

Vliv (chování) uživatele na environmentální přínos nízkoenergetických staveb

Inovativní produkt v rámci projektu
**Příprava zaměstnanců pro vybudování a řízení Výzkumně
vývojového centra (VVC) environmentálně vyspělých staveb**



**Evropský sociální fond
Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti**

Ing. arch. Veronika Opletalová

Ing. arch. Jiří Zeman

02 / 2012

OBSAH

Seznam tabulek	 3
Seznam obrázků	 4
Kapitola 1: Úvod do problematiky nízkoenergetických staveb	 5
1.1 Současný trend hodnocení budov	 5
Kapitola 2: Potřeba posuzování budov v širších souvislostech	 8
2.1 Co je důležitější: ekologický dům nebo ekologická domácnost?	 8
Kapitola 3: Předmět studie	 11
3.1 Dosahují pasivní a nízkoenergetické stavby spotřeb deklarovaných výpočtem ve fázi projektu?	 11
3.1.1 Roční spotřeba energie na samotné vytápění objektu	 12
3.1.2 Struktura spotřebované tepelné energie	 12
3.1.3 Celková spotřeba elektrické energie	 12
3.2 Porovnání různých typů objektů z hlediska jejich energetické spotřeby dle kritérií	 14
3.2.1 Kriteria srovnání	 14
3.2.2 Popis srovnávaných objektů	 15
3.2.3 Analýza dat	 23
3.2.4 Vyhodnocení analýz	 29
3.2.5 Závěr	 30

SEZNAM TABULEK

Tab.1	Příklad hodnotící kategorie a kritéria v GBTool 2005	 8
Tab. 2	Emise CO2 přepočtené na osobu za rok (v tunách ekvivalentu CO2)	 9
Tab. 3	Celková spotřeba energie u 4 podrobněji měřených RD (2009)	 12
Tab. 4	Struktura spotřebované energie ve sledovaných objektech	 12
Tab. 5	Spotřeba elektrické energie ve sledovaných objektech	 13
Tab. 6	Analýza dat podle kritéria 1)	 23
Tab. 7	Analýza dat podle kritéria 2)	 24
Tab. 8	Analýza dat podle kritéria 3)	 25
Tab. 9	Analýza dat podle kritéria 4)	 26
Tab. 10	Analýza dat podle kritéria 5)	 27
Tab. 11	Analýza dat podle kritéria 6)	 28

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1	Pasivní rodinný dům, Koberovy	 15
Obr.2	Nízkoenergetický rodinný dům, Lystrup	 17
Obr.3	Bytový dům - novostavba, Praha	 19
Obr.4	Bytový dům - rekonstruovaný, Praha	 21

Kapitola 1

Úvod do problematiky nízkoenergetických staveb

V poslední době se stále častěji setkáváme s pojmy typu nízkoenergetický dům, pasivní dům, nízkoenergetický standard, nízkoenergetické bydlení apod. Převažujícím důvodem zvýšeného zájmu o takovéto domy jsou stále se zvyšující ceny energií a dále rovněž určitá změna ve vnímání vztahu lidí k životnímu prostředí. Většina budoucích majitelů rodinných domů se již mnohem více zajímá o předpokládané spotřeby energií v domě resp. o finanční prostředky vynaložené za provoz budovy a s tím související možnosti úspor.

Z pohledu vlastníka domu, který bude mít nízké výdaje za spotřebované energie lze konstatovat, že se rovněž jedná i o určitou formu zabezpečení resp. pojištění na "horší časy". Z globálního pohledu je nezbytná výstavba nízkoenergetických resp. pasivních domů i z důvodu nedostatku primárních zdrojů energie v Evropě a ze závislosti na dovozu surovin jako je např. zemní plyn či ropa z jiných, většinou politicky poměrně nestabilních částí světa. Snižování spotřeby energie je tedy jednou z cest, jak se vyhnout budoucím celospolečenským a ekonomickým problémům nejen v naší zemi.

1.1 Současný trend hodnocení budov

V současné době jsou v souvislosti se sledováním environmentálního vlivu staveb zmiňovány v největší míře jejich energetické parametry. Samotný výčet podmínek pro udělení statutu nízkoenergetického nebo pasivního domu se soustřeďuje na to, kolik dům spotřebuje energie a jak s ní nakládá.

