

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**Pedagogická fakulta**

Katedra technické a informační výchovy

# **Energeticky úsporné domy**

Bakalářská práce

David Rosskohl

OLOMOUC 2014

vedoucí práce: Mgr. Martin Havelka, Ph.D.

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí práce.

V Olomouci dne 21. dubna 2014

.....

David Rosskohl

**Poděkování:**

Na tomto místě bych velice rád poděkoval panu Mgr. Martinu Havelkovi Ph. D., za odborné vedení, cenné připomínky, rady a čas, které mi poskytl při vypracování této bakalářské práce.

# Obsah

Úvod.....	1
A Teoretická část.....	2
1 Energeticky úsporné domy.....	2
1.1 Vymezení pojmu.....	2
1.2 Kritéria energeticky úsporných domů.....	2
1.3 Popis různých energetických standardů budov.....	4
1.3.1 Nízkoenergetický dům.....	5
1.3.2 Pasivní dům.....	5
1.3.2.1 Historie výstavby pasivních domů.....	6
1.3.3 Nulový dům.....	8
1.3.4 Energeticky nezávislý dům.....	9
1.3.5 Aktivní dům.....	10
2 Základní prvky energeticky úsporného domu.....	11
2.1 Zastavovací a koncepční podmínky.....	11
2.1.1 Lokální klimatické podmínky.....	11
2.1.2 Volba pozemku a osazení budovy.....	12
2.1.3 Tvarové řešení a velikost domu.....	14
2.1.4 Vytváření teplotních zón.....	15
2.1.5 Umístění prosklených ploch.....	16
2.1.6 Ochrana proti přehřívání budovy.....	17
2.2 Tepelná ochrana obvodového pláště.....	17
2.2.1 Tepelná ochrana v zimním období.....	18
2.2.2 Tepelná ochrana v letním období.....	18
2.3 Eliminace tepelných mostů.....	20
2.3.1 Rozdělení tepelných mostů a termovizní snímkování.....	21
2.4 Vzduchotěsnost obvodového pláště.....	23
2.4.1 Tlaková zkouška vzduchotěsnosti.....	24
2.5 Tepelná akumulace.....	25
2.6 Tepelná stabilita.....	25
2.7 Technické vybavení EUD.....	27
2.7.1 Větrání.....	27
2.7.1.1 Nucené větrání - nezbytná součást EUD.....	28

2.7.1.2	Rekuperace tepla.....	29
2.7.1.3	Rekuperační výměníky – typy a protimrazová ochrana.....	30
2.7.1.4	Koncepce nuceného větrání.....	31
2.7.1.4.1	Centrální koncepce větrání.....	31
2.7.1.4.2	Decentrální koncepce větrání.....	32
2.7.2.	Zemní kolektor.....	32
2.7.2.1	Zemní vzduchový kolektor.....	33
2.7.2.1.1	Návrh a realizace zemního vzduchového kolektoru.....	33
2.7.2.2	Zemní kapalinový kolektor.....	34
2.7.3	Vytápění.....	35
2.7.3.1	Teplovzdušný systém vytápění.....	35
2.7.3.2	Kombinace nuceného větrání a klasického vytápění.....	36
2.7.4	Ohřev teplé vody.....	37
2.7.4.1	Koncepce akumulace energie.....	37
2.7.4.2	Koncepce kombinace zdrojů.....	38
2.7.5	Solární kolektory.....	39
2.7.6	Fotovoltaické články.....	40
2.8	Využívání elektrického proudu.....	41
2.9	Chování uživatelů.....	42
2.10	Ekologická bilance EUD.....	42
2.10.1	Šedá energie EUD pod drobnohledem studie.....	42
2.10.2	Odstranění a recyklace EUD.....	44
2.11	Optimalizace prvků.....	44
3	Doprovodné technologie a prvky EUD.....	45
3.1	Rekuperace tepla z odpadní vody.....	45
3.2	Hospodaření s vodou.....	45
3.3	Kompostovací záchody.....	46
3.4	Kořenové čistírny.....	47
3.5	Zelené střechy.....	48

B Aplikační část.....	50
4 Případové studie EUD v praxi.....	50
4.1 Rekonstrukce rodinného domu na dům v nízkoenergetickém standardu v Nákle.....	50
4.1.1 Umístění stavby a celkové pojetí první fáze rekonstrukce.....	50
4.1.2 Druhá fáze rekonstrukce – Zelená úsporám.....	51
4.1.3 Aplikované prvky EUD při rekonstrukci RD Náklo.....	53
4.1.4 Technické vybavení domu.....	54
4.1.4.1 Vytápění.....	54
4.1.4.2 Větrání.....	54
4.1.4.3 Ohřev teplé vody.....	56
4.1.4.4 Fotovoltaické panely.....	57
4.1.5 Úsporné spotřebiče a chování uživatelů.....	57
4.1.6 Co bych změnil nebo udělal jinak?.....	57
4.1.7 Souhrnné informace o objektu.....	58
4.2 Novostavba Seminárního centra v Hostětíně.....	59
4.2.1 Urbanismus a architektura.....	59
4.2.2 Koncepce.....	60
4.2.3 Použité konstrukční řešení a materiály.....	60
4.2.4 Prosklené plochy.....	61
4.2.5 Technické vybavení.....	62
4.2.6 Ekologický přístup stavby.....	62
4.2.7 Financování a realizace.....	63
4.2.8 Souhrnné informace o objektu.....	63
4.3 Přízemní rodinný dům na Sluneční ulici v Hradčanech u Tišnova.....	65
4.3.1 Umístění a celkové pojetí stavby.....	65
4.3.2 Konstrukční řešení domu.....	66
4.3.3 Souhrnné informace o objektu.....	67
5 Závěr.....	68
6 Použitá literatura.....	70
7 Anotace.....	73

## Úvod

Dostatek energie byl, je a bude podstatným kritériem růstu i pádu lidské civilizace. Bez výjimky všechny vyspělé civilizace, které kdy existovaly v historii lidstva, byly vždy svázány s potřebou dostatku zdrojů, energie nevyjímaje. Vždy platila přímá úměra mezi mírou vyspělosti civilizace a množstvím dostupných energetických zdrojů. Dlouhodobá nerovnováha potřeby a nabídky energetických zdrojů měla za následek pád nejméně jedné civilizace.

Naše technicky založená civilizace je v současnosti obrovským spotřebitelem energie. Mezi oblastmi lidské činnosti s největší mírou spotřeby energie patří průmysl, doprava a budovy. Posledně zmíněné budovy se podílejí na celkové spotřebě energie cca 40 %. Vzhledem k neustále zvyšujícím se cenám energií roste tlak na úspory energie při nové výstavbě, tak i při provozu budov. Všeobecně platí poučka: “Nejlevnější je energie, kterou nebylo třeba vyrobit“. Proto trend úsporného bydlení narůstá na důležitosti.

Předkládaná bakalářská práce si klade za cíl prezentovat možnosti výstavby energeticky úsporných domů jakožto staveb, které svým komplexním pojetím energií neplýtvají, ale naopak ji i produkují. Cílem práce v rovině teoretické je vymezení základních pojmů a vztahů řešené problematiky. V rovině aplikační jsou cílem práce případové studie několika typů budov. Osobně mám zkušenosti s rekonstrukcí a bydlením v nízkoenergetickém rodinném domě v Nákle, které uvádím v první studii. Dále následují studie novostavby skupiny pasivních budov Seminárního centra v Hostětíně a novostavby přízemního rodinného domu v Hradčanech u Tišnova v téměř pasivním standardu.

# A Teoretická část

## 1 Energeticky úsporné domy

### 1.1 Vymezení pojmu

**Energeticky úsporné domy (EUD)** jsou takové stavby, které jsou navrženy a postaveny tak, že náklady na zajištění jejich provozu jsou nižší, než stanoví aktuálně platné normy a předpisy. Pro výpočet nákladů na provoz jsou důležité zejména náklady na vytápění, či chlazení domu, větrání, ohřev teplé užitkové vody, spotřebu vody a elektrické energie. Do těchto nákladů se nezapočítává spotřeba energie nutné k realizaci stavby, tedy zejména energie potřebná k výrobě a dopravě stavebních materiálů.

Stavební materiály používané pro tyto stavby musí mít vždy lepší parametry, než pro danou stavbu požaduje ČSN 730540-2:2011 a další předpisy související s výstavbou.

V současnosti můžeme rozlišit několik kategorií energeticky úsporných domů, které jsou nazývány: nízkoenergetický (NED), pasivní (PD), nulový (ND) a aktivní (AD) (1), (2).

### 1.2 Kritéria energeticky úsporných domů

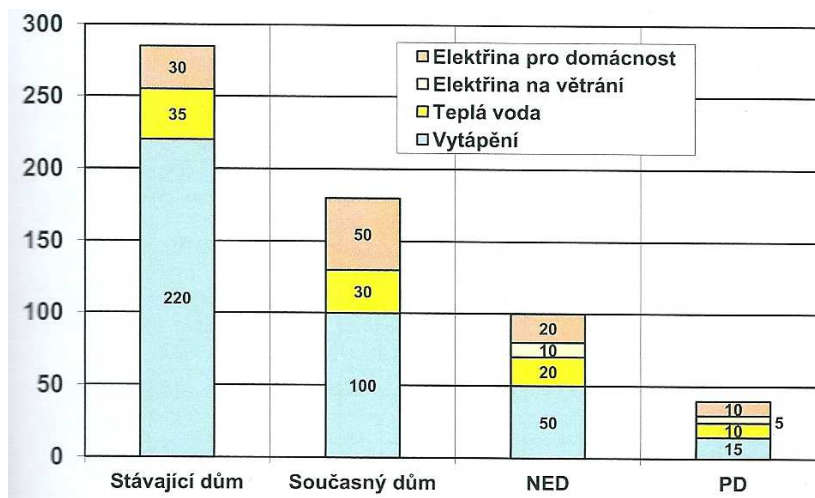
Pro posouzení celé budovy z hlediska energetické náročnosti se v praxi využívá termín **Měrná potřeba tepla na vytápění ( $E$ )**, která udává potřebu tepla v kWh na vytápění 1 m<sup>2</sup> stavby budovy za 1 rok (dále jen kWh/(m<sup>2</sup>.a)). Měrná potřeba tepla pro vytápění a větrání se dosud pohybuje u stávající výstavby v rozmezí (120 - 220) kWh/(m<sup>2</sup>.a). Oproti tomu u NED zaznamenáme potřebu (30 - 50) kWh/(m<sup>2</sup>.a) a u PD dokonce 15 kWh/(m<sup>2</sup>.a), resp. 20 kWh/(m<sup>2</sup>.a). U nulových domů jde potřeba tepla pod 5 kWh/(m<sup>2</sup>.a) a aktivní domy dokonce hospodaří s přebytky.

V níže uvedené tabulce č. 1 se nachází porovnání těchto náročností pro různé typy budov a kritéria pro různé typy konstrukcí, které vytvářejí obvodové pláště budov. Současně tabulka obsahuje hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění, měrné spotřeby tepla na přípravu teplé vody, měrné spotřeby elektrické energie v domácnosti a souhrnnou měrnou potřebu tepla pro vytápění (UT), vzduchotechniku (VZT), teplou vodu (TV) a elektroinstalaci (EI).

Především z kritéria souhrnné měrné potřeby je evidentní propastný rozdíl mezi jednotlivými typy budov. U stávajících domů se pohybuje v rozmezí (185 - 285) kWh/(m<sup>2</sup>.a) a u domů pasivních pouze v rozmezí (35 až 45) kWh/(m<sup>2</sup>.a).



Na obr. č. 1 najdeme názorně v grafické podobě zpracované energetické parametry z tab. č. 1, kde nám přibyla kategorie „Současný dům!“. Jsou to budovy vystavěné podle stávajících kritérií jasně stanovených v ČSN 730540-2:2011 (1), (2), (3).



Obr. č. 1: Potřeba energie na provoz stávajícího a současného domu, NED a PD, uvedeno v kWh/(m²·a) (3, s. 43).

Tab. č. 1: Porovnání energetických charakteristik stávajících domů, nízkoenergetických a pasivních domů (3, s. 42).

Stávající domy	Nízkoenergetické domy	Pasivní domy
$Q > 110 \text{ W/m}^2$	$Q = 20 \text{ až } 40 \text{ W/m}^2$	$Q = 10 \text{ W/m}^2$
$U_{okna} > 2,50 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U_{okna} < 1,00 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U_{okna} < 0,80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
$U_{konstrukce} > 0,50 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U_{konstrukce} < 0,18 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$U_{konstrukce} < 0,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$
<u>Charakteristika:</u> Klasická otopná soustava je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken	<u>Charakteristika:</u> Klasická soustava o menším výkonu, dobrá tepelná izolace stěn, řízené větrání	<u>Charakteristika:</u> Teplovzdušné vytápění s rekuperací, velmi těsný obvodový plášť a okna
Měrná potřeba tepla pro vytápění a větrání kWh/(m²·a)		
120 až 220	30 až 60	< 15 až 20
Měrná potřeba tepla pro ohřev teplé vody kWh/(m²·a)		
35	< 20	10 až 15
Měrná potřeba elektrické energie v domácnosti kWh/(m²·a)		
30	< 20	10 až 15
Souhrnná měrná potřeba tepla (UT+VZT+TV+EI) kWh/(m²·a)		
185 až 285	70 až 100	35 až 45

Tab. č. 2: Vztah potřeby energie na vytápění a energetická kritéria konstrukcí, které vytvářejí obvodový plášť stavby (3, s. 44).

Potřeba energie na vytápění typického RD pro jednu rodinu	kWh/m <sup>2</sup> a <b>300 - 250</b>	kWh/m <sup>2</sup> a <b>120 - 100</b>	kWh/m <sup>2</sup> a <b>50 - 40</b>	kWh/m <sup>2</sup> a <b>≤15</b>
DRUH STAVBY	<b>Naprostě nedostatečná tepelná izolace</b> Konstrukčně nevyhovující, neúnosná cena za vytápění. (Typické venkovské budovy a nemodernizované staré budovy.)	<b>Nedostatečně tepelně izolovaný dům</b> Nutná energetická sanace. (Typická občanská výstavba 50.-70. let minulého století.)	<b>Nízkoenergetické domy</b>	<b>Pasivní domy</b> (Jedním z požadavků pasivních domů je splnění parametrů pro konstrukce.)
KONSTRUKCE	Typické hodnoty součinitele U a tloušťky izolací			
Obvodové stěny (masivní, tl. 25cm) Tloušťka izolace	1,30 W/(m <sup>2</sup> K) 0 cm	0,40 W/(m <sup>2</sup> K) 6 cm	0,20 W/(m <sup>2</sup> K) 16 cm	0,13 W/(m <sup>2</sup> K) Průměrně 30 cm
Střecha Tloušťka izolace	0,90 W/(m <sup>2</sup> K) 4 cm	0,22 W/(m <sup>2</sup> K) 22 cm	0,15 W/(m <sup>2</sup> K) 30 cm	0,10 W/(m <sup>2</sup> K) 40 cm
Podlaha na terénu Tloušťka izolace	1,0 W/(m <sup>2</sup> K) 0 cm	0,40 W/(m <sup>2</sup> K) 6 cm	0,25 W/(m <sup>2</sup> K) 10 cm	0,15 W/(m <sup>2</sup> K) 26 cm
Okna	5,10 W/(m <sup>2</sup> K) Jednoduché zasklení	2,80 W/(m <sup>2</sup> K) Izolační dvojsklo (plněné vzduchem)	1,10 W/(m <sup>2</sup> K) Tepelně-izolační dvojsklo	0,80 W/(m <sup>2</sup> K) Tepelně-izolační trojsklo, speciální rám
Větrání	Netěsné spoje	Otevřená okna	Jednotka nuceného větrání s rekuperací	Komfortní ventilační systém s rekuperací tepla
Emise CO <sub>2</sub>	60 kg/m <sup>2</sup> a	30 kg/m <sup>2</sup> a	10 kg/m <sup>2</sup> a	2 kg/m <sup>2</sup> a
Roční spotřeba energie litry palivového oleje/m <sup>2</sup> obytné plochy	30-25 litrů	15-10 litrů	4-5 litrů	1.5 litru

Z tab. č. 2 je zřejmý vztah mezi potřebou energie na vytápění a kritériem vztaženým na konstrukce vytvářející obvodové pláště staveb. Hodnoty a kategorie zde uvedené jsou poněkud rozdílné oproti parametrům v tab. č. 1. Pro návrh konstrukcí EUD se však doporučuje používat kritéria tab. č. 2 pro jejich podrobnou specifikaci (3).

### 1.3 Popis různých energetických standardů budov

Nejběžnějším zástupcem energeticky úsporného domu je **nízkoenergetický dům**, jehož postupné zdokonalování dalo vzniknout **domu pasivnímu**. V zástavbě se dnes vyskytuje mnoho budov, které jsou svými parametry někde mezi NED a PD, kde E je (20 - 30) kWh/(m<sup>2</sup>.a). Často se tak můžeme setkat s označením „téměř PD“ nebo „dům s velmi nízkou potřebou tepla“. Ne vždy lze vzhledem k okolním podmínkám (nevýhodné místní podmínky, finanční nebo jiná omezení) dosáhnout pasivního standardu. Tyto domy zdaleka nejsou podřadnou kategorií EUD (4).

### 1.3.1 Nízkoenergetický dům

Za nízkoenergetický dům (NED) lze považovat takovou stavbu, jejíž potřeba tepla je maximálně  $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , bez ohledu na tvar budovy. Je logické, že budova s kompaktním tvarem toto kritérium snáze splní než budova členitá (obr. č. 2). Pro NED je charakteristický vysoký tepelně izolační standard a neprůvzdušnost obvodových konstrukcí, odstranění vlivu tepelných mostů, zvýšené solární zisky, řízené větrání s rekuperací tepla, využití obnovitelných energetických zdrojů a účinný systém vytápění, který je obvykle koncipován jako nízkoteplotní (4).

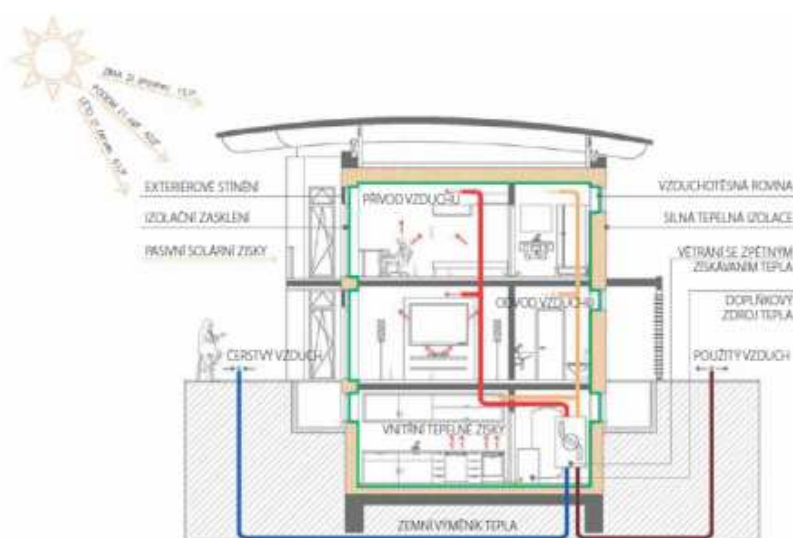


Obr. č. 2: Rodinný NED pod Tribečem (SR) (4, s. 15).

### 1.3.2 Pasivní dům

Jde o další vývojový stupeň EUD, který se vyznačuje ještě výraznějším snížením **energetické potřeby budovy** nepřevyšující  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Tato hodnota je v souvislosti s PD uváděna nejčastěji, ale na rozdíl od NED je však pouze jedním z mnoha náročných požadavků. Mezi další patří **neprůvzdušnost obálky budovy**  $n_{50}$  (ověřená tlakovou zkouškou) a **celková potřeba primární energie** budovy (nižší než  $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ). Základním principem PD je výrazně snížit tepelné ztráty budovy do té míry, že v ní již není nutný tradiční způsob vytápění. Pro PD je tedy charakteristický základní a obvykle jediný zdroj externě dodávaného tepla. I v nejchladnějším období roku představuje malé množství zbytkové potřeby tepla ohřev vzduchu, který je přiváděn systémem řízeného větrání.

Již samotný název „pasivní dům“ vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků v budově. Jsou to externí zisky ze slunečního záření procházející okny a zisky interní z tepla vyzařované lidmi a spotřebiči. Díky velmi kvalitní tepelné izolaci tyto zisky „neutíkají ven“ a většinou postačí k zajištění příjemné vnitřní teploty po vytápěcí sezóně. V německy mluvících zemích se trend pasivních domů rychle prosazuje. Velmi tomu napomohl projekt Evropské unie **CEPHEUS** prokazující, že takové domy lze nejen stavět, a obývat, ale navíc je v těchto budovách kvalitnější životní prostředí. Dalším významným přínosem projektu bylo zjištění, že investiční náklady na pasivní domy jsou v průměru pouze do 10 % vyšší než na domy klasické (4), (5), (6).



Obr. č. 3: Schéma PD jako dokonalého a efektivního systému (7).

### 1.3.2.1 Historie výstavby pasivních domů

Vzniku staveb, které dnes označujeme jako pasivní domy, předcházela výstavba s koncepcí solárních domů. Domy byly navrhovány s velkými zásobníky tepla (voda, kámen, zdivo), které akumulovaly teplo ze slunce do vody nebo vzduchu. Menší důraz byl kladen na tepelnou ochranu budovy a vhodné větrání.

Takové domy se objevily jako experimenty univerzity MIT v USA poprvé v roce 1939 a další desítkou regulérních staveb především v severní Americe postavených do konce 20. století. Jistou stimulací v USA byla také ropná krize v roce 1973. Tradice solárních domů odkazuje do dob starověkého Řecka a Číny, kde jsou pro ně vhodné klimatické podmínky.

