

VĚDECKÉ SPISY VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V BRNĚ

*Edice Habilitační a inaugurační spisy, sv. 441*

*ISSN 1213-418X*

**Josef Chybík**

# **ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY - PERSPEKTIVNÍ VÝSTAVBA**

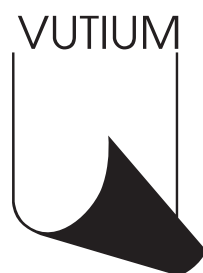
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
Fakulta stavební

**Doc. Ing. Josef Chybík, CSc.**

**ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY – PERSPEKTIVNÍ VÝSTAVBA**

**ENERGY-SAVING HOUSES – PERSPECTIVE DEVELOPMENT**

TEZE PŘEDNÁŠKY  
K PROFESORSKÉMU JMENOVACÍMU ŘÍZENÍ  
V OBORU POZEMNÍ STAVBY



BRNO 2013

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Energeticky úsporný dům, pasivní dům, nízkoenergetický dům, nulový dům, plusový dům, součinitel prostupu tepla, tepelná stabilita, chladnutí místnosti, potřeba tepla na vytápění, kvalita vnitřního prostředí.

## **KEY WORDS**

Energy-saving house, passive house, low-energy house, zero house, plus house, heat transmission coefficient, thermal stability, room cooling, heat needed for heating, interior environment quality.

Originál bude uložen v archivu pedagogického a vědeckého oddělení Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně.

## OBSAH

<b>PŘEDSTAVENÍ AUTORA</b> .....	4
<b>ÚVOD</b> .....	8
<b>1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY</b> .....	10
1.1 Nízkoenergetické domy .....	12
1.2 Pasivní domy .....	12
1.3 Nulové domy .....	15
1.4 Aktivní domy .....	16
<b>2 KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ V ENERGETICKY ÚSPORNÉM DOMĚ</b> .....	16
2.1 Průzkum teplotního stavu v pasivním domě .....	17
<b>3 TEPLOTNÍ STAV V ENERGETICKY ÚSPORNÝCH DOMECH OVLIVNĚNÝ DYNAMICKÝMI ČINITELI CHLADNUTÍ A OHŘEVU</b> .....	22
3.1 Hodnocení teplotního stavu v energeticky úsporném domě za nestacionárních podmínek zimního období .....	24
3.2 Hodnocení teplotního stavu v energeticky úsporném domě v letním období .....	29
<b>4 BUDOVY JAKO VÝZNAMNÝ ODBĚRATEL TEPLA</b> .....	30
4.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU .....	31
4.2 Vliv dispozice a orientace budovy na energetickou náročnost energeticky úsporného domu .....	32
<b>ZÁVĚR</b> .....	35
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	36
<b>VYBRANÉ PRÁCE AUTORA</b> .....	38
<b>ABSTRACT</b> .....	40

## PŘEDSTAVENÍ AUTORA:

### Vzdělání:

- 1959-1968 ZDŠ Heřmanovice a ZDŠ Holčovice v okrese Bruntál,
- 1968-1972 Střední průmyslová škola stavební v Opavě,  
*vedoucí maturitního projektu: Ing. arch. Josef Krischke,*
- 1972-1977 Fakulta stavební VUT v Brně,  
*vedoucí diplomové práce: doc. Ing. arch. Pavel Olšák, CSc.,  
oponent diplomové práce: Ing. Josef Bahula,*
- 1981-1983 postgraduální studium stavební fyziky na Fakultě stavební STU v Bratislavě,  
*vedoucí závěrečné práce: prof. Ing. František Mrlik, DrSc.,  
oponent závěrečné práce: prof. Ing. Dr. Milan Matoušek, DrSc.,*
- 1984-1988 vědecká aspirantura v oboru Teorie a konstrukce pozemních staveb na Fakultě stavební VUT v Brně,  
*školitelé: prof. Ing. Dr. Milan Matoušek, DrSc., prof. Ing. Dr. Zdeněk Šauman, DrSc.,  
opONENTI: prof. Ing. Martin Halahyja, DrSc., prof. Ing. František Mrlik, DrSc., prof. Ing. Jiří Vaverka, DrSc.,*
- 1996-1997 kurz vysokoškolské pedagogiky na FAST VUT v Brně,  
*vedoucí závěrečné práce: prof. PhDr. Rudolf Kohoutek, CSc.,*
- 1997 habilitace na Fakultě architektury VUT v Brně v oboru Konstrukce v architektuře  
*opONENTI: prof. Ing. František Mrlik, DrSc., prof. Ing. Dušan Petráš, Ph.D.,  
prof. Ing. Jiří Vaverka, DrSc.*

### Praxe:

- 1977-1990 pomocný projektant, projektant, vedoucí projektant, zástupce vedoucího ateliéru, vše v Obchodním projektu ČSSD Praha, ateliér 06 Brno, autor prováděcích projektů více jak 30 realizovaných staveb v oblasti obchodu, kultury, cestovního ruchu,  
hlavní specialista podniku v oboru stavební tepelná technika,
- 1990-1994 osoba samostatně výdělečně činná v oblasti projektování v investiční výstavbě, autor prováděcích projektů 6 realizovaných budov,
- 1994-1997 akademický pracovník, odborný asistent,
- 1997-2000 akademický pracovník, docent,
- 2000-2006 ve dvou funkčních obdobích děkan Fakulty architektury Vysokého učení technického v Brně,
- 2006-2010 akademický pracovník, docent,
- 2010-2014 v jednom funkčním období děkan Fakulty architektury Vysokého učení technického v Brně.

### Specializace:

- 1994-dosud konstrukce pozemních staveb, stavební tepelná technika a energetika, stavební materiály.

### Pedagogická činnost:

- 1979-1984 externí výuka v předmětech Stavební projekt a PS na FAST VUT v Brně,
- 1994-dosud vedení cvičení a přednášky v předmětu Pozemní stavitelství I-IV (BSP),
- 1994-2012 přednášky v předmětu Geologie a materiály (BSP),
- 1994-dosud vedení předmětu Stavební projekt (BSP),

- 1998-2009 vedení cvičení v předmětu Geodézie a kartografie (BSP),
- 1994-dosud konzultace v předmětu Ateliér architektonické tvorby (BSP), 1994-dosud přednášky v předmětu Aktuální stavební techniky (MSP),
- 2000-dosud vedení předmětu Konstrukce v architektuře (DSP),
- 2000-2010 založení a vedení volitelného předmětu v BSP,
- 2000-2010 založení a vedení volitelného předmětu v MSP,
- 2000-dosud založení a vedení předmětu v DSP,
- 1995-dosud člen státnicových komisí na FA VUT v Brně,
- 2000-dosud předseda a člen státnicových komisí na FA ČVUT v Praze, FAST ČVUT v Praze, FAST VUT v Brně, VŠUP v Praze, FA STU v Bratislavě, FAST STU v Bratislavě, FAST VŠB TU v Ostravě, FA VUT v Brně,
- 2008 a 2012 vedení dvou úspěšných doktorandů – Ing. arch. Barbora Krejčová, Ph.D. (obhájila disertační práci v roce 2008) a Ing. arch. David Křeček, Ph.D. (obhájil disertační práci v roce 2012),
- 2010-dosud vedení dalších doktorandů v rámci volitelného předmětu Konstrukce v architektuře,
- 1998-dosud vypracování oponentních posudků pro disertační práce studentů doktorského studia z FAST ČVUT v Praze, FAST VUT v Brně, FAST VŠB TU v Ostravě, FA STU v Bratislavě, FSS MU v Brně, UO v Brně, FA VUT v Brně.

#### **Členství a funkce v organizacích:**

- 1994-dosud, autorizovaný inženýr v oboru Pozemní stavby a autorizovaný energetický auditor; v seznamu autorizovaných osob ČKAIT veden pod číslem 1001248,
- 1995-2003 člen ekologicko-zemědělské komise při městském úřadu v Modřicích,
- 1997-dosud, člen normalizační komise při Českém normalizačním institutu pro obor stavební tepelná technika,
- před r. 2000 energetický poradce v síti Energetických konzultačních a informačních středisek České energetické agentury,
- 2000-dosud, člen ekonomické rady při děkanském chrámu sv. Gotharda v Modřicích,
- 2004-dosud, člen BLOKu architektů a výtvarníků.
- 2005-2011 člen oborové komise FRVŠ při MŠMT ČR,
- 2006-dosud, člen Sdružení pasivního domu při Centru pasivního domu v Brně,
- 2007-2009 místopředseda zkušební komise při ČKAIT, v oboru Pozemní stavby,
- 2009-dosud, člen hodnotící komise ČKA,
- 2009-2011 ministrem pro místní rozvoj jmenován členem Autorizační rady ČKAIT,
- 2011-dosud, ministrem pro místní rozvoj jmenován členem Autorizační rady ČKAIT, zároveň jmenován místopředsedou Autorizační rady ČKAIT,
- členství v redakčních radách časopisů: 1997-dosud Ateliér otvorových výplní a izolací, 1998-2001 Stavba, 1999-dosud Tepelná ochrana budov, 2001-2006 Urbanismus a územní rozvoj, 2009-dosud Fasády.

#### **Publikační činnost:**

- autor nebo spoluautor 24 prací publikovaných na mezinárodním poli (Německo, Francie, Nizozemí, Slovensko),
- autor nebo spoluautor 6 monografií vydaných knižně,
- spoluautor 3 skript,

- autor nebo spoluautor 154 odborných článků publikovaných v odborných časopisech (převážná část článků je věnována problematice stavební tepelné techniky, stavebním konstrukcím a optimálnímu návrhu pracovního a obytného prostředí),
- autor nebo spoluautor 35 článků z oblasti vysokoškolské pedagogiky, mezi nimiž bylo zveřejněno 14 článků z oblasti personálií.
- Lektor 7 knižních publikací, které byly vydány v oboru stavebnictví v České a Slovenské republice a 1 dosud nevydané publikace. Knihy byly vydány v nakladatelstvích:
  - „Era group spol. s r.o.“, Brno – 2 knihy (obě 2003),
  - vydavatelství „Eurostav, spol. s r.o. Bratislava“ – 1 kniha (2008),
  - nakladatelství Grada Publishing, a.s. Praha – 2 knihy (2008 a 2011),
  - nakladatelství „JAGA GROUP, s.r.o. Bratislava“ – 1 kniha (2009),
  - kniha vydána vlastním nákladem s podporou Občanského sdružení Ekodům a Adobe Systems Incorporated – 1 kniha (2010),
  - zatím v rukopisu bez nakladatelství, Bratislava – 1 kniha (2010).

#### **Výzkumná činnost:**

- v letech 1995-1996 spoluřešitel dvou grantových projektů GAČR,
- spoluřešitel dvou grantových projektů v rámci Fondu rozvoje vysokých škol MŠMT ČR,
- v letech 2000-2004 vedoucí výzkumného záměru „Česká architektura a urbanismus v nové situaci“,
- člen vědeckého a přípravného výboru několika desítek mezinárodních a národních vědeckých a odborných konferencí konaných v České republice a na Slovensku.

#### **Členství ve vědeckých radách:**

- 2000-2006 člen VR VUT v Brně (2 funkční období),
- 2000-2006 předseda VR FA VUT v Brně (2 funkční období),
- 2010-dosud předseda VR FA VUT v Brně (1 funkční období),
- 2006-2010 člen VR FA VUT v Brně (1 funkční období),
- 2000-dosud člen VR FAST VUT v Brně (4 funkční období),
- 2003-dosud člen VR FAST VŠB TU v Ostravě (3 funkční období),
- 2000-2006 čestný člen VR FA ČVUT v Praze (3 funkční období),
- 2010-dosud čestný člen VR FA ČVUT v Praze (1 funkční období),
- 2000-2006 čestný člen VR FA STU Bratislava (2 funkční období),
- 2010-dosud čestný člen VR FA STU Bratislava (1 funkční období).

#### **Oponentní posudky:**

- Disertační práce:
  - FAST VUT v Brně 3 posudky, FA VUT v Brně 2 posudky, + 2 posudky k pojednání ke státní doktorské zkoušce, Univerzita obrany v Brně 1 posudek, FAST VŠB TU v Ostravě 2 posudky, FAST ČVUT v Praze 2 posudky, FA STU v Bratislavě 1 posudek, FSS MU Brno 1 posudek.
- Oponentní posudek nebo člen habilitační komise:
  - FAST VUT v Brně 2x oponent, 3x člen habilitační komise, FAST ČVUT v Praze člen habilitační komise 1x, 1x oponent, FAST VŠB-TU v Ostravě 1x oponent, FA ČVUT v Praze 1x oponent, FA STU v Bratislavě 1x oponent, 1x člen habilitační komise.
- Člen hodnotící komise:
  - FAST STU v Bratislavě 1x člen hodnotící komise.
- Oponent diplomových prací:
  - Oponent 13 diplomových prací vypracovaných na FAST VUT v Brně.

- Oponentní posudky pro grantové agentury:
  - GAČR – 3 posudky, VEGA – 10 posudků, FRVŠ MŠMT ČR – 25 posudků.

#### **Vyznamenání a ceny:**

- 2004 při příležitosti 105. výročí založení Fakulty stavební, udělena stříbrná medaile FAST „Signum excellentiae“,
- 2008 společně s Ing. arch. Ondřejem Chybíkem 1. cena v mezinárodní architektonicko konstrukční soutěži Dřevěný dům 2008,
- 2008 za publikaci *Heřmanovice od oppida ke vsi*, která byla vydána v roce 2008, udělil OÚ v Heřmanovicích uznání,
- 2008 disertační práce Ing. arch. Barbory Krejčové, Ph.D. oceněna jako nejlepší studentské práce v rámci soutěže Stavba Jihomoravského kraje,
- 2009 při příležitosti 110. výročí založení Vysokého učení technického v Brně, udělena Stříbrná medaile VUT v Brně,
- 2009 publikace *Přírodní stavební materiály*, která byla vydána v roce 2009 v nakladatelství Grada, byla oceněna jako nejlepší kniha roku v oblasti technické literatury,
- 2012 disertační práce Ing. arch. Davida Křečka, Ph.D. oceněna jako nejlepší studentské práce v rámci soutěže Stavba Jihomoravského kraje

#### **Členství v porotách architektonických soutěží:**

- Specialista v oboru stavebních konstrukcí v architektonické soutěži pro výstavbu domova pro seniory v Českých Budějovicích, předseda poroty Ing. arch. Karel Doležel,
- specialista v oboru stavebních konstrukcí v architektonické soutěži pro rekonstrukci historické budovy brněnského divadla Reduta, předseda poroty prof. Ing. arch. Miroslav Masák, dr.h.c.,
- člen poroty pro výběr projektanta návrhu pasivního domu Nadace Partnerství v Brně; vybrána architektonická kancelář Projektíl, budova byla dostavěna a do užívání předána v roce 2012,
- místopředseda architektonické soutěže Stavba Jihomoravského kraje, která se uskutečnila v letech 2011, 2012 a 2013, předseda Mgr. Václav Božek, CSc., náměstek hejtmana Jihomoravského kraje
- člen poroty v architektonické soutěži Dřevěná stavba roku 2012.

#### **Zájmy:**

- stavitelství a architektura,
- entomologie – řádný člen České společnosti entomologické (autor 3 recenzovaných a 2 nerecenzovaných článků z oboru coleopterologie se specializací na faunistiku a bionomii),
- politika,
- sport.



## ÚVOD

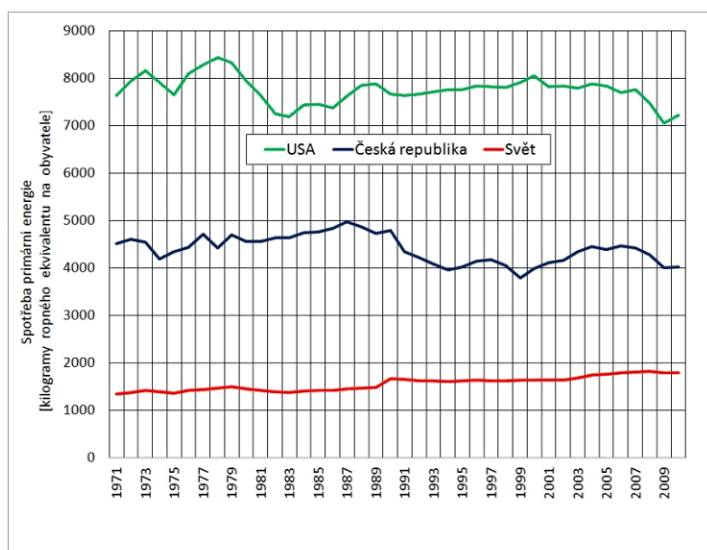
V roce 2010 se úspory energie staly objektivním zájmem Evropského parlamentu a Rady Evropské unie. Výsledkem byla 19. května 2010 vydaná již druhá verze směrnice EPBD 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (*Energy Performance of Buildings Directive*). Směrnice tak podpořila již v minulosti nastartované unijní kroky k potřebnému omezení spotřeby energie (první verze vyšla v roce 2002). Následně v horizontu nejbližších deseti let se budou zavádět opatření, jejichž cílem je zřetelné snížení energetické spotřeby a z toho plynoucí regulované využívání neobnovitelných energetických zdrojů.

Dosavadní relace mezi spotřebou energie ve světě a v České republice dokumentuje, že současná energetická spotřeba je v ČR více jak dvakrát vyšší. Ilustruje to obr. 1, v němž je znázorněno porovnání globální, světové energetické situace se stavem v ČR vztaženému ke sledovanému období let 1971-2011. Měřítkem je spotřeba primární energie před její přeměnou na jiná konečná paliva, která je vyjádřena v kilogramech ropného ekvivalentu na jednoho obyvatele.

Především období 1971 až 1990 je v ČR možno charakterizovat jako etapu poznamenanou velkou spotřebou energetických surovin. Léta pozdější jsou již ovlivněna tendencemi k energetické úspornosti. Přitom očekávaný nárůst energetické potřeby, nebude v dohledné budoucnosti možno pokrýt neobnovitelnými surovinovými zdroji. Fosilní paliva se postupně vyčerpávají, těží se s rostoucí technikou obtížností, velkou finanční náročností, jejich doprava se uskutečňuje na velmi velké vzdálenosti, často z oblastí a přes území, která nesou stopy zjevné nebo latentní politické nestability. To se týká především ropy a zemního plynu. V budoucnu bude stále větší důležitost připadat obnovitelným energetickým zdrojům, tzn. energii slunečního záření, geotermální energii, energii z pohybu vody, větru nebo biomasy. Z obr. 1 je zřejmé, že ve zmíněných letech 1971 až 1989 byla v ČR poměrně vysoká spotřeba energie. Posléze nastává pokles, což je dáno známými změnami, které se v naší společnosti po roce 1989 uskutečňovaly. Pokles se zastavil v roce 1999. Po něm nastal opět vzestup, aby od roku 2007, pod tlakem nastalé ekonomické krize došlo k novému poklesu.

Podobnou výši spotřeby jako je v ČR zaznamenáváme v Německu, kde křivka energetické spotřeby téměř splývá s úrovní v naší zemi.

