

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE



FAKULTA HUMANITNÍCH STUDIÍ

Katedra sociální a kulturní ekologie

Bc. Marek Špot

KTERÁ JE TA PRAVÁ?

**HODNOCENÍ BUDOV Z PERSPEKTIVY ÚSPORY
ENERGIE A FINANČNÍCH PROSTŘEDKŮ**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Cyril Říha, Ph.D.

Praha 2012

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato práce byla zpřístupněna v příslušné knihovně UK a prostřednictvím elektronické databáze vysokoškolských kvalifikačních prací v repozitáři Univerzity Karlovy a používána ke studijním účelům v souladu s autorským právem. Zároveň prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 14. 8. 2012

.....

Marek Špot

Poděkování

Touto cestou chci poděkovat vedoucímu práce, Mgr. Cyrilu Říhovi, Ph.D., a Ing. Jiřímu Pláničkovi za vedení a cenné připomínky, své rodině za podporu a Míše – za všechno.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| OBSAH..... | 1 |
| Abstrakt..... | 3 |
| Seznam vyobrazení, grafů a tabulek | 4 |
| Seznam zkratk..... | 6 |
| Úvod | 8 |
| TEORETICKÁ ČÁST | 14 |
| 1. Orientace a geometrie domu | 14 |
| 1.1. Geometrie objektu | 14 |
| 1.2. Orientace a řešení domu | 15 |
| 2. Stavební materiály | 18 |
| 2.1. Rozdělení materiálů..... | 19 |
| 2.1.1. Masivní konstrukce..... | 19 |
| 2.1.2. Lehké konstrukce..... | 20 |
| 3. Tepelné izolace | 22 |
| 3.1. Způsoby aplikace tepelné izolace..... | 22 |
| 3.1.1. Vnější zateplení masivních staveb..... | 23 |
| 3.1.2. Vnitřní zateplení | 24 |
| 3.1.3. Tepelná izolace dřevostaveb | 24 |
| 3.2. Typy tepelných izolací..... | 24 |
| 4. Výplně otvorů | 29 |
| 4.1. Okenní systémy | 29 |
| 4.2. Vnitřní a solární zisky | 31 |
| 5. Vzduchotěsnost..... | 34 |
| 5.1. Vlhkost | 34 |
| 5.2. Hlavní vzduchotěsná vrstva | 35 |
| 5.3. Ověřování vzduchotěsnosti..... | 37 |
| 6. Větrání s rekuperací tepla..... | 39 |
| 6.1. Větrání | 39 |
| 6.2. Popis rekuperačních výměníků | 41 |
| 6.2.1. Typy rekuperačních výměníků | 41 |
| 6.2.2. Umístění výměníku a potrubí..... | 42 |
| 6.2.3. Hluk a hygiena | 43 |
| 6.3. Koncentrace oxidu uhličitého | 43 |

| | |
|--|------------|
| 6.4. Zemní výměník tepla..... | 45 |
| 7. Vytápění | 47 |
| 7.0.1. Chlazení budovy..... | 48 |
| 7.1. Distribuce tepla | 49 |
| 7.1.1. Teplovzdušný systém vytápění | 50 |
| 7.1.2. Podlahové vytápění | 50 |
| 7.2. Zdroje tepla..... | 51 |
| 7.2.1. Kotle | 53 |
| 7.2.2. Lokální topidla | 54 |
| 7.2.3. Kamna a krby | 55 |
| 7.2.4. Tepelná čerpadla | 55 |
| 7.2.5. Solární kolektory | 58 |
| EMPIRICKÁ ČÁST | 60 |
| 8. Domácí spotřebiče | 62 |
| 8.1. Metodika výpočtu | 62 |
| 8.2. Výsledky..... | 65 |
| 8.2.1. Lednice | 65 |
| 8.2.2. Žárovky..... | 69 |
| 8.2.3. Myčky..... | 74 |
| 8.2.4. Pračky | 78 |
| 9. Domy - vytápění | 82 |
| 9.1. Metodika výpočtu | 82 |
| 9.2. Výsledky..... | 86 |
| 10. Diskuze výsledků srovnání..... | 97 |
| 10.1. Celkové zhodnocení výzkumu | 97 |
| 10.1.1. Domácí spotřebiče | 97 |
| 10.1.2. Rodinné domy | 98 |
| 10.1.3. Společné zhodnocení domácích spotřebičů a rodinných domů | 100 |
| 10.2. Předsudky a mýty | 101 |
| Závěr | 108 |
| Seznam použité literatury a zdrojů | 110 |
| Seznam příloh..... | 121 |

Abstrakt

Práce se věnuje hodnocení obytných budov z perspektivy úspory energie a finančních prostředků. Více než 40 % veškeré člověkem spotřebovávané energie je vydáváno na výstavbu a provoz budov, v nichž člověk tráví většinu svého života. Smyslem práce je proto podpořit debatu o prospěšnosti nových, energeticky i environmentálně šetrnějších stavebních trendů.

Teoretická část práce přibližuje ekologicky úsporné rodinné domy a odlišnosti jejich výstavby od běžně stavěných budov, empirická část je srovnává z pohledu energetických a finančních úspor s ostatními typy domů. Dále se práce zabývá nejčastějšími ‚mýty‘ o udržitelném stavebnictví. Na základě dostupných dat nakonec vyslovuje závěry, který typ domů vychází z energetického i finančního hlediska nejvýhodněji, přičemž jsou zohledněna i jiná, např. environmentální, hlediska.

Klíčová slova: udržitelné stavebnictví, pasivní dům, úspory energie, trvale udržitelný rozvoj

Abstract

The thesis concentrates on residential buildings evaluation from energy and financial savings perspective. More than 40 % of the total man-induced energy consumption is directed to building construction and maintenance. In these buildings, we spend majority of our lives. The aim of the study is thus to support the discussion about the benefits from new, both energetically and environmentally considerate building trends.

Theoretical part of the thesis is devoted to ecologically efficient family houses and their distinctive features in comparison to commonly built houses, whereas empirical part compares these building types from the energetic and financial viewpoint. Thesis goes on with most frequent ‚myths‘ about sustainable architecture. As a conclusion, the study aims to point out which building type is the most advantageous in terms of energy, finance, sustainability etc.

Keywords: Sustainable architecture, Passive house, Energy savings, Sustainable development

Seznam vyobrazení, grafů a tabulek

Vyobrazení

| | |
|--|----|
| Obr. 1 Orientace místností ke světovým stranám | 16 |
| Obr. 2 Stavba pomocí two-by-four systému | 21 |
| Obr. 3 I-nosníky | 21 |
| Obr. 4 Kontaktní zateplovací systém – schéma | 23 |
| Obr. 5 Příklad tepelných zisků a ztrát PD | 32 |
| Obr. 6 HVV – deskový materiál | 36 |
| Obr. 7 Blower door – aparatura | 38 |
| Obr. 8 Typy rekuperačních výměníků - schémata, řezy, účinnosti | 42 |
| Obr. 9 Orientační hodnoty koncentrace CO ₂ v interiéru | 44 |
| Obr. 10 Teplovodní podlahové vytápění | 51 |
| Obr. 11 Energetická náročnost různých typů budov – rozdělení | 60 |

Grafy

| | |
|--|----|
| Graf 1 Lednice – spotřeba elektrické energie za den | 66 |
| Graf 2 Lednice – spotřeba elektrické energie na 1 litr užitného objemu za rok | 67 |
| Graf 3 Lednice - celkové náklady za 10 let při 10 % ročním nárůstu cen energie (v Kč) | 68 |
| Graf 4 Žárovky - pořizovací cena přepočtená na 1 hodinu životnosti žárovky (v hal.) | 70 |
| Graf 5 Žárovky - světelný tok na 1 W spotřeby žárovky (lm) | 71 |
| Graf 6 Žárovky - celkové náklady za 10 let při 10 % ročním nárůstu cen energie (Kč) | 73 |
| Graf 7 Myčky – spotřeba vody na 1 sadu nádobí za 1 cyklus | 75 |
| Graf 8 Myčky - spotřeba elektřiny na 1 sadu nádobí za 1 cyklus | 75 |
| Graf 9 Myčky - celkové náklady za 10 let při 10 % ročním nárůstu cen energie (Kč) | 77 |
| Graf 10 Pračky - spotřeba vody na 1 kg prádla/cyklus | 78 |
| Graf 11 Pračky - spotřeba elektřiny na 1 kg prádla/cyklus | 79 |

| | |
|---|----|
| Graf 12 Pračky - celkové náklady za 10 let při 10 % ročním nárůstu cen energie (Kč) | 80 |
| Graf 13 Vliv velikosti vytápěného prostoru na platby za vytápění | 87 |
| Graf 14 Porovnání pořizovací ceny na m ² a měrné potřeby na vytápění | 88 |
| Graf 15 Porovnání pořizovací ceny na m ² a plateb za vytápění s 8 % ročním růstem cen | 89 |
| Graf 16 Srovnání energeticky úsporných dřevostaveb a domů masivních konstrukcí z hlediska pořizovací ceny a ceny za vytápění | 90 |
| Graf 17 Průměrná cena domu a náklady na vytápění za 25 let provozu při 8 % ročním zvyšování ceny zemního plynu | 95 |

Tabulky

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Průměrné hodnoty vybraných charakteristik skupin domů | 91 |
| Tab. 2 Prostá návratnost investice do PD | 91 |
| Tab. 3 Průměrné hodnoty ceny domů a vytápění | 93 |
| Tab. 4 Cena domu s náklady na vytápění po 10 letech – různé scénáře zdražování cen zemního plynu | 93 |

Seznam zkratek

| | |
|----------------------|---|
| AP | Acidification Potential |
| ASHRAE | American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers |
| BBS | Binder Brettsperrholz |
| CO ₂ | oxid uhličitý |
| EPBD | Energy Performance of Buildings Directive |
| EPS | expandovaný pěnový polystyren |
| ERÚ | Energetický regulační úřad |
| ETICS | External Thermal Insulation Composite Systems |
| faktor A/V | faktor poměru plochy pláště domu k jeho objemu |
| FV systém | fotovoltaický systém |
| GWP | Global Warming Potential |
| HVV | hlavní vzduchotěsná vrstva |
| IEA | International Energy Agency |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| KLH | Kreuzlagenholz |
| kWh/m ² a | kilowatthodina na metr čtvereční za rok |
| NED | nízkoenergetický dům |
| OSB | Oriented Strand Board |
| OTE | Operátor trhu s elektřinou, a. s. |
| PD (EPD) | (energeticky) pasivní dům |
| PHPP | Passivhaus Projektierungspaket / Passive House Planing Package |
| ppm | parts per million |
| CEPHEUS | Cost Efficient Passive Houses as EUropean Standards |
| PUR | pěnový polyuretan |
| TV | teplá voda |
| XPS | extrudovaný polystyren |

Úvod

Lidstvo ke svému životu potřebuje energii, spalováním fosilních paliv však podle IPCC zapříčiňuje klimatické změny, IEA proto vyzývá k zásadní změně vzorců využívání energie (Feist, 2009: 17-18).¹ V Evropě se vydává asi 40 % z celkové energetické spotřeby na výstavbu a provozování budov, jež jsou současně zodpovědné za cca 30 % emisí CO₂ a 40 % celkového množství odpadů (Směrnice 2010/31/EU: 1; Krajčík, Petráš, 2009: 340; Jackanin, Nagy, 2008: 110).² Tématu energetických úspor se věnuje stále větší prostor nejen kvůli zásadním vlivům na životní prostředí, ale též kvůli vyčerpávání zásob paliv (v této souvislosti je aktuální tzv. Peak Oil, neboli teorie ropného zlomu či ropného vrcholu); jde tedy též o energetickou soběstačnost států (Cílek, Kašík, 2008).³ Proto je pochopitelný krok Evropské unie, která počítá s rokem 2020 jakožto důležitým předělem v celkové koncepci stavby budov. Od tohoto roku by všechny budovy měly být stavěny a rekonstruovány v pasivním standardu (Směrnice 2010/31/EU).⁴ Jde jistě o ambiciózní plán. Spíše než o ryze technický problém jde o problém společenský – rychlejšímu prosazování pasivních domů ve výstavbě brání nepřipravenost odborníků, akceptování veřejností atd. (Tywoniak, 2009: 46).

¹ Wolfgang Feist cituje IEA World Energy Outlook 2008, která je toho názoru, že „současné globální trendy v dodávce a spotřebě energie jsou naprosto neudržitelné - ekologicky, ekonomicky, sociálně. Ještě stále máme čas změnit směr, kterým se ubíráme. Co je potřeba, je nic menšího než energetická revoluce“ [Feist, 2009: 18].

² Velký význam má ještě oblast přepravy (Feist, 2009: 20). Tomuto tématu se však práce nevěnuje.

³ Energetická soběstačnost je životně důležitou podmínkou existence státu. Zajištění stabilních dodávek energie však bude s vyčerpáváním současných energetických zdrojů (zejména ropa, zemní plyn a uhlí) stále obtížnější. Řešení spočívá jak v hledání nových zdrojů energie, tak v efektivnějším nakládání se stávajícími zdroji. Tato práce se soustředí na úspory energie v oblasti bydlení.

⁴ Stavba i rekonstrukce musí vydržet desítky let, aby se ekonomicky vyplatila. Nízkoenergetický standard může do roku 2040 snížit celkovou potřebu tepla nejvýše o 25 % (v celkové zástavbě při zohlednění budov, které v tomto časovém úseku nebyly rekonstruovány). Pasivní standard však sníží potřebu tepla až o 50 %. To s sebou nese větší finanční úspory za teplo i větší energetickou nezávislost na dodavateli energie. Neplatí tedy, že nízkoenergetický standard je dostatečně dobrý, neboť nemůže přinést potřebné zlepšení situace (Feist, 2009: 27-29).

Z těchto důvodů pokládá tato práce za nezbytné zabývat se energetickými úsporami i z hlediska běžného člověka v roli koncového zákazníka. Situace je podobná jako u jiných životně důležitých témat - každý potenciální majitel nemovitosti by si měl nejdříve položit otázku, která je „ta pravá“. Pokud si správně odpoví a následně dobře vybere, bude mu přinášet užitek i štěstí po celý život. Předpokladem k tomu je však dostatek informací a znalostí, v tomto případě o dostupných typech budov.

Klasifikace typů domů

Energetická efektivita domu, na niž se tato práce zaměřuje, může být definována pomocí energetických ukazatelů, zejména tzv. roční měrné potřeby tepla a celkového množství primární energie svázané s provozem budovy (Tywoniak, 2005: 16).⁵ Tyto ukazatele určuje celá řada efektů: zastavovací podmínky (poloha pozemku, orientace, velikost a tvar budovy a její vnitřní uspořádání, klimatické podmínky, vegetace atd.), tepelná izolace a neprůvzdušnost obvodového pláště, využívání sluneční energie (velikost prosklených ploch, akumulace tepelných zisků, solární kolektory, ochrana proti přehřívání), volba správného systému vytápění a ohřevu teplé vody, větracího zařízení se zpětným ziskem tepla a efektivního využívání elektrického proudu úspornými spotřebiči, uvědomělé chování uživatelů (přizpůsobení ročním obdobím, omezování tepelných ztrát při větrání atd.) a v neposlední řadě pozitivní ekologická bilance domu, např. zohledňování celkového životního cyklu materiálů (Pregizer, 2009: 11-12; Urbášková, 2008: 10; Báčová et al., 2010: 47).

Z hlediska členění budov podle potřeby tepla na vytápění neexistuje ustálené názvosloví, odborníci to nicméně nepovažují za zásadní problém. Vzhledem k této pojmové neukotvenosti bude v práci používán termín energeticky úsporné domy, pod což jsou zahrnuty zejména tzv. nízkoenergetické domy a (energeticky) pasivní domy, jež jsou v práci tematizovány. Patří sem však i energeticky ještě úspornější budovy, konkrétně (energeticky) nulový dům, energeticky nezávislý dům a plusenergetický dům (Tywoniak,

⁵ Potřeba tepla na vytápění je množství tepla, které je třeba dodat otopné soustavě na pokrytí tepelných ztrát domu (Tywoniak, 2005: 19). Potřeba primární energie je množstvím energie, která „musí být přeměněna, aby bylo zajištěno potřebné množství konečné energie na provoz budovy“ [Tywoniak, 2005: 20]. Zahrnuje přeměnu energie v elektrárně, náklady na distribuci energie, spotřebu elektřiny v domě a tepla na vytápění a přípravu teplé vody (Pregizer, 2009: 48).

2005: 14-15). Tyto skupiny jsou nicméně z hlediska zastoupení naprosto okrajové, proto jsou zmíněny pouze na tomto místě.

Starší domy z hlediska potřeby tepla na vytápění mohou dosahovat i hodnot vysoko přes 200 kWh/m²a, oproti tomu novostavby dle platných předpisů snižují energetickou náročnost na 80-140 kWh/m²a, i to je však z hlediska nákladů na vytápění v současné době již považováno za nedostatečné.⁶ Proto se objevily energeticky úsporné budovy. Nízkoenergetická budova je budovou s roční měrnou potřebou tepla na vytápění do 50 kWh/m²a, přičemž se nezohledňují další ukazatele. Potřeba tepla u pasivního domu nepřevyšuje 15 kWh/m²a, navíc ale takový dům musí splnit i další podmínky. Mezinárodně uznávanými kritérii mimo potřeby tepla na vytápění je maximální neprůvzdušnost (značená jako n_{50}) $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ a maximální roční celková potřeba primární energie $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Tywoniak, 2005: 14-16; Báčová et al., 2010: 46; Pasivní domy, 2012a). Energeticky nulový dům má potřebu tepla blízkou nule, nejvíce 5 kWh/m²a. Této hodnoty bývá dosahováno přidáním dalších fotovoltaických panelů. Zejména vzhledem k ceně realizace se však nulové domy objevují velmi zřídka. V oblastech, kde nejsou k dispozici elektrické sítě, má smysl stavba energeticky nezávislého (též autarkního) domu. Takový objekt pokrývá veškerou spotřebu energie (tj. na vytápění, přípravu teplé vody i provoz spotřebičů) z vlastních zdrojů, musí tedy mít též vlastní fotovoltaický systém. Plusenergetický dům má shodné charakteristiky jako energeticky nezávislý dům, navíc však vyrábí přebytky elektrické energie, jež lze prodávat do veřejné elektrické sítě (Tywoniak, 2005: 15).

Historie energeticky úsporné výstavby

První energeticky úsporný dům v Evropě byl postaven v dánské Kodani v roce 1976 – byl realizován ihned jako nulový dům. První pasivní dům v Německu byl postaven v roce 1990, většího rozmachu se dočkaly pasivní domy od roku 1997.^{7,8}

⁶ Údaj o potřebě tepla na vytápění je udáván v kilowatthodinách na metr čtvereční užitné plochy domu za rok. Na základě tohoto údaje lze jednoduše zjistit ekonomickou náročnost vytápění.

⁷ Tento první pasivní dům byl postaven v Darmstadtu, kde Wolfgang Feist založil známý Passivhausinstitut (Konečný, 2011).

⁸ V tomto roce bylo postaveno sídliště 22 řadových pasivních domů spolu s 24 nízkoenergetickými domy ve Wiesbadenu. O rok později byla dokončena druhá lokalita s pěti pasivními domy v Lindlaru, které byly prvními samostatně stojícími rodinnými pasivními domy (Báčová et al., 2010: 44).

Zlomovým byl evropský projekt CEPHEUS v letech 1998 až 2001, kdy bylo v pěti evropských zemích postaveno 221 bytových jednotek v pasivním standardu. Bylo zjištěno, že pasivní domy mohou být pouze o 7–8 % dražší než běžná výstavba (Báčová et al., 2010: 44).

První pasivní rodinný dům v ČR s ověřenými parametry stojí od roku 2005 v Rychnově u Jablonce nad Nisou. Důležitým je i projekt třinácti pasivních rodinných domů na bázi úsporné dřevoskeletové konstrukce v Koberovech na Jablonecku, z nichž jeden je prvním nulovým domem v ČR.⁹ V současnosti je v České republice postaveno asi 400 až 500 pasivních domů a řádově stovky domů nízkoenergetických.¹⁰ Jedná se až na výjimky o rodinné domy (Báčová et al., 2010: 45-46; Pasivní domy, 2012e).

Za hranicemi ČR se energeticky úsporné domy stavějí již mnoho let, jejich vývoj přesto dále pokračuje. Zlepšují se stavební konstrukce, systém zateplení, vytápění, větrání, vznikají nové stavební materiály. Postupně se dospělo k domům, které nespotřebují téměř žádnou energii, např. nulovým domům (Urbášková, 2008: 10). Lídry jsou Němci a Rakušané, kteří do konce roku 2010 podle odhadů postavili 60 tisíc pasivních budov - ani celá bytová sídliště nejsou výjimkou. V obou zemích probíhá bouřlivý rozvoj, a to i proto, že vlády a banky obou zemí podporují developery i jednotlivé stavebníky pasivních domů (Pasivní domy, 2012b; Konečný, 2011). V ČR je zatím situace jiná, i zde se ale dostávají energeticky úsporné domy do popředí (Krč, 2008: 135).¹¹

Teoretická část diplomové práce

Pro srovnání různých tříd domů je nejdříve nutné vysvětlit rozdíly mezi běžnými a energeticky úspornými domy. Protože koncept klasických domů, ať již novostaveb či

⁹ Výstavba všech domů byla dokončena za sedm měsíců, měrné investiční náklady přitom nepřesáhly 20 000 Kč/m², což v době stavby byly náklady běžných novostaveb v ČR (Morávek, 2007: 126).

¹⁰ Dle Konečného je však skutečně pasivních domů dle požadavků Passivhausinstitutu v ČR pouze několik, rozhodně jich nejsou desítky ani stovky. Pokud by se však vzala v úvahu metodika TNI 73 0329, pak jich mohou být stovky (Konečný, 2012). Přiblížení metodiky TNI 73 0329 a PHPP viz kap. 9. Domy – vytápění.

¹¹ V posledních letech se v českém prostředí stále častěji objevují informace o energeticky úsporných stavbách, jsou ale často zkratkovité a nepřesné. Nelze ani nekriticky přebírat znalosti a data ze zahraničí, neboť v ČR jsou jiné (klimatické, legislativní atd.) podmínky (Konečný, 2009: 324).

stávající běžné zástavby, je důvěrně znám, v teoretické části se práce soustředí pouze na popis nutných předpokladů a jednotlivých součástí energeticky úsporných tříd domů, kde lze oproti klasické zástavbě najít řadu rozdílů. Tyto odlišnosti jsou podstatnější u pasivního domu (než u domu nízkoenergetického), proto je teoretická část koncipována jako popis technologií pasivního domu.¹² Důvodem je též skutečnost, že práce vychází z předpokladu pasivního domu jakožto symbolu energeticky úsporné architektury.¹³

Název pasivní dům (dále jen PD) vychází z principu využívání tepelných zisků v budově. Jsou to vnější zisky ze slunečního záření procházejícího okny a zisky vnitřní – teplo vyzařované lidmi a spotřebiči. Není zde nutná konvenční otopná soustava, nezbytnou potřebu tepla lze pokrýt přitápěním. PD díky kvalitnímu zateplení poskytují velmi kvalitní vnitřní prostředí při velmi nízké spotřebě energie na vytápění a chlazení. Teplota povrchů stěn je blízká teplotě vzduchu, což pro obyvatele vytváří dobrou tepelnou pohodu. Stálý přívod čerstvého vzduchu udržuje nízké koncentrace CO₂ i škodlivých látek uvolňovaných z nábytku a vnitřního vybavení, aniž by vznikal průvan či velké tepelné ztráty. Filtry zamezují přístupu prachu a dalších nečistot z exteriéru do interiéru; díky vzduchotěsné obálce budovy, vyloučení tepelných mostů a neustálému větrání pak zůstávají konstrukce suché a bezporuchové.¹⁴ PD své obyvatele nijak neomezují - okna lze otvírat, nucené větrání vypnout (Báčová et al., 2010: 44, 46; Růžička, 2008: 32).¹⁵ I při extrémně nešetrném chování je spotřeba tepla oproti běžnému domu stále o mnoho nižší. Přes mnoho různých požadavků nemusejí být PD ani složité, ani drahé. Pořizovací cenu domu totiž ovlivní více nároky investora na velikost plochy a vybavení než to, že dům bude v pasivním standardu. Od běžných domů se sice PD v mnohém odlišují, nemusejí být ale vybaveny drahým technickým zařízením (Báčová et al., 2010: 47).

¹² Kategorie nízkoenergetických domů se spotřebou nacházejí blíže běžným domům, některé nízkoenergetické domy tak lze realizovat bez technologií, jež jsou pro dosažení pasivního standardu nezbytné. Ostatní třídy úsporných domů nejsou kvůli jejich okrajovosti v práci blíže tematizovány, přesto vycházejí v principu z pasivního domu. Proto se teoretická část práce věnuje popisu pasivního domu.

¹³ Tento předpoklad vychází mj. z názvů institucí propagujících energeticky úsporné budovy – německý Passivhausinstitut, české Centrum pasivního domu atd.

¹⁴ Tepelné mosty jsou „*místně ohraničená oslabení tepelné izolace na plošných stavebních konstrukcích*“ [Pregizer, 2009: 29]. Jde tedy o místa, jimiž uniká teplo ven z konstrukce.

¹⁵ V širším slova smyslu PD neomezují ani architekturu, jejímž posláním je vytvářet takové prostředí, které bude respektovat estetiku i technické vlastnosti (tedy např. spotřebu energie). Realizace z ČR i zahraničí dokládají, že v sobě PD oba požadavky dokážou sloučit (Báčová et al., 2010: 73).

Empirická část práce

Většina zainteresovaných odborníků podporuje právě PD jakožto nejlepší možnost z hlediska poměru přínosu budovy pro obyvatele (nízké provozní náklady, komfort bydlení atd.) a její pořizovací ceny (Růžička, 2008; Krč, 2008: 135; Špaček, Šíp, 2009: 10-16; Ürge-Vorsatz et al., 2010: 8-34 atd.). Empirická část testuje oprávněnost tohoto názoru z ekonomického hlediska porovnáním vzorku 240 domů různých energetických tříd, konkrétně jejich pořizovací ceny a vývoje nákladů na vytápění v čase. K tomu pro porovnání připojuje srovnání čtyř skupin domácích elektrospotřebičů podle pořizovací ceny a provozních nákladů, neboť se, podobně jako vytápění, zásadní měrou podílejí na provozních nákladech domu. Výsledky těchto dvou srovnání pak práce dává do souvislosti s předsudky a mýty o energeticky úsporných domech (opět se zaměřením na PD).

TEORETICKÁ ČÁST

1. Orientace a geometrie domu

Velikost a tvar patří mezi základní charakteristiky budovy, které zásadně ovlivňují její energetickou stránku. Tvarová kompaktnost je zásadní pro snížení potřeby tepla na vytápění a tím i možnosti dosažení energeticky úsporného domu (Tywoniak, 2005: 34). Energeticky úsporné stavby se od ostatních staveb odlišují vysokými požadavky na obálku domu, která má bez ohledu na stav vnějšího prostředí a bez spotřeby energie udržet vhodné klima v interiéru (Melichárek, 2009: 65).¹⁶ To lze uskutečnit několika způsoby – minimalizací tzv. faktoru A/V (tento faktor udává podíl ochlazovaných ploch konstrukcí vůči objemu stavby) a orientací budovy i pozemku ke světovým stranám, zvětšováním tloušťky stěn (akumulace tepla), použitím materiálů potřebných fyzikálních vlastností (tepelná izolace), větráním či kombinací uvedených možností (Báčová et al., 2010: 47; Konečný, 2009: 321-322).

1.1. Geometrie objektu

Omezit tepelné ztráty lze nejvíce minimalizací faktoru A/V. Tento parametr má tedy rozhodující vliv (Hec, 2010: 88). Stavební náklady jsou silně závislé na velikosti a kompaktnosti budovy – čím má dům kompaktnější tvar a tudíž méně konstrukcí, tím nižší jsou náklady na stavbu i provoz domu. Vícepatrová budova je tak výhodnější. Z hlediska orientace je pro stavební praxi optimální kvádr delší stranou obrácený k jihu, se střechou mírně skloněnou k severu (Báčová et al., 2010: 48-49; Treberspurg, Smutny, 2010: 67).

Větší a kompaktní budovy obecně dosahují ve faktoru A/V lepších hodnot než rodinné domy. V poslední době jsou nicméně žádány jednopatrové domy. To je velkým architektonickým úkolem – navrhnout energeticky úsporný a přitom vizuálně zdařilý rodinný dům (Pregizer, 2009: 13).¹⁷

¹⁶ Obálku domu tvoří základová deska, plášť (neboli obvodové zdi) a střecha domu.

¹⁷ Nemusí to být na překážku osobitému architektonickému ztvárnění budovy, ale platí, že čím větší a jednodušší dům, tím je to z energetického hlediska lépe (Matzig, 2007: 99). Je tak doporučováno odstranit z obálky domu vše, co by komplikovalo její tvar (Karásek, 2009: 215). Řada českých i zahraničních příkladů přesto ukazuje, že je možné navrhovat pasivní domy, které splňují veškeré požadavky na kvalitní architekturu (Báčová et al., 2010: 73).

Jednopatrový rodinný dům, jehož faktor A/V je velmi nepříznivý, dle Jana Řežába dosáhne pasivního standardu jen na základě výrazných vícenákladů a složitých technických řešení, což může mít za následek, že tyto projekty nebudou v tržním prostředí realizovatelné (Řežáb, 2009: 88-89). Jak popisuje Ondřej Hec, bytový dům dosahuje lepších výsledků i s horšími tepelně-izolačními materiály. Je tak možné dosáhnout úspory finančních prostředků současně při stavbě i vytápění objektu (sdružování do větších obytných celků umožňuje napojení na společný zdroj tepla). Výhodnější je tudíž uvažovat o stavbě větších objektů, což je potvrzováno ze zahraniční i české praxe (Hec, 2010: 89-90; Báčová et al., 2010: 49). Kompaktní obytné budovy jsou tak o mnoho levnější než domy s nízkým faktorem A/V (Treberspurg, Smutny, 2010: 67).

Méně výrazný je již vliv toho, zda jde o nízkoenergetický dům (dále jen NED) či PD. To je důležité, neboť se stále lze setkat s názorem, že stavba energeticky úsporného domu je vždy o mnoho dražší než běžná novostavba (Báčová et al., 2010: 73).¹⁸ Při výzkumu rakouských PD, zaměřených mj. na zhodnocení finančních parametrů výstavby, uvádí Treberspurg a Smutny, že tyto domy byly jen o 4-12 % dražší než běžné novostavby (Treberspurg, Smutny, 2010: 67).

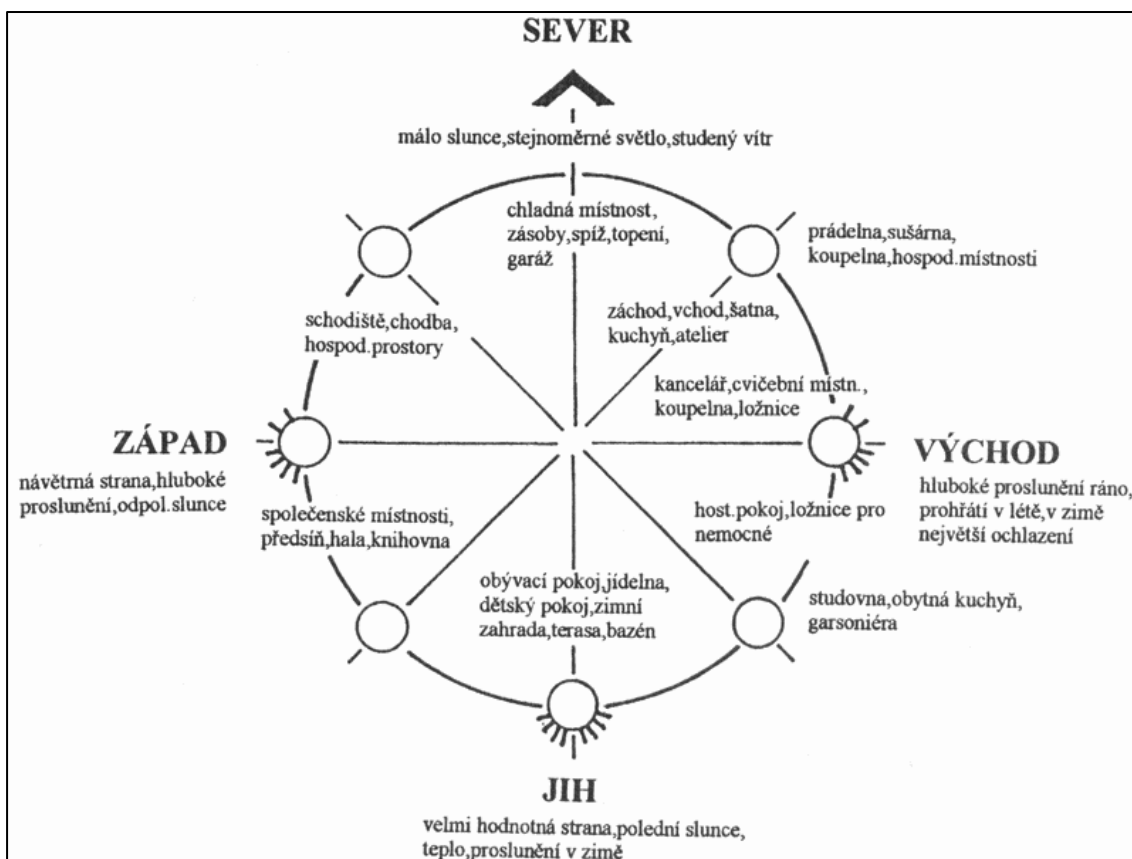
1.2. Orientace a řešení domu

Protože se u PD využívá k vytápění tepelných zisků ze sluneční energie¹⁹, měl by být tvar a orientace domu přizpůsoben co nejlépe k přijímání slunečního záření. To znamená, že by dům měl stát na pozemku nestíněn. Zastínění menšími stromy a popínavou zelení ale může být výhodné, pokud jde o rostliny a stromy opadavé - v létě stromy slunečnímu záření brání a v zimě ho propouštějí. Budovy silně vystavené větru mívají vyšší tepelné ztráty prostupem tepla přes netěsnosti obálky domu. Na takto exponované pozemky je dobré umístit větrolamy. Na jižní straně domu musejí být velké prosklené plochy, aby v zimě sluneční záření pronikalo dovnitř (Báčová et al., 2010: 47-50). Při využívání solárních zisků je ale potřeba vést v patrnosti nebezpečí přehřívání budovy

¹⁸ Pro dosažení pasivního standardu je opodstatněné navýšení investice maximálně o 15 % (Báčová et al., 2010: 73).

¹⁹ Pasivní solární zisky jsou tepelné zisky energie, jež proniká do interiéru budovy prosklenými plochami v obvodovém plášti a zahřívá ho (Tywoniak, 2005: 30).

(Tywoniak, 2005: 34). Prosklené plochy v severní fasádě by měly být jen kvůli nejnужnějšimu osvětlení vnitřních prostor. Obytné místnosti, jež mají největší potřebu tepla a světla, mají být orientovány na jih a vedlejší místnosti na sever (viz obr. 1). Přistavěné garáže a ostatní neobytné prostory je rovněž dobré umístit k severní fasádě domu. Nevytápěné místnosti mají být umístěny až za obvodový plášť budovy, mimo vytápěný a izolovaný prostor; mohou mít vstup jediné zvenku (Pregizer, 2009: 13-14).



Obr. 1 Orientace místností ke světovým stranám (Zdroj: TFDdesign, cit. 4. 3. 2012)

Je samozřejmě možné realizovat PD i jako podsklepené, většina se jich ale buduje bez suterénu. Důvod spočívá v tom, že tak odpadne řada energetických a technických komplikací a stavba se ve většině případů zlevní (Tywoniak, 2005: 34; Chybík, 2009: 136). V případě, že stavitel přesto vyžaduje sklep, je nutné tepelně oddělit konstrukce s vyloučením tepelných mostů (jako u základů) a vstup navrhovat mimo vytápěnou část domu (Báčová et al., 2010: 49).

Střechy u PD mohou nabývat různých tvarů, výhodnější jsou však střechy s malým sklonem do 20°, ať už střechy ploché, pultové nebo sedlové. Vytvářejí menší

ochlazovanou plochu, jsou i levnější (menší množství materiálu) a konstrukčně jednodušší. Problémy plochých střech již byly vyřešeny, ploché střechy navíc nabízejí několik výhod oproti klasickým střechám, např. po napadnutí sněhu či při aplikaci vegetačních střech (Báčová et al., 2010: 48-49).²⁰

²⁰ Střechy ploché nebo s mírným sklonem jsou oproti klasickým sedlovým střechám zatěžovány rovnoměrně, navíc vítr většinu sněhu odvane, protože střecha nemá závětrnou stranu, kde by se tvořily závěje. Mírný sklon střech se nabízí i pro použití zelených vegetačních střech (nejlépe bezúdržbových), které prodlužují životnost střešního pláště. Navíc zpomalují odtok vody ze střechy a tím přispívají k ochlazování okolí domu (Báčová et al., 2010: 48-49).

2. Stavební materiály

Pasivní domy se stavějí ve všech klimatických pásmech ze všech běžných, dlouhodobě užívaných materiálů, čemuž pomáhá i rychle se zvyšující počet projektantů schopných navrhnout PD, kteří používají návrhový nástroj PHPP (Báčová et al., 2010: 73; Hudec, 2010: 108).²¹ Další vývoj materiálů a prvků stavbu PD dále zjednodušuje, dnes běžné materiály stavebních konstrukcí (železobeton, kovy, plasty a jiné syntetické výrobky) ale mají vysokou míru dopadu na životní prostředí - těžba a doprava surovin, energetická náročnost výroby, uvolňování škodlivin v budově atd. (Jackanin, Nagy, 2008: 111). Svět stojí před velkým problémem životního cyklu materiálů - globální změny klimatu, omezené přírodní zdroje a růst jejich cen vyvolávají tlak na efektivnější využívání surovin a energetickou efektivitu staveb (Kierulf, 2009: 76). Koncept PD odpovídá na tyto tlaky tak, že si klade za cíl mimo přímých energetických úspor i zvýšení podílu obnovitelných materiálů při stavbě a provozu budov. Tím v konečném důsledku snižuje množství materiálu použitého na stavbě, přispívá ke zdravému vnitřnímu klimatu a podpoře místního průmyslu; není tak jen prostředkem efektivního zhodnocení investic (Kierulf, 2008: 65-66).

Rozdíly v environmentální kvalitě PD mohou být v závislosti na stavební technologii, konstrukčním a materiálovém řešení podstatné (Růžička, 2010: 269). Jsou určovány velikostí vázané primární energie, emisí CO₂ ekvivalentů a SO₂ ekvivalentů (Chybík, 2009: 135).²² Podle těchto kritérií jsou environmentálně efektivní energeticky úsporné dřevostavby. Na rozdíl od všech ostatních konstrukčních soustav zde dochází k vázání CO₂ do hmoty budovy (pro běžný dům až 20t CO₂). U běžné cihelné budovy dochází naopak k zátěži při výstavbě až 110t CO₂ (Morávek, 2008: 61). Na stavbu z klasických materiálů se tedy ještě před nastěhováním vydá tolik energie, kolik se v PD spotřebuje za mnoho desítek let (Kierulf, 2008: 66).

²¹ Passivhaus Projektierungspaket neboli Passive House Planning Package (PHPP) je v Evropě nejpoužívanějším nástrojem pro návrh PD, jež architektům a projektantům umožňuje vypočítat energetickou bilanci a optimalizaci návrhů PD. Tento nástroj vyvinul Passivhausinstitut (Institut pasivního domu) v německém Darmstadtu.

²² Vázanou primární energii vyjadřuje údaj v MJ, který vypovídá o energii vynaložené na získání suroviny, její zpracování, výrobu a dopravu použitého materiálu (Kierulf, 2008: 66). Potenciál globálního oteplování (GWP - Global Warming Potential) zahrnuje emise látek přispívajících ke skleníkovému efektu. Potenciál zakyselení životního prostředí (AP - Acidification Potential) se týká SO₂ i jiných plynů, které se podílejí na acidifikaci, hlavně oxidu dusíku a amoniaku (Chybík, 2009: 135).

2.1. Rozdělení materiálů

PD se staví nejvíce v Německu a Rakousku. Zatímco v Rakousku se až 90 % PD staví jako dřevěné konstrukce, v Německu je asi 50 % PD masivní stavba a 50 % dřevostavba. Smíšené konstrukce nebo polystyrenové bednicí konstrukce a alternativní řešení, jako je např. sláma, jsou v naprosté menšině (Konečný, 2011). V ČR je situace taková, že dřevostavba má stále pověst nesolidní stavby, převažují tedy masivní stavby.²³ Z technického pohledu je přitom řešení jednoduché – stačí dostat do domu více masivní hmoty a jako v každé stavbě odstranit hlukové mosty mezi místnostmi (Brotánek, Paleček, 2008: 124). Platí přitom, že dřevo má při stejné hmotnosti dvakrát vyšší tepelně-akumulační schopnost než beton (Kierulf, 2009: 75).

Mezi kritéria pro výběr vhodného stavebního materiálu patří zejména životnost a cena materiálu, jeho statická pevnost, modifikovatelnost, technická pomoc a garance dodavatele (Šišolák, 2010: 17). Materiály používané pro výstavbu PD se většinou příliš neliší od tradičních forem výstavby. Podle použitých materiálů lze výsledné konstrukce rozdělit na masivní, lehké a jejich kombinace (Chybík, 2009: 137).²⁴

2.1.1. Masivní konstrukce

Výraz masivní označuje skutečnost, že tyto konstrukce mají větší plošnou hmotnost než konstrukce lehké (Tywoniak, 2005: 57). Masivní konstrukce mohou být z přírodních i uměle vyrobených materiálů – nejčastěji z kamene, keramiky, vápenopískového materiálu, z lehkých betonů, dřevoštěpkových bloků, tvarovek vylehčených otvory, prvků s dutinami zalitými betonem, monolitických konstrukcí z betonu a železobetonu. U PD se od nosných prvků neočekává splnění energetických požadavků, ale přenos zátěže (Chybík, 2009: 138).

Patří sem i systémy s tzv. ztraceným bedněním, které v současnosti získávají na oblibě. Mezi výhody těchto systémů patří přesnost napojení dílů, rychlost výstavby a řešení

²³ Často dochází k záměně požadavku na vnější vzhled s požadavkem na konstrukční řešení. Dům s omítkou nicméně může mít dřevěnou konstrukci a dům s dřevěným vnějším obkladem může být zděný (Tywoniak, 2005: 39).

²⁴ Ekopark Odolena Voda nabízí porovnání různých stavebních technologií a materiálů, systémů vytápění, větrání a přípravy TV. Tvoří ho 13 rodinných domů, 4 řadové rodinné domy, administrativní budova a školící centrum, jež se nacházejí v jedné lokalitě. Všechny objekty mají potřebu tepla do 20 kWh/m²a (Růžička, 2010: 266).

konstrukčních detailů bez tepelných mostů (Báčová et al., 2010: 52-53). Nejdříve se vytvoří sestavy bednění, jež se pak doplňují výztuží a následně se zalévají betonovou směsí. Stěnu je možné doplnit o vnější kontaktní zateplovací systém (Tywoniak, 2005: 60).

2.1.2. Lehké konstrukce

K lehkým konstrukcím patří systémy používající dřevo. Mezi NED a PD mají dřevěné konstrukce větší podíl než v běžné výstavbě (Chybík, 2009: 139). Do dřevěné obvodové konstrukce je většinou snazší umístit potřebné množství tepelných izolací, aniž by příliš narostla jejich celková tloušťka (Tywoniak, 2005: 39). Pro zlepšení akumulčních schopností dřevostavby je možné použít v interiéru domu např. nepálenou hlínu (akumulační stěny, omítky atd.), která pro svoji akumulční schopnost a schopnost udržet konstantní vlhkost pomáhá vytvářet v domě ideální mikroklima (Urbášková, 2008: 15).

U dřevostaveb se používá systém fošinkové konstrukce, tzv. systém two-by-four. Rozšířené jsou též sendvičové panely různých skladeb, například panely z lepeného vrstveného masivního dřeva. Trendem u dřevostaveb je stále vyšší míra prefabrikace (Hudec, 2010: 109). V nabídce se objevují i roubené a srubové domy. Mimo dřeva lze využít též jiných přírodních materiálů; PD je možno stavět i ze slámy lisované do balíků (Chybík, 2009: 141).

Systém two-by-four

Jedná se o tradiční systém používaný v celém světě, nejvíce rozšířený v Severní Americe (Tywoniak, 2005: 54-55). K výstavbě vertikálních i horizontálních nosných konstrukcí se používají fošny velikosti 2x4 či 2x6 palců (tj. 5x10 cm až 5x15 cm), kladených po 40 až 60 cm. Spoje jsou hřebíkovány nebo s plechovými styčníky. Svislými dřevěnými prvky jsou nejčastěji fošny z masivního dřeva, používají se ale i tzv. I-nosníky, složené ze dřeva a OSB desek (viz obr. 2 a 3).²⁵ Zavětrování a ztužení zajišťují desky OSB, které po utěsnění a přelepení spár mají současně funkci parotěsné zábrany (Chybík, 2009: 139-140).

²⁵ OSB desky jsou deskami z orientovaných štěpků (neboli Oriented Strand Board), jež se vyrábějí z dřevěných třísek a pojiva spojených pod tlakem (Křivský, 2. 8. 2011).



Obr. 2 Stavba pomocí two-by-four systému (Zdroj: České stavby, cit. 9. 8. 2012)

Obr. 3 I-nosníky (Zdroj: Stavebnictví a interiér, cit. 9. 8. 2012)

Panelový systém

Dřevostavby se budují i z panelů předpřipravených ve výrobnách, např. KLH (Kreuzlagenholz) či BBS panely (Binder Brettsper Holz).²⁶ Prvky se vyrobí ve výrobní hale s pomocí mechanizace, lze tak dosahovat vyšší efektivity i přesnosti (Chybík, 2009: 140). Panely se mohou vyrábět i na výšku jednoho až dvou podlaží či na celou délku obvodové stěny domu. Na stavbu se dopravují hotové kusy, čímž se dosahuje vysoké rychlosti realizace hrubé stavby; výstavba domu je záležitostí několika dnů (Tywoniak, 2005: 56-57).

²⁶ KLH panely se vyrábějí ze dřeva jehličnanů. Jedná se o technicky vysušená, příčně, ve třech, pěti a více vrstvách polyuretanovými lepidly plošně sklížená smrková prkna různých šíří. Při výrobě jsou zcela eliminovány emise toxických látek. Stejnou technologií se pro konstrukce stěn a stropů vyrábějí spojovací panely BBS (Chybík, 2009: 140).

3. Tepelné izolace

Jednou z nejdůležitějších součástí energeticky úsporných domů je tepelná izolace, která výrazně snižuje tepelné ztráty a přináší domu řadu výhod, např. snižuje přehřívání budovy v letním období (Báčová et al., 2010: 52). Čím menší je tepelná vodivost izolace, tím lépe při stejné tloušťce izoluje.²⁷ Též platí, že čím větší je tloušťka izolace, tím méně tepla skrze ni uniká.²⁸ Mimo tepelné vodivosti je použití izolačního materiálu určováno jeho dalšími charakteristikami (Pregizer, 2009: 19).²⁹

Významným pravidlem energeticky úsporného stavění je i minimalizace tepelných mostů, proto je důležitá kvalita provedené práce.³⁰ Pokud je provedena tepelná izolace nekvalitně, může zde kondenzovat vlhkost z interiéru a současně zde dochází k vyššímu úniku tepla (Urbášková, 2008: 12).

3.1. Způsoby aplikace tepelné izolace

Obecně jsou vhodné málo členité povrchy obvodových konstrukcí a důsledně zajištěná souvislost tepelné izolace (Tywoniak, 2005: 76). Bez použití tepelné izolace se nelze dostat na úroveň PD, proto se používají vícevrstvé konstrukce stěn. Zatížení přenáší masivní konstrukce, pro dosažení tepelně izolačních vlastností se používají izolační materiály (Pregizer, 2009: 15).

²⁷ Tepelnou vodivostí tepelně izolačního materiálu se rozumí „*schopnost materiálu přenášet teplo z teplé strany stavební konstrukce na chladnou stranu*“ [Pregizer, 2009: 19]. Čím je nižší, tím méně tepla uniká přes tepelnou izolaci (Pregizer, 2009: 19).

²⁸ Konečnou tloušťku má určit projekt domu, podle Romana Šubrta lze nicméně obecně v současnosti „*za minimální tloušťku tepelné izolace považovat 100 mm, za obvyklou tloušťku asi 160 mm a optimální 240 mm, přičemž není rozhodující stávající tloušťka ani tepelně izolační schopnost stávajícího zdiva*“ [Šubrt, 2008]. Centrum pasivního domu oproti tomu udává, že „*ekonomicky optimální tloušťka izolace obvodových zdí je 16 – 35 cm*“ [Pasivní domy, 2012c].

²⁹ Mezi jinými je to požární a teplotní odolnost, pevnost v tlaku (nakolik je izolace odolná vůči zatížení), vliv na zdraví a životní prostředí (např. uvolňování chemických látek či spotřeba energie při výrobě) atd. (Pregizer, 2009: 19-22).

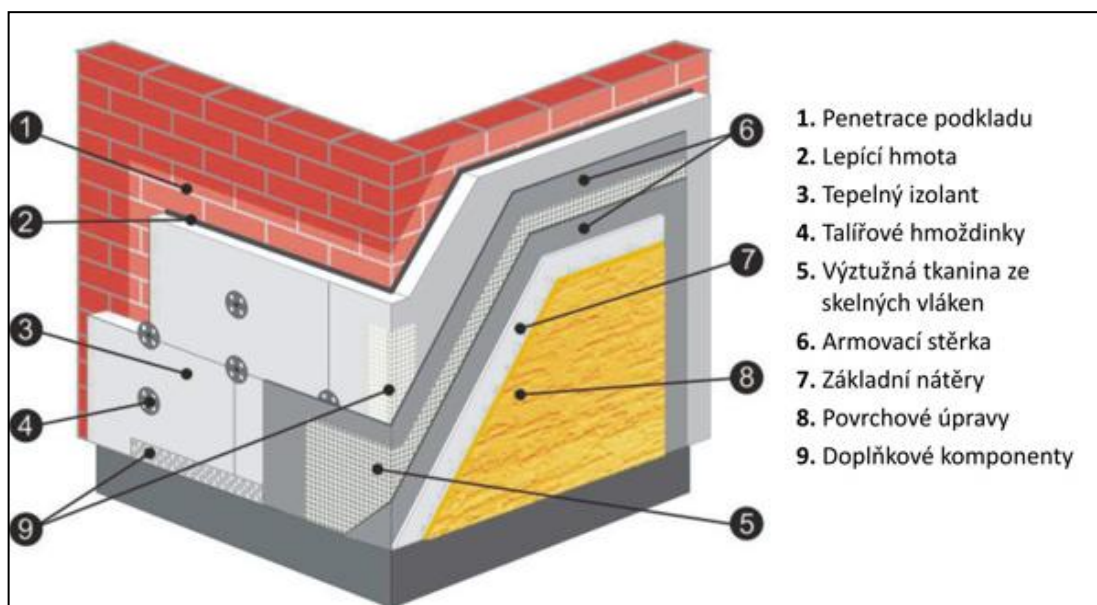
³⁰ Tepelné mosty jsou „*místní oslabení tepelné izolace v rámci jedné konstrukce (např. stěny)*“ [Čech, Brotánek, 2010: 171]. Vznikají mj. při nedokonalém provedení postupů elektroinstalace či při řešení venkovních konstrukcí – balkónů, pergol atd. (Urbášková, 2008: 12).

Návratnost investice do zateplení domu je v řádu několika let. Ceny energie však podle předpokladů porostou, čímž se návratnost dále bude snižovat (Báčová et al., 2010: 51-52).

3.1.1. Vnější zateplení masivních staveb

Vnější kontaktní zateplovací systémy jsou díky ceně a snadné instalaci nejčastějším způsobem tepelné izolace objektů. Jejich největší výhodou je celistvost tepelně izolační vrstvy. Šetří prostředky i tím, že podstatně prodlužuje životnost konstrukce, neboť ji chrání před atmosférickými vlivy i před plísněmi a kondenzací vlhkosti v konstrukci (Báčová et al., 2010: 52).

Zateplení z vnější strany se provádí buď formou provětrávaných zateplovacích systémů, nebo se používají takzvané kontaktní zateplovací systémy.³¹ Z vnější strany se nalepují či kotví ke stěně, na tepelnou izolaci se pak většinou nanáší omítka opatřená výztužnou tkaninou (viz obr. 4). Tento systém je v současnosti masivně využíván při zateplování panelových domů, má totiž výhodu, že působí jako masivní stěna, zlepšuje tepelnou ochranu a odstraňuje tepelné mosty obvodových stěn (Pregizer, 2009: 25).



Obr. 4 Kontaktní zateplovací systém – schéma (Zdroj: Ekolak, cit. 13. 8. 2012)

³¹ Označují se též jako vnější kompozitní tepelně izolační systém neboli External thermal insulation composite systems – ETICS (Pregizer, 2009: 25).

Na vlhké zdivo se aplikuje provětrávaný zateplovací systém, kde se vkládá tepelná izolace mezi nosné prvky roštu, který je připevněn k nosné části zdiva. Je vytvořena provětrávaná mezera a připevněn fasádní obklad. Samočinně proudící vzduch veškerou vlhkost z konstrukce odvede, čímž zajišťuje její suchý stav (Báčová et al., 2010: 52).

3.1.2. Vnitřní zateplení

U novostaveb je vždy možné a doporučené se vnitřní izolaci vyhnout. Vnitřního zateplení se užívá spíše u rekonstrukcí budov, které mají výraznou a kvalitní fasádu. V takovém případě je však těžké dosáhnout pasivního standardu. U historických budov se často jedná o jedinou možnou formu zateplení (Báčová et al., 2010: 52). Nevýhodou je, že má smysl takto zateplovat jen v malé tloušťce, nicméně i tak jde o znatelné zmenšení vnitřní obytné plochy. Dále chybí akumuláční vlastnost zdiva, které je na druhé straně izolace, tudíž je nutné nepřerušované vytápění (Sedláček, 2004).

3.1.3. Tepelná izolace dřevostaveb

Dřevostavby mají díky konstrukci stěn schopnost pojmout velké vrstvy tepelné izolace (Hudec, 2007: 101). Používají se i izolační materiály na přírodní bázi – dřevovláknité desky, konopí, len či celulóza (Chybík, 2009: 96-97). Místo zdiva zde mohou být dřevěné I-nosníky, mezi kterými je vložena další tepelná izolace, jež může být doplněna kontaktním zateplovacím systémem (např. dřevovláknité desky o vyšší objemové hmotnosti) s omítkou. Všechny tyto materiály spojuje malá ekologická stopa při tepelně-technických vlastnostech srovnatelných s izolacemi vyráběnými chemickou cestou (Báčová et al., 2010: 52-53).

3.2. Typy tepelných izolací

Na trhu je již mnoho druhů tepelných izolací, jejichž kvalita se postupně vylepšuje. Při výrobě se začala zohledňovat ekologická hlediska, narůstá proto obliba izolačních materiálů na bázi živých buněčných struktur (Hudec, 2010: 109). Kromě zpravidla menší ekologické stopy a absenci chemických látek jsou tyto izolace schopny nasávat a rozvádět

vlhkost, která je tak rovnoměrně rozložena v izolaci. Díky tomu je konstrukce z hlediska vlhkosti bezpečnější (Báčová et al., 2010: 55).