Standard pasivního domu vznikl v diskuzi mezi profesorem Bo Adamsonem z Lund University (Švédsko) a Wolfgangem Feistem z Institut für Wohnen und Umwelt

(Německo) v roce 1988. Projekt byl následně vyvíjen jako mnoho jiných výzkumných záměrů. Podobnou koncepcí se také zabývali např. Martin Treberspurg a Georg W. Reinberg. Skutečný návrh a realizaci čtyř řadových domů vytvořili pro soukromé klienty architekti Bott, Ridder a Westemeyer. Domy byly postaveny v německém městě Darmstadt v roce 1990. Další byly realizovány v roce 1993 ve městě Stuttgart a 1997 v Naumburgu, Hessenu, Wiesbadenu.

Po ověření funkčnosti konceptu pasivního domu byla v roce 1996 založena nadace Passivhaus-Institut, která propaguje a kontroluje standard pro pasivní domy. Dále byla založena pracovní skupina pro projektování pasivních staveb, vývoj technologií (především oken a větracích systémů).

Koncept byl od roku 1998 financován skrze Evropský projekt CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards), který oslovil pět evropských zemí, kde byla provedena výstavba 250 staveb v pasivním standardu. V Rakousku také vznikl národní program KLIMAAKTIVE v roce 2004, který také propaguje pasivní domy, ve Švýcarsku pak národní standard MINERGIE-P.

Osvětovou činnost v České republice zajišťuje cca od roku 2000 Ekologický institut Veronica, přibližně od roku 2005 funguje občanské sdružení *Centrum pasivního domu*, které mezi roky 2006 a 2008 zaštiťovalo „Síť center pasivního domu“ prostřednictvím přednášek, publikací a odborných konferencí.

Od doby prvních prototypů byly postaveny již tisíce pasivních domů, převážně v německy mluvících zemích a Skandinávii. V severní Americe byl postaven první pasivní dům v roce 2003 ve státě Illinois, další, již certifikovaný, v Minnesotě v roce 2006. V České republice byl první pasivní dům postaven v roce 2004, do roku 2008 jich byly uvedeny do provozu desítky. V roce 2008 byl postaven sériový soubor 13 pasivních domů v obci Koberovy u Turnova. V roce 2010 EU svou směrnicí stanovila požadavek na novostavby od roku 2020 de facto na úroveň pasivního domu (8).



Obr. č. 4a :Bo Adamson, koordinátor návrhu PD, 4b: Wolfgang Feist, zakladatel Passivhaus Institut a koordinátor návrhu PD (8)



*Obr. č. 5 První pasivní dům postavený v roce 1990 v německém Darmstadtu-Kranichsteinu (8).*



*Obr. č. 6: První pasivní dům v ČR v Rychnově u Jablonce nad Nisou z roku 2004 (4, s. 16)*

### **1.3.3 Nulový dům**

Nulový dům (ND), respektive dům s „nulovou potřebou energie“, je vlastně budova s potřebou tepla blízkou nule, tj. menší než  $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Realizace takové budovy je možná pouze mimořádně vhodných podmínek (klimatické podmínky, správná orientace a tvar domu) a vysoké investice do technického zařízení.

Cílem ND je dosáhnout neutrálního výsledku bilance energie a emisí v období jednoho roku. Vlastní výroba elektřiny pochází především z obnovitelných zdrojů. Jsou to především fotovoltaické (FV) panely, kogenerační jednotky nebo malé větrné turbíny. Výkyvy výroby

elektřiny z uvedených zdrojů ne vždy pokryjí aktuální požadavky domu a jejich obyvatel, proto je nutné napojení na veřejnou elektrickou síť. V této kategorii se můžeme setkat i s domem s „nulovou potřebou energie na vytápění“. Takový to dům má zpravidla přiměřeně naddimenzovaný sezónní zásobník teplé vody o objemu (3 - 10) m<sup>3</sup>, který je v letních měsících nabíjen velkoplošným fototerickým systémem (4), (9).



*Obr. č. 7: Dům s nulovou potřebou energie na vytápění ve Voggenthalu (SRN) (4, s. 16).*

### **1.3.4 Energeticky nezávislý dům**

Energeticky nezávislý (autarktní) dům (END) dokáže pokrýt jakoukoli potřebu energie (na vytápění, přípravu teplé vody i provozu elektrospotřebičů) pouze z přímého slunečního záření bez externích dodávek energie. Tento dům musí mít zásobník jako ND a FV systém jako zdroj elektrické energie. Efektivita domu má základ v maximálním redukování potřeby tepla v součinnosti s úsporou elektřiny prostřednictvím vysoce úsporných domácích spotřebičů. Pořizovací náklady na výstavbu takového domu jsou vyšší než u běžného PD. Proto energeticky nezávislý dům má opodstatnění v odlehlých oblastech nebo ve vysokohorské poloze, kde není možné se napojit na běžné energetické sítě (4).



Obr. č. 8: Horská chata Schiestlhaus v rakouských Alpách – typický END se systémy aktivně využívající sluneční energii (4, s. 17).

### 1.3.5 Aktivní dům

Aktivní dům (AD) je v zásadě totožný s END. Rozdíl spočívá v tom, že plocha FV systému je dimenzována nejen k pokrytí vlastní spotřeby, ale i k výrobě přebytku elektrické energie, která je dodávána do veřejné sítě a odprodávána jejímu provozovateli. FV panely jsou obvykle umístěny na fasádě, či střeše. Velmi často je pro aktivní dům typické velké proslunění interiéru (4), (10)



9a)



9b)

Obr. č. 9a: Otočný aktivní dům Gemini ve Weizu /Rakousko) (4, s. 17), 9b: Sluneční dům - první rakouský CO<sub>2</sub> neutrální rodinný aktivní dům (11)



## **2 Základní prvky energeticky úsporného domu**

Čím výraznější je snaha snížit energetickou spotřebu budovy, tím je náročnější je výběr nejvýhodnější energetické strategie pro danou budovu. Cílem energeticky úsporné výstavby je hledisko ekonomické (úspory energie při výstavbě, provozu a odstraňování budov) a ekologické (zlepšení stavu životního prostředí snížením náročnosti a objemu spotřebované energie, snížením emisí škodlivin atd.). Obě hlediska navzájem úzce souvisí. Byť jsou v současném nesprávném chápání protichůdné. Výčet možností výstavby EUD je velký a vždy závisí na lokálních klimatických podmínkách.

Základním východiskem při realizaci EUD je koncepční přístup při jeho navrhování a inteligentní propojení a souhra jednotlivých opatření. Pokud výše uvedené chybí, pak se objekt může stát sbírkou mnoha prvků, jakkoli efektivních a inovativních, bez logické souvislosti a dokonce se vzájemně si konkurujícími strategiemi a opatřeními. Jednostranné upřednostňování určitých materiálů, či technologií může následně způsobit neefektivní investici. Základní koncepci a opatření k dosažení standartu nízkoenergetického, respektive pasivního domu charakterizuje níže uvedený soubor prvků (4), (12).

### **2.1 Zastavovací a koncepční podmínky**

Velmi důležitou součástí koncepce budovy je i urbanistický návrh. V této oblasti je možné prostřednictvím minimálních prostředků dosáhnout velkých energetických úspor. Ekologicky orientovaný urbanismus a inteligentní územní plánování často skrývají mnohem větší potenciál úspory energetických zdrojů než jednotlivá opatření na samotných objektech.

Zvážením klimatických podmínek území, správnou zástavbou, optimalizací prvků a počítačovou simulací je možné už při samotném vzniku územního plánu dosáhnout až 40 % úspor energie na vytápění obytných celků. Ochlazování obvodového pláště a tepelné ztráty lze ovlivnit i úpravou vnějšího klimatu v těsné blízkosti budovy (12).

#### **2.1.1 Lokální klimatické podmínky**

Lokální klimatické podmínky podstatně ovlivňují návrh EUD. Je všeobecně známo, že každá lokalita má jiné klimatické parametry, přičemž v jistých případech mohou dva spolu sousedící pozemky být zcela odlišné. Klima je možné považovat něco daného, co nelze ovlivnit, proto svobodná volba umístění budoucí stavby má přirozeně svoje výhody.

Klimatické podmínky jsou na území ČR navzdory určitým specifikům vhodné. Zima není tak extrémní jako v severních částech Evropy a navíc, což je problém ještě výraznější, u dobře

stavebně řešených obytných budov není potřeba (alespoň prozatím) na rozdíl od jižních částí Evropy aktivního chlazení. Vzhledem ke geomorfologii naší krajiny (se zvětšující se nadmořskou výškou klesá teplota a množství slunečního svitu kolísá) jsou klimatické podmínky poměrně různorodé. Nížiny zaznamenávají nejvíce letního slunečního záření. Horské oblasti jsou celoročně charakteristické relativně nízkým množstvím slunečního záření, které je zapříčiněno přítomností horských masivů způsobujících větší míru stínění, koncentrací srážkové činnosti a inverzními jevy. Pro vysokohorské oblasti jsou typické vysoké dávky slunečního záření v zimním období. Tyto odlišnosti mají velký vliv na návrh EUD - v jižních a nížinných oblastech je třeba se soustředit na problematiku letního přehřívání a v horských kotlinách na minimalizaci tepelných ztrát a optimalizaci plochy prosklení vzhledem k požadavkům osvětlení a tepelné ztráty budovy (obr. č. 10). Ve vysokohorských oblastech mají velké prosklené plochy negativní vliv na tepelnou ztrátu, ale pozitivně ovlivňují měrnou potřebu tepla (přehřívání v létě zde není problém) (4), (12).



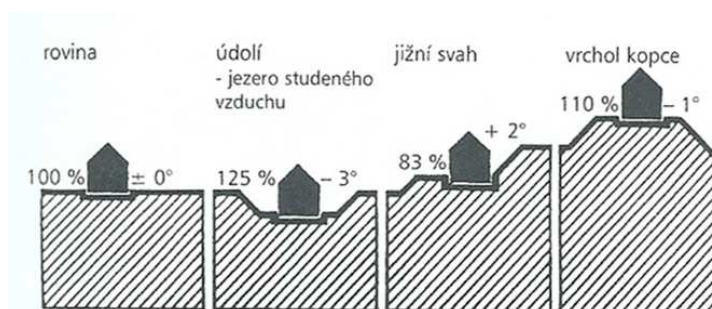
*Obr. č. 10: Rodinný NED v Černošicích (ČR) - tradiční architektonická forma se sedlovou střechou s důrazem na minimalizaci tepelných ztrát, kde prosklené plochy tvoří malou část fasád (4, s. 44).*

### **2.1.2 Volba pozemku a osazení budovy**

Předpokladem výběru vhodného pozemku pro stavbu EUD jsou kromě běžných požadavků (inženýrské sítě, doba realizace výstavby v dané lokalitě apod.) také příznivé klimatické podmínky dané lokality, neboť výrazně ovlivňují energetickou bilanci domu. Vhodným umístěním domu v terénu lze částečně snížit jeho tepelné ztráty.

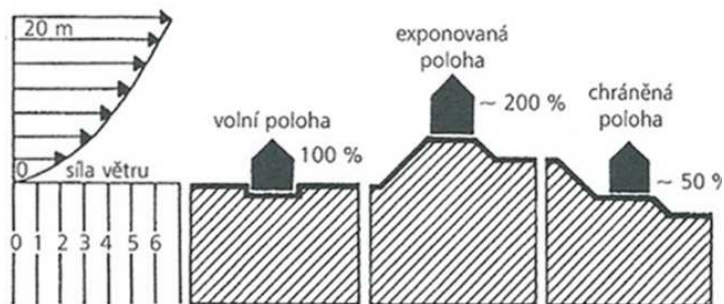
Při volbě pozemku vhodného k výstavbě EUD je již ve stádiu návrhu nutné zohlednit následující faktory lokality:

- 🏡 **Nadmořská výška** - nárůstem nadmořské výšky 100 metrů poklesne průměrná teplota vzduchu přibližně o (0,5 - 0,8) °C.
- 🏡 **Orientace vzhledem ke světovým stranám** - na jižně orientované polohy dopadá v zimě přibližně o (10 - 30) % globálního slunečního záření více než na severně orientované svahy. Mlhy mohou v některých oblastech snižovat solární zisky a to především v období pozdního podzimu a zimy. Orientace budovy by měla také respektovat směr převládajícího proudění větrů.
- 🏡 **Topografie terénu** - jde především o svahovitost a tvar terénu v lokalitě. Teploty vzduchu v údolích a na vrcholech kopců jsou nižší než v chráněných polohách a na jižně exponovaných svazích. Údolní oblasti mohou hlavně v noci a v zimním období vytvářet tzv. jezera studeného vzduchu, pro která je typická teplotní inverze a zadržování emisí škodlivin ve vzduchu (obr. č. 11).



Obr. č. 11: Tepelné ztráty budovy v procentech a teplota okolního vzduchu v závislosti na jejím umístění ve svahu (12, s. 27).

- 🏡 **Povětrnostní podmínky v lokalitě** – ovlivňují spotřebu energie na vytápění především v zimním období. Zatížení větrem lze zmenšit vhodnou orientací stavby vzhledem ke směru převládajících větrů (45° odklon od hlavního směru zimního větru), aerodynamickým tvarem budovy (kompaktní forma bez členění hmot), snížením výšky budovy, umístěním budovy do zástavby okolní vegetace, terénní vlny nebo zástavby (obr. č. 12).



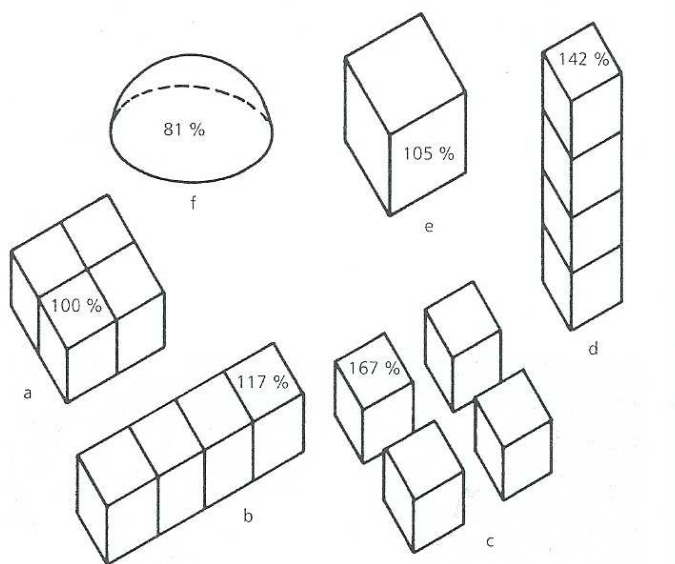
Obr. č. 12: Tepelné ztráty budovy v procentech v závislosti na vlivu větru a na jejím umístění ve svahu (12, s. 27).

- 🌿 **Vodní plochy a toky v lokalitě** - mají důležitou klimatickou funkci, protože zmírňují teplotní výkyvy lokálního klimatu. Vzhledem k vysoké tepelně akumulční schopnosti vody se v létě teplota okolí snižuje a v zimě naopak zvyšuje. Vždy rozhoduje velikost vodní plochy.
- 🏡 **Hustota okolní zástavby** - jde o způsob utváření uzavřených bloků, uličních tahů nebo rozptýlených systémů, případně umístění budov v terénu. V hustě zastavěných lokalitách je vždy teplota vyšší než ve volné krajině (město x venkov).
- 🌳 **Hustota a druh okolní vegetace** - Zalesněná krajina má výraznou regulační schopnost pro lokální klima. Zadržuje vodu a tím ovlivňuje vlhkost a teplotu okolního vzduchu. Chrání před silným větrem. Vhodnou výsadbou stromů a vyšších keřů je možné chránit dům před negativními vlivy větru, chladu, hluku a stíněním před nadměrnými solárními zisky (4), (12), (13).

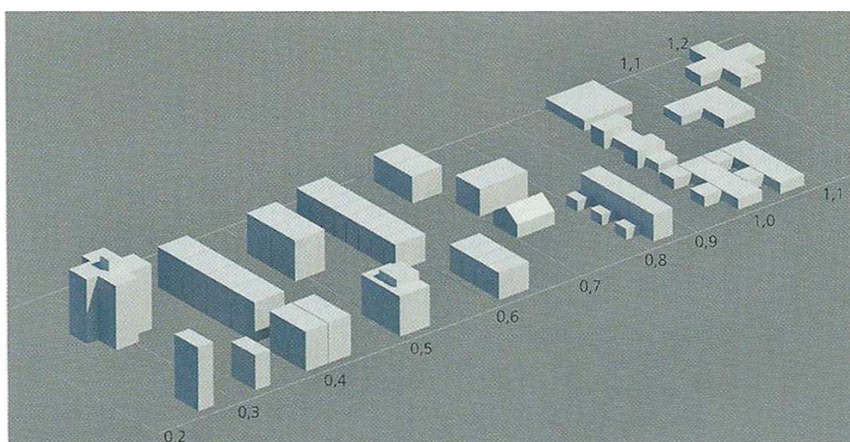
### 2.1.3 Tvarové řešení a velikost domu

Jedním z předpokladů EUD je kompaktní stavební forma, tj. co nejmenší plocha vnější obálky ( $A$ ) budovy v poměru k vytápěnému objemu ( $V$ ). Ideální tvar pro EUD by z tohoto hlediska byla polokoule ležící na zemi. Takový tvar většinou u EUD nepoužijeme, ale snažíme se mu přiblížit co nejvíce návrhem kompaktní budovy (obr. č. 13). Taková budova má při stejném objemu menší vnější ochlazovanou plochu nežli budova členitá. Zalomení fasády, balkony, vikýře, arkýře, věžičky apod. zvětšují vnější ochlazovanou plochu a tím přispívají ke zvyšování energetických ztrát členité budovy. U kompaktního samostatně stojícího rodinného EUD je možné dosáhnout poměru  $A/V = 0,7$ , který odpovídá kategorii nízkoenergetického standartu. Poměr  $A/V$  je odborně nazýván jako **faktor tvaru** (obr. č. 14).

Nejvýhodnější faktor tvaru mají výškové a deskové budovy. Nejhorší naopak jednopodlažní budovy typu bungalov (4), (12), (13).



Obr. č. 13: Vliv formy objektu na tepelné ztráty, kde  $A/V$  je uveden v % (12, s. 34).



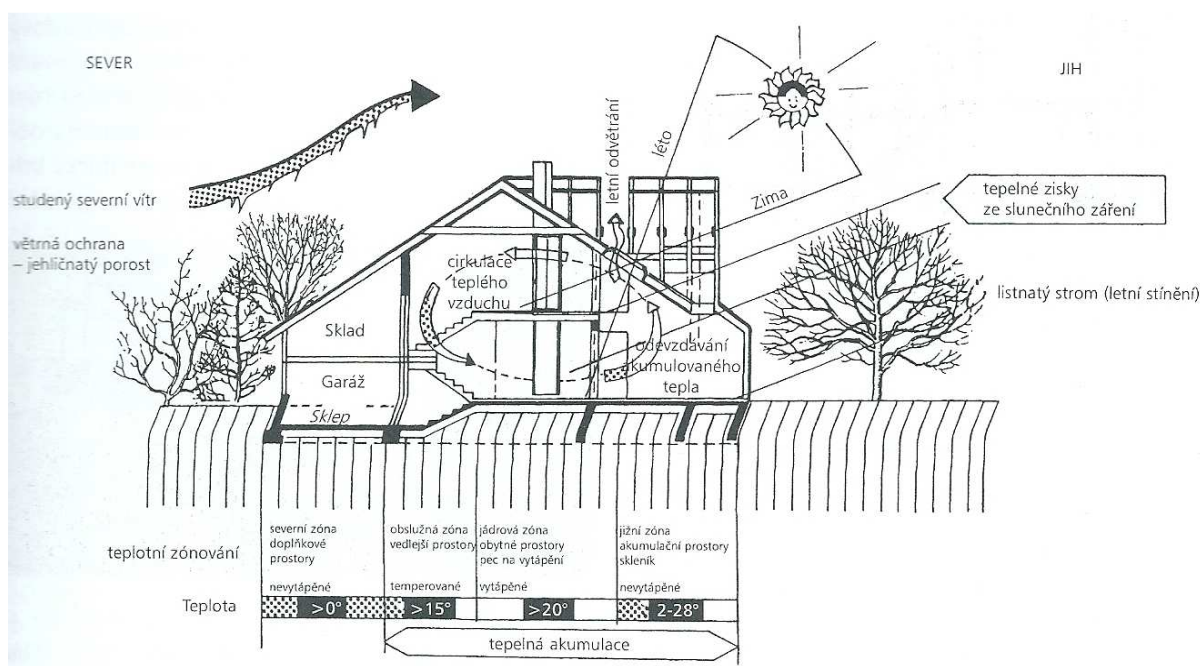
Obr. č. 14: Faktor tvaru  $A/V$  různých typů budov (4, s. 45).

### 2.1.4 Vytváření teplotních zón

Dispoziční řešení půdorysu podle teplotních zón je charakteristickým rysem solárního domu (obr. 15). Vychází z principu pozvolného nastavování kvality podle měnících se požadavků. Tepelně vyrovnávacími prostory na severu jsou garáže, chodby, schodiště, sklady, na jihu je zasklená terasa, či zimní zahrada. Se zvyšujícím se tepelněizolačním efektem obalových konstrukcí klesá význam teplotního zónování. Přesto orientace obytných místností na sluneční stranu zůstává zachována.

Hlavní zásady dispozičního řešení EUD jsou:

- 🏠 **Vedlejší prostory** - koupelna, WC, garáž, schodiště, chodby, sklady, technické prostory apod. vytvářejí severní nárazníkovou zónu s menší frekvencí využívání. Okna postačují malá.
- 🏠 **Obytné prostory** - často používané místnosti bývají umístěny na sluneční, tj. jižní straně, kde velkoplošné zasklení umožňuje dodatečné ohřívání domu v chladném období roku. Zasklená terasa nebo zimní zahrada pak vytváří tepelný zásobník.
- 🏠 **Zonace obytných místností podle doby jejich užívání** - ložnice se umísťují optimálně na východní stranu (popř. na SV a JV) pro ranní proslunění. Obývací pokoj je užívám později, tj. v odpoledních a večerních hodinách a proto je ideální orientace na J, JZ a Z (12), (13).