V okolních zemích, tzn. na Slovensku v Polsku a v Maďarsku již můžeme zaznamenat hodnoty nižší. Za zemi v níž je spotřeba vysoká jsou považovány USA. Oproti ČR je téměř dvojnásobná. Je také zajímavé sledovat vývoj v jiné části evropského kontinentu, na Islandu. Tady byla například v počátku 70. letech 20. století energetická spotřeba nižší než v ČR. Ještě v roce 1971 měla ČR spotřebu 4518 kg ropného ekvivalentu/1 obyvatele a Island 4378 ropného ekvivalentu/1 obyvatele. V roce 2010 byla v ČR spotřeba 4024 kg ropného ekvivalentu na 1 obyvatele na Islandu již 16841 kg ropného ekvivalentu/1 obyvatele. V této ostrovní zemi se o to zasloužilo využívání obnovitelného zdroje levné geotermální energie.



Obr. 1 Porovnání spotřeby primární energie v České republice a ve světě v období let 1971 až 2010  
Zdroj: <http://www.google.cz/publicdata/explore>

Těmto procesům se nemůže vyhnout ani architektura, která ve všech vývojových stádiích, kterými lidstvo prochází, patří k hlavním determinantům kulturního i technologického rozvoje společnosti. Nese znaky, které poměrně kvalifikovaně mohou sloužit k definování stupně rozvoje dosaženého příslušnou společností, za kterou můžeme považovat zájmovou skupinu lidí nebo obyvatele státního útvaru. Již v okamžicích tvorby konkrétního architektonického nebo stavebního díla musí být pamatováno na budoucí procesy, které při jeho dlouhodobém užívání mohou vzniknout, anebo ono samotné může vyvolávat. Architektonické nebo stavební dílo se nesmí stát těžce zvladatelnou přítěží, či obtížným břemenem, které znesnadní život těm, jejichž závazkem je o něj pečovat. Aby si lidstvo v celém komplexu problémů, v němž je architektura jeho integrální součástí tuto skutečnost uvědomilo, vydala v roce 1987 Světová komise pro životní prostředí a rozvoj při Organizaci spojených národů zprávu (*WCED – World Commission on Environment and Development*), v níž byla poprvé vyslovena definice varující před obtížně říditelným extenzivním vývojem. Jedinou větou byla formulována teze o trvale udržitelném rozvoji: „*Trvale udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který uspokojuje potřeby přítomnosti, aniž by oslaboval možnosti budoucích generací naplňovat jejich vlastní potřeby.*“ Tento termín vešel v obecné povědomí v roce 1992 po summitu v Riu de Janeiro. Přitom zpráva upřesňuje, co se myslí termínem potřeba. *Jedná se o zajištění základních potřeb nejchudších obyvatel planety.*

Na toto téma navázala i Světová energetická rada, která se průběžně zabývá otázkami spotřeby energie a vyhlídkami vedoucími k získávání jednotlivých energetických zdrojů. Z mnoha studií vyplývají následující závěry:

- Největší problémy v rámci zásobování světa energií nebudou v budoucnosti ve vyspělých průmyslových státech, i když je zde její spotřeba nejvyšší, nýbrž v lidnatých rozvojových zemích.
- V roce 1990 například spotřebovalo 75 % lidstva žijící v rozvojových zemích pouze 33 % energie. Očekává se však, že v roce 2020 bude v těchto zemích žít již 85 % obyvatel naší planety a jejich energetická spotřeba stoupne na 55 %.
- Je potřebné učinit kroky na zesílení výzkumu v oblasti globálních teplotních změn, které jsou průvodním jevem současné epochy.
- Struktura trhů, cenové relace a rozhodovací procesy se budou muset změnit, aby se získaly investice nutné do energetiky.
- Do roku 2020 bude svět potřebovat obrovské investice do energetiky, řádově 30 bilionů amerických dolarů v cenové úrovni roku 1992.

Rozvoj energetiky v nastávajících třiceti letech bude zkomplikován faktory, které ovlivnily přístup k různým energetickým zdrojům. Jedná se o:

- rozvoj atomové energetiky po havárii atomových elektráren v Černobylu a Fukušimě,
- nouze o globální zdroje ropy a plynu,
- tlak na změnu trhu po regulaci a privatizaci na některých místech světa,
- potenciální a časový rozvoj obnovitelných zdrojů energie,
- hrozba globálních klimatických změn, především globálního oteplení.

Vesměs se předpokládá, že vývoj světové energetiky (nárůst spotřeby) bude zásadním způsobem ovlivněn nárůstem světové populace, růstem životní úrovně v rozvojových zemích a částečně nedostatkem vody. V důsledku toho se objeví problém se zásobováním ropou a plynem, což povede k výraznému zvýšení ceny těchto komodit. Požadavek na omezení klimatických změn na 2 °C je obvykle převáděn na požadavek ke snížení emisí skleníkových plynů na 50 % roku 2007, tedy z 27 Gt CO<sub>2ekv</sub> na 13,5 Gt CO<sub>2ekv</sub>.

O tom, jakou pozici je možno k již zmíněným obnovitelným zdrojům zaujmout, lze poznat na více evropských příkladech. Dobrou ukázkou a v mnohém pro česká města inspirativním dokladem je rakouská spolková země Burgenland. V jejím městě Güssing a okolních obcích se



*Obr. 2 Kogenerační spalovna dřevní štěpky v městě Güssing v rakouské spolkové zemi Burgenland  
Foto: Josef Chybík*



*Obr. 3 Obecní spalovna slámy v Roštíně  
Foto: Josef Chybík*

jablek. Obec, ve které se postavil jeden z prvních českých pasivních domů, zaujala i následníka britské trůnu prince Charlese, který na jaře 2010 byl jejím vzácným hostem.

podářilo vybudovat zařízení, která město a okolí zásobují energií získanou ze zemědělských produktů a tvrdého dřeva, obr. 2. Z místních dřevozpracujících podniků produkujících dřevěné nášlapné vrstvy – vlysy a parkety, se získává odpad, který je primární složkou pro kogenerační spalování s produkcí tepla a elektřiny. Město se čtyřmi tisíci obyvateli se tak v současnosti stalo zcela nezávislé na dodávce zdrojů energie.

V České republice se mnohé naděje pro používání obnovitelných zdrojů vkládají především do biomasy. Dosud byla realizována celá řada výtopen využívajících dřevní hmotu zpracovanou do formy briket, dřevních štěpek nebo pelet. V obci Roštín na Kroměřížsku se s úspěchem podařilo zprovoznit obecní výtopnu, ve které se zdrojem tepla stala do balíků slisovaná pšeničná nebo řepková sláma. Na výtopnu s výkonem 4 MW je napojeno 145 domácností, obecní úřad, základní a mateřská škola, sokolovna, sauna i kostel. Přebytky tepla se v květnu a červnu vyhřívá místní koupaliště. Příkladem je i obec Hostětín z Bílých Karpat s výtopnou na dřevní štěpku, kořenovou čistírnou odpadních vod, solárními kolektory pro ohřev teplé vody, solární elektrárnou a moštárnou, ve které se každoročně zpracovává úroda místních

## 1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY

V tématu energetické úspornosti budov sehrává důležitou roli informovanost. Problematice se věnuje řada publikací, z nich lze uvést: TYWONIAK et al. 2005, HUDEC 2008, Novák 2008, TYWONIAK et al. 2008, CHYBÍK 2008, SMOLA 2011, BROTKOVÁ & BROTKÁNEK 2012, HUDEC 2012, TYWONIAK et al. 2012 nebo CHYBÍK 2012. Pro jazykovou příbuznost a blízkost tématu je potřeba zmínit také práce, které byly vydány na Slovensku: PIFKO & ŠPAČEK et al. 2008 a NAGY 2009. Druhá kniha vyšla ve slovenské i české jazykové mutaci.

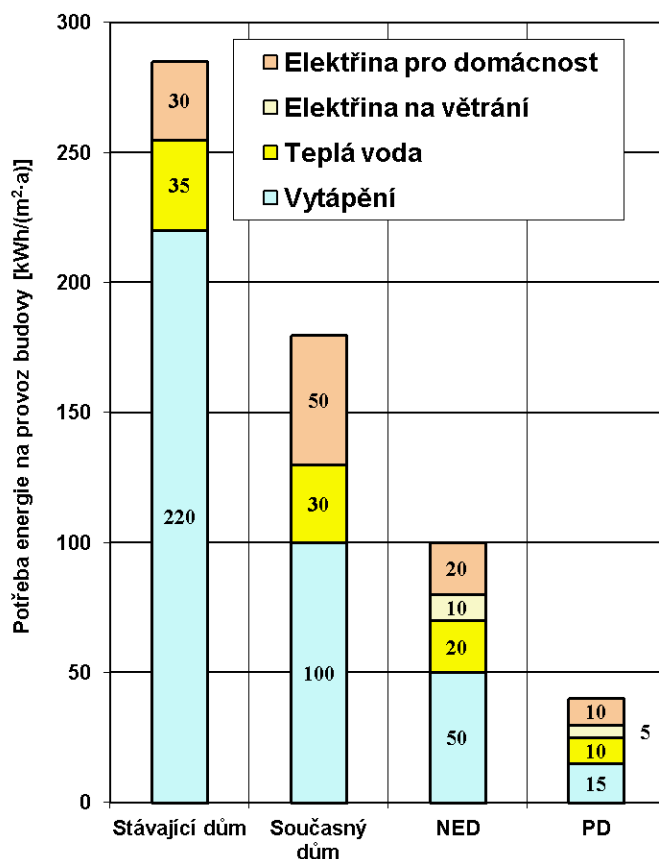
K inspirativním a podnětným pramenům patří také sborníky z mezinárodních konferencí Pasivní domy a Tepelná ochrana budov. Tvůrčí podnět vedoucí k navrhování energeticky úsporných domů lze nalézt v časopisech. Z nich je potřeba připomenout periodika Tepelná ochrana budov a Vytápění, větrání, instalace.

Aktuální informace přináší především mezinárodní konference pořádaná v německy mluvících zemích nazvaná Passivhaustagung. Její již 17. ročník se v roce 2013 uskuteční ve Frankfurtu nad

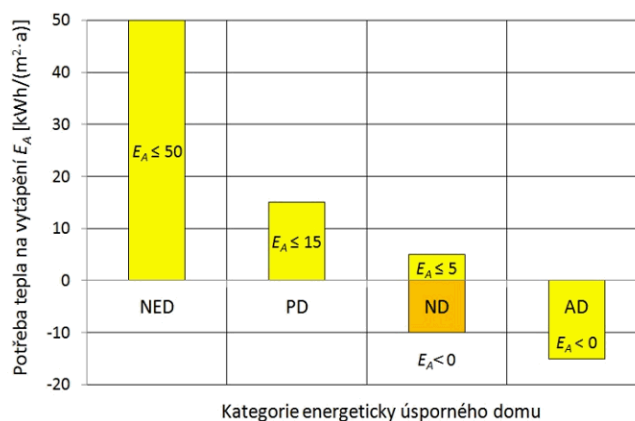
Mohanem. Nejnovější poznatky z výzkumu i praxe jsou shromážděny v obsažných sbornících. Ze zahraničních prací se jedná o FEIST & KLIEN 1994, LÖFLAND 2002, GRAF 2003, LECHNER & FECHNER & LIPP 2005, MEINGAST 2005, MEINGAST & REINBERG 2005, ENZ & HASTINGS 2006, JERUSALEM 2006, SPIRANDELLI 2007, WIHAN 2007, SCHLEFER 2009, STERNTHAL & EISENBERG 2011, UFFELEN 2012.

V současnosti rozlišujeme několik kategorií energeticky úsporných domů, které jsou nazvány: nízkoenergetický (NED), pasivní (PD), nulový (ND) a aktivní (AD). U PD činí požadavek na potřebu energie na vytápění výrazně méně, než je tomu u domů jiných kategorií. Například oproti NED to je 30 % a oproti v současnosti budovaným stavbám 10 až 15 %, obr. 1.1. V NED a PD je patrná úspora jak v požadavcích na vytápění, tak také v jiných energetických kategoriích. Oproti tzv. stávajícím domům s potřebou elektřiny na provoz domácnosti ve výši  $E_A = 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  je u domů současných nárůst na  $E_A = 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Je to dáno tím, že se v celé řadě těchto domů používají doplňkové formy pro přípravu teplé vody a vytápění. S ohledem na řízený způsob větrání se v NED a PD objevuje nová položka, kterou je potřeba elektřiny na větrání. U PD ovšem s poloviční kapacitou. S tím souvisí také kritéria, která jsou částečně obsažena již v obr. 1.1 a podrobněji v obr. 1.2.

Pro stanovení energetické náročnosti budovy a vyjádření její energetické kvality se pro každý posuzovaný případ používá normová metoda referenční budovy s parametrem průměrného součinitele prostupu tepla. Jako referenční objekt je chápána virtuální budova stejných rozměrů a stejného prostorového uspořádání jako budova hodnocená, shodného účelu a umístění. Na všech jejích plochách se použijí stavební konstrukce se součiniteli prostupu tepla odpovídající příslušné normové hodnotě z ČSN 73 0540-2:2011. V této normě je



Obr. 1.1 Potřeba energie na provoz stávajících domů, domů v současnosti budovaných, nízkoenergetických domů (NED) a pasivních domů (PD)



Obr. 1.2 Kritéria energeticky úsporných domů, v kapitolách 1.1 až 1.4

průměrná hodnota součinitele prostupu tepla  $U_{em,N,20}$  pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu  $\theta_{im} = 18$  až  $22$  °C definována vztahem:

$$U_{em,N,20} = \frac{\Sigma(U_{N,j} \cdot A_j \cdot b_j)}{\Sigma A_j} + 0,02$$

$U_{N,j}$  je normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla  $j$ -té teplosměnné konstrukce, ve  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ,

$A_j$  plocha  $j$ -té teplosměnné konstrukce stanovená z vnějších rozměrů, v  $[\text{m}^2]$ ,

$b_j$  teplotní redukční činitel odpovídající  $j$ -té konstrukci.

## 1.1 NÍZKOENERGETICKÉ DOMY

V NED jsou tepelné ztráty oproti ještě nedávno běžně stavěným domům významně sníženy. Roční spotřeba tepla na vytápění je nižší než  $E_A = 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , obr. 1.2. Do této kategorie patří budovy, jejichž stavebníci projeví vážný zájem snížit spotřebu energie na vytápění a používat obnovitelné zdroje. To způsobilo, že také množství emisí od stále ještě klasické otopné soustavy, která pokrývá tepelné ztráty, se zřetelně zmenšilo.

Stupeň tepelné ochrany se zkvalitnil prostřednictvím lepší obálky, především účinnější tepelnou izolací obvodového pláště a zlepšenou jakostí oken. Větrání budovy již není závislé na pouhých netěsnostech obvodového pláště. Je provozováno větrací jednotkou s možností aktivního ohřevu přiváděného vzduchu, obr. 1.1.

## 1.2 PASIVNÍ DOMY

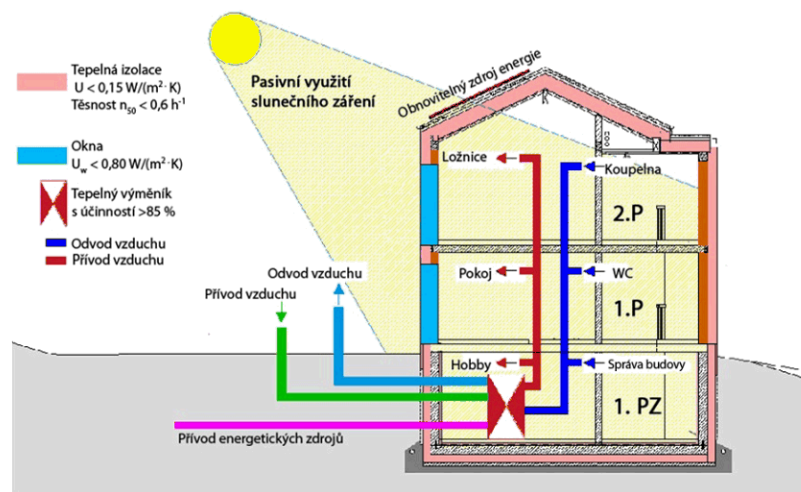
Druhou kategorií jsou PD. Pojem PD nejen u běžných stavebníků, ale i u mnohých odborníků dosud stále evokuje reakce, které tento typ výstavby z pojmoslovného hlediska považují za chybný, popřípadě nesprávně definovaný. Jsme toho svědky přesto, že se tento typ výstavby na území Česka i Slovenska zdárně rozšiřuje. Snad je tomu také proto, že samotné slovo pasivní mnohdy vyvolává nepříznivé asociace. Jsou jím popisovány trpné, nečinné, netečné, nevšimavé děje. Antonymem je pojem aktivní – tzn. činný, čilý, čínorodý vyjadřující dobré vlastnosti nebo příznivé děje. Není proto překvapivé, že ve spojení s domem, někteří lidé jen s obtížemi chápou, že by budova spojená s takovým přízviskem mohla být člověku prospěšná. Když však název PD významově spojíme s energií a především s jejími úsporami, vyvstávají souvislosti, v nichž prvotní váhání přejde do stavu zvědavého nazírání. Pro dnes již v celé Evropě vžitý název můžeme najít rozuzlení při položení zásadní otázky: „Co je základním principem PD?“ Název lze odvodit od využívání pasivních tepelných zisků a efektivního způsobu hospodaření s nimi. Zisky pocházejí především od slunečního záření a z vnitřních zdrojů tepla získaných ze samotného provozu budovy, jako je např. vaření, žehlení, koupání, obr. 1.3. Významným tepelným zdrojem jsou elektrické spotřebiče, kterými mohou být ledničky, televize, počítače a jejich vybavení nebo také svítidla. Jako vnitřní zdroj je možno chápat rovněž osoby a teplokrevná zvířata.

Je známo, že člověk ve vnitřním prostředí tráví převážnou část svého života. Uvádí se, že je to až 92 % času stráveného v interiérech budov, vedle 8 % prožitých v exteriéru. Proto je tématu vnitřního prostředí potřeba věnovat mimořádnou pozornost. Zvláště citlivé je to v domech dobře tepelně izolovaných a utěsněných, tedy v PD. V každé budově je nezbytnou nutností zajistit přívod čerstvého vzduchu a zároveň vytvořit teplotně optimální stav.

S ohledem na poměrně nízký stupeň tepelné ochrany budov s nedostatečně účinnými vrstvami tepelných izolací, se teplotní stav zajišťoval a dosud stále zajišťuje výkonnou otopnou soustavou. V podstatě je tomu tak dosud i u neefektivních novostaveb a rekonstrukcí. Obvykle však v těchto domech probíhá výměna vnitřního vzduchu pouze neřízenou ventilací. Děje se tak prostřednictvím

prostého otevření oken, popřípadě infiltrací, kterou umožňují netěsnosti ve funkční nebo přípojovací spáře. Zasklívací spárou vzduch proniká jen výjimečně, častěji u starých domů.

Zvláště v posledních letech, kdy se navyšují ceny surovin, sloužících jako energetické zdroje, dochází k radikálnějšímu zateplování obvodového pláště budov a výměně původních netěsných oken za okna těsná. Zanedbáním principů řízeného větrání vznikají biologické podmínky s velmi nepříjemnými důsledky. V zateplených a utěsněných budovách jsou sice vytvořeny předpoklady pro snížení tepelných ztrát, avšak v nedostatečně větraných budovách vzrůstá relativní vlhkost, objevují se defekty ve formě z kondenzované vodní páry s následným výskytem pro zdraví nebezpečných plísní.