Například za pasivní dům se považuje stavba, která splní níže uvedená kritéria:

- měrná potřeba tepla na vytápění $\leq 15 \text{ KWh/(m}^2\text{a)}$ nebo topná zátěž $\leq 10 \text{ W/m}^2$
- měrná potřeba tepla na chlazení $\leq 15 \text{ KWh/(m}^2\text{a)}$
- vzduchotěsnost $n_{50} \leq 0.6$ násobná výměna vzduchu za hodinu
- měrná potřeba primární energie $\leq 120 \text{ KWh/(m}^2\text{a)}$
(teplá voda, topení, chlazení, elektřina pro domácnost a pomocná elektřina)
- četnost přehřátí (nad 25°C) $\leq 10 \%$

Časový interval pro posuzování efektivity staveb bývá omezen na projekční a realizační fázi stavby, výjimečně na období několika málo let po výstavbě. Jen zcela okrajově se zatím prosazuje holistický přístup v hodnocení environmentálního vlivu staveb.

V ČR je nejběžnějším, a zatím jediným legislativně ukotveným nástrojem „**Průkaz energetické náročnosti budovy**“ (dále **PENB**), který je od ledna 2009 povinnou součástí dokumentace ke stavebnímu povolení. Povinnost řešit energetickou náročnost staveb vychází ze zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, v úplném znění zákona č. 61/2008 Sb., kam byla

tato problematika implementována z evropské předlohy - směrnice 2002/91/EC o energetické náročnosti budov. Prováděcí vyhláškou k tomuto zákonu je vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov. **Zjednodušeně lze říci, že povinnost zpracovat PENB je dána pro všechny novostavby a rekonstrukce budov s podlahovou plochou nad 1000 m². Výstupem PENB je hodnota celkové spotřeby energie na m² podlahové plochy.**

1.1.1 Lze pouze na základě PENB provedeného dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. určit, zda projektovaný dům bude splňovat požadavky na nízkoenergetický dům?

Nízkoenergetický dům je dle platné ČSN 73 0540-2 **Tepelná ochrana** budov definován jako budova s roční **plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění eA** nepřesahující hodnotu 50 kWh/m².rok a využívající velmi účinnou otopnou soustavu. Pasivní dům je definován jako dům s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 15 kWh/(m².a), viz. výše uvedená kritéria. Metoda výpočtu PENB dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. hodnotí objekt z pohledu celkové dodané energie do budovy. Dle této vyhlášky se tedy budova hodnotí a je následně zařazena do příslušné třídy energetické náročnosti na základě hodnoty měrné spotřeby dodané energie do budovy.

Tato spotřeba zahrnuje jednak celkovou potřebu energie, dále ztráty zdroje tepla a rozvodů tepla (účinnost krytí potřeby zdrojem tepla), pomocnou energii energetických systémů, energii potřebnou na přípravu teplé vody, osvětlení, větrání a případně chlazení. Nelze tedy zaměřovat výslednou **hodnotu měrné spotřeby dodané energie do budovy a měrnou potřebu energie na vytápění, jenž je dána a používána jako hodnotící měřítko zda se jedná o budovu nízkoenergetickou resp. pasivní**. Samotný průkaz ENB ukáže tedy celkovou budoucí spotřebu energie dodané do objektu, tj. energie která je nakupována na systémové hranici budovy (měřená elektroměrem, plynoměrem nebo kalorimetrem). V případě použití obnovitelných zdrojů energie (OZE) např. solárních kolektorů, je takto vyrobená energie odečítána, takže sníží celkovou spotřebu energie a tato výše dodané energie má tak vliv na zařazení budovy do třídy ENB. V případě rodinných domů mohou být tedy např. hodnoty následující:

- měrná roční potřeba tepla na vytápění 45 kWh/m².rok (splní hodnotu požadavku NED u RD)
- celková měrná roční spotřeba dodané energie 75 kWh/m².rok

Budova je tedy dle ČSN 73 0540-2 **nízkoenergetická**, nicméně dle PENB bude zatříděna „pouze“ do třídy B – Úsporná. Naproti tomu u běžného domu stavěného, tak aby ochlazované konstrukce splňovaly doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla (U) taktéž dle ČSN 73 0540-2 a při použití zdroje tepla např. tepelného čerpadla typu země/voda mohou být hodnoty následující:

- měrná roční potřeba tepla na vytápění 70 kWh/m².rok (nesplní hodnotu požadavku NED u RD)
- celková měrná roční spotřeba dodané energie 40 kWh/m².rok

Budova není tedy dle ČSN 73 0540-2 nízkoenergetická, nicméně dle PENB bude zaříděna do třídy A – Velmi úsporná.

Na těchto zjednodušených příkladech je ukázáno, že pokud je budova dle PENB zařazená do energetické třídy B nemusí to znamenat, že budova není nízkoenergetická a naopak budova zaříděná do třídy A nemusí přímo znamenat, že budova je nízkoenergetická.