Obr. č. 15: Klimatická koncepce, vytváření teplotních zón a pasivní využití slunečního záření v solárním domě (12, s. 35).

### 2.1.5 Umístění prosklených ploch

Jižní strana EUD má mít největší podíl prosklených ploch. Na západní a východní fasádu domu je vhodné osadit menší okna. Celková plocha prosklení by neměla přesáhnout 25 % plochy obvodových konstrukcí. Pro severní stranu budovy je charakteristická redukce jak velikosti, tak i počtu oken. Vzhledem k malému oslunění jsou zde umístěny prostory nenáročné na denní osvětlení (12), (13).

### 3.1.6 Ochrana proti přehřívání budovy

Tato ochrana je velmi důležitá především v letních měsících pro provoz a vyrovnané vnitřní klima budovy, ale i pro vytápění budovy v zimních měsících. Je vhodné redukovat používání elektrických klimatizačních zařízení a uplatnit opatření méně ekologicky a ekonomicky náročná, ale dostatečně účinná. Lze využít mechanické stínění formou konstrukční (obr. č. 16), technické nebo vegetační ochrany (přesah střechy, přesazená fasáda, slunolam, stromy v okolí), dostatečné větrání nejlépe přes zemní registr, upřednostnit masivní hmotu budovy a vodní plochy (jezířka a fontány). Důležitým činitelem je zde i samotný uživatel se svými návyky a chováním (12).



Obr. č. 16: Okna v Domě Snů stíněná přesazenou střechou a slunolamy (14).

## 2.2 Tepelná ochrana obvodového pláště

Zabezpečení optimální teploty vnitřního prostředí cca 20 °C je možné dosáhnout buď dodáním externí energie, nebo konstrukčními opatřeními prostřednictvím návrhu. Základním předpokladem efektivnosti všech nízkoenergetických opatření je především účinná tepelná izolace budovy. V našich podmínkách samozřejmě nemůže stačit strategie maximálního uchování tepla v budově. Je jen cestou ke snížení plýtvání energií. Strategie minimalizace tepelných ztrát musí být posuzována ve spojení s konkrétní budovou a s jejím okolím. Někdy mohou být v dané lokalitě solární podmínky tak výhodné, že preferování prvků využívajících solární zisky může vést k lepší výsledné energetické bilanci budovy než při orientaci na minimalizaci tepelných ztrát dobrou tepelnou izolací.

Zlepšení tepelněizolačních vlastností se týká jak nepřehledných tak i přehledných konstrukcí obvodového pláště.

- 🏠 **Nepřehledné (netransparentní) konstrukce** - Potřebná úspora energie na vytápění omezením úniku tepla konstrukcemi se v případě NED dosahuje použitím tloušťky tepelné izolace stěn přibližně 17 cm až 28 cm (u PD 30 cm až 40 cm), střech 30 cm a podlah a stěn ve styku s okolním terénem cca 12 cm. Zdvojování tloušťek tepelné izolace je mimo běžnou hospodárnost. Pokud je v důsledku vysokého tepelněizolačního standartu možné již v rámci návrhu vyškrtnout instalaci konvenční otopné soustavy, pak je naopak investice do lepší tepelné izolace dobrou cestou.
- 🏠 **Přehledné (transparentní) konstrukce** - v oblasti okenních výplní dochází k velkým kvalitativním posunům. Zasklení je už běžné v podobě dvojskla s reflexními povlaky nebo trojskla s výplní vzácných plynů (argon, krypton a xenon). Současné i parametry okenního rámu a osazení skel jdou velmi dopředu. Velmi důležité je důkladné překrytí okenních rámců tepelnou izolací a vyplnění styčné spáry mezi rámem a stavební konstrukcí tepelněizolačním materiálem (polyuretanovou pěnou) a pružným tmelem (12).

### 2.2.1 Tepelná ochrana v zimním období

Uchování tepla uvnitř domu je základním kamenem a podmínkou EUD. Každá budova vychladne do takové míry, do jaké ztratí své teplo ve studeném období směrem k exteriéru. Vylepšením tepelněizolačních kvalit obvodového pláště se podstatně zvyšuje teplota vnitřních povrchů (podlah, stěn, stropů i oken), což má své přednosti. Vyrovnaná teplota vylučuje nepříjemné vyzařování chladu a asymetrii teplotních polí v místnosti. Ani v bezprostřední blízkosti obvodových stěn, či střechy nejsou obyvatelé EUD vystaveni pocitu chladu. Vyšší teplota povrchů zamezuje kondenzaci vodní páry a následně i vzniku plísní (4).

### 2.2.2 Tepelná ochrana v letním období

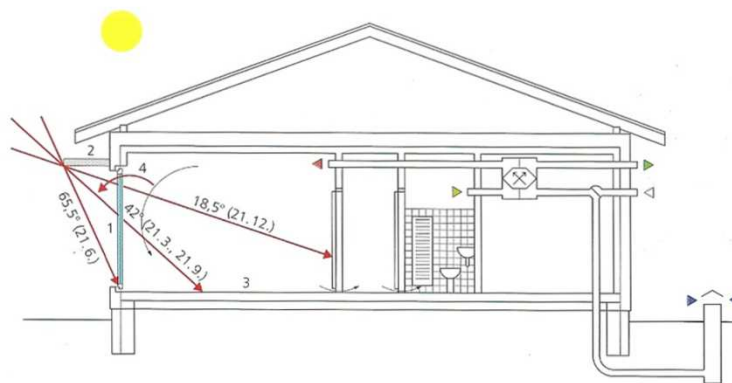
Zajistit příjemné teploty v letním období v EUD je mnohem snazší než v konvenčních budovách. Vynikající tepelněizolační vlastnosti EUD pomáhají zabránit nežádoucímu nárůstu vnitřních teplot. Vnitřní teplota budovy závisí v letním období na faktorech, jako jsou velikost okenních ploch, jejich orientace a způsob stínění, způsob větrání, vnitřní tepelné zisky a hlavně lokální klimatické podmínky. Při navrhování EUD je potřeba v první řadě uplatnit prostředky pasivního temperování (obr. č. 17). Aktivní klimatizace je sice dostatečně



účinná technologie, za to energeticky velmi náročná. Na chlazení se spotřebuje 4x více energie než na vytápění.

Přehřívání interiéru v letním období lze zabránit těmito opatřeními:

- 🌿 **Snížením množství tepelné energie ze slunečního záření vnikajícího do budovy** - rozsahem, typem a vhodnou orientací okenních výplní, orientací obytných místností, podílem prosklených ploch na jižní fasádě do 35 % a na východní a západní do 10 %.
- 🌿 **Ochranou prosklených ploch vhodnými stínícími prvky** - statickými nebo mobilními prvky. Stínící opatření mohou být charakteru konstrukčního (pevné sluneční clony jako např. přesah střechy a slunolamy), technického (pohyblivé sluneční clony – markýzy, venkovní rolety, lamelové svinovací rolety a žaluzie) a vegetačního (zelený okolní porost).
- 🌿 **Tlumením vzestupu vnitřní teploty pomocí tepelněakumulačních hmot** - tepelná akumulace nadbytečného tepla ve stavební hmotě má však relativně malý účinek.
- 🌿 **Účinným přirozeným větráním a odváděním tepla z konstrukcí** - velmi účinné je příčné větrání v noci otevřenými okny nejlépe s využitím tzv. komínového efektu. Během horkého letního dne by měla okna zůstat uzavřená, aby nedocházelo k nepříjemnému zvyšování tepelné zátěže v interiéru (4).

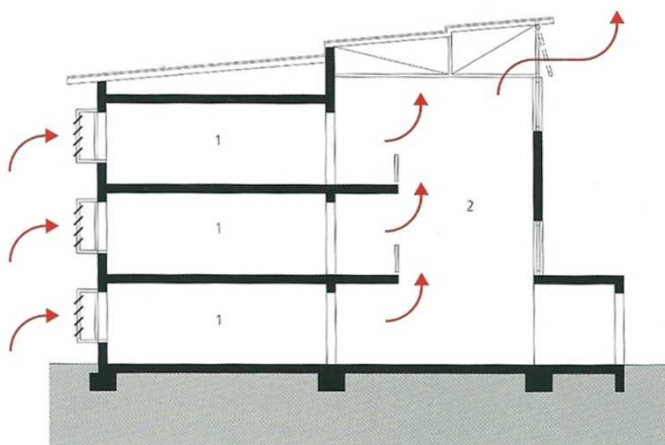


Obr. č. 17: Letní tepelná ochrana a stínění EUD, 1 - prosklené plochy, 2 - stínění, 3 - akumulace, 4 - přirozené větrání (4, s. 51).

Pokud všechny hlavní strategie pasivní letní tepelné ochrany (stínění, minimalizace vnitřních zdrojů tepla a přirozené větrání) nestačí uchládit interiér EUD, pak je možné zbytek nadbytečného tepla zvládnout řízeným větráním. Pomocí letního bypassu se přivádí čerstvý vzduch ochlazený v zemním výměníku (registru) přímo do interiéru aniž by musel projít

tepelným výměníkem rekuperační jednotky. To ovšem znamená zvýšení spotřeby elektrické energie na provoz jednotky.

Zcela jinou kapitolou je chlazení budov občanské vybavenosti, které jsou na přehřívání ještě citlivější. Jde především o administrativní budovy, nákupní centra nebo školy s typickými celoprosklenými fasádami. Ve srovnání s obytnou zástavbou se využívají zvláštní prostředky pro zajištění komfortní teploty interiéru v letním období, např. aktivní plošné chlazení /tzv. aktivace betonového jádra) chladícími stěnami a stropy nebo účinnými strategiemi přirozeného větrání (obr. č. 18). Opět zde platí poučka, že na chlazení administrativní budovy se musí myslet již při jejím návrhu (4).



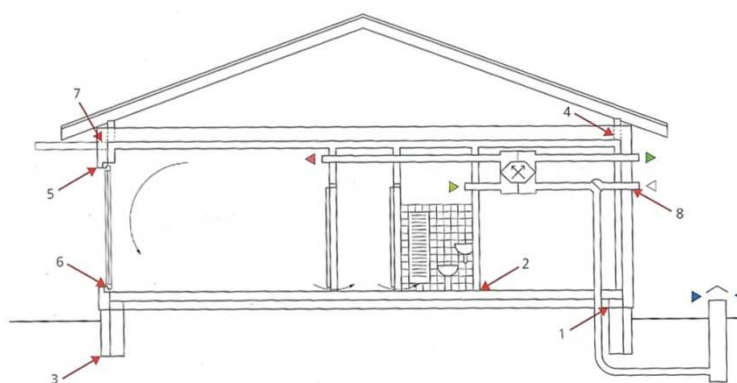
Obr. č. 18: Schéma přirozeného nočního větrání administrativní budovy přes atrium, čímž lze docílit úspory energie na chlazení až 60 %. Předpokladem účinného nočního chlazení je omezení tepelné zátěže (do  $150 \text{ kWh/m}^2$ ), tepelně akumulací hmotu uvnitř budovy a cílený koncept budovy. 1- kancelář, 2- hala (4, s. 53).

### 2.3 Eliminace tepelných mostů

V místech konstrukčních styků různých stavebních prvků, v místech nároží a vyčnívajících prvků mohou v případě nesprávného konstrukčního řešení vznikát během následného užívání zvýšené uniky tepla. Jde o slabé tepelnětechnické články obvodového pláště budovy, odborně nazývané **tepelné mosty**, které se projevují chladnějším povrchem. Tepelné mosty mohou dodatečně způsobit i stavební poruchy, např. kondenzaci, tvorbu plísní a degradaci konstrukcí (koroze kovových a hniloba dřevěných nosných konstrukcí), což má za následek i zkrácení životnosti budovy a jejich uživatelských vlastností. Vyloučení nebo alespoň omezení koncepčních příčin tepelných mostů je u EUD nutností.

Již při přípravě návrhu EUD je potřebná pozornost při návrhu konstrukčních uzlů na těchto místech (obr. č. 19):

- 🏠 Napojení obvodové stěny, základu a podlahy na terénu, popř. stěny suterénu /1/.
- 🏠 Napojení vnitřních stěn a podlahy na terénu, popř. stropu nad suterénem /2/.
- 🏠 Napojení terénu a základu /3/.
- 🏠 Napojení obvodové stěny a střešní roviny /4/.
- 🏠 Osazení oken v obvodové stěně /5/ a v okenních rámech /6/.
- 🏠 Vyčnívající konstrukce (konzoly) popř. jiné přesahující prvky /7/.
- 🏠 Prostupy technických rozvodů a potrubí přes obvodový plášť budovy /8/ (4), (12).



Obr. č. 19: Eliminace tepelných mostů v obvodovém plášti EUD (4, s. 56).

### 2.3.1 Rozdělení tepelných mostů a termovizní snímkování

Podle charakteru lze tepelné mosty rozdělit na geometrické a konstrukční.

**Geometrické tepelné mosty** vznikají v napojeních obvodových konstrukcí s odlišným směřováním, tedy změnou tvaru tepelnětechnické homogenní konstrukce. Nejvíce se projevují v místě nároží stěny, okapu, štítové hrany a hřebene. Nadměrné zalomování a členění obvodové konstrukce se u EUD zásadně neuplatňuje a upřednostňuje se kompaktní stavební forma. Geometrické mosty však vlivem vývoje stále lepších tepelněizolačních materiálů a jejich používané tloušťky postupně ztrácejí na důležitosti.

Druhým typem jsou **konstrukční tepelné mosty**. Může jít např. o vystupující balkonová deska (lineární tepelný most), kovové přichytky a kotvy, které procházejí tepelnou izolací (bodový tepelný most) nebo místa s horší tepelnou izolací- menší tloušťkou, či volnou spárou (systematický tepelný most). Z pohledu tepelných ztrát jsou mnohem problematičtější, protože geometrické tepelné mosty lze potlačit tloušťkou a kvalitou použité tepelné izolace. Konstrukčním tepelným mostům se předchází hlavně dodržováním zásady nepřerušného

obtékání tepelné izolace v nezměněné tloušťce a bez přerušení po celém povrchu obvodového pláště budovy.

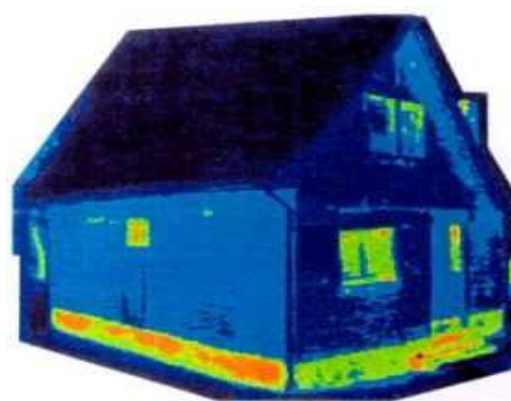
Kritická místa tepelných mostů lze odhalit jednoduše v místech výskytu plísní, kde je povrch chladnější a zvlhlý (obr. č 20) nebo sofistikovaněji prostřednictvím metody zvané **termovizní snímkování, resp. termografie**. Tato metoda měří tepelné vyzařování z budov, odhaluje slabá místa, a pokud je to ještě možné, tak umožňuje je co nejefektivněji odstranit. Výsledky jsou interpretovány termografickou fotografií, tzv. termogramem (obr. č. 21 a, b) prostřednictvím barevné škály. Tepelné mosty zpravidla budou mít žlutou až bílou barvu (4), (12), (15), (16)



Obr. č. 20: Projev tepelného mostu v rohu místnosti s výskytem kondenzátu a plísní (16).



Obr. č. 21a: Termogram s nezatepleným objektem, který je v podstatě jeden velký tepelný most (17. )










Obr. č. 21 b: Termogram s zatepleným RD s mírnými tepelnými mosty v soklové části (17).

## 2.4 Vzduchotěsnost obvodového pláště

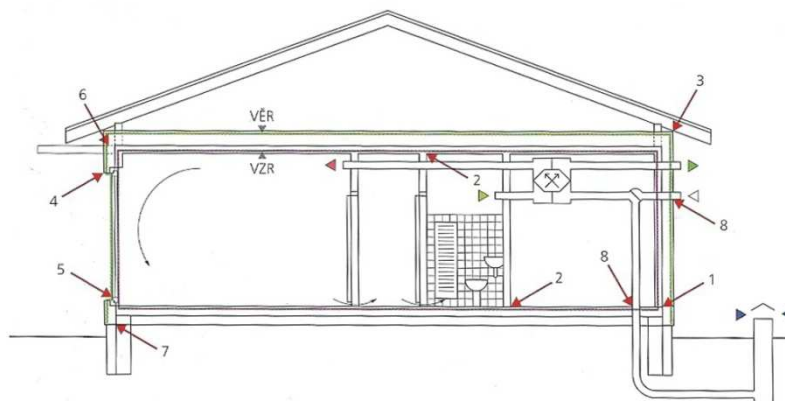
V běžné stavební praxi se vzduchotěsnosti a větotěsnosti obvodového pláště budovy všeobecně nevěnuje patřičná pozornost. Ta vyplývá z neznalosti jejich významu a následně se projevuje při realizaci **větrotěsných a vzduchotěsných vrstev**. V minulosti se předpokládalo, že pro zdravé vnitřní klima stačí téměř neomezená výměna vzduchu netěsnostmi v obvodovém plášti a proto je třeba se vyhnout vzduchotěsným vrstvám. Bohužel pro většinu dříve postavených staveb a jejich obyvatel je to draze zaplacený omyl. Větrání místností v budově (hlavně v zimě) nemůže být dostatečně zajištěno pouhým otevíráním oken nebo nepříjemným průvanem v důsledku netěsností obvodového pláště, ale výlučně pomocí řízeného větrání (4), (12).

Pokud se podcení aspekt vzduchotěsnosti, pak může mít budova mnohem horší energetické vlastnosti, než stanovil projekt. Proto nejen při návrhu skladeb konstrukcí, ale i při realizaci obvodových prvků EUD musí být vzduchotěsným (neprůvzdušným) vrstvám maximální pozornost. Vzduchotěsnou vrstvou rozumíme spojitě zhotovenou vrstvu z materiálu, který je za běžných tlakových podmínek pro vzduch nepropustný. Tuto vlastnosti splňují např. litá železobetonová stěna, omítnuté masivní zdivo, souvislé plochy z OSB desek, folie, lepenky, asfaltových a PVC pásů.

Správná realizace obvodového pláště EUD vyžaduje dvě roviny neprůvzdušnosti, vzduchotěsné a větotěsné, popsané na obr. č. 22. K zajištění vzduchotěsnosti a větotěsnosti EUD je třeba při navrhování a realizaci věnovat zvýšenou pozornost těmto konstrukčním uzlům (obr. č. 22):

-  Napojení obvodové stěny, základu a podlahy na terénu, popř. suterénní stěny /1/.
-  Napojení vnitřních stěn na strop a podlahu na terénu, popř. stropu nad suterénem /2/.
-  Napojení obvodové stěny na střešní rovinu /3/.
-  Osazení oken do obvodové stěny/4/ a v okenních rámech /5/.
-  Místa s vystupujícími konstrukčními prvky /6/.
-  Napojení povětrnostní zábrany k obvodovému plášti /7/.
-  Prostupy technických rozvodů a potrubí obvodovým pláštěm budovy /8/.

Z hlediska vzduchotěsnosti jsou relativně bezproblémové masivní stavby. Mnohem důsledněji musí být navrhovány a realizovány lehké konstrukce. U kombinace konstrukce masivní (zdivo) a lehké (OSB deska), resp. v místech jejich napojení se náročnost na projekt a provedení velmi zvyšuje (4).



Obr. č. 22: Zabezpečení vzduchotěsnosti a větotěsnosti obvodového pláště, VĚR- větotěsná rovina, VZR – vzduchotěsná rovina (4, s. 58).

### 2.4.1 Tlaková zkouška vzduchotěsnosti

Nedílnou součástí zajištění kvality EUD je tlaková zkouška vzduchotěsnosti, resp. test neprůvzdušnosti. Testy se provádějí zpravidla dva. První se provádí v průběhu výstavby hned po dokončení vzduchotěsné vrstvy obvodového pláště. V této fázi rozestavenosti lze včas odhalit defekty a netěsnosti a náprava je o to jednodušší a levnější. Druhý test se provádí v době používání budovy a je dokladem pro certifikaci.

Určení míry průvzdušnosti budovy se provádí měřením metodou tlakového spádu, tzv. **Blower Door testu** (obr. č. 23). Metoda je v principu velmi jednoduchá. Výkonný ventilátor umístěný většinou ve vstupních dveřích vytváří tlakový rozdíl (přetlak nebo podtlak) a následným měřením objemového toku u ventilátoru řídicí jednotka vypočte průměrnou hodnotu  $n_{50}$  při tlakovém rozdílu 50 Pa ( $\text{h}^{-1}$ ). Všechny okenní otvory a prostupy venkovní obálkou musí být utěsněny. Během druhého, certifikačního testu se nesmí provizorně utěšňovat netěsnosti s výjimkou nasávacích otvorů vzduchotechniky (4), (18), (19), (20), (21).

Tab. č. 3: Obvyklé a požadované hodnoty potřeby tepla na vytápění ve vztahu s průvzdušností (19).

stávající stavby	současná novostavba	NED s nuceným větráním	NED s rekuperací tepla	PD samozřejmě s rekuperací tepla
$> 300 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$< 140 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$< 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$< 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$< 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
$> 7 \text{ h}^{-1}$	$< 4,5 \text{ h}^{-1}$	$< 1,5 \text{ h}^{-1}$	$< 1,0 \text{ h}^{-1}$	$< 0,6 \text{ h}^{-1}$

Z výše uvedené tabulky č. 3 je zřejmé, že nižší energetická náročnost budov úzce souvisí se vzduchotěsností jak obálky budovy, tak i průchozích technologií. Pro NED je maximální hodnota průvzdušnosti  $n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$  a u PD  $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ .



Obr. č. 23: Aparatura Blower Door testu (20).

