00 Olomouc  
tel: 776 176 196



[www.asting.cz](http://www.asting.cz)

[www.medmax.cz](http://www.medmax.cz)



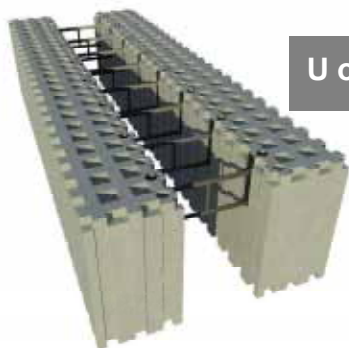
Asting CZ Pasivní domy s.r.o.

## PROJEKTANTI a STAVEBNÍ FIRMY

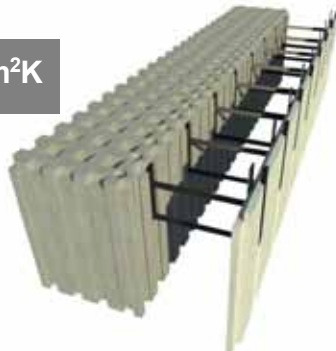
hledáme spolupracovníky z Vašich řad pro náš revoluční systém



- VÝHRADNÍ STAVEBNÍ SYSTÉM MEDMAX, MAXPLUS A MAXPLUS AKU
- PROJEKCE PASIVNÍCH A NÍZKOENERGETICKÝCH DOMŮ - MASIVNÍCH STAVEB I DŘEVOSTAVEB
- NOVOSTAVBY A REKONSTRUKCE
- ODBORNÉ PORADENSTVÍ V OBLASTI ÚSPOR ENERGIÍ A STAVEBNÍHO SYSTÉMU MAXPLUS
- CELOREPUBLIKOVÁ ČINNOST



$U_{od} = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$



**maxplus**  
**aku**

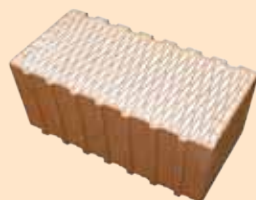
# PRVNÍ PASIVNÍ CIHLOVÝ DŮM V ČR



AREÁL VÝSTAVIŠTĚ V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

## TEPELNĚTECHNICKÉ VLASTNOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEBNÍCH OTVORŮ

konstrukce	U (W/m <sup>2</sup> K)	R (m <sup>2</sup> K/W)
střecha (7°)	0,09	10,94
stěna vnější	0,11	8,92
okna	0,61	
podlaha na terénu	0,13	7,52



HELUZ FAMILY 50 2in1  
U = 0,11 W/m<sup>2</sup>K

## VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POSOUZENÍ PODLE TNI 73 0329 (2010)

### Výsledky výpočtu:

průměrný součinitel prostupu tepla budovy  $U_{em} = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

$U_{em} < 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  - požadavek pro energeticky pasivní RD je splněn

měrná potřeba tepla na vytápění  $E_A = 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

$E_{Amax} = 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  - požadavek pro energeticky pasivní RD je splněn

celková tepelná ztráta objektu (včetně větrání) -  $Q = 2,59 \text{ kW}$





## Certifikace pasivního domu - ZDARMA

### Přínosy pro Vás:

- [ ] Vysoce kvalitní bydlení dle moderních evropských standardů
- [ ] Zajištění minimální spotřeby energie
- [ ] Zhodnocení nemovitosti

### Základní kritéria pasivního domu dle PHI Darmstadt (Passivhausinstitut Darmstadt):

- [ ] Měrná spotřeba tepla na vytápění  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \text{ rok}$
- [ ] Neprůvzdušnost  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- [ ] Měrná spotřeba primární energie  $\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \text{ rok}$



### Podmínky certifikace pasivního domu - ZDARMA

- [ ] Použití vápenopískových cihel Kalksandstein značky Zapf Daigfuss
- [ ] Použití oken značky Internorm
- [ ] Návrh stavební fyziky a výpočet provede společnost Kalksandstein CZ s.r.o.

### Tuto prestižní certifikaci hradí společnosti:

- [ ] **Zapf Daigfuss** = nejstarší výrobce vápenopískových cihel na světě. Již 112 let tradice!
- [ ] **Internorm** = největší mezinárodně působící evropská značka oken. Již 80 let zkušeností!
- [ ] **Kalksandstein CZ** = bohaté zkušenosti ve stavební fyzice a ve výpočtech pasivních domů.