Obr. 1.3 Koncept energeticky úsporného domu

Zdroj: Werner Friedel

Pasivita domu se vztahuje také k jeho konstrukcím. V roce 2011 byla vydána revidovaná norma

ČSN 73 0540-2:2011. Vedle parametrů požadovaných hodnot a hodnot doporučených, obsahuje také požadavky pro pasivní domy, tab. 1.1. Vytvořila se tak normová základna pro návrh budov v energeticky úsporné kvalitě, která poskytuje podmínky ke splnění požadavků Evropského parlamentu a Rady Evropské unie 2010/31/EU. Vedle součinitelů prostupu tepla  $U_{N,20}$ , což jsou parametry definované jako hodnoty požadované, představuje norma ještě hodnoty doporučené  $U_{rec,20}$ , a hodnoty doporučené pro PD  $U_{pas,20}$ , tab. 1.1 Pro tyto konstrukce platí:

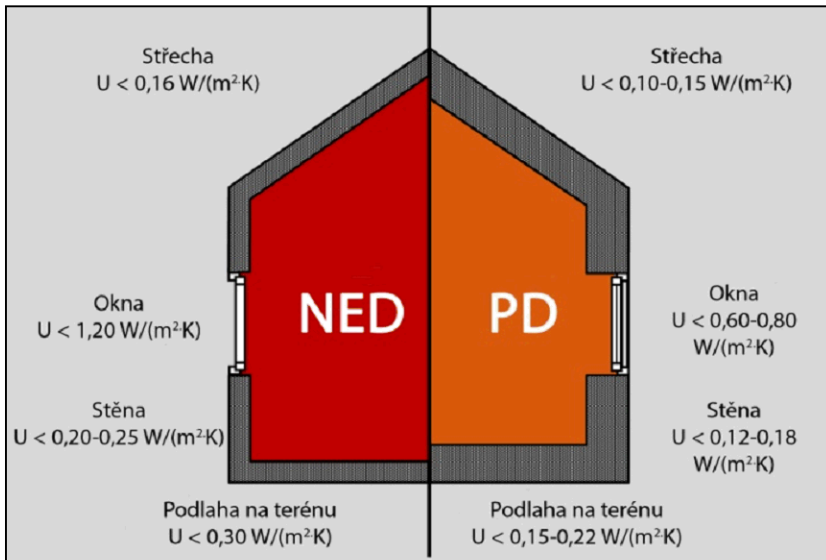
$$U \leq U_{N,20}(U_{rec,20}; U_{pas,20}).$$

Tab. 1.1 Fragment tabulky z ČSN73 0540-2:2011 se součiniteli prostupu tepla s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im} = 18$  až  $22$  °C

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10

Které z hodnot budou do projektu zařazeny jako mezní, záleží na zvoleném cíli a spolupráci stavebníka s projektantem. S ohledem na požadavky Směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, ze dne 19. května 2010 je již v současnosti potřeba navrhovat budovy se zohledněním jejích požadavků, což znamená v relaci  $U \leq U_{pas,20}$ , které je možno považovat za kritéria vhodná také pro stavby s nulovou spotřebou nebo nulové spotřebě blízké.

Z obr. 1.4 jsou zřejmé hodnoty součinitelů prostupu tepla pro konstrukce obvodového pláště NED i PD. Nejen vynikající tepelně izolační schopnosti prvků obvodového pláště s  $U \leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , ale i kvalitní okna s  $U \leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , se skly s energetickou propustností  $g > 0,50$ , která umožňují vstup slunečního záření hluboko do interiéru, můžeme chápat jako prostředky, které přes svou nečinnost, pasivitu, budou stabilně, po celou dobu životnosti budovy zajišťovat kvalitní tepelnou ochranu.



Obr. 1.4 Kritéria pro stavební konstrukce v NED a PD podle ČSN 73 0540-2:2011

Provozní a konstrukční principy uplatněné při výstavbě i užívání PD zajišťují také kvalitní vnitřní prostředí v letních měsících. Zde je velmi důležitou složkou regulovaný způsob stínění a schopnost zabudovaného stavebního materiálu akumulovat teplo. To platí i pro konstrukční prvky lehkých dřevostaveb.

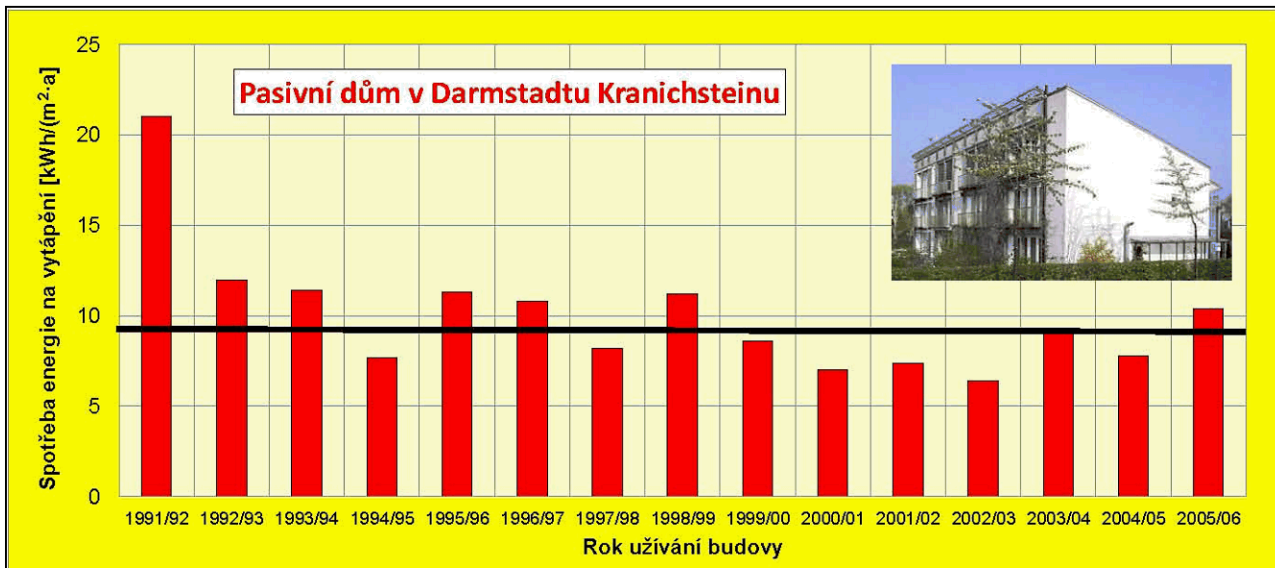
Je potřebné vytvořit podmínky pro řízené větrání, které do interiéru přivede čerstvý a zároveň teplý, zdravotně nezávadný vzduch.

Budova je z tepelně technického hlediska konstruována tak kvalitně, že vzduchem přivedené teplo bude zároveň samo o sobě postačovat pro zajištění tepelné pohody vnitřního prostředí. Stěžejní ideou je, aby větrání kromě hygienicky nutné výměny vzduchu také zajistilo požadovaný teplotní stav. Tím klasická otopná soustava ztrácí původní význam a plní funkci doplňkového zdroje tepla, který se uvádí do provozu jen v obdobích s klimaticky obtížnými podmínkami zimního období. Přitom se očekává, že zásobování energií převezmou obnovitelné zdroje – v českých podmínkách sluneční kolektory, topidla na různé formy biomasy nebo tepelná čerpadla. Energetické požadavky pro PD jsou v ČR následující:

- podle TNI 73 0330: 2010 je požadavek  $E_A$  pro bytové domy dán relací:
$$E_A \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}),$$
- podle TNI 73 0329:2010 je požadovaná hodnota  $E_A$  pro rodinné domy dána relací:
$$E_A \leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}).$$

Energeticky úsporné budovy jsou zdánlivě pasivními objekty, kterými dochází jen k minimálním tepelným ztrátám. Jejich pasivita je patrná také z termovizního snímkování. Jestliže plochy s vyššími teplotami, což jsou například místa s větší hustotou tepelného toku, se na termogramech projevují živými, teplými odstíny červené barvy, potom energeticky úsporné domy tuto aktivitu postrádají. Vyvolávají dojem méně vitálních – pasivních barev. I z tohoto pohledu se jeví název těchto budov jako vhodný a adekvátní jeho funkci.

Termín PD lze tedy považovat za správný, v Evropě již běžně užívaný. Nedá se ani předpokládat, že by byl nahrazen jiným. Běžně se používá v Německu, Rakousku, Itálii a vžil se i v České republice. Tento pojem není neznámý v Polsku ani v Maďarsku. Na Slovensku nebo občas také v ČR se používá také označení EPD „energeticky PD“.



Obr. 1.5 Spotřeba energie na vytápění v pasivním domě z Darmstadtu-Kranichsteinu (D)  
Zdroj: Passivhaus Darmstadt

První takový objekt, tehdy ještě jako prototyp, který uzavřel úvodní etapu výzkumných prací, byl realizován v roce 1991. Jednalo se o třípodlažní bytový dům postavený v Darmstadtu Kranichsteinu. Se spotřebou  $E_A \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  a velmi nízkou provzdušností  $n_{50} = 0,22 \text{ h}^{-1}$ , dosáhl vynikajících vlastností. V roce 1996 v Německu zahájilo svou činnost „Profesní sdružení levných PD“. A již v roce 1997 bylo realizováno první sídliště PD ve Wiesbadenu.

Doplňkovým zdrojem tepla je v budově zemní plyn. Záznam spotřeby energie na vytápění v rozmezí let 1991 až 2006 je v tomto domě zachycen na obr. 1.5. V zimní sezoně 1991/92 dosáhla spotřeba téměř  $E_A = 21 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Následujícího roku poklesla na přibližně  $E_A = 12 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Potom se podle průběhu zimního období pohybovala mezi  $E_A = 6,4$  až  $11,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Průměrná spotřeba v celém sledovaném období byla kolem  $E_A = 9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Pozornost si jistě zaslouží velmi nízká spotřeba energie na vytápění zaznamenaná v sezoně 2002/2003, která byla na úrovni jen mírně převyšující  $E_A = 6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .

### 1.3 NULOVÉ DOMY

Dalším typem energeticky úsporných domů, které se stávají aktuální především prostřednictvím směrnice Evropského parlamentu, jsou nulové domy (ND). Jejich spotřeba se snižuje na pouhých  $E_A \leq 5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  s tím, že vyšší spotřeba již v úrovni  $E_A = 10-15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  bude pokryta především prostřednictvím obnovitelných zdrojů energie, většinou tepelnými čerpadly a fotovoltaickými panely umístěnými na střeše nebo na osluněných stranách svislých konstrukcí obvodového pláště budov. Energie získaná těmito zdroji se do celkové energetické bilance započítává s minusovým znaménkem, obr. 1.2. Z toho plyne důležitost tématu obnovitelných zdrojů, kterými se v budoucích letech musíme zabývat ve větším rozsahu, nežli je tomu dosud.

V ČSN 73 0540-2:2011 jsou již požadavky pro ND definovány. Vztahují se k nim dvě základní úrovně hodnocení označené A a B, což je patrné v tab. 1.2. V hodnocení úrovně A se do energetických potřeb budovy zahrne potřeba tepla na vytápění, potřeba energie na chlazení, potřeba energie na přípravu teplé vody, pomocná elektrická energie na provoz energetických systémů budovy, elektrická energie na umělé osvětlení a elektrické spotřebiče. Úroveň B je shodná s úrovní A, ale bez zahrnutí elektrické energie na elektrické spotřebiče.

I u menších nulových rodinných domů vzniká podobný problém jako u PD. Obtížněji se u nich dosahuje požadovaných energetických parametrů. Proto je potřeba, aby průměrný součinitel prostupu tepla byl u rodinných domů nižší. Průměrný součinitel prostupu tepla je u rodinných



domů  $U_{em} \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  a u domů bytových  $U_{em} \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . U rodinných domů měrná potřeba tepla na vytápění může být vyšší než u domů bytových. U rodinných domů  $E_A \leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , kdežto u bytových domů  $E_A \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .

Tab. 1.2 Základní požadavky na energeticky nulové budovy podle ČSN 73 0540-2:2011

Závaznost kritéria		Požadovaná hodnota	Doporučená hodnota	Požadovaná hodnota podle zvolené úrovně hodnocení	
		Průměrný součinitel prostupu tepla	Měrná potřeba tepla na vytápění	Měrná roční bilance a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů	
		$U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	PE <sub>A</sub> [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	
				Úroveň A	Úroveň B
Obytné budovy	Nulový	Rodinné domy $\leq 0,25$	Rodinné domy $\leq 20$	0	0
	Blízký nulovému	Bytové domy $\leq 0,35$	Bytové domy $\leq 15$	80	30
Neobytné budovy <sup>2)</sup>	Nulový	$\leq 0,35^{1)}$	$\leq 30$	0	0
	Blízký nulovému			120	90

**POZNÁMKY:**  
<sup>1)</sup> Uvedená hodnota je doporučená, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě  $U_{em,rec}$ .  
<sup>2)</sup> Neobytné budovy s převládající návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_i = 18$  až  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pro jiné budovy není stavěno.

## 1.4 AKTIVNÍ DOMY

Poslední představenou kategorií energeticky úsporných budov jsou domy aktivní, někdy také označované jako domy plusové. Jsou konstruovány a vybaveny tak, aby byly schopny zcela pokrýt svou potřebu energie  $E_A \leq 0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  a současně fungovaly s přebytkem. Děje se tak pomocí obnovitelných zdrojů energie, kterými jsou například solární panely. V Evropě je již několik takových domů provozováno. Jako reprezentanta můžeme uvést aktivní dům Sunlighthouse u Vídně, jehož autorem je i v ČR známý architekt *Juri Troy*.

## 2 KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ V ENERGETICKY ÚSPORNÉM DOMĚ

Společně s energetickou úsporností je v interiéru budov potřebné zajistit optimální vnitřní prostředí, definované jako tepelná pohoda. Jedná se o celý komplex činitelů, které vytvářejí zdravý pobyt osob a jsou současně významným prostředkem k udržitelnému rozvoji.

Tepelná pohoda je stav, kdy člověk nemá pocit chladu ani přílišného tepla a cítí se příjemně. Energeticky úsporné domy díky kvalitnímu obvodovému plášti a optimálnímu způsobu vytápění a větrání tento stav navozují.

Na obr. 2.1A je zobrazena situace v domě s klasickým způsobem vytápění. Konstrukce obvodového pláště mají vysokou hodnotu součinitele prostupu tepla  $U = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Okna s  $U_w = 2,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  jsou zasklena dvojskly. Tyto konstrukce společně s otopnou plochou, která se nachází naproti oknu, způsobí, že teplý vzduch stoupne ke stropu. Odtud proudí k oknu, kde se

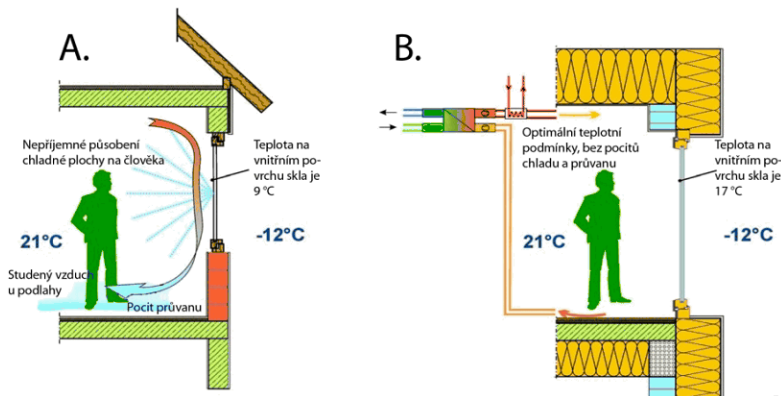
ochladí a studený pokračuje k podlaze. Důsledkem je intenzivní pocit proudění vzduchu a studené vnitřní plochy konstrukcí. To se děje především při umístění topidla u stěny odvrácené od okna. S otopnými plochami u výplní otvorů v obvodovém plášti se tento jev potlačuje. Při teplotních okrajových podmínkách  $\theta_i = 21\text{ °C}$  a  $\theta_e = -12\text{ °C}$  dosáhla teplota na vnitřním povrchu skla hodnotu  $\theta_{ip} = 9,0\text{ °C}$ , což při relativní vlhkosti  $\varphi_{ai} = 50\text{ %}$  bylo méně než pro dané podmínky je teplota rosného bodu  $\theta_w = 10,18\text{ °C}$  i teplota kritická  $\theta_{cr} = 13,57\text{ °C}$ . Důsledkem bude kondenzace vodní páry na ploše zasklení.

Na obr. 2.1B. je patrna teplotní situace v PD. Teplovzdušné vytápění s rekuperací a konstrukce s nízkým součinitelem prostupu tepla zajistily optimální a snadno regulovatelné teplotní podmínky bez pocitu chladu nebo průvanu. Na povrchu okenního skla byla zjištěna teplota  $\theta_{ip} = 17,0\text{ °C}$ , což je nad teplotami  $\theta_{ip}$  i  $\theta_{cr}$ . Teplotní klima zajistilo fyziologicky vhodný způsob užívání prostoru.

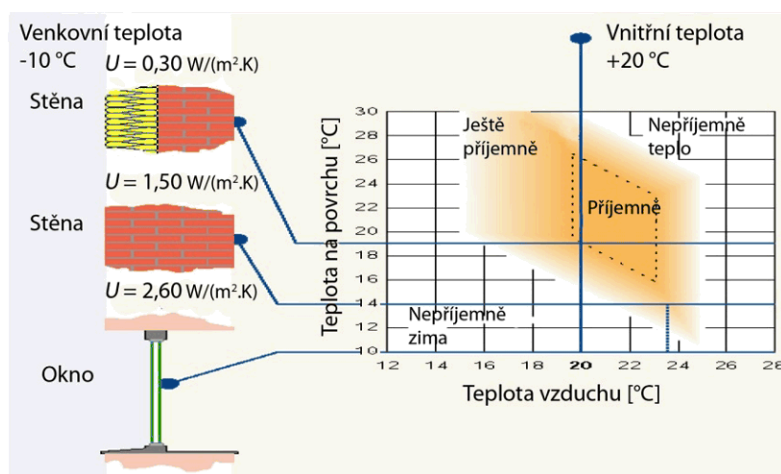
Vliv tepelně technické kvality na tepelnou pohodu osob je zřejmý také z grafu na obr. 2.2. Oblast tepelné pohody je v grafu vyjádřena plochou kosočtverce s nápisem „Příjemně“. Kolem této oblasti jsou zóny, v nichž již míra tepelné pohody kolísá, popřípadě je zcela nevyhovující. Při porovnávání konstrukcí budeme pracovat vždy s teplotou vnitřního prostředí  $\theta_i = 20\text{ °C}$ . Na vnitřním povrchu s  $U = 0,30\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  bude teplota  $\theta_{ip} = 19,0\text{ °C}$ , jež zajistí optimální stav tepelné pohody. Pokud ovšem stěna bude s nižším stupněm tepelné ochrany, např. s  $U = 1,50\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , může se teplotní situace vyhodnotit jako diskomfortní – nepříjemně zima. Teplota na povrchu zasklené části okna s  $U_w = 2,60\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  bude mít  $\theta_{ip} = 10,0\text{ °C}$ , což je opět zóna nízkých teplot, které lze považovat za teplotní diskomfort ve vnitřním prostředí místnosti.