## 2.5 Tepelná akumulace

Schopnost budovy akumulovat teplo, může především ve spojení s pasivním využitím solární energie pozitivně ovlivňovat její energetickou bilanci. Možnosti tepelné akumulace však nelze přeceňovat. Sice napomáhá tepelné stabilitě vnitřního klimatu, za to její potenciální příspěvek ke snížení potřeby tepla je přibližně 10 %. Potenciál úpor energie z tepelněizolačních opatření může činit až 80 %.

Akumulační hmoty plní svůj účel jak v zimním období, tak i v období letním. V zimě přispívají teplem v době teplotního deficitu (v noci a při zamračené obloze). Během letních veder může jakákoliv masivní konstrukce uvnitř domu fungovat jako akumulátor přebytečného tepla a snižovat tak vnitřní teplotu budovy. Podmínkou účinného fungování akumulace je možnost odvádět naakumulované teplo v nočních hodinách mimo budovu (4), (12).

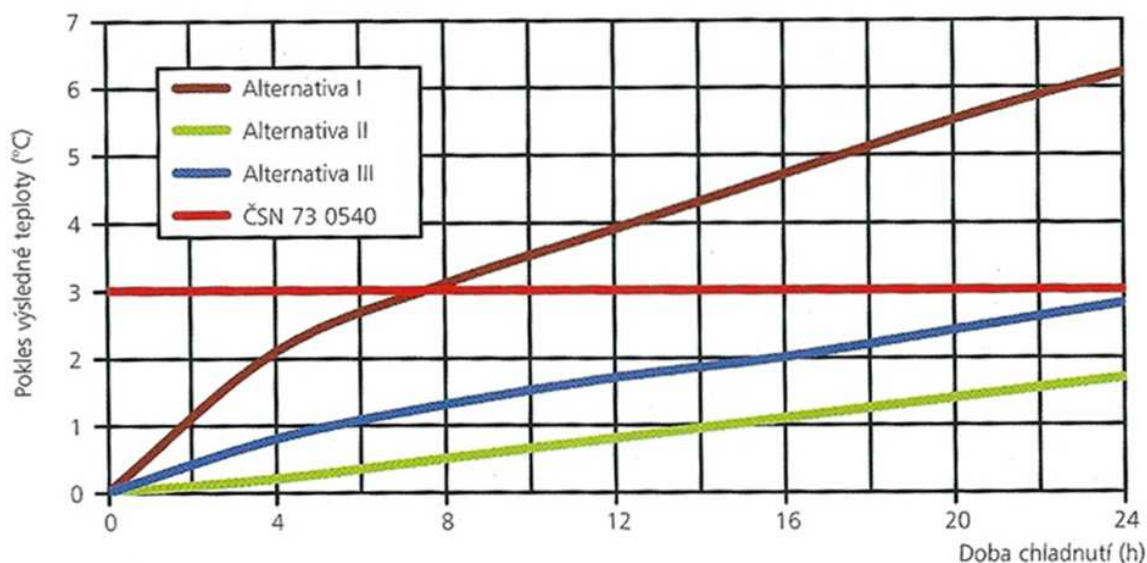
## 2.6 Tepelná stabilita

Na tepelnou stabilitu budovy má velký vliv její konstrukční systém. Jde o to, zda je postavený z konstrukce těžké, lehké nebo jejich kombinace.

- 🏠 **Těžká, masivní konstrukce** - využívá principu akumulace tepla se zabezpečením tepelné stability v nočním nebo denním režimu. Tepelněakumulační kapacita masivní stavby je často přeceňována. V zimě se ne vždy podaří využít principu jednodenní akumulace a v létě se soustavné nahřívání akumulační hmoty teplem ze solárních zisků může stát zdrojem nepříjemného přehřívání interiéru. Nevýhodné je též kontinuální temperování domu v zimě a naopak v létě se musí zadržené teplo účinně odvádět.
- 🏠 **Lehká konstrukce** - využívá principu neakumulace a klade důraz na především na rychlé vytemperování vzduchu v interiéru. Technické zabezpečení budovy musí pružně reagovat na okamžitou poptávku po teple. Protože se nemusí ohřívat okolní hmota, je potřeba mnohem méně energie na ohřev vzduchu v interiéru. Pokud se v létě účinně užívá pasivních prostředků tepelné ochrany, pak lze problému přehřívání předcházet mnohem jednodušeji než u masivní konstrukce
- 🏠 **Kombinovaná konstrukce** - používá se u EUD jako kompromis, protože optimalizuje výhody a nevýhody obou systémů. V ideálním případě pak mají lehký obvodový plášť zateplený velkou tloušťkou izolace s vynikajícími tepelněizolačními vlastnostmi a akumulačně účinnou vnitřní hmotu (4).

Při navrhování EUD se musí taktéž počítat se situací, kdy technická zařízení zůstanou mimo provoz (porucha, výpadek elektrického napájení). V zimě to má za následek přerušování dodávky čerstvého vzduchu (musí se větrat okny) a pokles teploty v interiéru. Dle příslušné normy (např. ČSN 73 0540) by neměl pokles výsledné teploty po přerušování dodávky tepla překročit 3 °C za 24 hodin. Z obr. č. 24 je zřejmé, že budovy s tradiční konstrukcí nesplňují ani požadavek normy ČSN 73 0540, která je u nás základní stavební normou. Naopak velmi dobře zateplené lehké a těžké konstrukce zcela splňují normu.





Alternativa I – tradiční konstrukce: cihlové bloky bez zateplení, železobetonové stropy se zateplením o tloušťce 20 cm  
 Alternativa II – těžká konstrukce: železobetonové stěny se zateplením o tloušťce 30 cm a stropy se zateplením o tloušťce 40 cm  
 Alternativa III – lehká (dřevěná nosná) konstrukce: stěny se zateplením o tloušťce 30 cm a stropy se zateplením o tloušťce 40 cm

Obr. č. 24: Porovnání poklesu výsledné teploty (po přerušení dodávky tepla) pro  $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$  (4, s. 55).

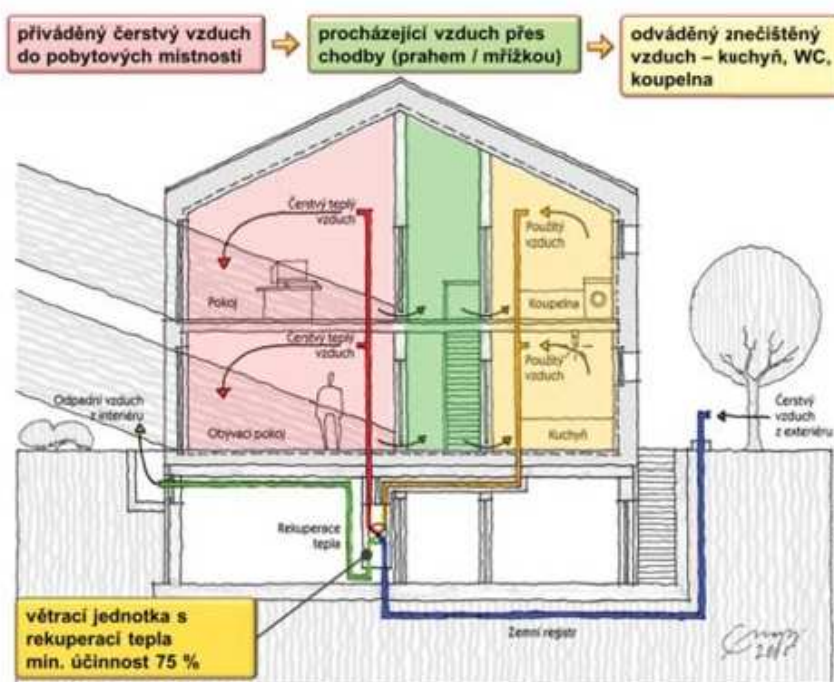
## 2.7 Technické vybavení EUD

### 2.7.1 Větrání

Zabezpečit pravidelné větrání interiéru, které by zajistilo přísun čerstvého vzduchu a odvod škodlivin, není jednoduché. **Správně by se mělo větrat pravidelně každé dvě hodiny po dobu 3 až 5 minut** (a to i v noci!), nejlépe dokořán otevřenými okny s komínovým efektem. Kdo ale doopravdy takto větrá? Málokdo si chce zbytečně přivádět chlad do teplých místností. A tak se hlavně v zimě větrá mnohem méně, než by bylo potřebné. Výsledkem je zvyšování koncentrace škodlivin, relativní vlhkosti až případný růst plísní. V ložnicích lze běžně naměřit po přespané noci i trojnásobné překročení hodnot koncentrace oxidu uhličitého. Je tedy nemyslitelné si odpočinout spánkem v takových to podmínkách. Běžným větráním okny navíc často není možné potřebné výměny vzduchu dosáhnout (pokud ovšem nemáme dům jako cedník plný netěsností) (4), (22).

### 2.7.1.1 Nucené větrání – nezbytná součást EUD

Nedílnou součástí NED a PD nucené větrání, které zabezpečují větrací jednotky vybavené rekuperací tepla zabezpečující vynikající kvalitu vzduchu při dodržení tepelné pohody. Čerstvý vzduch je přiváděn do obytných místností v potřebném množství. Odpadní vzduch je odváděn z míst s produkcí škodlivin a vlhkosti - kuchyň, WC, koupelna (obr. č. 25). Oproti běžnému větrání oknem nebo netěsnostmi nevzniká průvan a rychlosti proudění vzduchu jsou velmi malé. Výměna vzduchu tedy probíhá prakticky necitelně a samozřejmě neslyšně. Teplo (až 900 kWh/(m<sup>2</sup>.a) na osobu), které se odvádí při větrání z domu, je škoda pouštět ven, když je lze zpětně využít. V EUD o ně nepřicházíme. V rekuperačním výměníku odevzdává odváděný ohřátý vzduch své teplo vzduchu přiváděnému, a to s účinností až 90 %. Čerstvý vzduch se ve výměníku ohřívá na téměř pokojovou teplotu a nevznikají tak nepříjemné teplotní rozdíly v místnostech (22).



Obr. č. 25: Koncepce větrání EUD je jednoduchá. Čerstvý ohřátý vzduch je přiváděn do bytových místností, prochází přes chodby, které současně provětrává, a je odtahován v místech vzniku znečištění nebo vlhkosti, jako jsou kuchyň, WC nebo koupelna. Vzduch poté prochází rekuperačním výměníkem, čímž se zpátky do čerstvého vzduchu vrací cenné teplo (22, s. 9).

### 2.7.1.2 Rekuperace tepla

Princip rekuperace tepla ve výměníku je vcelku jednoduchý. Nasávaný (studený) a odpadní (teplý) vzduch proudí proti sobě v sousedních kanálcích a pohání je pouze dva pomaloběžné úsporné ventilátory (obr. č. 26). To je vše. Kvalita nasávaného vzduchu není ovlivněna, protože vzduch se nesmíchá. Díky filtraci vzduchu se snižuje prašnost v domě, což je pro alergiky výborná možnost, jak se zbavit alergenů v interiéru. Protože odpadá potřeba větrat otevřenými okny, je ve městech obrovskou úlevou snížení hlučnosti.

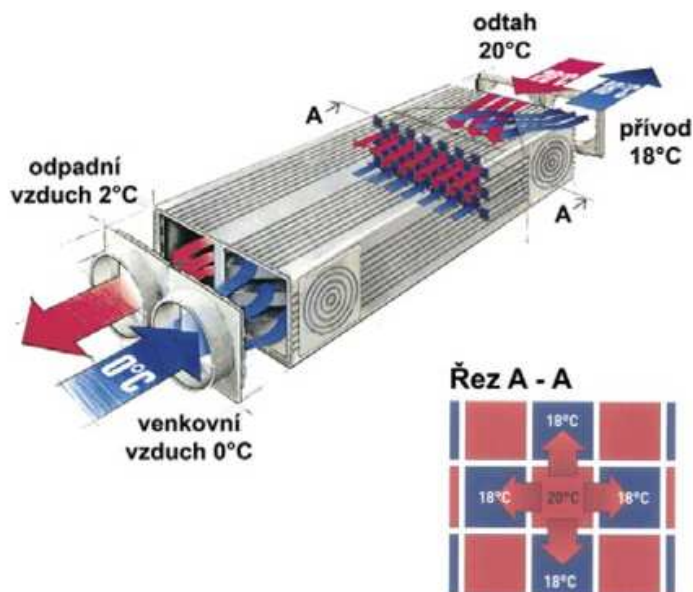
Větrací jednotka bývá umístěna v technické místnosti, v podhledu stropu, ve sklepě, podkroví nebo přímo v místnostech (lokální jednotky). Rozvody pro přívod a odtah jsou pak vedeny v podlaze, v podhledu pod stropem nebo ve stěnách.

Výhody nuceného větrání s rekuperací tepla jsou:

- 🌿 (80 -95) % úspora energie na vytápění oproti běžnému větrání během topné sezóny.
- 🌿 Neustále čerstvý vzduch bez překračování koncentrace obsahu CO<sup>2</sup>.
- 🌿 Filtrovaný vzduch bez znečištění prachem a pyly (výhoda pro alergiky).
- 🌿 Vysoký komfort větrání – teplý vzduch bez průvanu a ochlazování konstrukcí domu.
- 🌿 Snížení hlukového zatížení – větrání se zavřenými okny.
- 🌿 Kontinuální odvod vlhkosti – ochrana proti plísním
- 🌿 Bezobslužný komfortní provoz.

Poměr výkon/příkon, čili výkonový faktor větracích jednotek, udává poměr výkonu rekuperace (energetických úspor zpětnou výměnou tepla) a energie spotřebované na pohon ventilátorů. Vyšší výkonový faktor znamená větší úspory energie. Je-li např. výkonový faktor 10, pak je na každých 10 W uspořených rekuperací spotřebován chodem jednotky 1 W. Na výsledné hodnotě se významně podílí účinnost rekuperace, která je ovlivněna více faktory (viz dále). Stejně důležitá je spotřeba energie ventilátorů. Většina vysoce efektivních větracích jednotek využívá velmi úsporných ventilátorů se stejnosměrným pohonem. Výkonový faktor takových jednotek se pohybuje v rozmezí 10 až 15, u nejkvalitnějších jednotek je až 20.

Účinnost celého systému nuceného větrání s rekuperací tepla, přímo závisí na více faktorech. Na účinnosti samotného rekuperačního výměníku, průtoku vzduchu, na tlakových ztrátách v rozvodech, možnosti využití kondenzačního tepla a stupni neprůvzdušnosti objektu. Účinnost, kterou udávají výrobci větracích jednotek, je měřena v ideálních podmínkách v laboratoři a při provozu celého systému je nutno počítat s účinností o několik procent nižší v závislosti na provedení celého systému (22).


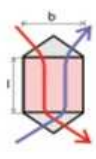
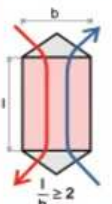





Obr. č. 26: Protiproudý kanálový výměník (22, s. 2).

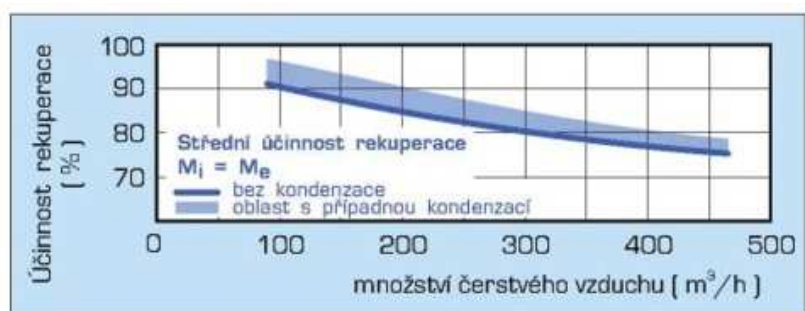
### 2.7.1.3 Rekuperační výměníky – typy a protimrazová ochrana

V minulosti používané křížové deskové výměníky s účinností (50-70) % se dnes nahrazují protiproudými kanálovými výměníky s deklarovanou účinností až 95 % (obr. 27). Mezi proudy vzduchu je více styčných ploch, přes kterou je výměna tepla realizována a účinnost rekuperace klesá s narůstajícím objemem větraného vzduchu pomaleji (obr. č. 28).

U vysoce účinných výměníků je v tuhé zimě nutno řešit potřebu protimrazové ochrany, neboť odpadní vzduch je při velice nízkých venkovních teplotách ochlazován na teploty nižší než 0 °C. Ohřátý odpadní vzduch nese s sebou vlhkost, která ve výměníku při ochlazení kondenzuje a po zamrznutí může způsobit dočasnou nefunkčnost systému nebo i poškození výměníku. Nasávaný vzduch je proto před vstupem do rekuperačního výměníku předeřhříván pomocí zemního výměníku tepla nebo elektrické spirály, popř. přísáváním teplého vzduchu v okolí jednotky za dočasného snížení větracího výkonu. Odpadní vzduch má pak po přechodu výměníkem teplotu, při které již nedochází k zamrznutí výměníku. Protimrazová ochrana je spouštěna automaticky řídicí jednotkou jednotky, což je pro uživatele zcela pohodlné (22).

Schéma			
Typ výměníku	křížový	křížový protiproudý	protiproudý
Plocha výměníku [m <sup>2</sup> ]	4–10	6–14	17–60
Profil proudění (řez)			
Účinnost rekuperačního výměníku [%] efektivní účinnost celého systému [%]	50–70	70–85 (60–75)	85–99 (75–93)

Obr. č. 27: Typy výměníků a jejich účinnost (22, s. 3).



Obr. č. 28: Křivka znázorňuje snižování účinnosti při zvyšování průtoku vzduchu. Je-li objem vzduchu procházejícího výměníkem výrazně vyšší, než je projektováno, účinnost zpětného zisku tepla se může snížit až o 20 % (22, s. 3).

## 2.7.1.4 Koncepce nuceného větrání

### 2.7.1.4.1 Centrální koncepce větrání

Centrální koncepce větrání obsahuje jednu větrací jednotku s rekuperací pro celý objekt (nebo ucelenou část u větších objektů). Tuto koncepci větrání využívá většina rodinných domů i větší objekty, jako jsou bytové domy nebo stavby občanské vybavenosti. Výhodou je společná údržba u větších objektů, nevýhodou pak větší průměry rozvodů a složitější regulovatelnost na úrovni jednotlivých bytů nebo částí. Jednotky jsou často umístěvané v technických místnostech, v podhledech stropů nebo ve skříni v interiéru (22).

### 2.7.1.4.2 Decentrální koncepce větrání

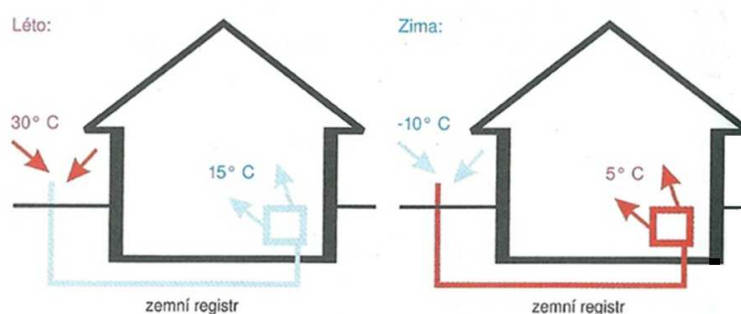
Decentrální koncepce větrání je založena na myšlence odvětrat jednotlivé místnosti (nebo bytové jednotky) samostatnými menšími větracími jednotkami. Toto řešení je použitelné hlavně u prostorů, kde není místo pro vedení stoupacích rozvodů - např. kanceláře, rekonstruované objekty, panelové domy a podobně. Výhodou je vynikající regulovatelnost a jednoduchost vedení s minimálním počtem a délkou rozvodů. Nevýhodou je nutnost řešit více prostupů fasádou, a také údržba se týká více jednotek.

Více místností lze odvětrat malými lokálními jednotkami s nerovnoměrně nastaveným množstvím přívodu a odtahu vzduchu. Tím je zabezpečeno kvalitní příčné provětrání místností. Lokální, resp. ostrovní jednotky jsou menší, u kterých je redukován počet a délka rozvodů, což zjednodušuje jejich umístění. Dimenzovány jsou většinou na menší objemy větraného vzduchu do 50 m<sup>3</sup>/h (22).

### 2.7.2. Zemní kolektor

Jedním z obligátních atributů EUD je podobně jako solární kolektory a fotovoltaické panely **zemní kolektor**. Na první pohled jednoduché zařízení - roura zahrabaná v zemi. Co se od takového low - tech zařízení dá čekat?

Princip je velmi jednoduchý: teplota země v hloubce (1,5 - 2) m má konstantní teplotu v zimě (4 - 8) °C a v létě (10 - 14) °C (obr. č. 29). Proto v zimě je pod zemí tepleji než venku, v létě naopak chladněji. Tohoto efektu využívají nejen některé moderní domy kryté zeminou, ale odedávna i sklípky venkovských stavení. Proč tento teplotní rozdíl nevyužít i v dalších budovách? Jestliže je dům vybaven strojním větráním (a to EUD jsou téměř bez výjimky), nabízí se řešení samo. Teplonosné médium, které prochází potrubím zakopaným v zemi, se na přiměřené délce kolektoru ohřívá nebo ochlazuje (22), (23), (24).






Obr. č. 29: Princip zemního kolektoru (23, s. 56).

### 2.7.2.1 Zemní vzduchový kolektor

Zemní vzduchový kolektor (výměník) se používá jak v rodinných a bytových domech, tak u administrativních budov. U obytných domů je obvykle důležitější funkcí předehřev studeného vzduchu v zimě. U administrativních budov, které jsou náchylné k přehřívání a jsou standardně vybaveny chlazením, hraje důležitou roli i letní chlazení větracího vzduchu.