# REFAGLASS®

pěnové sklo

ČLEN SDRUŽENÍ



CENTRUM  
PASIVNÍHO  
DOMU

[www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

## Tepelná izolace základových desek



### Vlastnosti pěnového skla REFAGLASS



TEPELNÁ IZOLACE



NÍZKÁ OBJEMOVÁ HMOTNOST



PEVNOST V TLAKU



NEHOŘLAVOST



#### **Technické údaje**

Váha volně sypaná: 150 - 180 kg/m<sup>3</sup>

Výpočtová hodnota tepel. vodivosti: 0,075 W/m<sup>2</sup>/K

Únosnost materiálu po zhuštění: 0,85 - 1,30 Mpa

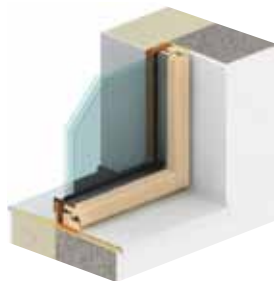
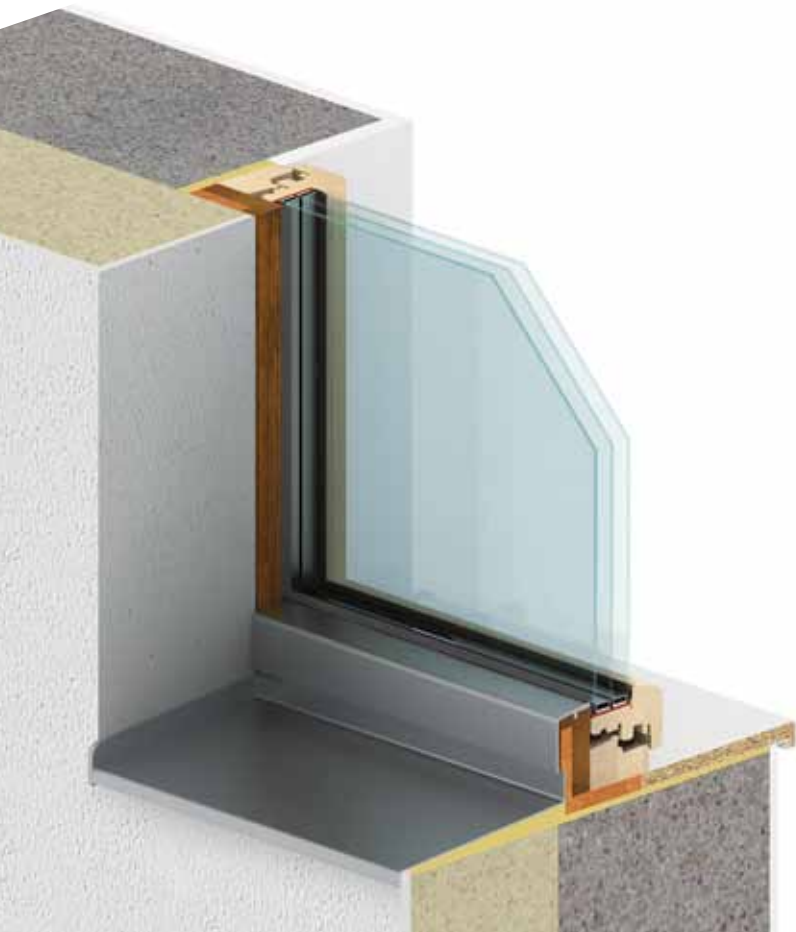
Dodávky: volně ložený materiál, balení BIG BAG

**RECIFA a. s.**

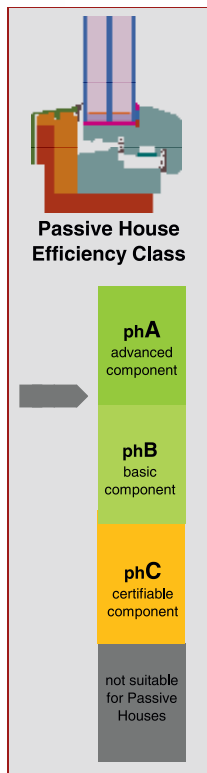
Příbram III / 168 Příbram • Česká republika

tel.: +420 318 474 777 • fax: +420 318 635 162

[info@refaglass.cz](mailto:info@refaglass.cz) • [www.refaglass.cz](http://www.refaglass.cz)



- Moderní minimalistický vzhled zvenku
- Dřevěné okno zevnitř
- Zvýšené solární zisky
- Dlouhá životnost
- Bezpečnostní kování se skrytými závěsy
- Certifikát Passive House Institutu ve tř. A



ČLEN SDRUŽENÍ

 **CENTRUM PASIVNÍHO DOMU**

[www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

# Atrea®

SPECIALISTA NA VĚTRÁNÍ  
A REKUPERACI TEPLA

[www.atrea.cz](http://www.atrea.cz)

ATREA s. r. o. , V Aleji 20, 466 01 Jablonec nad Nisou,  
tel.: (+420) 483 368 111, [atrea@atrea.cz](mailto:atrea@atrea.cz)

## REKUPERAČNÍ JEDNOTKY pro centrální bytové větrání



DUPLEX-S 1600 Flexi



- kompaktní rozměry, variabilita
- maximálně úsporný provoz díky EC ventilátorům
- zařízení vhodné pro pasivní domy
- certifikovaná účinnost rekuperace 83 až 88 %
- ve své kategorii jediný certifikovaný výrobce v ČR

VĚTRÁNÍ • REKUPERACE TEPLA



# ISOCELL

[WWW.ISOCELL.COM](http://WWW.ISOCELL.COM)

**PŘÍRODNÍ CELULÓZOVÁ IZOLACE VZDUCHOTĚSNÉ SYSTÉMY**



Jsme největší tuzemskou osvětovou a poradenskou organizací, která podporuje výstavbu a kvalitu pasivních domů v České republice.

Sdružujeme přední architekty, projektanty, stavební firmy, výrobce stavebních materiálů a prvků a další odborníky, kteří mají zkušenosti s pasivními domy.

## Pasivním domům totiž rozumíme. Zeptejte se nás!



- » poskytujeme **odborné poradenství**
- » realizujeme veřejné **semináře a přednášky**
- » **vzděláváme odborníky** ve specializovaných kurzech
- » **ověřujeme kvalitu** – certifikace projektů a domů
- » vydáváme odborné **publikace**
- » pořádáme **mezinárodní konference**
- » předáváme **zkušenosti majitelů pasivních domů**
- » podporujeme **výzkum a vývoj**
- » zprostředkováváme **praxe studentů stavebních oborů**



ISBN 978-80-904739-2-8



9 788090 473928 >