V hodnocení budov a určení zda je, či není, budova nízkoenergetická existuje tedy určitá netransparentnost. Pro konečného uživatele je mnohem užitečnější informace o celkové spotřebě objektu v kWh/m².rok resp. v GJ/rok zahrnující i ostatní spotřebu energií v budově, informace o teoretické (nezměřitelné) hodnotě potřeby energie na vytápění na základě které je dům považován za nízkoenergetický či nikoli. Vzhledem k tomu, že pojem nízkoenergetický je i dle zvyklostí v dalších zemích Evropy vztažen k potřebě tepla na vytápění, bude vhodné zavést jasně pojem potřeba energie na vytápění i do prováděcí vyhlášky č. 148/2007 Sb., tak aby i z PENB bylo možné jednoduše a jednoznačně určit zda se jedná o nízkoenergetický dům dle výše uvedeného. V rámci projektové dokumentace by měl projektant, případně energetický auditor spolupracující nebo konzultující projekt NED zákazníkovi doložit kromě povinného Průkazu energetické náročnosti i hodnotu potřeby energie na vytápění, tak aby bylo možno jednoznačně určit, že se jedná o Nízkoenergetický dům.

Kapitola 2

Potřeba posuzování budov v širších souvislostech

V budoucnu by se měly rovněž více prosazovat nástroje, které posuzují nejen parametry samotné budovy, ale také její okolí a působení na životní prostředí v širších souvislostech. Metody hodnocení by měly vycházet z následujících principů:

- **komplexnost** – postihovat kritéria z širokého spektra udržitelného rozvoje: environmentální, ekonomické, sociální i kulturní hledisko
- **časová závislost** - zahrnutí celého životního cyklu stavby (Life Cycle Assessment: fáze koncepčního návrhu - fáze projektu - fáze výstavby - fáze provozu – fáze rekonstrukce - fáze demolice a zneškodnění odpadů) zohlední nejen provozní energie, ale také pro výrobu a likvidaci stavebních materiálů (např. polystyren, hliník vs. přírodní materiály s malou recyklační zátěží), ale i celé technologie (např. zadržování dešťové vody pro technické potřeby domu, kořenové čistírny odpadních vod, zelená střecha domu jako náhrada za zábor nezastavěného místa stavbou).

Mezi nástroje uplatňující „celostní přístup“ patří v současnosti např. LEED, BREEAM - EcoHomes, GB Tool, CASBEE apod.

Tab. 1- Příklad hodnotící kategorie a kritéria v GBTool 2005:

základní skupiny kritérií	hodnotící kritéria	váhy
A: Výběr pozemku a urbanistické řešení	výběr pozemku, projekt organizace výstavby, urbanistický návrh a územní řešení	12,5%
B: Spotřeba energie a zdrojů	celková primární energie z neobnovitelných zdrojů, špička odběru el. energie při výstavbě, obnovitelná energie, uvedení budovy do provozu, materiály, pitná voda	20,8%
C: Zatížení životního prostředí	emise skleníkových plynů, další atmosférické emise, tuhé odpady, dešťové a odpadní vody, vlivy na území, další místní a regionální vlivy	20,8%
D: Kvalita vnitřního prostředí	kvalita vnitřního vzduchu, větrání, teplota vzduchu a relativní vlhkost, denní osvětlení, akustika a hluk	16,7%
E: Funkčnost	funkčnost a efektivita, údržba hlavních funkcí vně plánovaných návrhových podmínek, regulovatelnost	8,3%
F: Dlouhodobé zajištění funkčnosti	možnost změn a přizpůsobení novým podmínkám, údržba a provoz	8,3%
G: Sociální a ekonomické aspekty	ceny a náklady, sociální aspekty	12,5%

Hodnocení nejen budov, ale celých obytných souborů a komplexů staveb z širšího hlediska by se do budoucna mělo stát ve vyspělých zemích oficiálním nástrojem, který přispěje ke spravedlivému ohodnocení staveb z hlediska jejich environmentálního dopadu a skutečného vlivu na udržitelný rozvoj životního prostředí.

2.1 Co je důležitější: ekologický dům nebo ekologická domácnost?

Klimatické změny jsou považovány za největší současnou globální environmentální výzvu. Panuje všeobecná shoda v tom, že částečný vliv na změny klimatu mají lidské činnosti, které způsobují uvolňování skleníkových plynů do ovzduší. Sociologické studie poukazují na to,

že dochází k sociální reflexi klimatických změn jako důležitého environmentálního problému – otázkou však je, do jaké míry toto vědomí ovlivňuje lidské chování.