Polystyrén a minerální vlna, prozatím dvě nejčastější tepelné izolace, mají energeticky náročnou výrobu; očekávaný růst cen energií by měl upřednostnit přírodní izolace. Jak zdůrazňuje Martin Mach, důležitý je vliv na lidské zdraví; přírodní izolace jsou na rozdíl od většiny uměle vyráběných zdravotně nezávadné, v tuto chvíli však mohou být stále dražší (Mach, 2010).

Následující přehled tepelných izolací je přehledem v českém prostředí nejpoužívanějších materiálů (Báčová et al., 2010: 53).³²

Expandovaný pěnový polystyren (EPS)

Je v ČR nejrozšířenějším tepelným izolantem díky nízké ceně a dobré dostupnosti (Báčová et al., 2010: 54). Při výrobě se polystyrénové kuličky zahřívají pomocí vodní páry, pak jsou pomocí rozpínacího činidla vypěňovány do forem a následně řezány na desky (Pregizer, 2009: 22). Jeho varianty se používají na podlahy, střechy, pro kontaktní zateplovací systémy a tam, kde by mohlo dojít ke kontaktu s vodou (Báčová et al., 2010: 54). Na trhu je též šedý polystyren s příměsí grafitu, který má vyšší izolační schopnost při menší tloušťce, je však dražší (Hudec, 2010: 109).

Extrudovaný polystyren (XPS)

Jiný typ polystyrenu, který je barevně odlišen (modrý, zelený, žlutý atd.). Extruzí neboli protlačení pěny má extrudovaný polystyren, na rozdíl od expandovaného polystyrenu, uzavřenou strukturu bez mezer. Používá se při tepelné izolaci podlah, fasád a střech, eliminaci tepelných mostů či při založení betonové desky na izolaci (Pasivní domy, 2012d).

Pěnový polyuretan (PUR)

Ve stavebnictví se používá zejména tvrdá polyuretanová pěna, která má velmi nízký součinitel tepelné vodivosti.³³ Aplikuje se buď přímo na místě stříkáním či litím,

³² Popis dalších typů izolací (korcu, ovčí vlny, rákosu a dalších) viz např. Chybík, 2009.

nebo je dodávána ve formě desek či tvarovek. Tvrdý pěnový polyuretan může mít i zvýšenou odolnost vůči tlaku (Báčová et al., 2010: 54).

Minerální vlna

V České republice jde o druhou nejrozšířenější tepelnou izolaci. Vyrábí se průmyslově tavením hornin z čediče, křemene a dalších sklotvorných příměsí, což má vliv na její barvu i vlastnosti. Dle suroviny a postupu při výrobě rozeznáváme kamennou nebo skelnou vlnu (Báčová et al., 2010: 54). Minerální vlna je všestranně použitelná, od tepelné izolace potrubí, přes zvukovou izolaci proti kročejovému hluku až po tepelnou a zvukovou izolaci stropů, střech a stěn (Pregizer, 2009: 22-23).

Pěnové sklo

Vzniká ztavením směsi skleněného a uhlíkového prášku napěněním kyslíčkem uhlíčitým. Tak vzniknou bublinky se zcela uzavřenými stěnami (Pasivní domy, 2012d). Pěnové sklo se používá převážně u konstrukcí s vysokým tlakovým namáháním. Lze ho však rovněž použít k izolaci plochých stěn a stropů, pro trubková vedení, pro vnější izolace sklepních stěn či izolaci pod podlahovou deskou (Pregizer, 2009: 24). Jeho širšímu použití brání vyšší cena (Báčová et al., 2010: 55).

Vakuová izolace

Vakuová izolace se dodává ve formě panelů obalených v metalizované fólii, v jejichž vnitřku je vytvořeno vakuum. V tloušťce 3-4 cm má izolační vlastnosti jako 20-30 cm EPS, má tak 5-10krát nižší tepelnou vodivost než jiné izolační materiály (Pregizer, 2009: 26). Vakuová izolace se uplatňuje zejména u komplikovaných konstrukčních detailů (např. při zaizolování roletového boxu). V ČR se přesto používá zřídka zejména kvůli vysoké ceně (Báčová et al., 2010: 55). Finančně dostupná izolace obdobné kvality na trhu zatím chybí (Hudec, 2010: 109). Podle Josefa Smoly je přesto použití vakuové izolace spojeno i s riziky montáže na stavbě, kdy nesprávnou manipulací může vakuum z panelů vyprchat (Smola, 22. 6. 2012).

³³ Polyuretan ale může mít i formu měkké pěny, která je lidově známá jako molitan (Báčová et al., 2010: 54).

Celulóza

Jedná se o tepelnou izolaci z celulózových vláken, tedy ze dřeva. Vyrábí se smícháním kousků starého novinového papíru s boritany, které zajišťují jeho odolnost proti hnilobě a požáru, a následným mletím této směsi (Pregizer, 2009: 23). Aplikace se provádí většinou strojově foukáním do připravených dutin stěn nebo stropů. Foukání je při dodržení správných postupů rychlé a spolehlivé; celou aplikaci na správně připravené stavbě u rodinného domu lze provést během jednoho až dvou dnů (Brotánek, Paleček, 2008: 121). Celulóza je v energeticky úsporných stavbách v zahraničí masivně využívána zejména ve dřevostavbách, které zde tvoří vysoké procento novostaveb (Báčová et al., 2010: 55).

Sláma

Obliba slámy roste zejména mezi ekologicky smýšlejícími stavebníky, neboť její použití má nejmenší ekologickou stopu ze všech izolací (Brotánek, Paleček, 2008: 122).³⁴ Používá se často v kombinaci s dalšími přírodními materiály, jako jsou hliněné omítky a nepálené cihly. Fyzikální vlastnosti závisí na kvalitě a objemové hmotnosti slaměných balíků, které lze použít buď v kombinaci s nosnou stěnou, nebo přímo jako nosnou konstrukci (Báčová et al., 2010: 55). Slámu nelze koupit v žádném velkoskladu s izolacemi jako třeba v Rakousku, je ji třeba zajistit u konkrétního zemědělce (Brotánek, Paleček, 2008: 121). Náklady na koupi jsou zanedbatelné, výstavba je však velmi pracná, nutné je i správně zpracovat materiál do stavby. Velmi důležité je oddělení balíků od všech zdrojů vlhkosti (Chybík, 2009: 177-178).

Izolace z dřevitých vláken, konopí a lnu

Izolace z dřevitých vláken se vyrábějí většinou z dřevěného odpadu z pil (Pregizer, 2009: 23). Dělají se z nich rohože či desky, které se dají považovat za ekologický materiál - při jejich výrobě je použito jen minimální množství lepidla. Jako všechny tepelně izolační materiály na rostlinné bázi musí být chráněny proti živočišným a rostlinným škůdcům. Desky z dřevitých vláken lze použít na izolace stěn, střech či stropů,

³⁴ Sláma má totiž minimální podíl zabudované energie (nazývané někdy též šedá energie), jež se spotřebovala při zpracování suroviny do podoby stavebního materiálu a při dopravě (Kuhnová, 2010: 36).

kročejovou izolaci atd. (Báčová et al., 2010: 55-56). Podobné vlastnosti jako dřevitá vlákna mají také izolace z technického konopí a lnu, jejich větší rozšíření se nicméně teprve očekává (Chybík, 2009: 96-97).

4. Výplně otvorů

Slunce a jeho teplo a světlo působí na člověka při pobytu v místnosti pozitivně (Báčová et al., 2010: 56). Osvětlení vnitřních prostor umožňují tzv. otvorové výplně, jež musejí splňovat požadavky hygieny a ochrany před hlukem z vnějšího prostředí, být mechanicky odolné a bezpečné při užívání a konečně mají sloužit pro uchování tepla uvnitř budovy (Platil, 2009: 126-127).³⁵ Výběr typu okna ovlivňuje druh stavby a stavitelovy preference a finanční možnosti. Je nutné brát zřetel i na estetickou stránku, neboť jak tvrdí Hana Urbášková, „okno je okem domu, dotváří architekturu stavby a ovlivňuje charakter interiéru“ [Urbášková, 2009: 124].

Okny a dveřmi uniká z vytápěného prostoru domu nejvíce tepla. Ladislav Platil uvádí, že u rodinných domů „tepelná ztráta otvorovými výplněmi dnes tvoří 25-35% z celkové tepelné ztráty objektu“ [Platil, 2009: 126]. Současná okna mají nicméně o mnoho lepší parametry než dříve a dále se zlepšují. Kvalitní okna jsou nutností zejména pro PD, přestože jsou složitá a drahá, neboť spoluvytvářejí zdravé a příjemné vnitřní prostředí domu. Potřebná kvalita oken v PD je určena správnou velikostí a orientací vůči světovým stranám, ale též propustností slunečního záření pro využití solárních zisků (Urbášková, 2009: 118-119). Ty mohou i v zimě převýšit tepelné ztráty okna a tím přispět k úspoře na vytápění (Urbášková, 2008: 12).³⁶

4.1. Okenní systémy

„Okenní systémy se skládají z konstrukce rámu, zasklení a případně ze schránek na rolety (roletových boxů)“ [Pregizer, 2009: 26]. Podíl rámu na celkové ploše oken musí být co nejnižší, neboť rámy mají na jednotku plochy větší prostupnost tepla (Tywoniak, 2005:

³⁵ Výplně stavebních otvorů je technické označení pro okna a dveře (Báčová et al., 2010: 56). V běžném objektu zajišťují i větrání, jež je v PD a části NED zajišťováno nuceným větráním s rekuperací tepla (Platil, 2009: 127).

³⁶ Mělo by se též pamatovat na výplň vhodným inertním plynem, dále na volbu teplého distančního rámečku izolačních skel a v neposlední řadě na vlastní montáž oken, zejména správné osazení okna při montáži a správné vyplnění a utěsnění okenních spár (Urbášková, 2009: 118-119).

67).³⁷ Jinými slovy, je výhodnější použít menší počet oken o větší ploše. Pro větší přehlednost mají výrobci uvádět hodnotu prostupu tepla pro celé okno, tedy dohromady pro rám i zasklení (Báčová et al., 2010: 56).

Co se týče materiálů rámu pro energeticky úspornou výstavbu, je na výběr plast, dřevo či jejich kombinace s hliníkem. Všechny materiály jsou technickými vlastnostmi srovnatelné, plast je však finančně výhodnější, dřevo je zase přírodní materiál s vyšší estetickou hodnotou. Dřevěné rámy se používají především u rodinných domů, u bytové výstavby převažuje plast (Platil, 2009: 130). U PD musí zasklení vždy splňovat požadavky co nejnižší ztráty tepla a co nejvyššího stupně propustnosti slunečního záření z hlediska tepelných zisků (Urbášková, 2008: 12).³⁸ Vždy je nutné dosáhnout co nejlepšího kompromisu mezi těmito požadavky; různá okna v domě tak mohou mít různé zasklení (Růžička, 2008: 34).

Meziprostor zasklení oken býval dříve plněn vzduchem, v současnosti se plníva inertními plyny s menší tepelnou vodivostí, např. argonem či kryptonem (Báčová et al., 2010: 58). Dá se aplikovat i vakuová izolace skel, jejich cena však je pro běžné použití příliš vysoká. Lze se nicméně setkat s názory, že zhruba během deseti let může inertní plyn (či vakuum) z meziskelního prostoru vyprchat (Křivský, 2. 8. 2011). Vlastnosti zasklení oken se mění též podle hloubky zapuštění skel – kvalitnější okna mají oproti běžným oknům hlubší zapuštění skel do rámu (Pregizer, 2009: 27).

V současné době je možné k zasklení oken a dveří přistoupit dvěma způsoby. Jedním z nich je použití izolačních trojskel, druhým jsou izolační dvojskla s tepelnou fólií napnutou uprostřed mezi skly. Jde o systém označovaný jako Heat Mirror, tj. tepelné zrcadlo (Platil, 2009: 130). Výhodou tohoto řešení je nízká hmotnost okna při stejných či lepších izolačních vlastnostech než u trojskla (Báčová et al., 2010: 59).³⁹

³⁷ Součinitel prostupu tepla skla a rámu je nejdůležitějším parametrem při výběru okna. S ním souvisí tzv. dotyková teplota, neboli teplota na vnitřním povrchu materiálu (Báčová et al., 2010: 57). Pokud okno splňuje požadavky normy na dotykovou teplotu, dotyk nezpůsobuje pocit chladu, ale tepla.

³⁸ Stupeň propustnosti slunečního záření určuje, kolik procent slunečního tepla (infračervená oblast slunečního záření) se neodrazí, ale pronikne do interiéru. Tento parametr výrazně klesá s použitím třetího skla (Báčová et al., 2010: 58)

³⁹ Tepelné zrcadlo propouští jen část spektra slunečního záření. To znamená, že „v létě, kdy hrozí riziko přehřívání, pustí teplo ven, a v zimě, kdy jsou sluneční zisky nejvíce potřeba, propouští teplo dovnitř a nepouští ven“ [Báčová et al., 2010: 59]. Tento efekt přesto funguje jen v malé míře a

Co se týče střešních oken, jejich použití v PD je diskutabilní.⁴⁰ Zatímco Marie Báčová za určitých podmínek jejich aplikaci schvaluje, Stanislav Karásek je radí nepoužívat, pokud není jejich použití nezbytné (Báčová et al., 2010: 59; Karásek, 2010: 203).

Kromě již ověřených prvků se na trh dostávají i nové technologie - v poslední době je u okenních trojskel například možné využít superčirých skel s výbornou propustností slunečního záření a tím zvýšení tepelných zisků (Hudec, 2010: 108). Jinou možnost představuje bezrámové zasklení neotvíravých oken (Růžička, 2008: 34).

4.2. Vnitřní a solární zisky

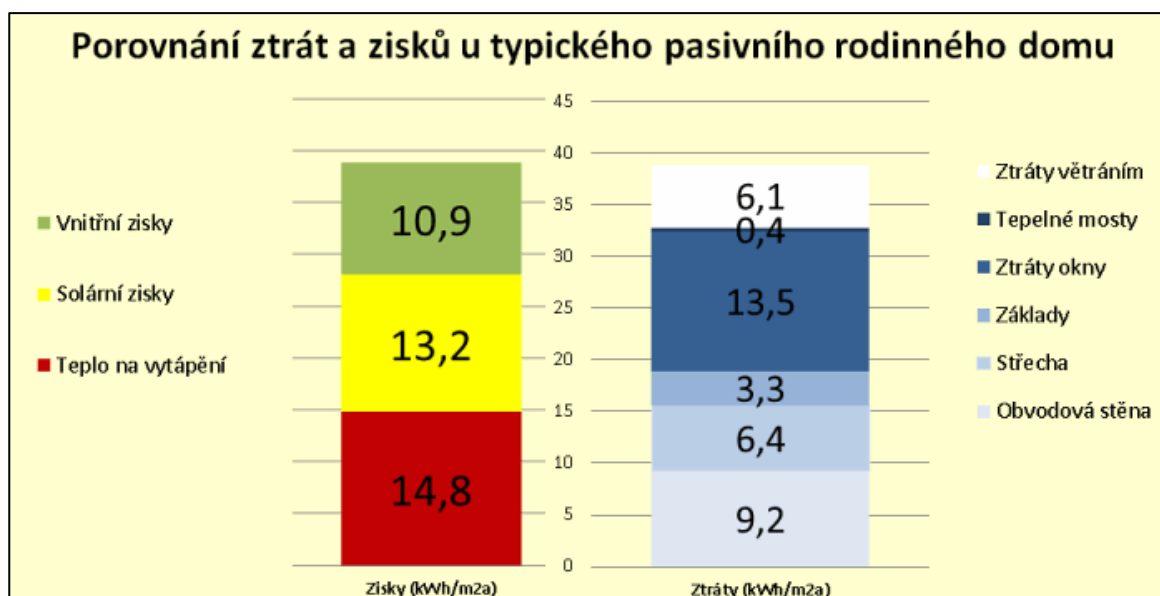
Při výstavbě domů s velmi malou potřebou tepla na vytápění nabývají na důležitosti nejen solární zisky, ale i ostatní vnitřní tepelné zisky. „Více než 70% vnitřních zisků v pasivním domě pochází z přímého slunečního záření a zbytek pochází z elektrických zařízení a uživatelů“ [Kalousek, 2009: 347].⁴¹ Vnitřní zisky se nicméně liší v závislosti na typu domu, jeho poloze (klimatické podmínky, ale i rozdíl mezi městem a venkovem), chování uživatelů a dalším, proto jejich složení může být velice proměnlivé (Jůna, 2010: 91-92).⁴² Jak poznamenává Kateřina Sojková, „se zlepšováním tepelně technických vlastností obálky budovy a snižováním tepelných ztrát relativní vliv uživatele poroste“ [Sojková, 2010: 98].

nižší propustnost slunečního záření je pokládána spíše za slabou stránku tepelného zrcadla, kterou je i vyšší cena.

⁴⁰ Při naklonění okna dochází v důsledku změny cirkulace vzduchu k výraznému zhoršení součinitele prostupu tepla (Báčová et al., 2010: 59). Je těžké splnit požadavky neprůvzdušnosti (bez použití tepelného zrcadla i požadavky prostupu tepla) a nežádoucím solárním ziskům se lze dle Stanislava Karáska ubránit při použití rolet či protislunečních fólií jen „za cenu tmy v pokoji“ [Karásek, 2010: 201].

⁴¹ Elektrická energie spotřebovaná v budově se z větší části přeměňuje na energii tepelnou. Už při rozvodu elektrické energie z elektroměru ke spotřebičům dochází ke ztrátám ve vodičích, které se tím zahřívají. S tímto teplem lze počítat do celkové tepelné bilance budovy. Zbylá elektrická energie se dostane ke spotřebiči, který ji využije a opět přeměňuje na tepelnou energii. Zdrojem tepelné energie je i člověk. Tyto vnitřní tepelné zisky pohltí tepelná kapacita vzduchu a okolních konstrukcí. Dochází však ke ztrátě tepla prostupem konstrukcemi či větráním a je nutno teplo opět dodat (Jůna, 2010: 91).

⁴² Proto jsou důležitá data z měření konkrétních domů s obyvateli za jeho běžného provozu, například pasivních domů v obci Koberovy (Zikán, 2010: 282; Staněk, 2008: 298).



Obr. 5 Příklad tepelných zisků a ztrát PD (Zdroj: Konečný, 2011, cit. 25. 6. 2012)

V současnosti je k výpočtu vnitřních tepelných zisků PD přistupováno dvěma možnými způsoby.⁴³ Z obou však vyplývá, že vnitřními a solárními zisky lze dohromady pokrýt přes 50 % ročních tepelných ztrát objektu (viz obr. 5). Solární zisky budovy závisí především na míře prosklení, parametrech oken a stínění.⁴⁴ Vyplatí se zvyšovat jen prosklení jižní fasády, pokud není příliš stíněná. Ostatní orientace oken mají větší ztráty než zisky, proto se většinou vyplatí plochu těchto oken minimalizovat (Antonín, Ženka, 2010: 229-231).

Dle Martina Růžičky „na okna máme snad nejprotichůdnější požadavky ze všech částí domu“ [Růžička, 2008: 34]. Je totiž třeba zajistit, aby v období zimy proniklo co nejvíce sluneční energie dovnitř budovy a současně aby se co nejvíce omezily ztráty v období sníženého slunečního svitu nebo v noci, a naopak v létě je třeba zamezit přehřívání interiéru (Báčová et al., 2010: 58). Zasklené plochy by měly být orientovány převážně na jih a naopak okenní plocha na severní straně by měla být navržena co nejmenší. Okna na

⁴³ Jeden způsob používá metodika PHPP, která počítá průměrný výkon vnitřních zisků na 1 m² podlahové plochy. Druhý stanovuje TNI 73 0329 a TNI 73 0330, jež zahrnuje „průměrný výkon na každého uživatele bytu plus konstantní výkon na bytovou jednotku (rodinný dům)“ [Antonín, Ženka, 2010: 229].

⁴⁴ Otázka míry zasklení a parametrů skel je složitá. Například vzhledem k faktu, že trojitě zasklení lépe izoluje, ale také má menší celkovou solární propustnost, není vždy samozřejmé, že bude mít použití trojskel pozitivní dopad na potřebu tepla na vytápění (Antonín, Ženka, 2010: 230).

východní a západní fasádě přitom musejí být kvůli ranním a večerním slunečním ziskům opatřena ochranou proti slunečnímu záření (Pregizer, 2009: 28).⁴⁵

Pokud hrozí přehřívání interiéru, je nutné instalovat ochranu proti slunečnímu záření. Část tepelných zisků může odstranit samotná konstrukce a umístění budovy, zbytek je možné eliminovat venkovními žaluziemi v předsazených skříňkách či větráním přes mechanické větrací zařízení s předřazeným zemním výměníkem tepla (Hirš, 2007: 339). Hana Urbášková proti slunečnímu záření navrhuje pergolu s popínavými rostlinami či zasazení opadavých stromů před jižní fasádou, které v létě stíní a v zimě umožňují průchod slunečních paprsků (Urbášková, 2009: 120). Případně lze aplikovat tzv. letní noční odvětrání, kdy se v noci okna otevřou a místnosti se vychladí studeným nočním vzduchem (Pregizer, 2009: 28).

⁴⁵ Zasklení jižní fasády by mělo být samo schopno omezovat dopad slunečních paprsků. V době nejintenzivnějšího záření stojí slunce velmi vysoko, proto sluneční záření dopadá na jižní prosklené plochy pod vysokým úhlem a velký podíl záření se odráží. Naopak v zimě je slunce tak nízko, že sluneční paprsky dopadají pod nízkým úhlem, a proto snáze pronikají do místnosti (Pregizer, 2009: 27-28).

5. Vzduchotěsnost

Netěsnosti ve stavební konstrukci významně ovlivňují nejen tepelné ztráty, ale i s tím spojené povrchové teploty, vlhkost a průvzdušnost budovy (Urbášková, 2008: 14). Kromě tepelné izolace budovy je proto nutné zajistit i její tzv. vzduchotěsnost, což je schopnost určitého prvku (celé obálky budovy nebo její části) propouštět vzduch (Novák, 2008: 10).⁴⁶ Vzduchotěsnost pláště budovy pomáhá udržovat mikroklima v místnostech, zlepšuje efektivitu rekuperace tepla a poskytuje ochranu před poškozením (Kahlert, 2008: 358). Taktéž omezuje tepelné ztráty nekontrolovanou výměnou vzduchu a transport vzdušné vlhkosti do konstrukce budovy (Brotánek, Paleček, 2008: 125).

Průvzdušnost obvodového pláště budovy stanovuje norma jako celkovou intenzitu výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pascalů.⁴⁷ Čím nižší je tato hodnota, tím je větší vzduchotěsnost stavby. Aby bylo zajištěno zdravé vnitřní prostředí i v dobře zaizolované a vzduchotěsné konstrukci, je nutné v ní instalovat účinný systém větrání (Urbášková, 2008: 14).

5.1. Vlhkost

Míra vzduchotěsnosti je určena nejméně utěsněným místem domu. Jestliže vzniknou otvory ve vzduchotěsné vrstvě, může kvůli rozdílnému tlaku na obou stranách vzduchotěsné vrstvy pronikat teplý a vlhký vzduch z obytných místností do konstrukce střechy nebo stěn, kde se hromadí. Vlhkost se pak sráží v konstrukci, čemuž je třeba předejít (Pregizer, 2009: 31). Dobře provedená vzduchotěsnicí vrstva tak ochranou konstrukcí před vlhkem zvyšuje životnost stavby (Báčová et al., 2010: 61).

Většinou jsou zisky vodní páry uvnitř budov omezené, nemělo by proto být větráno více, než je nutné (zejména v zimě). Nesprávně provozované či navržené větrací systémy mohou příliš snížit hodnoty vlhkosti. Při malé zátěži vlhkostí se problém často objeví i při

⁴⁶ Vzduchotěsnost je v této práci používána ve stejném smyslu jako průvzdušnost (Novák, 2008: 10).

⁴⁷ Aby obálka domu propouštěla vzduch, musí být vystavena tlakovému rozdílu mezi vnitřním a vnějším prostředím a současně musí obsahovat netěsnosti. Čím větší je tlakový rozdíl, tím více vzduchu bude prvkem protékat (Novák, 2008: 10).

správném návrhu větracího systému (Weiss, 2008: 281).⁴⁸ V krátkém časovém úseku se lze spolehnout na materiály tvořící vnitřní povrchy (např. hliněné omítky či OSB desky), které mohou přispět ke snížení maximálních hodnot vlhkosti v interiéru tak, že do sebe na určitou dobu vlhkost pojmou a postupně ji opět vypouštějí (Kopecký, 2010: 225).

5.2. Hlavní vzduchotěsná vrstva

Obálka budovy vždy do jisté míry propouští vzduch, obsahuje ale vzduchotěsné vrstvy (omítky, parozábrany atd.), které pronikání vzduchu brání. K proudění vzduchu skrz obálku dochází zejména v místech netěsných spojů mezi konstrukcemi a tam, kde je přerušena spojitost vzduchotěsných vrstev (Novák, 2008: 11-12). Pro zajištění vzduchotěsnosti je třeba navrhnout různá vzduchotěsnicí opatření, zejména hlavní vzduchotěsnou vrstvu (dále jen HVV) do každé obvodové konstrukce (Novák, 2008: 12). HVV se rozumí spojitě provedená vrstva z materiálu, který je při běžných tlakových podmínkách nepropustný pro vzduch (Tywoniak, 2005: 50).

Současný trh nabízí mnoho speciálních prostředků pro lepení, napojování a utěšňování vzduchotěsných vrstev z libovolných materiálů. Tyto výrobky jsou často součástí ucelených systémů. Platí, že by vždy měla být garantovaná plná funkčnost výrobků (přílnavost, pružnost) po celou dobu životnosti konstrukce (Tywoniak, 2005: 50). Stejně jako při konstrukci ostatních součástí PD, ani zde by se neměly využívat levné náhražky výrobků (Báčová et al., 2010: 62).

Na HVV se používají zejména tři skupiny materiálů – omítka, parozábranné fólie a deskový materiál. U zděných domů je HVV většinou omítka interiéru. Musí být provedena bez mezer i v místech, kde obvykle omítka není nutná, mj. pod úrovní podlah (Brotánek, Paleček, 2008: 125). Ač je aplikace celoplošné omítky velmi jednoduchá a účinná, často není realizovaná v potřebné kvalitě (Novák, Paleček, 2010: 260).

⁴⁸ Nedostatek vlhkosti patří mezi problémy systémů větrání s rekuperací tepla, čehož se dotýkaly mj. i průzkumy spokojenosti obyvatel pasivních domů (Zizka, 2008: 40-43; Chybík, 2008: 44-49; Treberspurg, Smutny, 2010: 61-70). Existují technická řešení na zpětné získávání vlhkosti, např. rotační regenerační či přepínací výměníky (Lain, 2006b). Téhož efektu lze ale dosáhnout i za pomoci nižší intenzity větrání či umístěním pokojových květin v obytných místnostech.

U dřevostaveb je vzduchotěsnost zabezpečena pomocí plastových fólií nebo konstrukčních desek na bázi dřeva, např. dřevoštěpkových (OSB) desek (Báčová et al., 2010: 62). Fólie pokryjí celý povrch a jsou neprůvzdušně připojeny na okolní konstrukce. Prostupy ve fólii buďto nesmějí být vůbec, nebo musejí být neprůvzdušně utěsněny (Pregizer, 2009: 31). Při aplikaci parozábranných fólií spočívá problém mj. v tom, že tento poddajný a na pečlivost náročný materiál není v současné stavební praxi správně aplikován. V některých detailech se tudíž parozábranná fólie víceméně nedá použít. V poslední době ve spojitosti s významným rozšířením dřevostaveb (například tzv. 2x4 systém) tvoří HVV často deskový materiál.⁴⁹ Zejména tato třetí možnost je perspektivní, neboť desky jsou dobře zpracovatelné a dají se kontrolovat během aplikace (Novák, Paleček, 2010: 260).

Podle měření několika set energeticky úsporných budov je nejvýhodnější užití deskových materiálů, kterými se daří dosáhnout i nižší průvzdušnosti než pro PD. Aplikace foliových parozábran vyhovují v úrovních dostatečných pro NED. Omítkové HVV dostačují pro potřeby PD, ale stejně jako u fóliových parozábran by musely být bezchybně aplikovány (Novák, Paleček, 2010: 260-261).



Obr. 6 HVV – deskový materiál (Zdroj: Pasivní domy, 2012f, cit. 13. 8. 2012)

⁴⁹ Vysvětlení systému 2x4 viz kap. 2.1.2. Lehké konstrukce.

5.3. Ověřování vzduchotěsnosti

Pro měření vzduchotěsnosti obálky budovy se dá použít několik metod. Nejpoužívanější je metoda tlakového spádu - budova se vystaví sérii několika odstupňovaných tlakových rozdílů, na úrovni každého rozdílu se měří objemový tok vzduchu netěsnostmi v obálce budovy. Nejčastěji se používají zařízení nazývaná blower door (viz obr. 7) umožňující osazení ventilátoru do vstupních dveří – odtud blower door test (Novák, 2008: 71-72).⁵⁰ Míra vzduchotěsnosti (značená jako n_{50}) budovy musí dosahovat hodnoty $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ a méně pro PD a alespoň hodnoty $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$ u NED.⁵¹ To znamená, že ventilátorem při testu může protékat nejvýše 0,6 (resp. 1,0) objemu budovy za hodinu při podtlaku 50 Pa uvnitř domu (Brotánek, Paleček, 2008: 122). Nesplnění cílové hodnoty se negativně projeví na účinnosti procesu zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu (Novák, 2007: 331).

Je důležité naplánovat test vzduchotěsnosti po dokončení HVV, ale před jejím zakrytím dalšími konstrukcemi (Urbášková, 2008: 14). To znamená, že je dosud přístupná a lze ji kontrolovat, rovněž všechna okna a dveře musejí být osazeny a dokončeny. Způsobů vyhledávání netěsností je celá škála – vnímání proudění vzduchu dlaní, kvantifikace průtoku anemometrem, sledování pohybu barevného kouře z generátoru, ultrazvukem či snímáním termovizní technikou ve spojení s manipulací s tlakem v budově (Novák, 2008: 72).⁵²

⁵⁰ Zařízení sestává z ventilátoru s plynule měnitelnými otáčkami ve velkém rozsahu, čidel pro měření tlakového rozdílu a objemového toku vzduchu, osazovacího rámu a vzduchotěsné plachty s otvorem pro ventilátor. Otáčky ventilátoru se nastaví tak, aby mezi interiérem budovy a vnějším prostředím bylo dosaženo požadovaného tlakového rozdílu. Když se tlakový rozdíl ustálí, změří se množství vzduchu, které projde ventilátorem. Toto množství udává, kolikrát za hodinu se vymění vzduch v budově. Předpokládá se, že netěsnostmi v obvodovém plášti budovy protéká stejné množství vzduchu (Tywoniak, 2005: 47; Novák, 2008: 43-44).

⁵¹ Přirozené větrání oproti tomu dosahuje hodnot n_{50} kolem 4,5 (Tywoniak, 2005: 46).

⁵² Anemometr je přístroj na měření okamžité rychlosti proudění vzduchu.



Obr. 7 Blower door – aparatura (Zdroj: Unity College Passive House, cit. 9. 8. 2012)

Jen málo projektantů a architektů má dosud zkušenosti z měření vzduchotěsnosti vlastních realizovaných projektů. Tento nedostatek vlastních zkušeností může kompenzovat speciální software, který umožňuje měření předem naprogramovat (Tywoniak, 2005: 47). Existují i sdružení zabývající se vzduchotěsností budov a kontrolou kvality činnosti poskytovatelů měření v ČR, např. Asociace Blower Door CZ (Novák, Paleček, 2010: 255).

6. Větrání s rekuperací tepla

Větrání je v současnosti velmi diskutovaným tématem. I přes značný pokrok v posledních dvou desetiletích je kvůli zvyšujícím se nárokům na energetickou efektivitu vyvíjen tlak na další snižování tepelných ztrát otvorových výplní. Vyrábějí se tudíž stále těsnější okna, kvalita vnitřního prostředí je však bez řízeného větrání velmi špatná (Kotek et al., 2010: 93). Při větrání okny by se mělo větrat každé dvě hodiny (i v noci), což způsobuje značné tepelné ztráty, proto se v zimě větrá méně, než je potřebné, navíc pro PD jsou tyto ztráty příliš vysoké (Báčová et al., 2010: 64).⁵³ Pokud se má předejít nadměrnému zvyšování vnitřní vlhkosti a koncentrace CO₂, je řízené větrání s rekuperací tepla pro PD nutností (Platil, 2009: 132).

Škodliviny nepřicházejí jen z vnějšího prostředí. Jejich původci v interiérech budov jsou nejen osoby samotné, ale též nábytek, stavební hmoty a ostatní předměty (Bedrníček, 2010: 110).⁵⁴ Jen pokud se zaměříme na vodní páru, jde u čtyřčlenné domácnosti o odpar zhruba 6-10 kg vody denně, která v domech bez mechanického větracího zařízení musí být odvětrána okny (Pregizer, 2009: 35).

6.1. Větrání

Zajistit kvalitu vnitřního prostředí lze třemi způsoby – omezením přítomnosti zdrojů škodlivin v interiérech budov (např. správným zařízením pokojů), odvodem lokalizovatelných emisí škodlivin pomocí řízeného odvádění vzduchu, anebo dostatečným zředěním rozptýlených škodlivin ve vzduchu pomocí výměny vzduchu, tj. větráním (Tywoniak, 2005: 84). Tato práce se bude věnovat pouze větrání. Jeho smyslem je zajistit dostatečnou kvalitu vzduchu, tedy přívod dostatečného množství čerstvého vzduchu a odvod škodlivin a vlhkosti z domu (Novák, 2008: 32).

⁵³ Při intenzitě výměny vzduchu $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ ztráty dosahují zhruba $35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Použitím nuceného větrání s rekuperací s účinností nad 80 % se tyto ztráty sníží na hodnotu $5\text{--}8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Báčová et al., 2010: 65).

⁵⁴ Mezi tyto škodliviny patří zejména prachové částice, CO₂, vodní pára, oděry, jedovaté plyny a páry (dusík, uhlovodíky, aldehydy) a dále bakterie, viry, spory hub či roztoči (Holcátová, 2012).

Větrání je možné rozdělit na přirozené a nucené. Přirozené větrání je nejlevnějším řešením (Beranovský et al., 2009: 344). Je to řízení výměny vzduchu výlučně uživatelem tak, že podle potřeby otevírá a zavírá okna. Pro přirozené větrání je potřeba, aby kromě netěsností a neuzavřených otvorů byl i tlakový rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím, což se bude měnit v důsledku různého počasí, nejdůležitější jsou zde však okna a jeho vlastnosti (Tywoniak, 2005: 85). Odvod škodlivin v potřebném množství a bez tepelných ztrát je během zimního období jen za použití přirozeného větrání nemožný, proto přirozené větrání v energeticky úsporné architektuře chybí (Berger, 2009: 301).

Různé druhy nuceného větrání se objevují zejména v energeticky úsporných budovách.⁵⁵ Prioritou je zajištění kvality vnitřního prostředí, úspora energie je vedlejším efektem. Nepříliš časté jsou tzv. decentralizované jednotky s přívodem i odvodem vzduchu, kdy je každá pobytová místnost vybavena vlastní větrací jednotkou. Kvůli zvýšení hladiny hluku v místnosti se však tyto systémy používají spíše při dodatečných úpravách budov, kde již nelze zasahovat do stavebních konstrukcí. Kompromisem pak je parapetní jednotka, která může obsloužit místnost, kde je osazena, i místnosti po obou stranách (Tywoniak, 2005: 85-86).

Nucené větrání s centrálním přívodem i odvodem vzduchu a zpětnou rekuperací tepla sice patří k nejdražším řešením výměny vzduchu, nicméně dokáže splnit všechny požadavky na kvalitu vnitřního prostředí (Beranovský et al., 2009: 344). Všechny pobytové místnosti rodinného domu či bytu totiž mají přívod čistého čerstvého vzduchu, oproti běžnému větrání zde nevzniká ani průvan.⁵⁶ Výměna vzduchu se tak děje prakticky necitelně a neslyšně, bez potřeby obsluhy. Rekuperační jednotky navíc využívají teplo z odváděného vzduchu, čímž se ušetří i více než 80 % energie na vytápění (Báčová et al., 2010: 64-65).

⁵⁵ Systém nuceného větrání není klimatizací (tj. chlazením a vlhkostní úpravou vzduchu), jež je dle Jana Tywoniaka zbytečná, energeticky náročná a často hygienicky problematická (Tywoniak, 2005: 85).

⁵⁶ Při výzkumu spokojenosti obyvatel prezentuje Josef Chybík diskomfort části obyvatel kvůli průvanu z výustek větracího potrubí, nicméně jsou pouze lokálního charakteru a mohou být připsány špatné kalibraci větracího systému (Chybík, 2008: 47).

6.2. Popis rekuperačních výměníků

Podle Taniy Berger je nejčastější charakteristikou PD větrací jednotka (Berger, 2009: 300). Bez řízeného větrání s rekuperací vzduchu skutečně nelze dosáhnout parametrů PD, který proto tyto vzduchotechnické jednotky vždy zahrnuje (Růžička, 2008: 34).

Účinnost rekuperace neboli účinnost zpětného získávání tepla vyjadřuje, jaká část tepla je předána přiváděnému vzduchu z celkového množství tepla obsaženého v odváděném vzduchu (Báčová et al., 2010: 65). Účinnost ventilačních jednotek s rekuperací tepla je tím vyšší, čím více tepla v zimě odebírají z odváděného vzduchu, nakolik umí tento odpadní vzduch ochladit a přehřívát vstupující čerstvý vzduch (Michael, 2007: 291). Za dobrou účinnost rekuperace se považuje hodnota nad 80 %. Maximální účinnost výměníků udávaná výrobcem je měřena v ideálních podmínkách; při běžném provozu je potřeba počítat s nižší účinností (Lain, 2006a). Značnou měrou se na účinnosti podílí neprůvzdušnost objektu. Při horší neprůvzdušnosti účinnost rekuperace klesá. Efektivita systému závisí na těsnosti systému rozvodů, jejich délce a průměru, správném výběru jednotky (velikost, výkon ventilátorů) a kvalitním provedení systému (Báčová et al., 2010: 66).


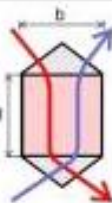

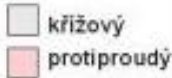



6.2.1. Typy rekuperačních výměníků

Stupeň rekuperace tepla znamená množství předaného tepla z odváděného vzduchu do vzduchu přiváděného. Teplo se předává ve výměníku skrze tzv. teplosměnnou plochu (což je plocha pro výměnu tepla), kterou jsou odpadní a čerstvý vzduch oddělen (Báčová et al., 2010: 64-65). Velikost teplosměnné plochy ovlivňuje zejména konstrukce výměníku, jež se dělí na tři typy – křížové, křížové protiproudé a protiproudé (Paul, 2008: 290).

U křížových výměníků tepla je délka styku obou proudů krátká, proto dochází jen k omezené výměně tepla. Více tepla se přenáší v křížovém protiproudém výměníku. Zde je teplosměnná plocha větší, neboť oba proudy vzduchu jsou v kontaktu delší vzdálenost. Náhrada tzv. deskových výměníků vedením proudů vzduchu hermeticky oddělenými kvadratickými kanálky (odtud označení kanálové protiproudové výměníky) teplosměnnou

plochu zdvojnásobila, čímž vzrostla doba i efektivita předávání tepla (Paul, 2008: 290).⁵⁷

Schéma a charakteristiky jednotlivých výměníků přibližuje obr. 8.

| | | | | |
|--|---|---|--|---|
| Schéma |  |  |  |  |
| Typ výměníku | křížový | křížový protiproudý | protiproudý | |
| Plocha výměníku [m ²] | 4 – 10 | 6 – 14 | 17 – 60 | |
| Profil proudění (řez) |  |  |  | |
| Účinnost rekuperace [%] efektivní účinnost dle PHPP | 50 – 70 | 70 – 85 (60 – 75) | 85 – 99 (75 - 92) | |

Obr. 8 Typy rekuperačních výměníků - schémata, řezy, účinnosti (Zdroj: Centrum pasivního domu – Větrání a vytápění, cit. 3. 3. 2012)

6.2.2. Umístění výměníku a potrubí

Samotnou větrací jednotku lze umístit téměř kdekoli - v technické místnosti, ve sklepě, v podkroví či (v případě decentrálních jednotek) přímo v místnostech. Rozvody se pak dají vést v podlaze, podhledu stropu, stěnách či je přiznat a začlenit do prostoru (Báčová et al., 2010: 65).

Rozvody se mohou skládat z pevného potrubí nebo ohebných hadic. Pevné potrubí je snáze čistitelné a má nižší tlakové ztráty, avšak lépe přenáší zvuk, proto se používají tlumiče hluku. Ohebné hadice s harmonikovým vnitřkem (tzv. flexihadice) se sice v ČR často používají, ale je složité je čistit a mají větší tlakové ztráty, rovněž je značné riziko jejich poškození a nevhodného vedení (Báčová et al., 2010: 68).

⁵⁷ Existují i rekuperační výměníky, které umožňují zpětný zisk vlhkosti. Tyto systémy se užíjí zejména tam, kde dochází k nadměrnému vysoušení vzduchu. Využitím latentního tepla obsaženého ve vlhkosti se účinnost výměníku zvyšuje (Báčová et al., 2010: 66).

6.2.3. Hluk a hygiena

Kromě hlučnosti vlastního tělesa výměníku, jenž však bývá umístován mimo pobytové místnosti, může vznikat vyšší úroveň hluku jen v důsledku konstrukčních či projektových chyb (Paul, 2008: 292). Centrální větrací jednotka i trubní vedení mají být opatřeny ochranou proti přenosu hluku (Báčová et al., 2010: 68). Větrání je zajištěno i při zavřených dveřích místností. K tomu je však nutné seříznout dveře nebo nainstalovat průchodné mřížky ve stěnách, což může být pokládáno za určitou nevýhodu (Bedrníček, 2010: 111).

Pro udržení čistoty rozvodů je zásadní účinná filtrace. Z důvodu hygieny a údržby musí být celý systém snadno přístupný a čistitelný. Zvláště filtry musejí být snadno kontrolovatelné a vyměnitelné, výměna filtrů však je velmi snadná. Kvůli alergikům je též možné nahradit obyčejné filtry pylovými (Pregizer, 2009: 39). Z hygienických důvodů by se ventilační jednotky neměly vypínat, ale i při nepřítomnosti osob větrat alespoň minimálně. V opačném případě může příliš vzrůst vlhkost v potrubí, což by mohlo mít za následek růst mikrobů (Paul, 2008: 293).

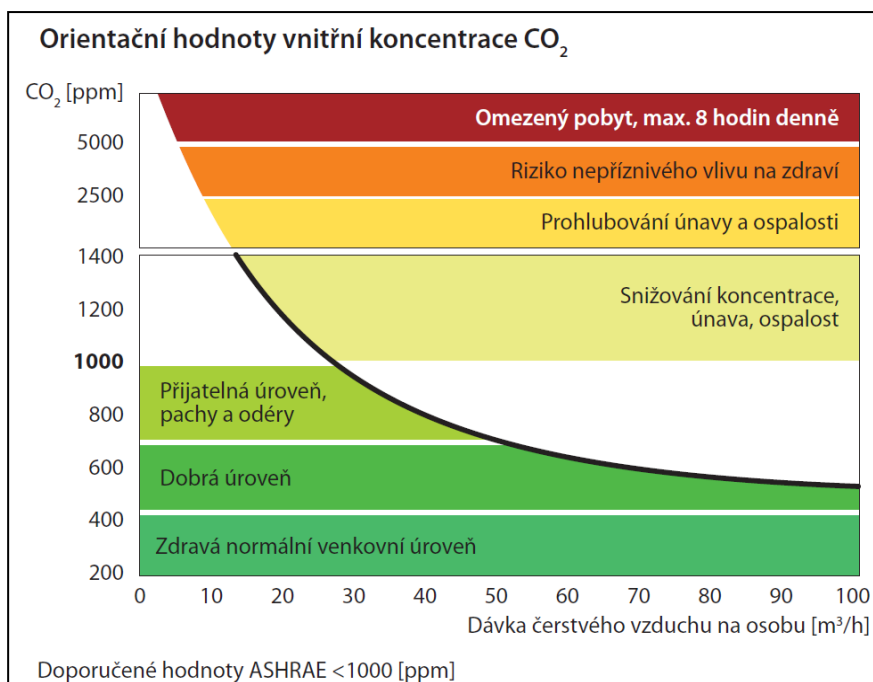
6.3. Koncentrace oxidu uhličitého

Koncentrace oxidu uhličitého (dále jen CO₂) ve vzduchu je vhodným indikátorem vydýchanosti vzduchu ve vnitřních prostorách, ač jde při větrání i o odstranění odérů a škodlivin (kouře, prachu atd.). Přestože je CO₂ neviditelný a bez zápachu, je jeho zvýšená úroveň patrná, protože dochází k únavě a poklesu schopnosti soustředění.⁵⁸ Ve venkovním prostředí je koncentrace CO₂ kolem 450 ppm.⁵⁹ Běžně se považuje ve vnitřním prostředí za optimální koncentraci 700-800 ppm, jakožto maximum pak 1000 ppm, neboť vyšší koncentrace již přináší únavu a ospalost. Za maximální bezpečnou koncentraci bez

⁵⁸ Lidé mohou cítit i bolesti hlavy, závratě či únavu, mohou mít podrážděnou sliznici nosohltanu, pocit pálení v krku atd. Lepší kvalita vzduchu v místnostech několikanásobně zvyšuje schopnost koncentrace (Bretzke, 2009: 199). Martin Bedrníček zdůrazňuje spojitost mezi kvalitou vzduchu a celkovou psychofyzickou kondicí, tj. i náchylností k onemocněním či alergiím (Bedrníček, 2010: 110).

⁵⁹ Koncentrace CO₂ v ppm (parts per milion) vyjadřuje počet částic CO₂ na jeden milion částic, jež jsou obsaženy ve vzduchu. Používá se tedy ke znázornění podílu části oproti celku.

zdravotních rizik je pak pokládáno 5000 ppm (ASHRAE, 2004; Praisler, Brotánek, 2010: 125; Báčová et al., 2010: 122). Tyto údaje byly přejaty ze zahraniční literatury, neboť v české legislativě neexistují předpisy pro vnitřní mikroklima.⁶⁰ Objevují se i názory, které tyto hodnoty CO₂ zpochybňují, neboť přinášejí problém nadměrně suchého vzduchu, a místo toho radí přizpůsobit větrání podle přání obyvatel domu (Jindrák, 2008: 381-384).⁶¹ To znamená, že koncentrace CO₂ může dosáhnout jak 800 ppm, tak přes 1400 ppm; ani tato hodnota nemá mít žádné negativní účinky (viz obr. 9). Je doporučováno stanovovat intenzitu větrání dle počtu osob a větrat méně intenzivně, než je nyní zvykem. Ani tak se nesníží kvalita obývaného prostředí a nenastanou problémy s nízkou vlhkostí vzduchu ani v zimním období, to vše při ušetření finančních prostředků za provoz větrací jednotky (Jindrák, 2008: 382-384).



Obr. 9 Orientační hodnoty koncentrace CO₂ v interiéru (Zdroj: Báčová et al., 2010: 122)

⁶⁰ Zde konkrétně American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) – ASHRAE Standard 62.1-2004, který však neudává limity jen pro škodliviny (CO₂ a další), ale též minimální výměnu vzduchu různých prostor atd.

⁶¹ Přizpůsobení může nabývat mnoha podob, ať už větrat v určité míře stále, nebo v době nepřítomnosti osob větrat minimálně a plný výkon systému spouštět pouze narázově, a to při využívání kuchyně, koupelny či WC (Jindrák, 2008: 382).

6.4. Zemní výměník tepla

Aby si ventilační jednotky s rekuperací tepla v zimě udržely účinnost, nesmí vodní pára obsažená v odpadním vzduchu zkapalnět a zmrznout (Báčová et al., 2010: 66). Aby se u výměníků zabránilo zamrzání, mají některé ventilační jednotky zabudované zařízení na ochranu proti mrazu. Tou je např. snižování nebo dočasné vypínání přívodu čerstvého vzduchu - výměník se neochladí tolik jako u shodných množství, nicméně se tak omezuje zásobování čerstvým vzduchem a v domě se vytváří podtlak, což není žádoucí (Michael, 2007: 291). Druhou možností je přehřívání např. elektrickým ohříváčem nasávaný vzduch, aby se odpadní vzduch ve výměníku neochladil pod bod mrazu. Spotřebuje se tak nicméně určité množství energie a v létě není možné tímto způsobem chladit. Třetí možností je využití tzv. zemního výměníku tepla (Pregizer, 2009: 38).

Účel zemního výměníku tepla (dále jen ZVT) spočívá v ochraně větrací jednotky před zamrznutím (Pregizer, 2009: 38). Jeho princip je jednoduchý, správná realizace však složitá. ZVT je vlastně potrubí uložené v nezámrzné hloubce v zemi, jež se stará o přehřev či chlazení větracího vzduchu.⁶² Do potrubí se nasává vnější vzduch a během průchodu si vzduch vyměňuje teplo se zeminou. ZVT se využije zejména při teplotách pod bodem mrazu nebo naopak při vysokých letních teplotách, kdy zabraňuje přehřívání místností (Tywoniak, 2005: 87). V ZVT by neměla chybět tzv. přepínací (bypassová) klapka, jež umožňuje nasávání vzduchu přímo přes fasádu budovy nebo přes zemní výměník tepla, a to i smíšená v různých poměrech (Michael, 2007: 294).

Účinnost ZVT ovlivňuje rychlost průtoku (tj. doba, po kterou zůstane vzduch v potrubí), délka potrubí výměníku, hloubka uložení, průměr, povrch a materiál trubky a vlhkost, hustota a tepelná vodivost zeminy, v níž je potrubí uloženo (Pregizer, 2009: 38-39; Paul, 2005; Papež, Smutná, 2012).

Trubky ZVT mohou být uloženy v jednom vedení či ve více řadách se spádem přes 2 % kvůli tvorbě kondenzátu, jenž musí být sváděn do odpadní jímky. Vzduch pokračuje do domu, ZVT proto musí být stále čistý kvůli zabránění růstu choroboplodných zárodků a zápachu. U vstupu čerstvého vzduchu do ZVT se umísťuje vstupní šachta s horním okrajem vyvýšeným nad okolní terén, aby nedocházelo k zasypání sněhem, zalití

⁶² Za nezámrznou je považována hloubka alespoň 1 m pod zemí. V nezámrzné hloubce je v zimě i v létě v porovnání s teplotou vzduchu teplota velmi stálá (Pregizer, 2009: 38).

přivalovými dešti apod. Na horní okraj šachty se instalují filtry a demontovatelná stříška (Michael, 2007: 292; Tywoniak, 2005: 87).

Někteří autoři (např. Papež a Smutná) doporučují ZVT jako již běžnou součást větracích systémů energeticky úsporných domů. Jiní (např. Zdeněk Křivský) jsou však toho názoru, že ZVT je technologií, která zbytečně navyšuje cenu energeticky úsporného domu vysokými náklady v poměru k přínosům, nutností bezchybného provedení a obtížně dosažitelnou spolehlivostí systému. Je tak na uživateli domu, zdali do ZVT investuje (Křivský, 2. 8. 2011; Papež, Smutná, 2012).

7. Vytápění

K rozhodnutí o volbě vhodného zdroje tepla by bylo třeba věrohodných prognóz vývoje cen energií na desítky let dopředu, ty však nejsou k dispozici. Energie nicméně v dohledné době levnější nebude, proto je výhodné energii šetřit (Tywoniak, 2005: 82; Srdečný, Truxa, 2009: 49). To lze udělat mnoha způsoby, nejvíce se však vyplatí dobře tepelně zaizolovat dům a pak instalovat jednoduchý, účinný a snadno regulovatelný vytápěcí systém (Murtinger, Truxa, 2010: 15).

Z celkové spotřeby energie starších obytných domů a běžných novostaveb má největší podíl vytápění, na ohřev teplé vody a provoz elektrických spotřebičů je užitá poměrně malá část energie. U NED a zejména PD je však spotřeba energie na ohřev vody a provoz elektrických spotřebičů v poměru k vytápění o mnoho výraznější (Dufka, 2006: 10-11; Murtinger, Truxa, 2010: s. 47). Proto je vhodné rozdělit prostory v budově na vytápěné a nevytápěné, které budou vzájemně tepelně odděleny. Optimální zónování přispěje ke kvalitě bydlení z hlediska využívání solárních zisků okny a vytápění; má i zdravotní výhody (Báčová et al., 2010: 50). Vytápění je možné koncipovat centrálně či lokálně. Ústřední zdroj tepla poskytuje teplo pro celý objekt, pokud má být regulovatelná každá místnost zvlášť, je nutný decentralizovaný topný systém (Srdečný, Macholda, 2004: 60, 63).

Vytápění má zajistit tepelnou pohodu, kdy člověku není ani zima, ani teplo (Bašta, 2010: 14).⁶³ Teplota pociťovaná člověkem je průměrem mezi teplotou vzduchu v místnosti a teplot ploch ohraničujících místnost (Pregizer, 2009: 49).⁶⁴ Tam, kde člověk odpočívá či vykonává duševní nebo lehkou fyzickou práci, bývá jako příjemná pociťována teplota mezi 18 °C a 23 °C.⁶⁵ U běžných staveb, kde bývají teploty okolních ploch často i nižší než 16 °C, musí být pro zajištění tepelné pohody dosaženo vyšší teploty vzduchu.⁶⁶ Naopak u

⁶³ Vzhledem k individuálním odchylkám fyziologie lidí však nikdy tepelnou pohodu necítí všichni. Vždy je určitý podíl těch, kteří pociťují tepelnou nepohodu (Bašta, 2001: 5).

⁶⁴ Teplota pociťovaná jako příjemná závisí na intenzitě proudění vzduchu a jeho vlhkosti a čistotě, na míře oblečení, fyzickém i psychickém stavu obyvatel a prostorovém rozložení teplot v místnosti, které nesmí vykazovat velké rozdíly (Bašta, 2001: 13; Bašta, 2010: 15-16).

⁶⁵ Pro ženy je přitom optimální teplota o 1 až 2 °C vyšší než pro muže (Bašta, 2001: 15).

⁶⁶ Pokud je rozdíl mezi teplotou vzduchu a ploch ohraničujících místnost větší než 4 °C, může ho člověk vnímat jako nepříjemný. Dále by neměl být rozdíl mezi teplotou v úrovni hlavy a nohou člověka větší než 2 °C (Dufka, 2006: 18; Počinková, Treuová, 2002: 7).

PD nebývá povrchová teplota ploch ohraničujících místnosti nižší než 18 °C. V takovém případě stačí, aby teplota vzduchu v místnosti dosahovala 20 °C, pocitovaná teplota pak má 19 °C (Počinková, Treuová, 2002: 6). Tím dochází k ušetření značných prostředků na vytápění - snížením teploty o 1 °C se ušetří zhruba 6 % paliva (Plánička, 28. 11. 2011).⁶⁷

Pro vytápění a ohřev vody je nejlepší zvolit jednoduchý systém, aby nevyžadoval nákladnou regulaci. Vedení by mělo být co nejkratší a mělo by být celé umístěno ve vytápěné části budovy. I tzv. zásobník teplé vody by měl být umístěn uvnitř vytápěného pláště budovy, neboť pak tepelné ztráty ze zásobníku pomáhají vytápět budovu (Pregizer, 2009: 44).