## 2.1 PRŮZKUM TEPLOTNÍHO STAVU V PASIVNÍM DOMĚ

Představení situace o teplotním stavu v reálném pasivním domě lze uskutečnit na příkladu řadových rodinných domů v areálu bývalého cukrovaru v Židlochovicích. Zástavbu tvoří dvě řady rodinných domů. Starší domy byly dány do užívání v roce 2006. Jejich obyvatelé zde v době průzkumu prožili dvě zimy a získali z tohoto období s užíváním domu první zkušenosti. Do novějšího bloku se nájemníci nastěhovali ještě v průběhu topné sezony – v březnu 2008. Proto od



Obr. 2.1 Teplotní situace v místnostech s různým stupněm tepelné ochrany A – budova z keramiky s velmi nízkým stupněm tepelné ochrany, B – energeticky úsporná budova  
Zdroj: Universität Krems



Obr. 2.2 Vyhodnocení konstrukcí z hlediska tepelné pohody  
Zdroj: Universität Krems

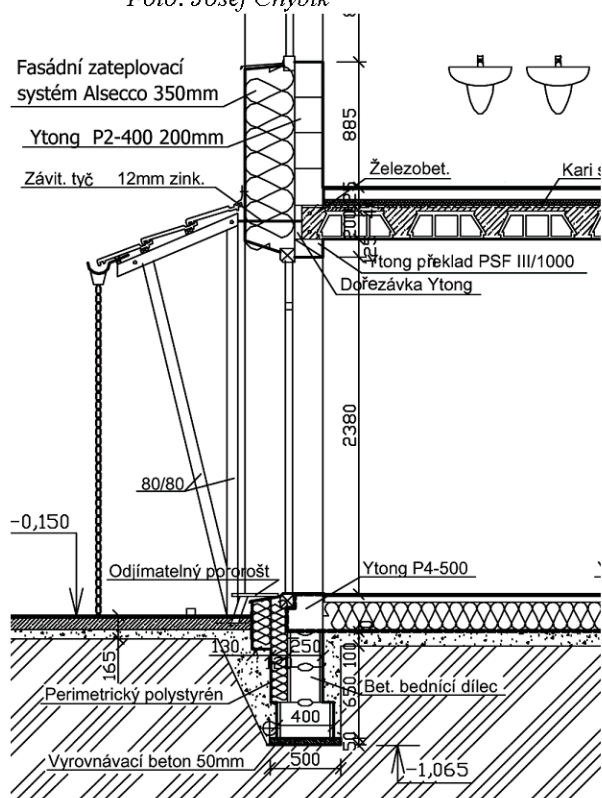
nich poznatky o hodnocení zimního období nebyly získány. Jejich zkušenosti z období letního jsou však již obsahem tohoto průřezu (CHYBÍK 2008).

Průřez byl zaměřen především na zjištění následujících činitelů:

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



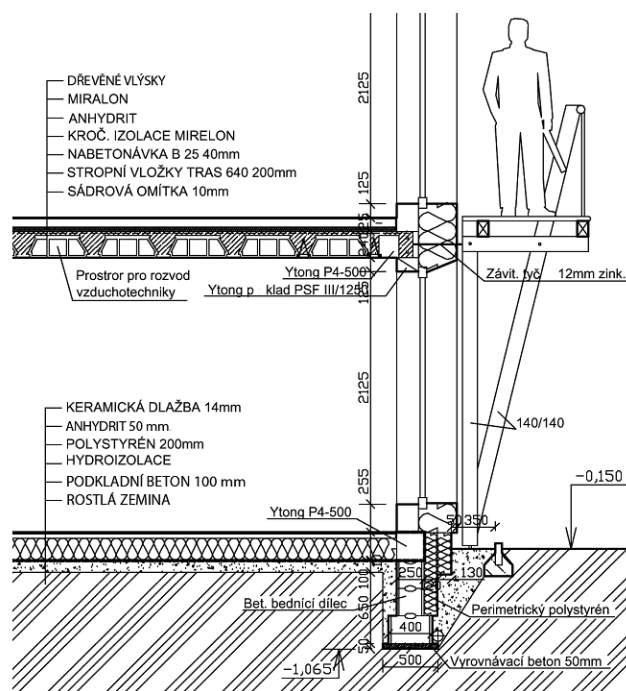
Obr. 2.3 Pohled na jihozápadně orientovanou fasádu řadových PD  
Foto: Josef Chybík



Obr. 2.5 Dílčí řez PD vedený severovýchodní stěnou se vstupem a krycí stříškou  
Zdroj: Projekt PD Židlochovice

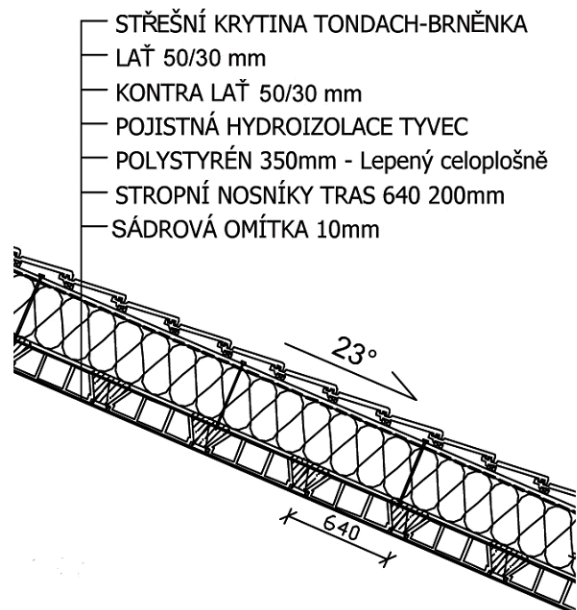
z akustických důvodů vložena izolace Rockwool tl. 30 mm. Stropy i šikmé střešní roviny tvoří desky YTONG, resp. nosníky TRAS a 350 mm EPS. Střecha má  $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Zástavba se nachází na okraji intravilánu obce. Tvoří ji čtrnáct bytových jednotek. Ve starší řadě je lokalizováno šest, v mladší osm domů. Jedná se o dvoupodlažní stavby bez podsklepení, s užitnou plochou  $105 \text{ m}^2$  (dokončeno v roce 2006), resp.  $120 \text{ m}^2$  (dokončeno v roce 2008), obr. 2.3. Celé jihozápadní průčelí s obývacím pokojem v přízemí a dvěma ložnicemi v patře je prosklené. K severovýchodu s menšími okny je orientován vstup do jednotlivých domů.



Obr. 2.4 Řez PD vedený jihozápadní stěnou s balkonem, stropem a podlahami  
Zdroj: Projekt PD Židlochovice

Základové pásy široké 400 mm jsou z vnější strany obloženy vrstvou perimetru tlustou 150 mm, obr. 2.4 a obr. 2.5. Na nich jsou vyzděny stěny z pórobetonu YTONG P5-600 tl. 200 a 250 mm, s tepelnou izolací z EPS tl. 350 mm. Nosná schodišťová stěna je z vápenopískových cihel tloušťky 125 mm. Mezi domy je



Obr. 2.6 Skladba střešní konstrukce PD v Židlochovicích  
Zdroj: Projekt PD Židlochovice

a výkonem 2,5 kW. Výkon tepelných čerpadel se vlivem malé potřeby energie zcela nevyužívá. V osmi domech „mladší“ řady je zabudován solární systém s kolektory umístěnými na střešní konstrukci a elektroohřev o výkonu 1,90 kW. Zásobník vody s provozní teplotou 52 °C má kapacitu 296 litrů (MAREČEK 2008). V koupelně a v technické místnosti, kde je sprcha, jsou jediná otopná tělesa, která zajišťují dostatečnou teplotu po celý rok a slouží i k sušení. Náklady na energii tvoří jen platby za elektřinu s dvěma zálohami po 1 500 Kč.

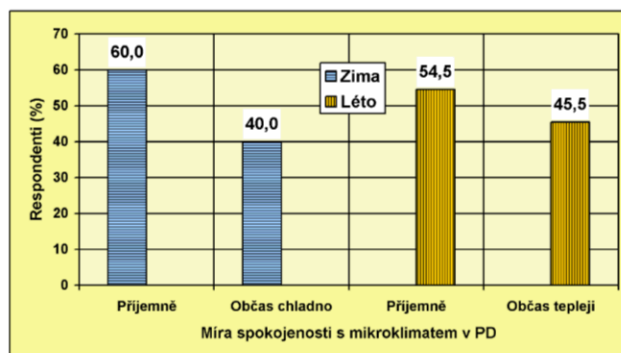
Domy mají jmenovitou potřebu na vytápění  $E_A = 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Výpočet dle PHPP prokázal, že potřeba primární energie se rovná  $E_A = 69,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Měrný příkon podle PHPP je  $12,2 \text{ W}/\text{m}^2$ . Tlaková zkouška – „Blower door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

Účastníky průzkumu teplotního stavu se staly osoby, které domy trvale obývají. Protože se obydlovaly postupně a zkušenosti se zimním obdobím měli jen obyvatelé ze starší, v roce 2006 obydlené řadě, proběhl průzkum jen v šesti domech. Poznatky s užíváním objektů v letním období byly již sledovány v 10 pasivních domech.

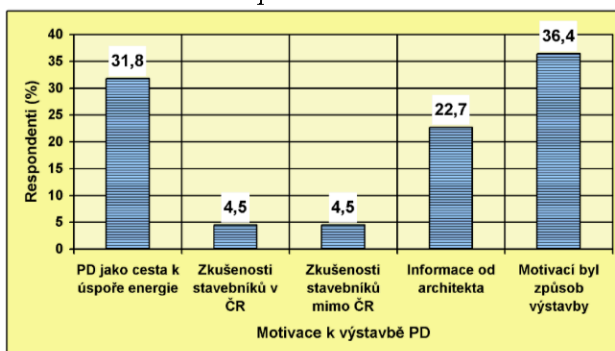
Okna jsou vrstvená s jádrem z borového dřeva a tepelnou izolací z PUR, zasklena trojsklem s dutinami plněných kryptonem  $U_w = 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  $g = 0,51$ . V každé místnosti je jedno okno otevíravé, ostatní jsou pevná. Dřevěné balkony mají vlastní systém založení a s budovou jsou spojeny pouze bodově ocelovou pozinkovanou tyčí, obr. 2.5.

Provoz zajišťuje centrální větrací jednotka PAUL Santos F 250 DC. Nasávací potrubí zemního kolektoru je opatřeno antibakteriální vrstvou s podílem stříbra, která brání šíření mikroorganismů. Vnitřní rozvody vzduchotechniky jsou vedeny v přízemí ve stropě, přičemž v obývacím pokoji je přívod a v kuchyni odvod. V podkroví jsou vyústky ve stěnách nad podlahou. Přihřívání vzduchu probíhá v kritických dnech zimního období pomocí elektrického ohříváče.

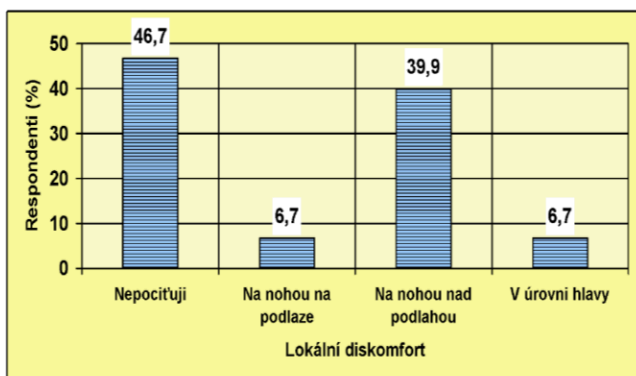
Ohřev teplé vody ve starší řadě šesti domů zajišťuje tepelné čerpadlo s topným faktorem 3,6



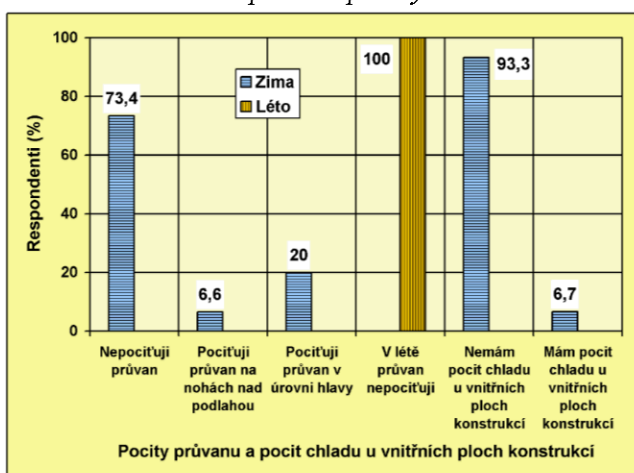
Obr. 2.7. Bilance míry spokojenosti se stavem vnitřního prostředí



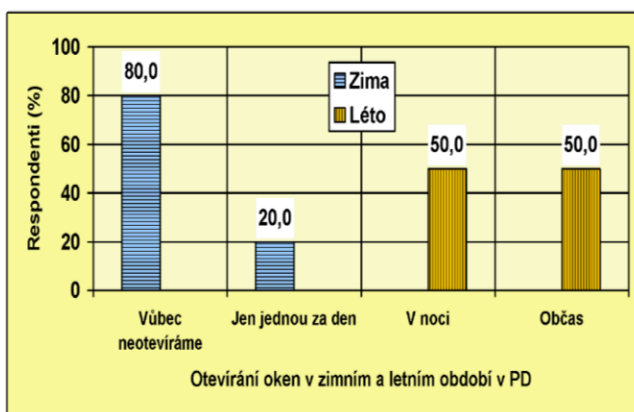
Obr. 2.8 Motivace vedoucí k rozhodnutí stavět pasivní dům



Obr. 2.9 Vyhodnocení míry lokálního vlivu nižších teplot na pocity osob



Obr. 2.10 Pocity průvanu a pocity chladu v zimním a letním období



Obr. 2.11 Otevírání oken v zimním a letním období

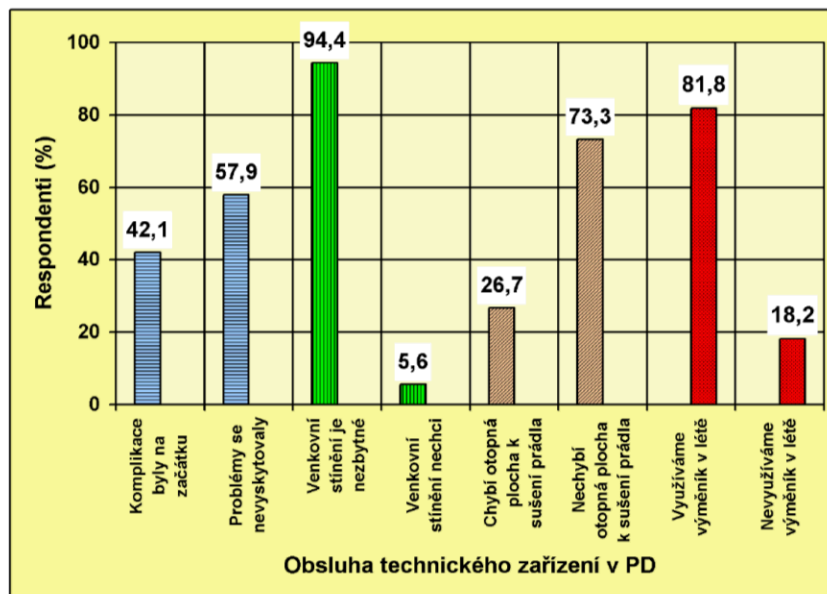
Při rozhodování o pořízení vlastního rodinného domu bylo 31,8 % dotázaných vedeno snahou vybudovat PD s cílem uspořit energii, snížit provozní náklady, přispět k ochraně životního prostředí a zdravě žít. Motivační se pro 36,4 % stal právě samotný způsob výstavby, který z environmentálního hlediska pokládali za jeden z nejužitečnějších. Jen 4,5 % osob se rozhodlo na základě zkušeností, které získaly od stavebníků v ČR nebo v zahraničí, obr. 12.8.

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

Převážná část respondentů se nachází v úrovni obyvatelstva středního věku se středoškolským nebo vysokoškolským vzděláním. Mužů s věkovým průměrem 31,3 let se zapojilo 14, žen s věkovým průměrem 29,9 let celkem 10.

Při hodnocení vnitřního prostředí budov bylo zkoumáno, jak na člověka působí vlivy, kterým je v interiéru PD vystaven v zimním a v letním období, obr. 2.7. Za období zimní byl považován čas, kdy je podle současných pravidel v provozu otopná soustava, tzn. v měsících září až květen, ve kterých ve dvou po sobě následujících dnech poklesne průměrná venkovní teplota pod hranici danou  $\theta_e = +13 \text{ }^\circ\text{C}$ . Bylo zjištěno, že v zimním období 60 % osob spokojených a cítí se příjemně. U zbývajících 40 % osob se v zimním období občas dostavoval pocit mírného chladu. Žádná osoba stav interního klimatu nezařadila do kategorie stále chladno nebo velmi chladno. V letním období se 54,5 % osob cítilo v domě příjemně a 45,5 % mělo občas pocit mírně zvýšené teploty.

Při průzkumu v létě byly mezi byty zjištěny značné rozdíly. V jednom z bytů byla při venkovní teplotě  $\theta_e = 30\text{ }^\circ\text{C}$  naměřena interiérová teplota  $\theta_i = 21,5\text{ }^\circ\text{C}$ . Jeho uživatelé jej provozují tak, že podobně jako ve většině sledovaných domů ponechávají v noci otevřená okna. Vstupující chladnější noční vzduch byt vychladí. Ve dne však okna zcela uzavřou, venkovními žaluziemi byt zastíní a čerstvý vzduch přivádějí zemním výměníkem. Interiér se díky kvalitnímu obvodovému plášti a zastínění neprohřeje a v letním období udržuje příjemný chlad.



Obr. 2.12 Vyhodnocení funkce technického vybavení budovy

Lokální teplotní diskomfort daný pocitem chladu od konstrukcí s nižšími teplotami na jejich površích vůbec nepocítuje 46,7 % obyvatel, obr. 2.9. Ani v těsné blízkosti oken nejsou díky jejím nízkým součinitelům prostupu tepla sledovány vlivy chladu. Pouze 6,7 % účastníků průzkumu vyslovalo stížnost na mírný teplotní diskomfort v oblasti kontaktu nohou a podlahy nebo v úrovni hlavy. Poměrně vysoký počet stížností, kterých bylo 39,9 %, se týkal klidové polohy nohou v úrovni kotníků a lýtek.

Průvan je v obou ročních obdobích ve sledovaných domech zcela marginálním fenoménem, obr. 2.10. V letním období jej jako zátěžový činitel nepocíťoval žádný dotazovaný. I v období zimním jej 73,4 % osob, tedy převážná část obyvatel, neřadila k diskomfortním činitelům. Pouze 6,6 % respondentů pocíťovalo proudící vzduch v úrovni dolní části nohou. V úrovni hlavy registrovalo 20,0 % osob poměrně nepříjemné vlivy proudícího vzduchu. Stížnosti měly lokální charakter a týkaly se míst v blízkosti vyústek zařízení VZT. Příčinou byla nesprávně seřízená vzduchotechnika.

S vnitřním klimatem a energetickou náročností je zásadním způsobem spjatý způsob větrání budovy. V zimním období 80,0 % nájemníků vůbec neotevívá okna, obr. 2.11. Výměnu vzduchu zcela zajišťuje soustava řízeného větrání. Zbývajících 20 % uživatelů domů v podstatě zbytečně, ale přesto, alespoň jednou za den na krátkou dobu otevřenými okny větrá. V letním období v 50,0 % domů otevírají uživatelé okna pravidelně v noci. Druhá polovina osob v letním období otevírá okna jen občas. Větrání interiéru v podstatě zcela svěřují větrací soustavě.