Důležitým producentem emisí CO₂ v průmyslových zemích jsou domácnosti, které produkují emise přímo (topení, elektřina, doprava) či nepřímo (nákup potravin, nákup spotřebního zboží, atd.). Jejich chování má tedy zásadní dopad na udržitelný rozvoj.

V rámci mezinárodního výzkumného projektu GILDED1, který se věnuje problematice vnímání klimatických změn a energetických otázek, proběhlo v březnu a dubnu roku 2010 v pěti státech Evropské unie (Velká Británie, Nizozemí, Německo, Maďarsko a Česká republika) rozsáhlé dotazníkové šetření, v rámci kterého byla sesbírána data od 2952 respondentů za účelem získání dat o chování domácností a následnou kvantifikaci produkce CO₂ domácnostmi v různých státech a zároveň srovnání „typické“ venkovské a městské domácnosti.

Z výzkumu vyplynulo, že nejvýraznější složku emisí CO₂ tvoří ve všech sledovaných oblastech vytápění. V ČR tato složka dokonce velmi převyšuje všechny ostatní části. Potraviny jsou po vytápění druhou největší složkou emisí respondentů. Emise způsobené elektřinou jsou vyšší na venkově než ve městě, stejně jako emise z automobilové dopravy.

Tab. 2- Emise CO₂ přepočtené na osobu za rok (v tunách ekvivalentu CO₂):

	Česko			Německo		
	celkem	město	venkov	celkem	město	venkov
osobní spotřeba (bez ostatních emisí)	7,61	9,7	6,48	6,77	6,04	7,41
vytápění	3,36	5,81	2,04	2,24	1,68	2,73
elektřina	1,24	0,93	1,41	0,88	0,82	0,93
automobil	0,83	0,73	0,88	1,45	1,22	1,66
veřejná doprava	0,26	0,27	0,24	0,22	0,23	0,21
létání	0,11	0,08	0,13	0,31	0,46	0,19
potraviny	1,81	1,89	1,77	1,67	1,63	1,7
ostatní emise	4,68	4,68	4,68	4,18	4,18	4,18
CELKEM	12,29	14,38	11,16	10,95	10,22	11,6

Ze studie vyplývá, že v poměrném zastoupení množství emisí rostou v Česku nejen emise z dopravy, ale i domovní emise. Lze konstatovat, že samotné rostoucí povědomí o problematice klimatických změn i hodnocení jejich nebezpečnosti nejsou samy o sobě dostatečným důvodem ke změnám chování. **Ukazuje se, že nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje celkové množství emisí respondentů je jejich životní úroveň, respektive peníze, které má jejich domácnost k dispozici.**

Ve výstavbě nízkoenergetických a pasivních domů převládá v současné době sektor individuální výstavby - individuální stavebník (= budoucí uživatel) má větší zájem o návratnou investici a nízké provozní náklady, a je ochoten akceptovat dlouhodobější návratnost investice. Individuální domy jsou ale paradoxně z hlediska využití území (a tedy i udržitelného rozvoje) tím nejméně efektivním řešením!

Ze zkušeností firem zabývajících se výstavbou a prodejem nízkoenergetických staveb vyplývá, že důvody lidí v ČR pro pořízení ekologického bydlení jsou v první řadě zvýšení

komfortu bydlení (tepelná a vlhkostní stabilita) až v další řadě se pak zabývají tím, kolik nákladů a za jak dlouho s nízkoenergetickým nebo pasivním domem skutečně ušetří. Pokud jde o postoje k životnímu prostředí, nejsou obyvatelé pasivních a nízkoenergetických domů nijak "zelení", nýbrž sociální "mainstream".

Vyšší efektivita v průmyslu, energetice i v oblasti domácích spotřebičů na jedné straně jsou vyvažovány růstem dopravy, životní úrovní a spotřeby na straně druhé.

Jinými slovy lze také zobecnit na stav, kdy se 4 členná rodina přestěhuje z bytu ve standardním domě ve městě do pasivního domu na venkov, kde užívá 2x větší podlahovou plochu (vzrůstá tedy množství spotřební elektřiny na osvětlení a provoz domácnosti) a každý den využívá pro dojížděku za prací místo hromadné dopravy minimálně 1 automobil. Spotřebuje tedy ve výsledku více energie životem v pasivním domě, než jak žila původně?