7.0.1. Chlazení budovy

U energeticky úsporných budov je třeba minimalizovat potřebu chlazení. U administrativních budov je situace složitější, nicméně správně navržené obytné stavby ve středoevropských podmínkách nepotřebují strojní chlazení (Báčová et al., 2010: 50). K tomu je třeba snížit solární zisky stíněním a umístěním oken a jejich vhodnou velikostí, jež se využije na nahrazení tepelných ztrát v zimě, a snížit vnitřní zisky používáním úsporných spotřebičů a osvětlovacích systémů (Tywoniak, 2005: 37). Je též možné větrací jednotky přepnout na režim, kdy odpadní vzduch prochází kolem výměníku tepla přes bypass a tudíž neohřívá nasávaný chladný vzduch, případně chladit tepelným čerpadlem (Báčová et al., 2010: 68).⁶⁸

Pokud je i přesto chlazení nutné, před strojním chlazením je lepší dát přednost předchlazování nasávaného vzduchu v zemním výměníku tepla nebo technikám tzv. tichého chlazení, jimiž jsou například tzv. chladicí stropy, aktivace betonového jádra či intenzivní výměna vzduchu chladným nočním vzduchem.⁶⁹ Tak jsou vychlazovány

⁶⁷ Průměrná teplota v Praze během otopného období je cca 4 °C. Průměrná teplota uvnitř domu je během otopného období cca 19 °C, rozdíl je tedy 15 °C. Z toho vyplývá, že 1 °C je cca 6,7 % paliva (100%/15). Tento propočít funguje podobným způsobem na celou ČR (Plánička, 2. 1. 2012).

⁶⁸ Tepelné čerpadlo není jen zdrojem tepla, ale též chladu. Na stejném principu, na němž je založena výroba tepla v zimě, je možno využitím reverzního chodu získat chlad.

⁶⁹ U chladicích stropů jsou kromě nosné výztuže do betonu integrovány kabely, které slouží k rozvodu vody. Intenzivní výměna vzduchu chladným nočním vzduchem spočívá v nočním vychlazení masivních konstrukcí, které pak do sebe dokážou pojmout velkou část tepelné zátěže.

masivní konstrukce, které pak uvolňují chlad a udržují příjemnou teplotu (Tywoniak, 2005: 37-38; Báčová et al., 2010: 50-51).

7.1. Distribuce tepla

Teplu od zdroje tepla nejčastěji roznáší vzduch a voda (Počinková, Treuová, 2002: 27). Tzv. teplovzdušné vytápění rozvádí od zdroje tepla do místností ohřátý vzduch vzduchotechnickým potrubím nebo kanály. Lze ho sloučit s větráním, což eliminuje potřebu větrání okny. Nejčastěji se však v ČR používají teplovodní soustavy, konkrétně kotel spojený trubkami s radiátory v místnostech. Výhodou teplovodního systému jsou nižší investiční náklady díky široké nabídce kotlů, topných těles a regulace (Srdečný, Macholda, 2004: 63-65).

Co se týče distribuce tepla do místností, energeticky úsporné domy se příliš neliší od běžné výstavby. Lze v nich využít všech způsobů předávání tepla do místností od vytápění vzduchem přes plošné sálavé vytápění (podlahové, stěnové, stropní) až po klasická otopná tělesa a konvektory.⁷⁰ Teplu se přitom předává prouděním (neboli konvekcí) či sáláním (neboli radiací).⁷¹ Rozdíl u obou způsobů předávání tepla spočívá v průběhu ohřevu stěn a vzduchu. U konvekčního vytápění se nejprve ohřeje vzduch v místnosti a od něj teprve stěny a podlaha, velkoplošné vytápění ohřeje nejdříve podlahu (či stěny) a od ní se pak ohřívá vzduch v místnosti (Dufka, 2006: 25; Bašta, 2001: 212). Výhodou sálavých systémů je, že teplo je pro uživatele příjemnější a někdy umožňuje snížení vnitřní teploty (a tedy úsporu paliva) v místnostech při dosažení stejné tepelné pohody jako u teplovzdušného systému (Počinková, Treuová, 2002: 8).

Aktivace betonového jádra je technikou, kdy se v nosném prvku (železobetonovém stropu) vedou rozvody, v nichž tekutina ochlazuje nebo ohřívá konstrukci. V zimě rozvody slouží jako otopný systém (Tywoniak, 2005: 37; Báčová et al., 2010: 51).

⁷⁰ Otopná tělesa (jež jsou nazývána též jako tzv. radiátory) jsou topné plochy, jež kryjí tepelnou ztrátu prostoru a zajišťují tak tepelnou pohodu (Bašta, 2001: 73).

⁷¹ Konvekce nastává, pokud částice ve velkém počtu mění svou polohu v prostoru a přitom s sebou unášejí svou energii, což může nastat v kapalinách a plynech. U radiace se teplo přenáší elektromagnetickým zářením, jež se šíří i ve vakuu a jež absorbují a sálají hlavně tuhá tělesa a kapaliny (Počinková, Treuová, 2002: 9-10). K předávání tepla prouděním dochází u teplovzdušného vytápění (podíl proudění 100 %), konvektorů (85-100 %), deskových (40-80 %), článkových (60-70 %) a trubkových otopných těles (60-80 %). Sáláním se teplo předává u velkoplošných vytápěcích soustav - podlahové vytápění má podíl sálání 55 %, stěnové 65 % a stropní 80 % (Bašta, 2001: 53, 60-61, 99, 214-215).

7.1.1. Teplovzdušný systém vytápění

Rozvod vzduchu lze současně využít k distribuci tepla, následkem čehož není potřeba klasická otopná soustava. Tento systém ale lze realizovat jen u domů s nízkou tepelnou ztrátou, protože vzduch má malou schopnost vést teplo. V ostatních případech je nutné instalovat doplňkový zdroj tepla (Báčová et al., 2010: 67).

Nevýhodou teplovzdušného vytápění je složitější rozvodný systém než u pouhé rekuperace a větší průměr rozvodů. Dokáže však oproti sálavým zdrojům tepla pružněji reagovat na změny teplot (Báčová et al., 2010: 67).⁷² Ohřev vzduchu je realizován buď přímo v rekuperační jednotce, nebo decentrálně v potrubí u každé místnosti. Tento způsob sice zajišťuje lepší regulovatelnost teplot v místnostech, ale je nákladnější. Přiváděný vzduch lze ohřívat mj. elektrickým přímotopem (nízké investiční, ale vysoké provozní náklady) či tepelným čerpadlem (vysoké investiční, ale nízké provozní náklady). Systém vytápění přesto lze doplnit o záložní zdroj tepla (Pregizer, 2009: 41-42).

7.1.2. Podlahové vytápění

Na pohodu lidí v místnosti má mimo teploty vzduchu vliv i teplota stěn. Jsou-li stěny studené, vzduch je třeba ohřát na vyšší teplotu; naopak teplé stěny či podlaha umožní vytápět na nižší teploty. Negativní vliv několika studených stěn lze vyvážit jednou velkou teplou plochou, která teplo vyzařuje (Srdečný, Macholda, 2004: 65).

Podlahové (či stěnové a stropní) vytápěcí soustavy se dělí na teplovodní a elektrické; teplo se zde předává buď skrze trubky s teplou vodou (viz obr. 10), anebo elektrické topné kabely. Liší se tak ve způsobu dodávky energie do podlahy, předávání tepla z podlahy do místnosti je ale vždy sáláním (Dufka, 2006: 23, 71). Podle režimu vytápění rozlišujeme podlahovou plochu akumulární, poloakumulární a přímotopnou, o čemž rozhoduje tloušťka akumulární vrstvy (betonu), hloubka uložení topných kabelů atd. (Bašta, 2010: 63).

⁷² Pokud vznikne požadavek na změnu dodávaného tepla, přiváděný vzduch doteče od jednotky do místnosti během vteřin. U klasické otopné soustavy se musí nastavit regulace, navíc v otopném tělese je teplo akumulované. Rychlost reakce je tak nejméně v řádu minut. U podlahového vytápění se musí akumulované teplo dostat přes vrstvy podlahy, což trvá v řádu hodin (Plánička, 28. 11. 2011).



Obr. 10 Teplovodní podlahové vytápění (Zdroj: Podlahové topení, cit. 9. 8. 2012)

Užívají se zejména systémy podlahového a stěnového vytápění, jež je vhodné spojit s nízkoteplotním zdrojem tepla (kondenzační plynový kotel, solární panely či tepelné čerpadlo). Rozložení teploty vzduchu v místnosti je zde téměř ideální (Srdečný, Macholda, 2004: 66). Povrchová teplota otopné plochy je ze všech druhů vytápění nejnižší i proto, že teplota vody pro podlahové vytápění je nižší než u konvekčního vytápění (Bašta, 2010: 16). To znamená i nižší spotřebu paliva, neboť díky sálání tepla z podlahy a dobrým rozložením teploty vzduchu lze snížit teplotu v místnosti až o 3 °C oproti použití radiátorů (Srdečný, Macholda, 2004: 66). Podlahové vytápění šetří prostor a má téměř bezprašný provoz. Je možné ho přizpůsobit k vytápění libovolně velkých ploch i ploch nepravidelného tvaru. Slabou stránkou je však potřeba velmi pečlivé práce a dobrá tepelná izolace podlahy, a tudíž vyšší investiční náklady (Dufka, 2006: 27-29).⁷³

7.2. Zdroje tepla

Teplu pro vytápění lze získat a distribuovat různě. Tradiční schéma umisťuje otopná tělesa pod okna, což omezuje riziko kondenzace vodní páry na sklech a přispívá k rovnoměrnějšímu rozložení teplot vzduchu v místnosti. Díky dobře izolovaným

⁷³ Stěnové vytápění může mít vyšší teploty a výkon, tudíž ho lze instalovat na menší ploše. Instalace je jednodušší a levnější než u podlahového topení, k vytápěcím stěnám ale nelze přistavovat nábytek a je třeba omezit další úpravy - zavrtávání hmoždinek atd. (Srdečný, Macholda, 2004: 66-67).

obvodovým konstrukcím je však možné u energeticky úsporných domů toto schéma opustit (Tywoniak, 2005: 83).

U těchto budov je však třeba nejdříve zajistit tepelnou izolaci obálky domu, teprve potom se lze zaměřit na vytápění (Pregizer, 2009: 46).⁷⁴ Energeticky úsporné budovy mají obecně výhodu, že kromě nižších nákladů na vytápění nehrozí při výpadku zdroje vytápění tak rychlý pokles teploty v mrazech jako u běžných domů (Hudec, 2010: 109). I v nejchladnějších dnech je však třeba alespoň pokrýt tepelnou ztrátu domu, tj. množství tepla, jež odchází z budovy (Počinková, Treuová, 2002: 17).

I v energeticky úsporných budovách se mohou instalovat obvyklé zdroje tepla, kvůli jejich vyššímu výkonu je však třeba zpravidla využít akumulární nádrží, která též zvyšuje hospodárnost otopné soustavy (Dufka, 2007: 84).^{75, 76} Akumulární nádrž je schopná absorbovat teplo i takového zdroje, který by byl jinak pro budovu příliš výkonný, a soustřeďovat energii různých zdrojů a teplotních úrovní. Z této nádrže se čerpá teplo pro vytápění i ohřev teplé vody (Tywoniak, 2005: 82). Akumulace je nutná, jinak by docházelo k častému zapínání a vypínání zdroje a tím jeho horší efektivitě a rychlejšímu opotřebení (Plánička, 28. 11. 2011).

Volba zdroje tepla závisí hlavně na velikosti domu, vlastnostech a ceně paliva.⁷⁷ Roli nicméně může hrát i vliv na životní prostředí a tím i zdraví obyvatel (Srdečný, Macholda, 2004: 68). Rodinný dům běžné velikosti nejčastěji vytápí kotel, v menších domech se dá využít krb nebo jiné lokální vytápění. Kotle na plyn nebo elektrickou energii mají oproti kotlům na tuhá paliva pružnější provoz, neboť je lze nárazově vypnout, kdežto

⁷⁴ Výkon zdroje tepla má odpovídat celkové tepelné ztrátě domu - čím přesněji je zdroj dimenzován, tím hospodárnějšího provozu lze dosáhnout (Dufka, 2007: 69).

⁷⁵ Důležitý je rozdíl mezi akumulární nádrží a zásobníkem teplé vody. Akumulární nádrž v sobě má otopnou vodu či jinou teplonosnou látku, jež v ní zůstává po dlouhé časové období. Oproti tomu zásobník teplé vody obsahuje vodu, která odtéká vždy, když se použije voda z kohoutku (Plánička, 28. 11. 2011).

⁷⁶ Kotel tak může určitou dobu pracovat na plný výkon a ohřívat vodu v akumulární nádrži, jež funguje jako zásobník tepla pro pozdější použití. Po ohřátí vody pak kotel funguje na nejnižší výkon s minimální spotřebou paliva či se nechá dohořet, tudíž není třeba tak často přikládat (Srdečný, Macholda, 2004: 70-71).

⁷⁷ Nejdůležitější vlastností paliv je jejich výhřevnost, což je množství tepla, které vznikne spálením paliva. Cena paliva tvoří největší část provozních nákladů (Dufka, 2007: 85).

kotel na uhlí i po vypnutí určitou dobu topí (Dufka, 2006: 72). Z ekologického hlediska jsou pak vhodné kotle na dřevo, solární kolektory a tepelná čerpadla (Dufka, 2007: 69).

7.2.1. Kotle

Kotel je nejčastějším zdrojem tepla v systému ústředního vytápění. Spaluje se v něm palivo a ohřívá teplotně nosná látka. Kvalitu kotle mj. určuje jeho účinnost, jež je ovlivněna stářím kotle, použitým palivem, způsobem spalování atd. Podle paliva se rozlišují kotle na tuhá paliva, plynná paliva a elektrickou energii (Počinková, Treuová, 2002: 71).^{78,79}

Kotle na tuhá paliva

Tyto kotle jsou vždy stacionární. Spalují zejména uhlí, dřevo či pelety (Počinková, Treuová, 2002: 84-85). Hnědé uhlí je běžné tam, kde není zaveden plynovod. Černé uhlí má větší výhřevnost, ale také vyšší cenu, proto se v domácnostech běžně nepoužívá. Dřevo je levnější než uhlí, je však pracnější na přípravu. V poslední době se rozšířily i kotle na pelety, jež se vyrábějí z dřevní hmoty (Dufka, 2007: 86-88).⁸⁰ Pro větší zdroje (např. blokové kotelny bytových domů) se využívá i štěpka, sláma nebo jiná spalitelná biomasa. Pro rodinné domy ale na takováto paliva nejsou dostupné dostatečně malé kotle (Srdečný, Macholda, 2004: 68-69).

Kotle na plyn

Plynnými palivy pro vytápění je zemní plyn a propan-butan (nicméně je možné využít i bioplyn). Zemní plyn se dopravuje potrubím, méně častý a dražší propan-butan se dodává v ocelových lahvích v kapalném stavu (Dufka, 2007: 89). Zemní plyn je

⁷⁸ Existují však i kotle schopné spalovat více druhů paliv (Dufka, 2007: 75).

⁷⁹ Z konstrukčních důvodů jsou na trhu kotle s poměrně velkým výkonem (od 18 kW). To je pro energeticky úsporné domy příliš vysoká hodnota, proto se doplňují akumulací nádrží (Srdečný, Macholda, 2004: 69-70).

⁸⁰ U pelet, granulí lisovaných z dřevního odpadu, odpadá příprava dřeva. Mají navíc vysokou výhřevnost, dobře se skladují a do kotle se dopravují automaticky šnekovým dopravníkem podle potřeby. Spalují se přímo, bez zplyňování, avšak za vyšší cenu kotlů i paliva (Srdečný, Macholda, 2004: 72).

komfortním a poměrně ekologickým palivem. O proces hoření není třeba se starat, kotle se dají dobře regulovat a není potřeba žádný skladovací prostor. Plynové kotle se z hlediska provedení a umístění dělí na stacionární a závěsné, z hlediska typů na klasické, nízkoteplotní a kondenzační (Počinková, Treuová, 2002: 74, 76).⁸¹ Nejvyšší účinnost a nejnižší provozní náklady (ale také nejvyšší cenu) mají kondenzační kotle, neboť lépe využívají teplo spalin. Čím jsou teploty ve vytápěcím systému nižší, tím vyšší je účinnost. Kotel tak pracuje nejúčinněji ve spojení s nízkoteplotním systémem. Použitím kondenzačního kotle lze ušetřit i 10-15 % paliva (Srdečný, Macholda, 2004: 73-75).

Elektrokotle

Topit elektřinou je lokálně čisté, bezpečné, regulovatelné; není třeba komín.⁸² Jsou tu vyšší provozní náklady než u ostatních zdrojů, existuje však množství tarifů elektrické energie. Tyto kotle mají přímotopný, akumulární nebo smíšený ohřev topné vody. Přímotopný elektrokotel se používá většinou jen jako doplňkový zdroj (např. v kombinaci s tepelným čerpadlem). Akumulární kotle ohřívají topnou vodu v akumulární nádrži mimo odběrové špičky v době snížené sazby elektrické energie (Počinková, Treuová, 2002: 87). Provoz elektrokotlů musí povolit dodavatel elektřiny do sítě, neboť velký okamžitý odběr elektrické energie může zatěžovat elektrickou síť. Protože se v budoucnu počítá se zvyšováním ceny za elektrickou energii, bude provoz elektrokotlů stále méně ekonomicky výhodný (Dufka, 2007: 75).

7.2.2. Lokální topidla

Lokální topidla se uplatní zejména v menších objektech s občasným užíváním. Jsou určena k přímému vytápění místnosti, v níž se nacházejí. Dělí se na topidla plynová,

⁸¹ Nízkoteplotní kotle jsou mezistupněm mezi klasickými a kondenzačními kotli (Počinková, Treuová, 2002: 75-76).

⁸² Celkově vzato je to však ekologicky nevhodný zdroj. Většina typů elektráren pracuje s účinností do 30 %, tudíž 1 kWh na elektroměru je asi 3 kWh primární energie. K tomu dochází ke ztrátám elektrické energie v přenosové síti, jejíž výstavba a údržba by též měla být brána v potaz. Výhodnější jsou proto paliva jako zemní plyn či topný olej, jež se dají spalovat v místě použití, případně systémy využívající obnovitelné zdroje energie (i ty ale spotřebovávají neobnovitelné zdroje na pohon čerpadel, dopravu, zpracování paliv atd.). Převádět palivo na tepelnou, poté elektrickou energii, vést ho na určitou vzdálenost a tam ho měnit zpět na teplo je neefektivní. Spotřeba elektrické energie (nejen) na vytápění by proto měla být co nejvíce redukována (Tywoniak, 2005: 22-23; Srdečný, Truxa, 2009: 19).

elektrická a na tuhá paliva - krby a krbová kamna (Počinková, Treuová, 2002: 51, 53). Moderní plynová i elektrická topidla mají účinnost srovnatelnou s kotli. Kde není zaveden plyn, lze použít propan-butan, který je však dražší (Dufka, 2007: 79).

Lokální elektrická topidla se dělí na topidla přímotopná, akumulční a hybridní. Mohou to být přímotopné spotřebiče s přirozeným oběhem vzduchu nebo ventilátorem (konvektory), nástěnné přímotopné infrazářiče, přímotopné koberce, akumulční a hybridní kamna. Přímotopná topidla přeměňují okamžitě elektrickou energii v tepelnou, akumulční ukládají teplo do tzv. jádra, což jsou cihly s dobrou schopností teplo pojmát a zpětně vydávat. Hybridní neboli kombinovaná topidla mají vlastnosti obou předchozích (Počinková, Treuová, 2002: 52-53; Dufka, 2007: 79). Elektrickými přímotopy můžeme topit v každé místnosti na jinou teplotu. Výhodou jsou nízké pořizovací náklady, protože odpadají náklady na kotel, komín, rozvody topné vody a regulaci. Nevýhodou jsou vyšší provozní náklady. Další nevýhodou je zdravotní hledisko, neboť se na topné ploše může pálit prach z bytu (Srdečný, Macholda, 2004: 62).

7.2.3. Kamna a krby

Kamna a krby, jež bývají umístěny v hlavní obytné místnosti domu, zvyšují estetickou úroveň prostoru, ale mají ze všech zdrojů tepla nejnižší účinnost (Dufka, 2007: 77-78). Krby s otevřeným ohništěm jsou neefektivní, málo komfortní a je tu riziko požáru, proto se objevily účinnější a bezpečnější krbové vložky či vložky do kamen. V každém případě lze krby a kamna chápat spíše jako zpestření bydlení, ne cestu k úsporám, protože regulace dokáže málokdy zabránit přetápění domu (Srdečný, Macholda, 2004: 60, 62, 72-73; Počinková, Treuová, 2002: 53-54).

7.2.4. Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo (dále jen TČ) je zdrojem energie získávající teplo ze vzduchu, vody nebo země. Je poháněno elektrickou energií. Princip jeho fungování je podobný principu chladničky - teplo, které chladnička odebírá potravinám, předává do vzduchu v místnosti, kde je umístěna. TČ podobně přečerpává teplo z vnějšího prostředí do domu (Karlík, 2009: 7-8).

Širšímu použití dříve bránila cena a příliš velký výkon čerpadel, který se však snížil (Hudec, 2010: 110). Ve srovnání s jinými zdroji má TČ stále mnohem vyšší pořizovací náklady, provozní náklady jsou však nízké.⁸³ Celkově TČ dodá domu až čtyřikrát více energie, než spotřebuje, navíc lokálně neprodukuje žádné emise (Srdečný, Truxa, 2009: 9, 63).

U TČ je efektivita vyjádřena tzv. topným faktorem, který udává poměr spotřebované energie k energii, jež TČ získá pro využití (Vytápění.cz, 2012a).^{84,85} Topný faktor se však mění dle podmínek, v nichž TČ pracuje. Nejlépe TČ spolupracuje s tzv. nízkoteplotními systémy, zejména s podlahovým či stěnovým vytápěním (Karlík, 2009: 57).

Potřeba tepla pro vytápění se během roku mění. Dimenzovat TČ na maximální výkon je většinou neekonomické, většina TČ proto pracuje v tzv. bivalentním provozu, kdy po určitou dobu dodává teplo kromě TČ druhý, špičkový zdroj tepla. Tento zdroj slouží i jako záloha pro případ výpadku TČ (Karlík, 2009: 53-54; Srdečný, Truxa, 2009: 35). Monovalentní provoz TČ lze využít jen u energeticky vysoce úsporných rodinných domů. Výhodou je, že systém nemusí spolupracovat s dalším zdrojem (Karlík, 2009: 54-55).

Primárními zdroji tepla pro TČ je země, voda nebo vzduch. Systémy tepelných čerpadel se označují výrazy země, voda a vzduch oddělenými lomítkem. První značí, odkud TČ bere energii, druhé, jak TČ energii dodává do domu (Dufka, 2007: 80).

TČ typu země/voda

Tento typ je v ČR nejrozšířenější. Má podobu zemního kolektoru, geotermálního vrtu či energetických pilotů.⁸⁶ Ve vztahu ke klimatickým podmínkám je nejstabilnější a

⁸³ Provoz a údržba systému vytápěného TČ je shodná s běžnými topnými systémy, nejsou nutné žádné zvláštní znalosti (Karlík, 2009: 74).

⁸⁴ Topný faktor se označuje též jako COP, z anglického Coefficient of Performance (Srdečný, Truxa, 2009: 16).

⁸⁵ Pokud je tedy topný faktor 3, pak dodáním 1 kW elektrické energie vyrobí TČ 3 kW tepla.

⁸⁶ Stavby se provádějí s piloty tam, kde je nezpevněné podloží, jež neumožňuje použití klasických základů. Zejména jde o místa se zvýšenou hladinou spodní vody nebo u vodních toků. Piloty je možné využít pro jímání a ukládání tepelné energie, pak jsou to piloty energetické. Je do nich

má velmi dlouhou životnost, nevýhodou je nutnost provedení zemních prací. Kolektor je v tomto ohledu méně náročný na realizaci a finance než geotermální vrty, ale má horší průměrný topný faktor.⁸⁷ Půda se ochlazuje potrubím vedeným v nezámrazné hloubce. Podmínkou je dostatečně velký, volný pozemek u domu bez stromů (Karlík, 2009: 13, 20; Srdečný, Truxa, 2009: 28, 64).

Geotermální sondy, prováděné většinou do hloubky 150 m, jsou i přes vyšší pořizovací cenu absolutně nezávislé na vlivu počasí (Karlík, 2009: 30). Díky tomu je lze použít téměř kdekoli, i v horských oblastech. TČ se může skládat i z několika vrtů, jež lze díky celoročně konstantní teplotě využít i pro chlazení domu v letním období, přičemž teplo z domu slouží k regeneraci vrtů pro zimní období (Srdečný, Truxa, 2009: 21-23, 29).

TČ typu vzduch/voda

Jeho použití se rozšiřuje díky zlepšení provozních parametrů. Má mnoho výhod díky snadné instalaci a univerzálnosti. Není třeba zemních prací, čímž se snižují pořizovací náklady. Jeho výkon se mění s teplotou venkovního vzduchu - pokud vzrůstá teplota vzduchu, roste i výkon TČ (Karlík, 2009: 13-15).

V ČR je časté rozdělení na venkovní a vnitřní jednotku (tzv. split), existuje však i provedení, kdy se celé TČ nachází venku, anebo uvnitř. V případě děleného provedení venkovní část nasává okolní vzduch a je většinou umístěna na jižní straně domu nebo na střeše, vnitřní část zajišťuje ohřev teplé vody a topného systému. Zejména při venkovním provedení je třeba zamezit přílišné hlučnosti, která může vadit obyvatelům domu i sousedům.⁸⁸ Naopak při provedení uvnitř domu lze TČ snáze hlukově izolovat (Srdečný, Truxa, 2009: 30-32; Karlík, 2009: 50-51).

instalována smyčka z potrubí, v níž obíhá nemrznoucí kapalina, a vedena do TČ (Karlík, 2009: 40-41).

⁸⁷ Teplota v zemině kolísá podle průměrné venkovní teploty, proto se topný faktor během roku mění. Nejhorší je koncem topné sezony, kdy je z půdy teplo do značné míry již odčerpáno (Srdečný, Truxa, 2009: 28).

⁸⁸ Mimo hlučnosti je při venkovním provedení tohoto typu TČ problém se vznikem námrazy (Počinková, Treuová, 2002: 90).

TČ typu vzduch/vzduch

Fakticky se jedná o variantu teplovzdušného vytápění, zde je však zdrojem, který ohřívá vzduch pro vytápění domu, právě TČ. Pracuje stejně jako TČ vzduch/voda, jen se tepelný výkon předává přímo vnitřnímu vzduchu domu. Mezi tento typ TČ bývají řazeny i systémy na rekuperaci tepla, jedná se však o složité systémy s kombinací výměníků tepla (Karlík, 2009: 16-17; Počinková, Treuová, 2002: 90).

TČ typu voda/voda

Tento typ využívá podzemní nebo povrchové vody. Odběr tepla ze spodní vody nabízí sice nejvyšší topný faktor při nejnižších nákladech, ale dá se použít jen minimálně. Na pozemku musí být zdrojová studna s celoročně dostatečnou vydatností vody a vsakovací studna pro vrácení ochlazené vody do podloží. Voda dále nesmí být příliš mineralizovaná ani zanesená nečistotami (Karlík, 2009: 16, 43-44; Počinková, Treuová, 2002: 89).⁸⁹ Též je nutné získat stavební povolení, což je oproti geotermálním vrtům složitější (Srdečný, Truxa, 2009: 25-26).

Využití povrchové vody TČ je výjimečné, neboť její teplota je poměrně nízká; nezdřídka zamrzá a obvykle je znečištěná.⁹⁰ Možnost odběru tepla je dále spojena s náročnou administrativou a souhlasem majitele či správce, navíc jen málo domů se nachází přímo u využitelné vodní plochy (Srdečný, Truxa, 2009: 27-28).

7.2.5. Solární kolektory

Je důležité rozdělovat fotovoltaiku a fototermiku - sluneční kolektory se dělí na fotovoltaické (dále jen FV) kolektory, které vyrábějí elektrickou energii, a teplovodní kolektory, které ohřívají vodu nebo nemrznoucí směs (Vytápění.cz, 2012b). Účinnost těchto systémů ovlivňuje zeměpisná šířka a klima (v ČR jsou nejvýhodnější nížiny a oblast jižní Moravy), roční doba, charakteristiky plochy, na niž sluneční záření dopadá (sklon, orientace, zastínění), a oblačnost (Murtinger, Truxa, 2010: 8-9; Dufka, 2007: 82). Přeměna

⁸⁹ Pokud voda nesplňuje požadavky na čistotu a chemické složení, je možno přidat výměník, jež lze v případě zanesení rozebrat a vyčistit. Nevýhodou je však snížení topného faktoru (Srdečný, Truxa, 2009: 25).

⁹⁰ Proto se teplo odebírá kolektory ponořenými na dně toku (Karlík, 2009: 46).

slunečního záření na teplo se využívá častěji, neboť je jednodušší než jeho přeměna na elektrickou energii (Murtinger, Truxa, 2010: 13).

Teplovodní kolektory se dělí na dva typy - ploché neboli deskové, které jsou levnější, a trubkové vakuové, jež mají vyšší účinnost.⁹¹ Důležitá je dostatečně velká, dobře osluněná plocha a vhodná orientace.⁹² Kolektory lze umístit mimo budovu nebo na ni, nad střešní krytinu či do ní, případně na fasádu domu. Sluneční energie z kolektoru se skladuje do doby jejího použití (Pregizer, 2009: 45-46). K tomu se používají tepelně izolované akumulční zásobníky teplé vody, z nichž se podle potřeby teplo odebírá zejména na přípravu teplé vody, vytápění, případně i užitkové účely či bazén (Dufka, 2007: 82). Příprava teplé vody může být v letních měsících zajištěna plně pomocí solární energie. V zimní polovině roku, kdy je největší spotřeba energie na vytápění, je k dispozici jen málo solární energie. V té době se proto energie dodává dalším zařízením, které přitápí budovu (Plánička, 28. 11. 2011).

V současnosti existují různé druhy FV článků, nejčastěji monokrystalické, polykrystalické a amorfni články (Pregizer, 2009: 47; Murtinger, Truxa, 2010: 67-72). Podle velikosti FV zařízení se lze dostat až na úroveň tzv. nulového domu nebo i domu s přebytkem vyrobené energie, tzv. plusového domu. Z hlediska nákladů je však u FV panelů podstatná minimalizace jejich velikosti, neboť je k dispozici jen omezená osluněná plocha domu ve vhodném sklonu (Tywoniak, 2010: 85-86; Murtinger, Truxa, 2010: 69-70).

Solární kolektory jsou dnes na vrcholu vývoje, zřejmě se zásadně nezvýší jejich účinnost ani nesníží cena. Jejich výhodou jsou nízké provozní náklady, je však nutný pravidelný servis. S rozšířením tepelných čerpadel (kde se však také již nečeká revoluční změna) a fotovoltaiky bude tato technologie zřejmě vytlačována. Oproti tomu fotovoltaika bude postupně konkurenceschopná ostatním zdrojům elektřiny, protože se rozvíjejí nové technologie, zejména tenkovrstvé články (Hudec, 2010: 110; Murtinger, Truxa, 2010: 71-72).

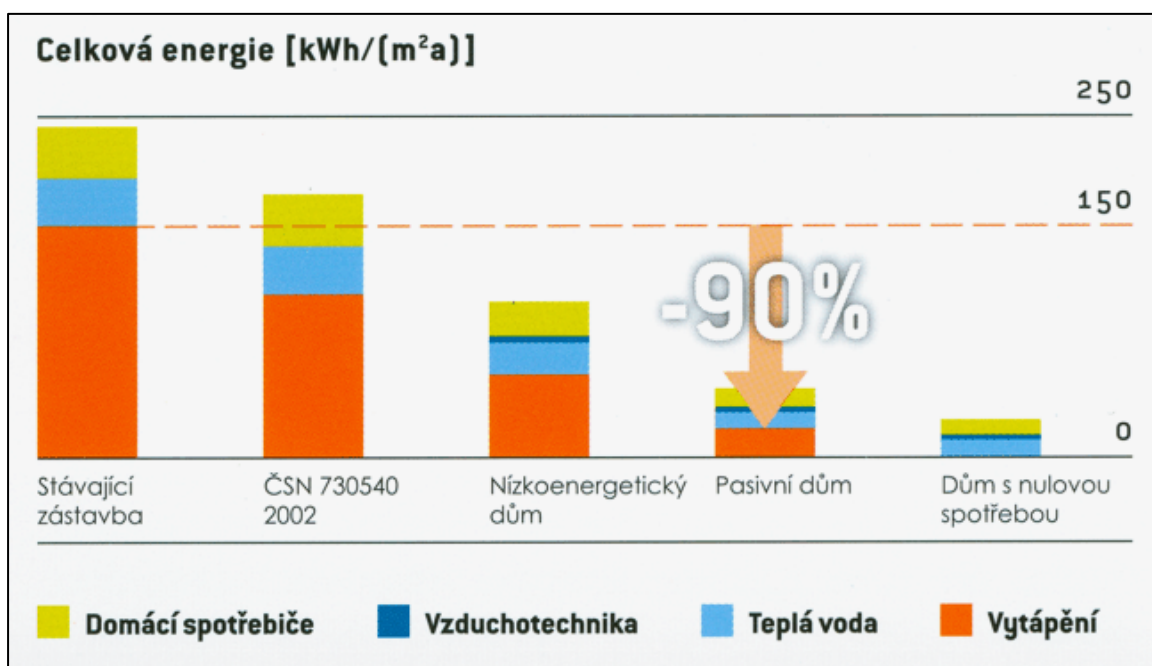
⁹¹ Díky vakuu mají trubkové kolektory minimální tepelné ztráty, proto mohou na rozdíl od plochých kolektorů získávat teplo i při velmi slabém slunečním záření (Pregizer, 2009: 45).

⁹² Na celoroční použití je vhodný sklon kolektorů 45° až 55°. Pro zimní využití slunečních paprsků je optimální sklon 60 až 70°, pro letní 30° až 45° (Budiaková, 2009: 346; Murtinger, Truxa, 2010: 9).

EMPIRICKÁ ČÁST

Výzkumná část diplomové práce se zabývá srovnáním ceny a energetických vlastností různých energetických tříd vybraných domácích elektrospotřebičů a následně potřeby tepla na vytápění různých typů obytných domů, přičemž je zohledněna i pořizovací cena budovy. Cílem tohoto srovnání je poskytnout zákazníkům poptávajícím tyto statky vodítko při nákupu se zřetelem k energetické a ekonomické efektivnosti. Mimo tyto kategorie budou diskutovány i jiné, např. vlivy na životní prostředí.

Důvod zvoleného srovnání pořizovací ceny a provozních nákladů elektrospotřebičů s potřebou tepla na vytápění v domě tkví v rozložení energetických nároků budovy. Ty jsou určeny nároky domácích spotřebičů, přípravou teplé vody a náklady na vytápění (viz obr. 11). V úspornějších typech budov pak získávají na významu též vzduchotechnické systémy. Jejich provoz se nicméně promítá do snížené potřeby vytápění, pro účely této práce energetická náročnost vzduchotechnických systémů tedy není přímo zahrnuta.⁹³



Obr. 11 Energetická náročnost různých typů budov – rozdělení (Zdroj: Pasivní stavby s.r.o., cit. 12. 5. 2012)

⁹³ Ačkoli vzduchotechnické systémy určitou energii svým provozem spotřebovávají, mnohánásobně více ji svým provozem šetří.

Příprava teplé vody je pro energetickou spotřebu obytné budovy důležitější než vzduchotechnika. Při projektování je na člověka a den počítáno s fixním množstvím teplé vody (běžně 40 litrů), není tak počítáno s individuální spotřebou konkrétního člověka (Plánička, 28. 11. 2011; Matuška 15. 6. 2012). Pomineme-li omezení spotřeby teplé vody (dále jen TV), je jedinou možností úspor technická stránka přípravy TV - např. příprava solárními kolektory, kdy je alespoň část TV vyráběna s nulovými provozními náklady. K porovnání by však bylo třeba zjistit všechny dostupné technologie na přípravu TV, jejich pořizovací ceny a provozní náklady. Zejména složitost získávání potřebných dat byla důvodem, proč nebyla příprava TV do této práce zahrnuta.

Zůstává tak množina domácích elektrických spotřebičů a vytápění, které budou pojednány v následujících dvou kapitolách.

8. Domáci spotřebiče

Tato kapitola porovnává energetickou a ekonomickou výhodnost různých energetických tříd spotřebičů. Nebylo účelem zjistit tuto výhodnost u všech domácích spotřebičů, nýbrž jen u reprezentativního vzorku. Výběr spotřebičů byl proveden na základě dřívější práce autora (viz příloha č. 1 - Výpočet veškeré osobní energetické spotřeby ve vybraném časovém období), jež se věnovala výpočtu celkové osobní energetické spotřeby, a současně podle toho, zdali na trhu existují různé energetické třídy konkrétního spotřebiče (označované např. A+, A++, ale též A-10%, A-20%).⁹⁴ Nebyl tak porovnáván počítač, který jinak může být jedním z nejnáročnějších domácích elektrospotřebičů.⁹⁵ Byly však vybrány zbylé spotřebiče, jež se umístily na prvních pěti místech spotřeby – lednice, žárovky, myčka a pračka (viz příloha č. 1). V tomto pořadí jsou na následujících stranách porovnány.

Ačkoli celková spotřeba elektrické energie v ČR setrvale narůstá, spotřeba elektrické energie českých domácností se od roku 1997 prakticky nemění (ERÚ, 2011). Tento fakt může znít překvapivě, neboť předpokladem je, že vybavenost českých domácností spotřebiči stále stoupá, což by mělo zvyšovat spotřebu elektrické energie. Možné vysvětlení je dvojí – buď české domácnosti opravdu vědomě šetří elektrickou energií, nebo jsou vyráběny stále efektivnější spotřebiče.

8.1. Metodika výpočtu

U všech spotřebičů byla sledována pořizovací cena a spotřeba elektrické energie (u lednic za den, u žárovek za hodinu a u myček a praček za cyklus). U lednic byl dále

⁹⁴ Energetické třídy spotřebičů měly dvě rozdělení. Buď známé dělení tříd A, A+, A++ a A+++, nebo A, A-10%, A-20% a A-30%. Myšlenkou za druhým dělením je, že třída A-10% má o 10 % nižší spotřebu elektrické energie než A, A-20% o 20 % atd. Při bližším porovnání tyto typologie vykazovaly stejné hodnoty, proto byla užitá pouze prvně zmíněná klasifikace.

⁹⁵ Osobní počítač bohužel pro toto srovnání nebylo možné využít, neboť vzhledem ke komponentovému složení (typ grafické karty, monitoru, procesoru, chladičů, reproduktorů atd.) a absenci jednotného energetického značení nebylo možné sestavit koherentní seznam osobních počítačů, jenž by se dal porovnat. Zákazník by však měl vědět, že např. volba mezi pasivní a aktivní grafickou kartou je zásadní. Samozřejmě je základní rozdíl též mezi notebookem a stolním počítačem.

porovnáván jejich užitný objem, u myček a praček spotřeba vody na jeden cyklus a u žárovek životnost a svítivost. Další parametry nebyly přímo porovnávány, nicméně alespoň na některé je odkázáno. Pro účely diskuze výsledků bylo použito mj. i výsledků časopisu dTest. Údaje jsou čerpány z dokumentace výrobců, resp. prodejců, věrohodnost údajů byla několikanásobně ověřena u různých internetových prodejců. Ne všichni prodejci přesto udávají stejné informace. Tam, kde se údaje rozcházel, byl převzat údaj, jenž se vyskytoval nejčastěji. Ve většině případů však byly údaje prodejců shodné.

Jednotlivé spotřebiče byly vybírány podle dostupné nabídky českých internetových obchodů, přičemž důraz byl kladen na výběr výrobků od různých výrobců. Při výběru jednotlivých výrobků se uplatňovalo obecné pravidlo porovnat v každé energetické třídě dva různé výrobky od jednoho výrobce. Výjimkou byly žárovky, kde byly porovnávány výrobky méně výrobců kvůli horší dohledatelnosti. Vzhledem k absenci značení energetických tříd byly žárovky rozděleny na tři skupiny dle jejich konstrukčního typu. Volba výrobců spotřebiče byla provedena na základě zastoupení výrobce na trhu internetových prodejců – k tomu byly použity informace z www.zbozi.cz.⁹⁶ V mnoha případech však nebylo možné tento postup dodržet, neboť nebylo možné takový výrobek dohledat. Pak byl zvolen jiný výrobce a jeho výrobky. Arbitrárnost výběru spotřebičů v rámci tohoto přístupu bylo zamýšleno zmírnit množstvím porovnávaných spotřebičů, z nějž je možno odvodit obecné tendence.

Stejným způsobem byly vybrány u spotřebičů typy s největším zastoupením na trhu, jež byly porovnávány. Byly tedy zahrnuty kombinované lednice s mrazničkou dole, pračky s předním plněním a myčky šíře 60 cm.⁹⁷ Rozdíl mezi vestavnými a samostatně stojícími spotřebiči, designové provedení apod. tato práce neuvažuje, ačkoli mohou ovlivňovat cenu spotřebiče. Na jeho funkci a energetickou náročnost však tyto charakteristiky nemají vliv a je jen na uživateli a jeho preferencích, jaký spotřebič zakoupí.

Ačkoli na trhu existují stovky různých typů daného spotřebiče, účelem srovnání není udělat jejich vyčerpávající výčet. Kromě toho se některé typy prodávají jen v jednom či dvou obchodech, což znemožňuje ověření charakteristik (detaily o spotřebě, označení

⁹⁶ Na stejném principu však funguje např. www.heureka.cz.

⁹⁷ Aby bylo možné provést na omezeném prostoru srovnání, byly vypuštěny jednodvěřové a americké lednice, pračky s horním plněním, úzké pračky do 45 cm, pračky se sušičkou, myčky šíře 45 cm a stolní myčky. Tyto výrobky však na trhu internetových prodejců mají malé zastoupení.

energetické třídy atd. se u různých prodejců v některých případech liší). Jiné mají shodné sledované charakteristiky (stejnou spotřebu elektrické energie a stejný užitečný objem u lednic apod.), tudíž jejich srovnání by postrádalo smysl. Pokud byly sledované charakteristiky výrobků výjimečně stejné, pak se vždy jednalo o různé výrobce. Tato omezení vzorek dosti zúžila. Vzorek spotřebičů byl v případě lednic, praček a myček určen na 60 zástupců ve čtyřech třídách, v případě žárovek, které nejsou klasifikovány podle energetických tříd, bylo určeno 50 zástupců ve třech skupinách. Velikost vzorku byla stanovena v průběhu sběru dat mj. dohledatelností vhodných spotřebičů; nad tento počet bylo vzhledem k výše zmíněným důvodům obtížné nalézat další spotřebiče do vzorku.

Požizovací ceny spotřebičů byly opět získávány z www.zboží.cz, kde se udávají ceny až od několika desítek prodejců, přičemž do srovnání byla vždy brána nejnižší ověřená cena (v příloze č. 2 je nicméně pro zajímavost zmíněna i maximální cena). Tento způsob byl zvolen s ohledem na chování zákazníka, který při výběru cen stejného spotřebiče bude dle předpokladu vybírat cenu nejnižší. Cena za dopravu spotřebiče k zákazníkovi nebyla kvůli zjednodušení a zanedbatelné výši vůči pořizovacím a provozním nákladům uvažována. Nebyl také porovnáván žádný výrobek, který by nebyl prodáván minimálně pěti výrobci. Informace o cenách jsou vztaženy ke dnům 24. - 30. 4. 2012, kdy byla data získávána. Proměnlivost cen by přesto neměla ovlivnit účel srovnání, které má za cíl prověřit případnou spojitost mezi ekonomickými náklady a energetickou náročností spotřebičů a tím dát vodítko zákazníkům, jakou energetickou třídu konkrétního druhu spotřebiče se vyplatí pořídit.

Životnost spotřebičů je pro účely práce a z důvodu možnosti vzájemného porovnání spotřebičů předpokládána alespoň 10 let. Jde o dostatečně dlouhé časové období, aby se projevil vliv provozních nákladů v souvislosti s (předpokládaným) růstem cen elektrické energie. Největší nebezpečí nadhodnocení životnosti bylo uznáno u praček, které mají obecně vyšší poruchovost (dTest, 2012b).⁹⁸ V případě, že by se životnost praček pohybovala pouze např. kolem 5 let, bylo by potřeba zdvojnásobit pořizovací ceny praček (zde jde o přiznané zjednodušení, neboť je otázkou, jak bude za 5 let trh s pračkami vypadat). Skutečná životnost praček nebyla zjišťována, kvůli vzájemné porovnatelnosti spotřebičů je tak počítáno s její životností 10 let.

⁹⁸ Jedním z důvodů může být největší množství pohyblivých součástí ze sledovaných spotřebičů. (dTest, 2012b).

Cena 1 kWh elektrické energie byla vytvořena podle porovnání cen největších distributorů energie – ČEZ, PRE a E.ON - pro nejčastější tarif domácností D02d. ČEZ má pro tento tarif a rok 2012 nastavenou hodnotu 4,83 Kč/kWh, PRE 4,45 Kč/kWh a E.ON 4,63 Kč/kWh.⁹⁹ Podle Operátora trhu s elektřinou byl ČEZ v prosinci 2011 nejčastějším dodavatelem elektrické energie se zhruba 3 400 000 odběrateli, E.ON měl zhruba 1 200 000 a PRE přibližně 560 000 zákazníků (OTE, 2012). Tyto tři firmy tvoří drtivou většinu trhu. I přes jisté zjednodušení je cena elektřiny v této práci počítána 4,83 Kč/kWh, a to zejména vzhledem k majoritnímu podílu, jež má na trhu s elektřinou společnost ČEZ. Výsledný rozdíl oproti cenám společností E.ON a PRE se v případě porovnání spotřebičů pohybuje většinou do desítek Kč, navíc jejich poměrné zastoupení je oproti společnosti ČEZ pouze zhruba 23 %, resp. 11 %.^{100, 101}

Pro účely srovnání byl při projekci plateb za elektrickou energii pro všechny spotřebiče shodně nastaven výhled 10 let, přičemž podle Energetického regulačního úřadu se cena elektrické energie pro domácnosti od roku 1996 ročně zvyšovala zhruba o 10 % (ERÚ, 2011). Z toho důvodu byl pro každý elektrospotřebič vyhotoven graf celkových nákladů za 10 let při 10 % ročním nárůstu cen elektrické energie.¹⁰²

8.2. Výsledky

8.2.1. Lednice

Ve srovnání byla sledována pořizovací cena, užitný objem a spotřeba elektrické energie přepočtená na koruny. Spotřebu lednic napříč spektrem energetických tříd udává graf 1. Jsou na něm poměrně jasně vidět rozdíly mezi jednotlivými třídami, jež se až na

⁹⁹ Více informací o ČEZ, a.s., Pražská energetika, a.s., a E.ON Česká republika, s.r.o., a jejich tarifech viz www.cez.cz, www.pre.cz, resp. www.eon.cz.

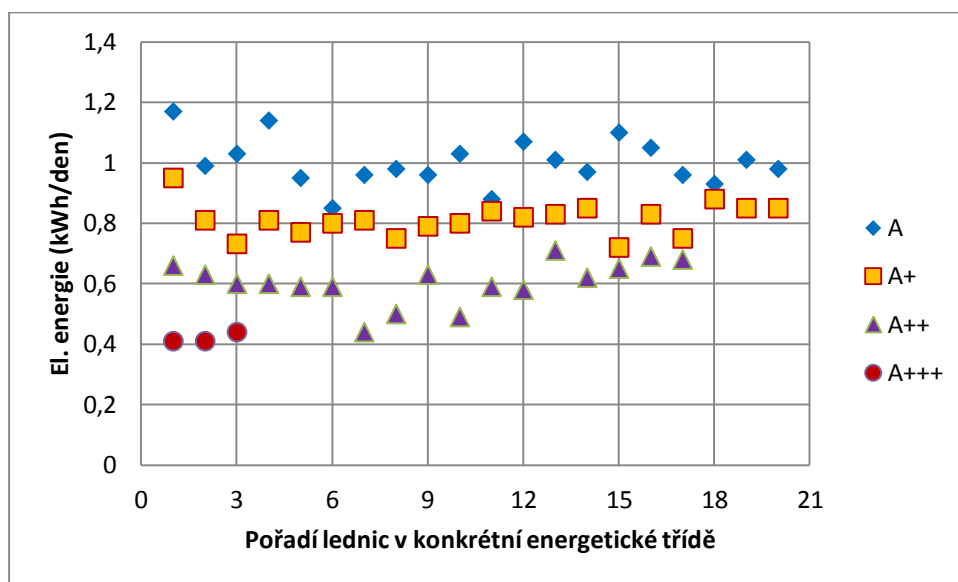
¹⁰⁰ Při delších časových řadách a na spotřebu elektrické energie náročnějších spotřebičích je to více, až v řádech stovek Kč, přesto kvůli zjednodušení je zkrácení výsledků považováno za minimální.

¹⁰¹ Zde je počítáno procentuální zastoupení skupiny těchto tří společností, nejsou tedy zahrnuti ostatní dodavatelé elektrické energie, jejichž zastoupení se sice zvyšuje, nicméně pro účely této práce se stále jedná o zanedbatelné číslo.

¹⁰² Celkové náklady jsou chápány jako součet pořizovací ceny a plateb za elektřinu. Za optimálních podmínek nebudou žádné náklady na údržbu spotřebiče; s cenou oprav a údržby tedy není v práci počítáno.

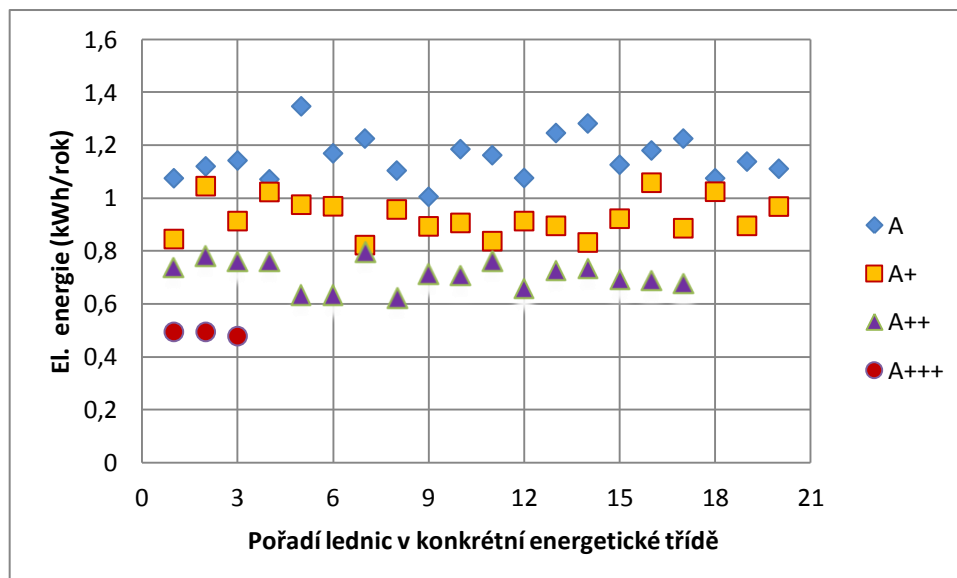
několik výjimek seřazují za sebou. Tyto výjimky jsou však nicméně vysvětlitelné velikostí užitého objemu lednice. Důležitější je spíše rozptyl spotřeby, který v extrémním případě činí téměř 0,8 kWh elektrické energie na den. Přepočteno na koruny jsou to zhruba 4 Kč denně, což v ročním srovnání představuje již více než 1 400 Kč. Tuto částku je však dále třeba každý rok navýšit o 10 %, o niž se v ČR průměrně zvyšuje cena elektrické energie.

Vodorovná osa grafu označuje číselné označení lednic v dané energetické třídě. Toto pořadí koresponduje s přílohou č. 2, kde lze nalézt název i sledované charakteristiky všech porovnávaných lednic. Analogicky jsou řešeny grafy ostatních porovnávaných spotřebičů; i ony se dají vyhledat v příloze č. 2.



Graf 1 Lednice – spotřeba elektrické energie za den

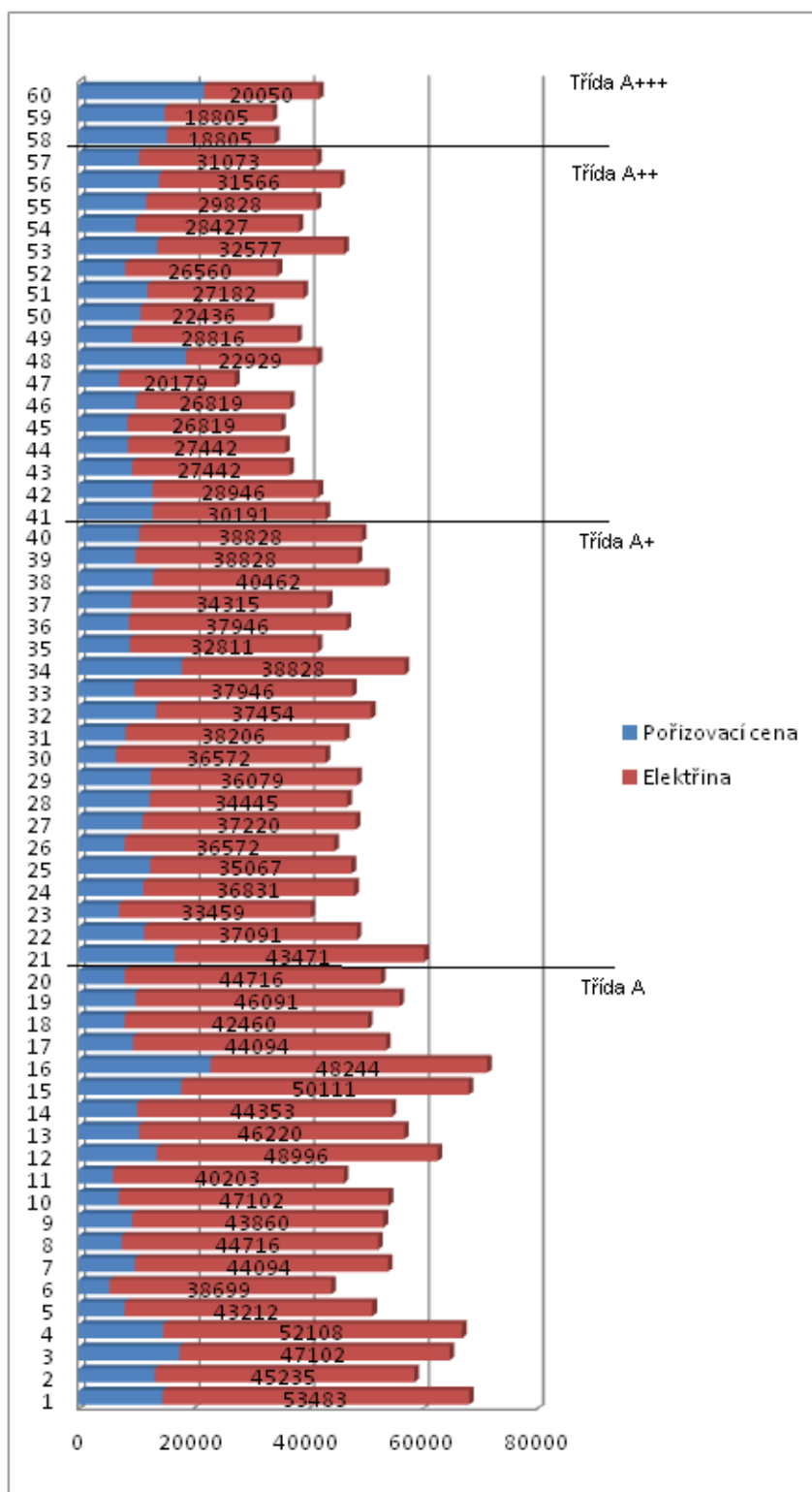
V příloze č. 2 jsou zaznamenány rovněž rozměry lednic a jejich užité objem. Přestože jsou rozměry lednice při výběru jednou z důležitých charakteristik, do přímého srovnání nebyly zahrnuty a jsou zmíněny jen pro srovnání s užitným objemem, neboť se s ním zcela přesně nekryjí. Zákazník by tak z hlediska porovnání ceny s kvalitou lednice neměl brát v potaz jen absolutní spotřebu, ale i spotřebu na 1 litr užitého objemu, který však není v dokumentaci uváděn a je nutné ho dopočítat. Pokud je tento parametr dán do souvislosti s energetickou třídou lednice, vyjde jasný rozdíl zejména mezi třídami A++ a A+++ , které byly v předchozím grafu zkrusleny různými rozměry lednic (viz graf 2).