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

Občas slýcháme, a to především od osob, které s těmito stavbami zpravidla nemají žádné zkušenosti, jak složitý je systém zajišťující vnitřní klima. Celkem 57,9 % dotázaných odpovědělo, že se od počátku užívání nesetkalo s problémy s technickým vybavením budovy. O počátečních, krátkodobě trvajících komplikacích, se zmínilo 42,1 % respondentů, obr. 2.12. Řada uživatelů dokonce hodnotila obsluhu technického vybavení v PD jako jednodušší, nežli jsou činnosti spojené s klasikou otopnou soustavou.

Na stav vnitřního prostředí jak v části zimního období, tak především v období letním, má zásadní vliv zařízení se schopností ochránit budovu před účinky slunečního záření. Optimálním prostředkem jsou regulovatelné clony instalované na vnější straně oken, obr. 2.3. Jsou o tom přesvědčeni téměř všichni obyvatelé. Pouze 5,6 % dává přednost zastínění pomocí vnitřních závěsů. V tomto domě byly v letním období zjištěny nejvyšší vnitřní teploty výrazně přesahující limit přípustného teplotního maxima  $\theta_{ai,max} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ .

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

Výměník tepla umožňuje vytvoření příjemného obytného i pracovního prostředí při jeho celoročním užívání. Proto jej 81,8 % domácností využívá nepřetržitě. Pouze 18,2 % jej v létě nevyužívá vůbec nebo jen zcela omezeně. Je ovšem nutno podotknout, že je tomu tak především v těch domech, kde obyvatelé v době průzkumu bydleli teprve krátkou dobu a se zázemím a vybavením pasivního domu se teprve seznamovali.

### 3 TEPLOTNÍ STAV V ENERGETICKY ÚSPORNÝCH DOMECH OVLIVNĚNÝ DYNAMICKÝMI ČINITELI CHLADNUTÍ A OHŘEVU

Dynamický stav se v budovách ověřuje pro dvě roční období – zimu a léto. V zimě se sleduje proces poklesu výsledné teploty  $\Delta\theta_{v,N}(t)$ . V létě hodnotíme dosažený teplotní stav pomocí kritéria nejvyšší teploty vzduchu v místnosti  $\theta_{ai,max,N}$ . Je to možno vyjádřit vztahy:

$$\Delta\theta_v(t) \leq \Delta\theta_{v,N}(t)$$

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}$$

V zimním období se pokles výsledné teploty vnitřního prostoru  $\theta_v(t)$  v době chladnutí  $t$ , stanoví podle vztahu:

$$\Delta\theta_v(t) = \theta_v - \theta_v(t)$$

$\theta_v$  je návrhová vnitřní výsledná teplota na počátku chladnutí, tzn. v době  $t = 0$ , ve  $[\text{ }^\circ\text{C}]$ ,

$\theta_v(t)$  výsledná teplota v ověřovací době  $t$ , ve  $[\text{ }^\circ\text{C}]$ ,

$t$  doba v průběhu nebo na konci chladnutí, v [s].

Na úrovni výsledné teploty  $\theta_v(t)$ , se po době chladnutí  $t$ , podílí pokles teploty vzduchu  $\theta_{ai}$  a pokles teploty na vnitřních plochách stavebních konstrukcí  $\theta_{ip}$ . Teplota  $\theta_v(t)$  se stanoví ze vztahu:

$$\Delta\theta_v(t) = \theta_{ai}(t) + 650 \cdot V_{LV} \cdot \frac{\theta_{ai}(t) - \theta_e}{\sum(A \cdot h_{si})}$$

$\theta_{ai}(t)$  je teplota vnitřního vzduchu v průběhu nebo na konci chladnutí  $t$ , ve  $[\text{ }^\circ\text{C}]$ ,

$V_{LV}$  objemový tok vzduchu proudící do místnosti, v  $[\text{m}^3/\text{s}]$ ,

$\theta_e$  teplota venkovního vzduchu, ve  $[\text{ }^\circ\text{C}]$ ,

$\theta_{ai}(t)$  teplota vnitřního vzduchu v intervalu chladnutí  $t$ , ve  $[\text{ }^\circ\text{C}]$ ,

$A$  plocha konstrukce, v  $[\text{m}^2]$ ,

$h_{si}$  součinitel přestupu tepla na vnitřní straně stavební konstrukce, ve  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ .

Teplota vnitřního vzduchu v průběhu nebo na konci chladnutí  $\theta_{ai}(t)$  je závislá na poměru součtu  $[A(t) + Q_m]$  a  $B(t)$ . Ty jsou závislé na teplotách, součinitelích přestupu tepla  $h$ , součinitelích

prostupu tepla  $U$ , teplotách vnitřního  $\theta_{ai}$  a vnějšího vzduchu  $\theta_e$  a na součinitelích chladnutí  $N_{es}$ ,  $N_{is}$ ,  $N_{ps}$  a také na objemovém toku vzduchu proudícího do místnosti  $V_{LV}$ .

$$\theta_{ai}(t) = \frac{A(t) + Q_m}{B(t)}$$

$$A(t) = A'(t) + V \cdot c_v \cdot \theta_{ap} \cdot \frac{1}{t}$$

$$A(t) = \sum [A_{es,j} \cdot h_{si,j} \cdot N_{es,j}(t) \cdot \theta_{ai} + U_j \cdot \theta_e] + \sum [A_{is,j} \cdot h_{si,j} \cdot N_{is,j}(t) \cdot \theta_{ai}] + \\ + \sum [A_{ps,j} \cdot h_{si,j} \cdot N_{ps,j}(t) \cdot \theta_{ai}] + 1300 \cdot V_{LV} \cdot \theta_e$$

$$B(t) = \sum [A_{es,j} \cdot h_{si,j} \cdot N_{es,j}(t) + A_{es,j} \cdot U_j] + \sum [A_{is,j} \cdot h_{si,j} \cdot N_{is,j}(t)] + \\ + \sum [A_{ps,j} \cdot h_{si,j} \cdot N_{ps,j}(t)] + 1300 \cdot V_{LV}$$

Objemový tok vzduchu proudícího do místnosti se určí dvěma způsoby. Všeobecně se stanoví podle vztahu:

$$V_{LV} = \frac{n \cdot V_s}{3600}$$

Pokud však objemový tok vzduchu proudí do místnosti spárovou průvzdušností nazývanou také infiltrace, což je u energeticky úsporných domů nežádoucí jev, definuje se  $V_{LV}$  vztahem:

$$V_{LV} = B \cdot M \cdot \sum (i_{LV} \cdot L)$$

- $n$  je násobnost výměny vzduchu, v [1/h],  
 $V_s$  objem místnosti, v [m<sup>3</sup>],  
 $B$  charakteristické číslo budovy, v [Pa<sup>0,67</sup>],  
 $M$  charakteristické číslo místnosti,  
 $i_{LV}$  součinitel spárové průvzdušnosti, v [m<sup>3</sup>/(s·m·Pa<sup>0,67</sup>)],  
 $L$  délka spáry, v [m].

Tepelná stabilita v zimním období může být v pasivních domech jen zdánlivě vnímána jako nepodstatný činitel. Takovéto hodnocení vyplývá z předpokladu, že v dobře zaizolované a utěsněné budově jsou tepelné ztráty značně redukovány a objekty jsou nenáročné na přívod tepla. Mohou však nastat situace, v nichž technická zařízení zůstanou z nejrůznějších příčin mimo provoz, anebo uživatel budovy chce využít příznivé energetické vlastnosti konstrukcí na systémové hranici a režim přerušovaného vytápění bude chtít záměrně využívat. Potom se vliv chladnutí prostorů zákonitě projeví se všemi doprovodnými jevy.

Na obr. 3.1 je prezentována modelová situace, která nastala po přerušení vytápění budovy. Týkala se dvou rozdílných objektů. Budovy tzv. „normální“, která má konstrukce se součiniteli prostupu tepla požadovanými normativními předpisy platnými do roku 2000. Druhou budovou byl objekt pasivního domu. V obou bylo vytápění přerušeno na poměrně dlouhou dobu od 12. listopadu 2003 do 24. prosince 2003. Počáteční teplotou vnitřního vzduchu, při němž došlo k chladnutí, byla v úrovni  $\theta_i = +22$  °C. Průměrná venkovní teplota byla v úrovni  $\theta_e = +6,5$  °C. Chladnutí budovy „normální“ zaznamenalo krátce po počátku sledovaného intervalu prudký pokles, který na konci období dosáhl  $\theta_v(t) = +10$  °C.

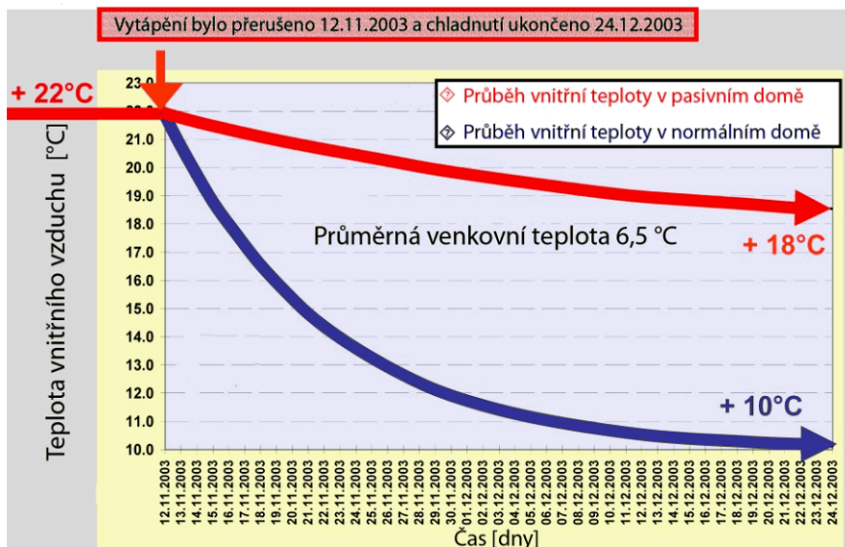
Pokles teploty v dobře izolovaném pasivním domě měl pozvolný průběh. Na konci časového intervalu bylo dosaženo výsledné teploty  $\theta_v(t) = +18$  °C. Teplota  $\theta_v(t) = +10$  °C již neposkytuje



reálné podmínky pro zdravé bydlení. Při teplotě  $\theta_v(t) = +18\text{ }^\circ\text{C}$  je možno i v delším časovém úseku přečkat bez zdravotních následků období, než bude důvod přerušení vytápění odstraněn nebo se zprovozní doplňkový zdroj tepla, například vytápění na biomasu.

### 3.1 HODNOCENÍ TEPLOTNÍHO STAVU V ENERGETICKY ÚSPORNÉM DOMĚ ZA NESTACIONÁRNÍCH PODMÍNEK ZIMNÍHO OBDOBÍ

Tepelná stabilita různých variant pasivních domů je sledovaná na etalonu místnosti představené v obr. 3.2. Bude hodnoceno, do jaké míry je možno očekávat chladnutí prostoru, při současné nutnosti zajištění přívodu potřebného množství čerstvého vzduchu. Řešení budovy na systémové hranici objektu se prověří prostřednictvím tří alternativ – tradiční (zděné), lehké (dřevěné) a těžké (železobetonové) stavební konstrukce, tab. 3.1 a tab. 3.2.



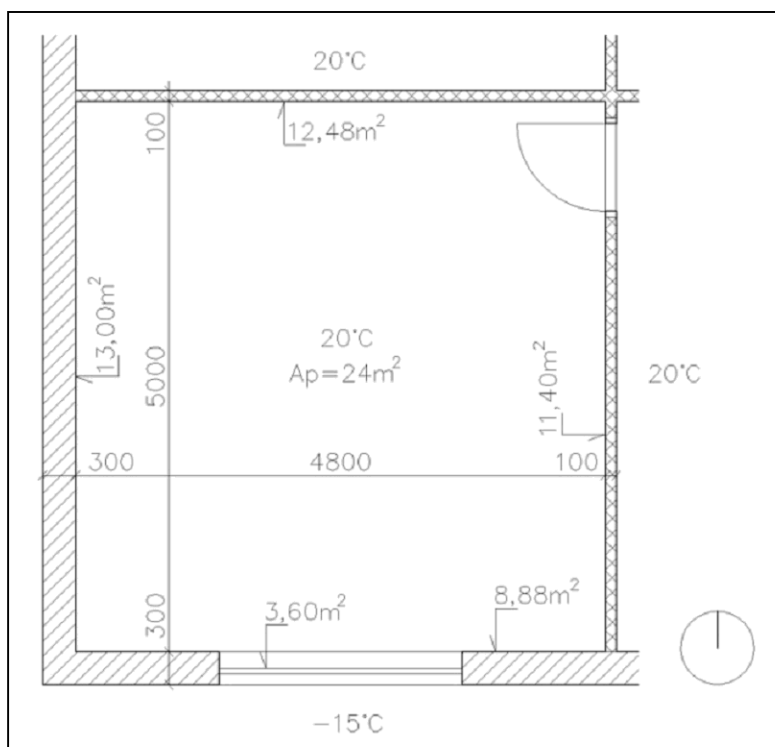
Obr. 3.1 Pokles teploty vnitřního vzduchu pro alternativu „normálního“ a pasivního domu  
Zdroj: Passivhausinstitut Darmstadt

ČSN 73 0540-2:2011 determinuje tepelnou stabilitu v zimním období v kritické místnosti pomocí parametru poklesu výsledné teploty  $\Delta\theta_v(t)$ . V kritických místnostech s pobytem lidí po přerušení vytápění, při vytápění radiátory, sálavými panely a při teplovzdušném vytápění, nemá  $\Delta\theta_{v,N}(t)$  poklesnout o více než  $3\text{ }^\circ\text{C}$  a v místnostech při klasickém vytápění kamny a podlahovém vytápění, více než o  $4\text{ }^\circ\text{C}$ . Za kritickou je považována místnost s nejvyšším celko-

vým součinitelem prostupu tepla, resp. největší plochou ochlazovaných, tedy nesymetricky chladnoucích konstrukcí. Obvykle se jedná o rohovou místnost pod střechou. Kritérium lze vztáhnout i na pasivní domy, v nichž se nejčastěji jedná o vytápění teplovzdušné.

Tab. 3.1 Popis alternativ

Označení	I.	II.	III.
Název varianty	Tradiční	Těžká	Lehká
Popis	Cihelné bloky, železobetonové stropy	Železobetonové stropy a stěny	Dřevěná nosná konstrukce
Tepelná izolace	Zdivo bez další tepelné izolace, na střeše 200 mm EPS	Na vnějších stěnách 300 mm minerálně vláknitě izolace, na střeše 400 mm EPS	Ve vnější stěně 300 mm minerálně vláknitě izolace, na střeše 400 mm EPS
POZNÁMKA: EPS – Expandovaný polystyrén			



Obr. 3.2 Půdorys kritické místnosti nacházející se v nárožní poloze se dvěma ochlazovanými plochami a pod konstrukcí ploché střešky

Problematika je řešena na vzorovém příkladu kritické místnosti o půdorysné ploše  $A_p = 24,0 \text{ m}^2$ , nacházející se na rohu budovy a pod plochou střešní konstrukcí. Je tedy ze tří stran ochlazovaná, obr. 3.2. Její světlá výška  $h_{sv} = 2600 \text{ mm}$ . Prostor má kubaturu  $V = 62,4 \text{ m}^3$ .

Obvodová stěna je k jihu prolomena oknem o velikosti  $A_{ok} = 3,6 \text{ m}^2$ , což činí 15 % z plochy podlahové. Tato výměra je jak z energetického, tak i ze světelně technického hlediska současnou ČSN 73 0540-2:2011 chápána jako optimální rozměr. Obvodový plášť je modifikován ve třech alternativách. První má konstrukce z materiálů, které splňují požadované parametry české tepelně technické normy. Obě další alternativy již odpovídají

charakteru pasivního domu. Při jejich vytváření bylo sledováno hledisko tepelně akumulčních vlastností pláště. Proto se v jednom případě použila těžká železobetonová konstrukce a v případě dalším lehký – dřevěný obvodový plášť. Přesto, že stropní konstrukce odděluje dva na stejnou teplotu vytápěné prostory, byla v podlaze obou pasivních domů navržena poměrně masivní tepelně izolační vrstva. Tím bylo zajištěno, aby sousední prostory, např. byty, vytvořily nezávislé, odizolované tepelně technické jednotky. Skladby konstrukcí jsou uvedeny v tab. 3.2.

Důležitým parametrem pro determinování podmínek tepelné stability je násobnost výměny vzduchu. V příkladech se předpokládá, že v době, kdy tepelná stabilita může sehrát významnou roli, budou mimo provoz technická zařízení, která zprostředkovávají výměnu vzduchu. Modelově bylo prověřováno, jak se prostor bude chovat v situacích, kdy výměna vzduchu nebude probíhat  $n = 0$ , přes minimální výměnu vzduchu požadovanou hygienickými předpisy  $n = 0,30 \text{ h}^{-1}$ , resp. požadavkem ČSN EN 832 s  $n = 0,50 \text{ h}^{-1}$ , přes zvýšenou výměnu vzduchu  $n = 1,00 \text{ h}^{-1}$  až k vysoké výměně vzduchu s parametrem  $n = 2,00 \text{ h}^{-1}$ . Dynamika vlivu skladby konstrukcí vymežujících vnitřní prostor a vliv větrání na pokles výsledné teploty  $\theta_v(t)$  se ze všech tří alternativ nachází v grafech na obr. 3.3 až 3.7.

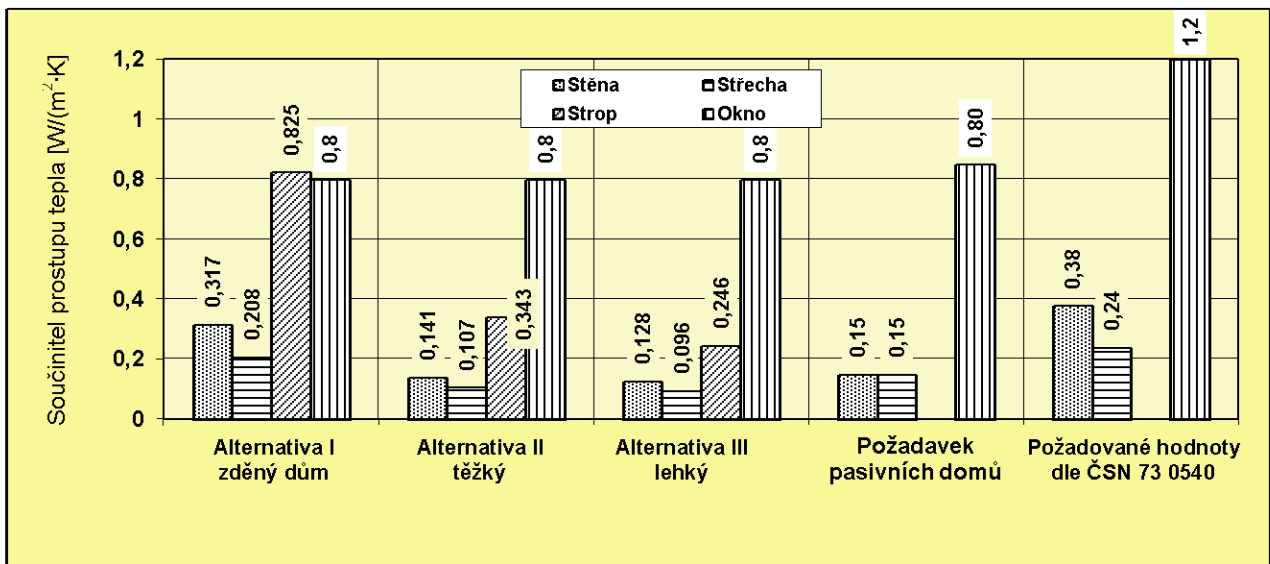
V alternativě I je z tab. 3.2 a obr. 3.3 patrné, že zděný dům má lepší tepelně technické parametry, než byly hodnoty požadované v ČSN 73 0540-2:2011 vztahené k datu 31. prosince 2012, kdy stěna mohla mít  $U \leq 0,38 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Podle míry výměny vzduchu je parametr dovoleného poklesu výsledné teploty splněn ještě v době chladnutí trvající přibližně  $t = 3,5$  až 17 hodin, obr. 3.4.