Provoz zemního vzduchového kolektoru má několik režimů:

-  **Chladné období** - při venkovních teplotách pod 0 °C se předehřívá nasávaný vzduch, až o 14 K. Tím dosáhne nasávaný vzduch před vstupem do rekuperační jednotky teplotu vyšší jak 0 °C, čím je zaručen provoz bez rizika zamrznutí rekuperátoru a pozitivní ovlivnění energetické bilance, tj. vyšší bilanční účinnost.
-  **Teplé období** - při venkovních teplotách nad +22 °C vzduchový výměník ochlazuje nasávaný vzduch a následně tím citelně snižuje teplotu vzduchu v interiéru.
-  **Přechodné období** - při venkovních teplotách mezi 0 °C - 22 °C je vzduch nasáván mimo trubku zemního výměníku přímo zvenku (přes obvodovou stěnu). Přepínání nasávání probíhá automaticky v závislosti na venkovní teplotě. Venkovní teplotní čidlo ovládá elektrickou přepínací klapku. Vnější vzduch proto vstupuje do rekuperační jednotky energeticky optimalizovaný, šetří se energie a ve vnitřním prostoru se dosáhne příjemnější klima (23), (24), (25).

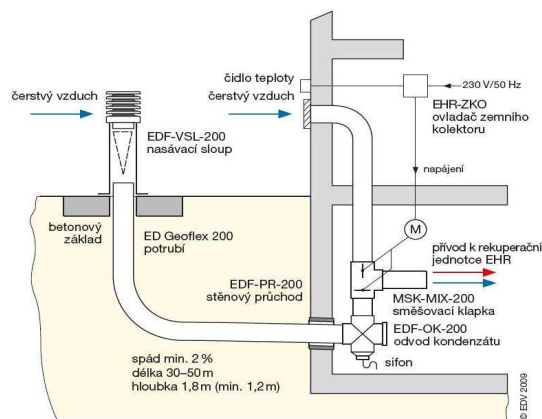
#### 2.7.2.1.1 Návrh a realizace zemního vzduchového kolektoru

Jako materiál na zemní vzduchový kolektor (obr. č. 30 b) se používají trubky z PP a PE nejlépe s antibakteriální úpravou (obr. č. 30 a). Na potrubí je kladen důraz na těsnost. Netěsnostmi by vnikal do potrubí radon, půdní mikroorganismy a srážková voda. Pro zabezpečení co možno nejvyššího přestupu tepla je třeba uložit potrubí zemního výměníku do hloubky 1,8 m (min 1,2 m) v celkové délce 30 m - 45 m při dodržení min spádu potrubí 2 % pro odvod kondenzátu ke křížovému kusu se sifonem popř. ke kondenzační sběrné šachtě. Potrubí lze uložit i ve dvou paralelních větvích o délce 15 m - 20 m s jejich propojením ve sběrné šachtě. Potrubí by mělo být pokud možno rovné popř. s lomy maximálně 30° (tlakové ztráty, nemožnost čištění). Výše uvedené uložení a návrh délky splňují důležitou zásadu, aby teplota vzduchu z výměníku v zimním období neklesla pod 0 °C. Tím je zaručeno, že v rekuperačním výměníku větrací jednotky nedojde k namrznání kondenzátu. Sací díl s předřazeným filtrem je doporučené umístit v místě se sušším vzduchem (tj. ne v okolí rybníku, vlhkého biotopu apod.), v místě přístupném pro kontrolu a výměnu filtru.

Nasávání by nemělo být umístěno v místě vzniků pachů (kompost apod.). Při pokládání potrubí dbát na co nejlepší účinnost přestupu tepla mezi potrubím a zeminou, tj. v žádném případě neobšypávat potrubí pískem nebo štěrkem, ale použít co nejvíce vaznou a zhutněnou zeminu, nejlépe jílu, či hlínu (23), (24), (25).



Obr. č. 30a: potrubí ED Geoflex 200 (25).

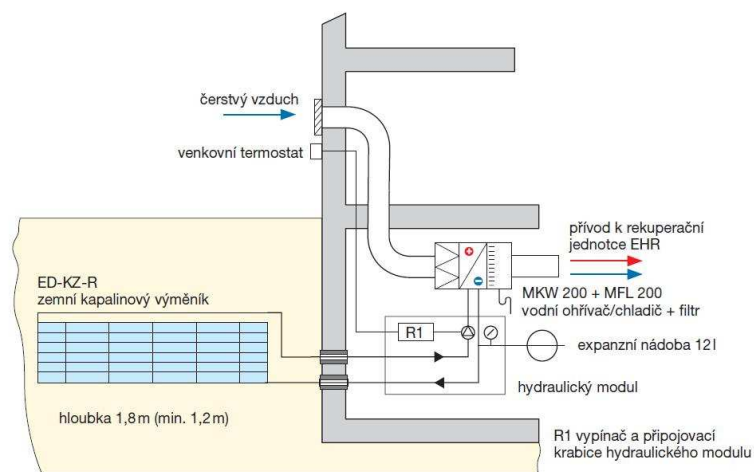


Obr. č. 30b: Schéma zemního vzduchového kolektoru se směšovací klapkou (25).

### 2.7.2.2 Zemní kapalinový kolektor

Zemní kapalinový kolektor (obr. č. 31) taktéž využívá tepla země a pracuje v režimech výše uvedených. V zemi není zakopána trubka o světlosti 200 mm, ale tlaková hadice z PE o světlosti (32 - 40) mm a délce cca 100m. Pokud se použije světlost menší, pak lze s délkou zdvojnásobit a zvýšit i účinnost výměníku. V hadici pomocí oběhového čerpadla cirkuluje nemrznoucí směs, která prochází výměníkem umístěným na vstupu čerstvého vzduchu do rekuperační jednotky. Kapalinový zemní kolektor je cca o 25 % nákladnější a provozní náklady se zvyšují o bilanci oběhového čerpadla. Mezi výhody kapalinového zemního kolektoru patří bezporuchovost, při pokládce snese hrubší zacházení a nemusí se čistit (23), (26).





Obr. č. 31: Schéma zemního kapalinového kolektoru o délce 175 m (26).

## 2.7.3 Vytápění

Při účinnosti rekuperace cca 80 % a venkovní teplotě  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  má běžně PD ztráty na úrovni do  $15\text{ W/m}^2$ . Na pokrytí tepelných ztrát objektu, byť jsou malé, je potřeba do domu vložit potřebné teplo. V EUD jsou využívány dvě koncepce distribuce tepla: teplovzdušné vytápění, kde je nosičem tepla přímo vzduch, nebo dělený systém větrání a vytápění klasickými zdroji tepla s jiným topným médiem (stropní, stěnové a podlahové vytápění nebo i přímotopné panely, či radiátory) (22).

### 2.7.3.1 Teplovzdušný systém vytápění

Rozvody vzduchu nuceného větrání lze současně využít k distribuci tepla a nahradit tím klasickou otopnou soustavu. Teplo dodávané vzduchu slouží nejen pro samotné dohřátí vzduchu, ale hlavně k pokrytí tepelných ztrát místností.

Teplovzdušné vytápění lze realizovat jen u budov s velmi nízkou tepelnou ztrátou, čili u EUD. Omezení vyplývá z faktu, že vzduch jako teplonosná látka nemá velkou schopnost vést teplo a současně je maximální teplota vzduchu z hygienických důvodů omezena na  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Při vyšší teplotě již dochází k rozkladu částic prachu, čímž se zhoršuje kvalita vzduchu. Ohřev vzduchu zpravidla zajišťuje nízkoteplotní teplovodní výměník zapojený do systému na ohřev teplé vody, případně elektrický ohřivač.

Výhodou teplovzdušného vytápění oproti sálavým zdrojům tepla (např. radiátorům) je pružnost systému reagovat na změny teplot. Takový systém pak vykazuje větší úspory na vytápění, neboť tepelné zisky, ať už solární nebo vnitřní, jsou využívány efektivněji. Naopak nevýhodou zůstává nemožnost regulovat teploty na úrovni jednotlivých místností.

Také intenzita větrání se zde navrhuje primárně na tepelné ztráty, které je potřeba pokrýt ohřátým vzduchem, a sekundárně na hygienicky potřebnou výměnu vzduchu.

Vzhledem k nízké schopnosti vzduchu vést teplo se prakticky využívá pouze systém teplovzdušného vytápění s cirkulací (tzv. dvouzónové větrací jednotky). Jednou větví navíc oproti běžnému větracímu systému je z obytných místností vzduch odsáván, znova dohříván a vrácen zpět. V letním období tento výkonnější systém zase umožňuje větší chladicí výkon díky většímu objemu větracího vzduchu. Určitou nevýhodou je složitější rozvodný systém (jedna větev navíc pro cirkulaci), rozvody o větším průměru a také vyšší spotřeba elektřiny na ventilátory (12), (22).

### **2.7.3.2 Kombinace nuceného větrání a klasického vytápění**

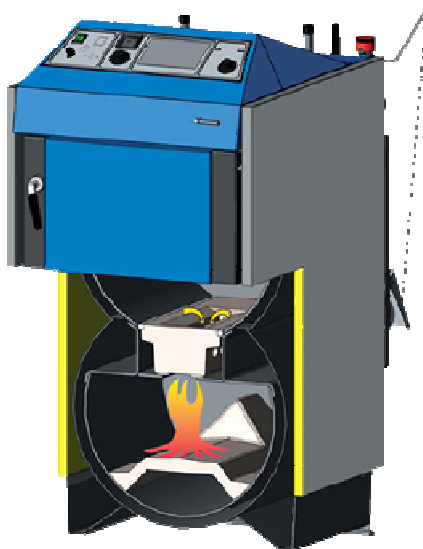
Kombinace běžné, ale výrazně zmenšené otopné soustavy, a samostatného systému větrání se dnes v pasivních domech používá nejčastěji. Distribuce tepla se realizuje klasickým způsobem - radiátory, stěnovým nebo podlahovým topením. V koupelně se standardně navrhuje topný žebřík nebo podlahové topení. Výhodou je, že u EUD nemusí být umístěny zdroje tepla u oken, protože povrchové teploty skla jsou vyšší a nedochází zde ke kondenzaci vlhkosti. Je ovšem nutno zabezpečit kvalitní regulaci a přiměřený výkon těchto zdrojů.

Jako zdroj tepla pro zmenšenou otopnou soustavu lze uvažovat zplynovací kotel na kusové dřevo s ručním přikládáním (obr. č. 32), automatický kotel na pelety, plynový kotel nebo elektro kotel. U kotlů na dřevo nebo na pelety je akumulární nádrž nutností pro efektivní chod. Asi polovina stavebníků preferuje jako doplňkový zdroj krbová kamna (krbovou vložku) na dřevo. V konečném výsledku je možné se dostat na podobnou výši pořizovacích nákladů jako u teplovzdušného vytápění. Výhodou je, že sálavé teplo umocňuje pocit tepelné pohody jako u teplovzdušného systému.

Vytápění přímotopy (infrapanely, sálavými fóliemi apod.) poskytuje vysoký uživatelský komfort a nízké vstupní náklady, což je však vyváženo provozními náklady o hodně vyššími než u teplovodních systémů, kde je zdroj obvykle využíván i na přípravu teplé vody. Při kombinaci krbu nebo kamen s nuceným větráním je nutné zabránit vzniku podtlaku, aby nedocházelo k nedokonalému spalování a nasávání spalin do objektu.

Pro bezpečnost provozu kamen v pasivním domě je zásadní navrhnout několik opatření:

- ✿ **Rovnotlaký nebo ideálně mírně přetlakový režim** - zabezpečí správné fungování spalovacího zařízení a vyloučí nebezpečí otravy unikajícími plyny.
- ✿ **Externí přívod vzduchu do kamen** - zaručí oddělení zařízení od vnitřního vzduchu.
- ✿ **Ochrana větrací jednotky proti poruše ventilátoru přívodu vzduchu** formou vypnutí celé jednotky. Zabrání se tím vytvoření podtlaku v místnosti (12), (22).



Obr. č. 32: Řez kotlem Atmos Dřevoplyn (27).

## 2.7.4 Ohřev teplé vody

U PD s minimálními náklady na vytápění dochází často k tomu, že náklady na přípravu teplé vody převyšují náklady na vytápění. Proto je vyvíjen tlak na maximální snížení těchto nákladů. Možností jak zabezpečit ohřev teplé vody je několik a jsou ovlivněny umístěním odběrných míst. Již při navrhování rozvodů je třeba se vyhnout dlouhým rozvodům teplé vody. Pokud to není možné (např. u rekonstrukcí) pak je vhodné použít malý elektrický ohříváč pod linkou. Při centrální přípravě teplé vody je důležitá koncepce akumulace energie a kombinace zdrojů (23).

### 2.7.4.1 Koncepce akumulace energie

Problém nepravidelných vstupů a odběrů tepla pro přípravu teplé vody a pro vytápění s velkým úspěchem řeší zásobníky tepla. Současně u některých zdrojů (např. zplyňovací kotle na biomasu) umožňují akumulací nádrže chod na plný výkon s největší účinností a minimálními emisemi. Zásobník (obr. č. 33) by měl být kvůli minimalizaci tepelných ztrát

opatřen kvalitní izolací o tloušťce min. 100 mm. Rozdíl teplot je totiž vysoký a kromě vyšší spotřeby tepla může docházet k nepříjemnému přehřívání místnosti, kde je zásobník umístěn. Správná konstrukce nádrže je zásadní pro dlouhodobé udržení teploty. Je velmi důležité, aby nedocházelo ke smíchávání (cirkulaci) teplé vrchní vrstvy a spodní studené. Stratifikační zásobníky tepla poskytují možnost vstupů z více zdrojů s rozličnými teplotami i odběrů v různých teplotních vrstvách. To je důležité zejména u připojení solárních kolektorů k ohřevu teplé vody, neboť kolektory vyžadují pro správné fungování oběhu nižší vstupní teplotu při možnosti odběru z vrstev s nejvyšší teplotou (23), (28).



*Obr. č. 33: Kombinovaný akumulční zásobník - vytápění a ohřev teplé vody (28, s. 4).*

#### **2.7.4.2 Koncepce kombinace zdrojů**

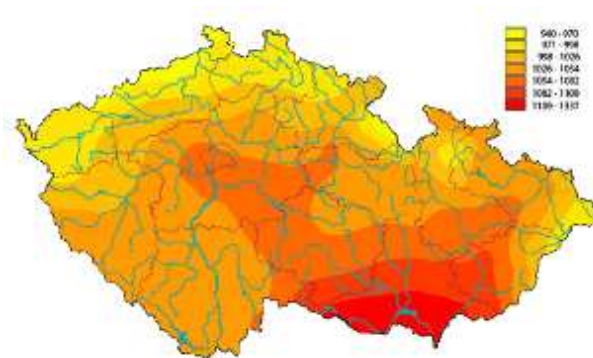
Používat jen jeden zdroj energie není vždy ekonomicky výhodné. Vhodné kombinace zdrojů sice znamenají vyšší pořizovací náklady, ale následné provozní náklady mohou být v některých případech výrazně nižší. U některých zdrojů levné energie je kombinace s jinými zdroji přímo nevyhnutelná. Vhodným doplňkovým zdrojem k biomase jsou solární kolektory, které pokrývají 100 % potřeby teplé vody mimo topnou sezónu, kdy už kamna nebo kotle nejsou v provozu. Také při využívání solárního systému k ohřevu teplé vody musíme mít zálohu v době, kdy slunce nesvítí. Zpravidla kombinujeme zdroj s nízkými provozními náklady, který ale nelze využívat stále (sluneční energie), s dražším zdrojem, který je k dispozici stále. Vhodná kombinace nám také často umožní ideálně využít výhody každého systému a eliminovat jejich nevýhody (28).

### 3.7.5 Solární kolektory

Solární kolektory jsou nejznámější a nejrozšířenější technologií využití slunečné energie. Poněkud vyšší cena solárních kolektorů je vyvážena na druhé straně minimálními provozními náklady. Vhodně doplňují systémy pro ohřev teplé vody, kde se dimenzují na pokrytí (60 - 70) % potřeby teplé vody. Systémy pro vytápění jsou nákladnější a využívají se méně. Právě v zimě, kdy je potřeba tepla největší, je totiž slunečných dnů nejméně. Předimenzování plochy solárního systému z důvodu využití pro vytápění nebývá vyváženo očekávaným efektem - zvyšují se investice a prodlužuje návratnost. Navíc přibývá problém, kam s přebytečným teplem v létě. Často se přebytky používají k ohřevu vody v bazénu. Velikost solárních zisků závisí na více faktorech. Nejdůležitější z nich jsou otočení a sklon kolektorů, v ideálním případě by měly mít přímo jižní orientaci se sklonem 40° - 45°.

V podmínkách České republiky dopadne na jeden m<sup>2</sup> zhruba (950 - 1 340) kWh sluneční energie (obr. č. 34). Solární zisky se však v jednotlivých měsících značně liší. Největší část (asi 75 %) dopadne v letním období. Roční zisky ze solárních kolektorů v ideálním případě mohou činit (500 - 800) kWh/m<sup>2</sup> kolektorové plochy. Solárních kolektorů je více druhů. Liší se tvarem a uložením absorbéru, použitou absorbční vrstvou, a tím pádem i účinností. Na trhu jsou ploché kolektory, ploché vakuové kolektory a vakuové trubicové kolektory (obr. č. 35). Účinnější a samozřejmě i cenově dražší jsou vakuové ploché a vakuové trubicové kolektory.

Solární zisky nezávisí jen na účinnosti kolektorů nebo způsobu oběhu média, ale taky na volbě a navržení kvalitního zásobníku tepla. Z praxe je známo, že i při použití sebelepšího kolektoru s nesprávně navrženým zásobníkem tepla budou tepelné zisky nízké. Zejména teplotní rozvrstvení (stratifikace) objemu zásobníku má významný vliv na účinnost kolektorů a na schopnost pokrýt nepravidelným solárním ziskem potřebu tepla. Snahou je zajistit v horní části zásobníku dostatečnou teplotu využitelnou pro odběr tepla bez nutnosti dodatkového ohřevu a v dolní části v místě výměníku solární soustavy udržet nízkou teplotu kvůli vysoké účinnosti kolektoru (23), (28), (29).



Obr. č. 34: Mapa globálního slunečního záření v ČR ( $W/m^2$ ) (29).



Obr. č. 35: Vakuové trubčové kolektory se vyznačují velkými výnosy i při různém sklonu a natočení. Zejména v přechodném období zabezpečují oproti plochým kolektorům větší zisky (28, s. 3).

### 2.7.6 Fotovoltaické články

Solární energii lze proměňovat nejen na teplo, ale pomocí fotovoltaických článků i přímo na elektrickou energii. Při ideální instalaci (jižní natočení, sklon  $35^\circ$ , žádné stínění) lze ze sluneční energie získat ročně (800 – 1 100) kWh elektrické energie na  $10\text{ m}^2$  instalovaných článků. U PD o velikosti asi  $100\text{ m}^2$  při celkové roční potřebě energie na domovní techniku (vytápění + ohřev teplé vody) kolem 5 MWh, u kompaktních jednotek asi 3 MWh, může značnou část potřeby elektřiny pokrýt fotovoltaika. Instalace větších ploch může pak proměnit pasivní dům na dům nulový nebo dokonce aktivní (plusový), který přebytky elektrické energie dodává do sítě (obr. č. 36). Vzhledem k výkupním cenám obchodníků však není rentabilní prodej do veřejné sítě. Nejedná se o domy soběstačné, jelikož jsou připojeny do sítě, ale v celoroční bilanci vykazují nulovou spotřebu energie. Ostrovní systémy, tj. odpojené ze sítě, se zatím využívají málo, protože vyžadují nákladné baterie na uložení elektřiny

a spotřebiče či osvětlení přizpůsobené nižšímu napětí. Na druhé straně zase ve spojení s dalšími zdroji (např. větrnými elektrárnami) poskytují úplnou energetickou soběstačnost (23), (28).



*Obr. č. 36: Nulový dům aneb dům s nulovou potřebou energie. V podstatě jde o pasivní dům s větší plochou fotovoltaických článků, které v celoroční bilanci vyrovnávají potřebu energie. V případě přebytků odevzdávaných do sítě pak jde o dům aktivní (plusový) (28, s. 3).*

## **2.8 Využívání elektrického proudu**

V průměrné domácnosti se na provoz elektrospotřebičů určených na praní, vaření, chlazení, či mrazení, osvětlení, komunikaci a zábavu spotřebuje cca 10 kWh elektrické energie za jediný den. Uvedenou spotřebu lze energeticky úspornými přístroji a jejich odpovídajícím využitím snížit na (4 - 6) kWh za den.

Proto nejen u EUD se vyplatí využívání spotřebičů s těmi nejlepšími energetickými parametry (třídy A, A+, ...). Kuchyňské spotřebiče a bílá technika tvoří asi (40 - 60) % spotřeby elektrické energie v domácnostech. Nejúspornější spotřebiče jsou schopny ušetřit až 30 % energie, nejen novými konstrukčními prvky, ale i kvalitní regulací. Velkou úsporu může vytvořit i jednoduché připojení přívodu teplé vody do spotřebičů jako pračka a myčka, které by si jinak musely vodu draze ohřívat. Místo klasických žárovek, které spíš topí, než svítí (95 % energie proměňují v teplo), je vhodnější instalovat šetrná osvětlovací tělesa ve formě

úsporných zářivek nebo LED. Deset zářivek o příkonu 20 W (ekvivalent 100 W žárovky) nám při provozu 3 h denně dokáže uspořit ročně až nezanedbatelných 600 kWh.

Velkým tichým „žroutem“ jsou i pohotovostní, čili klidové režimy elektrospotřebičů, tzv. stand-by režimy. Ty mohou podle typu a stáří spotřebiče činit od 1 W až po 20 W. V běžné domácnosti to pak může znamenat nepřetržitou spotřebu až 60 W, respektive náklad několika stovek korun až tisíce korun ročně (podle sazby za elektrickou energii).

Přes všechna uvedená opatření výši energetických úspor ovlivňují i zvláštní opatření a návyky uživatelů EUD (12), (28).

## 2.9 Chování uživatelů

Podle výzkumů u realizovaných projektů je uživatel budovy tím nejdůležitějším činitelem efektivity všech technických opatření. Stejně důležité jako celkové technické vybavení budovy je i uvědomělé jednání s přihlédnutím k dennímu a ročnímu období a ovládání technických zařízení. Technické zařízení a jeho obsluha musí být v souladu s koncepcí EUD od začátku jeho návrhu. I ta sebelepší technika však nebude efektivní, pokud bude uživatelem nesprávně užívána nebo ovládána. Uživatel je tedy jedno kolečko ze soukolí správně fungujícího EUD (12).