Graf 2 Lednice – spotřeba elektrické energie na 1 litr užitého objemu za rok

Pokud budou převedeny hodnoty z grafu 1 do srovnání těchto lednic po desetiletém provozu, kde je počítáno s 10 % každoročním zvyšováním ceny elektřiny, ukáže se, že cena elektřiny i několikanásobně překonává původní pořizovací cenu (viz graf 3). Rozdíly mezi energetickými třídami jsou poměrně dobře patrné. Maximální rozdíl v ceně elektřiny je zde přes 35 500 Kč, zároveň je však třeba vzít v potaz užitiný objem. Ze srovnání též vyplývá, že rozdíly v pořizovacích cenách lednic napříč energetickým spektrem nejsou tak výrazné; některé lednice z třídy A mohou být i dražší než lednice tříd A++ či A+++ (cena je zde spoluurčována značkou, designem či komfortními prvky – viz dále). Z ryze ekonomického srovnání tak vyplývá, že koupě lednice energetické třídy A++ a zejména A+++ je při pořizovací ceně do 20 000 Kč dobrou investicí.

Na rozdíl od ostatních sledovaných spotřebičů je relevantní zmínit hlučnost lednic, neboť jsou zapnuté kontinuálně po celý rok. Do srovnání však nebyly nakonec zahrnuty, protože hodnoty sledovaného vzorku se pohybovaly pouze v rozmezí 38-44 dB, rozdíly byly tudíž považovány za nepodstatné. Hodnoty se přitom pohybovaly i v rámci jedné třídy v těchto mezích, nelze tedy například říci, že energeticky nejúspornější lednice měly vždy nejnížší hlučnost, neboť i mezi nejméně úspornými lednicemi se nacházely spotřebiče se stejně nízkou hlučností.



Graf 3 Lednice - celkové náklady za 10 let při 10 % ročním nárůstu cen energie (v Kč)

Taktéž nebyly sledovány charakteristiky, jež nezajišťují primární funkci lednice, například digitální displeje a ukazatele, větší množství chladicích okruhů, funkce tzv. superchlazení či supermrazení. Nebyly brány pro toto srovnání jako prvky relevantní, ale

komfortní. Přesto zákazníci mohou připisovat větší význam právě těmto atributům než spotřebě elektrické energie.

Nezmiňují se zde kvůli omezenému rozsahu ani vlivy na životní prostředí. Bylo by možné prozkoumat například materiálovou náročnost, případně zjistit, zdali se u všech dostupných lednic používá chladicí směs izobutan R600a (místo chladiva R134a, případně jiných), který má podle dostupných informací v porovnání s jinými používanými chladivy minimální negativní vliv na životní prostředí a navíc přispívá k menší spotřebě energie, nižší hlučnosti a delší životnosti lednice.¹⁰³

8.2.2. Žárovky

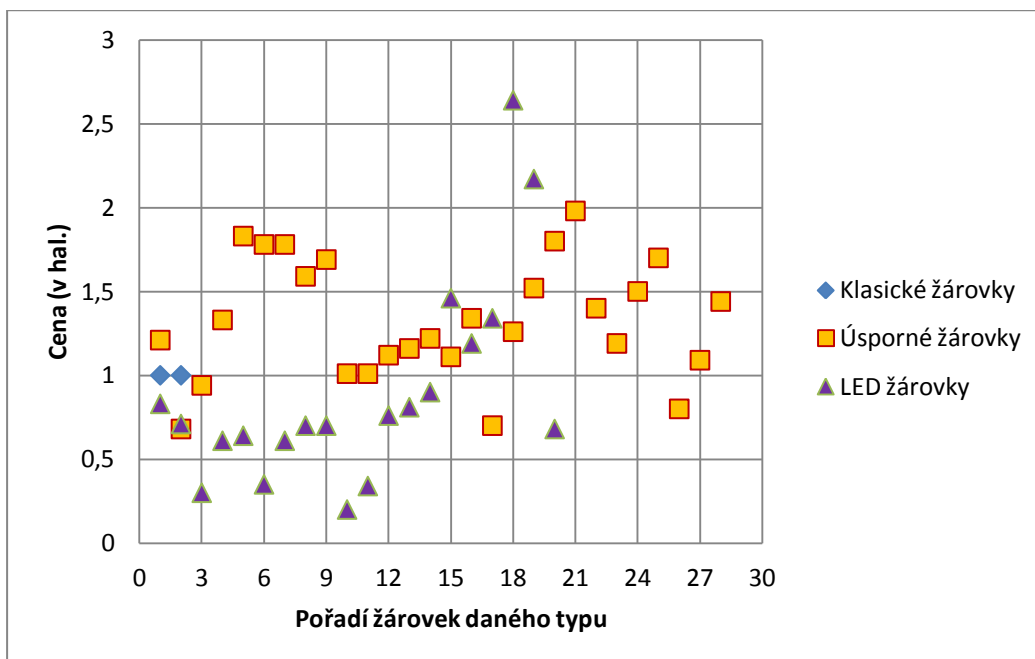
Žárovky byly rozděleny do tří skupin. První, referenční skupinu, tvořily klasické žárovky, reprezentované dvěma zástupci.¹⁰⁴ Zbytek tvořily úsporné a LED žárovky. V tomto dílčím srovnání byla sledována, kromě spotřeby a ceny, zejména jejich svítivost a životnost. Klasické žárovky mají udávanou životnost 1 000 h provozu, úsporné 6 000 – 10 000 h a LED žárovky 25 000 – 60 000 h, přičemž byl převzat obecný předpoklad výrobců a prodejců žárovek, že 1 000 h je prosvíceno za 1 rok. Tato normovaná hodnota se hodí pro vzájemné srovnání, nicméně v praxi je dobré přizpůsobit osvětlení režimu provozu (např. podle toho, jak časté je zapínání a vypínání, nebo podle doby svícení žárovky).

Požizovací cena žárovek v poměru k délce jejich životnosti je udána na grafu 4. Tímto se ukazuje, že přepočtená cena skupiny úsporných žárovek se většinou pohybuje nad cenou klasických žárovek, nicméně je zde znát rozdíl mezi jednotlivými výrobci i mezi produktovými řadami jednoho výrobce (konkrétně EMOS). U LED žárovek se fakt rozdílů

¹⁰³ Chladivo R134a (1,1,1,2-tetrafluorethan) je skleníkovým plynem, tudíž je nutné zamezit jeho úniku do ovzduší. Proto se začal používat novější izobutan R600a, který má několik výhod - přispívá k ochraně životního prostředí tím, že nepoškozuje ozonovou vrstvu ani není skleníkovým plynem, snižuje spotřebu energie a hlučnost. To vyplývá z nižších provozních tlaků v chladicím okruhu s izobutanem, což znamená také delší životnost motorkompresoru (Nationalref 11. 7. 2012; Ekotez, 11. 7. 2012).

¹⁰⁴ Klasické žárovky, kde se většina elektrické energie spotřebuje na teplo a jen malá část na světlo, jsou již pouze doprodávány a je jen otázkou času, kdy z trhu zmizí úplně. Do srovnání nicméně byly zařazeny jako vhodná referenční skupina, bez níž by srovnání ztrácelo smysl. Předpokladem totiž je, že nové typy žárovek jsou lidmi porovnávány s těmito klasickými žárovkami, jež jsou stále důvěrně známé.

mezi výrobci potvrdil zejména v případě žárovek Verbatim, které ve dvou případech mají absolutně nejvyšší pořizovací cenu v poměru k době životnosti. Všichni ostatní výrobci LED žárovek dosahují nižších hodnot než klasické i většina úsporných žárovek. Přesto však lze uzavřít, že s výjimkou žárovek Verbatim se konečné ceny v přepočtu na dobu životnosti pohybují na poměrně srovnatelné úrovni, s minimem 0,2 a maximem 1,98 halířů za hodinu životnosti. To dělá v konečných číslech rozdíl pouze v řádech desítek Kč, což je s ohledem na časová údobí zanedbatelná částka.

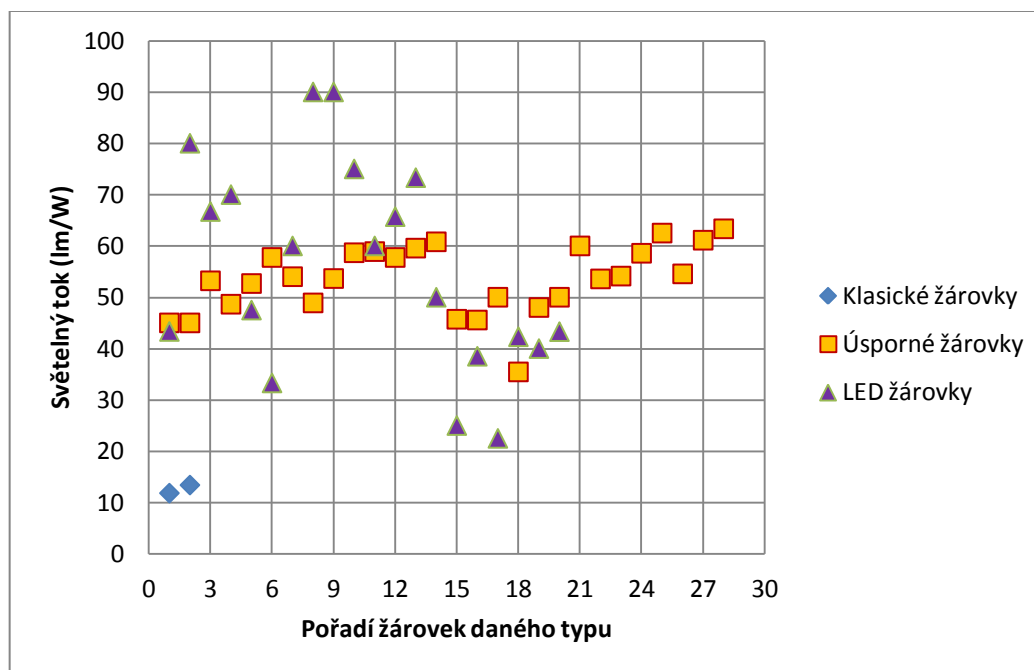


Graf 4 Žárovky - pořizovací cena přepočtená na 1 hodinu životnosti žárovky (v hal.)

Dalším dílčím srovnáním je porovnání světelného toku žárovky. Úsporné žárovky nabízejí víceméně jakoukoli intenzitu světelného toku, podobně jako klasické žárovky. U sledovaných LED žárovek je dosahováno nejvýše 660 lm, což je zhruba úroveň 60 W klasické žárovky. Při přepočtu na výkon jednotlivých světelných zdrojů však LED žárovky zaujímají jinou pozici (viz graf 5).

Zatímco žárovky Verbatim nemají ani v tomto pohledu vysoká čísla, většina ostatních LED žárovek dosahuje stejných či vyšších hodnot světelného toku, než je tomu u úsporných žárovek, které jsou však zase v tomto parametru celkově vyrovnanější (až na jednu výjimku je u nich relativní světelný tok 45-63 lm, zatímco u LED žárovek 23-

90 lm).¹⁰⁵ Otázkou je obeznámenost zákazníků s veličinou světelného toku – pro zákazníka může být snazší koupit jednu z úsporných žárovek, aniž by porovnával výkon žárovky s jejím světelným tokem, přestože s LED žárovkou může dosáhnout lepších parametrů. Ještě důležitější otázkou je, nakolik se snižuje v průběhu životnosti světelný tok úsporných a LED žárovek. V každém případě by se však měly vybírat žárovky podle světelného toku, ne podle výkonu.



Graf 5 Žárovky - světelný tok na 1 W spotřeby žárovky (lm)

Důležitou charakteristikou je též barva světla.¹⁰⁶ Světelný tok kolísá v závislosti na tom, zdali se jedná o žárovku produkující studené nebo teplé bílé světlo. Studené bílé světlo má vyšší světelný tok, ale pouze v řádu desítek lm. Tento rozdíl je pro potřeby přehledu zanedbatelný (nicméně platí, že čím výkonnější žárovka, tím větší rozdíl), proto není zahrnut do porovnání. Časopis dTest posuzoval v testu světelných zdrojů i tzv. podání

¹⁰⁵ Zde se rozcházejí zjištěné údaje s testem úsporných zdrojů světla časopisu dTest, který sice udává podobné hodnoty svítivosti na 1 W výkonu klasických žárovek (10-11 lm oproti v této práci zjištěným 11,8-13,4 lm), ale úsporným žárovkám přisuzuje 39-70 lm a LED žárovkám 35-65 lm. To hrubě nekoresponduje se zde zjištěnými údaji úsporných a LED žárovek.

¹⁰⁶ Čím nižší teplota barvy, tím je světlo teplejší s nádechem červené, a čím vyšší, tím studenější světlo s nádechem modré (dTest, 2012a).

barev, kde podle jeho závěrů měly úsporné a LED žárovky podobné, nicméně horší výsledky než např. halogenové žárovky (dTest, 2012a).^{107,108}

Při výpočtu celkových nákladů jednotlivých žárovek za 10 000 h (tedy 10 let) provozu při započtení 10 % ročního zvyšování ceny elektřiny vyjde poměrně jasné rozdělení (viz graf 6).¹⁰⁹ To je ovšem nutno dát do souvislosti s výkonem a světelným tokem; skrze tyto parametry se v ekonomické výhodnosti úsporné a LED žárovky víceméně staví naroveň.¹¹⁰ Pro LED žárovky sice hovoří, že po 25 let (či déle) je, oproti úsporným žárovkám, nebude třeba obměňovat a že tudíž budou mít stejnou pořizovací cenu, nicméně finanční rozdíl nebude markantní (pokud se v budoucnu tento produkt zásadně nezdraží).

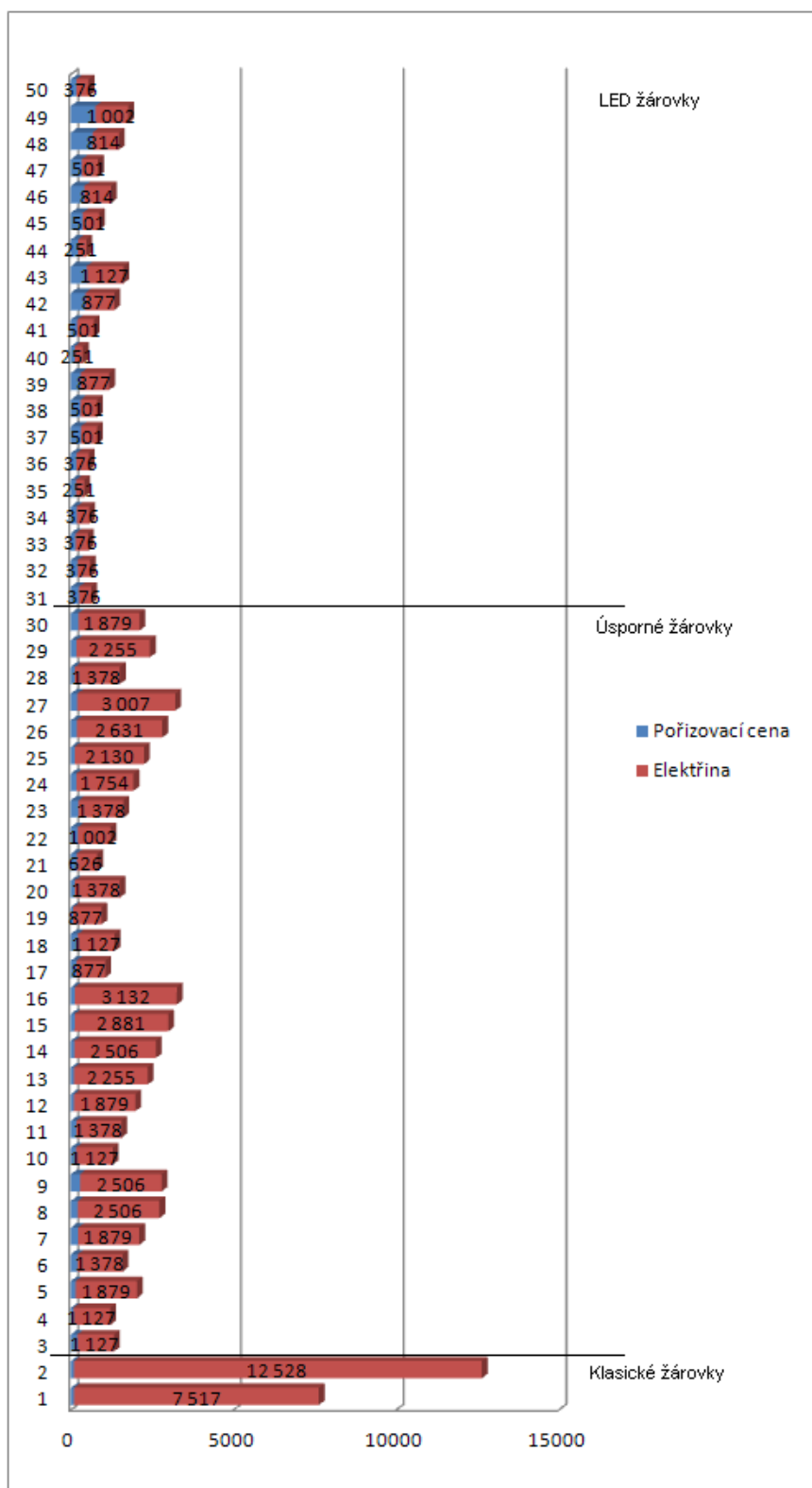
Výhodnost použití konkrétní žárovky dále závisí na tom, zdali se jedná o bodový nebo prostorový světelný zdroj. LED žárovky častěji slouží jako bodové zdroje světla, což může omezovat jejich využití. Roli může hrát doba rozsvícení žárovky, s čímž se hůře potýkají úsporné žárovky (rozsvěcí se i několik desítek vteřin), stejně jako množství zhasnutí a rozsvícení, které je žárovka schopna snést. V tomto ohledu jsou LED žárovky velmi odolné. Klasickým žárovkám, podobně jako úsporným, škodí časté zhasínání a rozsvícení, navíc jsou nezanedbatelným zdrojem tepla, neboť většina elektrické energie se v nich přeměňuje na teplo. Ačkoli se v topném období dá počítat s tímto teplem do bilance vytápění, v létě bude jediné na překážku tepelné pohodě osob v místnosti. Z tohoto pohledu je lepší využívat úsporné a LED žárovky.

¹⁰⁷ Rozdíl mezi teplým a studeným bílým světlem nebyl brán v potaz kvůli nedostupnosti údajů, neboť u části sledovaných žárovek údaj o barvě světla vůbec nebyl uveden a nebylo ho tedy možné ověřit.

¹⁰⁸ Podání barev se vyjadřuje indexem podání barev. Čím vyšší index, tím lépe budou předměty osvětlené daným světlem vidět jejich přirozenou barvou. Pro běžné svícení stačí index podání barev vyšší než 80%, nicméně tam, kde je věrnost barev důležitá (v domácnosti např. vaření), je třeba mít index vyšší.

¹⁰⁹ V grafu je počítáno s 10 000 hodinami provozu žárovky. V případě, že její životnost nedosahuje této doby, pak je počítáno s nejnižším nutným množstvím žárovek, které tuto dobu pokryjí. Pokud má žárovka 6 000 h, je započtena její pořizovací cena dvakrát, pokud 1 000 h, pak je počítána desetkrát.

¹¹⁰ Pro vytvoření stejného světelného toku jako u úsporných žárovek je potřeba současně použít více LED žárovek, jejich agregovaný výkon je pak podobný jako u úsporných žárovek. Otázkou nicméně zůstává potřebná výše světelného toku – je možné, že pro určité instalace je dostatečný i nižší světelný tok.



Graf 6 Žárovky - celkové náklady za 10 let při 10 % ročním nárůstu cen energie (Kč)

Z hlediska životního prostředí by měly být vyráběny a prodávány pouze výrobky, které mají co nejnižší obsah rtuti, olova a dalších nebezpečných látek. V úsporných a LED

žárovkách časopis dTest našel obsah těchto látek několikrát pod normou, nedocházelo ani k jejich uvolňování při provozu. Např. ve srovnání s teploměrem je tak riziko spojené s rozbitím žárovky minimální.¹¹¹ Důležitá je i nízká materiálová náročnost. V tomto ohledu LED žárovkám pomáhá dlouhá životnost, neboť se ekologická zátěž při výrobě a transportu rozkládá do delšího časového období. Na druhou stranu časopis dTest určil materiálovou náročnost LED žárovek při stejné svítivosti jako mnohem vyšší než náročnost úsporných zářivek (dTest, 2012a).

Z výše uvedeného srovnání tak lze uzavřít, že z ekonomického pohledu vycházejí nejvýhodněji LED žárovky. Mají nejdelší životnost a lépe snášejí časté zapínání a vypínání než zbylé žárovky. Na požadovaný účel však musejí mít dostatečný světelný tok a podání barev, jinak je třeba buď použít takových žárovek několik, nebo instalovat úsporné žárovky, u nichž je však třeba vzít v potaz pomalejší rozsvícení a nevýhodnost častého zhasínání a zapínání. Klasické žárovky nevycházejí ekonomicky dobře, neboť většina elektrické energie se přeměňuje bez užitku na teplo, také jim vadí časté zapínání a vypínání a mají krátkou životnost. Jedná se přesto o ověřený světelný zdroj, který si stále drží své zákazníky. V odpověď na nepodložené názory vychvalující ekonomickou výhodnost těchto žárovek práce poskytuje jasné stanovisko, že zatímco LED žárovka svou cenou a provozem vyjde za 10 let provozu nejvýše na zhruba 1 100 Kč a úsporná žárovka na přibližně 3 100 Kč, klasická žárovka bude stát přes 12 500 Kč! Tato cena je přitom cenou jediné žárovky. Pro použití v energeticky úsporném domě tak lze doporučit jediné úsporné či LED žárovky.

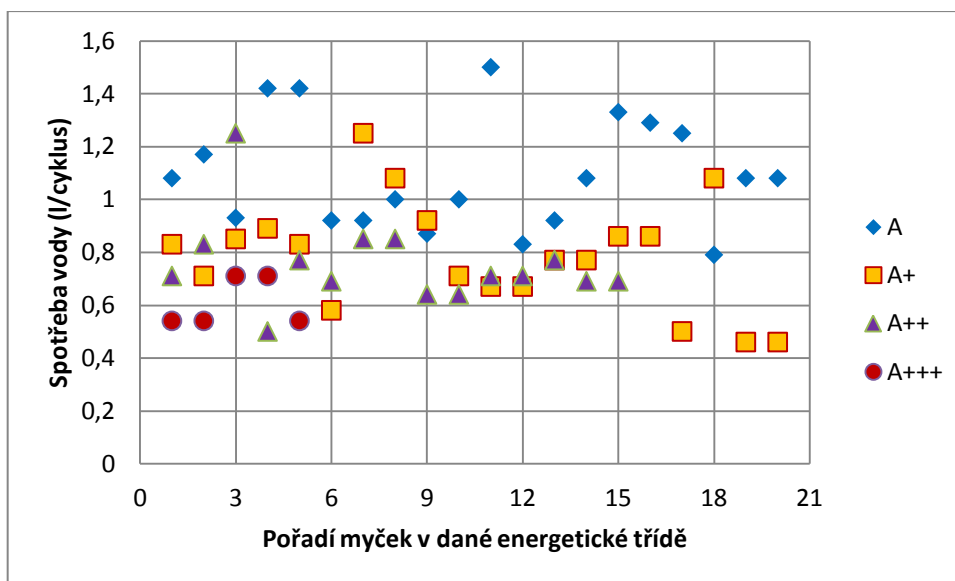
8.2.3. Myčky

U myček byla porovnávána pořizovací cena, spotřeba elektrické energie za cyklus a spotřeba vody a elektřiny na jednu sadu nádobí za cyklus. Pro výpočet bylo použito u myček i praček (viz kap. 8.2.4.) shodně 200 cyklů ročně, tj. zhruba třikrát týdně.¹¹² Bylo

¹¹¹ V lékařském teploměru je obsah rtuti zhruba 500 mg, ve sledovaných žárovkách méně než 1 mg. Přibližně stejný obsah rtuti je v úsporných i LED žárovkách (dTest, 2012a).

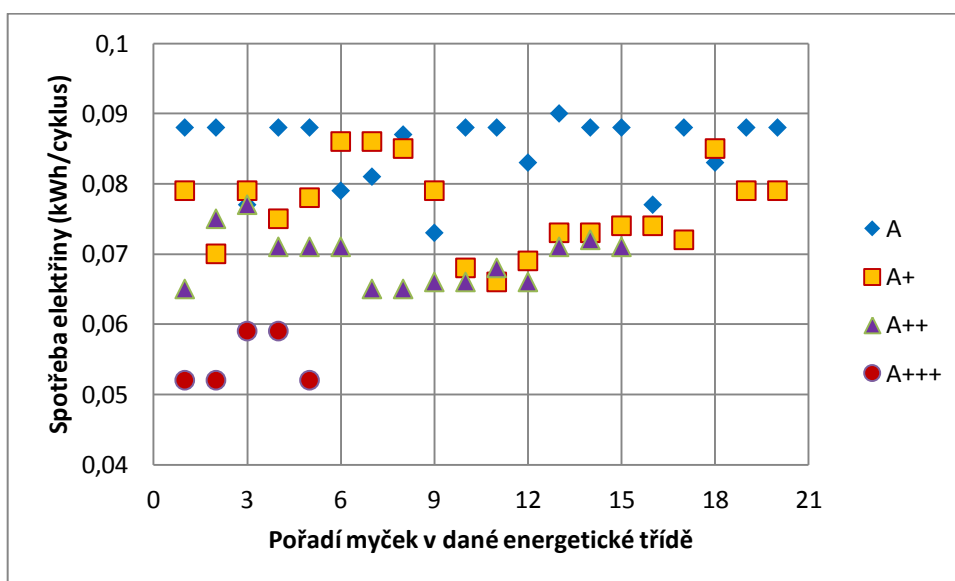
¹¹² Zde se vychází z dokumentace prodejců obou spotřebičů, kde vždy počítáno s 220 cykly za rok. Kvůli snadnějším propočtům bylo toto číslo u obou spotřebičů redukováno na 200, nicméně vždy závisí na konkrétní domácnosti (počet členů rodiny a jejich zaměstnání, velikost spotřebiče atd.), jak často se bude prát či mýt. Srovnání se tedy do značné míry přidrží počtu cyklů odhadovanými výrobci těchto spotřebičů.

odhaleno, že spotřeba vody nesleduje přesně energetickou efektivitu. Přesto v celkovém pohledu spotřebují myčky A++ a A+++ třídy méně vody než třída A (viz graf 7).



Graf 7 Myčky – spotřeba vody na 1 sadu nádobí za 1 cyklus

Podobně jako spotřeba vody vyznívá i spotřeba elektřiny. Jednotlivé energetické třídy jsou lépe oddělitelné, s výjimkou A+ třídy, která, ač méně než při spotřebě vody, vykazuje větší rozptýlení hodnot. Spotřeba elektrické energie se liší až o 40 %, nicméně jde o nízké hodnoty, tudíž nedochází k takovým absolutním rozdílům (viz graf 8).



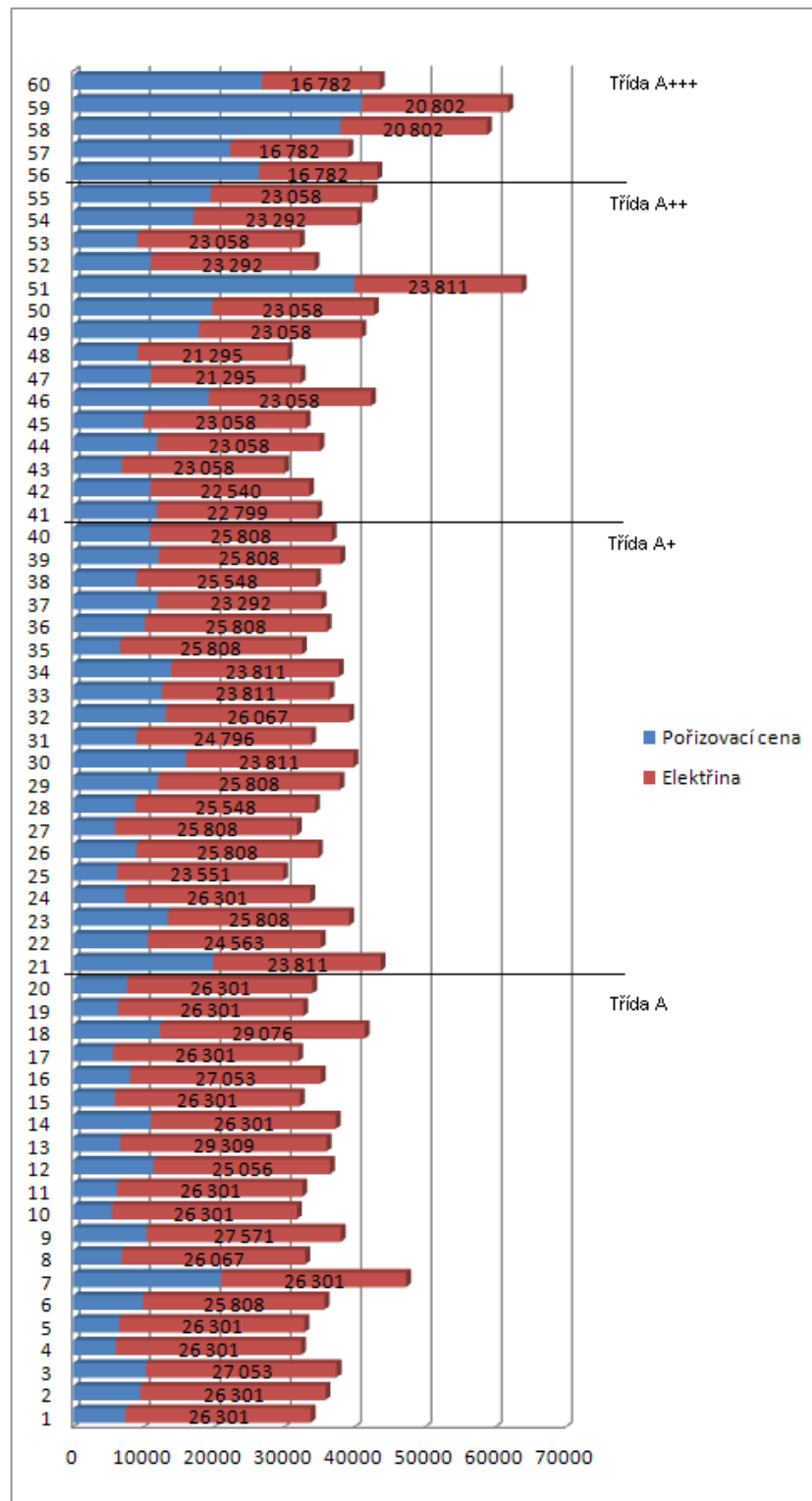
Graf 8 Myčky - spotřeba elektřiny na 1 sadu nádobí za 1 cyklus

Na grafu 9 jsou zobrazeny celkové náklady myček během deseti let provozu se započtením 10 % ročního zvyšování cen elektřiny. Maximální rozdíl ve spotřebě elektrické energie mezi myčkou třídy A a A+++ činí zhruba 12 300 Kč. U A+++ třídy a části třídy A++ je oproti nižším energetickým třídám znatelně větší podíl pořizovací ceny z celkových nákladů. Tento fakt je hlavním důvodem, proč A+++ třída vychází minimálně téměř o 10 000 Kč draže. Podobně vysoké hodnoty vykazuje i část A++ třídy, která je celkově o něco méně vyrovnaná než třídy A a A+. Celkové náklady většiny myček se tak pohybují zhruba okolo 35 000 Kč, s výjimkou části tříd A++ a A+++, jež budou majitele stát i 40 000 – 60 000 Kč. Tuto skupinu spotřebičů s vysokou pořizovací cenou nelze proto doporučit ke koupi.

Vzhledem k tomu, že o výsledku rozhodují ceny spotřebiče, lze vyvodit závěr, že nejvýhodnější je pořídit co nejlevnější spotřebič v rámci přehlednějších tříd A či A+, neboť se jednoduše nevyplatí investovat do úspornějších myček.

Kromě finanční stránky lze opět zmínit vliv hluku, nicméně práce tento atribut ani zde nezahrnula – tyto spotřebiče nejsou v provozu celý den a v principu je lze zapínat kdykoli. Doba jednoho cyklu může u některých zákazníků hrát roli, ale taktéž zde není zmíněná, důležitá je z hlediska této práce pouze výsledná spotřeba.

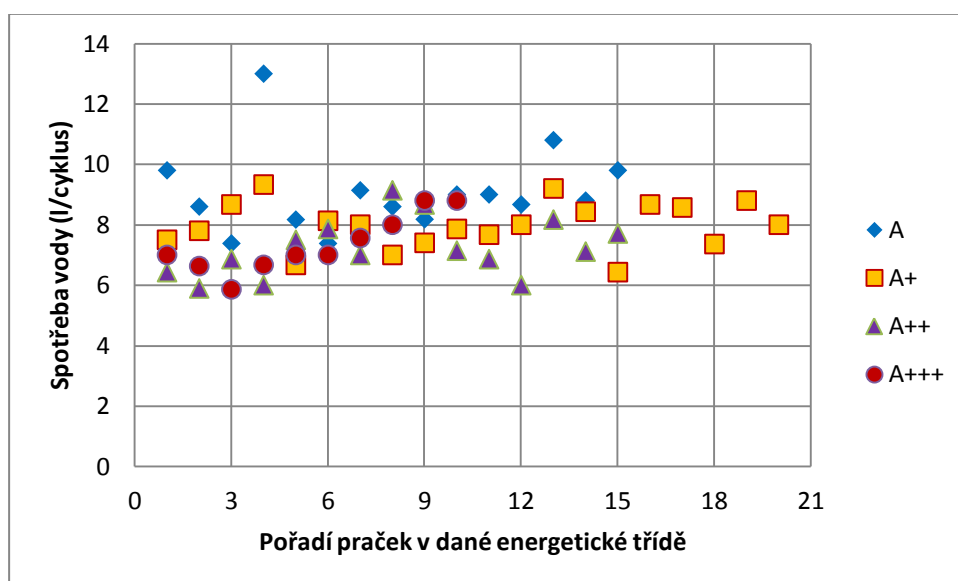
Na rozdíl od ostatních porovnávaných spotřebičů mají myčky jinou pozici. Lednice, žárovky i pračky se již tradičně vyskytují téměř v každé domácnosti, myčky se však více objevují až v posledních letech. To na jedné straně může vysvětlovat vyšší pořizovací cenu zejména vyšších energetických tříd myček, na druhé straně to může vyvolat otázku po jejich smyslu a výhodnosti. Myčka totiž substituuje klasické ruční mytí; zajímavé by mohlo být srovnání, zdali se při určitých podmínkách nevyplatí ruční mytí před pořízením a provozem myčky. Současně lze nadnést otázku kvality strojového mytí a případného vlivu mycích prostředků na lidské zdraví. Muselo by přitom být srovnáno i množství času, uspořeného použitím myčky (ač je zde ztráta času naplňováním myčky a posléze vyklizením umytého nádobí).



Graf 9 Myčky - celkové náklady za 10 let při 10 % ročním nárůstu cen energie (Kč)

8.2.4. Pračky

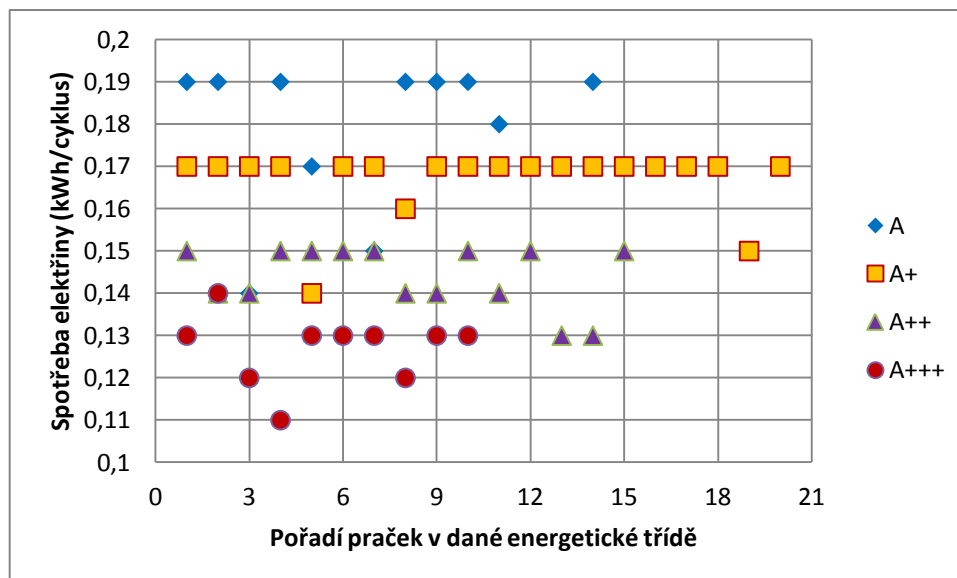
Ve srovnání praček byla vzata v úvahu pořizovací cena, spotřeba vody a elektřiny na cyklus a kilogram prádla. Spotřeba vody na kilogram prádla odhalila, že mezi třídami v tomto parametru nelze klást dělicí čáry, neboť bez ohledu na energetické třídy je spotřebováváno většinou mezi 6 a 10 litry vody na cyklus a kilogram prádla. Nelze tedy říci, že by vyšší energetické třídy ve využívání vody měly lepší výsledky (viz graf 10).



Graf 10 Pračky - spotřeba vody na 1 kg prádla/cyklus

Z porovnání spotřeby elektrické energie na kilogram prádla a cyklus se rýsují jasné rozdíly mezi energetickými třídami, ale z hodnot je patrné, že tyto rozdíly nejsou velké (viz graf 11). Velmi dobře je vidět, že zejména v rámci tříd A a A+ je spotřeba velice vyrovnaná. Výjimky mají původ buď ve velkém množství prádla, jež je pračka schopná vyprat najednou (vždy bylo počítáno s maximální možnou náplní prádla), což v určitých případech snižuje spotřebu elektřiny na kilogram prádla, případně je možné uvažovat o chybném zařazení pračky prodejcem do určité energetické třídy, neboť má jasně lepší parametr spotřeby elektrické energie, než je tomu u ostatních praček oné třídy.¹¹³

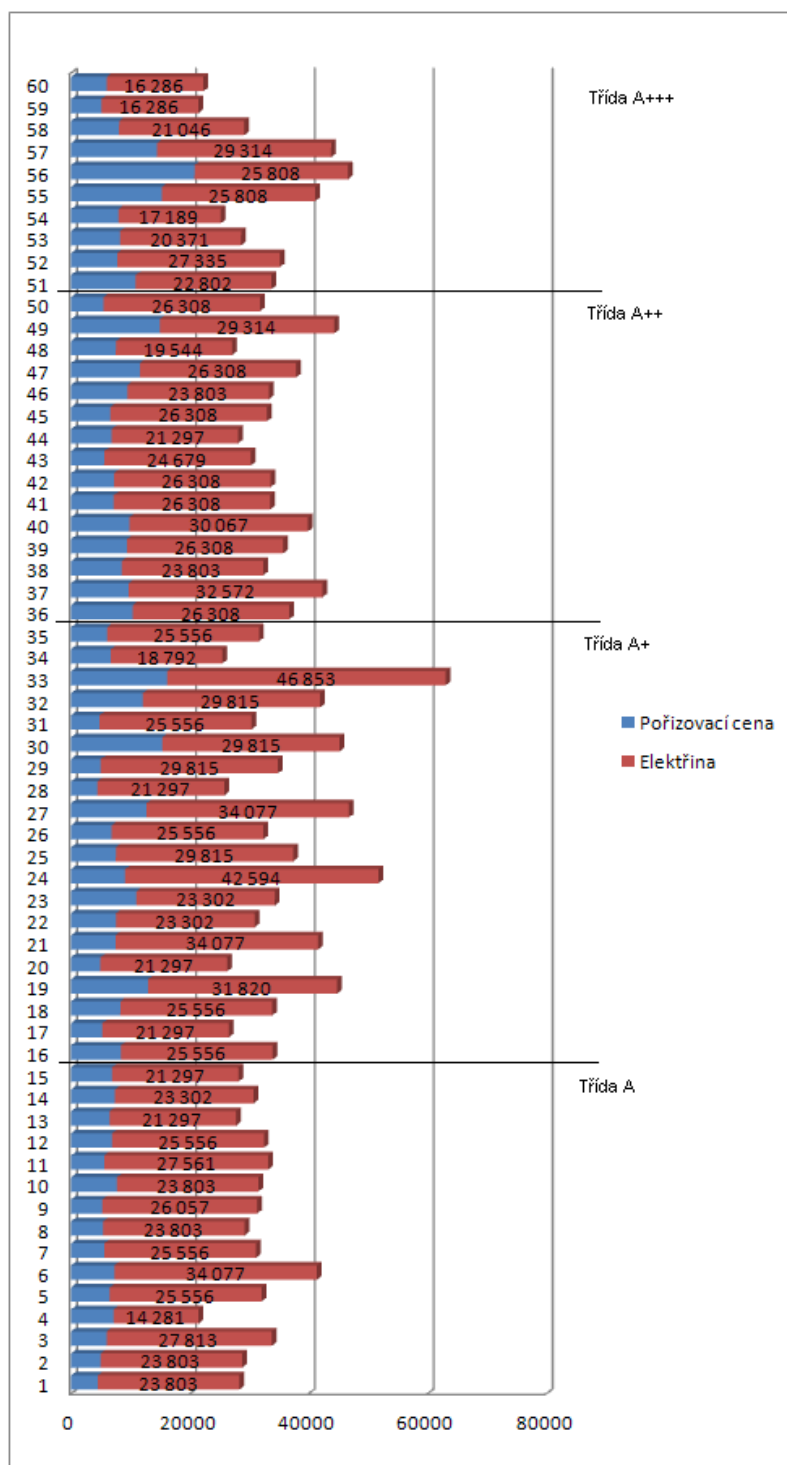
¹¹³ Energetická třída pračky, stejně jako všechny ostatní parametry praček i ostatních srovnávaných spotřebičů, však byla ověřována vždy u několika prodejců, přesto je možné, že bylo chybné zařazení pračky přijato všemi prodejci.



Graf 11 Pračky - spotřeba elektřiny na 1 kg prádla/cyklus

Energetické údaje však mohou být zavádějící, neboť úspornější praní se může podepsat na jeho kvalitě (špatně vyprané prádlo, zbytky pracího prášku v oblečení atd.), což může vynutit použití energeticky náročnějšího či delšího programu. Je tak například otázkou, zdali jsou uvedené výsledky kvalitativně srovnatelné, nebo zdali se kvalita vypraného prádla mezi různými třídami liší.

Celkové náklady na pořízení a provoz pračky za deset let (bylo počítáno s 200 cykly za rok) ukazuje, že záleží na pořizovací ceně pračky, neboť nedochází k takovému rozptylu ve spotřebě energie a tudíž provozním nákladům, jako je tomu například u lednic (viz graf 12). Situace je tak podobná jako v případě myček. Je však možné pořídit levnou pračku i v A+++ třídě. Podstatná možnost úspory spočívá dále ve volbě kapacity pračky. Maximální rozdíl v ceně elektřiny mezi pračkami 5 kg kapacity A a A+++ třídy je zhruba 7 500 Kč, u 6 kg 10 500 Kč a u 8 kg 8 000 Kč. Lze tedy shrnout, že se energetické třídy praček ve spotřebě liší minimálně, nicméně je možné nalézt i levné pračky A+++ třídy za zhruba 5 000 Kč, jež v konečném důsledku poskytují nejúspornější řešení. Přesto je třeba vzít v potaz i kvalitu pračky.



Graf 12 Pračky - celkové náklady za 10 let při 10 % ročním nárůstu cen energie (Kč)

Do jisté míry zbytečné mohou být pračky s vysokými otáčkami při odstředování; rozdíl dvou set otáček se může projevit v pořizovací ceně rozdílem až několika tisíc Kč, přičemž vliv na odstředění je v řádu několika procent. Mimo ekonomické ukazatele je možné vzít v úvahu zejména hlučnost pračky, nicméně zde je opět namísto námitka, že

pračku lze pustit kdykoli během dne, kdy hluk nikoho neobtěžuje. Pračka je navíc většinou umístována do prostor, které se dají hlukově odstínit. Z tohoto důvodu nebyl hluk brán za relevantní údaj pro porovnávání kvality pračky. Podobně nebylo uvažováno ani srovnání doby pracího cyklu; záleží na uživateli, kdy bude přístroj používat.

Je možno vzít v úvahu i poruchovost pračky, jež mezi bílou technikou patří k nejvyšším. Podle časopisu dTest je riziko poruchy tím větší, čím více funkcí pračka má. Předcházet poruchám lze i praním při nižších teplotách (sníží se usazování vodního kamene) či tak, že se pračka nebude přepřehovat prádlem, čímž se šetří motor (dTest, 2012b).

9. Domy - vytápění

Cílem této kapitoly je zjistit ekonomicky nejvýhodnější typ rodinného domu, jsou zde nicméně diskutována i jiná než ekonomická hlediska. Kromě vytápění nejsou uvažovány žádné jiné provozní náklady ani opravy (obměna součástí technického vybavení domu, běžná údržba atd.). Podobně jako u elektrospotřebičů je pravděpodobné, že nějaké náklady vzniknou, nicméně z důvodu zjednodušení nejsou započítány. Větší relativní dopad v rámci provozních nákladů by však teoreticky měly u budov s velkou zastavěnou plochou, jež jsou nenáročné na vytápění.

Podle Českého statistického úřadu obývá 56,7 % českých domácností bytové domy a 43,0 % domy rodinné (ČSÚ, 2012). Bytové domy však nebyly do srovnání zahrnuty kvůli minimálnímu počtu energeticky úsporných bytových domů a z toho plynoucí nedostupnosti dat. Proto jsou v této kapitole srovnávány pouze rodinné domy různých energetických standardů podle jejich pořizovací ceny a následných nákladů na vytápění.¹¹⁴

9.1. Metodika výpočtu

Vzorek tvoří domy staré zástavby, které již nesplňují požadavky platné normy, dále novostavby tyto požadavky splňující, a konečně domy, jež jdou dále a splňují nízkoenergetický či pasivní standard.^{115,116} Nulové ani jiné domy nebyly do srovnání zahrnuty kvůli nedostupnosti potřebných dat. Jednotlivé skupiny domů jsou popsány v úvodu práce, proto zde již nejsou znovu definovány.

Výčet domů včetně jejich nejdůležitějších charakteristik je možné dohledat v příloze č. 3 (Tabulky dat k porovnání rodinných domů). Data byla čerpána ze dvou dostupných tiskem vydaných katalogů, které pokrývají všechny kategorie kromě

¹¹⁴ Všechny srovnávané budovy jsou pokládány za trvale obývané. Z toho plyne, že chaty a jiné sezónní obytné budovy nejsou uvažovány.

¹¹⁵ Je zde odkazováno na ČSN 73 0540-2:2011 – Tepelná ochrana budov a na vyhlášku č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov.

¹¹⁶ Domy postavené před rokem 1990 byly vybrány jako referenční skupina, proto jich bylo vybráno pouze 10. Běžná zástavba je nejpočetnější skupinou - čítá 120 domů. Nízkoenergetických domů bylo vybráno 88, pasivních 22. Celkem je tedy porovnáván vzorek 240 domů.

nejstarších domů.¹¹⁷ Ty byly vyhledány na serveru www.sreality.cz.¹¹⁸ Zde se nachází slabina srovnání, kterou je absence údaje o měrné potřebě tepla na vytápění těchto domů, která se veskrze neuvádí. Proto, přestože byly hodnoty odhadnuty se snahou co nejvíce se přiblížit realitě, jsou do značné míry arbitrární.¹¹⁹ U této skupiny je třeba počítat s velkou dávkou nejistoty, slouží tak pouze k hrubému porovnání a vymezení pozice starších domů. Do srovnání byly zahrnuty záměrně pouze nerekonstruované starší domy, neboť není cílem práce určit průměrné náklady rekonstrukcí a současně je faktem, že nerekonstruované staré domy postavené před r. 1990 tvoří stále značnou část zástavby v ČR. Práce předpokládá, že mj. vzhledem k nedostatku finančních prostředků části domácností bude skupina nerekonstruovaných domů stavěných před r. 1990 i nadále početná.

U jednotlivých rodinných domů byla sledována jejich pořizovací cena, užitná plocha, vytápěný prostor a měrná potřeba na vytápění.^{120,121,122} U budov do 30 kWh/m²a byl sledován i typ konstrukce. Následně byla dopočítána pořizovací cena na m² užitné

¹¹⁷ Jde o *Energeticky úsporné domy. Katalog pasivních a nízkoenergetických domů a Katalog řešení projektů rodinných domů 2012*. Z prvního jmenovaného katalogu byly vybrány všechny domy, z druhého nebyly zahrnuty domy s identickými nebo velmi podobnými charakteristikami. Katalogy, jež by poskytovaly mimo ostatních údajů i přesný (nejen rámcový) údaj o projektované měrné potřebě tepla, se bohužel na trhu objevují výjimečně (Náš dům, 2012). Nepodařilo se dohledat více zdrojů s potřebnými informacemi, proto byl výběr omezen na dva katalogy.

¹¹⁸ Výběr domů postavených před rokem 1990 byl proveden 2. 6. 2012, byly vybrány různé velikosti domů. Podle fotodokumentace se ani v jednom případě nejedná o rekonstruované domy.

¹¹⁹ Měrná potřeba těchto domů na vytápění byla odhadnuta podle normy ČSN 73 0540 a podle fotodokumentace budovy. Energetická náročnost těchto domů byla spíše podhodnocena.

¹²⁰ Vytápěný prostor byl v případě katalogu *Energeticky úsporné stavby* přímo zahrnut v materiálech, u katalogu *Katalog řešení projektů rodinných domů 2012* byl vytápěný prostor vypočítán podle rozměrů jednotlivých místností projektu a tvoří ho obytné místnosti, chodby, koupelny, spíže apod., které zasahují do vytápěné zóny. Nebyly do něj naopak zahrnuty garáže, sklepy a ostatní místnosti, které nejsou přímo průchozí do vytápěných prostor - např. technické místnosti ve hmotě domu, avšak s přístupem pouze zvenčí.

¹²¹ Měrná potřeba na vytápění je pouze výpočtová hodnota beroucí v úvahu stavební a architektonické řešení domu, reálnou spotřebu ovlivní jak systém výroby tepla a jeho distribuce či tuhost zimy, tak zejména chování obyvatel domu (Centrum pasivního domu, 2011: 8). Rozdíl může vzniknout např. tím, že se vytápí na vyšší než projektovanou teplotu - každý stupeň teploty interiéru navíc má za následek zvýšení nákladů na vytápění zhruba o 6 %. Pro účely této práce je však vzat předpoklad, že reálná spotřeba bude rovna měrné potřebě na vytápění.

¹²² V katalogu *Energeticky úsporné stavby* bylo uváděno určité rozmezí finančních nákladů na dům v závislosti na volbě realizační firmy, použitých materiálech a technologiích, místních podmínkách atd. Toto rozmezí bylo zprůměrováno; z obou katalogů jsou tedy uváděny průměrné ceny realizací, které se však mohou měnit v závislosti na mnoha faktorech. Cílem bylo vytvořit zejména vzájemně porovnatelný vzorek domů.

plochy a finanční náklady na vytápění za rok.¹²³ Pořizovací ceny jsou vztaženy k cenám roku 2011 (novější údaje v době zpracování práce nebyly k dispozici), finanční náklady na vytápění k roku 2012.¹²⁴ Cena stavby domu na klíč byla v případě obou katalogů vypočítána pro ideální orientaci domu na ideálním pozemku (Centrum pasivního domu, 2011: 9; Euroline, 2011: 9).¹²⁵ Nezohledňuje tedy konkrétní místo a ztížené podmínky výstavby (tvar, sklon atd. pozemku).

Protože se tato práce nezabývá různými vytápěcími systémy, pro výpočet nákladů na vytápění je počítáno s kotlem na zemní plyn jakožto jediným uvažovaným zdrojem tepla pro všechny domy ve vzorku. Petra Šustová uvádí, že plynový kotel je z ekonomického hlediska nejvýhodnějším zdrojem tepla v ČR (Šustová, 2007). Michal Čejka doplňuje, že za 15 let provozu domu budou celkové výdaje za energii v prostém součtu velmi podobné, ať bude užito jakékoli palivo, přičemž mezi tato paliva počítá elektrickou energii, pelety, zemní plyn a využití zemského tepla pomocí tepelného čerpadla (Čejka, 2012).¹²⁶

Ke kalkulaci nákladů na vytápění byly využity sazby největšího dodavatele zemního plynu v ČR, RWE.¹²⁷ Celková potřeba tepla na vytápění je přepočítaná na Kč

¹²³ Cena na m² byla vypočítána jednoduše vydělením celkové ceny domu jeho užitnou plochou.

¹²⁴ V ideálním případě by měly být pořizovací ceny upraveny o rozdíl cen mezi rokem 2011 a 2012, nicméně pro účely této práce byla předpokládána stejná cenová úroveň.

¹²⁵ Je do ní zahrnuta hrubá stavba, případná tepelná izolace, fasádní úprava, klempířské konstrukce, vnitřní příčky, vnitřní instalace, povrchové úpravy, zdravotní technika, zdroje tepla a případně nucené větrání. Garáže byly započítány jen v případě, pokud byly zahrnuty přímo do obálky domu. V ostatních případech jsou volitelnou součástí za příplatek, který nebyl vždy přesně vyčíslen, tudíž s nimi v konečné ceně není počítáno. Do ceny na klíč tedy není počítáno pouze vnitřní vybavení vestavěným nábytkem, svítidly atd.