Tab. 3.2 Skladba použitých konstrukcí

Alt.	Konstrukce	Popis vrstev					$U$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
		Materiál	$d$ [m]	$\lambda$ [W/(m·K)]	$c$ [J/(kg·K)]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	
I.	Vnější stěna	Omítka, zdivo	0,455	0,153	954	840	0,317
		Omítka	0,015	0,990	790	2 000	
	Střecha	Železobeton	0,150	1,740	1 020	2 500	0,208
		EPS	0,200	0,044	1 270	20	
		2 × NAIP	0,008	0,210	1 470	1 125	
	Strop	Vlysy	0,021	0,220	2 510	600	0,825
		Beton. Maz.	0,050	1,300	1 020	2 200	
		Minerální vlákna	0,030	0,041	1 150	120	
		Železobeton	0,150	1,740	1 020	2 500	
	Okno						0,800
II.	Vnější stěna	Železobeton	0,150	1,740	1 020	2 500	0,141
		Minerální vlákna	0,300	0,044	1 150	200	
	Střecha	Železobeton	0,150	1,740	1 020	2 500	0,107
		EPS	0,400	0,044	1 270	20	
		2 × NAIP	0,008	0,210	1 470	1 125	
	Strop	Vlysy	0,021	0,220	2 510	600	0,343
		Beton. Maz.	0,050	1,300	1 020	2 200	
		Minerální vlákna	0,100	0,041	1 150	120	
		Železobeton	0,150	1,740	1 020	2 500	
	Okno						0,800
III.	Vnější stěna	Dřevo	0,150	0,180	2 510	400	0,128
		Minerální vlákna	0,300	0,044	1 150	200	
	Střecha	Dřevo	0,200	0,180	2 510	400	0,096
		EPS	0,400	0,044	1 270	20	
		NAIP	0,008	0,210	1 470	1 125	
	Strop	Vlysy	0,021	0,220	2 510	600	0,246
		Dřevo	0,030	0,180	2 510	400	
		Minerální vlákna	0,100	0,041	1 150	120	
		Dřevo	0,200	0,180	2 510	400	
	Okno						0,800

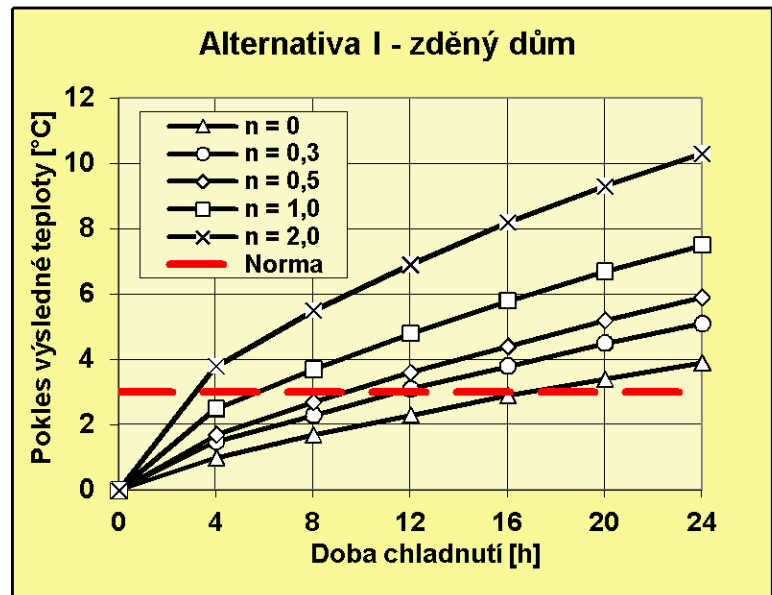
**POZNÁMKY:**

1. Tepelně izolační materiál je z minerálních vláken popřípadě z expandovaného polystyrénu. Jejich tepelná vodivost se pohybuje v rozmezí  $\lambda = 0,041$  až  $0,044$  W/(m·K). Přitom podle očekávaných tepelně izolačních vlastností jsou jejich tloušťky v rozsahu 100 až 400 mm.
2. Okna byla volena tak, aby splňovala podmínky pro požadavky energeticky úsporného domu, tzn. se součinitelem prostupu tepla  $U = 0,8$  W/(m<sup>2</sup>·K). Okna s těmito parametry byla použita i v alternativě I, která je energeticky nejméně úsporná.



Obr. 3.3 Porovnání součinitelů prostupu tepla stavebních konstrukcí použitých v konstrukčních alternativách

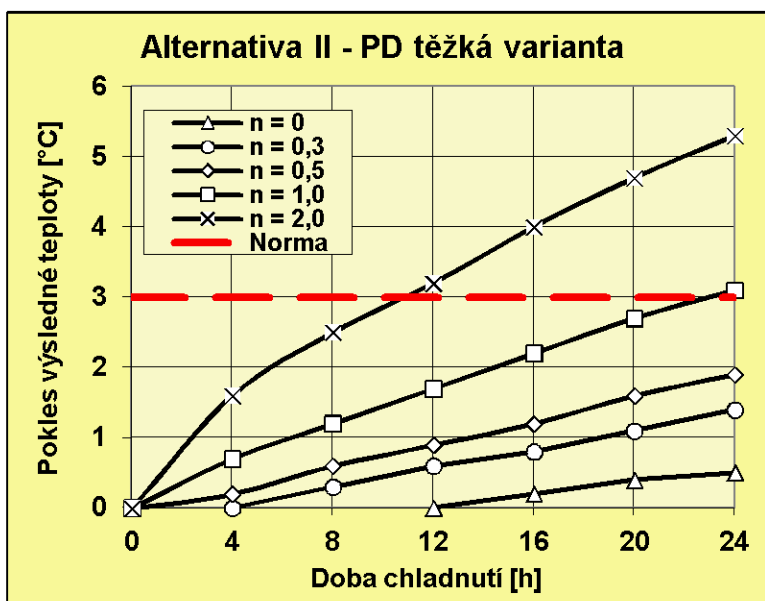
Podle očekávání poskytuje nejhorší výsledky příklad s výměnou vzduchu  $n = 2 \text{ h}^{-1}$ . Sklesající výměnou vzduchu pod mezní parametr  $n = 0,5$  resp.  $0,3 \text{ h}^{-1}$ , ovšem může ve vnitřním prostoru dojít ke hromadění škodlivin, např.  $\text{CO}_2$ , které mají schopnost přispět ke snížení užité kvality prostoru. Zároveň může dojít i ke zvýšení koncentraci vodní páry a zvýšení relativní vlhkosti vnitřního vzduchu. To však u dobře tepelně z izolovaných domů, při krátkodobém snížení množství vyměňovaného vzduchu nezpůsobí tepelně vlhkostní komplikace, které by mohly vést k poklesu teploty na vnitřním povrchu až ke kritické teplotě nebo teplotě rosného bodu.



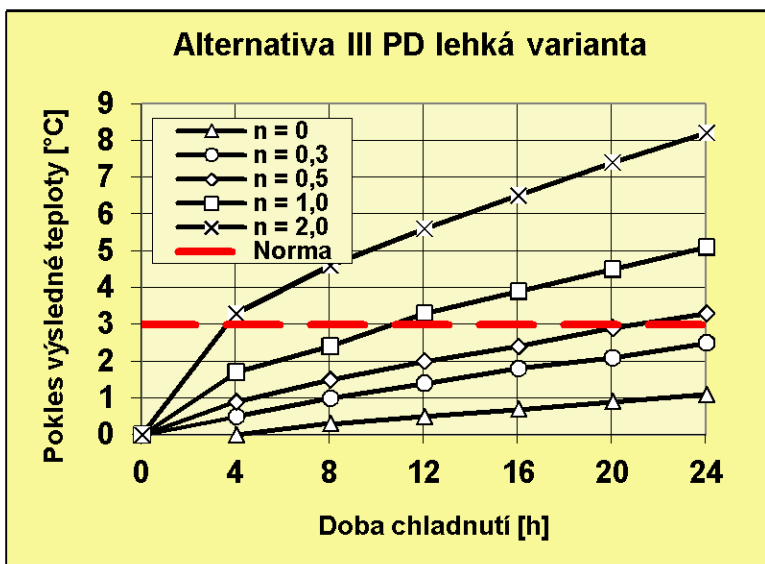
Obr. 3.4 Dynamika poklesu výsledné teploty v alternativě I, ve zděném domě

V následujících alternativách II a III se již jedná o konstrukce splňující energetická kritéria pasivního domu. Míra tepelné setrvačnosti je prověřována schopností hmoty akumulovat teplo. Z tohoto pohledu vykazuje podle očekávání lepší výsledky alternativa II, obr. 3.5. V ní je normový parametr poklesu výsledné teploty splněn v době chladnutí  $t = 11$  až  $23 \text{ h}$ . Přitom nejhorší parametry byly dosaženy při výměně vzduchu  $n = 2 \text{ h}^{-1}$ . U všech ostatních případů je míra tepelné stability prostoru vytvořeného z těžkých železobetonových konstrukcí v normové úrovni zajištěna ještě po době chladnutí trvající téměř  $t = 24 \text{ h}$ .

Jaké budou výsledky u alternativy III s lehkým obvodovým pláštěm ze dřeva? Z obr. 3.6 je zřejmé, že dosažené výsledky u konstrukcí s nižší schopností akumulovat teplo způsobí, že referenční teplota  $\Delta\theta_{v,N}(t) = 3 \text{ K}$ , je při  $n = 2$  až  $0,5 \text{ h}^{-1}$  dosažena v době chladnutí  $t = 3$  až  $21 \text{ h}$ .



Obr. 3.5 Dynamika poklesu výsledné teploty v alternativě II, v domě se železobetonovou konstrukcí



Obr. 3.6 Alternativa III – pokles výsledné teploty pasivního domu s obvodovým pláštěm z lehké konstrukce

$t=3,5$  h a pro  $n = 0,5$  h<sup>-1</sup> po době chladnutí  $t = 21,0$  h, což je důsledek nižších akumulčních schopností stavebních konstrukcí.

Z provedené analýzy dynamiky poklesu výsledné teploty  $\Delta\theta_v(t)$  vyplývají poznatky, které mohou objektivně a významnou měrou determinovat navrhování pasivních domů. Shrňme je do několika následujících odstavců.

- Je zřejmé, že objekt vytvořený z konstrukcí s větší hmotností je pro splnění kritéria tepelné stability v zimním období vhodnější než konstrukce z lehkých materiálů. Například konstrukce na systémové hranici mají sice v alternativě III kvalitnější parametry součinitele prostupu tepla  $U$  nežli v alternativě II, přesto v porovnání s variantou II jsou získané výsledky méně příznivé. Jako vstupní měřítko pro posouzení míry této schopnosti se může použít tepelná jímavost první materiálové vrstvy definované jednoduchým vztahem. Přitom plocha  $A$  a tloušťka  $d$  mají rozměr 1.

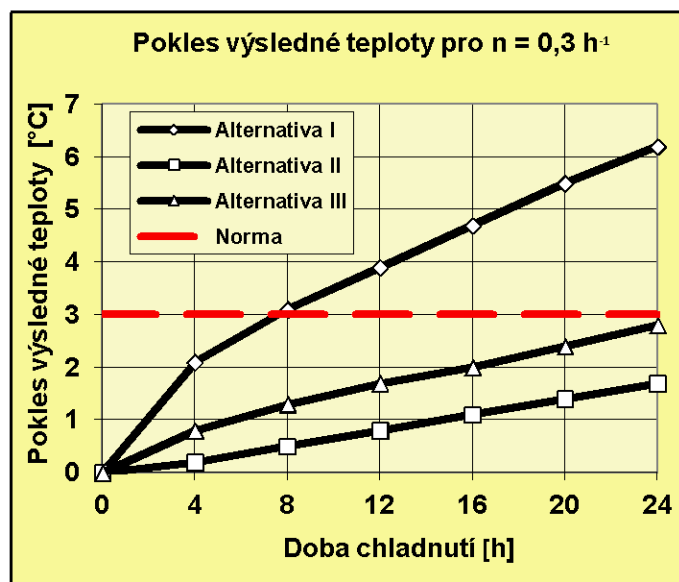
Například jestliže u železobetonové varianty s výměnou vzduchu  $n = 1,0$  h<sup>-1</sup> bylo normové hodnoty dosaženo až po  $t = 23$  h, potom v alternativě dřevěného domu se tak stalo již po chladnutí trvajícím  $t = 11$  h. Stalo se tak přes skutečnost, že součinitelé prostupu tepla konstrukcí na systémové hranici mají nižší součinitel prostupu tepla. Z tohoto zjištění plyne důležitý závěr, který povede k nutnosti, aby navrhované obvodové pláště budov s omezenou schopností akumulovat teplo vykazovaly vyšší energetické parametry než při uplatnění těžkých stavebních konstrukcí.

Zohledněna musí být i míra výměny vzduchu. Je zřejmé, že v alternativách II a III došlo oproti alternativě I ke kvalitativnímu skoku. Například při  $n = 2$  h<sup>-1</sup> z alternativy II, byl normový pokles  $\Delta\theta_{v,N}(t) = 3$  °C zachován ještě po době chladnutí trvající  $t = 11$  h. Při  $n = 1$  je kritérium  $\Delta\theta_{v,N}(t)$  zajištěno při době chladnutí  $t = 23$  h. Výměny vzduchu s  $n = 0$  až  $0,5$  h<sup>-1</sup> poskytují takovou tepelně technickou kvalitu, že ani za  $t = 24$  h nedojde k poklesu teploty pod  $\Delta\theta_{v,N}(t) = 3$  °C. V alternativě III pro  $n = 2$  h<sup>-1</sup> vychází  $\Delta\theta_{v,N}(t) = 3$  °C, již po

$$b = A \cdot d \cdot \lambda \cdot c \cdot \rho$$

- $b$  je tepelná jímavost první materiálové vrstvy, ve  $[\text{W}^2 \cdot \text{s}/(\text{m} \cdot \text{K}^2)]$ ,  
 $A$  plocha povrchu konstrukce, v  $[\text{m}^2]$ ,  
 $d$  tloušťka vrstvy, v  $[\text{m}]$ ,  
 $\lambda$  tepelná vodivost, ve  $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ ,  
 $c$  měrná tepelná kapacita vrstvy, v  $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$ ,  
 $\rho$  objemová hmotnost v  $[\text{kg}/\text{m}^3]$ .

- Například pokud v materiálové alternativě II se železobetonovou stěnovou obvodovou konstrukcí činí tepelná jímavost  $b = 4\,437\,000 \text{ W}^2 \cdot \text{s}/(\text{m} \cdot \text{K}^2)$ , potom v alternativě III s konstrukcí dřevěnou již zaznamenáváme značně nižší hodnotu  $b = 180\,720 \text{ W}^2 \cdot \text{s}/(\text{m} \cdot \text{K}^2)$ .
- Rovněž výměna vzduchu ovlivňuje tepelnou stabilitu. Vyplývá to ze všech variant, přičemž porovnání pro různé typy konstrukcí je dobře zřetelné z obr. 3.7. Je zpracováno pro intenzitu výměny vzduchu  $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$ .
- Je patrné, jak příznivě se projevují dobře zaizolované konstrukce z alternativ pasivního domu oproti alternativě modelované konstrukcemi s tepelně technickými parametry na úrovni požadovaných hodnot ze současné ČSN 73 0540-2:2011. Pokles výsledné teploty z obr. 3.7 byl po  $t = 24 \text{ h}$  v alternativě I z cihelných bloků zaznamenán s velmi vysokou hodnotou  $\Delta\theta_v(t=24) = 6,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . V alternativě III u lehkého domu s dřevěnou konstrukcí činil již  $\Delta\theta_v(t=24) = 2,8 \text{ }^\circ\text{C}$  a v těžké železobetonové alternativě II byl zaznamenán pokles výsledné teploty pouze na úrovni  $\Delta\theta_v(t=24) = 1,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Z toho je možno odvodit další poznatek, ze kterého plyne, že v případě aplikace konstrukcí s tepelně technickými parametry pasivního domu je možno vhodně používat i lehké obvodové pláště. V praxi se to projevuje především širokým uplatněním dřeva i jiných podobných, lehkých stavebních materiálů.



Obr. 3.7 Porovnání poklesu výsledné teploty pro výměnu vzduchu  $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$

Analýzou byl také prověřován vliv zvýšené relativní vlhkosti v procesu chladnutí místnosti. V alternativě II bylo zjištěno, že na konci chladnutí s výslednou teplotou  $\Delta\theta_v(t) = 18,1 \text{ }^\circ\text{C}$  a relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\varphi_{ai} = 70 \%$  je na všech místech vyšetřovaného detailu stále teplota, která zamezí vzniku kondenzace vodních par. Její nejnižší hodnota  $\theta_{si} = 13,76 \text{ }^\circ\text{C}$ . Oblast kondenzace je však posouzena pouze pomocí teploty rosného bodu, která pro dané podmínky činí  $\Delta\theta_{si,cr} = \theta_{si,100} = \theta_w = 12,54 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pro kritickou povrchovou teplotu  $\Delta\theta_{si,cr} = \Delta\theta_{si,80}$  by však nejnižší teplota na povrchu měla dosahovat alespoň  $\theta_{si} = 15,9 \text{ }^\circ\text{C}$ . V tom je možné sledovat možné úskali vznikající při chladnutí konstrukcí v pasivních domech.

### 3.2 HODNOCENÍ TEPLOTNÍHO STAVU V ENERGETICKY ÚSPORNÉM DOMĚ V LETNÍM OBDOBÍ

V posledních letech vzrostlo v zemích Evropské unie množství klimatizačních systémů. To způsobuje značné problémy v dobách nejvyššího zatížení, zvyšuje náklady na elektřinu a narušuje

energetickou rovnováhu. Prioritou by měly být strategie, které zlepšují tepelné vlastnosti budov během letního období. Pozornost by proto měla být zaměřena na opatření, která zabraňují přehřátí vnitřního prostoru budov. Pracujeme se zastíněním a dostatečnou tepelnou kapacitou konstrukce budovy. Také na dalším rozvoji používání technik pasivního chlazení, zejména těch, které zlepšují vnitřní mikroklimatické podmínky a mikroklimatické podmínky v okolí budov.