Kapitola 3

Předmět studie

V návaznosti na problematiku popsanou v předešlých odstavcích této studie vyvstává otázka, do jaké míry je environmentální přínos staveb dán jejich „hardwarovými“ parametry a do jaké míry chováním jejich uživatelů a způsobem, jakým je stavba používána. Tato studie si neklade za cíl vytvořit příklady komplexního hodnocení budov (včetně ohodnocení jejich ekologické stopy v rámci životního cyklu atp.). Na jednoduchém příkladu 4 staveb různých energetických kategorií, s různými skupinami uživatelů, se snaží ukázat, do jaké míry je environmentální přínos stavby dán jejími parametry a jakým způsobem se hodnoty mění v závislosti na struktuře domácnosti a chování uživatele.

V první části studie je na modelovém příkladě pasivních domů v Koberovech ukázáno srovnání mezi projektem deklarovanou a skutečnou energetickou spotřebou pasivních domů v průběhu jejich užívání.

Druhá část studie se pak zabývá jednoduchým multikriteriálním porovnáním několika základních typů bydlení:

- rodinný dům v pasivním standardu
- rodinný dům v nízkoenergetickém standardu
- bytová jednotka v domě splňujícím standardy doporučené současnými normami
- bytová jednotka ve starším domě

3.1 Dosahují pasivní a nízkoenergetické stavby spotřeb deklarovaných výpočtem ve fázi projektu?

Pro zvyšování kvality výstavby je nezbytná evaluace po nastěhování (Post-Occupancy-Evaluation - POE). Hodnocení komfortu užívání a reálných energetických výsledků představuje významnou zpětnou vazbu pro projektanty, správu, politiku i výzkum. Přesto jsou POE v současnosti spíše výjimkou než pravidlem. Monitoring udržitelnosti navíc výrazně přispívá k doladování a zvyšování efektivity budov a k technickým úvahám i ke zvyšování komfortu jako doprovodnému opatření při uvádění do provozu. Pokud POE probíhá, je tomu tak zejména u větších souborů nízkoenergetických nebo pasivních staveb, na monitoringu spolupracují odborníci z veřejného i soukromého sektoru. Málokdy sleduje svoji skutečnou spotřebu individuální stavebník, byť jenom na úrovni jednoduchého monitoringu skutečných a předpokládaných výdajů, aby ověřil skutečnou dobu návratnosti vložených prostředků.

Jako příklad detailního monitoringu spotřeby uvádíme měření spotřeby energie v souboru pasivních domů Koberovy. Tato měření jsou prováděna a vyhodnocována ve spolupráci s výzkumným centrem CIDEAS stavební fakulty ČVUT v Praze. Vzhledem k tomu, že ne na všech domech mohly být instalovány drahé měřicí přístroje, jsou podrobnější měření prováděna pouze na 4 domech a na ostatních domech jsou vyhodnocovány jen celkové

spotřeby. V těchto čtyřech domech bylo instalováno měření spotřeby teplé vody, a proto je možné vyhodnotit i spotřebu energie na samotné vytápění objektu.

3.1.1 Roční spotřeba energie na samotné vytápění objektu:

Výpočtová hodnota dle PHPP: 14,6 kwh/m2a

Skutečnost:

Tab. 3- Celková spotřeba energie u 4 podrobněji měřených RD za období roku 2009

		RD 1	RD 2	RD 3	RD 4
Celková spotřeba na vytápění	kWhod	1 204,0	1 538,9	1 445,3	1 345,0
Spotřeba na TUV	kWhod	1 716,5	1 657,2	2 824,4	2 376,2
Spotřeba TUV na pračku a myčku	kWhod	434,9	154,0	není rozděleno – TUV celkem	není rozděleno – TUV celkem
Celková spotřeba tepelné energie	kWhod	3 355,4	3 350,1	4 269,7	3 721,2
Celková spotřeba el. energie na vytápění na m ² a rok	kWhod/m ² .a	9,1	11,0	8,0	8,4
Celková spotřeba el. energie na vytápění na m ² a rok přepočtená metodou denostupňů na srovnatelné topné období *)	kWhod/m ² .a	9,7	11,73	8,53	8,96

*) Klimatické podmínky jsou pro klimatickou oblast 2 (te = -15oC, délka topného období 243 dnů, průměrná teplota otopného období 2,8 °C, počet denostupňů dle vyhl. Dx=3290, převládající vnitřní teplota 20 °C)

3.1.2 Struktura spotřebované tepelné energie:

Tab. 4- Struktura spotřebované energie ve sledovaných objektech:

	PŘEDPOKLAD		SKUTEČNOST - RD 1		SKUTEČNOST - RD 2		SKUTEČNOST - RD 3		SKUTEČNOST - RD 4	
	MWh/a	%	MWh/a	%	MWh/a	%	MWh/a	%	MWh/a	%
Vytápění	3,1	49,2%	1,20	35,9	1,54	45,9	1,45	33,9%	1,35	36,1%
Ohřev TUV	3,2	50,8%	2,15	64,2	1,81	54,1	2,82	66,1%	3,72	63,9%
Celkem	6,3		3,36		3,35		4,27		5,07	

V této tabulce je dům č.4 školícím střediskem, domy 1-3 jsou obydlené domácnostmi.