¹²⁶ Tuhá fosilní paliva ve skupině chybí; do energeticky úsporných domů však nebývají instalována kvůli vysokým nárokům na primární energii a lokální emisní zátěži. Zemní plyn patří také mezi fosilní paliva, ale má vysokou výhřevnost a jeho spalování v kondenzačních kotlích je velmi účinné. Splňuje i limity spotřeby primární energie pro PD. Byl zvolen i proto, že je možné snadno porovnávat celou ČR bez větších lokálních proměn cen (oproti např. dřevu či peletám). To platí i v případě elektřiny, nicméně tu zatěžuje ztrátová výroba a vedení, tudíž je nejméně ekologickým zdrojem tepla, což se promítá v pro PD nepřijatelné výši využití primárních zdrojů. Přesto v důsledku výhodných tarifů je její použití obhajitelné alespoň ekonomicky. Konečně u tepelných čerpadel velmi záleží na konkrétní lokalitě a výsledném provedení, což má svá úskalí při vyčíslení nákladů. U kondenzačního kotle však jde poměrně snadno srovnat konečné náklady na vytápění.

¹²⁷ RWE měl v prosinci 2011 zhruba 2 100 000 zákazníků, všichni ostatní dodavatelé dohromady měli mírně přes 900 000 zákazníků. RWE měl zastoupení na trhu zhruba 69 %, pro účely práce byl zhodnocen tento podíl jako dostatečný. Bylo tedy rozhodnuto použít do výpočtů výlučně tarify této

podle ceníků RWE (RWE, 2012). Ke každému domu byl podle jeho výše měrné potřeby tepla přiřazen konkrétní tarif. K tomu byly připočteny měsíční platby za plyn, které se též mění podle tarifu. Do potřeby tepla na vytápění je konečně zahrnuta i účinnost plynového kondenzačního kotle. V příloze č. 3 je zmíněna celková potřeba na vytápění už se započítanou účinností kotle 92 % (Plánička, 2. 5. 2012).¹²⁸ Důvod jeho volby je v tom, že se jedná o nejúčinnější typ plynového kotle, který jediný má odůvodněné užití i v případě PD. V případě skupiny domů postavených před rokem 1990 je méně pravděpodobné, že bude mít instalovaný plynový kondenzační kotel, avšak pro účely práce je to předpokládáno a kvůli lepšímu vzájemnému porovnání je s ním takto počítáno; k pořizovacím cenám těchto domů tak nebylo započítáno pořízení kondenzačního kotle.

Měrná potřeba tepla je jednou z nejdůležitějších sledovaných charakteristik. Pro účely této práce byly spojeny dva přístupy, jež se v českém prostředí užívají. Jedním je program PHPP, druhým přístupem je výpočtová metodika TNI 73 0329. První jmenovaná metodika byla užitá na PD a NED do 30 kWh/m²a (s výjimkou domů Aktiv 2020 a Aktiv 2021), na zbylé domy byla užitá metodika druhá. Důvodem byla mj. snaha o nastínění situace, jež v ČR panuje (tj. užívání různých metodik), a z toho vyplývajících skutečností. Program PHPP je nastaven pro hodnocení PD a NED, jsou dle něj též definovány „evropsky uznávané parametry PD, jež stanovil Passivhaus Institut v německém Darmstadtu. Metodika TNI 73 0329 oproti tomu byla využívána v programu Zelená úsporám“ [Centrum pasivního domu, 2011: 8].

Oba přístupy se v mnohém odlišují, mezi nejvíce viditelné rozdíly patří rozdíl hodnot, kdy ještě domy spadají do pasivního standardu (15, resp. 20 kWh/m²a). Z hlediska definice měrné potřeby tepla PD v práci bylo rozhodnuto o limitu 15 kWh/m²a, který je

společnosti, přestože zastoupení na trhu je pouze většinové a, podobně jako u dodavatelů elektrické energie, pozice RWE setrvale mírně oslabuje (OTE, 2012; Ceny energie, 2012).

¹²⁸ Po konzultaci s Ing. Jiřím Pláničkou byla vybrána tato hodnota, která je místo výhřevnosti odvozena od objemového spalného tepla. Spalné teplo je „množství tepla (udané v kWh), které lze získat dokonalým spálením určitého množství plynu se vzduchem, přičemž tlak, při němž spalování probíhá, je po celou dobu konstantní, všechny zplodiny jsou ochlazeny na výchozí teplotu složek účastnících se spalování, při níž musejí být všechny zplodiny v plynném stavu, kromě vody vzniklé při spalování, která je při této teplotě v kapalném stavu“ [TZB-info, 2012b]. Dosud častěji využívaná výhřevnost neuvažuje kondenzaci vznikající vodní páry. Proto je spalné teplo u paliv obsahujících vodík vyšší než jejich výhřevnost H. Pro v současnosti dodávané zemní plyny platí přibližný vztah, kde spalné teplo H_s = 1,11 x H. Z toho vyplývá, že pokud je udána účinnost kondenzačního kotle jakožto 102 %, kdy je účinnost vztažena k výhřevnosti, získáme spalné teplo přibližně 92 % (TZB-info, 2012a).

mezinárodně uznávaný. Výpočet je tvořen množstvím parametrů, které jsou jinak uchopeny, čímž posléze vzniká rozdíl v potřebě tepla na vytápění. Metodika PHPP má v konečném důsledku přísnější kritéria. Jinými slovy, hodnoty naměřené na stejném domu pomocí metodik PHPP a TNI 73 0329 budou poměrně odlišné – rozdíly mezi měřeními stejné budovy metodikou TNI 73 0329 a PHPP mohou být zásadní (Konečný, 2012).^{129,130} Z odlišné měrné potřeby tepla na vytápění plynou odlišné provozní náklady domu, což může ovlivnit i prodejní cenu nemovitosti. To může být využito realitními agenturami, stavebními firmami atd. Zahrnutím dvou různých metodik do srovnání tak má práce výslovně v úmyslu upozornit na tuto disproporci, jež není všeobecně zřejmá.

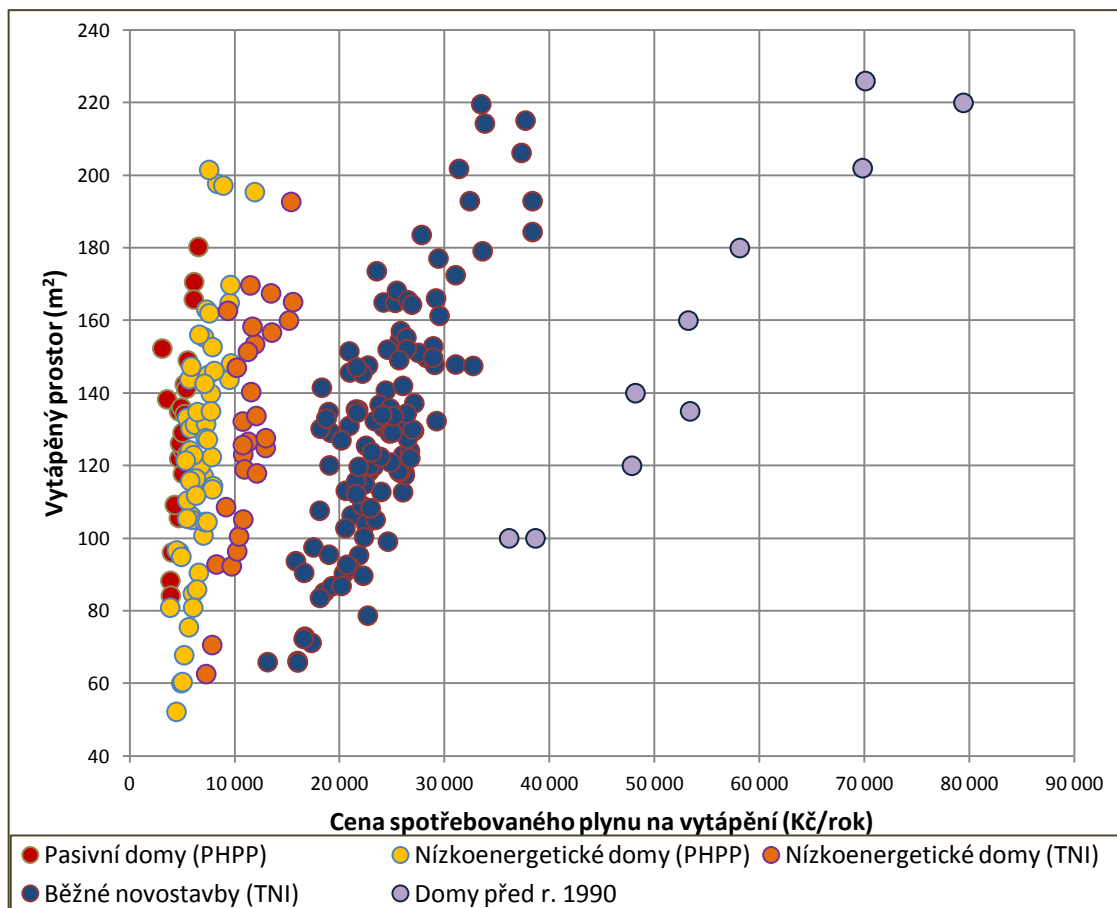
9.2. Výsledky

Ze sledovaných charakteristik byl nejdříve vytvořen graf 13 zobrazující vliv velikosti vytápěného prostoru na platby za spotřebované palivo (v případě této práce zemní plyn) během roku. Všechny ceny jsou počítány včetně DPH. Čím méně je konkrétní skupina domů energeticky efektivní, tím větší u ní existuje rozptyl plateb za vytápění.

Z grafu lze vyčíst další podstatnou skutečnost - budoucí platby za energie bude zásadní měrou ovlivňovat nejen rozhodnutí o energetické třídě domu (a s tím související orientace, faktor A/V atd.), ale též o velikosti jeho užité, resp. vytápěné plochy. Každý zájemce o stavbu či koupi domu by měl dobře zvážit, jakou užitou plochu doopravdy potřebuje, přičemž oč je horší energetická třída domu, o to více ho bude stát každý metr navíc. Toto rozhodnutí je dále umocněno cenou a rozměry pozemku.

¹²⁹ Například vnitřní zisky jsou v PHPP počítány jednotně $2,1 \text{ W/m}^2$ vytápěného prostoru. Oproti tomu TNI 73 0329 počítá vnitřní zisky podle osob – dům o ploše 150 m^2 , v němž bydlí čtyřčlenná rodina, dosahuje zisků $2,5 \text{ W/m}^2$ (Centrum pasivního domu, 2011: 8).

¹³⁰ Pokud je např. PD změřen metodikou TNI 73 0329 na $20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, v PHPP tato hodnota vychází kolem $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. V zahraničí by byl pokládán za NED, proto vznikl termín ‚český pasivní dům‘ (Konečný, 2011). Tyto nejasnosti by bylo třeba rychle a uspokojivě vyřešit, neboť jsou důvodem nejasného pojetí kategorie měrné potřeby na vytápění v ČR.



Graf 13 Vliv velikosti vytápěného prostoru na platby za vytápění

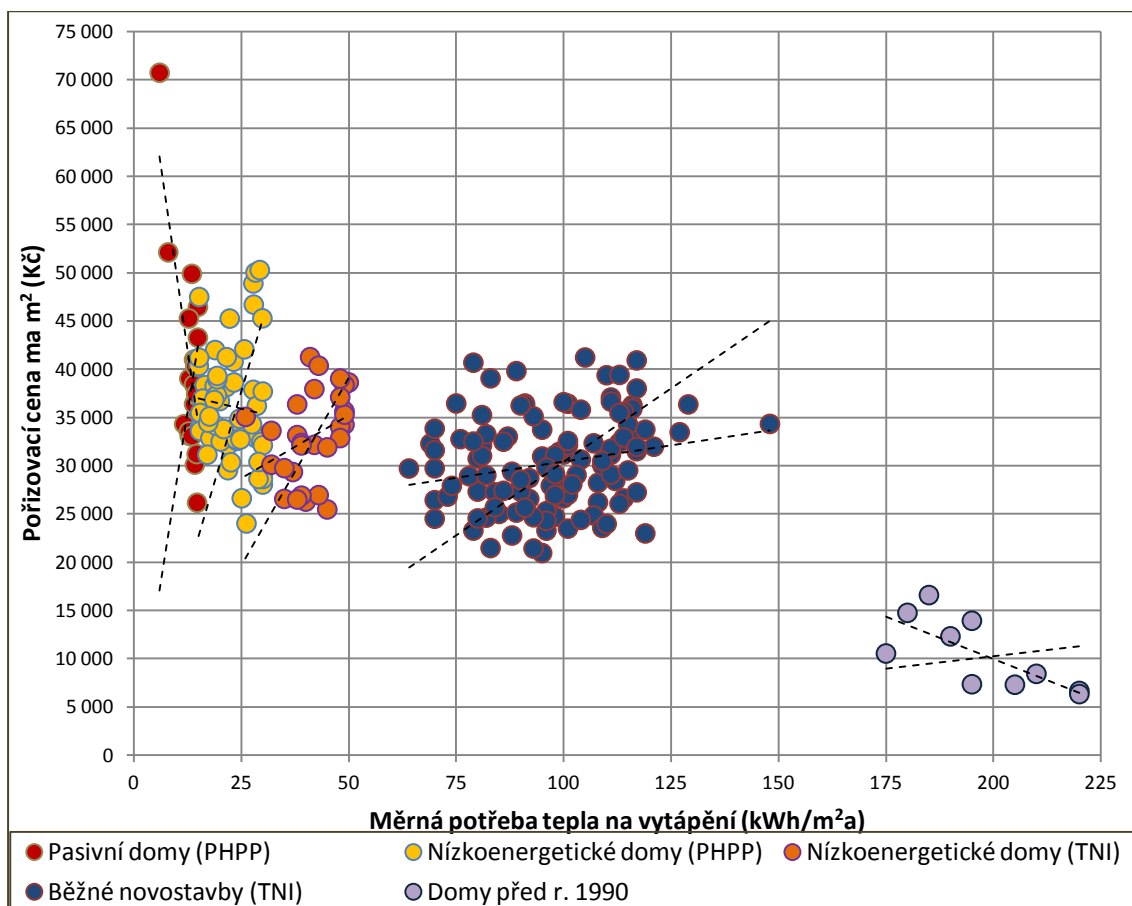
S předchozím grafem úzce souvisí graf 14, jenž zobrazuje porovnání pořizovací ceny na m^2 a měrné potřeby na vytápění s vyznačením průměrných hodnot (čárkovaných průsečíků uvnitř každé skupiny). Starší dům postavený před r. 1990 je možné pořídít v průměru za 10 tis. Kč/ m^2 , běžné novostavby mají průměrnou pořizovací cenu zhruba 30 tis. Kč/ m^2 , NED do 50 kWh/ m^2 přibližně 33 tis. Kč/ m^2 , NED do 30 kWh/ m^2 36 tis. Kč/ m^2 a konečně PD necelých 40 tis. Kč/ m^2 .

Dohromady lze z grafů 13 a 14 vyvodit, že se navíc vynaložené prostředky zejména u PD a NED do 30 kWh/ m^2 a budou v čase rychle vracet. Představují tak zajímavou investici, neboť s úsporou nákladů na vytápění bude možno počítat po celou dobu životnosti domu.

Práce počítá se třemi různými scénáři vývoje cen energie, a to 5 %, 8 % a 10 % ročním nárůstem, grafy zobrazují vždy prostřední možnost, tedy 8 %. Návrhová cena finančních prostředků je zobrazena na grafu 15, jenž dává do souvislosti pořizovací cenu

objektu s platbami za vytápění během 10 let provozu při započítání 8 % ročního nárůstu cen zemního plynu.

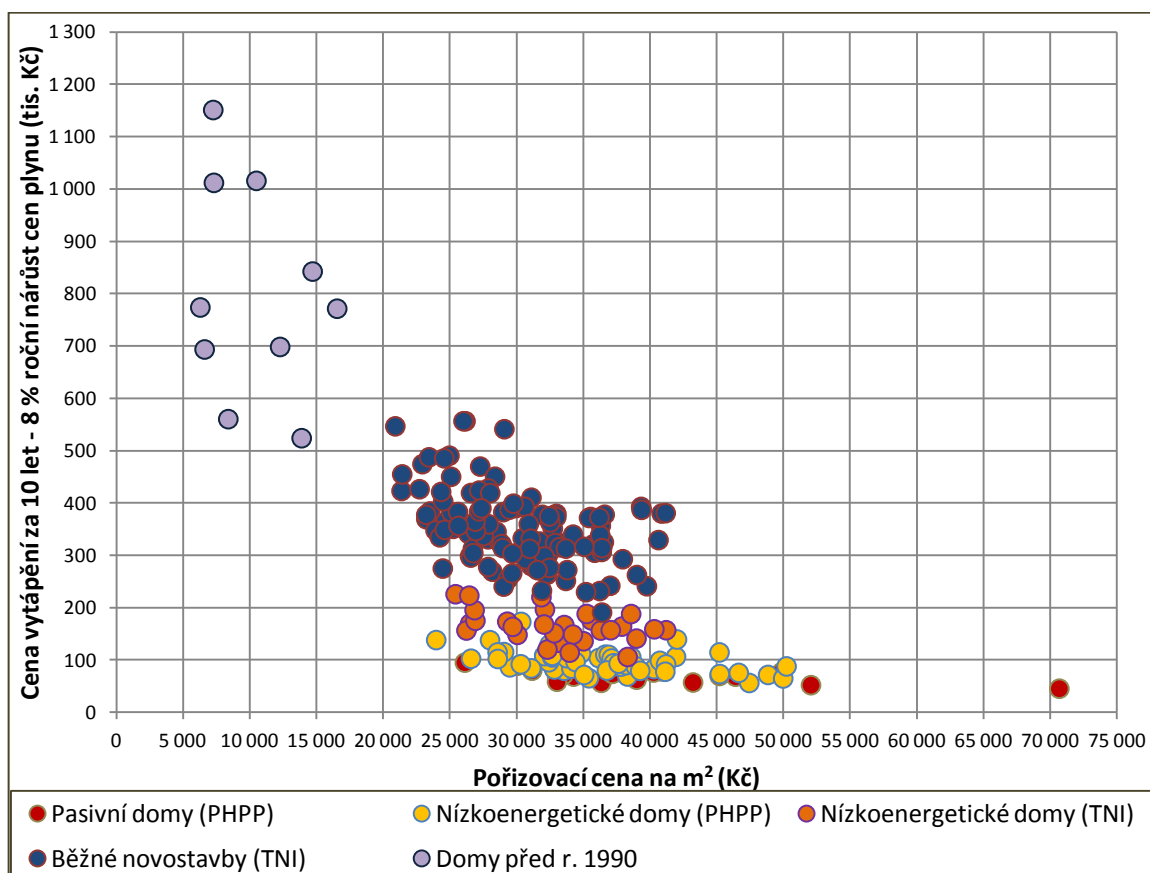
Rozdíly v pořizovací ceně na m² jsou jasné. Staré domy mají extrémně nízkou cenu mezi 6 a 17 tis. Kč na m². Ostatní budovy jsou vyrovnanější - běžné novostavby se pohybují v rozmezí 21 a 42 tis. Kč za m², ostatní kategorie začínají zhruba na 26 tis. Kč na m², přičemž NED se spotřebou 32-50 kWh/m²a dosahuje maximální ceny 42 tis. Kč na m², NED se spotřebou 15-32 kWh/m²a zhruba 50 tis. Kč na m² a PD s jednou výjimkou zhruba 53 tis. Kč na m².



Graf 14 Porovnání pořizovací ceny na m² a měrné potřeby na vytápění

U starých domů je třeba počítat s vysokými platbami za energie; v tomto případě se pohybují zhruba mezi 0,52 a 1,15 mil. Kč za 10 let provozu. Tento scénář však předpokládá, že nedojde k rekonstrukci a tudíž změně měrné potřeby tepla na vytápění. Vytápění běžných novostaveb bude stát ve většině případů mezi 250 a 450 tis. Kč, NED se spotřebou 32-50 kWh/m²a mezi 105 a 220 tis. Kč, NED se spotřebou 15-30 kWh/m²a mezi 65 a 140 tis. Kč. Nejnižší bude spotřeba u PD, která bude stát mezi 45 a 95 tis. Kč.

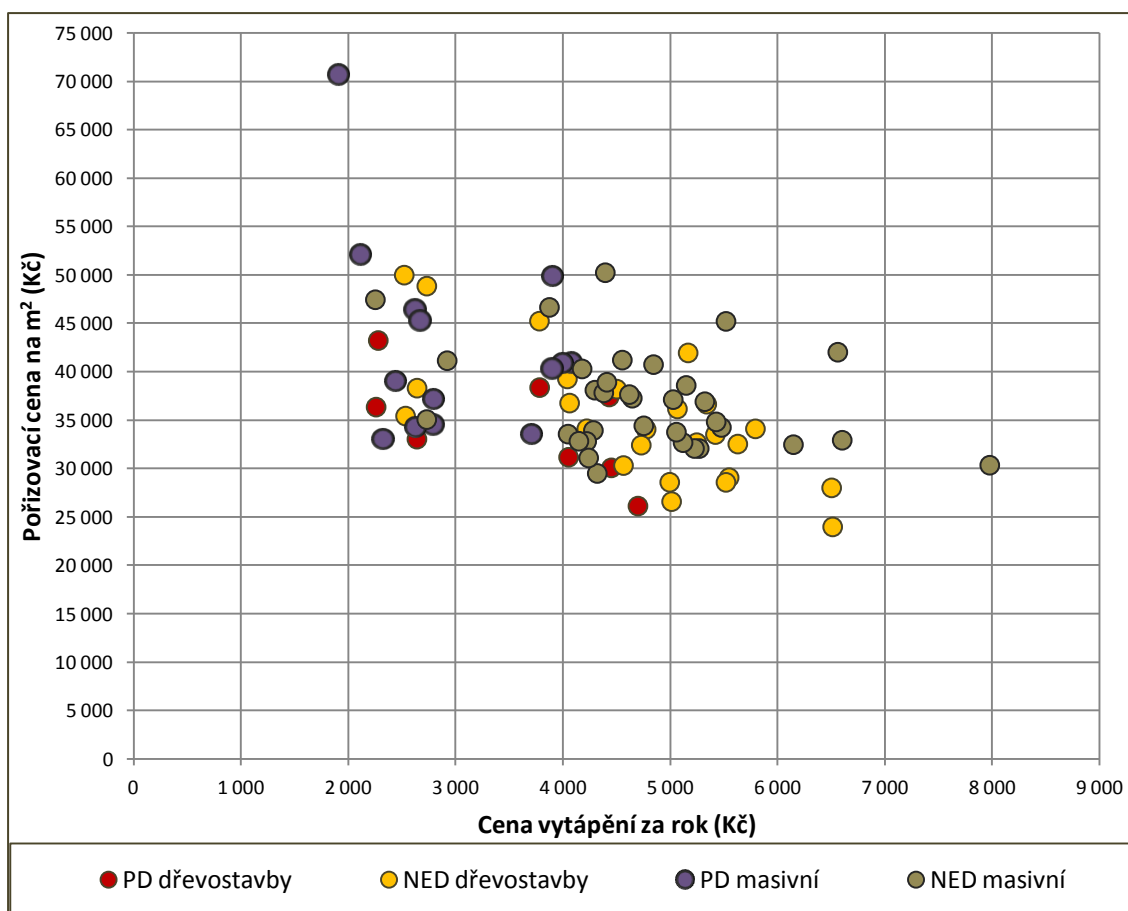
S výjimkou kategorie starých domů je možné najít u pořizovacích nákladů pro všechny kategorie domů průnik mezi 25 a 40 tis. Kč. V těchto cenových relacích tedy lze pořídit jak běžnou novostavbu, tak i PD. V závislosti na energetickém standardu a užitné ploše domu lze z hlediska vytápění za 10 let v extrémním případě očekávat rozdíl více než jednoho milionu Kč. Tento rozdíl se bude měnit na základě chování obyvatel domu.



Graf 15 Porovnání pořizovací ceny na m² a plateb za vytápění s 8 % ročním růstem cen

Následující graf 16 zobrazuje srovnání dřevostaveb a masivních staveb do 30 kWh/m²a. Cena za vytápění obou typů konstrukcí je z logiky věci srovnatelná, avšak podstatný rozdíl je v pořizovacích nákladech. Zatímco masivní NED stojí v průměru 36 952 Kč/m², NED dřevostavby jen 35 026 Kč/m². Průměrný rozdíl absolutní výše stavebních nákladů tak činí už jen při 100 m² užitné plochy 192 600 Kč. U PD je situace ještě zajímavější – pasivní dřevostavby jsou s 34 482 Kč/m² v průměru dokonce levnější než dřevostavby nízkoenergetické. PD s masivní konstrukcí oproti nim dosahují 39 868 Kč/m², v absolutní výši stavebních nákladů na 100 m² tak jsou v průměru o plných 538 600 Kč dražší.

V grafu 16 je srovnáván vzorek 81 domů, proto by bylo třeba zjištěné rozdíly ověřit na větším vzorku. Měl by být zahrnut i detailnější popis a rozdělení konstrukcí (ale též typ střechy, přítomnost sklepa atd.). Přesto je možné ze zjištěných rozdílů učinit obecný závěr, že nízkoenergetické a pasivní dřevostavby mohou být v porovnání s masivními konstrukcemi pasivního a nízkoenergetického standardu z hlediska investičních nákladů na stavbu domu až o několik set tisíc Kč levnější, což by mělo být významnou motivací k jejich podstatnějšímu rozšíření na území ČR.



Graf 16 Srovnání energeticky úsporných dřevostaveb a domů masivních konstrukcí z hlediska pořizovací ceny a ceny za vytápění

V další části této kapitoly již bude pozornost soustředěna na konečnou cenu provozu domu. V tab. 1 jsou nejdříve zobrazeny průměrné hodnoty základních charakteristik sledovaného vzorku domů. Ceny jsou uvedeny včetně DPH.

| | Cena domu (Kč) | Cena/m ² (Kč) | Vytápěný prostor (m ²) | Měrná potřeba na vytápění (kWh/m ² a) | Celková potřeba na vytápění (kWh/a) |
|--|------------------|--------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Domy před r. 1990 | 1 635 000 | 10 390 | 158,3 | 197,5 | 33 613 |
| Běžné novostavby | 3 977 500 | 30 280 | 130,9 | 98 | 13 637 |
| Nízkoenergetické domy (50-32 kWh/m ² a) | 4 272 414 | 33 053 | 130,5 | 42 | 5 780 |
| Nízkoenergetické domy (30-15,1 kWh/m ² a) | 4 751 127 | 36 136 | 123,7 | 22,9 | 3 016 |
| Pasivní domy | 5 501 090 | 39 722 | 130,5 | 13,2 | 1 880 |

Tabulka 1 Průměrné hodnoty vybraných charakteristik skupin domů

Získaná data lze porovnat ukazatelem prosté návratnosti, kdy se vícenáklady domu dělí dosaženou roční úsporou při provozu.¹³¹ Prostou návratnost jednotlivých skupin domů zobrazuje tabulka 2. Není zde tedy počítáno s růstem cen energií; nejsou uvažovány ani podmínky případného úvěru.¹³²

| | Cena domu (Kč) | Úspora vůči PD (Kč) | Úspora nákladů vytápění v PD (Kč/rok) | Prostá návratnost investice do PD (roky) |
|------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| Domy před r. 1990 | 1 635 000 | 3 866 090 | 50 615 | 76,4 |
| Běžné novostavby | 3 977 500 | 1 523 590 | 19 335 | 78,8 |
| NED (50-32 kWh/m ² a) | 4 272 414 | 1 228 676 | 6 467 | 190,0 |
| NED (30-15,1 kWh/m ² a) | 4 751 127 | 749 963 | 1 887 | 397,4 |
| Pasivní domy | 5 501 090 | - | - | - |

Tabulka 2 Prostá návratnost investice do PD

Z tabulky 2 lze vyvodit, že pokud by nedocházelo k růstu cen energií, o ekonomické návratnosti PD vůči NED by nebylo možné uvažovat, u běžných novostaveb

¹³¹ Tento způsob lze použít tam, kde se stavba financuje bez úvěru. V případě financování pomocí úvěru tato metoda není zcela přesná, protože nezohledňuje podmínky úvěru a růst ceny energie. Při financování pomocí úvěru se přitom návratnost investice zkracuje (Koloděj, 2012).

¹³² Pro zjednodušení nejsou uvažovány jiné provozní náklady než vytápění.

by se též jednalo o neúměrně vysoké hodnoty. U starších domů je předpoklad, že by v průběhu času musely být rekonstruovány (o mnoho let dříve než novostavby), takže jedině zde lze uvažovat rychlejší návratnost. Tyto hodnoty jsou však pouze teoretické, neboť ceny energií stoupají a dochází k inflaci. Výsledky pro energeticky úsporné třídy domů tak jsou ve skutečnosti o mnoho lepší.

Z údajů v tabulce 1 byla vypočítána cena vytápění za 10 let pro plynový kondenzační kotel při třech různých scénářích vývoje cen zemního plynu – s ročním zvyšováním ceny o 5 %, 8 % a 10 % (viz tabulka 3). S těmito třemi scénáři je nadále počítáno. Nelze očekávat, že ceny zemního plynu (a paliv obecně) zůstanou na stejné cenové hladině i v příštích letech. Jen za poslední tři roky společnost RWE Energie, a. s., jejíž tarify jsou v této práci použity k výpočtu, zdražila ceny plynu o více než 47 %, tj. více než 15 % za rok!¹³³ Scénáře s ročním zvyšováním cen 5 %, 8 % a 10 % se z tohoto pohledu jeví ještě jako poměrně mírné. Pokud však bude tendence zvyšování cen pokračovat, bude investice do energeticky úsporných domů o mnoho výhodnější, než je v této práci prezentováno. Pro zajímavost jsou zmíněny i procentuální rozdíly v průměrných pořizovacích cenách jednotlivých skupin domů. Běžné novostavby přitom představují referenční hodnotu - v porovnání s nimi se udává hodnota ostatních skupin domů.

Na základě tohoto srovnání se ukazuje, že průměrná cena PD je ve srovnání s běžnými novostavbami o 38 % vyšší, což je v příkrém rozporu s již obecným názorem, že PD je opodstatněné postavit za cenu nejvíce o 15 % vyšší v porovnání s běžnou výstavbou (Čejka, 2012; Báčová et al., 2010: 73). Z toho je možné vyvodit, že ve vzorku PD buď figuruje mnoho nevhodně navržených PD, anebo se tvrzení výše zmíněných autorů dosud neodráží v reálných poměrech českého stavebnictví.

Pokud by byly PD maximálně o 15 % dražší než běžné novostavby, znamenalo by to, že by se začaly oproti běžným stavbám i bez jakékoli formy finanční podpory z ekonomického hlediska vyplácet již zhruba po 15 letech užívání (za předpokladu 8 %

¹³³ Mezi lety 2010 a 2012 byly v tarifu ročního odběru 7 560 až 15 000 kWh, v němž se nachází drtivá většina běžných novostaveb srovnávaných v této práci, zvýšeny ceny z 1,05331 na 1,55345 Kč/kWh. To je 47,5 % nárůst. U tarifu ročního odběru 1 890 až 7 560 kWh (v roce 2010 byla horní hranice ještě 9 450 kWh), do nějž spadá většina NED, se pak zvýšení rovná 39,3 % (RWE, 2012). Nejsou uvažovány měsíční platby, jež byly ve zmíněném tarifu ve stejném období zlevněny o 10 Kč, neboť se v poměru k celkovým platbám jedná o zanedbatelnou částku.

ročního nárůstu cen paliv). Pokud však jsou v průměru o 38 % dražší, ekonomická návratnost se prodlužuje přibližně na 25 let (viz graf 17).

| | Cena domu (Kč) | Cena domu (%) - běžné novostavby = 100 % | Cena vytápění (Kč/rok) | Cena vytápění - 10 let, 5 % (Kč) | Cena vytápění - 10 let, 8 % (Kč) | Cena vytápění - 10 let, 10 % (Kč) |
|--|------------------|--|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Domy před r. 1990 | 1 635 000 | 41,11 | 55 499 | 698 060 | 803 988 | 884 511 |
| Běžné novostavby | 3 977 500 | 100,00 | 24 219 | 304 624 | 350 854 | 385 988 |
| Nízkoenergetické domy (50-32 kWh/m ² a) | 4 272 414 | 107,41 | 11 351 | 142 772 | 164 440 | 180 906 |
| Nízkoenergetické domy (30-15,1 kWh/m ² a) | 4 751 127 | 119,45 | 6 771 | 85 165 | 98 089 | 107 912 |
| Pasivní domy | 5 501 090 | 138,31 | 4 884 | 61 430 | 70 752 | 77 838 |

Tabulka 3 Průměrné hodnoty ceny domů a vytápění

Na základě dat z tabulky 3 byly scénáře vývoje cen zemního plynu dány dohromady s cenou domu, opět s procentuálním srovnáním každého scénáře.

| | Cena domu + vytápění (5 %) | Cena domu + vytápění (%) | Cena domu + vytápění (8 %) | Cena domu + vytápění (%) | Cena domu + vytápění (10 %) | Cena domu + vytápění (%) |
|--|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Domy před r. 1990 | 2 333 060 | 54,48 | 2 438 988 | 56,35 | 2 519 511 | 57,74 |
| Běžné novostavby | 4 282 124 | 100,00 | 4 328 354 | 100,00 | 4 363 488 | 100,00 |
| Nízkoenergetické domy (50-32 kWh/m ² a) | 4 415 186 | 103,11 | 4 436 854 | 102,51 | 4 453 320 | 102,06 |
| Nízkoenergetické domy (30-15,1 kWh/m ² a) | 4 836 292 | 112,94 | 4 849 216 | 112,03 | 4 859 039 | 111,36 |
| Pasivní domy | 5 562 520 | 129,90 | 5 571 842 | 128,73 | 5 578 928 | 127,85 |

Tabulka 4 Cena domu s náklady na vytápění po 10 letech – různé scénáře zdražování cen zemního plynu

Z výsledků tabulky 4 lze vyvodit, že čím vyšší je míra růstu cen energií, tím větší je v tomto ohledu výhodnost investice do energeticky úspornějších domů. Zatímco se při změně scénáře růstu cen paliv z 5 % na 10 % konečná cena u PD změnila o necelých 17 tis. Kč, u běžných novostaveb činila přes 81 tis. Kč. Tento rozdíl se přitom bude setrvale zvětšovat. Pokud by do této rovnice nezasahovaly další proměnné, byla by popřena zejména ekonomická výhodnost PD. Je však třeba vzít v úvahu potřebu nutné investice do rekonstrukcí starých budov, nemonetární důvody (např. komfort bydlení) a v neposlední řadě fakt omezeného vzorku domů.

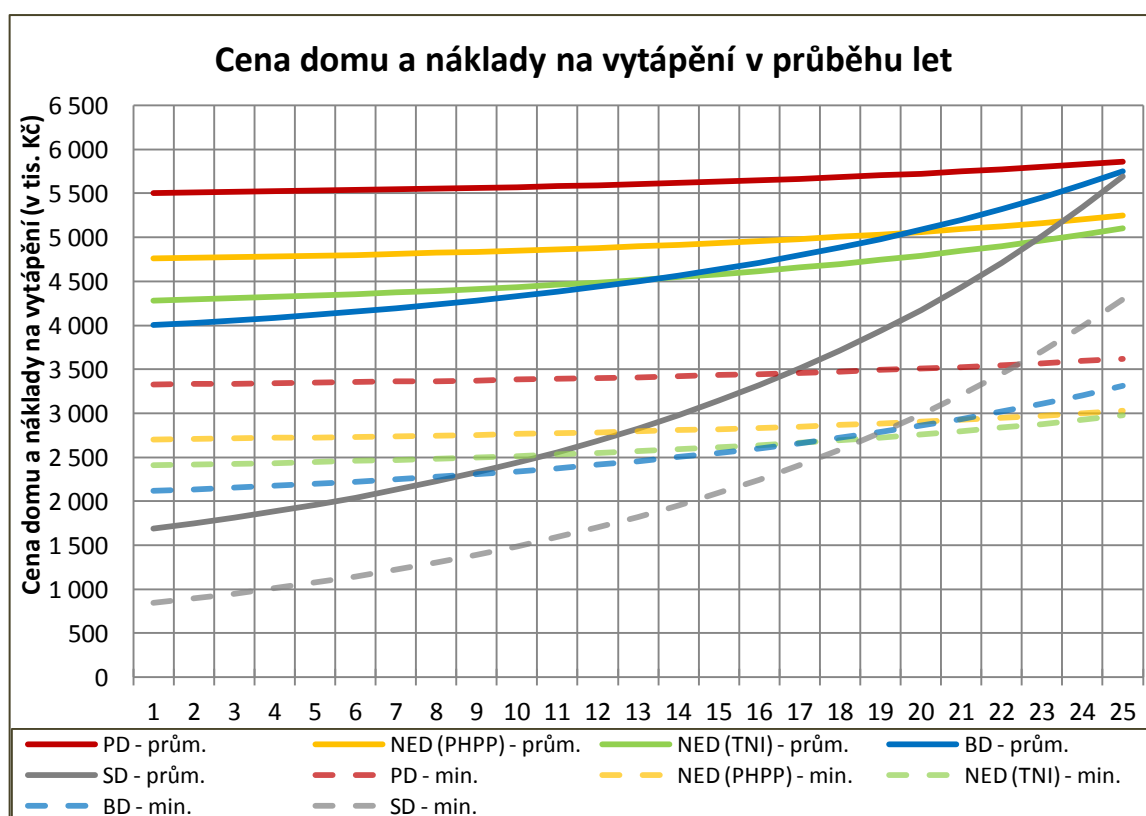
Pokud by byl vyjmut ze vzorku PD například pouze PD *Aktiv 2020* (viz příloha č. 3), průměrná pořizovací cena celé skupiny by se snížila o více než 260 tis. Kč. Opět se ukazuje, že bude-li pořizovací cena stavby neúměrně vysoká, ani úspory v řádu desítek tisíc Kč ročně nebudou stačit k dosažení rozumné ekonomické návratnosti. Přesto i mezi PD se dají najít domy cenově srovnatelné s běžnou zástavbou. Lze tedy uzavřít, že pokud je cena PD o více než 15 % vyšší než domu běžného, ekonomická návratnost vícenákladů na dosažení energeticky úspornějšího standardu je již poměrně špatná (více než 15 let), tudíž se jedná buď o špatný návrh či provedení, anebo byl důraz kladený více na komfort než na ekonomické řešení. Analogicky lze hodnotit i NED, zejména skupinu do 30 kWh/m²a.

Na grafu 17 jsou v rámci jednotlivých skupin domů zobrazeny náklady na vytápění s pořizovací cenou domu (vše včetně DPH) za 25 let provozu. V grafu je uvažován vývoj cen zemního plynu s každoročním zvyšováním ceny o 8 %, nejsou uvažovány změny cen tarifů. Jde samozřejmě pouze o jednu z možných variant vývoje; na 25 let dopředu nelze podat věrohodnou předpověď. Pokud jako životnost domu uvažujeme 100 let, u některých tříd domů náklady na vytápění převýší pořizovací cenu domu. Podle grafu do této skupiny nebudou patřit PD a NED se spotřebou do 30 kWh/m²a, pravděpodobně ani NED se spotřebou do 50 kWh/m²a. V této souvislosti je ale zásadní chování uživatele domu.

Graf 17 zobrazuje plnou čarou průměrné pořizovací a provozní ceny skupin domů, přerušovanou pak ceny minimální, tj. cenu domu dané skupiny s nejnižší pořizovací cenou.¹³⁴ Ukazuje se, že pořizovací cena domu i po 25 letech, v porovnání s vytápěním,

¹³⁴ Hledisko nejnižší pořizovací ceny bylo vybráno, neboť cena domu velmi ovlivňuje výslednou částku i po 25 letech provozu. Je třeba vzít v potaz rozdílnou užitnou plochu takto vybraných domů, avšak to je též cílem práce – položit otázku, zdali menší výměra užitné plochy, z níž má

zásadně ovlivňuje výsledné náklady. Skupina starých domů bude muset projít rekonstrukcí, která zvýší pořizovací cenu domu a sníží náklady na vytápění, tudíž i zde by bylo možné za určitých okolností počítat s vytápěním jako méně důležitou položkou. Investor tak dle těchto dat může nejvíce ušetřit již při pořízení nemovitosti. Pokud si investor pořídí drahý, ač energeticky úsporný dům, vliv úspor na vytápění se bude prosazovat jen velice pozvolna a omezeně. Z ekonomického hlediska tedy nelze doporučit strategii „za každou cenu co nejúspornější dům“. Tento závěr však může popřít vyšší rychlost růstu cen energií.



Graf 17 Průměrná cena domu a náklady na vytápění za 25 let provozu při 8 % ročním zvyšování ceny zemního plynu ¹³⁵

Při srovnání plných a přerušovaných čar je vidět, že cenová rozpětí jsou velmi široká. Investor proto má značnou možnost zakoupit i energeticky úspornější dům v poměrně příznivé cenové hladině. Jinou otázkou je, podle jakých měřítek se při koupi

majitel vyšší užitek, není lepší než větší výměra užité plochy, jež tolik užtku uživateli přinášet nebude.

¹³⁵ V grafu jsou na ose x znázorněny roky používání domu. Domy postavené před r. 1990 byly v grafu pro úsporu místa označeny jako „starší domy“ – SD, běžné novostavby jako „běžné domy“ – BD.

skutečně řídí. Vzhledem k absenci údajů o energetické náročnosti domů v dostupných materiálech (katalogy, internetové stránky atd.) lze vyvodit, že v současnosti se v ČR investor při koupi domu měrnou potřebou na vytápění až na výjimky neřídí, dokonce ani řídit nemůže. Další vývoj by tento stav měl již od začátku roku 2013 zvrátit v důsledku zapracování tzv. EPBD II do české legislativy (zde je míněno zejména vydávání tzv. certifikátů energetické náročnosti, které budou informovat o energetické náročnosti budov).¹³⁶

Podle grafu 17 se po 13 letech NED se spotřebou do 50 kWh/m²a stane výhodnějším než běžná novostavba, za 19 let běžná novostavba protne křivku i NED se spotřebou do 30 kWh/m²a. Za 26 let pak dojde k protnutí křivky běžných novostaveb a starých domů s PD.¹³⁷ Zde je třeba zdůraznit ovlivnění výsledků různými metodikami; ve skutečnosti by k protnutí křivek PD a NED s běžnými novostavbami a starými domy došlo i o několik let dříve. Je však již podnětem pro jinou práci vypočítat přesně energetické a tím i peněžní rozdíly plynoucí z použití různých metodik.¹³⁸

¹³⁶ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. 5. 2010 o energetické náročnosti budov (EPBD II) podstatně mění Směrnicí EPBD I, jež byla v ČR implementována zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií a souvisejícími prováděcími předpisy. EPBD II stanovuje cíl podstatného snížení energetické náročnosti budov (Ekowatt, 2012).

¹³⁷ Referenční skupinu starých domů je třeba brát s rezervou (viz kap. 9.1. Metodika výpočtu) i kvůli jejich průměrně větší výměře oproti ostatním skupinám, přesto potřeba tepla na vytápění byla u těchto domů spíše podhodnocena. Výsledné náklady, ač se jedná do jisté míry o odhad, by tak alespoň zhruba měly popisovat skutečný stav.

¹³⁸ Je otázkou, zdali je vůbec možné vyvodit zásady přepočtu z metodiky TNI 73 0329 na metodiku PHPP (či obráceně), podle nichž by se alespoň rámcově zjistila měrná potřeba na vytápění. V dostupné literatuře na tuto otázku nebylo možné najít uspokojivou odpověď. Martin Konečný nicméně publikoval výsledky měření několika desítek PD a NED oběma metodikami – zjistil podstatné rozdíly (Konečný, 2012).

10. Diskuze výsledků srovnání

Tato kapitola nejdříve zhodnotí výsledky výzkumu a tyto závěry využije v poslední části práce, která se věnuje předsudkům a mýtům na poli energeticky úsporných domů. Mohlo by se zdát, že prozkoumání nepodložených názorů, jež se v diskursu udržitelného stavebnictví dosud objevují, nepatří do této kapitoly. Je však cílem obohatit výsledky ekonomicko-energetických srovnání, k nimž dospěly kapitoly 8 a 9, názory zejména laické veřejnosti, která vytváří největší díl poptávky po obytných budovách všech typů.

10.1. Celkové zhodnocení výzkumu

10.1.1. Domácí spotřebiče

V kapitole 8 byly porovnány pořizovací ceny s provozními náklady různých energetických tříd čtyř skupin domácích spotřebičů – lednic, žárovek, praček a myček – během deseti let jejich provozu.

U lednic práce dospěla k závěru, že koupě lednice energetické třídy A+++ při pořizovací ceně do 20 000 Kč je nejvýhodnější. Z hlediska pořizovací ceny jsou některé lednice třídy A dražší než třída A++ či A+++ (kvůli designu, úrovni vybavení atd.). Spotřeba elektrické energie lednice může za 10 let provozu i několikanásobně překročit pořizovací cenu lednice (zejména u tříd A). Třída A+++ je tak velice dobrou investicí, neboť za 10 let ušetří majiteli oproti jiným energetickým třídám i více než 30 000 Kč za elektrickou energii. Zákazník by si měl určit požadovaný užitiný objem lednice, neboť na konečnou spotřebu má podstatný vliv.

Hodnocení žárovek ukázalo, že finančně nejvýhodněji vycházejí LED žárovky. Mají nejdelší životnost a lépe snášejí časté zapínání a vypínání než ostatní žárovky. Pokud na požadovaný účel nemají dostatečný světelný tok a podání barev, pak je třeba buď použít LED žárovek několik, nebo pořídit úsporné žárovky, jež se však pomaleji rozsvěčují a škodí jim časté zhasínání a rozsvěcení. U klasických žárovek se většina elektrické energie přeměňuje bez užitku na teplo, vadí jim časté rozsvěcení a zhasínání a mají krátkou životnost. Jedná se přesto o ověřený světelný zdroj, který si stále drží své zákazníky. Zatímco LED žárovka svou cenou a provozem vyjde za 10 let provozu nejvýše na zhruba

1 100 Kč a úsporná žárovka na přibližně 3 100 Kč, klasická žárovka bude stát přes 12 500 Kč! Tato cena je přitom cenou jediné žárovky. Pro použití v energeticky úsporném domě tak lze doporučit jediné úsporné či LED žárovky.

Spotřeba vody myček nesleduje přesně energetickou efektivitu, ale lze říci, že třídy A++ a A+++ jsou v průměru úspornější. Spotřeba elektrické energie tohoto spotřebiče se liší až o 40 %, nicméně jde o nízké hodnoty. Třídy A++ a zejména A+++ mají poměrně velký podíl pořizovací ceny z celkových nákladů, což je zásadně znevýhodňuje. Z ekonomického hlediska je tak optimálním řešením pořízení co nejlevnějšího spotřebiče v rámci tříd A či A+, neboť se jednoduše nevyplatí investovat do úspornějších myček. Na rozdíl od lednic, žárovek a praček se navíc myčky objevují až v poslední době. To může vysvětlovat vyšší pořizovací cenu zejména vyšších energetických tříd myček, současně to ale vyvolává otázku po jejich smyslu a výhodnosti (oproti ručnímu mytí).

Porovnání praček nepotvrdilo, že by vyšší energetické třídy ve využívání vody měly lepší výsledky. Spotřeba elektrické energie ukázala jasné rozdíly, jež v absolutních číslech, podobně jako u myček, nicméně nejsou vysoké. Celkové náklady na pořízení a provoz pračky za deset let odhalují vyšší závislost výsledku na pořizovací ceně pračky, neboť nedochází k takovému rozptylu ve spotřebě energie, jako je tomu například u lednic. Je však možné nalézt i pračku v A+++ třídě od 5 000 Kč, jež z ekonomického pohledu poskytuje nejúspornější řešení.

Výsledky se nedají jednoduše zobecnit na všechny spotřebiče současně. Jednoznačně nejúspornější technologie by se měla zvolit v případě lednic, do jisté míry i žárovek. Myčky však naopak v nejúspornějších třídách nelze doporučit kvůli příliš vysoké pořizovací ceně. Pračky pak nelze jednoznačně zhodnotit; ačkoli ve srovnání vyšel nejlépe zástupce třídy A+++ , uvnitř skupin se nacházely velké rozdíly. Obecně a s jistou dávkou opatrnosti se tak dá uzavřít, že pokud mezi spotřebiči nejsou mnohatisícové rozdíly, vyplatí se pořídit v závislosti na četnosti používání spotřebiče v co nejvyšší energetické třídě.

10.1.2. Rodinné domy

V kapitole 9 byla porovnána pořizovací cena s náklady na vytápění různých energetických tříd domů. Cílem bylo získat odpověď na otázku, kterou třídu domů se v čase z ekonomického hlediska nejvíce vyplatí pořídit.

Bylo zjištěno, že čím méně je konkrétní skupina domů energeticky efektivní, tím větší u ní existuje rozptyl plateb za vytápění. Proto by měl každý investor vědět, že budoucí platby za energie bude zásadně ovlivňovat nejen rozhodnutí o energetické třídě domu (a s tím související orientace domu, faktor A/V atd.), ale též o velikosti vytápěné plochy. Vytápění běžných novostaveb stojí při variantě s 8 % ročním růstem cen zemního plynu za 10 let provozu ve většině případů 250-450 tis. Kč, NED se spotřebou 32-50 kWh/m²a mezi 105-220 tis. Kč, NED se spotřebou 15-30 kWh/m²a mezi 65-140 tis. Kč. U PD dosahují platby za vytápění výše 45-95 tis. Kč.

V cenových relacích mezi 25 a 40 tis. Kč/m² užitné plochy lze pořídit jak běžnou novostavbu, tak i PD. Průměrná cena PD je přesto ve vzorku oproti běžným novostavbám o 38 % vyšší, což je v rozporu s častým tvrzením, že PD je opodstatněně postavit za cenu nejvíce o 15 % vyšší v porovnání s běžnou výstavbou. Ve vzorku tedy buď figuruje mnoho nevhodně navržených PD a větší vzorek domů by potvrdil názor těchto autorů, nebo vzorek odpovídá průměrným hodnotám PD v ČR, což by znamenalo, že tvrzení těchto autorů se dosud neodráží v reálných poměrech českého stavebnictví.

V porovnání s vytápěním pořizovací cena domu i po 25 letech zásadně ovlivňuje celkové náklady domu. Pokud by byly PD maximálně o 15 % dražší než běžné novostavby, znamenalo by to, že by se začaly oproti běžným stavbám i bez jakékoli formy dotací z ekonomického hlediska vyplácet již zhruba po 15 letech užívání (při 8 % ročního nárůstu cen paliv). Pokud však jsou v průměru o 38 % dražší, ekonomická návratnost se za stejných podmínek prodlužuje minimálně na 25 let.

Z hlediska konstrukčních typů se oproti masivním stavbám prosazují dřevostavby, a to v pasivním i nízkoenergetickém standardu. Úspora pořizovacích nákladů jen při změně konstrukce na dřevostavbu se na 100 m² užitné plochy pohybuje mezi 190-540 tis. Kč. Tento fakt by měl být motivací k rychlému rozšiřování dřevostaveb i na území ČR, k čemuž dle Josefa Smoly již dochází (Zahradníček, Horák, 2011: 7). Pro dřevostavby hovoří i rychlost stavby, větší užitná plocha díky konstrukci stěn či méně negativních vlivů na životní prostředí.

Zvýšená pozornost by se při koupi domu měla věnovat užitému typu metodiky výpočtu měrné potřeby tepla na vytápění, neboť rozdíly mezi měřením stejné budovy metodikou TNI 73 0329 a PHPP mohou být zásadní (Konečný, 2012). Je však paradoxní, že tento důležitý údaj ve většině dostupných materiálů naprosto chybí. V současnosti se tak

investor v ČR při pořizování domu podle měrné potřeby na vytápění většinou nemůže rozhodovat.

Práce vyslovuje závěr, že z ekonomického hlediska nelze doporučit strategii „za každou cenu co energeticky nejúspornější dům“. Pokud by byly zohledněny rozdíly mezi různými metodikami, jevila by se s odvoláním na Martina Konečného jako ekonomicky nejpriznivější skupina NED se spotřebou do 30 kWh/m²a, měřená přísnější metodikou PHPP (Konečný, 2012). Tuto skupinu oproti PD zvýhodňuje především o 750 tis. Kč nižší průměrná pořizovací cena a na druhou stranu příliš nesráží jen o několik kWh/m²a vyšší měrná potřeba na vytápění. Nemělo by se dále usilovat vždy o striktně pasivní standard, což práce svými výsledky jednoznačně potvrzuje, ale přizpůsobit se místním podmínkám. Dle Konečného je nesmyslem investovat značné částky na dosažení hodnoty 15 kWh/m²a, pokud u většiny domů lze bez větších investic dosáhnout 20 kWh/m²a, což je minimální rozdíl (Konečný, 2012). Pro účely práce nebyl uvažován vliv dotačních programů, jež by dle předpokladu dále zvýhodnily energeticky úsporné stavby; i bez těchto programů však je myšlenka udržitelného stavebnictví environmentálně i ekonomicky výhodná, přičemž vlivy na sociální pilíř jsou též patrné (tvorba nových pracovních míst ve stavebnictví, nižší závislost společnosti na dovozu energií atd.).

10.1.3. Společné zhodnocení domácích spotřebičů a rodinných domů

Spotřeba elektrické energie českých domácností, jež se od roku 1997 prakticky nemění (v rozporu s podstatným nárůstem celkové spotřeby elektrické energie v ČR), může být výrazem snahy domácností šetřit energií (ERÚ, 2011). Ceny energií pro domácnosti (a tudíž jejich náklady) nicméně i tak rostou a dá se očekávat, že budou alespoň v nejbližší budoucnosti růst i nadále. Tento trend nahrává všem energeticky úsporným výrobkům, jež se svým majitelům za důvěru odmění finančně nenáročným provozem (jako výrobek je zde pokládán domácí spotřebič i rodinný dům). Rozumně investovat prostředky ve snaze dosáhnout úspory na platbě za energie tak lze nejenom pořízením „té pravé“ budovy, ale též rozumnou koupí domácích spotřebičů. Každá dobře investovaná koruna se vrátí v čase hned několikrát. Za 10 let by bylo dle této práce možné ušetřit na provozu domácnosti bez problémů alespoň 50 tis. Kč pouhou koupí „těch pravých“ spotřebičů ze čtyř v této práci srovnávaných skupin. U rodinných domů se možné úspory pohybují až do 50 tis. Kč za jediný rok, tj. až desetinásobek potenciálu úspor v

porovnání se sledovanými spotřebiči. V absolutním měřítku tak lze říci, že čím větší investice, tím větší možnost energetických úspor. Přesto je důležité přemýšlet dopředu a nakupovat s rozmyslem, ať jde o spotřebiče za několik tisíc, anebo o rodinný dům za několik milionů Kč.

Ne vždy je „ta pravá“ současně energeticky nejúspornější, jak práce ukázala, proto je třeba vybírat nejen podle energetické úspory, ale též podle pořizovací ceny. Neznamená to však ani kupovat jen to nejlevnější. Existuje samozřejmě ještě třetí složka, a to kvalita – nejlépe kupovat ověřenou značku a firmu s dobrými referencemi. Správnou kombinací těchto složek je možné „tu pravou“ najít. Ač u každého výrobku je na základě těchto tří složek rozumné pořídit jinou energetickou třídu, obecně bylo v práci potvrzeno, že pokud jsou ceny alespoň přibližně srovnatelné, vyplatí se investovat určité prostředky navíc do vyšší energetické třídy. To samé lze doporučit u rodinného domu, ačkoli tam se prozatím skutečná energetická náročnost odhaluje obtížněji. To by již brzy mělo změnit opatřování domů podobnými energetickými štítky, jako mají právě spotřebiče, skrze něž i laik pozná, jak kvalitní výrobek kupuje. Lze tak uzavřít, že v případě domácích spotřebičů i rodinných domů se v energetickém a tím ekonomickém ohledu uplatňují stejná obecná pravidla.