## 2.10 Ekologická bilance EUD

Pokud hovoříme o ekologicky vědomé bilanci budovy, pak musíme výstavbu EUD chápat mnohem komplexněji. Je třeba zvážit energetickou bilanci v průběhu celého životního cyklu budovy - výstavby, užívání, bourání a recyklace (12).

### 2.10.1 Šedá energie EUD pod drobnohledem studie

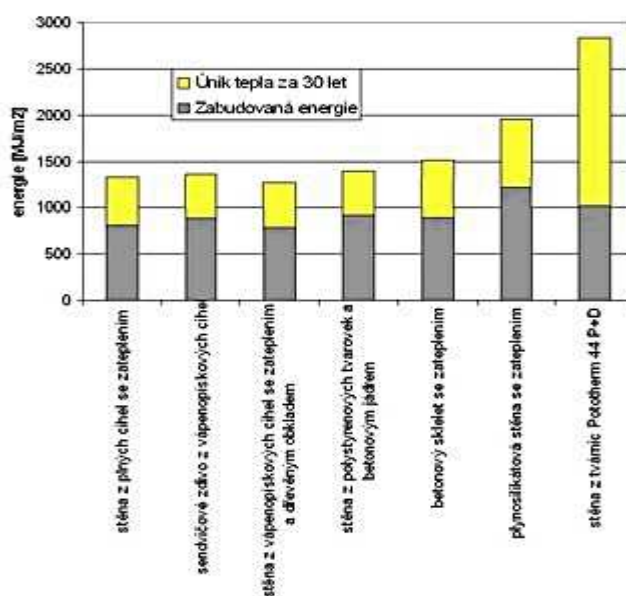
Nedávno byla Centrem pro obnovitelné zdroje a úspory energie EkoWATT Praha dokončena studie, která se zabývala energetickou a ekologickou náročností vlastní výstavby a provozu pasivního domu. Použité materiály při svém vzniku zatěžují životní prostředí, hovoří se o zabudované nebo **šedé energii**. U starší konvenční výstavby spotřeboval dům během až 80 let svého života řádově mnohem více energie, než bylo potřeba na jeho vznik. U pasivních domů, se spotřebou na vytápění až 10x menší, je proto objem šedé energie významnější. Totéž platí o emisích, jak z vlastního provozu, tak emisí svázaných s výstavbou.

Bylo porovnáno několik vybraných konstrukcí, běžně používaných v pasivních i „obyčejných“ domech. Jde o konstrukce stěn obvodového pláště. Těmito 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 šedé 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 tepelně-izolačním účinkem, pak se ukazuje, že polystyren (EPS) je asi 4x energeticky náročnější než izolace ze skelných vláken a asi je 8x náročnější než izolace z celulózových vláken.

Mezi porovnávanými domy byly jak domy s energeticky náročnými materiály (beton, polystyren), tak domy postavené ze dřeva a „dřevěných“ materiálů jako OSB desky a celulosová tepelná izolace. U všech domů byla spotřeba energií na vytápění během 30 let o něco menší, než energie zabudovaná do konstrukcí (obr. č. 37). Analýza jednotlivých stavebních konstrukcí pak přesvědčivě ukazuje, že použití stěny s vyšší izolační schopností má krátkou energetickou návratnost. Energie vložená „navíc“ do stěny ve formě tepelné izolace se vrátí na úspoře provozní energie asi za 11 let provozu (platí u energeticky náročného polystyrenu, pro jiné izolace bude návratnost kratší). Pokud se tedy zaměříme pouze na energetické hledisko, pak je pasivní dům vhodným řešením (30).



Obr. č. 37: Svázaná a provozní energie pro vybrané konstrukce (30, s. 14)

## **2.10.2 Odstranění a recyklace EUD**

V současné době se do celkové energetické bilance budovy nezahrnují náklady spojené s jejím bouráním, odstraňováním materiálů, případně s jejich recyklací. Už při návrhu EUD a výběru stavebních materiálů a technologií by se mělo myslet na stavební odpad, kterého by mělo být samozřejmě co nejméně, a měl by být dál recyklovatelný. Recyklovatelnosti celé budovy po skončení její životnosti lze dosáhnout cílevědomým omezením různorodosti materiálů, koordinací jejich životnosti a používáním již recyklovaných a recyklovatelných materiálů (12).

## **2.11 Optimalizace prvků**

Na trhu je dnes nepřehledné množství výrobků a technologií (tepelné izolace, solární kolektory, energeticky účinná zasklení, zimní zahrady, novátorské vytápěcí systémy, tepelná čerpadla, atd.), kterými lze snížit spotřebu energie a současně i znečištění životního prostředí. Není však jednoduché stanovit, které z těchto opatření je pro dosažení nejvyšší efektivity při výstavbě a následném užívání EUD nejpříjemnější. Kombinovat uvedené možnosti bez koncepce je scestné, zbytečně drahé a ne příliš ekologické. Vždy je třeba vycházet z místních specifických podmínek lokality stavby EUD a stanovit tu nejvýhodnější koncepci pro návrh a realizaci stavby. Jde tedy vždy o jedinečnou koncepci u každého plánovaného EUD. Přesně seřadit všechny výše uvedené opatření, zařízení a systémy do požadované součinnosti vyžaduje vysokou úroveň technických znalostí a zkušeností. Jde o nalezení harmonie techniky s ostatními prvky EUD a následné vytvoření obytné pohody a optimismu koncových uživatelů domu (12).

## 3 Doprovodné technologie a prvky EUD

### 3.1 Rekuperace tepla z odpadní vody

Je až překvapující, kolik tepla odchází spolu s odtékající vodou při umývání nebo sprchování. Odpadní voda odchází v podstatě jenom o několik stupňů chladnější než voda vycházející z baterie. Problém řeší rekuperace tepla z odpadní vody. V současnosti jsou na trhu výměníky s účinností asi 40 % pro využití v domácnostech, v průmyslu i vyšší. Většinou jde o deskové výměníky tepla, kde znečištěná odpadní voda předává své teplo přiváděné vodě, která se ukládá do zásobníků. Účinnost je závislá na průtoku. Pro velmi znečištěné odpadní vody se volí konstrukce s menší účinností a větším průtokem, aby se zabránilo zachytávání nečistot. Nejčastější využití těchto výměníků je v průmyslových provozech, kde se pracuje s velkým množstvím ohřáté vody (prádelny, lihovary, textilní barevny a jiné). V domácnosti lze malý výměník umístit přímo pod odtok vany nebo sprchového koutu. Předehřátá voda může být napojena přímo na termostatickou baterii anebo do zásobníku tepla (28).

### 3.2 Hospodaření s vodou

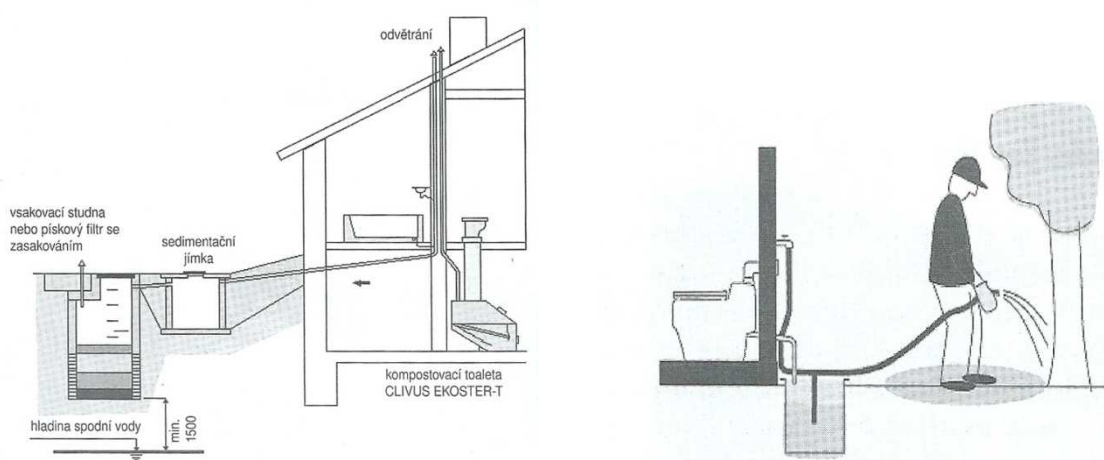
Ze všech přírodních zdrojů je v současnosti nejvíce ohrožena voda. Samotné ohrožení spočívá v jejím nadměrném vyčerpávání a následném znečištění. Z celkového objemu vody na naší planetě tvoří pitná voda pouhé jedno procento. Průměrná spotřeba pitné vody v ČR na osobu a den činí závratných 130 l - 150 l. Na pití jí použijeme minimum. Většina vody je znehodnocena pro osobní hygieně, použití WC, praní, vaření, mytí aut, či dokonce zalévání zahrádky a trávníku. Z hlediska ekologie lze vodu rozdělit na tzv. **šedou** (odpadní voda z umyvadel, sprchy, mytí nádobí, úklidu a pod) a tzv. **černou** vodu po použití splachovacího záchodu). Možností jak být šetrný k pitné vodě je mnoho: nahradit pitnou vodu vodou srážkovou nebo studniční při praní, splachování WC, zalévání zahrádky, nebo používat úsporné spotřebiče a spořiče vody. Pokud je na pozemku spodní voda, resp. již studna, pak ji lze použít jako užitkovou (v domě pak jsou dva rozvody vody). Pokud má parametry pitné vody, pak ji lze rozvést po celém domě. Kde není na pozemku spodní voda, tam lze použít srážkovou vodu. Ta je zachytávána do podzemní nádrže (obr. č. 38), odkud je rozvedena k místu spotřeby (pračka, WC, zahrada) (23),(31).



Obr.č. 38: Zásobník dešťové vody umístěný pod zemí (31).

### 3.3 Kompostovací záchody

Klasický splachovací záchod spotřebuje velké množství pitné vody. I přes použití úsporných splachovacích systémů je spotřeba stále velmi vysoká. Řešením je kompostovací záchod (obr. č. 39 a, b), který je hojně používán ve vyspělých severských zemích. Základem úspěšnosti kompostovacího záchodu je důsledná separace tekutých a pevných složek. Moč odtéká samostatným potrubím do menší nádrže, ze které se může později použít jako hnojivo nebo se sloučí s ostatní šedou vodou. Pevné složky se shromažďují v nádrži uvnitř toalety se zabudovaným ventilátorem s nízkou spotřebou. Díky ventilaci záchod nezapáchá, exkrementy lépe vysychají a zmenšují svůj objem. Suchý odpad poté putuje na domácí kompost. Existují i kompostovací záchody se spodním kontejnerem s přímou tvorbou kompostu. Takový kompost lze použít přímo k hnojení na zahrádce (23).



Obr.č. 39a: kompostovací záchod se spodním zásobníkem (23, s. 86). 39b: Kompostovací záchod (23, s. 87).

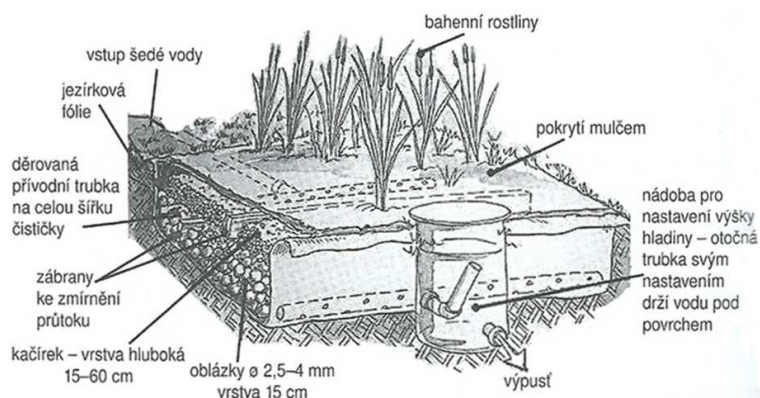
### 3.4 Kořenové čistírny

Kořenové čistírny pracují na principu biologického čištění odpadních vod pomocí bakterií žijících na kořenech a tělech vodních rostlin (obr. č. 40). V současnosti jde již o vyzkoušenou a zavedenou technologii čištění odpadních vod. Je vhodná zejména pro rodinné domy (obr. č. 41), zemědělské usedlosti a menší obce.

Účinnost kořenových čistíren je srovnatelná s moderními domovními čistírnami. Jejich provoz je téměř beznákladový a zcela se obejdeme bez nákladné domovní přípojky a placení stočného. Citlivě zakomponované kořenové čistírny jsou významným estetickým prvkem prostředí zahrady s bohatou druhovou rozmanitostí.

Obvykle jsou v kombinaci se zahradním jezírkem (biotopem) a umísťují se v nižší části zahrady. Mokřad jako čistící zóna bývá většinou osázena rákosem obecným a na osobu má plochu 5m<sup>2</sup>. Správně navržené a tedy i plně fungující čistírny si poradí jak s vodou šedou, tak i s vodou černou. Pokud se používají moderní kompostovací záchody a do kořenové části půjde pouze voda šedá, pak lze celkovou plochu mokřadu zmenšit.

Výhod kořenových čistíren je hned několik: nízké pořizovací náklady, spolehlivý provoz, minimální náročnost na speciální technologie a vybavení, při umístění ve svažitém terénu odpadají náklady na elektřinu, na obsluhu nenáročný provoz, estetický vzhled a zadržování vody v krajině a vysoká životnost (23), (32).



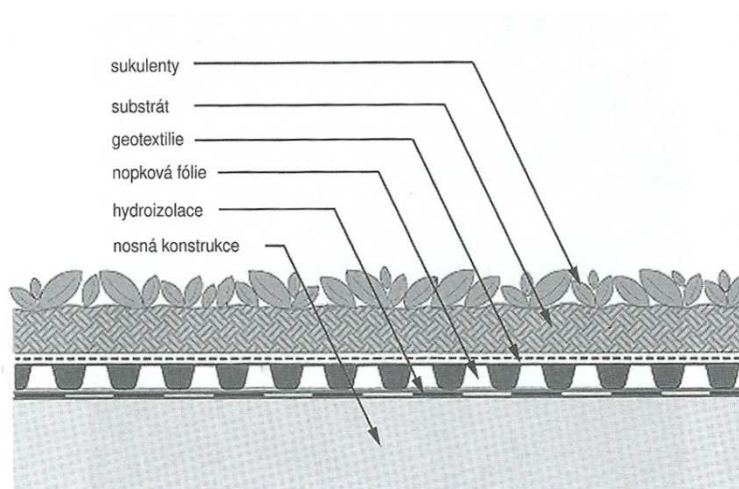
Obr. č. 40: Kořenová čistírna (23, s. 88)



*Obr. č. 41: Domovní kořenová čistírna v Kyjově u Havlíčkova Brodu (32).*

### **3.5 Zelené střechy**

Zelené střechy jsou velmi dobrým ekologickým prvkem ploché střechy domu (obr. č. 42). Zlepšují mikroklima, zpomalují odtok dešťové vody, přičemž pojmu až polovinu spadlých srážek. Významně chrání střešní izolaci před UV zářením a zvyšují požární odolnost střechy. Nevýhodou jsou vyšší nároky na nosnou konstrukci a vyšší vstupní náklady. Dle výšky substrátu lze zelené střechy rozdělit na extenzivní (4 - 10) cm a intenzivní (desítky cm až stovky cm). Na extenzivní střechy se hodí suchomilné rostliny (netřesky, rozchodníky, kostřavy) a na intenzivní lze sázet traviny, keře i stromy (obr. č. 43) (23), (33).



*Obr. č. 42: Skladba zelené střechy (23, s. 90).*



*Obr. č. 43: Na zelené střeše mohou růst i stromy (33).*

## **B Aplikační část**

### **4 Případové studie EUD v praxi**

#### **4.1 Rekonstrukce staršího rodinného domu autora na dům v nízkoenergetickém standardu v Nákle**

##### **4.1.1 Umístění stavby a celkové pojetí první fáze rekonstrukce**

Dvougenerační rodinný dům (dále RD) se nachází na severozápadním konci obce Náklo nedaleko místní pískovny v nadmořské výšce 226 m. Dům je ze severní strany přizděn k sousednímu RD a hlavní stávající obytná část je orientována na jih s odklonem 15° na východ. V celkovém pojetí místní zástavby je dům součástí řady RD oboustranně lemujících místní komunikaci. Jihozápadní původně hospodářské křídlo a dvůr zase ohraničuje vedlejší komunikace a zahrada.

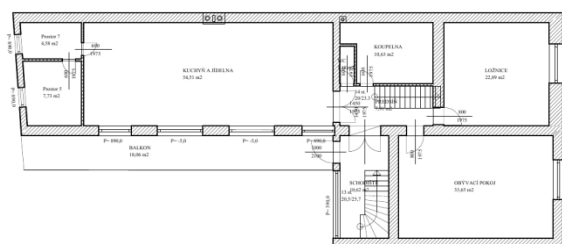
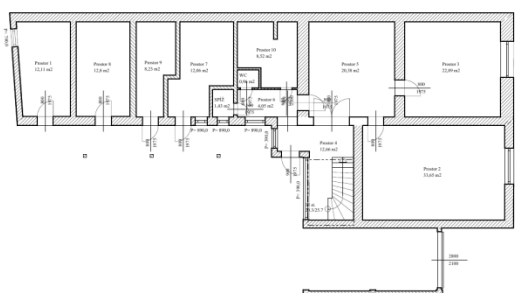
Dům byl postaven kolem roku 1925 převážně z vepřovic, tj. nepálených cihel s tloušťkou zdiva 50 cm až 70 cm. Hospodářský trakt byl postaven z pálených cihel s tloušťkou zdiva 30 cm až 45 cm. Jako základy byly použity kamenné základové pasy s nevyhovující hydroizolací. Střechy byly realizovány jako sedlové se sklonem 45° a nad hospodářským křídlem jako pultová. Podlahy byly dřevěné na polštářích na škvárovém loži. Dům prošel několika rekonstrukcemi, které však neměly koncepci.

Tento RD jsem převzal od mých prarodičů v roce 2005 a nechtěl jsem opakovat stejné chyby. Proto jsem oslovil místního projektanta, aby vytvořil z původního nevyhovujícího stavu alternativu blízko NED, která by maximálně využila stávající obvodové zdivo a dispozice RD, preferovala dřevěné prvky a zároveň se otevřela slunečnímu svitu. Výsledná koncepce se zdála velkorysá. Sanace hydroizolací zdiva a výměna podlah s dodatečným zateplením 8 cm polystyrenu (více nebylo technicky možné) byly sice náročné, leč nezbytné. Další stavební úpravy otevřely celý dvorní trakt slunci. Původní vstupní veranda musela být zbourána pro nedostatečné základy. Na jejím místě se postavila vstupní hala se schodištěm. Vznikl tak vstup do obou bytových jednotek. V obou podlažích se použilo velkoplošné prosklení dřevěnými euro okny se součinitelem prostupu tepla  $U=1,27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Nad hospodářským křídlem se odstranila strmá pultová střecha, celé patro se zdvihlo o 2,5 m vyzděním z dutinových keramických bloků o tloušťce 30 cm a následně zastřešilo novou pultovou střechou. Nově vzniklý obytný prostor - kuchyň s obývacím pokojem - byl



velkoryse prosvětlen čtyřmi okny, z toho dvěma francouzskými až po podlahu. Z kuchyně, resp. z obývacího pokoje lze vstoupit na celodřevěnou pavlač, která tvoří rovnoběžnou linii s rekonstruovaným dvorním křídlem. Nad celou šířkou pavlače je přesah pultové střechy. (obr. č. 44 a, b). Veškeré okenní výplně byly osazeny opět dřevěnými eurookny se součinitelem prostupu tepla  $U = 1,27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Otopná soustava se dočkala rekonstrukce také. Demontovala se lokální plynová topidla a karma. Instalován byl kotel na dřevo s novým teplovodním okruhem a plynový bojler na ohřev vody.

Vzhledem k nedostatečným finančním prostředkům se však idea úsporného domu začala vzdalovat. Na okenní výplně u tří oken do zahrady použity pouze standardní dvojskla v jednoduchém rámu. I zateplení stropů bylo zcela nedostatečné. Použito bylo pouhých 10 cm minerální vaty. Na celkové zateplení už nezbylo. To se projevilo v následujících zimách nepříjemným vznikem plísní. Tento stav byl až do začátku roku 2009 neměnný.



Obr. č. 44a: Půdorys přízemí (foto Rosskohl).

Obr. č. 44b: Půdorys patra (foto Rosskohl).

#### 4.1.2 Druhá fáze rekonstrukce – Zelená úsporám

Na jaře roku 2009 byl spuštěn dotační program **Zelená úsporám**. Tato možnost jak dotáhnout vizi úsporného domu k cíli byla velmi lákavá. Podmínky nastavené dotačním programem byly velmi přísné a pro mne nerealizovatelné. Po nezájmu veřejnosti o Zelenou úsporám došlo k uvolnění podmínek čerpání dotací a tím i možnosti vstoupit do tohoto programu. K tomu došlo koncem roku 2009. Při zpracovávání projektové dokumentace k žádostem o dotaci proběhl výpočet potřeby tepla na vytápění domu podle normy ČSN EN ISO 13790. Stávající stav byl podle očekávání zcela nedostatečný. Roční měrná potřeba tepla na vytápění činila závratných  $210 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  při vytápěné podlahové ploše cca  $216 \text{ m}^2$ . Po dlouhé projektové přípravě, kdy se propočítávaly varianty úsporných opatření, došlo na podání žádosti o dotace.