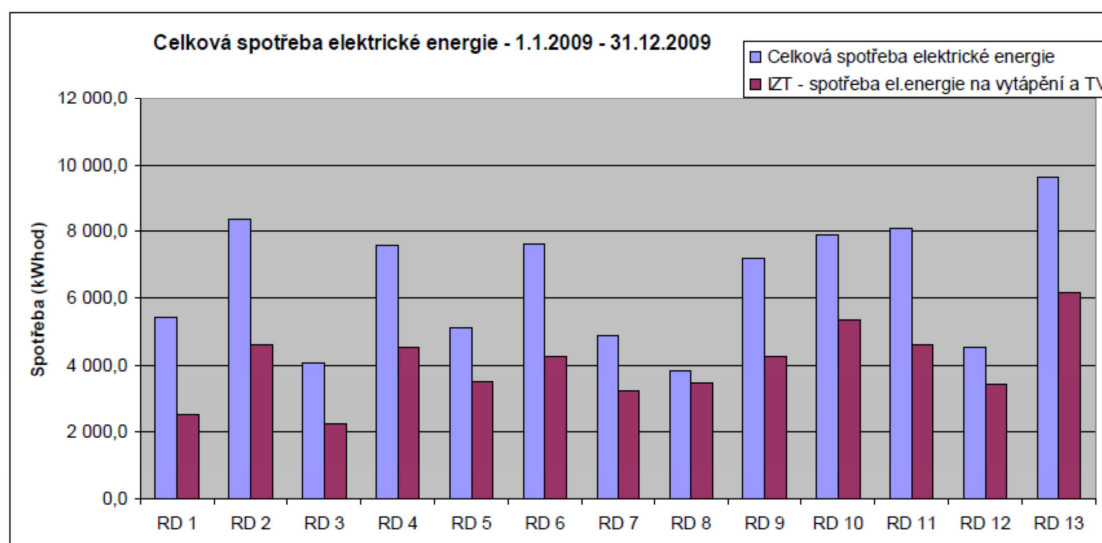
Z tabulek v bodě 1) a 2) vyplývá, že všechny sledované domy splňují výpočtové hodnoty celkových spotřeb, v některých případech jsou roční spotřeby téměř o polovinu nižší. Struktura nakládání s teplenou energií se ale liší v závislosti na struktuře a zvyklostech domácnosti a na intenzitě využití objektu – což se projevuje zejména v různém poměru spotřeby TUV.

3.1.3 Celková spotřeba elektrické energie

Výpočtové hodnoty energetické náročnosti (v souladu s Vyhl.148/2007 Sb.): 9,6 MWh.

Skutečnost:

Tab. 5- Spotřeba elektrické energie ve sledovaných objektech:



Z grafu vyplývá, že všechny sledované domy splňují výpočtové hodnoty. Některé domy mají výrazně nižší spotřebu, než jakou předpokládal výpočet – to poukazuje nikoliv na větší úspornost, ale na skutečnost, že objekt je málo využíván (např. u domu č. 8 nebo 12), což odpovídá realitě. Objekt č. 8 je ukázkovým domem, kde nikdo nebydlí a rozdíl je dán jen v občasné osvětlení domu. Dům č. 12 je občasně používán, bude obydlen později.

Výše uvedené výsledky měření nejsou ještě v úplném souladu s ČSN EN 15 603, vzhledem k tomu, že monitoring je kratší než 3 roky, a proto nelze data brát jako hodnotící dle uvedené normy. Avšak vzhledem k rostoucímu poptávce odborné i laické veřejnosti po srovnání návrhových a reálných provozních dat pasivních a nízkoenergetických staveb je tento monitoring velice cenným údajem – zejména díky možnosti porovnat několik typově i konstrukčně shodných domů, ve stejné lokalitě, domy se liší „pouze“ způsobem užívání. Z výzkumů vyplývá, že skutečná spotřeba u jednotlivých domů není konstantní a není shodná u všech domů. Faktory mající vliv na rozdílnost výpočtových hodnot od skutečných jsou následující:

VNĚJŠÍ (klimatické podmínky)

Topná sezóna je kratší, než je předpoklad ve výpočtu

VNITŘNÍ (CHOVÁNÍ UŽIVATELE)

Dům je využíván méně intenzivně, než je předpokládáno ve výpočtu

Dům má reálně nižší spotřebu teplé užitkové vody – tzn. je využíván kratší dobu nebo menším počtem osob, než je předpokládáno ve výpočtu

Úsporné chování uživatele (nižší teploty v místnostech)

Z měření však jasně vyplývá, že úspory tepla na vytápění, které jsou prezentovány u pasivních domů, lze docílit vlastními stavbami bez ohledu na ekologickou morálku uživatelů.

3.2 Porovnání různých typů objektů z hlediska jejich energetické spotřeby dle kritérií

Různé domácnosti mají různý životní styl a způsob, jakým svůj dům/byt využívají, popř. nevyužívají. Může tedy nastat stav, kdy reálná spotřeba energie domácnosti pasivního domu přesáhne spotřebu domácnosti ve standardním domě? Jaký přínos pro udržitelný rozvoj bude mít dům, který je využíván zcela minimálně, a jehož uživatelé tráví většinu času mimo domov? Anebo naopak: dům může vykazovat roční hodnoty srovnatelné s pasivním standardem, ale je tomu pouze proto, že je časově málo využíván – viz. porovnání č.3) a č.4).

Postavím-li dům v pasivním standardu, ale s 3x větší obytnou plochou na jednoho obyvatele, než obývá jiný uživatel ve standardním domě, bude moje spotřeba na plochu skutečně menší než jeho? – viz. porovnání č.1) a č.4).

V neposlední řadě hraje roli také urbanistické hledisko - postavím-li pasivní dům v oblasti se špatnou dostupností veřejnou dopravou, s chybějící vybaveností nebo velmi daleko od svého pracoviště, jaký vliv bude mít moje každodenní dojíždka na environmentální přínos domu? – viz. porovnání č. 5)

3.2.1. Kriteria srovnání

1. Jaký je rozdíl ve struktuře spotřeby energií u jednotlivých typů staveb? (podíl energie na vytápění a ohřev TUV vs. „spotřební“ energie na všechny ostatní provozy domácnosti)
2. Porovnání roční spotřeby sledovaných objektů – absolutní hodnota a hodnota vztažená k 1 m² plochy.
3. Porovnání roční spotřeby sledovaných objektů – absolutní hodnota a hodnota vztažená na 1 uživatele stavby.
4. Porovnání roční spotřeby sledovaných objektů – spotřeba na m² a hodnota vztažená k 1 hodině užívání stavby.
5. Porovnání roční spotřeby sledovaných objektů – spotřeba na m² a hodnota vztažená k 1 hodině užívání stavby 1 osobou.
6. Porovnání roční spotřeby sledovaných objektů se zahrnutím energie pro každodenní dojíždku

3.2.2. Popis srovnávaných objektů

(A) Pasivní rodinný dům

Koberovy, Česká Republika, uvedení do provozu 2008



Obr.1- Pasivní rodinný dům, Koberovy

Dům se nachází v obci se základní vybaveností (cca 1000 obyvatel), nejbližší větší město (cca 14 tisíc obyvatel) je Turnov vzdálený 10,5 km.

Jedná se o samostatně stojící rodinný dům, konstrukčně dřevostavba, obvodové stěny tl. 400 mm jsou sestaveny ze dvou samostatných nenosných plášťů se skládanou výplní desek minerální vlny. Dřevěná eurookna s izolačními trojskly vykazují $U\ 0,84\ W/m^2K$.

Celkové množství primární energie potřebné na provoz jednoho domu je přibližně 18 MWh (včetně uživatelské elektřiny), tj. $112\ kWh/(m^2a)$. Tím je splněn i obvyklý požadavek na energetický pasivní dům podle ČSN 73 0540:2, Příloha A, a podle mezinárodních zvyklostí (nejvýše $120\ kWh/(m^2a)$).

Dům je užíván celoročně 3 dospělými, z toho jeden pracuje z domova. Uživatelé objektu jsou velmi dobře seznámeni s problematikou pasivních domů a umí dům používat správným způsobem. Ve srovnání jsou použity údaje ze dvou provozních roků (2009 – A1 a 2010 – A2).