10.2. Předsudky a mýty

S tematikou energeticky úsporných domů se pojí různé mýty, předsudky i obecná nevědomost rozšiřovaná laiky i některými stavebními profesionály. Tyto mýty jsou mířeny zejména proti PD, neboť část nízkoenergetických domů se od běžných domů neodlišuje tak razantně (ať už fakticky či v představách těch, co tyto mýty rozšiřují). S PD zde tedy pro zjednodušení bude nakládáno jako s hlavním představitelem energeticky úsporných staveb.¹³⁹ Že se nejedná jen o bezúčelnou rétoriku, dokazují četné příklady zcela vážně pojatých obran vůči předsudečným názorům (Báčová et al., 2010; Centrum pasivního domu, 2011: 20-21; Růžička, 2008: 32 a další). Důležitost a současně podnětnost takových obran uznává i tato práce, proto je na následujících stranách rozebráno deset nejčastějších mýtů.

¹³⁹ Nízkoenergetické domy, jež se měrnou potřebou tepla na vytápění přibližují pasivním domům, obsahují tytéž technologie jako pasivní dům, tudíž se stejné předsudky dají aplikovat i na ně. Pro zjednodušení se však zde práce omezuje na skupinu pasivních domů.

Pasivní dům je a musí být velice složitý, neboť je plný drahých technických zařízení

PD je v mnohém odlišný od běžných domů (popisu všech odlišností se věnuje celá teoretická část této práce), což má původ v jeho odlišné podstatě – pasivního standardu nelze dosáhnout za použití standardních postupů. Je nutno uznat, že na PD se používají nové technologie a technicistní přístupy. Je to však jen jedna z cest stavby PD. Neznamená to, že nutně musejí být složitější a obsahovat drahé a nesrozumitelné technologie. Dle Martina Růžičky mohou dosáhnout pravého opaku (Růžička, 2008: 32). Mohou být postavené mimo jiné ze dřeva a slámy a technická zařízení se mohou omezit na vzduchotechnické zařízení a kotel na přípravu teplé vody a vytápění. Ovládání technických zařízení v PD pak bývá z hlediska obtížnosti přirovnáváno k výměně sáčků ve vysavači. Desetitisíce PD potvrzují, že je lze stavět z různých materiálů ve všech klimatických pásmech. Pokračující vývoj stavbu těchto domů dále zjednodušuje a zlevňuje.

Pasivní dům je moc drahý a nikdy se nevyplatí

Seriózní analýzy celkových nákladů různých skupin domů v čase se objevují (zatím) výjimečně; mezi výjimkami lze jmenovat studii Jana Koloděje (Koloděj, 2012). Přitom je rozšířené tvrzení, že PD má přinášet úsporu až 80% nákladů na vytápění v porovnání s běžnými novostavbami při zachování stejného nebo dosažení vyššího komfortu, např. při větrání (Báčová et al., 2010: 46).¹⁴⁰ Tento výrok práce potvrdila, neboť v tabulce 3 dosahuje průměr ceny vytápění PD ve vzorku 20,17 % ceny vytápění běžné novostavby.

To, že je dům drahý, ještě nicméně neznamená, že je energeticky úsporný, a naopak. Výsledky ekonomického srovnání z minulé kapitoly tento fakt potvrzují a dále ukazují, že pořizovací cena s energetickou úsporností domu příliš nekoreluje. Zde výsledek ovlivňuje množství parametrů, jež od sebe bez detailní analýzy nelze oddělit. Například z porovnání vyplynulo, že dřevostavby jsou obecně levnější než masivní stavby. Do porovnání však nebyly zahrnuty další parametry, např. množství a cena materiálu

¹⁴⁰ Z hlediska trvale udržitelného rozvoje jsou pasivní domy ekologicky efektivním systémem, neboť díky výrazně nižší potřebě primární energie (zejména na vytápění) tolik nezatěžují klima produkcí CO₂ a dalších škodlivin (Graf, 2008: 108-109).

použitého na stavbě, rychlost a náročnost stavebních prací či cena dopravy materiálu. Pro ověření by bylo též nutné rozšířit vzorek porovnávaných domů.

V této práci vychází PD z hlediska průměrných hodnot jako nejdražší varianta s pomalou ekonomickou návratností. Rozptyl pořizovací ceny domů, který nejvíce ovlivňuje výsledky, je nicméně značný. Závisí tak na konkrétních návrzích domů a následném provedení, neboli na práci konkrétních projektantů a stavebních firem. To může odkazovat na fakt, že v ČR ještě není dostatečné množství projektantů a stavebních firem schopných v požadované kvalitě navrhovat a stavět PD. Dle této studie je při koupi nemovitosti spíše než do PD výhodné investovat do NED, přičemž časové hledisko návratnosti investice je třeba uvažovat nejméně 15-20 let. Jiná situace by nastala v případě dotačních programů na podporu energeticky úsporného bydlení, nicméně ekonomická návratnost investice existuje i bez dotací. Současně ji nelze brát absolutně, neboť část požadavků a preferencí investora (estetika, vliv na životní prostředí atd.) ekonomickou návratnost nemá nebo ji nelze hodnotit (Čejka, 2012).

V této souvislosti není bez zajímavosti otázka plateb za energii. Při spotřebě plynu bylo při mírném překročení spotřeby do vyššího tarifu zjištěno, že se vyplatí spotřebovat o trochu více, protože to vyjde levněji. Jedná se o několik set korun za rok, tato částka přesto ve spojení s výší konečných plateb za vytápění zejména u PD představuje i 10 % celkové částky. Mírné plýtvání v ekonomickém ohledu je tedy paradoxně ku prospěchu.

Ceníky RWE Energie, a. s. zobrazují tarify pro různé výše odběru. V průměru je měrnou potřebu tepla na vytápění PD možné pokrýt nejnižším tarifem. Tarify jsou v ceníku doplněny piktogramem a popisem kvůli snadnější orientaci zákazníka a představují převažující užití zemního plynu v daném odběrném pásmu, jak upřesňují vysvětlivky. Od třetího tarifu dále je obrázek radiátoru s popisem 'topím', druhý tarif má obrázek puštěné sprchy a název 'ohřívám vodu', první pak obrázek hrnce a popisek 'vařím'. PD tak stačí k vytápění celého domu první tarif, jenž se běžně používá na vaření.

Pasivní dům je jen dobře zaizolovaný běžný dům

Zateplením domu a zlepšením kvality oken je sice možné dostat se na standard nízkoenergetického domu, ale PD není jen o něco více zateplený NED (Konečný, 2011).

Problémem není jen neprofesionál, který nemusí chápat principy a technické detaily energeticky úsporných budov; dodnes v ČR není ani mnoho projektantů schopných navrhnout skutečný PD. I řada stavebních firem se domnívá, že hodnot PD lze dosáhnout pouhým přidáním izolace bez navazujících technologií (Konečný, 2009: 323-324; Šišolák, 2010: 17). Tento omyl vede ke špatně postaveným drahým domům, které ale nejsou PD (byť tak mohou být označovány), čímž mohou odrazovat ostatní stavebníky kvůli problémům s vlhkostí a plísněmi, špatnou kvalitou vnitřního vzduchu atd. Přesto platí, že izolace je integrální součástí PD.

V pasivním domě se nedají otvírat okna

Václav Cílek v jednom ze svých článků píše, že se v PD většinou nesmí otevřít okno (Cílek, 2012). Blíže to nevysvětluje a tím se dopouští přinejmenším velké nepřesnosti. Okna se ve skutečnosti dají kdykoli otevřít (pokud nejsou provedena jako neotvíravá) a nucené větrání se dá vypnout. Otevírání oken má důsledky zejména v zimním období, kdy je potřeba v domě topit. Pokud se bude jednat o období od jara do podzimu, nebude mít otevření oken závažnější důsledky na účet za vytápění. Jedná se tedy o chování obyvatele domu, na rozdíl od běžného domu bude mít obyvatel PD i při nešetrném chování několikanásobně nižší náklady na vytápění (Báčová et al., 2010: 73).

Otevírání oken přesto snižuje efektivitu nuceného větrání s rekuperací tepla a v konečném důsledku zvyšuje spotřebu energie. Václav Cílek může též odkazovat na pocit svobody, který by člověk mohl ztratit, pokud by si ve vlastním domě 'nemohl ani otevřít okno'. Jak ale sám poznamenává, tyto otázky se týkají sociální ekologie, tudíž toho, jaká je člověk ochoten přijmout pravidla a z nich plynoucí následky (Cílek, 2012). Nejedná se tedy o technický problém PD.

Pasivní dům má špatný vzduch a složitou vzduchotechniku, všude fouká, nelze nastavit různou teplotu v jednotlivých místnostech

S předchozím mýtem o nemožnosti otevírání oken se blízce pojí mýtus o složité vzduchotechnice a špatném vzduchu. Kvalita vnitřního prostředí (zejména z pohledu koncentrace škodlivin, například CO₂) je naopak dle výsledků měření lepší při použití nuceného větrání než bez něj. Obecná tendence je zejména v zimě větrat méně, než

doporučují hygienické limity, někteří odborníci výslovně tvrdí, že bez nuceného větrání nelze zajistit požadovanou kvalitu vnitřního prostředí, neboť (opět je to nejvíce vidět v zimě) pak je v místnosti buď zima, nebo přílišná koncentrace škodlivin (Praisler, Brotánek, 2010: 119-120).

Ohledně vzduchotechniky by se dalo poznamenat, že ji lze navrhnout a provést jak složitě, tak jednoduše. Dobrý návrh a provedení se pozná podle toho, že rozvody jsou co nejkratší a nejpřímější. Takový návrh minimalizuje pravděpodobnost, že proud vzduchu bude příliš silný. Je též třeba si neplést vzduchotechnické systémy PD s klimatizací.

Nemožnost nastavení různé teploty v jednotlivých místnostech při použití vzduchotechniky je sice pravdivá, nicméně podle zkušeností stavebních firem zákazníkům tento fakt nevádí a nepostrádají možnost tepelné regulace každého pokoje (Růžička, 2008: 32). V domě bydlí jen několik osob, je proto možné teplotu systému nastavit tak, aby byla pro všechny co možná nejpříjemnější, zbytek lze upravit oblečením.

Dřevostavby nejsou vhodné pro stavění obytných domů, tudíž ani PD

Dřevostavby stále do jisté míry mají v ČR pověst nesolidní stavby se špatnou akustikou, jež je pro trvalé obývání nevhodná. S horšími parametry tepelné stability lze buď počítat a přizpůsobit se jim, nebo je při návrhu domu vylepšit přidáním akumulací hmoty. Podobně se dá naložit i s hlukovými mosty (Brotánek, Paleček, 2008: 124). Mezi nevýhody sice patří to, že dům možná nevydrží 200 let, ale jen 120, to však bude ovlivněno chováním obyvatel. Tradované vyšší požární riziko nebo nebezpečí devastace konstrukce škůdci již je třeba odmítnout jako v dnešní době neopodstatněné (Zahradníček, Horák, 2011: 10).

Samotný materiál – dřevo – je doporučován jak z hlediska zdraví a kvalitního vnitřního prostředí pro obyvatele domu, tak i z hlediska výborných charakteristik vázané energie (Urbášková, 2008: 15; Jackanin, Nagy, 2008: 110-112; Kierulf, 2009: 76; Chybík, 2009: 135). V porovnání s ostatními stavebními materiály jako beton, ocel či cihla je tak dřevo nejekologičtější materiálem.

Přes mýtus nesolidnosti se dřevostavby v ČR rozšířily do té míry, že nyní dosahují 8 % z objemu realizované bytové výstavby. Vyšší podíl než v celkovém měřítku mají mezi energeticky úspornými domy, kde se odhady dostávají až k 50 % domů. Někteří

odborníci tak naopak označují dřevostavby jako technologii pro třetí tisíciletí. Mezi výhody dřevostaveb totiž patří menší tloušťka zdí a tudíž více užité plochy domu v porovnání s masivními materiály. Díky suchým stavebním procesům je možné dům dokončit až o několik měsíců rychleji a veškeré úpravy stavby lze provést mnohem jednodušeji (Zahradníček, Horák, 2011: 7, 10). Též jsou obecně levnější, což bylo v této práci potvrzeno.

Pasivní dům používá neověřené nové technologie a materiály

Při stavbě energeticky úsporných staveb je možné použít nejen nově vyvíjené, ale i klasické materiály a ověřené technologie. Na PD se s úspěchem ověřilo množství materiálů, izolací a stavebních postupů a tento proces nadále pokračuje. Technologicky se však PD obohatil jen o vzduchotechnické zařízení, které je jednodušší než plynový kotel, přičemž údržba se omezuje na jednoduchou výměnu filtrů (Báčová et al., 2010: 73).

Pokud investor má obavy z nových materiálů, může se rozhodnout pro materiály používané na stavbu běžných domů. Samotné postupy pro stavbu PD jsou již ověřeny desítkami tisíc úspěšných realizací, je zde pouze riziko špatného návrhu či realizace domu.

Pasivní domy omezují architekturu, jsou jen módním výstřelkem

Tento mýtus je jedním z těch, jež jsou rozšiřovány i odborníky z oboru stavitelství, např. architektky. Podle Václava Cílka architektura zvýrazňuje hodnoty, které společnost považuje za žádoucí, a je tudíž ideologií (Cílek, 2012). Z toho však plyne, že každý stavební sloh nějak uchopuje architekturu a je opět jen na člověku, jaký k tomu zaujme postoj. Cílkovy „zelené ideologie“, jak označuje energeticky úspornou architekturu, jsou tedy fundamentálně na stejné úrovni, na jaké spočívá např. architektura období baroka.

Energeticky úsporné domy mohou být jak vizuálně moderní, tak konzervativní, a přesto splňovat veškeré požadavky na kvalitní a šetrnou architekturu, což potvrzuje nepřeberné množství českých i světových příkladů (Báčová et al., 2010: 73). Proto též nelze považovat energeticky úsporné stavitelství za módní výstřelek, neboť kromě vizuální flexibility nabízí i další hodnoty (vyšší komfort bydlení, nízké provozní náklady, čistý a čerstvý vzduch atd.). Představují tak kvalitativní posun ve stavebnictví.

Mimo jiné kvůli médiím a vzrůstajícím cenám energií se ze stavby energeticky úsporných budov skutečně stalo v ČR módní téma, ač špatná informovanost byla zdrojem mnoha chyb (Jindrák, 2008: 379). Pokud by se však jednalo jen o módní vlnu, skrze níž stavební firmy připravují zákazníky o peníze, nemohly by se PD tak masivně rozšiřovat, neboť by to nedovolil trh.¹⁴¹ Tato práce potvrdila, že je možné PD konstruovat i bez dotačních programů jako ekonomicky výhodné. Počet PD díky svým přednostem stoupá geometrickou řadou (Centrum pasivního domu, 2011: 21). I samotná Evropská unie počítá s tím, že všechny nové stavby budou od roku 2020 stavěny v pasivním standardu.

Čisté vnitřní prostředí pasivního domu snižuje imunitu člověka

Tento předsudek se obává toho, že nucené větrání vytvoří v budově sterilní prostředí, které bude snižovat obranyschopnost člověka. Zaprvé, po většinu roku je možné mít vypnuté nucené větrání a větrat okny. Ani v topné sezóně, kdy je nucené větrání v provozu, nehrozí tvorba sterilního prostředí. Obvykle jsou využívány jen prachové filtry, nanejvýš se kvůli alergikům aplikují filtry na pohlcování alergenů. Z toho plyne, že by vnitřní prostředí mělo být čisté, ale nikoli sterilní.

V pasivním domě je výpadek proudu nebezpečný

Dle výpočtů má PD větší tepelnou stabilitu než běžný dům (tu přesto ovlivňuje akumulační hmota domu, jež je obecně vyšší u masivních staveb). Pokud by výpadek proudu zavinil i výpadek dodávky tepla, v porovnání s běžným domem si PD zachová svou teplotu mnohem déle (chladne až pětkrát pomaleji než běžný dům). PD je tudíž na vnějších dodávkách energie méně závislý (Centrum pasivního domu, 2011: 21).

¹⁴¹ Zde se vychází též z předpokladu, že dotační programy by v několika zemích současně nepodporovaly tak dlouhou dobu projekty, u nichž by se prokázala jejich neopodstatněnost.

Závěr

Cílem této práce bylo nalézt odpověď na otázku, jaký rodinný dům je nejvýhodnější pořídit z energetického a ekonomického hlediska. Pro vzájemné porovnání úspor byly prozkoumány též čtyři skupiny domácích spotřebičů.

Teoretická část práce byla zaměřena na přiblížení rozdílů mezi běžnými a tzv. energeticky úspornými domy. Protože koncept běžných domů je všeobecně známý, byl předložen pouze popis nutných předpokladů a součástí úsporných kategorií domů. Popisován byl standard pasivního domu (PD), neboť se svými principy od běžných novostaveb odlišuje více než třída nízkoenergetických domů. Navíc je PD vnímán jako symbol energeticky úsporné architektury. Smyslem tohoto oddílu byla zejména syntéza dílčích poznatků do uceleného přehledu, neboť v dostupné literatuře se s celkovým přiblížením energeticky úsporných domů setkáme jen výjimečně. Současně měla tato syntéza potvrdit, že myšlenka PD není pouze teoretický, ale i funkční a praktický koncept.

Ve výzkumné části diplomové práce byly porovnány pořizovací ceny a provozní náklady celkem 230 domácích elektrospotřebičů čtyř druhů (lednice, žárovky, myčky a pračky) různých energetických tříd. Dále byl zkoumán vzorek 240 rodinných domů různých energetických tříd, konkrétně jejich pořizovací cena a vývoj nákladů na vytápění v čase. Výsledky těchto dvou srovnání byly dány do souvislosti s nejčastějšími předpoklady a mýty o energeticky úsporných domech. Cílem tohoto srovnání bylo poskytnout zákazníkům poptávajícím tyto statky vodítko při nákupu se zřetelem k energetické a ekonomické efektivnosti.

Bylo zjištěno, že jednoznačná preference finanční či energetické stránky za současných podmínek v ČR nevede k nalezení optimálního řešení. Z hlediska průměrných hodnot nebyly PD shledány jakožto nejlepší investice, přestože v horizontu 25 let vycházely výhodněji než domy postavené před rokem 1990 a než běžné novostavby. Jako nejzajímavější se jeví skupina nízkoenergetických domů, přičemž při odlišení dvou různých v ČR používaných metodik vychází jako nejlepší volba třída nízkoenergetických domů do 30 kWh/m²a, jež v čase vykazuje nejvýhodnější spojení pořizovací ceny a nákladů na vytápění. Tyto výsledky nicméně může ovlivnit jednak vývoj cen energií, jež není možno na více let dopředu přesvědčivě odhadnout, případně zahrnutí dalších, zejména environmentálních hledisek.

Práce se z důvodu omezeného prostoru výslovně zabývala pouze ekonomickými a energetickými charakteristikami pořízení a provozu domácích spotřebičů a rodinných domů.¹⁴² Posouzení environmentálních otázek by však mělo být integrální součástí úvah při pořízení těchto výrobků. U materiálů na stavbu domu a výrobu spotřebičů je možné brát v potaz velikost tzv. vázané primární energie (PEI), uhlíkovou či ekologickou stopu a další indikátory vlivu daného výrobku na životní prostředí (Srdečný, 2012).¹⁴³ Lze tak odhalit další potenciál úspor energie a současně ochrany životního prostředí – obrovské možnosti má například doprava (Feist, 2009: 20). Téma energetických úspor by tudíž nemělo být redukováno pouze na oblast stavebnictví či spotřeby elektřiny a tepla.

Zjištění této práce lze shrnout tak, že z hledisek energetických, ekonomických a environmentálních je zavedení energeticky úsporné architektury potřebným a současně přirozeným krokem. Zmenšující se zásoby energetických zdrojů a z toho plynoucí zvyšování jejich cen, nízká hospodárnost běžných domů a jejich negativní vliv na životní prostředí i zdraví lidí – to vše vytváří vhodné podmínky k prosazení udržitelných vzorců v oblasti stavby a provozování budov, které je v rámci EU odpovědno až za 40 % celkové spotřeby energie, 30 % emisí CO₂ a 40 % celkového množství odpadů. Pokud porovnáme současné náklady přechodu k energeticky úsporné výstavbě s budoucími výnosy, je jedinou logickou a udržitelnou možností přijetí a rozvíjení tohoto typu architektury.

¹⁴² Energetické charakteristiky mají samozřejmě vliv na životní prostředí skrze energetickou náročnost výrobku. Ryze environmentální faktory však nebyly v práci tematizovány a je na ně na tomto místě pouze odkázáno.

¹⁴³ Vázaná primární energie (PEI), někdy označovaná též jako šedá či zabudovaná energie, udává hodnotu energie zabudované do konečného výrobku či materiálu. Uhlíková stopa se může týkat jedince, výrobku nebo akce. Označuje celkové množství vypuštěných skleníkových plynů při dané akci či výrobě výrobku. Ekologická stopa je indikátor, jenž určuje, jakou plochu Země potřebuje člověk k uspokojení určité činnosti, případně všech svých potřeb.

Seznam použité literatury a zdrojů

Literatura

- ANTONÍN, Jan; ŽENKA, Marek. 2010. *Vlastnosti zasklení v energetické bilanci pasivního domu*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 229-231. ISBN 978-80-904739-0-4.
- ASHRAE, 2004. *Standard 62.1-2004. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality* [online]. 50 s. Dostupné z: <<http://www.realread.com/prst/pageview/browse.cgi?book=1931862672>>.
- BAŠTA, Jiří. 2001. *Otopné plochy*. Praha: Ediční středisko ČVUT. 328 s. ISBN 80-01-02365-6.
- BAŠTA, Jiří. 2010. *Velkoplošné sálavé vytápění. Podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. Praha: Grada Publishing. 128 s. ISBN 978-80-247-3524-5.
- BÁČOVÁ, Marie et al. 2010. *Manuál energeticky úsporné architektury*. Praha: Státní fond životního prostředí, Česká komora architektů. 228 s. ISBN 978-80-904577-1-3.
- BEDRNÍČEK, Martin. 2010. *Větrací systémy v domech*. In: Vše o stavbě energeticky úsporného domu, Bratislava: Jaga group, s. 110-113. ISSN 1335-9177.
- BERANOVSKÝ, Jiří; KOTEK, Petr; VOGEL, Petr; MACHOLDA, František. 2009. *Ekonomika a emise CO₂ řízeného větrání s rekuperací tepla*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 343-344. ISBN 978-80-254-5781-8.
- BERGER, Tania. 2009. *Kvalita vzduchu uvnitř pasivních domů*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 298-302. ISBN 978-80-254-5781-8.
- BRETZKE, Axel. 2009. *Výhody domů postavených v pasivním standartu na příkladu škol (rentabilita, uživatelský komfort)*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 192-202. ISBN 978-80-254-5781-8.
- BROTÁNEK, Aleš; PALEČEK, Stanislav. 2008. *Difuzně otevřené skladby pasivních dřevostaveb a jejich kontrola nejen Blower-door testem*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 117-127. ISBN 978-80-254-2848-1.
- BUDIAKOVÁ, Mária. 2009. *Vplyv technických prvkov na architektonické riešenie pasivných domov*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 345-346. ISBN 978-80-254-5781-8.

- Centrum pasivního domu. 2011. *Energeticky úsporné domy. Katalog pasivních a nízkoenergetických domů*. Brno: Centrum pasivního domu. 230 s. ISBN 978-80-904739-1-1.
- CÍLEK, Václav; KAŠÍK, Martin. 2008. *Nejistý plamen: průvodce ropným světem*. Praha: Dokořán. 239 s. ISBN 978-80-7363-218-2.
- CÍLEK, Václav. 2012. *Ekologické stavby: šetření proti zdravému rozumu*. Psychologie Dnes 2012 (3): 32-34.
- ČECH, Jiří; BROTÁNEK, Aleš. 2010. *Komplexní zateplení panelových domů v detailu – 2D výpočty tepelných mostů*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 170-176. ISBN 978-80-904739-0-4.
- ČEJKA, Michal. 2012. Ekonomické porovnání provozu pasivního domu a běžné výstavby [online]. TZB-info [cit. 24. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8238-ekonomicke-porovnani-provozu-pasivniho-domu-a-bezne-vystavby>>.
- DUFKA, Jaroslav. 2006. *Podlahové vytápění*. Praha: Grada Publishing. 100 s. ISBN 80-247-1530-9.
- DUFKA, Jaroslav. 2007. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. 2007. Praha: Grada Publishing. 112 s. ISBN 978-80-247-2019-7.
- Euroline. 2011. *Katalog řešení projektů rodinných domů 2012*. Brno: Euroline Bohemia spol. s r.o. 460 s. ISSN 1212-6624.
- FEIST, Wolfgang. 2009. *Standard pasivního domu – konkrétní řešení globálního úkolu*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 17-30. ISBN 978-80-254-5781-8.
- GRAF, Michael. 2008. *Architektonický a technický minimalismus – ukázkový příklad pasivního rodinného domu*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 104-109. ISBN 978-80-254-2848-1.
- HEC, Ondřej. 2010. *Vliv geometrie objektu na splnění pasivního energetického standardu*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 88-90. ISBN 978-80-904739-0-4.
- HIRŠ, Jiří. 2007. *Možnosti chlazení v pasivním domě*. In: Pasivní domy 2007, Brno: Centrum pasivního domu, s. 338-339. ISBN 978-80-254-0126-2.
- HUDEC, Mojmír. 2007. *Pasivní domy s použitím slaměných balíků. Příklady staveb a možnosti řešení v pasivním standartu*. In: Pasivní domy 2007, Brno: Centrum pasivního domu, s. 100-105. ISBN 978-80-254-0126-2.

- HOLCÁTOVÁ, Ivana. 2012. *Zdravotní aspekty nedostatečného větrání* [online], TZB-info [cit. 2. 3. 2012]. Dostupné z: <<http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/8320-zdravotni-aspekty-nedostatecneho-vetrani>>.
- HUDEC, Mojmír. 2010. *Nové trendy při navrhování pasivních domů*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 108-112. ISBN 978-80-904739-0-4.
- CHYBÍK, Josef. 2008. *Průzkum subjektivního hodnocení mikroklimatu pasivního domu*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 44-50. ISBN 978-80-254-2848-1.
- CHYBÍK, Josef. 2009. *Hrubá stavba pasivních domů*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 135-141. ISBN 978-80-254-5781-8.
- CHYBÍK, Josef. 2009. *Přírodní stavební materiály*. Brno: Grada Publishing. 268 s. ISBN 978-80-247-2532-1.
- JACKANIN, Peter; NAGY, Eugen. 2008. *Do akej miery môže byť pasívny dom zároveň aj udržateľnou stavbou?* In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 110-116. ISBN 978-80-254-2848-1.
- JINDRÁK, Martin. *Vnitřní prostředí EPD – zkušenosti z čtyřletého provozu*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 379-384. ISBN 978-80-254-2848-1.
- JŮNA, Ladislav. 2010. *Nulové domy – vliv chování osob na vnitřní zisky*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 91-92. ISBN 978-80-904739-0-4.
- KAHLERT, Claus. 2008. *Racionální přístup k definici pasivního domu pro podnikání*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 357-362. ISBN 978-80-254-2848-1.
- KALOUSEK, Miloš. *Akumulace vnitřních zisků do PCM – absorbéru*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 347-348. ISBN 978-80-254-5781-8.
- KARÁSEK, Stanislav. 2009. *Rekonstrukce rodinného domu v Prostějovickách – záměr a výsledek*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 215-220. ISBN 978-80-254-5781-8.
- KARÁSEK, Stanislav. 2010. *Střešní okna v pasivním domě*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 201-205. ISBN 978-80-904739-0-4.
- KARLÍK, Robert. 2009. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha: Grada Publishing. 112 s. ISBN 978-80-247-2720-2.
- KIERULF, Bjørn. 2008. *Ekologická výstavba EPD*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 62-68. ISBN 978-80-254-2848-1.

- KIERULF, Bjørn. 2009. *Ekologická výstavba EPD*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 74-76. ISBN 978-80-254-5781-8.
- KOLODĚJ, Jan. 2012. *Ekonomická výhodnost pasivních domů* [online]. TZB-info [cit. 8. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8715-ekonomicka-vyhodnost-pasivnich-domu>>.
- KONEČNÝ, Martin. 2009. *Časté chyby při návrhu a provádění pasivních domů masivní konstrukce v ČR*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 319-325. ISBN 978-80-254-5781-8.
- KONEČNÝ, Martin. 2011. *Vápenopískové pasivní domy Kalksandstein Zapf Daigfuss. Koncept pasivního domu* [online]. TZB-info [cit. 25. 6. 2012]. Dostupné z: <<http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/7124-vapenopiskove-pasivni-domy-kalksandstein-zapf-daigfuss>>.
- KONEČNÝ, Martin. 2012. *Co lze vyčíst ze statistik aneb jaké se staví v ČR pasivní domy?* [online]. TZB-info [cit. 15. 6. 2012]. Dostupné z: <<http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8552-co-lze-vycist-ze-statistik-aneb-jake-se-stavi-v-cr-pasivni-domy>>.
- KOPECKÝ, Pavel. 2010. *Vliv povrchových materiálů na vlhkost vzduchu v budovách*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 224-226. ISBN 978-80-904739-0-4.
- KOTEK, Petr; BERANOVSKÝ, Jiří; VOGEL, Petr; ANTONÍN, Jan; MACHOLDA, František. 2010. *Energeticko-ekonomické porovnání různých způsobů větrání bytových domů*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 93-95. ISBN 978-80-904739-0-4.
- KRAJČÍK, Michal; PETRÁŠ, Dušan. 2009. *Energetický audit a certifikácia pre energeticky pasívne domy*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 340-342. ISBN 978-80-254-5781-8.
- KRČ, Martin. 2008. *Pasivní dům v Letovicích II*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 135-136. ISBN 978-80-254-2848-1.
- KUHNŮVÁ, Erika. 2010. *Zelené dřevěné*. In: Vše o stavbě energeticky úsporného domu, Bratislava: Jaga group, s. 34-37. ISSN 1335-9177.
- LAIN, Miloš. 2006a. *Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (I)* [online]. TZB-info [cit. 3. 3. 2012]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/3648-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-i>>.
- LAIN, Miloš. 2006b. *Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II)* [online]. TZB-info [cit. 2. 3. 2012]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/3688-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-ii>>.

- MACH, Martin. 2010. *Zateplujte! Ale myslíte i na zdraví a ekologii, radí Arnika* [online]. Ekolist.cz [cit. 11. 3. 2012]. Dostupné z: <<http://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/zateplujte-ale-myslete-i-na-zdravi-a-ekologii-radi-arnika>>.
- MATZIG, Roland. 2007. *Solární sídliště Rosengarten – sídliště s 21 pasivními řadovými domy*. In: Pasivní domy 2007, Brno: Centrum pasivního domu, s. 89-99. ISBN 978-80-254-0126-2.
- MELICHÁREK, Karel. 2009. *Tvary nízkoenergetických a EPD staveb*. In: Pasivní domy 2009. Brno: Centrum pasivního domu, s. 65-67. ISBN 978-80-254-5781-8.
- MICHAEL, Klaus. 2007. *Zemní výměník tepla k předehřívání vzduchu v zimě a předchlazení vzduchu v létě*. In: Pasivní domy 2007, Brno: Centrum pasivního domu, s. 291-295. ISBN 978-80-254-0126-2.
- MORÁVEK, Petr. 2007. *Obytný soubor třinácti pasivních domů Český ráj – Koberovy*. In: Pasivní domy 2007, Brno: Centrum pasivního domu, s. 123-129. ISBN 978-80-254-0126-2.
- MORÁVEK, Petr. 2008. *Environmentální a energetické hodnocení dřevostaveb v pasivním standardu*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 54-61. ISBN 978-80-254-2848-1.
- MURTINGER, Karel; TRUXA, Jan. 2010. *Solární energie pro váš dům*, Brno: Computer Press. 107 s. ISBN 978-80-251-3241-8.
- Náš dům. 2012. *Náš dům XXII – Typové a individuální projekty*. Praha: Atelier Náš dům s.r.o. 194 s. ISBN 978-80-904086-8-5.
- NOVÁK, Jiří. 2007. *Měření vzduchotěsnosti souboru energeticky pasivních domů v Koberovech – výsledky a zkušenosti*. In: Pasivní domy 2007, Brno: Centrum pasivního domu, s. 326-333. ISBN 978-80-254-0126-2.
- NOVÁK, Jiří. 2008. *Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov*. Praha: Grada publishing. 204 s. ISBN 978-80-247-1953-5.
- NOVÁK, Jiří; PALEČEK, Stanislav. 2010. *Měření vzduchotěsnosti budov v ČR – současnost a budoucí vývoj v evropském kontextu*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 255-262. ISBN 978-80-904739-0-4.
- PAPEŽ, Karel; SMUTNÁ, Kristýna. 2012. *Energie země a její využití pro předehřev a předchlazení větracího vzduchu* [online]. TZB-info [cit. 20. 3. 2012]. Dostupné z: <<http://stavba.tzb-info.cz/technicke-zarizeni-budov-v-ned-a-epd/8357-energie-zeme-a-jeji-vyuziti-pro-predehrev-a-predchlazeni-vetraciho-vzduchu>>.

- PAUL, Eberhard. 2005. *Využití zemních výměníků tepla ve spojení se zařízením pro bytové větrání a rekuperaci tepla* [online]. TZB-info [cit. 19. 3. 2012]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/2772-vyuziti-zemnich-vymeniku-tepla-ve-spojzeni-se-zarizenim-pro-bytove-vetrani-a-rekuperaci-tepla>>.
- PAUL, Eberhard. 2008. *Kriteria pro posuzování kvality jednotek s rekuperací tepla*. In: *Pasivní domy 2008*, Brno: Centrum pasivního domu, s. 288-293. ISBN 978-80-254-2848-1.
- PLATIL, Ladislav. 2009. *Otvorové výplně v nízkoenergetické a energeticky pasivní výstavbě*. In: *Pasivní domy 2009*, Brno: Centrum pasivního domu, s. 126-134. ISBN 978-80-254-5781-8.
- POČINKOVÁ, Marcela; TREUOVÁ, Lea. *Vytápění*. 2002. Brno: ERA. 133 s. ISBN 80-86517-35-7.
- PRAISLER, Jan; BROTÁNEK, Aleš. 2010. *Dostavba a rekonstrukce školní budovy ZŠ Slivenec*. In: *Pasivní domy 2010*, Brno: Centrum pasivního domu, s. 118-126. ISBN 978-80-904739-0-4.
- PREGIZER, Dieter. 2009. *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Praha: Grada Publishing. 128 s. ISBN 978-80-247-2431-7.
- RŮŽIČKA, Jan. 2010. *Environmentální kvalita pasivních domů podle kritérií udržitelné výstavby – případová studie, praktický příklad*. In: *Pasivní domy 2010*, Brno: Centrum pasivního domu, s. 263-269. ISBN 978-80-904739-0-4.
- RŮŽIČKA, Martin. 2008. *Stavba pasivní dřevostavby, zkušenosti z praxe*. In: *Pasivní domy 2008*, Brno: Centrum pasivního domu, s. 29-35. ISBN 978-80-254-2848-1.
- ŘEŽÁB, Jan. 2009. *Pasivní bytový dům o 42 bytech – Praha 4*. In: *Pasivní domy 2009*, Brno: Centrum pasivního domu, s. 84-90. ISBN 978-80-254-5781-8.
- SEDLÁČEK, Jiří. 2004. *Přednosti vnitřního a venkovního zateplení* [online], TZB-info [cit. 8. 3. 2012]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/1840-prednosti-vnitriho-a-venkovniho-zatepleni>>.
- SOJKOVÁ, Kateřina. 2010. *Potřeba tepla na vytápění a letní tepelná stabilita – rozdíly v závislosti na užívání budovy*. In: *Pasivní domy 2010*, Brno: Centrum pasivního domu, s. 96-98. ISBN 978-80-904739-0-4.
- SRDEČNÝ, Karel; MACHOLDA, František. 2004. *Úspory energie v domě*. Praha: Grada Publishing. 112 s. ISBN 80-247-0523-0.
- SRDEČNÝ, Karel; TRUXA, Jan. 2009. *Tepelná čerpadla*, Praha: EkoWatt. 71 s. ISBN 978-80-87333-02-0.

- SRDEČNÝ, Karel. 2012. *Šedá energie v pasivních domech* [online]. Ekolist.cz [cit. 1. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://ekolist.cz/cz/zelene-domacnost/rady-a-navody/seda-energie-v-pasivnich-domech>>.
- STANĚK, Kamil. 2008. *Fotovoltaika pro PD Koberovy v souvislostech*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 298-304. ISBN 978-80-254-2848-1.
- ŠIŠOLÁK, Matej. 2010. *Rukověť pro nákup vhodného zdicího materiálu*. In: Vše o stavbě energeticky úsporného domu, Bratislava: Jaga group, s. 14-19. ISSN 1335-9177.
- ŠPAČEK, Robert; ŠÍP, Lukáš. 2009. *Životný štýl udržateľnosti, udržateľnosť životného štýlu*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 10-16. ISBN 978-80-254-5781-8.
- ŠUBRT, Roman. 2008. *Zateplování rodinných domů I.* [online]. TZB-info [cit. 8. 3. 2012]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/5198-zateplovani-rodinnych-domu-i>>.
- ŠUSTOVÁ, Petra. 2007. *Optimální volby zdroje - porovnání nákladů na vytápění - II. díl* [online]. TZB-info [cit. 20. 6. 2012]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/4469-optimalni-volby-zdroje-porovnani-nakladu-na-vytapeni-ii-dil>>.
- TREBERSPURG, Martin; SMUTNY, Roman. 2010. *Hodnocení udržitelnosti pasivních a nízkoenergetických domů na příkladu obytných komplexů ve Vídni a Linci – solarCity*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 61-70. ISBN 978-80-904739-0-4.
- TYWONIAK, Jan. 2005. *Nízkoenergetické domy. Principy a příklady*. Praha: Grada publishing. 200 s. ISBN 80-247-1101-X.
- TYWONIAK, Jan. 2009. *Pasivní domy v českém prostředí 2009*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 46-50. ISBN 978-80-254-5781-8.
- TYWONIAK, Jan. 2010. *Deklarativní výpočty pro pasivní a nulové domy*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 81-87. ISBN 978-80-904739-0-4.
- URBÁŠKOVÁ, Hana. 2008. *Kvalita pasivního domu*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 10-16. ISBN 978-80-254-2848-1.
- URBÁŠKOVÁ, Hana. 2009. *Okna pasivního domu*. In: Pasivní domy 2009, Brno: Centrum pasivního domu, s. 118-125. ISBN 978-80-254-5781-8.
- ÜRGE-VORSATZ, Diana et al. 2010. *Dopady velkoplošného programu rozsáhlé energetické renovace budov v Maďarsku na zaměstnanost*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 8-34. ISBN 978-80-904739-0-4.

- WEISS, Reinhard. 2008. *Srovnávací studie různých strategií pro optimalizaci vlhkosti v interiéru*. In: Pasivní domy 2008, Brno: Centrum pasivního domu, s. 276-281. ISBN 978-80-254-2848-1.
- ZAHRADNÍČEK, Václav; HORÁK, Pavel. 2011. *Moderní dřevostavby*. Brno: Computer Press. 155 s. ISBN 978-80-251-3568-6.
- ZIKÁN, Zdeněk. 2010. *Pasivní domy Koberovy – Měření spotřeby energií*. In: Pasivní domy 2010, Brno: Centrum pasivního domu, s. 280-282. ISBN 978-80-904739-0-4.
- ZIZKA, Martin. 2008. *Pasivní dům na vlastní kůži – sebrané zkušenosti 1.111 osob, které si pasivní domy vyzkoušely*. In: Pasivní domy 2008, Vydavatel: Centrum pasivního domu, s. 40-43. ISBN 978-80-254-2848-1.

Webové stránky

- Centrum pasivního domu – Větrání a vytápění [online] [cit. 3. 3. 2012]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/data/06_Vetrani_vytapeni.pdf>.
- České stavby [online] [cit. 9. 8. 2012]. Dostupné z: <<http://www.ceskestavby.cz/jak-se-stavi-drevostavba/drevostavby-steny-stavba-domu-6865.html>>.
- dTest: Test úsporných zdrojů světla 2012 [online]. 2012a [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.dtest.cz/clanek-2165/test-uspornych-zdroju-svetla-2012>>.
- dTest: Nákupní průvodce: automatické pračky [online]. 2012b [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.dtest.cz/clanek-957/nakupni-pruvodce-automaticke-pracky>>.
- E.ON [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.eon.cz>>.
- Ekolak [online] [cit. 13. 8. 2012]. Dostupné z: <<http://www.ekolak.eu/Produkty-H2/S-polystyrenem-C124>>.
- Ekotez [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <http://www.ekotez.cz/_data_app_downloads/Chladivo%20R134a.pdf>.
- Ekowatt [online] [cit. 6. 8. 2012]. Dostupné z: <<http://www.ekowatt.cz/cz/EPBD-II-Energy-performance-building-directive-II>>.
- Energetický regulační úřad [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.eru.cz>>.
- Heureka.cz [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.heureka.cz>>.

- Nationalref [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.nationalref.com/PDF's/MSDS/Refrigerants/MSD134A.pdf>>.
- Skupina ČEZ [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.cez.cz/cs/uvod.html>>.
- OTE, a. s. [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.ote-cr.cz>>.
- Pasivní domy - Co je pasivní dům? [online]. 2012a [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/co-je-pasivni-dum.html?chapter=definice-rozdeleni-podle-energeticke-narocnosti>>.
- Pasivní domy - Co je pasivní dům? [online]. 2012b [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/co-je-pasivni-dum.html?chapter=historie>>.
- Pasivní domy – Neprůvzdušnost, zkoušky kvality [online]. 2012f [cit. 13. 8. 2012]. Dostupné z: <<http://www.pasivnidomy.cz/tepelna-ochrana/nepruvzdusnost-zkousky-kvality.html?chapter=zakladni-pozadavky-na-pruvzdusnost>>.
- Pasivní domy – Rekonstrukce v pasivním standardu [online]. 2012c [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.pasivnidomy.cz/rekonstrukce/rekonstrukce-v-pasivnim-standardu.html?chapter=jak-na-to-aneb-pasivni-prvky>>.
- Pasivní domy – Tepelné izolace [online]. 2012d [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <www.pasivnidomy.cz/tepelna-ochrana/tepelne-izolace.html?chapter=typy-tepelnych-izolaci>.
- Pasivní domy - V ČR je asi 400 až 500 pasivních domů [online]. 2012e [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.pasivnidomy.cz/v-cr-je-asi-400-az-500-pasivnich-domu.html>>.
- Pasivní stavby s.r.o. [online] [cit. 12. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://www.pasivni-stavby.com/pasivni-stavby.htm>>.
- Podlahové topení [online] [cit. 13. 8. 2012]. Dostupné z: <<http://www.podlahovetopeni.com/ukazky-podlahoveho-topeni>>.
- Porovnání cen elektřiny a plynu 2012. Ceny energie [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.cenyenergie.cz>>.
- Pražská energetika, a. s. [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.pre.cz>>.
- RWE. The energy to lead [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <www.rwe.cz/cs/do-zp-ceny-zp-RWE-Energie>.

- Sreality.cz [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.sreality.cz>>.
- Stavebnictví a interiér [online] [cit. 9. 8. 2012]. Dostupné z: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/strechy-rodinnych-domu-a-drevostavby>>.
- TFDesign – Příklad návrhu nového domu [online] [cit. 4. 3. 2012]. Dostupné z: <http://www.tfdesign.cz/index.php/sluzby/zakazkovy_projekt/postup_navrhu>.
- TZB-info. Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva [online]. 2012a [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnaní-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>>.
- TZB-info. Jak pracovat s tabulkou nákladů na vytápění? [online]. 2012b [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://vytapani.tzb-info.cz/docu/tabulky/0002/000269help.html>>.
- Unity College Passive House [online] [cit. 9. 8. 2012]. Dostupné z: <<http://terrahaus.wordpress.com/2011/07/15/breaking-news-terrahaus-passes-passive-house-blower-door-test>>.
- Vytápění.cz – Topný faktor [online]. 2012a [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.vytapani.cz/slovník/topny-faktor>>.
- Vytápění.cz – Sluneční kolektor [online]. 2012b [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.vytapani.cz/vykladovy-slovník/slunecni-kolektor>>.
- Zboží.cz [online] [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <<http://www.zbozi.cz>>.

Použité výzkumy

- Český statistický úřad. 2012. *Příjmy a životní podmínky domácností 2011* [online]. ČSÚ [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2012edicniplan.nsf/publ/3012-12-r_2012>.
- Energetický regulační úřad, 2011. *Roční zpráva o provozu ES ČR 2010* [online]. ERÚ [cit. 11. 7. 2012]. Dostupné z: <http://eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocni_zprava/2010>.

Zákony a normy

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-2010-31-eu>>.
- Vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-148-2007-sb-o-energeticke-narocnosti-budov>>.
- ČSN 73 0540-2:2011 – Tepelná ochrana budov

Rozhovory

- Rozhovor 1. Zdeněk Křivský, jednatel, Porsenna stavební s.r.o., 2. 8. 2011.
- Rozhovor 2. Tomáš Matuška, ČVUT Praha, 15. 6. 2012.
- Rozhovor 3. Jiří Plánička, technická zařízení budov, 28. 11. 2011.
- Rozhovor 4. Jiří Plánička, technická zařízení budov, 2. 1. 2012.
- Rozhovor 5. Jiří Plánička, technická zařízení budov, 2. 5. 2012.
- Rozhovor 6. Josef Smola, architekt, 22. 6. 2012.

Seznam příloh

Příloha č. 1 - Výpočet veškeré osobní energetické spotřeby ve vybraném časovém období (zkrácená verze)

Příloha č. 2 - Tabulky dat k porovnání domácích spotřebičů

Příloha č. 3 - Tabulky dat k porovnání rodinných domů

Příloha č. 4 - Projekt diplomové práce

Příloha č. 1

Výpočet veškeré osobní energetické spotřeby ve vybraném časovém období (zkrácená verze)

Kvantitativní metody analýzy a popisu jevů v životním prostředí II

Marek Špot, UK FHS SKE

Úvod

Příležitost ke změření mé osobní energetické spotřeby mi poskytla řadu cenných informací, jež jsou využitelné například při nových spotřebičů do domácnosti nebo při volbě prostředku dopravy. Současně touto prací získávám určitý referenční údaj – mohu porovnávat mnou dosažené hodnoty s dalšími indikátory, například údajem o spotřebě elektrické energie v ČR na hlavu a rok.

Celkovou energetickou spotřebu v této práci chápu jako veškerou energii, kterou přímo a záměrně spotřebovávám (či se na jejím spotřebovávání záměrně podílím s jinými lidmi). Tudíž počítám s energií, která se vynaloží na osvětlení kavárny, avšak v té samé kavárně nepočítám s puštěným rádiem, jež mi spíše vadí kvůli hluku, a tedy jeho služeb nevyužívám.

Pro dobu měření jsem vybral dva týdny probíhajícího semestru mezi pondělím 4. 5. 2009 a nedělí 17. 5. 2009, kdy jsem měl ustálený denní program. Jedná se o nástin, jak by má energetická spotřeba mohla vypadat – na základě pouhých dvou týdnů není možné zobecňovat na celý rok. Například během července a srpna budu mít jiné přepravní vzorce (chybí pravidelné dojíždění do školy apod.), mezi letním a zimním obdobím se budou měnit vzorce spotřeby potravin, vytápění atd. Pokrytí celého roku však není záměrem této práce, cílem je popsání určitých trendů, jež z údajů vyplývají.

Při sběru dat jsem zaznamenával veškerou spotřebovanou potravu, elektrické spotřebiče, na jejichž provozu jsem měl alespoň částečný podíl, energetické nároky dopravy a využívání teplé užitkové vody a vytápění.¹⁴⁴ Každé skupině je věnována samostatná kapitola. Zjištění jsou pak shrnuta a porovnána se statistickými údaji v poslední kapitole.

¹⁴⁴ V případě, že jsem využíval spotřebič s jinými lidmi, počítal jsem svůj poměrný podíl na provozu spotřebiče. Stejně tak tomu bylo u dopravy.

1. Potrava

V případě balených výrobků byly informace o energetické hodnotě získány z obalu. Ve zbylých případech jsem je dopočítával. Při vypočítávání kalorické hodnoty jsem narazil na potíže, že různé kalorické tabulky, jež jsem našel, měly trochu rozdílné údaje. Například jeden krajíc chleba, jež jsem průměrně bral jakožto 60 g hmoty, mi v jednom zdroji, z nějž jsem čerpal ¹⁴⁵, vycházel 564 kJ, v druhém ¹⁴⁶ měl hodnotu 619 kJ. Rozdíl mezi oběma hodnotami tedy činil 55 kJ. V jiných případech to zase bylo naopak; tam, kde první zdroj udával nižší hodnotu, nyní udával naopak vyšší. ¹⁴⁷ Rozdíly však nebyly vysoké, lišily se do deseti procent hodnoty. Tyto nesouhlasné hodnoty jsem zprůměroval a pracoval se získanou hodnotou. Pro přehlednost jsem rozdělil potraviny do několika skupin.

Značné procento konzumovaných tekutin u mě tvoří voda, jež nemá žádnou kalorickou hodnotu, tudíž zde byla situace poměrně jednoduchá. ¹⁴⁸ Stejně tak s nulovou hodnotou počítám u čaje, ačkoli sladím, protože cukr mám započítaný samostatně. Výsledný výpočet u tekutin dělím na alkoholické a nealkoholické nápoje.

Konečný součet kalorických hodnot porovnávám s druhou hodnotou, u níž připočtu přírůstek 4 %. ¹⁴⁹ Mohlo totiž dojít k opomenutí nějaké potraviny, pak je tu již zmíněný občasný nesoulad kalorických hodnot v různých zdrojích, a konečně jsem mohl špatně určit (a spíše podhodnotit) hmotnost určitých potravin (například množství spotřebovaného cukru apod.). V základu ale počítám s naměřenou variantou.

¹⁴⁵ Zdroj: KalorickéTabulky.cz [online]. Dostupné z: <<http://www.kaloricketabulky.cz>>.

¹⁴⁶ Zdroj: Zdravá výživa—to nejlepší z praxe [online]. Dostupné z: <<http://www.abcvyzyvy.cz/podpora/energie.htm>>.

¹⁴⁷ Například za čokoládu Milka, která vážila 400 g, první zdroj udával 9020 kJ, druhý 8211 kJ.

¹⁴⁸ Zde se odvolávám na kalorické tabulky, např. na Kalorické tabulky.cz [online] [cit. 18.8.2009]. Dostupné z: <<http://www.kaloricketabulky.cz/voda-cista>>.

¹⁴⁹ Uznávám, že tuto hodnotu jsem vybral poněkud arbitrárně, ale dle mého názoru jsem ani jinak postupovat nemohl, pokud jsem chtěl s chybou v měření či odhadu počítat. Zvolil jsem ji po úvaze a odhadu, kolik jsem mohl zapomenout započítat potravin či špatně odhadnout váhu výrobku. Na druhou stranu je třeba zdůraznit, že některé kalorické tabulky mají údaje pro různé jednotky potravin, například i pro kusy, krajíce atd. To mou práci opět usnadnilo a, doufejme, zpřesnilo.

Potrava – spotřeba 1. týden v kJ¹⁵⁰

| | |
|------------------------------|------------------|
| Pečivo | 11 892,00 |
| Pečivo s náplní | 6 292,00 |
| Sýr | 4 176,20 |
| Máslo | 3 399,00 |
| Maso | 8 864,45 |
| Polévky, omáčky a přílohy | 6 329,28 |
| Zelenina a ovoce | 3 198,70 |
| Sladkosti | 10 736,00 |
| Ostatní (bez tekutin) | 3 261,75 |
| Tekutiny alkoholické | 1 650,00 |
| Tekutiny nealkoholické | 6 736,00 |
| Celkem ¹⁵¹ | 66 535,38 |

Potrava – spotřeba 2. týden v kJ

| | |
|------------------------------|------------------|
| Pečivo | 22 750,80 |
| Pečivo s náplní | 2 648,00 |
| Sýr | 5 681,10 |
| Máslo | 4 561,82 |
| Maso | 4 222,25 |
| Polévky, omáčky a přílohy | 110,13 |
| Zelenina a ovoce | 3 633,80 |
| Sladkosti | 17 895,60 |
| Ostatní (bez tekutin) | 3 563,75 |
| Tekutiny alkoholické | 2 373,00 |
| Tekutiny nealkoholické | 5 342,00 |
| Celkem ¹⁵² | 72 782,25 |

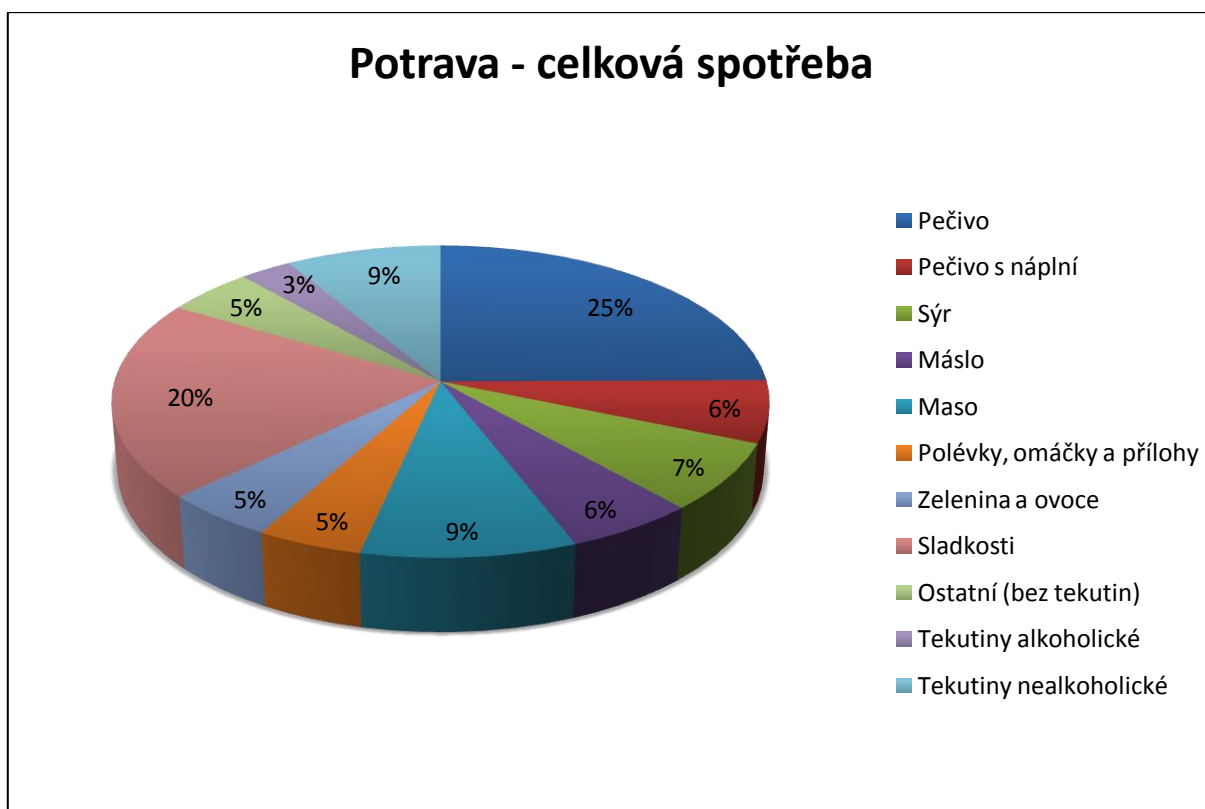
¹⁵⁰ Do pečiva jsem počítal chleba, housky, rohlíky, vky, bagety a sendviče (bez náplně), do skupiny pečiva s náplní tvarohový závin, koblihy, různé druhy prodáváných baget s náplní a pizzu. Ve skupině polévky, omáčky a přílohy se mimo polévek nacházejí přílohy a omáčky k jídlům, kdežto maso k nim je počítáno do skupiny maso. Mezi ostatní pak patří vejce, müsli, různé druhy salátů s majonézou, jogurty apod.