Podle ČSN 73 0540-2:2011 musí kritická místnost nebo vnitřní prostor vykazovat nejvyšší denní teplotu vzduchu  $\theta_{ai,max}$  podle tab. 3.3. Navrhovat chlazení budov se doporučuje pouze v takových případech, kdy prokazatelně nelze stavebním řešením docílit splnění požadavků z tab. 3.3 a ze vztahu:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}$$

$\theta_{ai,max,N}$  je požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období ve [°C] podle tab. 3.3.

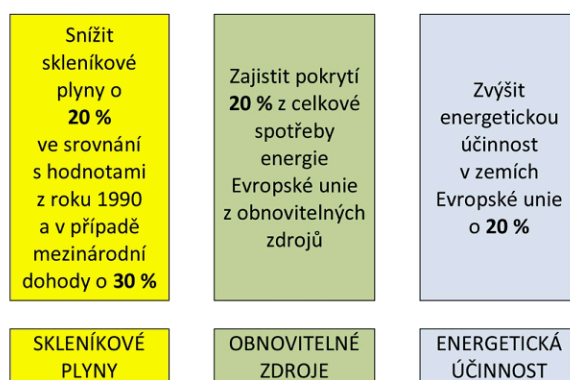
Tab. 3.3 Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období  $\theta_{ai,max,N}$

Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní <sup>1)</sup>		27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	Do 25W/m <sup>3</sup>	29,5
	Nad 25W/m <sup>3</sup>	31,5

<sup>1)</sup>U obytných budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2 °C na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí.

## 4 BUDOVY JAKO VÝZNAMNÝ ODBĚRATEL ENERGIE

Budovy jsou významným odběratelem energie. Země Evropské unie přijaly strategii, která povede k úsporám ve spotřebě energetických zdrojů, obr. 4.1. Postupně má být dosaženo stavu, kdy všechny novostavby budou realizovány s nulovou energetickou náročností nebo takové náročnosti blízké. Výstavba bude charakteristická také snížením dalších energetických potřeb, jako je chlazení, příprava teplé vody, spotřeba elektrická energie potřebná pro provoz technického zařízení budov a elektrická energie pro užívání budovy, tzn. domácí a jiné elektrické spotřebiče. To se nevyhne ani rekonstrukcím staveb. Kritéria z ČSN 73 0540-2:2011 pro budovy památkově chráněné nebo stávající budovy uvnitř památkových rezervací, podléhajících například zákonu č. 20/1987 Sb. z 30. března 1987 s příslušnými změnami (*Zákon o státní památkové péči, také nazývaný památkový zákon*) a pro budovy postižené živelnými katastrofami, kterými na našem území mohou být stále častěji se vyskytující povodňové situace,



Obr. 4.1 Cíle směrnice Evropského parlamentu a Rady EU 2010/31/EU o energetické náročnosti budov

platí ČSN 73 0540-2:2011 přiměřeně možnostem. Nejméně však tak, aby při jejich užívání nedocházelo k poruchám a vadám.

#### 4.1 SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU

Pro budoucnost nejbližších období bude mít značnou váhu Směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropské unie 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, ze dne 19. května 2010 s účinností od 9. července 2010. Její aktuální hodnocení přináší například BABICA & CHYBÍK 2011. Tato směrnice podporuje procesy, které povedou ke snižování energetické náročnosti budov s ohledem na vnější klimatické a místní podmínky i požadavky na vnitřní mikroklimatické prostředí a efektivnost nákladů.

Směrnice hovoří o tom, že budovy se v Evropské unii (EU) podílejí na celkové spotřebě energie v úrovni dosahující přibližně 40 %. V ČR se uvedené zatížení pohybuje v hladině přibližně 26 %. (MIKŠ 2012). Tato spotřeba však stále vzrůstá. Snižování spotřeby energie a využívání energie

z obnovitelných zdrojů v sektoru budov, proto představují důležitá opatření nutná ke snižování energetické závislosti zemí EU na jejich zdrojích a také na krocích

směřujících ke snížení emisí skleníkových plynů. V dlouhodobém závazku EU ke splnění Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu UNFCCC (UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change), která je mnohostrannou úmluvou o ochraně klimatického systému Země, se očekává splnění několika závazků. Prvořadým úkolem je, aby do roku 2020 došlo ke snížení celkové emise skleníkových plynů alespoň o 20 % ve srovnání s hodnotami z roku 1990 a v případě mezinárodní dohody o 30 %. Dalším úkolem je zvýšení energetické účinnosti, ke kterému má přispět snížení spotřeby energie o 20 %, obr. 4.1.

Tento plán je pro všechny země EU koncipován jako závazný. S tím souvisí zintenzivněný rozvoj, který povede k čerpání energie z obnovitelných zdrojů na úrovni celé EU. Závazným cílem je, aby do roku 2020 bylo dosaženo celkem 20% podílu energie z obnovitelných zdrojů. Směrnice předepisuje, aby po 31. prosinci 2018 nové budovy užívané a vlastněné orgány veřejné moci byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie a do 31. prosince 2020 byly všechny nové budovy budovami s téměř nulovou spotřebou energie, obr. 4.2. Zde je pro ČR ještě nutno mnohé vykonat. Je třeba přijmout opatření s cílem rozšířit počet budov, které nejenže splňují současné minimální požadavky na energetickou náročnost, ale jsou i energeticky účinnější. Tím dojde jak ke snížení spotřeby energie, tak i omezení produkce emisí oxidu uhličitého. Za tímto účelem by členské státy EU měly vypracovat vnitrostátní plány na zvýšení počtu budov s téměř nulovou spotřebou energie a pravidelně o těchto plánech předkládat zprávy Evropské komisi. Přitom před zahájením výstavby musí být posouzena a vzata v úvahu technická, environmentální a ekonomická proveditelnost vysoce účinných alternativních systémů. Jedná se o místní systémy dodávky energie, které využívají obnovitelné zdroje, kombinovanou výrobu tepla a elektřiny, ústřední či blokové vytápění nebo chlazení, zejména využívá-li zčásti nebo zcela energii z obnovitelných zdrojů a také tepelná čerpadla.

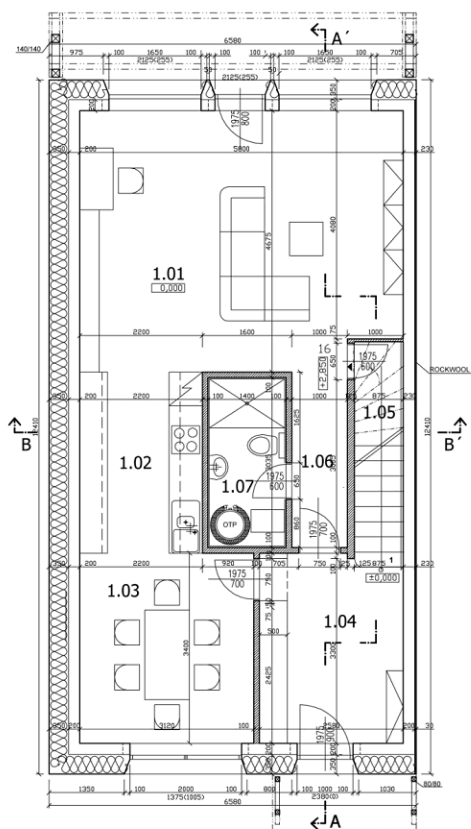
Od 1. ledna 2019 budou nové budovy užívané a vlastněné orgány veřejné moci budovami s téměř nulovou spotřebou energie.

Od 1. ledna 2021 budou všechny nové budovy budovami s téměř nulovou spotřebou energie.

Obr. 4.2 Termíny definované k užívání budov s téměř nulovou spotřebou energie



## 4.2 VLIV DISPOZICE A ORIENTACE BUDOVY NA ENERGETICKOU NÁROČNOST ENERGETICKY ÚSPORNÉHO DOMU



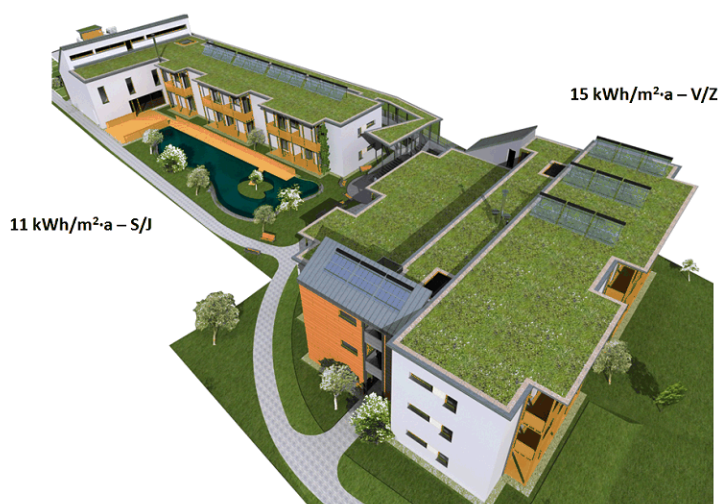
Obr. 4.3 Dispozice přízemí rodinného PD z řadové zástavby v Židlochovicích  
Zdroj: projekt PD Židlochovice

Aby energeticky úsporné domy byly správně navrženy, je potřebné optimálně řešit jejich dispozici. Ta vychází již z vhodné volby geometrie budovy definované poměrem  $A/V$  ( $m^2/m^3$ ) a orientace prosklených ploch, které se nacházejí v obvodovém plášti. Ve správném návrhu směřují obytné místnosti jihovýchodním až jihozápadním směrem. Přitom velikost prosklených ploch orientovaných k jihu je optimální tehdy, pokud se pohybuje v rozmezí 30 až 40 % z plochy fasády. Při větších plochách zasklení může být vnitřní prostor ohrožen přehříváním. To se týká nejen letního období.

U dobře izolovaných domů může tepelná zátěž od slunečního záření vytvářet prostředí s teplotním diskomfortem i v obdobích přechodných, tzn. na jaře nebo na podzim. Nezbytnou roli zde sehrávají stínící prostředky, které jsou správně konstruovány tehdy, pokud umožňují pohyb a z něj plynoucí regulaci. Mají přizpůsobovat požadavky uživatele na přijatelnou intenzitu slunečního záření pronikajícího do interiéru budovy. Prosklené plochy k západu a východu se již vyznačují menšími rozměry, nejvíce však 20 % z plochy fasády. Okna k severu jsou zdrojem největších tepelných ztrát. Jsou jen v nezbytných velikostech, k zajištění hygienicky potřebného denního osvětlení.

O energeticky úsporných domech se někdy hovoří, že díky kvalitní tepelné izolační obálce není již zónování, tzn.

uspořádání prostor s přibližně stejnými tepelně technickými i užitnými a provozními nároky důležité. Přes tyto názory je při navrhování dispozice vhodné považovat zónování za relevantní prostředek, a to především z hlediska funkce objektu. Lze to konstatovat i přes skutečnost, že se dispozice volí s vazbou na teplotní režim, jeho regulaci, potřebnou míru osvětlení a funkční propojení. Podle termické úrovně vnitřního prostředí je možno dispozici budovy členit na vytápěné a nevytápěné části. Nevytápěnými prostorami, které se musí oddělit tepelně izolační obálkou, jsou např. sklep, nevytápěné podkrovní místnosti nebo garáže. Proto je snahou,



Obr. 4.4 Modřice – pasivní bytový dům pro seniory; důsledek orientace budovy ke světovým stranám na spotřebu energie pro vytápění  
Zdroj: projekt, autoři Josef Smola & Aleš Brotánek

aby obytné prostory s teplotami  $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , jakými jsou například obývací pokoje, jídelny, dětské pokoje, popř. obytné kuchyně, byly orientovány na osluněné jihovýchodní až jihozápadní světové strany. Ložnice je vhodné situovat k východu nebo jihovýchodu. Zároveň je potřeba splnit, aby podle požadavku české normy ČSN 73 4301:2004 bylo u obytných místností v dostatečné míře zajištěno proslunění.

Vliv orientace budovy ke světovým stranám je zřejmý z komplexu budov v Modřicích, obr. 4.4. V roce 2012 zde započala výstavba obytného komplexu pro seniory. Dva objemy vytvářející stopu písmene „T“ jsou svými transparentními plochami i neprůsvitnými plochami odlišně situovány, což se projevilo rozdílnou energetickou náročností na vytápění budov. Orientace ve směru sever-jih požaduje  $E_A = 11 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Při orientaci východ-západ potom  $E_A = 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Horší výsledky jsou zapříčiněny také členitostí budovy danou částečně ustupujícím podlažím.

K neosluněné severní fasádě domu se mohou přimknout vedlejší vnitřní prostory, kterými jsou šatny, technické místnosti, záchody, chodby, haly vstupy nebo sklady. Tyto prostory mohou být charakteristické nižšími požadovanými vnitřními teplotami a vytvářejí tak teplotně „nárazníkovou“ oblast. Na neosluněnou stranu se především z důvodů zamezení jejich letní tepelné zátěži a přehřívání prostoru orientují také pracovny a kanceláře.

Je třeba si uvědomit, že koupelna s vnitřní teplotou  $t_i = 24 \text{ }^\circ\text{C}$  je zpravidla nejteplejší částí domu, což může vést k potřebě umístit ji jako zdroj tepla do vnitřní části dispozice, obr. 4.3. U dobře tepelně izolovaných budov, však není pro koupelny tato poloha nutná.

Zvláště v NED se před léty uvažovalo o tom, aby se jejich součástí stala zimní zahrada. Ke stavbě zimní zahrady je však zapotřebí přistupovat obezřetně a střízlivě. Jakákoliv přehnaná očekávání nejsou na místě, pokud se týkají energetické bilance domu. Využití předehřátého vzduchu ze zimní zahrady, osázené rostlinami, může narážet na problémy se

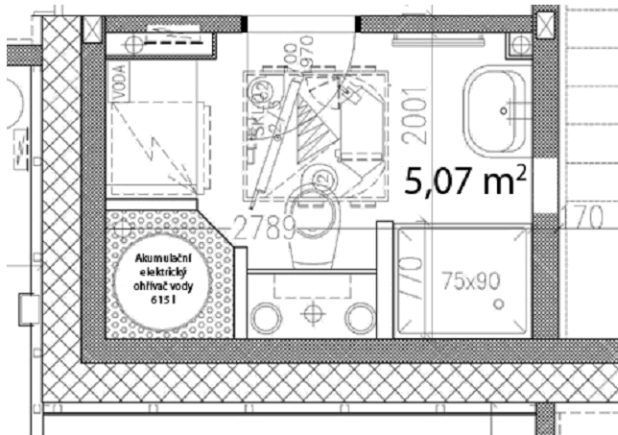


Obr. 4.5 Vídeň – interiér v administrativní budově ENERGYbase se skleníkem  
Foto: Josef Chybík

zvýšenou vlhkostí a musí se rovněž započítat i spotřeba energie ventilátoru pro přenos vzduchu. S produkcí vlhkosti a kyslíku od rostlin se snad poprvé cíleně uvažovalo při výstavbě a tvorbě vnitřního prostředí v PD administrativní budovy ENERGYbase ve Vídni, která byla dána do provozu v roce 2008, obr. 4.5. Vytápění či temperování zimních zahrad pro možnost celoročního využití bude pravděpodobně vždy ztrátové a to i při použití izolačních skel. V letním období při nedostatečném větrání mohou teploty v zimní zahradě dosahovat velmi vysokých hodnot a prostor se tak může stát prakticky neobyvatelný. Nesmí se ovšem přehlížet, že při řádném návrhu nevytápěné zimní zahrady, může při ekonomicky zdůvodněné výši investice přinést obyvatelům více kontaktu s přírodou, více světla a neopakovatelné zážitky.

Zvláště v teplotních oblastech s intenzivními větry je vhodné budovat u vstupu závětrí. To je však potřebné orientovat tak, aby vstup do něj byl umožněn ve směru převládajícího proudění.

Zcela nezbytnou a někdy podceňovanou součástí vstupu a to nejen obytných domů je zádveří, které má charakter teplotního filtru mezi vnitřním a vnějším prostředím domu. Zamezuje vnikání studeného vzduchu bezprostředně do vytápěných prostor interiéru.



Obr. 4.6 Půdorys koupelny sloužící jako technická místnost

Zdroj: Projekt PD v Rychnově u Jablonce nad Nisou

Technické zařízení energeticky úsporného domu se umísťuje do technické místnosti, která má být v centru dispozičního uspořádání domu. Tím se předejde dlouhým rozvodům potrubních systémů a tepelným ztrátám při transferu topného média. Nachází se v ní zařízení, která umožňují větrání a rekuperaci tepla a zásobník teplé vody, obvykle napojený na sluneční kolektor, čerpadlo, expanzní nádrž. V některých případech jsou tato zařízení součástí do koupelny. Například v rodinném domě v Rychnově u Jablonce nad Nisou má koupelna také funkci technické místnosti s plochou 5,07 m<sup>2</sup>, obr. 4.6. Vedle technického zařízení se zásobníkem teplé vody s kapacitou 615 litrů je v ní sprcha, umyvadlo, splachovací záchod a pračka. Rekuperační jednotka je umístěna pod stropem.



Obr. 4.7 Prístřešek jako garážové stání

Foto: Josef Chybík

Do dispozice energeticky úsporného domu je nevhodné umísťovat nevytápěné místnosti. To se například týká spíže. Musí být řešena tak, aby v ní nedocházelo ke vzniku plísní. To spočívá v zajištění dostatečné výměny vzduchu. Ve starých domech se toho zpravidla dosahovalo napojením prostoru na venkovní prostředí a kontinuálním větráním. Tím však nastalo porušení těsnosti obálky budovy. V případě, že stavebník na požadavku spíž vybudovat trvá, je potřeba ji jako chladnou místnost

tepelně izolovat, vybavit těsnými dveřmi a řízeným větráním.

V dispozici energeticky úsporného domu se rovněž nedoporučuje zřizovat garáže. Tyto místnosti jsou nevytápěné a mají potřebu kontinuálního větrání. Jejich začleněním do půdorysu budovy vzniká řada komplikací, které se projevují mnohdy obtížně a finančně náročně řešitelnými stavebními detaily, kterými se eliminují tepelné mosty a vazby. Správnou volbou je umístění garáže v samostatném od vlastní budovy odděleném nevytápěném prostoru anebo v přístřešku, obr. 4.7.

## ZÁVĚR

Ještě před několika lety byly pojmy nízkoenergetický nebo pasivní dům téměř neznámé. Například v roce 2005, kdy se v České republice, a shodou okolností právě v Brně, poprvé konala konference „Pasivní domy“, se její účastníci vzájemně ubezpečovali, že jsou na správné cestě. Situace v oblasti energeticky úsporné výstavby se v ČR za uplynulou dobu přece jen změnila. Příznivou roli v tom sehrála také blízkost technologicky pokročilých zemí, jako je Rakousko a Německo, Švýcarsko nebo severní Itálie, kde je výstavba nízkoenergetických, pasivních a téměř nulových domů velmi rozšířená. Existují pestré kolekce realizací, které představují, do jaké míry se podařilo zvládnout výstavbu, která se od klasických forem liší. Rakouské zemské vlády podporují systémem dotací stavebníky, kteří o energeticky úsporné formy výstavby mají zájem. Finanční politika má s podporou mladých rodin nebo rodin s nezaopatřenými dětmi v mnoha ohledech sociální charakter. Ve Vídni také najdeme největší, stále ještě rozestavěné sídliště nazvané Eurogate s energeticky úspornými domy. Z celkového počtu 1700 bytů, jich 740 bude v pasivním standardu.