Vše nakonec vyšlo, dotace byly schváleny a mohlo se tak pokračovat k realizaci navržených tepelnětechnických opatření:

- 🏠 **Výměna okenních výplní ze zahrady a silnice** - u oken do zahrady se vyměnila nouzově instalovaná okna s dvojsklem za dřevěná eurookna s trojsklem s  $U=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Kastlová okna ze silnice byla vyměněna za trojdílná okna se stejnými parametry s důrazem na zachování vzhledu kastlových oken.
- 🏠 **Zateplení obvodového pláště budovy tepelnou izolací** - obvodové konstrukce z dutinkových cihelných bloků a plných cihel byly zatepleny 10 cm kontaktním izolačním systémem z fasádního polystyrenu. Zdivo z nepálených cihel, tzv. „vepřovic“ se aplikovala takéž kontaktní izolace i minerální vaty i shodné tloušťce 10 cm. Uvedených 10 cm izolace splňoval výpočet a místní stavební možnosti. Jako povrchová úprava se zvolila silikonová pastovitá omítka (obr. č. 45 a, b, c, d).
- 🏠 **Zateplení stropů v nevytápěných místnostech v přízemí dvorního křídla** - opět kontaktní zateplovací systém popř. zavěšený systém o tloušťce 10 cm polystyrenu. Nutno dodat, že v podlaze nadstavovaného patra dvorního křídla již byla zabudována tepelná izolace o tloušťce 8 cm. Finální omítka se zvolila opět silikonová pastovitá.
- 🏠 **Zateplení stropů v prvním patře** - nad dvorním traktem a schodištěm doplněna minerální izolace o 32 cm na celkovou tloušťku 42 cm. Nad trémové stropy se škvárobetonem původního RD z vepřovic byla položena vrstva minerální izolace o tloušťce 36 cm.
- 🏠 **Instalace rozvodů vzduchotechniky a rekuperačních jednotek.**
- 🏠 **Instalace solárních kolektorů, akumulčního zásobníku a propojovacích prvků.**
- 🏠 **Instalace vyrovnávací akumulční nádrže ke kotli na dřevo.**

Všechna výše uvedená opatření se podařilo během roku 2010 realizovat, zafinancovat a následně i získat dotaci z programu Zelená úsporám. Výsledkem celého ročního snažení bylo snížení měrné potřeby na vytápění o téměř 85 % na konečných  $32,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .



Obr. č. 45a: Východní pohled (foto Rosskohl.)



Obr. č. 45b: Západní pohled (foto Rosskohl.)



Obr. č. 45c: Jižní pohled na dvorní část RD (foto Rosskohl.)



Obr. č. 45d: Pohled na prosklené schodiště ze dvora (foto Rosskohl.)

### 4.1.3 Aplikované prvky EUD při rekonstrukci RD Náklo

Pokud bychom se vrátili o několik stran výše ke kapitole č. 2 „Základní prvky EUD“, tak bychom určitě našli mnoho aplikovaných prvků EUD při rekonstrukci RD Náklo.

Dvorní část domu je výhodně orientována na jihovýchod, ložnice na východ, severní strana domu sousedí s vedlejším RD. Dům má kompaktní tvar. Místnosti jsou správně zónovány. Nejvíce prosklených ploch je v dvorním traktu a na schodišti. Z toho plynou i velké pasivní solární zisky v chladnějším období roku. Prosklené schodiště dokáže na jaře a na podzim pohodlně temperovat horní bytovou jednotku. Jako pasivní stínící prvky velmi dobře slouží velký přesah pultové střechy se sklonem  $10^\circ$  a pro přízemí zase pavlač. Plánované stínící žaluzie na schodišti zatím nebyly realizovány. U ložnic je velmi pozitivním prvkem především v letním období velká tloušťka zdiva z nepálených cihel, které příznivě ovlivňují vnitřní mikroklima chladem a vlhkostí. Velmi důležité jsou i prvky technického vybavení domu.

## 4.1.4 Technické vybavení domu

### 4.1.4.1 Vytápění

Kromě pasivních solárních zisků, vnitřních zisků a zisků z rekuperace odpadního vzduchu je třeba dodávat teplo z kotle na kusové dřevo s ručním přikládáním (obr. č. 46 a). Pro dostupnost a cenu jako palivo používám krajinové ořezy smrkového dřeva z blízké pily (obr. č. 46 b). Kotel byl zvolen zplyňovací od české firmy Atmos pro svou vysokou účinnost a nízké emise. Výkon kotle (25 kW) Atmos DC 25 S odpovídal tepelným ztrátám budovy před druhou fází rekonstrukce. Tento výkon je po aplikaci všech úsporných opatření velmi naddimenzován. Proto je kotel napojen na akumulční nádrž o objemu 1 m<sup>3</sup> s 10 cm PUR izolací. Kotel proto může pracovat na plný výkon s vysokou účinností až 87 %.



*Obr. č. 46 a: Kotel na dřevo a akumulční nádrž (foto Rosskohl).*



*Obr. č. 46 b: Dočasné uložení palivového dřeva (foto Rosskohl).*

### 4.1.4.2 Větrání

Původní přirozené větrání okny a infiltrací netěsnostmi obvodového pláště bylo nahrazeno větráním nuceným. Nestandardně byly zvoleny dvě větrací jednotky s rekuperací tepla EHR 280 H Akor RF od firmy Elektrodesign ventilátory s.r.o., které byly umístěny v přízemí dvorního křídla v technické místnosti. Důvodů této volby bylo několik. Výkon jedné jednotky, cca na 150 m<sup>2</sup> podlahové plochy, by nepostačoval na celý dům. Složitý rozvod vzduchotechniky do přízemní bytové jednotky. Větší uživatelský komfort a nezávislá regulace provozu jednotek.

Realizace nuceného větrání do novostavby je technologicky lépe proveditelná než do rekonstruovaného domu s velkým množstvím stavebnětechnických omezení. Z vlastní zkušenosti mohu potvrdit, že samotná instalace jednotek v technické místnosti byla vcelku

jednoduchá. Zato instalovat rozvody vzduchotechniky pro každý byt tak jednoduché nebylo. Na rovné úseky se použilo pevné potrubí z pozinkovaného plechu, tzv. Spiro potrubí (obr. č. 47 a), s návlekovou teplenou izolací mimo obytné prostory a na místo a tvar náročné úseky byly vhodné velmi odolné a ohebné Al laminátové hadice Sonoflex s izolací z minerální vaty. Pro svislé části potrubí se zbudovaly nové stoupačky a využily staré komínové průduchy. Půdní prostory a dutiny v trámových střepech posloužily k vodorovným potrubním úsekům. Celkem bylo nataženo pro obě jednotky přes 80 m rozvodného potrubí v průměru 150mm na hrdlech jednotek až po 100 mm na talířových vyústkách na střepech místností.

Nástěnné jednotky s protiproudým deskovým polypropylenovým výměníkem (obr. č. 47 b) mají účinnost 97 % při průtoku 70 m<sup>3</sup>/hod, automatický provozní režim a především uživatelsky velmi jednoduché ovládání přes dálkový ovladač (obr. č. 47 c) s možností ovládat větrací výkon na třech stupních a též i časový doběh na intenzivní větrání. Jednotka je vybavena dvěma třítáčkovými ventilátory se stejnosměrným motorem, letním bypassem pro obtok výměníku a protinámrazovou ochranou. Přívod čerstvého vzduchu je pod pavlačí. Odvod odpadního vzduchu je též pod pavlačí (obr. č. 47 d). Zemní kolektor nebyl realizován vzhledem k nedostatku místa na pozemku.



*Obr. č. 47 a: Spiro potrubí v kotelně (foto Rosskohl).*



*Obr. č. 47 b: Hadicemi Sonoflex napojené jednotky nuceného větrání (foto Rosskohl).*



Obr. č. 47 c: Dálkový ovladač jednotek (foto Rosskohl).



Obr. č. 47 d: Mřížkami kryté přívody (dále) a odvody vzduchu jednotek nuceného větrání (foto Rosskohl).

#### 4.1.4.3 Ohřev teplé vody

Celoroční ohřev teplé vody je zajištěn na pultové střeše umístěnou soustavou dvou kolektorů (obr. č. 48 a) zn. Regulus KPC1 na podpěrách o ploše 4,5 m<sup>2</sup> a účinností 83,5 %. V technické místnosti je postaven izolovaný 300 l zásobník ohřáté vody (obr. č. 48 b) od firmy DZ Dražice a na zdi visící řídicí jednotka systému s jednoduchým ovládáním a LCD displejem. Zásobník má dva výměňkové hady napojené na samostatné okruhy. Spodní had je napojený na solární okruh. Horní had je napojený na kotlový okruh, resp. na akumulční nádrž.

Solární zisk soustavy z celkové potřeby tepla na ohřev vody činí 60 %. V teplejší polovině roku zcela stačí ohřát vodu na provozní teplotu, tj. 55 °C. V chladnější části ji alespoň předejde a zbylé teplo se musí dodat přes horní výměňkový had z akumulční nádrže nahřívané kotlem na dřevo. V létě je solární zásobník nahřátý v celém svém objemu i na 75 °C. Pokud při déle zamračené oboze solární zisky nestačí dostatečnému ohřátí vody, pak se dohřeje horní polovina nádrže přes kotlový okruh. Je to trochu nepohodlné, ale stačí trochu dřeva. Za teplejší polovinu roku se k dotápění vody kotlem dostanu průměrně 5x. Solární zásobník má i elektrickou topnou patronu. Což by sice bylo jednodušší, ale mnohem energeticky náročnější. Plynový bojler byl po instalaci solárně termického systému odstaven do zálohy a je téměř nepoužíván.



*Obr. č. 48 a: Soustava kolektorů pultové střechy (foto Rosskohl).*



*Obr. č. 48 b: 300 l zásobník ohřáté vody a vlevo řídicí jednotka (foto Rosskohl).*

#### **4.1.4.4 Fotovoltaické panely**

Ideální orientace pultové střechy na dvorní části domu se přímo vybízí využívat slunce nejen pro ohřev vody, ale i pro výrobu elektrické energie. Momentálně však fotovoltaické panely nejsou instalovány, ale veškerá kabeláž ze střechy ke střídači a rozvodné skříni je již hotova. Výkon panelů je plánován cca na 5 kWp. Na střechu by se jich dalo umístit i více, ale finanční nákladnost a malé procento využití vyrobené elektrické energie pro chod domu tuto variantu odsouvá zcela mimo můj zájem. Preferuji maximální využití výroby momentální spotřebou a časem i akumulací. Minimum „prodávat“ do veřejné sítě.

#### **4.1.5 Úsporné spotřebiče a chování uživatelů**

Již samotná volba rekonstrukce domu na nízkoenergetický standard dále ovlivňuje i volbu elektrospotřebičů a ekologické chování mé rodiny. Spotřebiče používáme v třídě A ++, šetříme vodou, používáme ekologickou drogerii, maximálně recyklujeme odpad (papír, sklo, plasty, plechovky, bioodpad, popel z kotle na dřevo a zbylý směsný komunální odpad) - jedna 100 l popelnice nám, tj. 7 lidem, vystačí na jeden měsíc a často ji ani nenaplníme.

#### **4.1.6 Co bych změnil nebo udělal jinak?**

Po bitvě je každý generál. I v případě rekonstrukce mého RD v Nákle bych s odstupem času učinil jiná rozhodnutí a opatření. V první řadě bych navýšil tloušťku tepelné izolace obvodového zdiva domu alespoň na dvojnásobek, tj. na 20 cm. Všechna okna by měla alespoň parametr součinitele prostupu tepla  $U=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Pokud bych se dohodl na koupi

sousedící zahrady, pak bych tam zakopal zemní vzduchový kolektor. Ať už pro tepelný zisk v zimním období, tak i pro možnost ochlazení interiéru v létě. Jinak bych vyřešil neexistující pasivní stínící prvek u schodišťové halý. Při rekonstrukci vnitřních rozvodů vody bych zpětně používal odpadní vodu z vany a sprchy ke splachování záchodů, což by vedlo k velké úspoře pitné vody. I přes uvedené „změny a zlepšení“ jsem rád, že původní vize rekonstrukce starého a neúsporného domu na NED dopadla tak, jak dopadla.

#### 4.1.7 Souhrnné informace o objektu

🏠 **Lokace:** RD v Nákle u Olomouce s **užitnou** plochou: 216 m<sup>2</sup>. Rok výstavby: 1920, Rok poslední rekonstrukce 2006/2010.

🏠 **Potřeba tepla na vytápění:** 32,51 kWh/(m<sup>2</sup>a).

🏠 **Netěsnost n<sub>50</sub>:** nebyla měřena

🏠 **Konstrukce původní obytné části domu:**

- Obvodová stěna - nepálená cihla 50 až 70 cm, minerální vata 10 cm.
- Sedlová střecha - 36 cm minerální vata.
- Podlaha - beton 10 cm, 8 cm EPS.

🏠 **Konstrukce dvorní části domu a schodiště:**

- Obvodová stěna - keramické zdivo porotherm 30 cm, cihla plná 45 cm, 10 cm EPS.
- Pultová střecha - 42 cm minerální vata.
- Stropy skladů a technické místnosti - 10 cm EPS.

🏠 **Součinitele prostupu tepla U:**

- Obvodová stěna z nepálených cihel: 0,27 W/( m<sup>2</sup>K).
- Obvodová stěna z keramického zdiva: 0,33 W/( m<sup>2</sup>K).
- Střecha: 0,10 W/( m<sup>2</sup>K).
- Podlaha: 0,29 W/( m<sup>2</sup>K).
- Stropy skladů a technické místnosti: 0,21 W/( m<sup>2</sup>K).

🏠 **Větrání:** větrací jednotka s rekuperací tepla bez zemního kolektoru.

🏠 **Vytápění a ohřev teplé vody:** kotel na biomasu (zplynovací na kusové dřevo) 25 kW, akumulční nádrž 1 m<sup>3</sup>, ohřev teplé vody solárními kolektory o 4,5 m<sup>2</sup> a dohřevem přes kotlový okruh (kotel nebo akumulční nádrž) popř. elektrodohřevem.



## 4.2 Novostavba Seminárního centra v Hostětíně

### 4.2.1 Urbanismus a architektura

Stavební pozemek je v sousedství návsi obce Hostětín. Urbanistický návrh řeší situaci tak, že dva stavební objekty (sklad pro moštárnu a hlavní budova) stojí kolmo k silnici a jsou tedy obráceny štítem k návsi. Seminární centrum je tvořeno třemi objekty: budovou se sedlovou střechou (obr. č. 49 a), v níž je seminární, resp. společenská místnost v přízemí a kancelář v patře, dále ubytovacím objektem (obr. č. 49 b) jednoduchého tvaru se zelenou plochou střechou (pokoje pro hosty) a jednopodlažním podlouhlým objektem kuchyně. Ty spojuje otevřený prostor vstupní haly (obr. č. 49 c), sloužící i jako tepelný nárazník. Seminární budova navazuje svým tvarem na tradiční pojetí obytného domu, pouze směrem k návsi (tedy k jihu) bude časem opatřena fasádním solárním kolektorem. V seminární místnosti lze díky vrchnímu osvětlení a jižní pozici dobře využívat denní světlo. Dvoupodlažní ubytovací budova poskytuje v každém podlaží pět pokojů hotelové kvality (dvou-, tří- i čtyřlůžkové), celkem pro 25 hostů. Rozdíl mezi seminární budovou a ubytovnou je zvýrazněn způsobem, který odpovídá stávajícímu architektonickému výrazu obce: seminární budova, jako hlavní část komplexu Centra, je masivní omítnutou stavbou, zatímco ubytovna má ze strany do sadu dřevěný obklad (působí jako lehčí a méně významná stavba, vytváří dojem přístavby) (21), (31)..



*Obr. č. 49 a: Seminární část Centra s velkoplošným fasádním kolektorem (35).*



*Obr. č. 49 b: Ubytovna Centra (35).*



Obr. č. 49 c: Vstupní hala Centra (21, s. 48).

### 4.2.2 Koncepce

Od počátku se počítalo s tím, že Centrum má sloužit nejen k teoretickému vzdělávání ohledně udržitelného stavění, ale i jako příklad aplikace vhodných řešení. Samozřejmostí bylo, že by mělo splňovat pasivní standard. Docílit toho bylo pro stavbu s takovým využitím a takové dispozice zrovna snadné. Vzhledem k orientaci, dané charakterem parcely i zástavby obce, nemohla mít budova velké zimní pasivní solární zisky. Problémem je i velmi proměnný počet uživatelů, kdy lze čekat, že zejména v zimě může být dlouho prázdná - až na několik přítomných zaměstnanců. Je proto bylo rozumné nechat části budovy stydnout. Přes poměrně příznivý poměr povrchu a objemu budovy, kde  $A/V$  dosáhlo  $0,59 \text{ m}^{-1}$ , bylo nutno užít tlustých izolačních vrstev. Na druhé straně se na jejich tloušťce muselo šetřit, vzhledem k malému stavebnímu prostoru, který byl k dispozici, a velkými požadavky na vnitřní objem (21), (34).

### 4.2.3 Použité konstrukční řešení a materiály

Přední část centra je konstruována z betonu (podlaha, zdi a strop kuchyně), zadní pak z cihel, obojí v tloušťce 20 cm. Tenčí (a tepelně dostačující) cihelný systém nebyl tehdy dostupný, tenčí betonovou zeď v takové délce a výšce (ve štítě 9 m) s velkými okenními otvory nebyl také nikdo schopen navrhnout a garantovat. Kromě jedné zdi a rovné střechy je budova nad zemí izolována minerální izolací, na zdech v tloušťce 28 cm, na střeše 40 cm.

Západní zeď ubytovací části je izolována slámou (obr. č. 50 a). Vrstva slámy má větší tloušťku a to 38 cm. Byl zde použit vlastní novátorský systém kladení několika tenčích vrstev slámy oddělených svislými vrstvami papíru. Cílem bylo rozdělit konvekci v prodyšné izolační vrstvě do tří až čtyř buněk napříč tepelnému toku tak, aby teplotní spád v konvektivní buňce klesl na třetinu až čtvrtinu. V celých balících se v mrazových obdobích, kdy na tepelných izolacích záleží nejvíce, zhoršují vlastnosti slámy i více než dvakrát oproti situaci bez

konvekce, pro niž se udávají tabulkové hodnoty tepelně izolačních vlastností materiálů. Sláma není od zdi oddělena parozábranou, difuzní odpor samotné cihlové zdi a vnitřní omítky je vyšší než odpor souvrství vně cihelné zdi. Sláma byla použita také na vodorovné střeše ubytovací části (obr. č. 50 b), kde byla aplikace ještě jednodušší. Čtyřicetcentimetrová vrstva byla rozdělena papírem jen na dvě poloviny. V takové skladbě by se konvekce neměla rozvinout. Pod slámou je parozábrana s kovovou vrstvou, pro odvod páry postačí difuze do slaměného souvrství na zdi (21), (31).



Obr. č. 50 a: Izolace zdi slámou (21, s. 51). Obr. č. 50 b: Izolace ploché střeše slámou (36).

#### 4.2.4 Prosklené plochy

Všechna otvíravá okna splňují pasivní standard, kromě čtveřice oken střešních, která v takovém standardu, který by platil i pro jejich šikmou polohu, nejsou dosud na trhu.

Poněkud horší parametry má svislé fixní zasklení. Na začátku stavění se zdálo, že provedení v pasivní kvalitě na českém trhu nikdo nenabízí. Nakonec se řešení našlo: u oken v sále jsou použity běžné hliníkové rámy, které jsou zcela překryty vnější izolací - EPS ostěním se stěrkovou omítkou. Zasklení je nicméně výrazně horší, než mělo být: místo  $U = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (taková jsou skla v otvíravých oknech) má udáno  $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (při orientačním termografickém měření byl rozdíl velmi nápadný).

Před okny sálu jsou instalovány venkovní žaluzie, deficit v izolační vrstvě je kompenzován vakuovou izolací. U oken ubytovací části i u proskleného foyer je počítáno s možností letního přidání vnějších záclon, které se v případě potřeby zatáhnou. Nad střešními okny se na léto zatahují černé rolety propouštějící jen menšinu slunečního záření.

K zaskleným plochám patří i členitý  $22 \text{ m}^2$  velký fasádní kolektor na průčelí budovy (21), (31).

## 4.2.5 Technické vybavení

Vzhledem k velmi proměnnému počtu osob, které v různých částech budovy pobývají, nestačí pouze teplovzdušný systém vytápění, typický pro PD. Ani topení cirkulačním vzduchem by nebylo vhodné, protože má zbytečně velkou spotřebu elektřiny. Čerstvým vzduchem lze topit v podkroví i v sále (obr. č. 51 a), kde jsou ale přidány i malé radiátory. V bytovací části se větracím vzduchem netopí vůbec. Jednotlivé dvojice apartmánů tam mají společnou větrací jednotku s účinnou rekuperací (obr. č. 51 b). Dimenzování větracích jednotek je záměrně voleno tak, aby proudění vzduchu v potrubí bylo co nejpomalejší. Kromě omezení hlučnosti to má vliv zejména na poměrně dobrou účinnost rekuperace - kolem 85 %.

Budova nemá instalovaný zemní kolektor pro odběr tepla či chladu z podloží. Důvodem byla příliš vysoká cena zemních prací a nedostatek vody ve studních pro využití takového nejjednoduššího zdroje. Zato je upřednostněna možnost vydatného samotížného nočního provětrávání budovy otevřením horních oken, přízemních klapek ve foyer a případně i vstupních dveří. Teplo pro vytápění i pro ohřev pitné vody pochází ze dvou zdrojů: z obecní biomasové výtopny a ze dvou velkých kolektorů, fasádního a kolektoru na střeše sousední moštárny. Systém využívá tepelného zásobníku o 9 m<sup>3</sup>, který již léta stojí za tamější moštárnou (21), (31).



Obr. č. 51: Centrální větrací jednotky (21, s. 49).



Obr. č. 51 b: Větrací jednotka pro dva apartmány (36).