¹⁵¹ Pokud počítám s odchylkou 4 %, pak celkem 69 196,80 kJ.

¹⁵² Pokud počítám s odchylkou 4 %, pak celkem 75 693,54 kJ.

Potrava - celková energetická spotřeba v kJ

| | |
|------------------------------|-------------------|
| Pečivo | 34 642,76 |
| Pečivo s náplní | 8 940,00 |
| Sýr | 9 857,30 |
| Máslo | 7 960,82 |
| Maso | 13 086,70 |
| Polévky, omáčky a přílohy | 6 439,41 |
| Zelenina a ovoce | 6 832,50 |
| Sladkosti | 28 631,64 |
| Ostatní (bez tekutin) | 6 825,50 |
| Tekutiny alkoholické | 4 023,00 |
| Tekutiny nealkoholické | 12 078,00 |
| Celkem ¹⁵³ | 139 317,63 |



¹⁵³ Pokud počítám s odchylkou 4 %, pak celkem 144 890,34 kJ.

2. Elektrické spotřebiče

Energetickou spotřebu všech spotřebičů jsem počítal primárně z jejich energetických štítků, pouze nebyl-li takový štítek k dispozici (např. v případě výtahu či ventilátoru), řešil jsem situaci buď osobní konzultací či dohledáním údajů z internetových stránek výrobce či prodejce daného spotřebiče. Kde byl podaný pouze údaj v ampérech, vypočítal jsem spotřebu podle vzorce $N = U \times I \times \cos \varphi$.¹⁵⁴ Posléze jsem převedl hodnoty z kWh na kJ podle rovnice $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$. V tomto případě mimo světla rozepisují všechny spotřebiče zvlášť.

Měření doby provozu spotřebičů bohužel nebylo možné u ledničky, kde jsem v dokumentaci nenašel hodnotu spotřeby elektrické energie na den, proto jsem dobu užití odhadl. V této souvislosti je neocenitelný měřič spotřeby elektrické energie, jež jsem bohužel v době měření neměl k dispozici. S údajem spotřeby lednice by proto mělo být nakládáno obezřetně.¹⁵⁵

Co se týče výtahu Dover, ptal jsem se na jeho spotřebu zaměstnanec Správy budov.¹⁵⁶ Podle jeho slov jsou ve strojovně, kam mi vstup nebyl dovolen, udány dvě různé hodnoty, ale přesto mi řekl přibližnou hodnotu 6 kW. Na internetové stránce www.TZB-info.cz jsem našel víceméně potvrzení této hodnoty, tudíž po zprůměrování jsem s ní takto počítal.¹⁵⁷ Případná odchylka nemá vzhledem ke své minimální hodnotě prakticky žádný vliv na výslednou podobu spotřeby.

¹⁵⁴ Kde N je výkon střídavého proudu, U elektrické napětí, I elektrický proud a $\cos \varphi$ je tzv. účinník, kde užívám průměrné hodnoty 0,75. Zde jsem si vědom, že dochází k určitému zjednodušení, nicméně jakékoli možné zkreslení vycházející z této zprůměrované hodnoty je i vzhledem k omezenému použití spotřebičů, jež jsem takto počítal (pracovní počítač a nabíječka), minimální.

¹⁵⁵ Počítal jsem pro první týden s dobou provozu 8 hodin, druhý týden s dobou provozu 8,5 hodiny. Spíše jsem tak její provozní dobu nadsadil.

¹⁵⁶ Jedná se o výtah, jež se nachází v budově Fakulty humanitních studií v Jinonicích, U Kříže 8, Praha. Jiný výtah jsem za dobu měření nepoužil.

¹⁵⁷ Jednalo se o statistické hodnoty výkonu výtahů s různou nosností. Bohužel firma Dover byla již před mnoha lety převzata firmou ELETEC, jež se posléze spojila s firmou Schindler, tudíž jsem rezignoval na zjištění přesných údajů přímo u výrobce, který již vlastně neexistuje.

Elektrické spotřebiče 1. týden – spotřeba v kJ

| | |
|------------------------|------------------|
| Počítač | 49 406,40 |
| Lednička | 12 431,00 |
| Žárovky a zářivky | 2 736,00 |
| Rychlovarná konvice | 2 376,00 |
| Myčka | 2 160,00 |
| Pračka | 1 692,00 |
| Televize | 1 080,00 |
| Vestavná trouba | 1 051,20 |
| Nabíječka | 399,60 |
| Výtah | 302,40 |
| Mikrovlnná trouba | 208,80 |
| Domovní ventilátor | 54,00 |
| Celkem | 73 897,40 |

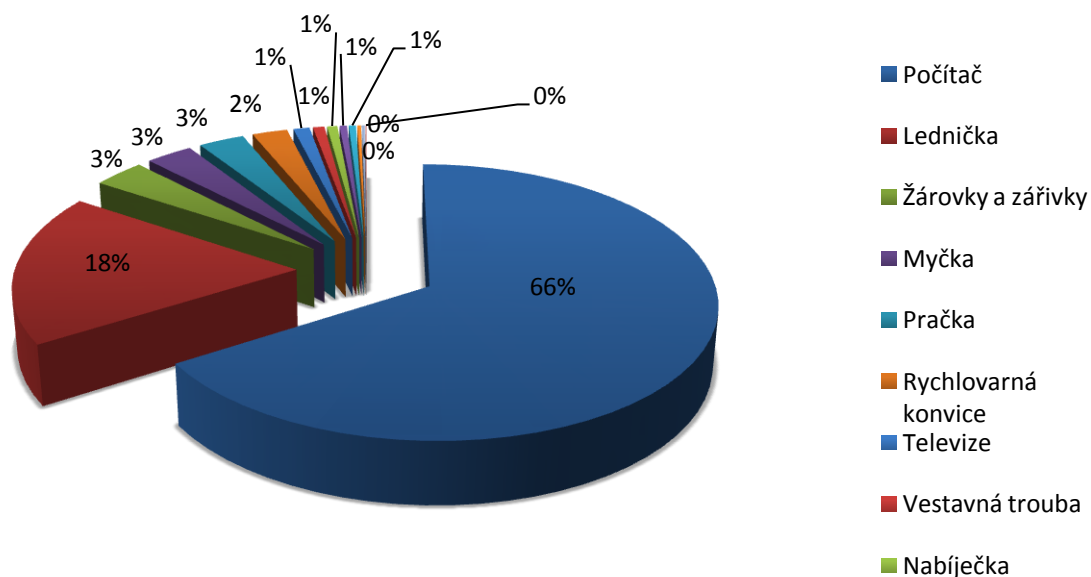
Elektrické spotřebiče 2. týden - celkem v kJ

| | |
|------------------------|------------------|
| Počítač | 43 588,80 |
| Lednička | 13 208,00 |
| Pračka | 2 520,00 |
| Myčka | 2 160,00 |
| Žárovky a zářivky | 2 066,40 |
| Rychlovarná konvice | 864,00 |
| Vysavač | 658,80 |
| Nabíječka | 536,40 |
| Televize | 406,80 |
| Výtah | 374,40 |
| Toustovač | 334,29 |
| Domovní ventilátor | 82,80 |
| Mikrovlnná trouba | 57,60 |
| Celkem | 66 858,29 |

Elektrické spotřebiče – spotřeba celkem v kJ

| | |
|------------------------|-------------------|
| Počítač | 92 995,20 |
| Lednička | 25 639,00 |
| Žárovky a zářivky | 4 802,40 |
| Myčka | 4 320,00 |
| Pračka | 4 212,00 |
| Rychlovarná konvice | 3 240,00 |
| Televize | 1 486,80 |
| Vestavná trouba | 1 051,20 |
| Nabíječka | 936,00 |
| Výtah | 676,80 |
| Vysavač | 658,80 |
| Toustovač | 334,29 |
| Mikrovlonná trouba | 266,40 |
| Domovní ventilátor | 136,80 |
| Celkem | 140 755,69 |

Elektrické spotřebiče - celková spotřeba



3. Doprava

Za dobu měření jsem využil prostředků MHD – metra, autobusu a tramvaje, dále autobusu meziměstské linky a automobilu. Cestu vlakem jsem během této doby nepodnikl.
158

Po naměření ujeté vzdálenosti v jednotlivých prostředcích městské hromadné dopravy jsem se zaměřil na určení průměrné vytíženosti spojů.¹⁵⁹ To sestává z určení počtu lidí, kteří se mnou cestovali v prostředku, a celkové kapacity prostředku. V této souvislosti jsem využil přepravních průzkumů MHD Praha a svých propočtů.¹⁶⁰ Přímo ve vozech tramvajím jsem nezjistil maximální kapacitu prostředku, tudíž jsem ji dopočítal podle přepravních výzkumů (kde byla udána celková kapacita mnou využívané linky za hodiny mezi 6:00 a 23:00).¹⁶¹ Podle jízdního řádu jsem poté spočítal množství souprav během té doby. Vyšlo mi, že do jedné tramvaje se vejde přibližně 75 lidí. Ve zbylých dvou případech jsem našel štítky uvnitř dopravních prostředků, které udávají pro autobus maximálně 99 lidí, pro metro 266 lidí.¹⁶² Údaje platí pro jeden vagon v případě metra i tramvaje.

Co se týče autobusů meziměstské linkové dopravy a automobilů, zde byla situace jiná. Vycházel jsem zejména ze svých propočtů, k čemuž jsem při několika příležitostech připojil osobní komunikaci s řidiči a stevardkami v autobusech.¹⁶³ Tak jsem zjistil

¹⁵⁸ Mimo dobu měření jsem jel vlakem zhruba dvacetikilometrový úsek (jednalo se o běžný zastávkový vlak, složený ze dvou vagonů). Výpravčí mi sdělil, že spotřeba se zde pohybuje okolo 90 l nafty na 100 km (v závislosti na břemenu, sklonu terénu atd.). Ve vlaku bylo zhruba 15 lidí. Spotřeboval jsem tedy přibližně 1,2 l nafty, což je 49 236,768 kJ. Z toho lze odvodit, že vlak je za určitých okolností nejméně ekologickou (a současně efektivní) formou dopravy. Jednalo se však o starý vlak „ruského typu“, novější vlaky typu City Elephant či Pendolino by dopadly lépe. Také je nutno mít na paměti velmi nízkou vytíženost vlaku (odhadem 15-20 %, pokud by vytíženost byla okolo 90 %, byly by dosažena energetická náročnost meziměstských autobusů).

¹⁵⁹ To bylo zpočátku obtížné. Zjistil jsem, že není v mých silách spočítat množství lidí v autobusech, tramvajích a soupravách metra městské hromadné dopravy, jimiž jsem cestoval, naprosto přesně. Nebylo například možné v jednu chvíli spočítat všechny mé spolucestující (zejména v metru a tramvaji), čemuž nahrávalo mimo jiné i to, že se počet cestujících každou zastávkou měnil. Proto jsem se uchýlil k určení určitých průměrných hodnot. U meziměstské a osobní dopravy se však počet cestujících poměrně snadno zjistit, protože se nejednalo o zastávkový spoj a počet cestujících se neměnil.

¹⁶⁰ Jen v případě tramvajím, jiné výsledky průměrné obsazenosti nebyly k dispozici.

¹⁶¹ Na rozdíl od metra a autobusů se mi v tramvajích nepodařilo dohledat štítky o maximálním možném množství pasažérů.

¹⁶² Mám zde na mysli běžné autobusy, kloubovým autobusem jsem za dobu měření nejel.

¹⁶³ Stevardky byly ve všech případech natolik ochotné, že spočítaly počet cestujících.

spotřebu pohonných hmot a počet lidí v autobuse. V případě automobilů stačilo zjistit spotřebu pohonných hmot.

Spotřebu elektrické energie na jeden vozokilometr se mi podařilo najít ve Výroční zprávě Dopravního podniku hlavního města Prahy, a. s., z roku 2008. Ta udává pro tramvaje 2,79 kWh, pro metro 1,78 kWh.¹⁶⁴ Pro autobusy jsem našel údaj 0,46 l motorové nafty na jeden vozokilometr.¹⁶⁵

Po vynásobení ujeté vzdálenosti s výše udanou spotřebou stačilo doplnit počet lidí, co se mnou cestovali. V případě aut a autobusů meziměstské linkové dopravy mám přesné údaje, nicméně u MHD je třeba už z povahy dopravních prostředků určit průměrnou vytíženost, pod kterou rozumím procento z maximální kapacity prostředku. Zde jsem se spolehl zejména na svá pozorování. U autobusů jsem vytíženost určil na 70 %, u metra na 60 %.¹⁶⁶ U tramvají jsem se mohl opřít i o výsledky přepravních průzkumů, zde udávám vytíženost 45 %. Chci zdůraznit, že se u všech tří údajů jedná pouze o vytíženost konkrétních prostředků, kterými jsem v konkrétním čase cestoval.

Při vlastním výpočtu jsem postupoval následovně: množství kilometrů jsem vynásobil hodnotou jednoho vozokilometru (tak vyšlo celkové množství projetých pohonných hmot či spotřebované elektrické energie) a poté dělil množstvím pasažérů, jež jsem dostal propočtem vytíženosti z maximálního počtu lidí v prostředku. Získal jsem osobní spotřebu v kilowatthodinách či litrech nafty/benzínu. U těchto látek jsem dále postupoval tak, že jsem si zjistil převodník mezi litry a toe a dále hodnotu 1 toe v joulech.¹⁶⁷ U elektřiny byl jednoduchý převod mezi kilowatthodinami a jouly, jako tomu bylo u elektrických spotřebičů.

¹⁶⁴ DPP, *Výroční zpráva Dopravního podniku hlavního města Prahy, a. s., 2008*, DPP, Praha 2009, s. 45, 73 aj.

¹⁶⁵ Tamtéž, s. 73.

¹⁶⁶ Až na dvě výjimky (jež procentuální vytíženost snižují) jsem jezdil na jediné trase, na níž jezdí méně autobusů, než by tato trasa podle mého zasloužila. Proto bývají autobusy často přeplněné (pro úplnost dodávám, že se jedná o linku 188 a 224, zastávky Strašnická – Želivecká).

¹⁶⁷ Ton of oil equivalent. Pro benzín jsem použil převod $1 \text{ m}^3 = 0,86 \text{ toe}$, pro naftu $1 \text{ m}^3 = 0,98 \text{ toe}$, přičemž $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$.

Doprava 1. týden - spotřeba v kJ

| | |
|------------------------|-------------------|
| MHD - metro | 6 264,00 |
| MHD - tramvaj | 5 356,80 |
| MHD - autobus | 9 804,72 |
| Autobus meziměstský | 21 524,27 |
| Auto diesel | 98 473,54 |
| Auto benzín | 20 523,69 |
| Celkem | 161 947,02 |

Doprava 2. týden - spotřeba v kJ

| | |
|------------------------|-------------------|
| MHD - metro | 4 377,60 |
| MHD - tramvaj | 1 188,00 |
| MHD - autobus | 5 991,78 |
| Autobus meziměstský | 70 038,08 |
| Auto diesel | - |
| Auto benzín | 55 089,91 |
| Celkem | 136 685,37 |

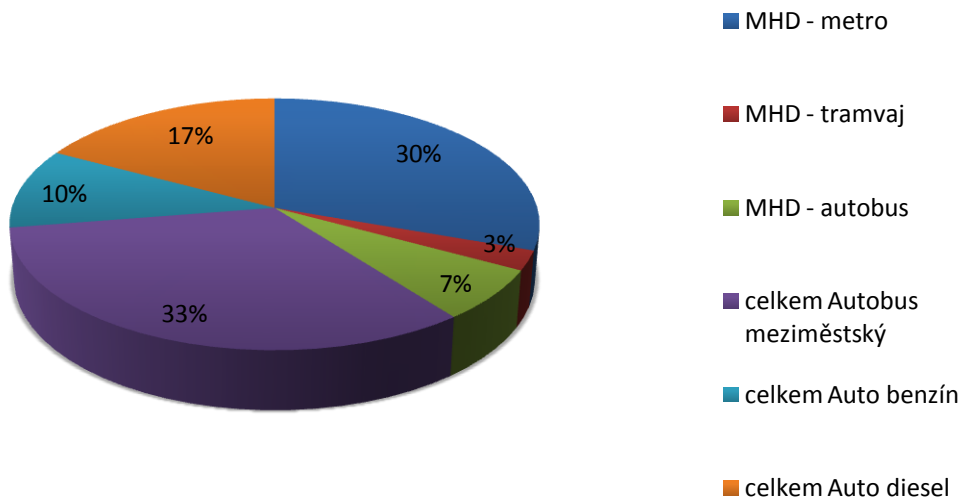
Ujeté kilometry celkem

| | |
|-------------------------------|------------|
| MHD - metro | 265 |
| MHD - tramvaj | 22 |
| MHD - autobus | 58 |
| celkem Autobus meziměstský | 288 |
| celkem Auto benzín | 90 |
| celkem Auto diesel | 150 |
| Celkem | 873 |

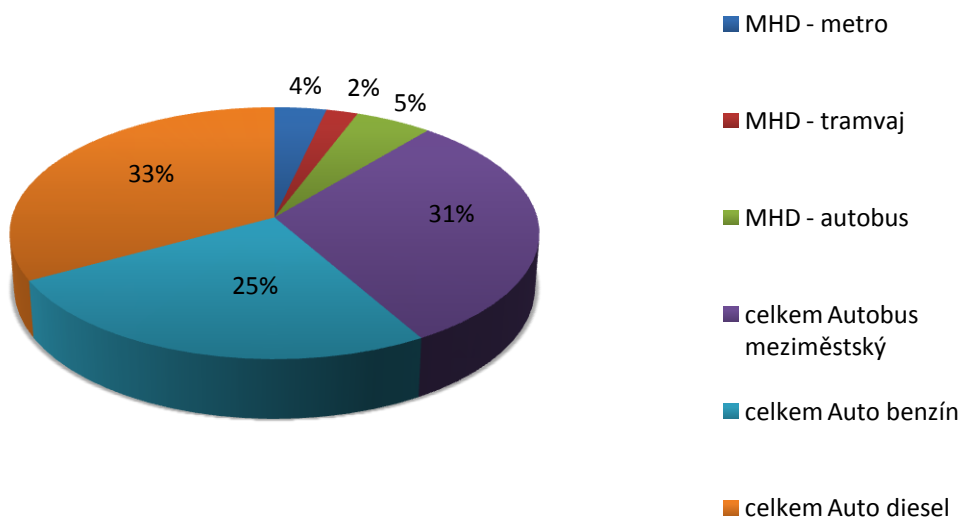
Doprava - celková spotřeba v kJ

| | |
|-------------------------------|-------------------|
| MHD - metro | 10 641,60 |
| MHD - tramvaj | 6 544,80 |
| MHD - autobus | 15 796,50 |
| celkem Autobus meziměstský | 91 562,35 |
| celkem Auto benzín | 75 613,60 |
| celkem Auto diesel | 98 473,54 |
| Celkem | 298 632,39 |

Ujeté kilometry celkem



Doprava - spotřeba celkem



4. TV a vytápění

Ke zjištění spotřebovaného množství teplé vody (TV) a tepla za vytápění užívám zejména dokumentu bytového družstva - *Protokol o vyúčtování služeb za rok 2008*. Vzhledem k tomu, že měření probíhalo již po konci topné sezóny, náklady na vytápění u mě byly nulové. To dobře koresponduje s celoroční spotřebou, neboť i během topné sezóny jsem zapnul topení jen výjimečně. Je to jistě dáno i polohou bytu, který pomáhají vyhřívat okolní byty, a jižní orientací budovy a tím vysokými slunečními zisky. Tam, kde se mohlo topit alespoň po určitou část dne i během období měření (škola, kavárny apod.) vytápění též neuvažuji, protože bylo nezávislé na mé spotřebě; docházelo k němu i v případě mé nepřítomnosti a pokládám jeho hodnotu (přepočtenou na mou spotřebu) za zanedbatelnou.¹⁶⁸

Byt, v němž bydlím, měl v roce 2008 náklady na vytápění rovny 1 410,40 Kč.¹⁶⁹ Z toho činilo tzv. nucené teplo plných 965,20 Kč a jen 445,20 Kč bylo reálně dodané a spotřebované teplo.¹⁷⁰ Z toho je vidět, že spotřeba mého bytu byla hluboko pod průměrem celého panelového domu. Nucené teplo do výpočtu nezařazuji z důvodu, že mnou nebylo přímo spotřebované (a tím se současně zřikám započítání ztrát při vedení apod., což by beztak překračovalo únosnou mez této práce). Jednotková cena za GJ byla rovna 448,86 Kč, tudíž mé osobní náklady za vytápění tříčlenného bytu jsou 330 kJ na celý rok, tudíž zanedbatelné. Pokud se jedná o průměrný přepočet na dva týdny měření - jde o 12,7 kJ za oba týdny. Na druhé straně je však přehřívání bytu v letním období.

V případě TUV je situace jiná; základní složka je rovna 1 046,20 Kč, reálně spotřebovaná složka činí 4 469,60 Kč. Z toho vyplývá, že můj byt v porovnání s průměrem domu spotřeboval zhruba o třetinu více TUV. To se dá opět vysvětlit tím, že v některých bytech bydlí pouze jeden člověk, tudíž spotřebuje méně TUV, ale více tepla, neboť vytápí větší prostor v přepočtu na jednu osobu.

Celkový přepočítaný odběr bytu (TUV a vytápění) činí 8,86 GJ, tudíž po odečtení 0,99 GJ za vytápění připadne na TUV 7,87 GJ. Z hlediska celého roku, pokud odhadnu svou spotřebu na 40 % této hodnoty (60 % pak připadne na zbylé dva členy domácnosti), spotřebuji 3 148 000 kJ. Většinu TUV spotřebuji doma, avšak je nutno připočítat určitou hodnotu za použití TUV ve škole či v práci. Mou celkovou roční spotřebu TUV bych pak

¹⁶⁸ Toto teplo jsem nespotebovával, v zimě bych ho však zřejmě spotřebovával, tudíž by ho bylo třeba započítat.

¹⁶⁹ Můj byt a potažmo celý panelový dům je napojen na centrální výtopení.

¹⁷⁰ Povinná složka platby za teplo, která se účtuje automaticky k reálně dodanému množství tepla, i kdyby se toto reálné teplo rovnalo nule. Tato povinná složka nákladů na teplo je stejná i v případě nákladů na ohřev TUV – je rozpočítaná na plochu bytů (v rámci celého panelového domu) tak, že činí 30 % celkových nákladů. Zbýlých 70 % se odvíjí od spotřeby jednotlivých bytů.

mohl odhadnout až někam k 3 300 000 kJ. Denně bych tak jen doma spotřeboval na ohřev TUV průměrně 8 624,658 kJ.¹⁷¹

Měřením jsem si zjistil průměrný průtok vody z vodovodu (1 litr za 10 sekund) a sprchy (1 litr za 6 sekund) – zejména u sprchy to však bylo spíše pro kontrolu, než pro vlastní výpočet, protože během sprchování nemám puštěnou vodu stále.¹⁷² Dále jsem zjistil dobu používání vody. Údaje za spotřebu při sprchování jsem pak porovnával s měřáky SV a TUV. Konečně jsem zvolil konzultaci se dvěma specialisty na TZB kvůli zjištění průměrné teploty TUV - bylo mi řečeno, že průměrně 55 °C.¹⁷³ Získaný údaj jsem si ověřoval na internetovém portálu TZB-info, kde jsem zjistil, že podle ČSN EN 806-2 musí být rozvod teplé vody schopen dodat vodu o teplotě mezi 50 °C a 55 °C.¹⁷⁴ Počítal jsem s vyšší hodnotou. Dále jsem vzal jako standardní hodnotu studené vody k ohřevu 10 °C (taktéž po konzultaci a ověření na internetových stránkách). Energii, nutnou za standardních podmínek k ohřevu 1 kg vody o 1 °C, jsem bral za 4186 J. Postupoval jsem tudíž tak, že k ohřátí 1 l vody z 10 °C na 55 °C je potřeba 188,370 kJ.¹⁷⁵ Takto bych nicméně zjistil svou energetickou spotřebu, kdybych užíval výhradně vodu ohřátou na 55 °C.

Na základě údajů z měřáků SV a TUV tedy bylo třeba poupravit získané hodnoty. Průměrná denní hodnota pro sprchování SV mi vyšla 0,0235 m³, pro TUV 0,022875 m³. Tak jsem zjistil, že průměrně spotřebuji na sprchování za den 4 313,673 kJ, celkem za měřené období je to 60 391,422 kJ. Za ostatní používání TUV během dne mi pak vyšel denní průměr 2 231,958 kJ, celkem za oba týdny tedy 31 247,418 kJ. To pak v součtu činí 91 638,84 kJ za oba dva týdny, tudíž 6 545,631 kJ denně. Počítaje s tímto údajem, výsledná osobní roční spotřeba TUV by dosáhla výše 2 389 155,315 kJ, tedy 2,389 GJ, což zpětně při porovnání s ročním výpisem spotřeby 7,87 GJ za celou domácnost činí 30,36 %. To odpovídá mému podílu v tříčlenné domácnosti, přestože jsem očekával větší podíl.

¹⁷¹ V této souvislosti nepočítám s odběrem vody pračkou a myčkou, neboť jsem přesvědčen, že nároky na energii jsou již započítány v jejich provozu – viz kapitola 2. Elektrické spotřebiče.

¹⁷² Snažil jsem se nasimulovat jakýsi „běžný průtok“, který užívám při mytí rukou a sprchování.

¹⁷³ TZB = technická zařízení budov.

¹⁷⁴ Zdroj: TZB-info – stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online][cit. 25.8.2009]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5775&h=227&pl=37>>.

¹⁷⁵ Celý postup se dá jednoduše popsat rovnicí $Q = m \times c \times \Delta t$, kde m je hmotnost vody a c její měrná kapacita, a Δt je rozdíl teplot.

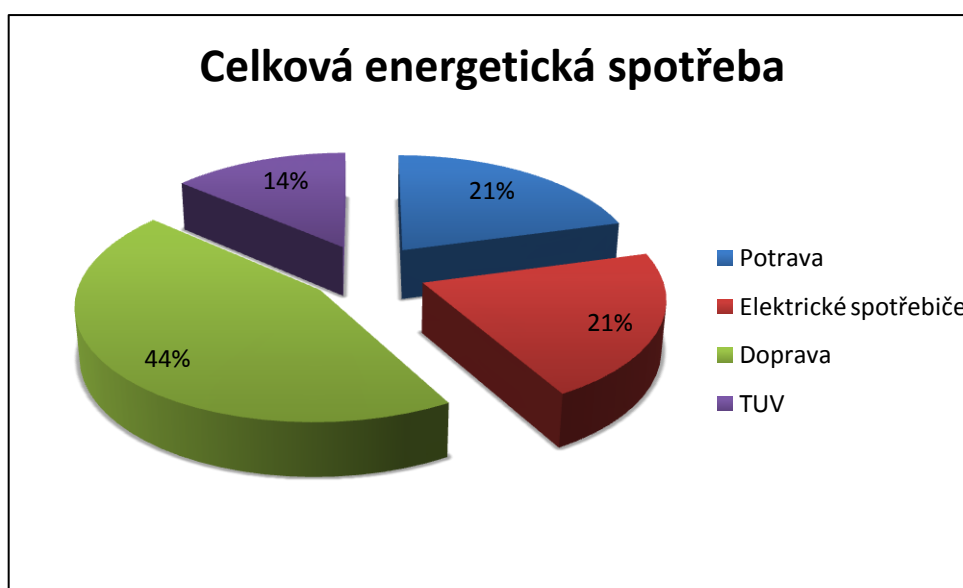
Spotřeba TUV v kJ

| | |
|---------------------------------------|------------------|
| Sprchování - denní průměr | 4 313,67 |
| Ostatní používání TUV - denní průměr | 2 231,96 |
| Sprchování - celkem | 60 391,42 |
| Ostatní používání TUV - celkem | 31 247,42 |
| <hr/> | |
| Veškeré používání TUV - denní průměr | 6 545,631 |
| Veškeré používání TUV - celkem | 91 638,84 |

5. Diskuze výsledků

Nyní tedy lze vytvořit celkový přehled spotřeby za měřené období, včetně denního průměru a hrubého výhledu na celý rok. Hodnoty jsou v kilojoulech.

| Za měřené období | | Průměrná denní hodnota | | Průměrná roční hodnota ¹⁷⁶ | |
|-----------------------|-------------------|------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Potrava | 139 317,63 | Potrava | 9 951,26 | Potrava | 3 632 209,900 |
| Elektrické spotřebiče | 140 755,69 | Elektrické spotřebiče | 10 053,98 | Elektrické spotřebiče | 3 669 701,970 |
| Doprava | 298 632,39 | Doprava | 21 330,89 | Doprava | 7 785 773,025 |
| TUV | 91 638,84 | TUV | 6 545,63 | TUV | 2 389 155,315 |
| Celkem | 670 344,55 | Celkem | 47 881,753 | Celkem | 17 476 840,21 |



Vyvstává otázka relevance zobrazených údajů. Potrava dobře ilustruje mou spotřebu, což potvrdily podobné výsledky obou týdnů, během nichž jsem zaznamenával svou spotřebu. Pokud srovnám svou spotřebu např. chleba s údaji o průměrné spotřebě přepočítané na jednoho obyvatele, jež jsou dostupné na internetových stránkách ČSÚ¹⁷⁷,

¹⁷⁶ Vždy jsem počítal s rokem jako s 365 dny, nepočítám tudíž s přestupným rokem; rozdíl je zanedbatelný.

¹⁷⁷ Zdroj: Český statistický úřad [online]. Dostupné z: <<http://www.czso.cz>>.

vyjde následující¹⁷⁸: má průměrná denní spotřeba 81,429 g chleba, tudíž 29,72 kg za rok¹⁷⁹, poměrně hrubě nekoresponduje s 50,3 kg chleba na obyvatele a rok, jak jej udává ČSÚ. To se dá vysvětlit zejména tím, že dávám přednost jiným druhům pečiva. A vskutku, jen housky a rohlíky u mne mají průměrnou denní hodnotu 110,57 g, tudíž 40,36 kg za rok. To se blíží 48,1 kg, jež ČSÚ udává jako průměrnou hodnotu za všechno pšeničné pečivo. Pokud k tomu připočtu různé pečivo s náplní (tvarohové šátečky, koblihy, bagety atd.), dostávám se vysoko nad 50 kg.¹⁸⁰ Celkově skladba potravy souhlasí s mou běžnou spotřebou, tudíž výsledky lze zobecnit na delší časovou řadu.

Elektrické spotřebiče se dají též zobecnit na delší období (s výjimkou ledničky, kde se jedná o odhad), pouze by se zde mohla vyskytnout výchylka v řádu několika procent u využití počítače, který využívám jakožto multifunkční spotřebič v absolutních číslech nejvíce.

Co se týče dopravy, jsem přesvědčen, že získané údaje z měřeného období jsou nadstandardně vysoké. Mimo údajů o MHD, jež podle mého věrně odráží mou spotřebu i během delšího časového období, jsou ostatní hodnoty, k nimž jsem došel během doby měření, neporovnatelné se zbytkem roku. Autobus mezi Libercem a Prahou využiji za rok nejvýše dvacetkrát, přesto během měření jsem jel hned třikrát, tudíž zde vzniká značná diskrepance. Využití aut má vyšší vypovídající hodnotu, avšak přesto bych jim připsal překonanou vzdálenost během roku o 30-40% menší, než tomu bylo ve sledovaném období. U dopravy celkově bych odhadl, že její skutečná roční hodnota je alespoň o 35% nižší.

Naměřené hodnoty TUV vypovídají o skutečné roční spotřebě, protože se takřka shodují s vyúčtováním za služby poskytovatelům. Zde by se tedy dosažené průměrné hodnoty výsledky daly využít k projekci na delší časové horizonty.

Nyní se zaměřím na statistické údaje, které porovnáám se svými měřeními. Vynechám však dopravu, neboť zde dle mého názoru nemám přesný údaj, s nímž bych mohl porovnat statistiky, pouze odhad. Využiji jen údaje vztažené na českou populaci, protože nemá smysl dělat v této souvislosti širší srovnání (zejména pokud vezmu v úvahu geografické a kulturní odlišnosti).

Energetický příjem z potravy na hlavu a den byl v České republice v roce 2003 roven 3307 kcal, tudíž 13 839,80 kJ. Oproti mým 9 951,26 kJ tak jde téměř o 4 000 kJ

¹⁷⁸ Mnou naměřené hodnoty porovnáám s daty ČSÚ z roku 2007.

¹⁷⁹ Jde o zprůměrovaný údaj ze čtrnáctidenního měření, jehož denní hodnota je pak vynásobená 365.

¹⁸⁰ Zde si nedovolím udat přesné číslo, neboť nemám přesnou představu o hmotnosti pečiva bez náplně. Pouze dle svého odhadu a zkušenosti, kolik si kupuji baget, koblih atd., určuji hmotnost této skupiny potravin naprosto minimálně na 10 kg za rok. Už jen pokud zkonsumuji týdně 300 g pečiva (odhadem dvě obložené bagety bez náplně), dostanu se za rok na hodnotu přes 15,6 kg potravin. Je tak možné, že by u mě celkově pšeničné pečivo mohlo převyšovat 60 kg za rok.

rozdílu.¹⁸¹ Může to být tím, že piji většinou jen samotnou vodu z vodovodu (jež nemá žádnou kalorickou hodnotu); například litr džusu oproti tomu obsahuje 25 kostek cukru, což je téměř má týdenní spotřeba cukru, jenž si dávám do čaje. Otázkou je též průměrná výše spotřeby sladkostí na osobu. Jinak nenacházím zásadní rozdíly v příjmu ostatních druhů potravy v porovnání s českým průměrem.

Dodávky elektrické energie domácností dosahovaly v ČR v roce 2008 14 702,9 GWh.^{182,183} Každý člověk v ČR tak průměrně spotřeboval 1403,411 kWh, což je 5 052 279,6 kJ. V porovnání s mou spotřebou, jakkoli se mně zdá vysoká, je to téměř o 1,5 GJ více. Zde je možné uvažovat o rozdílech ve výměře obytné plochy a tím i rozdílu v množství a výši spotřeby elektrických spotřebičů, ale též vytápění elektrickou energií.

Průměr pro městské lokality v ČR pro TUV byl v roce 2003 8,3 GJ na byt.¹⁸⁴ Venkovské lokality přitom měly o něco větší nároky, tudíž pro celou ČR byl průměr 8,4 GJ. Pokud budu počítat s městskou lokalitou, bude tu rozdíl o zhruba 0,5 GJ. Jak se píše výše, naměřená hodnota pro můj byt činila 7,87 GJ za TUV, což je v porovnání dobrá hodnota.

Pokud bych na závěr určil hlavní možnosti úspory energie, bylo by to zejména využití počítače, případně lednice. Možným řešením by byl nákup energeticky úspornějších spotřebičů, v případě počítače i lepší využívání spotřebiče. Oblast dopravy by bylo nutno sledovat po delší časové období, neboť dosažené výsledky jsou neuspokojivé, ale lze předpokládat, že i zde by bylo možno dosáhnout jisté úspory. V ostatních kategoriích, ať už potravě nebo vytápění a používání TUV, lze konstatovat, že se nacházím pod průměrem ČR. Toto konstatování však nelze brát absolutně, ale pouze jako předpoklad pro další výzkum.

¹⁸¹ Bohužel se mi nepodařilo dohledat novější data, nicméně si myslím, že se za posledních pět let neudála žádná revoluce ve výživě, tudíž získaný údaj mohu použít. Zdroj: FAOSTAT [online]. Dostupné z: <<http://faostat.fao.org/site/345/default.aspx>>.

¹⁸² Zde je počítáno pouze s domácnostmi, maloobchodní a velkoobchodní, jež spolu s domácnostmi dotvářejí tuzemskou poptávku po elektrické energii, započítáni nejsou. Navíc zde počítám s údajem o počtu obyvatel z března roku 2009 (10 476 543 obyvatel), kdežto údaje o elektrické energii jsou z roku 2008, tudíž množství spotřebované energie mělo vyjít trochu vyšší (vzhledem ke zvýšení počtu obyvatel od minulého roku), nicméně jde o zanedbatelnou hodnotu. Zdroj: Český statistický úřad [online]. Dostupné z: <<http://www.czso.cz>>.

¹⁸³ Zdroj: Energetický regulační úřad [online]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocní_zpráva/2008/index.htm>.

¹⁸⁴ Ani zde jsem nenašel novější data. Zdroj: Český statistický úřad [online]. Dostupné z: <[http://www.czso.cz/csu/2005edicniplan.nsf/t/F100460B81/\\$File/810905kc35.pdf](http://www.czso.cz/csu/2005edicniplan.nsf/t/F100460B81/$File/810905kc35.pdf)>.

Seznam použité literatury a zdrojů

Literatura

Dobrovolný, B., Mazurek, A.: *Technická fyzika zajímavě pro každého*, Práce, Praha 1955

DPP, DP kontakt, 2/2009

DPP, *Výroční zpráva Dopravního podniku hlavního města Prahy, a. s., 2008*, DPP, Praha 2009

Webové stránky

Český statistický úřad [online]. Dostupné z: <<http://www.czso.cz>>

Dopravní podnik hlavního města Prahy [online]. Dostupné z: <<http://www.dpp.cz>>

DOSPEL – ventilátory pro Vás [online]. Dostupné z: <<http://www.dospel.cz>>

Energetický regulační úřad [online]. Dostupné z: <<http://www.eru.cz>>

FAOSTAT [online]. Dostupné z: <<http://faostat.fao.org/site/345/default.aspx>>

Kalorické tabulky potravin [online]. Dostupné z: <<http://www.az-recepty.cz/kaloricke-tabulky-potravin-d11>>

KalorickéTabulky.cz [online]. Dostupné z: <<http://www.kaloricketabulky.cz>>

Přepočty mezi jednotkami práce a energie [online]. Dostupné z: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/vypocty/jednotky>>

TZB-info – stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz>>

Zdravá výživa – to nejlepší z praxe [online]. Dostupné z: <<http://www.abcvyzivy.cz/podpora/energie.htm>>

Příloha č. 2 – Tabulky dat k porovnání spotřebičů

Lednice

| | Označení | Pořizovací cena (Kč, s DPH) | Spotřeba (kWh/d) | Spotřeba (kWh/r) | Užitný objem (l) | Spotřeba na 1 l už.objemu (kWh/r) | Rozměry (cm) |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|--|------------------|
| Energetická třída A | | | | | | | |
| 1. | ARISTON 4D B/HA QUADRIO | 14 605-34 990 | 1,17 | 427 | 397 | 1,076 | 190 x 70 x 74 |
| 2. | ARISTON BMBL 1811 F/HA | 13 299-14 609 | 0,99 | 361 | 322 | 1,121 | 188 x 60 x 72 |
| 3. | ARISTON BMBL 2012 CF/HA | 17 599-19 409 | 1,03 | 376 | 329 | 1,143 | 201 x 60 x 72 |
| 4. | BAUMATIC QUATTRO | 14 746-19 191 | 1,14 | 416 | 388 | 1,072 | 180 x 79 x 64 |
| 5. | BEKO CN 228100 | 7 980-8 208 | 0,95 | 345 | 256 | 1,348 | 175 x 60 x 60 |
| 6. | BEKO CSA 31000 | 5 345-9 990 | 0,85 | 309 | 264 | 1,170 | 181 x 54 x 60 |
| 7. | BOSCH KGN 36Y20 | 9 805-11 645 | 0,96 | 352 | 287 | 1,226 | 185 x 60 x 65 |
| 8. | ELECTROL UX ENB 34233 W | 7 500-13 741 | 0,98 | 357 | 323 | 1,105 | 185 x 60 x 65 |
| 9. | FAGOR 3FC-48 LAMX | 9 290-19 542 | 0,96 | 350 | 348 | 1,006 | 200 x 60 x 60 |
| 10. | GORENJE RK 6355 W/1 | 6 947-8 990 | 1,03 | 376 | 317 | 1,186 | 186 x 60 x 63 |
| 11. | INDESIT BAN 12 | 5 995-9 782 | 0,88 | 321 | 276 | 1,163 | 175 x 60 x 63 |
| 12. | INDESIT 3D A FTZ | 13 580-22 493 | 1,07 | 391 | 363 | 1,077 | 190 x 70 x 69 |
| 13. | LG GRF399 BLQA | 10 540-11 509 | 1,01 | 369 | 296 | 1,247 | 190 x 60 x 62 |
| 14. | LIEBHERR CN 3033 | 10 200-16 999 | 0,97 | 354 | 276 | 1,283 | 180 x 55 x 63 |
| 15. | LIEBHERR CUNesf 3903 Comfort | 17 888-26 999 | 1,1 | 400 | 355 | 1,127 | 201 x 60 x 63 |
| 16. | SHARP SJ- WM322TB | 22 990-23 499 | 1,05 | 385 | 326 | 1,181 | 185 x 60 x 65 |

| | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------|-------|-----|-----|-------|------------------|
| 17. | SIEMENS KG 36NY20 | 9 486-12 802 | 0,96 | 352 | 287 | 1,226 | 185 x 60 x 65 |
| 18. | SNAIGE RF 360.1801 A | 7 990-8 092 | 0,93 | 339 | 315 | 1,076 | 191 x 60 x 60 |
| 19. | WHIRLPOOL L WBE 3321 NFW | 9 868-12 809 | 1,01 | 368 | 323 | 1,139 | 190 x 60 x 64 |
| 20. | ZANUSSI ZRB 634 FX | 7 966-9 225 | 0,98 | 357 | 321 | 1,112 | 185 x 60 x 65 |
| Energetická třída A+ | | | | | | | |
| 1. | ARISTON 4D AAX/HA QUADRIO | 16 788-30 229 | 0,95 | 347 | 410 | 0,846 | 190 x 70 x 74 |
| 2. | ARISTON EBDH 18213 F Evolution | 11 383-17 239 | 0,81 | 296 | 283 | 1,046 | 187 x 60 x 66 |
| 3. | BEKO CS 234020 | 6 990-7 366 | 0,732 | 267 | 292 | 0,914 | 185 x 60 x 60 |
| 4. | BOSCH KGN 36VW20 | 11 220-16 205 | 0,81 | 294 | 287 | 1,024 | 185 x 60 x 65 |
| 5. | BOSCH KGN 36A73 | 12 478-14 184 | 0,77 | 280 | 287 | 0,976 | 185 x 60 x 65 |
| 6. | ELECTROL UX ENB 32633 W | 8 000-12 205 | 0,80 | 292 | 301 | 0,970 | 175 x 60 x 63 |
| 7. | ELECTROL UX ENB 38943 W | 11 120-12 764 | 0,81 | 297 | 361 | 0,823 | 201 x 60 x 66 |
| 8. | FAGOR FFJ6725X | 12 369-17 205 | 0,75 | 275 | 287 | 0,958 | 185 x 60 x 61 |
| 9. | FAGOR FFJ6825X | 12 500-18 205 | 0,79 | 288 | 322 | 0,894 | 200 x 60 x 61 |
| 10. | GORENJE RK 61810 W | 6 457-8 393 | 0,80 | 292 | 322 | 0,907 | 180 x 60 x 64 |
| 11. | GORENJE RK 6201 BW | 8 199-10 050 | 0,84 | 305 | 364 | 0,838 | 200 x 60 x 64 |
| 12. | INDESIT PBAA 34 NF X D Prime | 13 500-19 709 | 0,82 | 299 | 327 | 0,914 | 200 x 60 x 66 |
| 13. | INDESIT PBAA 33 V X D Prime | 9 712-16 979 | 0,83 | 303 | 338 | 0,896 | 188 x 60 x 73 |
| 14. | LIEBHERR Ces 4023 Comfort | 17 990-25 205 | 0,85 | 310 | 372 | 0,833 | 201 x 60 x 63 |
| 15. | LIEBHERR CUP 3011 | 8 888-10 207 | 0,72 | 262 | 284 | 0,923 | 180 x 55 x 63 |
| 16. | SAMSUNG | 8 764-10 632 | 0,83 | 303 | 286 | 1,059 | 178 x 60 |

| | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------|------|-----|-----|-------|-------------------|
| | RL34HGPS | | | | | | x 65 |
| 17. | SIEMENS KG 36VNW20 | 9 097-10 680 | 0,75 | 274 | 309 | 0,887 | 186 x 60 x 65 |
| 18. | SIEMENS KG 39NVI20 | 12 965-22 205 | 0,88 | 323 | 315 | 1,025 | 201 x 60 x 65 |
| 19. | WHIRLPOOL L WBE 3433 A+W | 9 830-11 422 | 0,85 | 310 | 346 | 0,896 | 190 x 60 x 64 |
| 20. | WHIRLPOOL L WBE 3352 A+NFCW | 10 549-12 090 | 0,85 | 310 | 320 | 0,969 | 190 x 60 x 64 |
| Energetická třída A++ | | | | | | | |
| 1. | ARISTON EBDH 20303 F | 12 890-14 003 | 0,66 | 241 | 326 | 0,739 | 200 x 60 x 66 |
| 2. | ARISTON EBD 18323 F | 12 847-19 654 | 0,63 | 231 | 295 | 0,783 | 187 x 60 x 66 |
| 3. | BOSCH KGV 33VL30 | 9 290-15 206 | 0,60 | 219 | 288 | 0,760 | 176 x 60 x 65 |
| 4. | BOSCH KGV 33VW30 | 8 556-13 747 | 0,60 | 219 | 288 | 0,760 | 176 x 60 x 65 |
| 5. | ELECTROL UX ERB 36300 W | 8 472-10 490 | 0,59 | 214 | 337 | 0,635 | 185 x 60 x 66 |
| 6. | ELECTROL UX ERB 36300 X | 9 999-13 809 | 0,59 | 214 | 337 | 0,635 | 185 x 60 x 66 |
| 7. | GODDESS RCC 0165 GS9 | 7 048-10 537 | 0,44 | 161 | 202 | 0,797 | 165 x 55 x 62 |
| 8. | GORENJE RF 60309 OCO | 18 700-25 191 | 0,50 | 183 | 294 | 0,622 | 174 x 60 x 64 |
| 9. | GORENJE RK 60359 HE Classic | 9 307-18 207 | 0,63 | 230 | 322 | 0,714 | 180 x 60 x 64 |
| 10. | LIEBHERR CUPsl 2901 | 10 767-11 999 | 0,49 | 179 | 253 | 0,708 | 162 x 60 x 63 |
| 11. | LIEBHERR CUP 3221 | 11 999-11 999 | 0,59 | 217 | 284 | 0,764 | 182 x 60 x 63 |
| 12. | SAMSUNG RL43TJCSW 1 | 8 109-15 560 | 0,58 | 212 | 322 | 0,658 | 201 x 60 x 65 |
| 13. | SAMSUNG RL56GHGS W1 | 13 675-18 708 | 0,71 | 260 | 357 | 0,728 | 1850 x 60 x 70 |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---------------|------|-----|-----|-------|------------------|
| 14. | SIEMENS KG 36VWV30 | 9 955-15 206 | 0,62 | 227 | 309 | 0,735 | 186 x 60 x 65 |
| 15. | SIEMENS KG 39VVL30 | 11 710-16 706 | 0,65 | 238 | 344 | 0,692 | 201 x 60 x 65 |
| 16. | WHIRLPOOL L WBC 37552 A++DFCX | 13 998-14 490 | 0,69 | 252 | 365 | 0,690 | 190 x 60 x 68 |
| 17. | WHIRLPOOL L WBE 37132 A++WF | 10 549-11 297 | 0,68 | 248 | 365 | 0,679 | 200 x 60 x 64 |
| Energetická třída A+++ | | | | | | | |
| 1. | BOSCH KGE 36AW40 | 15 399-20 206 | 0,41 | 150 | 303 | 0,495 | 186 x 60 x 65 |
| 2. | SIEMENS KG 36EAW40 | 15 000-17 999 | 0,41 | 150 | 303 | 0,495 | 186 x 60 x 65 |
| 3. | WHIRLPOOL L WBC 34463 A+++DFCX | 21 850-22 191 | 0,44 | 160 | 334 | 0,479 | 190 x 60 x 68 |

Žárovky

| | Označení | Požizovací cena (Kč) | Životnost (h) | Spotřeba (W/h) | Světelný tok (lm) | Světelný tok/1 W spotřeby (lm) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Klasické žárovky | | | | | | |
| 1. | Philips čirá 60W | 10 | 1000 | 60 | 710 | 11,83 |
| 2. | Osram čirá 100W | 10 | 1000 | 100 | 1340 | 13,4 |
| Úsporné žárovky | | | | | | |
| 1. | ACME Candle 9W | 97 | 8000 | 9 | 405 | 45 |
| 2. | ACME Classic 9W | 41 | 6000 | 9 | 405 | 45 |
| 3. | ACME Full Spiral 15W | 75 | 8000 | 15 | 798 | 53,2 |
| 4. | EMOS 6U 11W | 106 | 8000 | 11 | 535 | 48,64 |
| 5. | EMOS 6U 15W | 110 | 6 000 | 15 | 790 | 52,67 |
| 6. | EMOS 6U 20 W | 107 | 6 000 | 20 | 1155 | 57,75 |
| 7. | EMOS Classic A65 20W | 142 | 8000 | 20 | 1080 | 54 |
| 8. | EMOS FS 9W | 159 | 10000 | 9 | 440 | 48,89 |
| 9. | EMOS FS 11 W | 169 | 10000 | 11 | 590 | 53,64 |
| 10. | EMOS HS-T2 15W | 101 | 10000 | 15 | 880 | 58,67 |

| | | | | | | |
|--------------------|---|-----|--------|----|------|-------|
| 11. | EMOS HS-T2 18W | 101 | 10000 | 18 | 1060 | 58,89 |
| 12. | EMOS HS-T2 20W | 112 | 10000 | 20 | 1155 | 57,75 |
| 13. | EMOS HS-T2 23W | 116 | 10000 | 23 | 1370 | 59,57 |
| 14. | EMOS HS-T2 25W | 122 | 10000 | 25 | 1520 | 60,8 |
| 15. | EMOS Mini Candle 7W | 89 | 8000 | 7 | 320 | 45,71 |
| 16. | EMOS Mini Candle 9W | 107 | 8000 | 9 | 410 | 45,56 |
| 17. | EMOS Reflektor R50 7W | 70 | 10000 | 7 | 350 | 50 |
| 18. | EMOS Reflektor R63 11W | 126 | 10000 | 11 | 390 | 35,45 |
| 19. | OSRAM Duluxstar 5W | 91 | 6 000 | 5 | 240 | 48 |
| 20. | OSRAM Duluxstar 8W | 108 | 6000 | 8 | 400 | 50 |
| 21. | OSRAM Duluxstar 11W | 119 | 6 000 | 11 | 660 | 60 |
| 22. | OSRAM Duluxstar 14W | 84 | 6 000 | 14 | 750 | 53,57 |
| 23. | OSRAM Duluxstar 17W | 119 | 10000 | 17 | 920 | 54,12 |
| 24. | OSRAM Duluxstar 21W | 90 | 6 000 | 21 | 1230 | 58,57 |
| 25. | OSRAM Duluxstar 24W | 102 | 6 000 | 24 | 1500 | 62,5 |
| 26. | PHILIPS Genie 11W | 64 | 8000 | 11 | 600 | 54,55 |
| 27. | PHILIPS Genie 18W | 87 | 8 000 | 18 | 1100 | 61,11 |
| 28. | PHILIPS Tornado T3 15W | 115 | 8000 | 15 | 950 | 63,33 |
| LED žárovky | | | | | | |
| 1. | ACME LED Mini Globe High Power 3W | 249 | 30000 | 3 | 130 | 43,33 |
| 2. | ACME LED SMD 3W 3000K | 213 | 30000 | 3 | 240 | 80 |
| 3. | ACME LED 3W | 149 | 50000 | 3 | 200 | 66,7 |
| 4. | ACME LED Reflektor 3W | 184 | 30000 | 3 | 210 | 70 |
| 5. | EMOS Dichroická 48LED, 2W | 160 | 25000 | 2 | 95 | 47,5 |
| 6. | EMOS Dichroická LED 3W | 176 | 50000 | 3 | 100 | 33,3 |
| 7. | EMOS Dichroická LED 4W | 307 | 50000 | 4 | 240 | 60 |
| 8. | EVOLVE EcoLight 4W | 299 | 43000 | 4 | 360 | 90 |
| 9. | EVOLVE EcoLight | 299 | 43 000 | 7 | 630 | 90 |

| | | | | | | |
|-----|---------------------------------------|-----|-------|-----|-----|------|
| | 7W | | | | | |
| 10. | INOXLED Power Eco 3528 2W | 117 | 60000 | 2 | 150 | 75 |
| 11. | INOXLED Power 4W | 202 | 60000 | 4 | 240 | 60 |
| 12. | INOXLED 7W | 454 | 60000 | 7 | 460 | 65,7 |
| 13. | INOXLED Power 9W | 486 | 60000 | 9 | 660 | 73,3 |
| 14. | OSRAM Parathom Classic A | 224 | 25000 | 2 | 100 | 50 |
| 15. | VERBATIM Blue Chip LED 4W | 365 | 25000 | 4 | 100 | 25 |
| 16. | VERBATIM Blue Chip LED Classic A 6,5W | 416 | 35000 | 6,5 | 250 | 38,5 |
| 17. | VERBATIM Candlelight 4W | 334 | 25000 | 4 | 90 | 22,5 |
| 18. | VERBATIMMR16 6.5W | 661 | 25000 | 6,5 | 275 | 42,3 |
| 19. | VERBATIM Spotlight R63 8W | 760 | 35000 | 8 | 320 | 40 |
| 20. | WHITEENERGY LED reflektor 3W | 169 | 25000 | 3 | 130 | 43,3 |