Pokud ještě před několika málo lety byly investiční náklady významně vyšší než republikové průměry, potom se v současnosti i v českém prostředí setkáváme s pasivními budovami, jejichž pořizovací cena je v úrovni výstavby klasických forem, přitom provozní náklady jsou neporovnatelně nižší. Větší náklady se však mohou redukovat především u větších a velkých domů, než jsou domy rodinné. Zároveň je možno počítat s tím, že po několika letech provozu se vložené prostředky mohou prostřednictvím snížené spotřeby energie buď částečně, nebo zcela eliminovat.

Na optimální návrh budovy má vliv její geometrie. Celá řada činitelů se dá v průběhu užívání budovy změnit nebo upravit. Tvar, který objekt dostává již při architektonickém návrhu, si však ponechává po celou dobu životnosti. Proto je s ohledem na spotřebu tepla potřeba navrhovat objekty kompaktní, uzavřené, jen s nezbytnou členitostí.

Současné pasivní domy se velmi blíží požadavkům kladeným na nulové domy, které se v duchu evropské směrnice již v brzké době stanou standardní formou výstavby. Bude tomu tak jak po stránce technické, tak i ekonomické. Energeticky úsporné domy v úrovni pasivních nebo nulových budov jsou živou realitou. Existuje již dostatek stavebních materiálů a komponentů, aby se mohly stát běžnou součástí sortimentu nabízených architektky. Zvláště požadavky směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU by se měly stát pobídkovou složkou k tomu, aby Česká republika zachytila trend výstavby domů požadovaných evropskými standardy.

Předložená publikace sleduje energetickou výstavbu ve čtyřech úrovních. Nachází se v ní determinace jednotlivých typů energeticky úsporných staveb. Přitom jsou zohledněny požadavky současné české normové základny. Kromě směrnice 2010/31/EU jsme se již dále nezabývali legislativním rámcem, v němž v nejbližší budoucnosti přijme důležitou roli zákon o energii a především jej doprovázející vyhláška. Pozornost však byla zaměřena ke kvalitě vnitřního prostředí v energeticky úsporných budovách. Byly k tomu použity výsledky získané prostřednictvím průzkumu teplotního stavu ve čtrnácti rodinných domech vybudovaných v pasivním standardu v Židlochovicích. Dynamika teplotních změn v energeticky kvalitním domě byla sledovaná prostřednictvím simulace teplotního stavu v kritické místnosti, realizované v různých technologiích s odlišnými tepelně akumulacími vlastnostmi. Téma, které práci uzavřelo, řešilo vztah dispozice a hmotového řešení přijatého v rámci architektonického návrhu.

## POUŽITÁ LITERATURA

- BABICA, F. & CHYBÍK, J. 2011: *Vliv novely směrnice o energetické náročnosti budov (EPBD II) na výstavbu a architekturu budov v ČR. Tepelná ochrana budov*, 14, č. 6, s. 30-32..
- BADBURY D. & POWERS, R. 2011: *New natural Home*. Thames & Hudson, London, 256 s.
- BROTÁNKOVÁ, K. & BROTÁNEK, A. 2012: *Jak žít v nízkoenergetických a pasivních domech*. Grada Publishing, a.s., Praha, 304 s.
- ENZ, D. & HASTINGS, R. 2006: *Innovative Wandkonstruktionen. Für Minergie-P und Passivhäuser*. C. F. Müller Verlag, Heidelberg, 150 s.
- FEIST, W. & KLIEN, J. 1994: *Nízkoenergetický dům. Úspora energie v bytové výstavbě budoucnosti*. 1. české vydání. Ostrava HEL, 183 s.
- GRAF, A. 2003: *Neue Passivhäuser, 24 Beispiele für den Energiestandard der Zukunft Deutschland-Österreich-Schweiz*. Verlag Georg D. W. Callwey, München, 128 s.
- HUDEC, M. 2008: *Pasivní rodinný dům. Proč a jak stavět*. Grada Publishing, a.s., Praha, 108 s.
- HUDEC, M. & JOHANIDISOVÁ, B. & MANSBART, T. 2012: *Pasivní domy z přírodních materiálů*. Grada Publishing, a.s., Praha, 158 s.
- CHYBÍK, J. 2009: *Přírodní stavební materiály*. Grada Publishing, a.s., Praha, 268 s.
- CHYBÍK, J. 2012: *Energeticky úsporná výstavba*. Akademické nakladatelství CERM<sup>®</sup>, s.r.o., Brno, 150 s.
- JERUSALEM, F. 2006: *Strohhaus in Eschenz*. Detail, č. 6, s. 642–645.
- KIERULF, B. 2008: *Ekologická výstavba EPD*. In: sborník z konference Pasivní domy 2008. Centrum pasivního domu, Brno, s. 62–68.
- KŘEČEK, D. 2011: *Vliv architektonického konceptu na potřebu tepla na vytápění energeticky úsporných budov*. Disertační práce FA VUT v Brně.
- LECHNER, R. & FECHNER, J. & LIPP, B. 2005: *Qualitätsprofil „Nachhaltige Bauen. Haus der Zukunft*, Wien, 34 s.
- LÖFFLAND, H. 2002: *Das globalrecyclingfähige Haus*. Eindhoven, 215 s.
- MAREČEK, P. 2008: *Stavby pasivních řadových RD v areálu bývalého cukrovaru v Židlochovicích*. In: sborník z konference Pasivní domy 2008, Brno, s. 44–49. Centrum pasivního domu.
- MEINGAST, R. & REINBERG, G. W. 2005: *Bauen mit Lehm-Passivhausmodulen von natur & lehm*. Lehm-Passiv Bürohaus, Tattendorf. 109 s.
- MEINGAST, R. 2005: *Lehm – Passiv Bürohaus Tattendorf. Berichte aus Energie – und Umweltforschung*. 29/2005. Haus der Zukunft, Baden, 73 s.
- MIKŠ, L. 2012: *Energetická spotřeba budov – dogma a fakta*. Stavebnictví, 6, č. 1, 62–64.
- MORÁVEK, P. & TYWONIAK, J. 2008: *Environmentální a energetické hodnocení dřevostaveb v pasivním standardu*. In: sborník z konference Pasivní domy 2008. Centrum pasivního domu, Brno, s. 54–61.
- NAGY, E. 2009: *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dom*. Jaga, 216 s.
- NOVÁK, J. 2008: *Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov*. Grada Publishing, a.s., Praha, 204 s.
- PIFKO, H. & ŠPAČEK, R. et al. 2008: *Efektivne bývanie*, 174 s.
- SCHLEIFER, S. K. 2009: *Wood Houses*. LOFT Publications, Barcelona, 596 s.
- SMOLA, J. 2011: *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Grada Publishing, a.s., Praha, 352 s.
- SPIRANDELLI, B. 2007: *Atelier W. Schmidt + Margareta Schwarz. Apartamenti per vacanze a Lana*. L'architetturanaturale, 36, s. 4–11.
- STERNTHAL, B. & EISENBERG, H. 2011: *Die schönsten Passivhäuser*. Christian Brandstätter Verlag, Wien, 192 s.
- TYWONIAK, J. et al. 2005: *Nízkoenergetické domy. Principy a příklady*. Grada Publishing, a.s., Praha, 193 s.

- TYWONIAK, J. et al. 2008: *Nizkoenergetické domy 2. Principy a příklady*. Grada Publishing, a.s., Praha, 192 s.
- TYWONIAK, J. et al. 2012: *Nizkoenergetické domy 3. Nulové, pasivní a další*. Grada Publishing, a.s., Praha, 196 s.
- UFFELEN, CH. 2012: *Passive Houses energie efficient homes*. Braun-publishing, Berlin, 240 s.
- URBÁŠKOVÁ, H. 2009: *Kvalita pasivního domu*. Ateliér otvorových výplní, izolací a vybavení staveb, 13, č. 4, s. 12-14.
- VÁCLAVÍK, R. 2012: „Otazník“ – první administrativní budova v pasivním energetickém standardu v ČR. *Stavebnictví*, 6, č. 4, s. 30–39.
- WIHAN, J. 2007: *Humidity in straw bale walls and its effect on the decomposition of straw, Tailoring a coat for straw bale thermal insulation*. University of East London School of Computing and Technology, London, 2007, 261 s.
- WIMMER, R. HOHENSINNER, H. & DRACK, M. 2006: *S-House. Innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel eines Büro und Ausstellungsgebäudes*. Wien, 180 s.
- ZEMÁNKOVÁ, H. et al. 2004: *La reconversion du lavoir a charbon des chavannes*. Soutěžní projekt pro revitalizaci území.

## VYBRANÉ PRÁCE AUTORA

- CHYBÍK, J. 1984: *Teplná stabilita v zimním období u obchodních staveb*. Pozemní stavby, 32, č. 11, s. 508-510
- CHYBÍK, J. 1989: *Subjektivní hodnocení teplotního stavu interního prostředí v obchodních stavbách*. Zdravotní technika a vzduchotechnika, ACADEMIA Praha, 32, č. 5, s. 283-290.
- CHYBÍK, J. 1989: *Vliv nestacionárního teplotního režimu na spotřebu energie na vytápění*. Pozemní stavby, 37, č. 6, s. 263-265.
- CHYBÍK, J. 1989: *Analýza vlivu stavebních konstrukcí na proces chlazení místnosti*. Pozemní stavby, 37, č. 12, s. 491-494.
- CHYBÍK, J. 1990: *Dřevěné domovní štíty jesenických lidových staveb*. Český lid, 77, č. 4, s. 228-233.
- VAVERKA, J. & CHYBÍK, J. – SEDLÁK, R. 1992: *Energetické hodnocení budov a teplotní pohoda vnitřního prostředí*. FA VUT Brno, 94 s.
- CHYBÍK, J. 1992: *Interaction between man and the environment with unstable temperature conditions*. In Indoor climate of buildings – Internacional conference. Vysoké Tatry: Spoločnosť pre techniku prostredia, s. 127-131.
- CHYBÍK, J. 1996: *Výsledná teplota z hlediska subjektivního hodnocení mikroklimatu*. Stavební obzor, 5, č. 10, s. 298-300.
- CHYBÍK, J. 1996: *Relation between the building construction and the indoor environment*. Brno: ČVUT – VUT, Workshop, s. 473-474
- VAVERKA, J. & KOZEL, V. & LÁDYŠ, L. & LIBERKO, M. & CHYBÍK, J. 1998: *Stavební fyzika 1*. Brno, VUTIUM, 343 s.
- CHYBÍK, J. 1999: *Application of Thermal Insulation within the Frame of the Building*. In sborník Údržba, rekonstrukce a modernizace staveb. 3. Symposium se zahraniční účastí. Brno: Vojenská akademie, s. 143-149.
- CHYBÍK, J. 1999: *Low-energy house with translucent thermal insulation*. In Building and energy 3. Technická univerzita Košice: Herlany, s. 183-188.
- CHYBÍK, J. 1999: *The non-stationary thermal field in the place of thermal bridge*. In Thermal Protection of Buildings - Theory and Practice. Bratislava, s. 105-112.
- CHYBÍK, J. 1999: *High quality and reliable placing of window construction*. In Quality and reliability in building industry. Levoča, s. 357-361.
- CHYBÍK, J. 1999: *Peripheral cladding with a deformed field of temperature. Obvodový plášť s deformovaným teplotním polem*. In sborník Příspěvky XI. mezinárodní vědecké konference. Brno, s. 117-120.
- VAVERKA, J. & CHYBÍK, J. & MRLÍK, F. 2000: *Stavební fyzika 2*. Brno, VUTIUM, 420 s.
- CHYBÍK, J. 2002: *Klimaänderungen in der Tschechischen Republik*. Gesundheits Ingenieur. Haustechnik-Bauphysik-Umwelttechnik, 123, č. 3, s. 145-149.
- CHYBÍK, J. 2002: *Influence of sunshine on low consumption of heat*. In Energy efficiency business week. Prague.
- CHYBÍK, J. 2002: *Klimaänderungen in der Tschechischen Republik*. Gesundheits Ingenieur. Haustechnik-Bauphysik-Umwelttechnik, 123, č. 3, s. 145-149.
- CHYBÍK, J. 2003: *Critical temperature calculated on solid brickwork structure of an outside wall*. In sborník Rekonstrukcie a prestavba budov, Reconstruction and renovation of buildings. Sborník přednášek – proceedings z mezinárodní vědecké konference – international scientific conference. Kritická teplota u budov s obvodovým pláštěm z cihel. Bratislava, s. 43-47
- ZEMÁNKOVÁ, H. & CHYBÍK, J. et al. 2004: *La reconversion du lavoir a charbon des chavannes*. Projekt revitalizace průmyslové zóny ve francouzském Nimes. V mezinárodní soutěži na nové využití areálu „Lavoir montceau“, projekt vedený prof. Ing. arch. Helenou Zemánkovou, CSc. postoupil do druhého kola, mezi pět vyzvaných týmů z Nizozemí, Francie, Německa, Belgie a ČR.

- CHYBÍK, J. 2004: *Kritická teplota v nestacionárním teplotním stavu*. In Sborník z 11. mezinárodní konference *Tepelná ochrana budov 2004*. Contour,s.r.o. Praha, s. 33-36.
- CHYBÍK, J. 2005: *Die Situation der Brüner Architekturfakultät. Současnost brněnské Fakulty architektury*. In *Tradition und Zukunft der Moderne. Städtebau und Architektur in Brünn und Leipzig. Tradice a budoucnost moderny. Architektura a městský rozvoj města Brna a Lipska*. Dresden, Sächsische Akademie der Künste, s. 143-147.
- CHYBÍK, J. 2006: *Experience of ecological buildings after years of use. Zkušenosti s ekologickými stavbami po letech užívání*. In *Budovy a prostredie 2006 Ekologická kvalita architektonického prostredia*. Bratislava: STU Bratislava, SSTP Bratislava, s. 22-25.
- CHYBÍK, J. 2006: *Education of Architects in Preservation of Monuments, "virtual conference" to the symposium "Materiality"*, 27 - 29 April 2006, Brno/ Czech Republic, <http://www.hornemann-institut.de/conference>.
- CHYBÍK, J. 2006: *Teplota jako činitel interního prostředí*. In Sborník z konference *Senior living-trendy v seniorském bydlení a změny životního stylu seniorů*. Luhačovice: Ledax, s. 57-65.
- CHYBÍK, J. 2008: *Průzkum subjektivního hodnocení mikroklimatu pasivního domu*. In sborník z konference *Pasivní domy 2008*. Centrum pasivního domu, Brno, s. 44-50.
- CHYBÍK, J. 2008: *Heřmanovice od oppida ke vsi. Hermannstadt von Oppidum zum Dorf. Vlastním nákladem*, 534 s.
- CHYBÍK, J. 2008: *Interní prostředí pasivního domu v Židlochovicích. Microclimate of passive house Židlochovice*. In sborník z konference *Budovy a prostredie 2008. Trvalo udržitelná výstavba*. Bratislava: STU Bratislava, SSTP ZSVTS Bratislava, s. 40-43.
- CHYBÍK, O. – CHYBÍK, J. 2008: *Wood House*. Mark Another Architecture, No. 16, October/November, s. 19.
- CHYBÍK, O. & CHYBÍK, J. 2008: *Wood House*. Dezeen magazine. In [www.dezeen.com](http://www.dezeen.com).
- CHYBÍK, J. 2009: *Education of architects in preservation of monuments*. In *Materiality*. Brno: Hornemann Institut, Muzeum města Brna. s. 120-123.
- CHYBÍK, J. 2009: *Hrubá stavba pasivních domů*. In sborník konference *Pasivne domy 2009*. Brno: Centrum pasivního domu Brno, s. 135-141.
- CHYBÍK, J. 2009: *Přírodní stavební materiály*. Stavitel. Praha, Grada Publishing, a.s., 268 s.
- CHYBÍK, J. 2010: *Nosné konstrukce pasivních domů*. *Stavebnictví*, 4, č. 1, s. 27-30.
- CHYBÍK, J. 2010: *Dřevěné konstrukce a přírodní izolační materiály*. In sborník *Dřevostavby 2010*, VOŠ Volyně, s. 51-57.
- CHYBÍK, J. 2011: *Contemporary Architecture and Urbanism in Brno*. In *Architecture and Urbanism of Visegrad Four*. Praha, s. 16-18.
- CHYBÍK, J. 2012: *Podmínky pro energeticky úsporné domy v České republice*. *Stavebnictví*, 6, č. 6-7, s. 26-34.
- CHYBÍK, J. 2012: *Dřevo v dílech učitelů Fakulty architektury VUT v Brně*. In sborník *Dřevostavby 2012*. Volyně: VOŠ Volyně, s. 51-57.
- CHYBÍK, J. 2012: *Energeticky úsporná výstavba*. Brno, Akademické nakladatelství CERM, 150 s.
- CHYBÍK, J. & MEIXNER, M. et al. 2012: *Zdravé domy*. Brno, Akademické nakladatelství CERM, 202 s.



## ABSTRACT

Some years ago, the concepts *low energy house* or *passive house* were almost unknown. For example, in 2005, when the first conference on *Passive houses* took place in the Czech Republic, just in Brno, the participants assured one another that they are on the right way. Anyway, in the past years, the situation in the field of energy-saving building has improved.

This was partly due to the proximity of technologically advanced countries, such as Austria, Germany, Switzerland or Northern Italy, where the development of low energy houses, passive houses or zero houses is considerably extended. There exists a variegated assortment of housing developments showing to what extent this type of building, differing from the classical building forms, has been coped with. In Austria, Provincial governments grant builders of energy-saving houses subsidies. Financial policy supporting young families and families with dependent children has in many aspects the character of social benefits. In Vienna is to be found the largest housing development – Eurogate – where energy-saving houses are widely used. Of the total number of 1700 flats, 740 flats will have the standard of passive houses.

While some few years ago, in the Czech Republic, the investment costs of energy-saving houses were significantly higher than the average, at the present time, we encounter also in the Czech setting, low-energy buildings the acquisition price of which is at the level of the classical forms of building, whereas the operating cost are markedly lower. The higher investment costs can be reduced, especially in big houses, bigger than one-family houses. It can be expected that after some years of operation, the higher investment costs will be partly or entirely compensated by reduced energy consumption.

The optimum layout of a building is influenced by its geometry. A whole series of factors may be changed or modified in the course of its use. The building keeps its form, laid down in its architectural design, for the period of its whole service time. With view to heat consumption, the buildings are to be designed as compact, closed and only with indispensable segmentation.

Contemporary passive houses nearly fulfil the requirements put on zero houses which, according to the EU-directive, shall soon become the standard form of development, in both technological and economic respects. Energy-saving houses, such as passive houses, or zero houses, are already living reality. There is a sufficient offer of building materials and components, enabling low-energy houses to become normal assortment offered by architects. In particular, the requirements of EU-directive 2010/31 should stimulate the Czech Republic to catch up the trend towards housing development complying with European standards

The present publication deals with energy-saving development at four levels, and determines various types of energy-saving buildings, taking into consideration the requirements of the existing Czech standards. Except for EU-Directive 2010/31, we did not further pursue the legislation, the important Energy Act expected to be passed in the near future, and especially the accompanying implementary regulations. Attention is focussed on the quality of the interior environment in energy-saving buildings. The results of temperature survey made in 14 passive family houses built in Židlochovice were analyzed. The dynamics of temperature changes in an energy-saving house was established by simulating the state of temperature in a critical room built using various technologies with differing heat accumulation properties. In conclusion, the relation between the building's layout and the materials proposed in the architectural design are dealt with.