## 4.2.6 Ekologický přístup stavby

Vnitřní stěny jsou omítnuty hlínou. Jedním z úkolů omítky bylo (zejména u cihelné zdi, v níž nebyly svislé spáry zaplněny maltou) zajistit vzduchotěsnost stavby. Za hranici vzduchotěsnosti samozřejmě pro pasivní domy se budova zatím nedostala, jen na hodnotu  $n_{50} = 0,7 \text{ h}^{-1}$ . Příčinou je zejména netěsná zeď z nepálených cihel, která je zevnitř záměrně


neomítnuta a zevně je již nepřístupná (probíhá za ní dilatační spára mezi přední a zadní budovou). Pro úplnost je třeba zmínit ještě další environmentálně motivované technologie použité ve stavbě. Jedná se zejména o využití dešťové vody pro splachování - v objektu je nádrž na 5,6 m<sup>3</sup> dešťové vody. Toto opatření je významné i proto, že v obci není vodovod. Využívá se voda ze studní a navíc je oblast Bílých Karpat nepříliš bohatá na srážky, což působí nedostatek vody ve studnách zejména v letním období. Environmentálně je ovlivněn i výběr materiálů pro vnitřní vybavení - požadavek FSC certifikace pro vybavení pokojů, podlahy z přírodního linolea, kazeinové nátěry hliněných omítek (21), (31).


#### 4.2.7 Financování a realizace

Investorem stavby byla nezisková organizace ZO ČSOP Veronica. Prostředky na celý projekt a následnou stavbu proto pocházely z řady zdrojů - dotací, darů a komerčního překlenovacího úvěru. Realizace stavby proběhla na základě veřejného výběrového řízení.

**Celkové náklady na stavbu Centra dosáhly výše 24,1 mil. Kč a přesáhly jen (!) o 7 % náklady na hypotetický objekt uvažovaný v ekonomickém vyhodnocení, který by pouze vyhovoval požadavkům normy, což potvrdilo smysl pasivního stavění (21), (31).**

#### 4.2.8 Souhrnné informace o objektu


 **Lokace:** Seminární centrum v Hostětíně s užitnou plochou: 713 m<sup>2</sup> a objemem soustavy budov: 3 585 m<sup>3</sup>. Rok výstavby: 2006.

 **Potřeba tepla na vytápění:** 16,5 kWh/(m<sup>2</sup>a) (dle měření v prvním roce provozu).

 **Netěsnost n<sub>50</sub>:** 0,7 h<sup>-1</sup>

 **Konstrukce masivní seminární části:**

- Obvodová stěna – železobeton 20 cm, minerální vata 28 cm.
- Sedlová střecha – 40 cm minerální vata.
- Podlaha: beton 10 cm, 18 cm EPS.

 **Konstrukce ubytovací části:**


- Omítnutá stěna – keramické zdivo porotherm, 28 cm minerální vata.
- Stěna obložená dřevem - keramické zdivo porotherm, 38 cm sláma.
- Plochá střecha - OSB, 40 cm sláma, OSB, 8 cm minerální vata, vegetace.
- Podlaha: beton 10 cm, 18 cm EPS.

### **Součinitele prostupu tepla U:**

- Obvodová stěna ubytovací části omítnutá:  $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- Obvodová stěna ubytovací části obložená:  $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- Obvodová stěna seminární části:  $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- Plochá střecha:  $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- Sedlová střecha:  $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- Podlaha:  $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- Okna otvíravá (dřevěný rám, PU, hliník  $U_f = 0,87$ ;  $U_g = 0,5$ )  $0,56 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Okna s fixním zasklením  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

### **Větrání:**

- Větrací jednotky centrální s rekuperací a dohřevem pro sál, kuchyň, kancelář.
- Větrací jednotky s rekuperací bez dohřevu vždy pro 2 pokoje společně.

 **Vytápění a ohřev teplé vody:** vytápění z biomasové obecní výtopny, ohřev vody – solární systém na moštárně ( $36 \text{ m}^2$ ) a další na fasádě ( $22 \text{ m}^2$ ) (21), (31).

## **4.3 Přízemní rodinný dům na Sluneční ulici v Hradčanech u Tišnova**

### **4.3.1 Umístění a celkové pojetí stavby**

Rodinný dům stojí mimo souvisle zastavenou část obce, ve Sluneční ulici, skupiny devíti domů v zahradách. Investor chtěl využít poznatků trvale udržitelné výstavby, avšak ne za každou cenu. Dům byl vystavěn pro investora jako místo určené k odpočinku v důchodu. Proto je přízemní, což zcela ideální pro kompaktní tvar budovy, ale bezbariérový patrový dům se dělá obtížně.

Dispozice domu je rozdělena na obytnou vytápěnou část z jihu, na kterou navazuje ze severní strany část nevytápěná, zádveří úložným prostorem, komora, šatna, dílnička nebo sklad na zahradní náčiní a kola a dále přístřešek, sloužící jako manipulační prostor, třeba k odstavení automobilu. Toto zázemí, na které se běžně u domů zapomíná, je součástí jediného celku poskytujícího i venku zázemí, do nějž neprší. Zde lze provádět různé činnosti vyplývající ze života v domě se zahradou, aniž by bylo nutné na zahradu umísťovat další doplňkové stavby, které by narušovaly harmonické okolí domu s přírodním jezírkem a výhledy do okolní krajiny.

RD má obdélníkový půdorys z jihu formovaný úkosem tak, aby se vytvořilo snídaňové zákoutí orientované k východu. Tento detail vyplynul z potřeby uživatele domu intenzivně prožívat počínající den. Nad tímto místem je prostor zintimněný sníženým přístřeškem, nad kterým je zasazen do střechy integrovaný solární kolektor - jako přirozená součást domu (obr. č. 52 a).

Přesahy střechy jsou hlavním nosným mottem domu a patří přirozeně k ozeleněné střeše (obr. č. 52 b). I když módní trendy míří k čistým (sterilním) tvarům bez přesahů, přesahy jsou v našem klimatickém prostředí významné především proto, že respektují extremitu našeho prostředí a významně snižují opotřebení vnějšího pláště. Výraznější přesah na jižní straně má také funkci pasivní protisluneční ochrany v letním období a částečně i ochrany proti dešti před výstupem z domu (21).



Obr. č. 52a: Do střechy integrovaný solární kolektor (21, s. 33).



Obr. č. 52b: Zelená střecha přesahy (21, s. 33)

### 4.3.2 Konstrukční řešení domu

Dům stojí nad terénem na základových patkách a sloupcích (obr. č. 53 a). Přejechod na okolní terén z jihu a západu tvoří pochozí terasa z dubového dřeva. Výhod zvolených bodových základů se nabízí hned několik: mnohem menší množství použitého betonu, po dožití se dají snáze odstranit a také není potřeba řešit hydroizolace, protiradonová opatření a tepelné izolace základů nenasákavými extrudovanými polystyreny s velkou ekologickou zátěží. Přírodní charakter stavby umocňuje využití rostlých nehraněných sloupů v konstrukci, nepálené cihly na příčky a hliněné omítky i na ostatních stěnách v interiéru, které vytvářejí pro člověka příznivé vnitřní prostředí. Hlavní konstrukční materiál je lehká fošinková kostra (obr. č. 53 b) uzavřena OSB deskami (po dotěsnění tvoří vnitřní parobrzdu) a vyplněna 35 cm izolace z celulózy (recyklovaného papíru). Vnější opláštění tvoří kombinovaný modřínový obklad a vápenná omítka na heraklitu.

Střecha je s mírným sklonem a difuzně otevřenou skladbou, s provětrávaným prostorem na celou výšku nosných krokví. Povrch střechy s bezúdržbovou extenzivní sukulentní vegetací se nechce přidávat k množství zpevněných a vodu z krajiny odvádějících ploch. Má to význam lokální, kde v letním období taková střecha snižuje přehřívání prostředí, a regionální, neboť neochlazené urbanizované lokality bez vody v krajině výrazně zhoršují koncentrace smogu v letním období a zhoršují extrémní projevy letního počasí (vichřice, přívalové deště, suchá období) (21).





Obr. č. 53 a: Základové sloupky a patky domu (21, s. 32).



Obr. č. 53 b: Lehká fošinková konstrukce a krokve ploché střechy (21, s. 33).

### 4.3.3 Souhrnné informace o objektu

- 🏠 **Lokace:** Rodinný dům na Sluneční ulici v Hradčanech u Tišnova s užitnou plochou 106 m<sup>2</sup>, z toho 21 m<sup>2</sup> mimo tepelný plán. Rok výstavby: 2007.
- 🏠 **Potřeba tepla na vytápění:** 18,4 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- 🏠 **Netěsnost n50:** 0,79 h<sup>-1</sup> (měřeno po dokončení vzduchotěsné vrstvy).
- 🏠 **Konstrukce dřevostavby:**
  - Obvodová stěna: fošinková konstrukce s 35 cm foukané celulózy.
  - Střecha: dvouplášťová s mírným sklonem s 38,5 cm foukané celulózy a extenzivním ozeleněním.
  - Podlaha: trémová konstrukce s 33 cm foukané celulózy a 7 cm minerální vaty.
- 🏠 **Součinitele prostupu tepla U:**
  - Obvodová stěna: 0,11 W/( m<sup>2</sup>K)
  - Střecha: 0,11 W/( m<sup>2</sup>K)
  - Podlaha: 0,10 W/( m<sup>2</sup>K)
- 🏠 **Větrání:** větrací jednotka s rekuperací tepla a dvouzónovým teplovzdušným vytápěním, vzduchový zemní kolektor tepla.
- 🏠 **Vytápění a ohřev teplé vody:** teplovzdušné vytápění, krbová vložka na biomasu 9 kW na temperování, ohřev teplé vody solárními kolektory a elektrodohřevem v integrovaném zásobníku tepla (21).

## 5 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo představit perspektivní oblast stavebnictví a to výstavbu energeticky úsporných domů, staveb poskytujících uživatelům komfort, nízké provozní náklady, nízkou energetickou náročnost na vstupních zdrojích, zdravé vnitřní mikroklima a enviromentálně udržitelné bydlení. Práce je rozdělena do dvou rovin.

V rovině teoretické byly popsány typy energeticky úsporných domů od nízkoenergetických až po aktivní domy s přebytkem energie. Dále byly vymezeny základní prvky energeticky úsporného domu, jako např. zastavovací a koncepční podmínky, tepelná ochrana obvodového pláště, vzduchotěsnost, solární zisky a jejich akumulace, technické vybavení (větrání, vytápění, solární kolektory a fotovoltaika) nevyjímaje. Můžeme shrnout že: bydlet v takovém domě je sice příjemné, ale pokud nebude správně užíván, pak jeho pozitiv nebude plně využito a vložené investice budou znehodnoceny. Uživatel, který ze zvyku stále větrá okny, přetápí interiér a neumí z neznalosti, či pro složité ovládání obsluhovat technické vybavení domu, je pohromou pro tak dokonalou stavbu. Poslední kapitolou teoretické části byly doprovodné technologie a prvky, které buď dále snižují energetickou náročnost, nebo jsou enviromentálně směřované. Už víme, že: rekuperovat se dá nejen teplo z odpadního vzduchu, ale i z odpadní vody, kterou lze dále využít k např. splachování WC. K praní a zalévání zahrádky je vhodná srážková voda uskladněná v podzemním zásobníku. Při využívání kompostovacího záchodu radikálně snížíme spotřebu pitné vody, které je mnohde nedostatek a zároveň získáme cenné hnojivo. Dále jsme pochopili možnosti kořenové čistírny odpadní vody a výhody zelených střech.

V rovině aplikační - formou případových studií - bylo popsáno využití prezentovaných teoretických poznatků v praxi. Šlo o tři typy energeticky úsporných domů. Prvním uvedeným domem byl rekonstruovaný starší rodinný dům v nízkoenergetickém standardu, který je mým domovem. Ze studie jsme se dozvěděli výhody provedené tepelnětechnické rekonstrukce včetně všech úskalí při jejím provádění a zároveň i mé osobní zkušenosti s bydlením v nízkoenergetickém domě. Druhým domem byla novostavba Seminárního centra v Hostětíně. Šlo o soustavu budov občanské vybavenosti v pasivním standardu, kde byly ve velké míře použity přírodní stavební materiály (sláma, dřevo a nepálené cihly) a zajímavé technické prvky (velkoplošné teplovodní kolektory s velkokapacitním akumulacním zásobníkem). Posledním popsaným domem byla novostavba přízemního domu v téměř pasivním standardu v Hradčanech u Tišnova. Proč byla zvolena právě ona? Protože šlo o bezbariérový dům citlivě zasazený do okolní přírody. Takový domeček na důchod. Skromný,

nenákladný, praktický a zároveň sloužící k odpočinku. Z aplikační části práce vyplývá, že lze přetavit znalosti z teoretické roviny ve skutečnou stavbu těch nejlepších parametrů a že variabilita praktických výstupů je vlastně omezená jen představivostí architekta, či investora (pokud otázku financí opomeneme).

Úspory energie a technické zabezpečení budov je oblast, o kterou se již mnoho let zajímám a právě proto jsem si zvolil jako téma práce. Ze zkušeností mohu potvrdit, že energeticky úsporné domy jsou výhrou pro všechny zúčastněné strany. Uživatelům domu přináší komfortní bydlení s minimálními náklady na provoz a dlouhou životnost budovy. Kvalifikovaným řemeslníkům přináší dostatek zakázek s požadavkem na kvalitu prováděných prací. Společnosti menší závislost na zdrojích energie a životnímu prostředí přátelštější přístup a dlouhodobě udržitelný rozvoj. Věřím, že trend výstavby EUD se bude ubírat směrem k nulovým a aktivním domům postavených z místních zdrojů s minimální environmentální zátěží.

## 7 Použitá literatura

1. ÚSPORY ENERGIE. Energeticky úsporný dům. *Uspory-energie.com* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.uspory-energie.com/energeticky-usporny-dum>.
2. CHYBÍK, J. *Energeticky úsporné domy – perspektivní výstavba*. Brno: Vutium, 2013. ISBN 978-80-214-4676-2
3. CHYBÍK, J. *Energeticky úsporná výstavba*. Brno: Cerm, 2012. ISBN 978-80-7204-813-7.
4. NAGY, E. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava: Jaga Group, 2009. ISBN 978-80-8076-077-9.
5. CENTRUM PASIVNÍHO DOMU. Co je to pasivní dům. *Pasivnidomy.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>.
6. STAVBY JINAK. Pasivní domy. *Stavbyjinak.cz/* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: [http://stavbyjinak.cz/pasivni\\_domy.html](http://stavbyjinak.cz/pasivni_domy.html).
7. ČESKÉ STAVBY. Nízkoenergetickou nebo pasivní dřevostavbu? *Ceskestavby.cz* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/nizkoenergetickou-nebo-pasivni-drevostavbu-22796.html>.
8. WIKIPEDIE. Pasivní dům. *Cs.wikipedia.org* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Pasivn%C3%AD\\_d%C5%AFm](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pasivn%C3%AD_d%C5%AFm).
9. NAZELENO. Nulové domy. *Nazeleno.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/nulove-domy.dic>.
10. AKTIVNÍ DŮM. Aktivní dům – vize. *Aktivni-dum.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.aktivni-dum.cz/vize/>.
11. AKTIVNÍ DŮM. Sluneční dům. *Aktivni-dum.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.aktivni-dum.cz/stavby/slunecni-dum/>.
12. NAGY, E. *Nízkoenergetický a ekologický dům*. Bratislava: Jaga Group, 2002. ISBN 80-88905-74-5.
13. POČINKOVÁ, M., ČUPROVÁ, D. a KOLEKTIV. *Úsporný dům*. Brno: Era, 2008. ISBN 978-80-7366-131-1.
14. DŮM A BYT. Dům Snů. *Dumabyt.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/dum-snu/>.

15. WIKIPEDIE. Tepelný most. *Cs.wikipedia.org* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z [http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%BD\\_most](http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%BD_most).
16. EKOLID. Tepelné mosty. *Ekolid.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.ekolid.cz/tepelne-mosty-jak-se-jim-vyhnout/>.
17. REVITALIZACE. Tepelné mosty. *Revitalizace.com* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.revitalizace.com/tepelne-ztraty/tepelne-mosty/>.
18. HAZUCHA, J. *Neprůvzdušnost, zkoušky kvality*. Brno: Centrum pasivního domu, 2013.
19. TZB-INFO. Blower door test průvzdušnosti budov – detekční metody. *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3896-blower-door-test-pruvzdusnosti-budov-detecni-metody>.
20. CENTRUM PASIVNÍHO DOMU. Neprůvzdušnost – zkouška kvality. *Pasivnidomy.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/nepruvzdusnost-zkouska-kvality/t4031?s=102>.
21. HOLLAN, J. *Pasivní dům II – zkušenosti z Rakouska a české začátky*. Brno: ZO ČSOP Veronica, 2008.
22. HAZUCHA, J. *Větrání a vytápění*. Brno: Centrum pasivního domu, 2013.
23. HUDEC, M. *Pasivní rodinný dům*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2555-0.
24. EKOVAAT. Zisk ze zemního výměníku tepla. *Ekowatt.cz*. [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/uspory/zisk-ze-zemniho-vymeniku-tepla.shtml>.
25. ELEKTRODESIGN VENTILÁTORY. Zemní vzduchový výměník ED geoflex. *Elektrodesign.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/zemni-vzduchovy-vymenik-ed-geoflex>.
26. ELEKTRODESIGN VENTILÁTORY. Zemní kapalinový výměník ED – KZ - R. *Elektrodesign.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/product/zemni-kapalinovy-vymenik-ed-kz-r>.
27. ATMOS. Zplynovací kotle na dřevo. *Atmos.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.atmos.cz/czech/kotle-001-kotle-na-drevo>.
28. HAZUCHA, J. *Úsporné zdroje energie*. Brno: Centrum pasivního domu, 2013.
29. ISOFEN ENERGY. Fotovoltaika v podmínkách České republiky. *Elektrinazestrechy.cz* [online]. [cit. 2014-03-12 ]. Dostupné z: <http://www.elektrinazestrechy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>.

30. SRDEČNÝ, K., PURKERT, M., KLINKEROVÁ, J. *Porovnání kvality realizovaných pasivních domů v ČR z environmentálních hledisek*. Praha: Ekowatt, 2011. ISBN 978-80-87333-08-2. Dostupné z:  
[http://www.ekowatt.cz/library/dokumenty/MZP/POROVNANI\\_KVALITY\\_REALIZOVANYCH\\_PASIVNICH\\_DOMU\\_V\\_CR\\_Z\\_ENVIRONMENTALNICH\\_HLEDIS\\_EK.pdf](http://www.ekowatt.cz/library/dokumenty/MZP/POROVNANI_KVALITY_REALIZOVANYCH_PASIVNICH_DOMU_V_CR_Z_ENVIRONMENTALNICH_HLEDIS_EK.pdf).
31. NAZELENO. Dešťová voda – využijte ji ve svém rodinném domě. *Nazeleno.cz* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z:  
<http://www.nazeleno.cz/bydleni/domacnost/destova-voda-vyuzijte-ji-ve-svem-rodinnem-dome.aspx>.
32. NAZELENO. Domácí kořenové čističky: levné a ekologické čištění odpadních vod. *Nazeleno.cz* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z:  
<http://www.nazeleno.cz/bydleni/odpady-1/domaci-korenove-cisticky-levne-a-ekologicke-cistení-odpadnich-vod.aspx>.
33. NAZELENO. Zelené střechy - visuté zahrady i estetická izolace. *Nazeleno.cz* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z:  
<http://www.nazeleno.cz/stavba/strecha/zelene-strechy-visute-zahrady-i-esteticka-izolace.aspx>.
34. HOLLAN, J., GAILLIOVÁ, Y. *Ekologické stavění / Pasivní dům centra Veronica Hostětín*. Hostětín: ZO ČSOP Veronica, 2009. ISBN 978-80-904109-7-8. Dostupné z:  
[http://hostetin.veronica.cz/sites/default/files/0131\\_ekologicke\\_staveni\\_pasivni\\_dum\\_centra\\_veronica\\_hostetin.pdf](http://hostetin.veronica.cz/sites/default/files/0131_ekologicke_staveni_pasivni_dum_centra_veronica_hostetin.pdf).
35. HOSTĚTÍN VERONICA. Vyzkoušejte pasivní dům na vlastní kůži. *Hostetin.veronica.cz* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z:  
<http://hostetin.veronica.cz/ekopenzion>.
36. HOSTĚTÍN VERONICA. Komentované fotografie z výstavby Centra Veronica Hostětín. *Hostetin.veronica.cz* [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z:  
<http://hostetin.veronica.cz/komentovane-fotografie-z-vystavby-centra-veronica-hostetin>.

## 7 Anotace

<b>Jméno a příjmení:</b>	David Rosskohl
<b>Katedra:</b>	Technické a informační výchovy
<b>Vedoucí práce:</b>	Mgr. Martin Havelka, Ph.D.
<b>Rok obhajoby:</b>	2014

<b>Název práce:</b>	Energeticky úsporné domy
<b>Název v angličtině:</b>	Energy efficient homes
<b>Anotace práce:</b>	Bakalářská práce se věnuje problematice výstavby energeticky úsporných domů, které svým komplexním pojetím energií neplýtávají, ale i naopak produkují. Cílem práce v rovině teoretické je vymezení základních pojmů a vztahů řešené problematiky ze všech úhlů pohledu. V aplikační rovině jsou cílem práce případové studie několika typů budov - rekonstrukcí i novostaveb.
<b>Klíčová slova:</b>	Energeticky úsporný dům, pasivní dům, nízkoenergetický dům, nulový dům, aktivní dům, úspory energie, energetická náročnost, měrná potřeba tepla, investiční náklady, solární energie, solární kolektory, fotovoltaika, rekuperace, neprůvzdušnost.
<b>Anotace v angličtině:</b>	The bachelor's thesis is focused to building of energy efficient houses, which, because of its complex conception, not only do not waste energy, but are even capable to produce it. The theoretical goal of this thesis is definition of basic concepts and relations of the thesis' subject from various points of view. The practical part contains case-studies of several types of buildings, both reconstructed and the new ones.

<b>Klíčová slova v angličtině:</b>	Energy efficient house, passive house, a low-energy house, zero energy house, active house, energy savings, energy intensity, specific heat demand, capital costs, solar energy, solar collectors, photovoltaic's, recuperation, air tightness.
<b>Rozsah práce:</b>	70 stran
<b>Jazyk práce:</b>	Český jazyk