Pračky

| | Označení | Poř. cena (Kč, s DPH) | Kapacit a pračky (kg) | Spotřeba vody (l/cyklus) | Spotřeba elektřiny (kWh/cyklu s) | Spotřeba na 1 kg prádla | |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------|
| | | | | | | Voda (l) | Elektřina (kWh) |
| Energetická třída A | | | | | | | |
| 1. | AMICA AWCS 10 L | 4 499-5 907 | 5 | 49 | 0,95 | 9,80 | 0,19 |
| 2. | CROWN Alba AL 600 | 4 989-4 989 | 5 | 43 | 0,95 | 8,60 | 0,19 |
| 3. | DAEWOO DWD F1081 | 5 989-6 828 | 8 | 59 | 1,11 | 7,38 | 0,14 |
| 4. | ELECTRO LUX EWC 1350 | 7 156-10 893 | 3 | 39 | 0,57 | 13,00 | 0,19 |
| 5. | ELECTRO LUX EWP 126100 W | 6 489-13 056 | 6 | 49 | 1,02 | 8,17 | 0,17 |
| 6. | FAGOR 1F-1810 | 7 289-8 058 | 8 | 59 | 1,36 | 7,38 | 0,17 |
| 7. | FAGOR | 5 594-8 585 | 7 | 64 | 1,02 | 9,14 | 0,15 |

| | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------|-----|----|------|------|------|
| | IFE-1217 | | | | | | |
| 8. | FINLUX FX5 1023W | 5 406-5 600 | 5 | 43 | 0,95 | 8,60 | 0,19 |
| 9. | GORENJE WA 50109 | 5 267-6 829 | 5,5 | 45 | 1,04 | 8,18 | 0,19 |
| 10 | GORENJE WS 512 SYB | 7 699-10 970 | 5 | 45 | 0,95 | 9,00 | 0,19 |
| 11 | HAIER HNS 1260TVE | 5 611-7 306 | 6 | 54 | 1,10 | 9,00 | 0,18 |
| 12 | INDESIT PWE 61041 S | 6 896-6 896 | 6 | 52 | 1,02 | 8,67 | 0,17 |
| 13 | INDESIT WIL 106 SP | 6 490-8 479 | 5 | 54 | 0,85 | 10,8 | 0,17 |
| 14 | SIEMENS WM 10A262 BY | 7 399-8 342 | 5 | 44 | 0,93 | 8,80 | 0,19 |
| 15 | WHIRLPO OL AWO/D 5100 | 6 899-10 800 | 5 | 49 | 0,85 | 9,80 | 0,17 |
| Energetická třída A+ | | | | | | | |
| 1. | AEG L 64840 L | 8 380-12 990 | 6 | 45 | 1,02 | 7,50 | 0,17 |
| 2. | AMICA AWCE 10 L | 5 249-6 990 | 5 | 39 | 0,85 | 7,80 | 0,17 |
| 3. | ARISTON AQSD 291 U EE | 8 307-9 117 | 6 | 52 | 1,02 | 8,67 | 0,17 |
| 4. | ARISTON AQXXF 129 | 12 948-13 213 | 7,5 | 70 | 1,27 | 9,33 | 0,17 |
| 5. | BEKO WMB 61021 CS PTM | 4 962-6 112 | 6 | 40 | 0,85 | 6,67 | 0,14 |
| 6. | BEKO WMB 81241 LM | 7 490-9 188 | 8 | 65 | 1,36 | 8,13 | 0,17 |
| 7. | BOSCH WAA 20262 BY | 7 590-12 055 | 5,5 | 44 | 0,93 | 8,00 | 0,17 |
| 8. | BOSCH WLO | 10 990-13 271 | 6 | 42 | 0,93 | 7,00 | 0,16 |

| | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|------------------|----|----|------|------|------|
| | 20260 BY | | | | | | |
| 9. | CANDY GO 12102 D | 9 099-12 500 | 10 | 74 | 1,70 | 7,40 | 0,17 |
| 10 | CANDY GO 1272 D | 7 556-10 851 | 7 | 55 | 1,19 | 7,86 | 0,17 |
| 11 | ELECTRO LUX EWF 126410 W | 6 810-11 237 | 6 | 46 | 1,02 | 7,67 | 0,17 |
| 12 | ELECTRO LUX EWN 148640 W | 12 684-17 833 | 8 | 64 | 1,36 | 8,00 | 0,17 |
| 13 | FAGOR 3F-109 | 4 483-8 557 | 5 | 46 | 0,85 | 9,20 | 0,17 |
| 14 | FAGOR FE-1710 | 4 999-6 389 | 7 | 59 | 1,19 | 8,43 | 0,17 |
| 15 | GORENJE WA 75185 | 15 353-26 991 | 7 | 45 | 1,19 | 6,43 | 0,17 |
| 16 | INDESIT IWC 6105 EU | 4 790-8 039 | 6 | 52 | 1,02 | 8,67 | 0,17 |
| 17 | INDESIT PWE 7108 S | 12 064-13 805 | 7 | 60 | 1,19 | 8,57 | 0,17 |
| 18 | WHIRLPO OL AWM 1111 | 16 168-19 848 | 11 | 81 | 1,87 | 7,36 | 0,17 |
| 19 | WHIRLPO OL AWO/D 580 | 6 699-10 600 | 5 | 44 | 0,75 | 8,80 | 0,15 |
| 20 | ZANUSSI ZWG 7100P | 6 079-10 966 | 6 | 48 | 1,02 | 8,00 | 0,17 |
| Energetická třída A++ | | | | | | | |
| 1. | AEG LAVAMA T 72850 CS | 10 390-11 924 | 7 | 45 | 1,05 | 6,43 | 0,15 |
| 2. | BEKO WMB 91242 LC | 9 711-11 546 | 9 | 53 | 1,30 | 5,89 | 0,14 |
| 3. | BOSCH WAE 24365 BY | 8 525-10 365 | 7 | 48 | 0,95 | 6,86 | 0,14 |
| 4. | BOSCH WAQ 20460 BY | 9 399-12 750 | 7 | 42 | 1,05 | 6,00 | 0,15 |
| 5. | CANDY EVO 1484 | 9 813-18 620 | 8 | 60 | 1,20 | 7,50 | 0,15 |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------|---|----|-------|------|------|
| | LW | | | | | | |
| 6. | CANDY EVO 1274 LW | 7 208-17 055 | 7 | 55 | 1,05 | 7,86 | 0,15 |
| 7. | ELECTRO LUX EWF 127410 W | 7 251-9 553 | 7 | 49 | 1,05 | 7,00 | 0,15 |
| 8. | FAGOR 1FE-1027 | 5 579-7 657 | 7 | 64 | 0,985 | 9,14 | 0,14 |
| 9. | GORENJE W 6202 | 6 819-8 755 | 6 | 52 | 0,85 | 8,67 | 0,14 |
| 10 | INDESIT IWD 71482 B | 6 649-8 445 | 7 | 50 | 1,05 | 7,14 | 0,15 |
| 11 | SIEMENS WM 10E468 ME | 9 499-11 717 | 7 | 48 | 0,95 | 6,86 | 0,14 |
| 12 | SIEMENS WM 14Q440 BY | 11 590-15 055 | 7 | 42 | 1,05 | 6,00 | 0,15 |
| 13 | WHIRLPO OL AWO/D 61000 | 7 556-14 055 | 6 | 49 | 0,78 | 8,17 | 0,13 |
| 14 | WHIRLPO OL AWOE 9140 | 14 966-14 999 | 9 | 64 | 1,17 | 7,11 | 0,13 |
| 15 | ZANUSSI ZWH 7100 P | 5 480-9 834 | 7 | 54 | 1,05 | 7,71 | 0,15 |
| Energetická třída A+++ | | | | | | | |
| 1. | AEG L70270VF L-CS | 10 885-11 490 | 7 | 49 | 0,91 | 7,00 | 0,13 |
| 2. | ARISTON WMD 843BS EU | 7 781-8 990 | 8 | 53 | 1,091 | 6,63 | 0,14 |
| 3. | BEKO WMB 71643 PT L | 8 259-10 339 | 7 | 41 | 0,813 | 5,86 | 0,12 |
| 4. | BEKO WMB 61243 | 7 990-8 490 | 6 | 40 | 0,686 | 6,67 | 0,11 |
| 5. | BOSCH WAS 24468 ME | 15 282-17 056 | 8 | 56 | 1,03 | 7,00 | 0,13 |
| 6. | BOSCH WAS | 20 788-24 358 | 8 | 56 | 1,03 | 7,00 | 0,13 |

| | | | | | | | |
|-----|---------------------------------|------------------|---|----|------|------|------|
| | 32798 ME | | | | | | |
| 7. | CANDY EVO 1494 LW | 14 457-20 055 | 9 | 68 | 1,17 | 7,56 | 0,13 |
| 8. | GORENJE W 7403 | 8 100-9 145 | 7 | 56 | 0,84 | 8,00 | 0,12 |
| 9. | WHIRLPO OL AWO/D 43141 | 5 127-10 057 | 5 | 44 | 0,65 | 8,80 | 0,13 |
| 10. | WHIRLPO OL AWO/D 41140 | 5 999-9 718 | 5 | 44 | 0,65 | 8,80 | 0,13 |

Myčky

| | Označení | Poř. cena (Kč, s DPH) | Počet sad nádobí | Spotřeba vody (l/cyklus) | Spotřeba elektriny (kWh/cyk lus) | Spotřeba na 1 sadu nádobí za 1 cyklus | |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------|---|---|--------------------|
| | | | | | | Vody (l) | Elektriny (kWh) |
| Energetická třída A | | | | | | | |
| 1. | AEG F 45000 W0 | 7 420-9 190 | 12 | 13 | 1,05 | 1,08 | 0,088 |
| 2. | AEG FAVORIT 50870 M | 9 552-13 056 | 12 | 14 | 1,05 | 1,17 | 0,088 |
| 3. | ARISTON LDF 12314 X EU | 10 361-21 490 | 14 | 13 | 1,08 | 0,93 | 0,077 |
| 4. | BAUMATIC BDF665W | 6 075-8 993 | 12 | 17 | 1,05 | 1,42 | 0,088 |
| 5. | BOSCH SGS 53E02 EU | 6 565-8 565 | 12 | 17 | 1,05 | 1,42 | 0,088 |
| 6. | BOSCH SMS 50M78 EU | 9 879-11 999 | 13 | 12 | 1,03 | 0,92 | 0,079 |
| 7. | Brandt VH 925 XE1 | 20 989-21 990 | 13 | 12 | 1,05 | 0,92 | 0,081 |
| 8. | CANDY CDPE 6320 X | 6 926-14 555 | 12 | 12 | 1,04 | 1 | 0,087 |
| 9. | CANDY CDF8 615 X/1 | 10 433-14 392 | 15 | 13 | 1,10 | 0,87 | 0,073 |
| 10. | ECG EDF 6003 W | 5 476-7 065 | 12 | 12 | 1,05 | 1 | 0,088 |
| 11. | ELECTROLU X ESF 63020 | 6 231-11 691 | 12 | 18 | 1,05 | 1,5 | 0,088 |

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------|----|------|------|------|-------|
| 12 | ELECTROLUX ESF 68070 WR | 11 419-19 006 | 12 | 10 | 1,00 | 0,83 | 0,083 |
| 13 | FAGOR FDW100W | 6 690-7 986 | 13 | 12 | 1,17 | 0,92 | 0,090 |
| 14 | FAGOR 1LF-019 SX | 11 000-15 743 | 12 | 13 | 1,05 | 1,08 | 0,088 |
| 15 | INDESIT DFG 262 EU | 5 899-8 993 | 12 | 16 | 1,05 | 1,33 | 0,088 |
| 16 | INDESIT DFP 573 NX | 8 100-13 493 | 14 | 18 | 1,08 | 1,29 | 0,077 |
| 17 | WHIRLPOOL ADP 2300 WH | 5 675-9 518 | 12 | 15 | 1,05 | 1,25 | 0,088 |
| 18 | WHIRLPOOL ADP 6914 IX | 12 319-15 655 | 14 | 11 | 1,16 | 0,79 | 0,083 |
| 19 | ZANUSSI ZDF 3010 | 6 390-9 564 | 12 | 13 | 1,05 | 1,08 | 0,088 |
| 20 | ZANUSSI ZDF 3020 X | 7 679-10 670 | 12 | 13 | 1,05 | 1,08 | 0,088 |
| Energetická třída A+ | | | | | | | |
| 1. | AEG F88002VI0P | 19 880-20 990 | 12 | 10 | 0,95 | 0,83 | 0,079 |
| 2. | ARISTON LDF 12314E B EU | 10 590-10 800 | 14 | 10 | 0,98 | 0,71 | 0,070 |
| 3. | BAUKNECHT GSF 7955 WH | 13 430-13 990 | 13 | 11 | 1,03 | 0,85 | 0,079 |
| 4. | BAUMATIC BDWF670W | 7 390-9 626 | 14 | 12,5 | 1,05 | 0,89 | 0,075 |
| 5. | BEKO DFN 6632 | 6 273-9 990 | 12 | 10 | 0,94 | 0,83 | 0,078 |
| 6. | BEKO DFN 71045 S | 8 975-9 990 | 12 | 7 | 1,03 | 0,58 | 0,086 |
| 7. | BEKO DSFN 6530 | 5 990-6 727 | 12 | 15 | 1,03 | 1,25 | 0,086 |
| 8. | BOSCH SGS 45N62 EU | 8 815-9 966 | 12 | 13 | 1,02 | 1,08 | 0,085 |
| 9. | BOSCH SMU 50E85 EU | 12 047-16 055 | 13 | 12 | 1,03 | 0,92 | 0,079 |
| 10. | Brandt DFH 1044 | 15 990-16 141 | 14 | 10 | 0,95 | 0,71 | 0,068 |
| 11. | CANDY CDF8 853 | 8 999-16 400 | 15 | 10 | 0,99 | 0,67 | 0,066 |
| 12. | CANDY CDP 6853 | 13 141-19 655 | 15 | 10 | 1,04 | 0,67 | 0,069 |
| 13. | FAGOR ES28 | 12 612-17 155 | 13 | 10 | 0,95 | 0,77 | 0,073 |

| | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|------------------|----|-----|------|------|-------|
| 14. | FAGOR ES28X | 13 932-14 560 | 13 | 10 | 0,95 | 0,77 | 0,073 |
| 15. | INDESIT DFP 5731 EU | 6 666-9 142 | 14 | 12 | 1,03 | 0,86 | 0,074 |
| 16. | INDESIT DFP 5841 NX EU | 10 199-11 419 | 14 | 12 | 1,03 | 0,86 | 0,074 |
| 17. | SIEMENS SN 25M838 EU | 11 998-13 804 | 13 | 6,5 | 0,93 | 0,50 | 0,072 |
| 18. | SIEMENS SE 24E265 EU | 8 990-8 990 | 12 | 13 | 1,02 | 1,08 | 0,085 |
| 19. | WHIRLPOOL ADP 6966 ECO IX | 12 156-14 583 | 13 | 6 | 1,03 | 0,46 | 0,079 |
| 20. | WHIRLPOOL ADP 6966 ECO WH | 10 899-13 753 | 13 | 6 | 1,03 | 0,46 | 0,079 |
| Energetická třída A++ | | | | | | | |
| 1. | ARISTON LDFA++ 12H14 EU | 11 904-12 308 | 14 | 10 | 0,91 | 0,71 | 0,065 |
| 2. | BEKO DFN 1001 X | 10 980-12 701 | 12 | 10 | 0,90 | 0,83 | 0,075 |
| 3. | BEKO DSFN 6530 X | 6 917-8 304 | 12 | 15 | 0,92 | 1,25 | 0,077 |
| 4. | BOSCH SMS 53M92 EU | 11 929-14 907 | 13 | 6,5 | 0,92 | 0,50 | 0,071 |
| 5. | BOSCH SMS 54M02 EU | 9 989-14 056 | 13 | 10 | 0,92 | 0,77 | 0,071 |
| 6. | BOSCH SMS 69U02 EU | 19 260-21 990 | 13 | 9 | 0,92 | 0,69 | 0,071 |
| 7. | Brandt DFH 1030E | 11 042-12 966 | 13 | 11 | 0,85 | 0,85 | 0,065 |
| 8. | FAGOR ES- 26 | 9 160-11 566 | 13 | 11 | 0,85 | 0,85 | 0,065 |
| 9. | LG D1464LF | 17 878-20 890 | 14 | 9 | 0,92 | 0,64 | 0,066 |
| 10. | LG D1465TF | 19 680-25 298 | 14 | 9 | 0,92 | 0,64 | 0,066 |
| 11. | MIELE G 5520 | 39 900-47 988 | 14 | 10 | 0,95 | 0,71 | 0,068 |
| 12. | SIEMENS SN 25E880 EU | 10 989-13 280 | 14 | 10 | 0,93 | 0,71 | 0,066 |
| 13. | SIEMENS SN 25M237 EU | 9 139-10 691 | 13 | 10 | 0,92 | 0,77 | 0,071 |
| 14. | SIEMENS SN 26T893 EU | 17 059-22 557 | 13 | 9 | 0,93 | 0,69 | 0,072 |
| 15. | SIEMENS SN56U590EU | 19 500-30 657 | 13 | 9 | 0,92 | 0,69 | 0,071 |

| Energetická třída A+++ | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------|------------------|----|----|------|------|-------|
| 1. | BOSCH SMI69U35EU | 26 415-30 056 | 13 | 7 | 0,67 | 0,54 | 0,052 |
| 2. | BOSCH SMV69U30E U | 22 331-27 957 | 13 | 7 | 0,67 | 0,54 | 0,052 |
| 3. | MIELE G 5601 | 37 990-38 800 | 14 | 10 | 0,83 | 0,71 | 0,059 |
| 4. | MIELE G 5671 | 40 990-41 990 | 14 | 10 | 0,83 | 0,71 | 0,059 |
| 5. | SIEMENS SN 26U893 EU | 26 799-30 000 | 13 | 7 | 0,67 | 0,54 | 0,052 |

Příloha č. 3 – Tabulky dat k porovnání rodinných domů

Domy postavené před r. 1990

| | Název | Cena domu (Kč, vč. DPH) | Užitná plocha (m ²) | Cena/m ² (Kč) | Vytápěný prostor (m ²) | Měrná potřeba na vytápění (kWh/m ² a) | Celková potřeba na vytápění – plyn (kWh/a) |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|--|
| 1. | RD Semetín, Vsetín | 1 720 000 | 140 | 12 285 | 140 | 190 | 26 866 |
| 2. | RD Lipovská, Jeseník | 795 000 | 120 | 6 625 | 120 | 220 | 26 664 |
| 3. | RD Stašov | 1 600 000 | 220 | 7 272 | 220 | 205 | 45 551 |
| 4. | RD Obora | 840 000 | 100 | 8 400 | 100 | 210 | 21 210 |
| 5. | RD Sepekov | 1 390 000 | 100 | 13 900 | 100 | 195 | 19 695 |
| 6. | RD Příkazy | 2 375 000 | 226 | 10 508 | 226 | 175 | 39 946 |
| 7. | RD Libočany | 2 650 000 | 160 | 16 562 | 160 | 185 | 29 896 |
| 8. | RD Brníčko | 851 000 | 135 | 6 303 | 135 | 220 | 29 997 |
| 9. | RD Koštice | 2 650 000 | 180 | 14 722 | 180 | 180 | 32 724 |
| 10. | RD Plesná | 1 479 000 | 202 | 7 321 | 202 | 195 | 39 784 |
| Průměrné hodnoty: | | 1 635 000 | 158,3 | 10 390 | 158,3 | 197,5 | 31 233 |

Běžné novostavby

| | Název | Cena na klíč (Kč, vč. DPH) | Užitná plocha (m ²) | Cena/m ² (Kč) | Vytápěný prostor (m ²) | Měrná potřeba na vytápění (kWh/m ² a) | Celková potřeba na vytápění – plyn (kWh/a) |
|-----|------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|--|
| 1. | Aktual 17 | 2 250 000 | 72,9 | 30 864 | 72,9 | 111 | 8 172,8 |
| 2. | Aktual 20 | 2 000 000 | 85,1 | 23 501 | 85,1 | 108 | 9 282,7 |
| 3. | Aktual 26 | 2 500 000 | 113,1 | 22 104 | 113,1 | 92 | 10 509,3 |
| 4. | Aktual 29 | 2 750 000 | 118,4 | 23 226 | 118,4 | 99 | 11 838,8 |
| 5. | Aktual 37 | 3 250 000 | 140,7 | 23 098 | 140,7 | 90 | 12 789,6 |
| 6. | Aktual 420 | 2 250 000 | 86,8 | 25 921 | 86,8 | 111 | 9 731,1 |
| 7. | Aktual 421 | 2 000 000 | 90,3 | 22 148 | 90,3 | 114 | 10 397,1 |
| 8. | Aktual 520 | 2 500 000 | 95,3 | 26 232 | 95,3 | 117 | 11 261,6 |
| 9. | Aktual 920 | 2 250 000 | 83,6 | 26 913 | 83,6 | 107 | 9 034,7 |
| 10. | Bungalov | 2 000 000 | 66,2 | 30 211 | 66,2 | 116 | 7 756,0 |
| 11. | Bungalov | 3 250 000 | 118,2 | 27 495 | 118,2 | 116 | 13 848,3 |
| 12. | Bungalov | 2 250 000 | 78,7 | 28 589 | 78,7 | 148 | 11 764,1 |
| 13. | Bungalov | 3 250 000 | 132,9 | 24 454 | 97,5 | 88 | 8 665,8 |
| 14. | Bungalov | 3 250 000 | 119,1 | 27 287 | 119,1 | 114 | 13 713,2 |
| 15. | Bungalov | 4 500 000 | 215,1 | 20 920 | 172,5 | 96 | 16 725,6 |
| 16. | Bungalov | 4 750 000 | 217,7 | 21 819 | 192,9 | 108 | 21 041,5 |

| | | | | | | | |
|-----|-------------|-----------|-------|--------|-------|-----|----------|
| 17. | Bungalov | 2 750 000 | 92 | 29 891 | 92 | 116 | 10 778,7 |
| 18. | Bungalov | 3 000 000 | 99,1 | 30 272 | 99,1 | 129 | 12 911,7 |
| 19. | Bungalov | 3 000 000 | 112,7 | 26 619 | 112,7 | 121 | 13 773,1 |
| 20. | Bungalov | 4 500 000 | 165 | 27 272 | 165 | 76 | 12 665,4 |
| 21. | Bungalov | 4 000 000 | 117,4 | 34 071 | 117,4 | 117 | 13 873,2 |
| 22. | Bungalov | 4 250 000 | 129,6 | 32 793 | 129,6 | 110 | 14 398,6 |
| 23. | Bungalov | 4 500 000 | 131,1 | 34 324 | 131,1 | 105 | 13 903,2 |
| 24. | Bungalov | 3 500 000 | 118,1 | 29 635 | 118,1 | 114 | 13 598,0 |
| 25. | Bungalov | 3 500 000 | 131 | 26 717 | 131 | 81 | 10 717,1 |
| 26. | Bungalov | 3 750 000 | 122,9 | 30 512 | 122,9 | 111 | 13 778,3 |
| 27. | Bungalov | 4 250 000 | 129,5 | 32 818 | 124,1 | 113 | 14 163,5 |
| 28. | Bungalov | 3 250 000 | 118,7 | 27 379 | 118,7 | 114 | 13 667,1 |
| 29. | Bungalov | 3 500 000 | 115,4 | 30 329 | 106,3 | 101 | 10 843,7 |
| 30. | Bungalov | 2 500 000 | 92,7 | 26 968 | 92,7 | 113 | 10 579,9 |
| 31. | Bungalov | 2 750 000 | 104 | 26 442 | 104 | 111 | 11 659,4 |
| 32. | Bungalov | 2 500 000 | 89,7 | 27 870 | 89,7 | 127 | 11 505,8 |
| 33. | Bungalov | 3 000 000 | 105,1 | 28 544 | 105,1 | 115 | 12 207,4 |
| 34. | Bungalov | 3 500 000 | 118,5 | 29 535 | 118,5 | 113 | 13 524,4 |
| 35. | Bungalov | 2 000 000 | 71,2 | 28 089 | 71,2 | 119 | 8 557,5 |
| 36. | Bungalov | 2 750 000 | 100,3 | 27 417 | 100,3 | 114 | 11 548,5 |
| 37. | Bungalov | 3 250 000 | 109 | 29 816 | 109 | 104 | 11 449,4 |
| 38. | Bungalov | 2 750 000 | 93,7 | 29 348 | 93,7 | 81 | 7 665,6 |
| 39. | Bungalov | 3 000 000 | 90,5 | 33 149 | 90,5 | 89 | 8 135,0 |
| 40. | Bungalov | 3 500 000 | 114,9 | 30 461 | 114,9 | 100 | 11 604,9 |
| 41. | Bungalov | 2 000 000 | 65,9 | 30 349 | 65,9 | 91 | 6 056,9 |
| 42. | Dominant | 4 000 000 | 184,4 | 21 691 | 184,4 | 113 | 21 045,6 |
| 43. | Dominant | 3 750 000 | 215,1 | 17 433 | 215,1 | 95 | 20 638,8 |
| 44. | Dominant | 5 250 000 | 202,4 | 25 938 | 149,7 | 100 | 15 119,7 |
| 45. | Dominant | 4 750 000 | 228,2 | 20 815 | 214,3 | 85 | 18 397,7 |
| 46. | Dominant | 5 000 000 | 219,9 | 22 737 | 192,9 | 90 | 17 534,6 |
| 47. | Dominant | 3 750 000 | 164,9 | 22 741 | 164,9 | 80 | 13 323,9 |
| 48. | Dominant | 3 500 000 | 147,9 | 23 664 | 147,9 | 112 | 16 730,4 |
| 49. | Ekoline 270 | 3 750 000 | 135,4 | 27 695 | 135,4 | 82 | 11 213,8 |
| 50. | Ekoline 273 | 3 250 000 | 115,7 | 28 089 | 115,7 | 95 | 11 101,4 |
| 51. | Ekoline 734 | 4 000 000 | 181,8 | 22 002 | 173,6 | 70 | 12 273,5 |
| 52. | Junior 49 | 2 500 000 | 112,2 | 22 281 | 112,2 | 98 | 11 105,6 |
| 53. | Junior 52 | 2 500 000 | 120,9 | 20 678 | 120,9 | 107 | 13 065,7 |
| 54. | Junior 427 | 3 250 000 | 169,9 | 19 128 | 147,5 | 119 | 17 728,0 |
| 55. | Junior 428 | 3 750 000 | 210,4 | 17 823 | 166,1 | 93 | 15 601,8 |
| 56. | Junior 528 | 3 000 000 | 125,5 | 23 904 | 125,5 | 92 | 11 661,5 |
| 57. | Junior 529 | 2 750 000 | 86,9 | 31 645 | 86,9 | 117 | 10 269,0 |
| 58. | Junior 630 | 3 250 000 | 136,8 | 23 757 | 136,8 | 90 | 12 435,1 |
| 59. | Klasik 104 | 2 750 000 | 133,7 | 20 568 | 133,7 | 98 | 13 233,6 |
| 60. | Klasik 106 | 3 750 000 | 169,2 | 22 163 | 152,9 | 100 | 15 442,9 |
| 61. | Klasik 108 | 2 500 000 | 127,5 | 19 607 | 127,5 | 109 | 14 036,5 |
| 62. | Klasik 125 | 4 250 000 | 219,4 | 19 371 | 168,2 | 79 | 13 420,7 |
| 63. | Klasik 460 | 2 750 000 | 142 | 19 366 | 142 | 96 | 13 768,3 |
| 64. | Klasik 761 | 3 250 000 | 145,7 | 22 306 | 145,7 | 73 | 10 742,5 |
| 65. | Komfort | 3 500 000 | 179,1 | 19 542 | 179,1 | 101 | 18 270,0 |

| | | | | | | | |
|------|-------------|-----------|-------|--------|-------|-----|----------|
| 66. | Komfort | 4 500 000 | 219,6 | 20 491 | 219,6 | 82 | 18 187,3 |
| 67. | Kompakt 40 | 2 500 000 | 95,5 | 26 178 | 95,5 | 99 | 9 549,0 |
| 68. | Kompakt 44 | 2 750 000 | 130,6 | 21 056 | 130,6 | 96 | 12 663,0 |
| 69. | Kompakt 48 | 3 250 000 | 130 | 25 000 | 130 | 109 | 14 311,7 |
| 70. | Kompakt | 1 750 000 | 72,3 | 24 204 | 72,3 | 111 | 8 105,6 |
| 71. | Kompakt | 2 750 000 | 119,8 | 22 954 | 119,8 | 100 | 12 099,8 |
| 72. | Kompakt | 2 750 000 | 108,3 | 25 392 | 108,3 | 109 | 11 922,7 |
| 73. | Kompakt | 3 000 000 | 128,9 | 23 273 | 128,9 | 100 | 13 018,9 |
| 74. | Kompakt | 3 000 000 | 129,1 | 23 237 | 129,1 | 74 | 9 648,9 |
| 75. | Kompakt | 3 500 000 | 141,5 | 24 734 | 141,5 | 64 | 9 146,6 |
| 76. | Linia 300 | 3 500 000 | 137,2 | 25 510 | 137,2 | 104 | 14 411,5 |
| 77. | Linia 301 | 3 750 000 | 161,3 | 23 248 | 161,3 | 97 | 15 802,6 |
| 78. | Linia 302 | 3 250 000 | 134,4 | 24 181 | 134,4 | 103 | 13 981,6 |
| 79. | Linia 453 | 2 750 000 | 102,8 | 26 750 | 102,8 | 101 | 10 486,6 |
| 80. | Linia 654 | 3 500 000 | 135,8 | 25 773 | 135,8 | 95 | 13 030,0 |
| 81. | Linia 854 | 4 000 000 | 132,3 | 30 234 | 132,3 | 91 | 12 159,7 |
| 82. | Linia 855 | 4 250 000 | 154,6 | 27 490 | 154,6 | 87 | 13 584,7 |
| 83. | Linia 1060 | 5 000 000 | 147,6 | 33 875 | 147,6 | 79 | 11 777,0 |
| 84. | Linia 1061 | 3 500 000 | 145,4 | 24 071 | 145,4 | 78 | 11 454,6 |
| 85. | Optimal | 3 250 000 | 127 | 25 590 | 127 | 80 | 10 261,6 |
| 86. | Optimal | 3 500 000 | 130,2 | 26 881 | 130,2 | 69 | 9 073,6 |
| 87. | Optimal | 3 500 000 | 129,1 | 27 110 | 129,1 | 101 | 13 169,5 |
| 88. | Optimal | 4 250 000 | 157,1 | 27 052 | 157,1 | 86 | 13 645,7 |
| 89. | Optimal | 3 750 000 | 133,1 | 28 174 | 133,1 | 70 | 9 410,2 |
| 90. | Optimal | 2 750 000 | 134,8 | 20 400 | 134,8 | 70 | 9 530,4 |
| 91. | Praktik 58 | 1 750 000 | 65,8 | 26 595 | 65,8 | 117 | 7 775,6 |
| 92. | Praktik 61 | 3 000 000 | 122,1 | 24 570 | 122,1 | 115 | 14 181,9 |
| 93. | Praktik 64 | 3 250 000 | 125,5 | 25 896 | 120,1 | 98 | 11 887,5 |
| 94. | Praktik 77 | 2 750 000 | 122,4 | 22 467 | 122,4 | 101 | 12 486,0 |
| 95. | Praktik 78 | 2 250 000 | 112,8 | 19 946 | 112,8 | 110 | 12 532,1 |
| 96. | Praktik 81 | 2 500 000 | 123,7 | 20 210 | 123,7 | 96 | 11 994,0 |
| 97. | Praktik 98 | 3 500 000 | 135,5 | 25 830 | 135,5 | 81 | 11 085,3 |
| 98. | Praktik 416 | 4 250 000 | 224,3 | 18 947 | 177,1 | 88 | 15 740,6 |
| 99. | Praktik 514 | 3 000 000 | 133,7 | 22 438 | 133,7 | 98 | 13 233,6 |
| 100. | Praktik 516 | 3 250 000 | 155,3 | 20 927 | 155,3 | 89 | 13 959,9 |
| 101. | Praktik 618 | 3 750 000 | 151,1 | 24 818 | 151,1 | 96 | 14 650,7 |
| 102. | Praktik 619 | 4 000 000 | 176,4 | 22 675 | 165,6 | 84 | 14 049,5 |
| 103. | Praktik 714 | 3 000 000 | 132,3 | 22 675 | 132,3 | 117 | 15 633,9 |
| 104. | Praktik 715 | 3 250 000 | 134,6 | 24 145 | 134,6 | 82 | 11 147,6 |
| 105. | Praktik 718 | 3 750 000 | 183,6 | 20 424 | 183,6 | 80 | 14 834,9 |
| 106. | Praktik | 3 750 000 | 151,5 | 24 752 | 151,5 | 70 | 10 711,1 |
| 107. | Premier 92 | 3 000 000 | 147,8 | 20 297 | 147,8 | 104 | 15 524,9 |
| 108. | Premier 107 | 4 000 000 | 223,9 | 17 865 | 201,8 | 83 | 16 916,9 |
| 109. | Premier 149 | 3 500 000 | 149,8 | 23 364 | 149,8 | 102 | 15 432,4 |
| 110. | Premier 209 | 5 000 000 | 206,2 | 24 248 | 206,2 | 98 | 20 409,7 |
| 111. | Rustikal | 2 750 000 | 134 | 20 522 | 134 | 93 | 12 586,6 |
| 112. | Rustikal | 3 250 000 | 152,2 | 21 353 | 152,2 | 91 | 13 988,7 |
| 113. | Vila 750 | 3 250 000 | 152 | 21 381 | 152 | 84 | 12 895,7 |
| 114. | Vila 752 | 3 750 000 | 164,4 | 22 810 | 164,4 | 86 | 14 279,8 |

| | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|------------------|--------------|---------------|--------------|-----------|-----------------|
| 115. | Vila 753 | 3 250 000 | 120,1 | 27 060 | 120,1 | 79 | 9 582,8 |
| 116. | Vila 851 | 4 750 000 | 156,5 | 30 351 | 147,1 | 75 | 11 142,8 |
| 117. | Vila 853 | 3 500 000 | 119,7 | 29 239 | 119,7 | 93 | 11 243,4 |
| 118. | Vila 951 | 4 500 000 | 149,1 | 30 181 | 149,1 | 90 | 13 553,2 |
| 119. | Vila 1050 | 3 500 000 | 133 | 26 315 | 133 | 70 | 9 403,1 |
| 120. | Vila 1051 | 3 500 000 | 107,6 | 32 527 | 107,6 | 83 | 9 020,1 |
| Prům. hodnoty: | | 3 314 583 | 134,6 | 25 234 | 130,9 | 98 | 12 671,5 |

Nízkoenergetické domy (32 – 50 kWh/m²a)

| | Název | Cena na klíč (Kč, vč. DPH) | Užitná plocha (m ²) | Cena/m ² (Kč) | Vytápěný prostor (m ²) | Měrná potřeba na vytápění TNI (kWh/m ² a) | Celková potřeba na vytápění – plyn (kWh/a) |
|--------------------------|-----------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|--|
| 1. | Aktiv Base 2021 | 4 500 000 | 149,6 | 30 080 | 147 | 32 | 4 751,0 |
| 2. | Bungalov 1250 | 3 600 000 | 108,6 | 33 149 | 108,6 | 38 | 4 168,1 |
| 3. | Bungalov 1270 | 5 100 000 | 123,7 | 41 228 | 123,1 | 41 | 5 097,6 |
| 4. | Bungalov 1272 | 4 800 000 | 119 | 40 336 | 119 | 43 | 5 168,2 |
| 5. | Bungalov 1274 | 4 800 000 | 126,6 | 37 914 | 126,6 | 42 | 5 370,4 |
| 6. | Bungalov 1276 | 5 100 000 | 158,7 | 32 136 | 156,7 | 42 | 6 647,2 |
| 7. | Bungalov 1277 | 3 000 000 | 92,8 | 32 327 | 92,8 | 39 | 3 655,4 |
| 8. | Bungalov 1282 | 4 500 000 | 153,5 | 29 315 | 153,5 | 37 | 5 736,3 |
| 9. | Ekoline 1237 | 4 500 000 | 151,4 | 29 722 | 151,4 | 35 | 5 352,0 |
| 10. | Praktik 1215 | 4 200 000 | 158,3 | 26 531 | 158,3 | 35 | 5 595,9 |
| 11. | Vila 1252 | 5 700 000 | 169,7 | 33 588 | 169,7 | 32 | 5 484,7 |
| 12. | Aktiv Base 2020 | 4 750 000 | 162,7 | 29 194 | 162,7 | 26 | 4 272,5 |
| 13. | Bungalov 772 | 4 500 000 | 139,9 | 32 165 | 124,9 | 50 | 6 307,5 |
| 14. | Bungalov 1171 | 2 000 000 | 62,6 | 31 948 | 62,6 | 49 | 3 098,1 |
| 15. | Bungalov 1172 | 3 000 000 | 92,3 | 32 502 | 92,3 | 48 | 4 474,7 |
| 16. | Bungalov 1173 | 2 750 000 | 96,4 | 28 526 | 96,4 | 49 | 4 770,8 |
| 17. | Bungalov 1175 | 3 500 000 | 117,9 | 29 686 | 117,9 | 49 | 5 834,9 |
| 18. | Bungalov 1177 | 2 000 000 | 70,6 | 28 328 | 70,6 | 48 | 3 422,7 |
| 19. | Bungalov 1179 | 3 750 000 | 127,6 | 29 388 | 127,6 | 49 | 6 314,9 |
| 20. | Bungalov 1182 | 2 750 000 | 100,5 | 27 363 | 100,5 | 48 | 4 872,2 |
| 21. | Ekoline 733 | 3 500 000 | 165,1 | 21 199 | 165,1 | 45 | 7 503,8 |
| 22. | Ekoline 1037 | 4 250 000 | 140,4 | 30 270 | 132,2 | 38 | 5 073,8 |
| 23. | Kompakt 1100 | 2 750 000 | 125,7 | 21 877 | 125,7 | 40 | 5 078,3 |
| 24. | Kompakt 1101 | 3 000 000 | 133,7 | 22 438 | 133,7 | 43 | 5 806,6 |
| 25. | Praktik 1114 | 3 750 000 | 167,5 | 22 388 | 167,5 | 39 | 6 597,8 |
| 26. | Praktik 1115 | 4 250 000 | 192,7 | 22 055 | 192,7 | 38 | 7 395,8 |
| 27. | Vila 1151 | 4 500 000 | 140,3 | 32 074 | 140,3 | 39 | 5 526,4 |
| 28. | Vila 1152 | 5 100 000 | 160 | 31 875 | 160 | 45 | 7 272,0 |
| 29. | Vila 1153 | 3 900 000 | 105,2 | 37 072 | 105,2 | 48 | 5 100,1 |
| Průměrné hodnoty: | | 3 924 138 | 131,5 | 30 230 | 130,5 | 42 | 5 370,7 |

Nízkoenergetické domy (15,1 – 30 kWh/m²a)

| | Název | Cena na klíč (Kč, vč. DPH) | Užitná plocha (m ²) | Cena/m ² (Kč) | Vytápěný prostor (m ²) | Měrná potřeba na vytápění (kWh/m ² a) | Celková potřeba na vytápění – plyn (kWh/a) |
|-----|---|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|--|
| 1. | 178g8Y | 4 620 000 | 144 | 32 083 | 145 | 21,9 | 3 207,3 |
| 2. | Cumaru I | 3 960 000 | 103,9 | 38 113 | 106,1 | 21,5 | 2 304,0 |
| 3. | Cydonia | 4 560 000 | 136 | 33 529 | 139,87 | 23,7 | 3 348,1 |
| 4. | Dom za alejou | 5 100 000 | 182 | 28 021 | 143,7 | 30 | 4 354,1 |
| 5. | EcoBase+ | 4 020 000 | 104,9 | 38 322 | 96,2 | 16,5 | 1 603,2 |
| 6. | EKO/N | 4 200 000 | 88,5 | 47 457 | 80,9 | 15,2 | 1 242,0 |
| 7. | Ekologická dřevostavba se zvýšenými akumulacemi schopnostmi | 6 960 000 | 204 | 34 117 | 197,7 | 18,5 | 3 694,0 |
| 8. | Environmentálně a technologicky efektivní rodinný dům | 3 218 400 | 121 | 26 598 | 117,09 | 25,1 | 2 968,3 |
| 9. | Environmentálně vyspělý pasivní dům KUBUS | 6 840 000 | 163 | 41 963 | 163 | 18,9 | 3 111,5 |
| 10. | EPD Těšanský Mlýn | 6 300 000 | 156,3 | 40 307 | 143,8 | 15,1 | 2 193,1 |
| 11. | Family House | 4 320 000 | 126,8 | 34 069 | 114,3 | 23,8 | 2 747,5 |
| 12. | Fuchsie I | 3 780 000 | 128,1 | 29 508 | 105,1 | 21,9 | 2 324,7 |
| 13. | GS Pasiv 1 | 5 340 000 | 157,3 | 33 947 | 147,3 | 15,4 | 2 291,1 |
| 14. | GS Pasiv 9 | 4 620 000 | 137,6 | 33 575 | 133,2 | 15,4 | 2 071,8 |
| 15. | GS Pasiv 10 | 4 440 000 | 135,3 | 32 815 | 124,2 | 17,8 | 2 232,9 |
| 16. | Hela 1 | 7 260 000 | 223,5 | 32 483 | 197,2 | 20,2 | 4 023,3 |

| | | | | | | | |
|-----|--|-----------|-------|-----------|--------|------|---------|
| 17. | Javor | 5 040 000 | 153 | 32 941 | 148,2 | 29,7 | 4 445,6 |
| 18. | Lomenice | 3 660 000 | 74,9 | 48 865 | 60,1 | 27,8 | 1 687,5 |
| 19. | Minimální nízkoenerget ický dům | 3 360 000 | 88,8 | 37 837 | 84,8 | 27,8 | 2 381,0 |
| 20. | NED Bungalow 11 | 2 880 000 | 87,7 | 32 839 | 75,5 | 28,4 | 2 165,6 |
| 21. | NED Dolné Srnie | 4 620 000 | 158,9 | 29 074 | 114,4 | 30 | 3 466,3 |
| 22. | Nízkoenerge tická dřevostavba rodinného domu DD 10 | 5 520 000 | 169,6 | 32 547 | 146,1 | 24 | 3 541,5 |
| 23. | Nízkoenerge tická dřevostavba rodinného domu DD 11 | 3 120 000 | 96,2 | 32 432 | 90,5 | 29,6 | 2 705,6 |
| 24. | Nízkoenerge tická dřevostavba rodinný dům Kyjov | 5 185 889 | 216,2 | 23 986 | 164,88 | 26,2 | 4 363,1 |
| 25. | Nízkoenerge tický dom – FD 114 ED | 4 080 000 | 142,7 | 28 591 | 113,5 | 30 | 3 439,1 |
| 26. | Nízkoenerge tický dům CUBE | 3 360 000 | 72 | 46 666 | 67,8 | 27,9 | 1 910,5 |
| 27. | Nízkoenerge tický dům FD 110 | 2 877 000 | 100,6 | 28 598 | 100,79 | 29 | 2 952,1 |
| 28. | Nízkoenerge tický dům Rondo | 2 700 000 | 54 | 50 000 | 52,2 | 28,3 | 1 492,0 |
| 29. | Nízkoenerge tický dům WHITE | 4 320 000 | 106 | 40 754 | 120 | 23,2 | 2 811,8 |
| 30. | Novostavba rodinného domu Ludius | 4 860 000 | 117,9 | 41 221 | 116,5 | 21,6 | 2 541,6 |
| 31. | Origami | 3 780 000 | 104,5 | 36 172 | 104,5 | 28,6 | 3 018,6 |
| 32. | Origami HW | 3 780 000 | 117,8 | 32 088 | 104,5 | 30 | 3 166,4 |

| | | | | | | | |
|-----|--|-----------|--------|-----------|--------|------|---------|
| 33. | Pasivní dům Plzeň | 4 200 000 | 135 | 31 111 | 130,28 | 17,1 | 2 250,1 |
| 34. | Pasívny dom DUPLEX | 5 160 000 | 135 | 38 222 | 131,3 | 18,8 | 2 493,1 |
| 35. | Pasívny dom M | 5 940 000 | 162 | 36 666 | 162 | 20 | 3 272,4 |
| 36. | Pasívny rodinný dom s kombinova nou konštrukciou | 7 440 000 | 201,5 | 36 923 | 201,5 | 16 | 3 256,2 |
| 37. | Pasivní zděný rodinný dům, typ F02 | 5 280 000 | 154,1 | 34 263 | 122,4 | 27,5 | 3 399,7 |
| 38. | RD 507 | 4 980 000 | 129 | 38 604 | 131,5 | 23,3 | 3 094,6 |
| 39. | RD 509 | 5 400 000 | 145,4 | 37 138 | 155,4 | 19 | 2 982,1 |
| 40. | RD 910 | 4 020 000 | 80 | 50 250 | 80,9 | 29,3 | 2 394,1 |
| 41. | RD Benešov I. | 4 740 000 | 145 | 32 689 | 127,6 | 23,8 | 3 067,2 |
| 42. | RD Benešov II. | 5 220 000 | 140 | 37 285 | 134,8 | 19,3 | 2 627,7 |
| 43. | RD HAZA ANNA | 4 020 000 | 109,3 | 36 779 | 110,4 | 18,7 | 2 085,1 |
| 44. | RD HAZA MAJDA | 4 020 000 | 117,8 | 34 125 | 115,8 | 19,1 | 2 233,9 |
| 45. | RD Holice | 5 100 000 | 131 | 38 931 | 122,9 | 19,4 | 2 408,1 |
| 46. | RD Nová Paka | 5 100 000 | 151 | 33 774 | 142,6 | 20,9 | 3 010,1 |
| 47. | RD Nová Paka II. | 5 400 000 | 155 | 34 838 | 135 | 24,6 | 3 354,2 |
| 48. | RD STO | 3 540 000 | 94 | 37 659 | 85,9 | 30 | 2 602,8 |
| 49. | Rodinný dom | 7 560 000 | 249 | 30 361 | 195,4 | 29 | 5 723,3 |
| 50. | Rodinný dům Ametyst | 6 060 000 | 134 | 45 223 | 152,7 | 22,3 | 3 439,3 |
| 51. | Rodinný dům Safír | 3 547 200 | 100,1 | 35 436 | 96,67 | 15,4 | 1 503,6 |
| 52. | Rodinný dům ATREA | 3 708 000 | 122,26 | 30 328 | 111,79 | 22,6 | 2 551,7 |
| 53. | Rodinný | 4 140 000 | 105,4 | 39 | 105,44 | 19,4 | 2 066,0 |

| | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------|----------------|
| | dům Křižatky | | | 278 | | | |
| 54. | Rodinný dům v Černé Hoře | 4 740 000 | 145 | 32 689 | 127,2 | 24,8 | 3 186,1 |
| 55. | Rodinný dům Vltavín | 6 060 000 | 176 | 34 431 | 156,1 | 17,3 | 2 727,5 |
| 56. | Singl House | 2 760 000 | 61 | 45 245 | 60,4 | 29,9 | 1 824,0 |
| 57. | TAU 117 | 7 020 000 | 167 | 42 035 | 169,8 | 25,7 | 4 407,5 |
| 58. | Veronika 1.01 | 5 100 000 | 145,4 | 35 075 | 94,9 | 17,6 | 1 686,9 |
| 59. | Veronika 2.01 | 7 380 000 | 179,3 | 41 160 | 121,4 | 15,2 | 1 863,7 |
| Prům. hodnoty: | | 4 751 127 | 134,6 | 36 136 | 123,7 | 22,9 | 2 802,0 |

Pasivní domy

| Č. | Název | Cena na klíč (Kč, vč. DPH) | Užitná plocha (m ²) | Stavební náklady/m ² (Kč) | Vytápěný prostor (m ²) | Měrná potřeba na vytápění (kWh/m ² a) | Celková potřeba na vytápění – plyn (kWh/a) |
|-----|---|----------------------------------|---------------------------------------|--|--|---|--|
| 1. | Aktiv 2020 | 11 100 000 | 157 | 70 700 | 152,3 | 6 | 922,9 |
| 2. | Aktiv 2021 | 7 500 000 | 144 | 52 083 | 138,3 | 8 | 1 117,5 |
| 3. | Certifikovaný pasivní dům ve stylu feng shui | 8 181 818 | 164,1 | 49 858 | 142,4 | 13,5 | 1 941,6 |
| 4. | EcoCube+ | 4 320 000 | 130,7 | 33 052 | 122 | 13 | 1 601,9 |
| 5. | EPD Rizalit | 6 060 000 | 147,9 | 40 973 | 149 | 14 | 2 106,9 |
| 6. | GS Pasiv 3 | 4 320 000 | 125,1 | 34 532 | 124,3 | 13,9 | 1 745,0 |
| 7. | Klasik | 5 460 000 | 117,6 | 46 428 | 105,6 | 14,9 | 1 589,2 |
| 8. | Norlys C1 a C2 | 4 260 000 | 109,2 | 39 010 | 109,2 | 12,9 | 1 422,8 |
| 9. | PASIV 07 | 4 800 000 | 140 | 34 285 | 135 | 11,7 | 1 595,3 |
| 10. | PASIV 08 | 5 880 000 | 130 | 45 230 | 126,2 | 12,8 | 1 631,5 |
| 11. | Pasivní dřevostavba | 5 358 006 | 205 | 26 136 | 180,3 | 14,7 | 2 676,9 |

| | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|---------------|--------------|-------------|----------------|
| | rodinný dům Dubňany | | | | | | |
| 12. | Pasivní dům Slatina | 3 360 000 | 92,4 | 36 363 | 88,3 | 14 | 1 248,6 |
| 13. | Pasivny dom Mediterian | 5 820 000 | 142,4 | 40 870 | 141,2 | 14,2 | 2 025,1 |
| 14. | Pasivní dům Vila Šárka | 6 000 000 | 179 | 33 519 | 136 | 12,8 | 1 758,2 |
| 15. | Pasivní dům Vila Sylva | 6 180 000 | 205,4 | 30 087 | 170,6 | 14,2 | 2 446,7 |
| 16. | Passive HOME | 3 324 150 | 100,6 | 33 043 | 96,1 | 13,5 | 1 310,3 |
| 17. | Pasivní rodinný dům MINI | 3 840 000 | 88,8 | 43 243 | 84,2 | 14,9 | 1 267,1 |
| 18. | Pasivní zděný dům | 4 200 000 | 112,9 | 37 201 | 117,8 | 14,7 | 1 749,0 |
| 19. | RD DS 136 | 5 220 000 | 136 | 38 382 | 129,1 | 14 | 1 825,5 |
| 20. | Rodinný dům Beryl | 3 960 000 | 127 | 31 181 | 123,1 | 14,6 | 1 815,2 |
| 21. | Rodinný dům Skalice | 6 360 000 | 170 | 37 411 | 165,8 | 14,5 | 2 428,1 |
| 22. | Zatavněný vějíř | 5 520 000 | 137 | 40 291 | 134,2 | 14,3 | 1 938,3 |
| Průměrné hodnoty: | | 5 501 090 | 139,2 | 39 722 | 130,5 | 13,2 | 1 734,7 |

Příloha č. 4 – Projekt diplomové práce

Projekt diplomové práce (DP) oboru sociální a kulturní ekologie

1. Jméno studenta, tituly: Marek Špot, Bc.
2. Osobní číslo (UČO): 9798
3. Rok imatrikulace na FHS (IZV) UK (bak. studium, jinak mag. studium): 2004
4. Datum zápisu na katedru sociální a kulturní ekologie FHS UK rozhodné pro datum obhajoby DP: 2008
5. Názvy všech předchozích bakalářských (magisterských) prací, škola, obor a rok, kde a kdy byly obhájeny: Srovnání vybraných parametrů technologií využívajících obnovitelné zdroje energie s technologiemi využívajícími zdroji neobnovitelné
6. Předběžný název DP: Která je ta pravá? Hodnocení budov z perspektivy úspor energie a finančních prostředků
7. Obecný kontext (souvislosti tématu, širší rámec [zasazení „do světa“]): Dnešní člověk tráví uvnitř budov většinu svého času. Podle výzkumů dáváme víc než 40 % veškeré člověkem spotřebovávané energie na bydlení. Tato práce na tuto skutečnost pohlíží z pozice nových stavebních přístupů. Popisuje ekologicky vhodné obytné budovy z pohledu energetických úspor. Jejím cílem však je porovnání těchto domů s ostatními dostupnými typy bydlení. Tak by měla být zodpovězena otázka, který typ bydlení, zasazený v konkrétních podmínkách, vychází z energetického i finančního hlediska nejvýhodněji v perspektivě xx let.
8. Předmět zkoumání (vlastní předmět práce [zasazení „do vědy“]): Technologicko-ekonomická analýza energeticky šetrných obytných budov a jejich srovnání s běžnými typy obytných budov na příkladu hypotetické typické české rodiny.
9. Hlavní vstupní hypotéza nebo hypotézy (2–4 na výběr); pro práci 1–2, možno však formulovat výzkumné otázky, event. jen výzkumný problém: Výzkumná otázka: Jaký typ bydlení je (při zahrnutí různých typů a umístění budovy a dále se započtením energetické spotřeby obyvatel) energeticky a finančně nejvýhodnější (se započtením nákladů na pořízení domu)?
10. Metodologický postup: metody a techniky, které budou v práci použity: Sběr dat za účelem popisu jednotlivých typů budov a jejich energetické náročnosti (rešerše odborné literatury); sociologický model „typické české rodiny“ (modelování na základě statistických dat) a kvantifikace jejích bytových a energetických životních potřeb; tvorba scénářů vývoje cen energií; komparace jednotlivých scénářů bydlení, interpretace, diskuze výsledků.
11. Cíl DP (kromě ověření hypotéz a teoretického přínosu např. praktický přínos, vypracování metodologie, základ pro řešení problémů v praxi atd.): Vytvoření dalšího kritéria, podle něhož by se mohla rodina řídit při pořizování bydlení. Další popularizace energeticky úsporných domů a možné prohloubení znalostí veřejnosti v této oblasti.

12. Čím budou rozšířeny dosavadní znalosti (vědecká „přidaná hodnota DP“): 1. Srovnání energetických souvislostí v oblasti bydlení na konkrétních příkladech. 2. Syntetizace dostupných informací o energeticky úsporných domech.
13. Jaké bude (bude-li) jejich teoretické zobecnění a přínos: Prověření klisé spojených s energeticky úspornými budovami, event. hlavních bariér při volbě typu stavby.
14. Struktura DP (předběžný obsah – názvy oddílů a kapitol):
- 1. Úvod
 - a. Seznámení s tématem (architektura, legislativa, normy a standardy, současný stav)
 - b. Popis metodiky
Teoretická část:
 - 2. Popis energeticky úsporného domu
 - a. Orientace, povrch domu
 - b. Zemní výměníky tepla
 - c. Větrání s rekuperací tepla
 - d. Typy vytápění
 - e. Stavební materiál
 - f. Okna a zasklení
 - g. Zateplení
 - h. Vzduchotěsnost, vnitřní vlhkost
 Praktická část:
 - 3. Porovnání energetické stránky úsporných domů s energetickými charakteristikami lidského chování
 - a. Popis statisticky „typické české rodiny“
 - b. Výpočet energetické potřeby členů rodiny
 - c. Popis typů obytných domů
 - d. Vytvoření scénářů se spojením rodiny a typů domů
 - e. Srovnání scénářů
 - f. Srovnání scénářů z hlediska možných vývoje cen energií
 - 4. Diskuze výsledků
 - 5. Závěr
15. Předběžná bibliografie k tématu: *Pasivní domy 2007*, Centrum pasivního domu, Brno 2007, *Pasivní domy 2007*, Centrum pasivního domu, Brno 2007, *Pasivní domy 2008*, Centrum pasivního domu, Brno 2008, *Pasivní domy 2009*, Centrum pasivního domu, Brno 2009, *Pasivní domy 2010*, Centrum pasivního domu, Brno 2010, Preziger Dieter, *Zásady pro stavbu pasivního domu*, Grada Publishing, Praha 2009, Tywoniak Jan, *Nízkoenergetické domy. Principy a příklady*, Grada Publishing, Praha 2005, Zdroje ČSÚ, Zdroje ERÚ, Růžička Martin, *Stavíme dům ze dřeva*, Grada Publishing, Praha 2006, Suske, Brotánek a další
16. Předpokládaný vedoucí DP: Mgr. Cyril Říha, Ph.D.
17. Důvod volby tématu (dosavadní znalosti, zájem studenta): Má bakalářská práce, má práce na výpočtu osobní energetické spotřeby na SKE FHS

Jinonice 1. září 2011

diplomant

vedoucí DP

vedoucí katedry SKE