Parametry stavby		
Velikostní kategorie bytu/ domu		5+KK
Celková plocha <i>vnitřní plocha vč. sklepů, podílů na spol. prostorách atd.</i>	m2	140,4
Užitná plocha <i>celková vnitřní plocha bytové jednotky</i>	m2	129,82
Poměr A/V		0,58
celková neprůvzdušnost n50		0,61
Technické vybavení stavby		
zdroj tepla pro vytápění		elektrina, solární ohřev, krbová kamna
zdroj tepla pro ohřev TUV		elektrina, solární ohřev, krbová kamna
způsob vytápění (teplovzdušné/tělesy)		teplovzdušné
větrání - rekuperace ano/ne		ano
zemní výměník		ano - není používán
Energetické vlastnosti objektu předpokládáné výpočtem		
energetická kategorie stavby		pasivní dům
měrná spotřeba tepla na vytápění	kWh/m2a	14,7
Údaje o užívání stavby		
spotřeba elektrické energie - celková <i>(u bytových jednotek vč. podílu el.energie ze společných prostor)</i>	kWhod / rok	8 365
z toho spotřeba elektrické energie na vytápění	kWhod / rok	4 578
z toho spotřeba elektrické energie na ohřev TUV	kWhod / rok	
spotřeba jiných druhů energií <i>(u bytových jednotek vč. podílu el.energie ze společných prostor)</i>	kWhod / rok	631
z toho spotřeba energie na vytápění	kWhod / rok	631
z toho spotřeba energie na ohřev TUV	kWhod / rok	
Údaje o uživateli stavby		
počet osob trvale žijících v domácnosti		3
průměrná doba užívání bytu <i>(tzn. přítomnost minimálně 1 osoby)</i>	hod./rok	cca 23,3 hod./den 8640
průměrná doba dojížděky za základními potřebami <i>(práce, nákupy, služby)</i> (hod./den) nebo (km/týden)	auto 1: auto 2:	60 km/týden 0
celkem dojížděka za rok	km	3000

(B) Nízkoenergetický rodinný dům

Lystrup, Dánsko, uvedení do provozu 2009

Dům se nachází v menším městě (cca 9 000 tisíc) obyvatel, ve vzdálenosti cca 12 km od centra 2. největšího dánského města Aarhus (830 tisíc obyvatel).

Konstrukčně se jedná o dřevostavbu, fasáda je částečně obložená břidlicí. V zimních měsících (počítáno cca 3 měsíce v roce) je využíván systém řízeného větrání s rekuperací, po zbytek roku je využíváno přirozené větrání, a tím dochází k úspoře energie. Díky „aktivní“ fasádě (optimalizované prosklené plochy, řízené otevírání oken) tak dům ušetří cca 50% potřebného tepla.

Ve srovnání jsou použity údaje ze dvou provozních roků (2009 – B1 a 2010 – B2). V prvním roce provozu byl dům užíván 5ti člennou rodinou - spotřeba domácnosti v průběhu prvního roku byla vyšší, než bylo vypočteno, a to hlavně díky zvyklostem domácnosti a nevhodnému nastavení řídicího systému domu. Po prvním roce došlo k úpravám stavebního provedení (zvýšení neprůvzdušnosti) a TZB (silnější tepelné čerpadlo, jednodušší ovládání řídicího systému). Nyní je dům obýván tříčlennou rodinnou, která dům využívá méně intenzivně (úsporný noční režim).



Obr.2- Nízkoenergetický rodinný dům, Lystrup

Parametry stavby		
Velikostní kategorie bytu/ domu		5+KK
Celková plocha <i>vnitřní plocha vč. sklepů, podílů na spol. prostorách atd.</i>	m2	190
Užitná plocha <i>celková vnitřní plocha bytové jednotky</i>	m2	174,8
Poměr A/V		0,67
celková neprůvzdušnost n50		2,1
Technické vybavení stavby		
zdroj tepla pro vytápění		tepelné čerpadlo, elektřina
zdroj tepla pro ohřev TUV		ohřev
způsob vytápění (teplovzdušné/tělesy)		podlahové vytápění
větrání - rekuperace ano/ne		ano
zemní výměník		ano
Energetické vlastnosti objektu předpokládáné výpočtem		
energetická kategorie stavby		nízkoenergetický dům
měrná spotřeba tepla na vytápění	kWh/m2a	15,03
Údaje o užívání stavby		
spotřeba elektrické energie - celková <i>(u bytových jednotek vč. podílu el.energie ze společných prostor)</i>	kWhod / rok	20 102
z toho spotřeba elektrické energie na vytápění	kWhod / rok	10 260
z toho spotřeba elektrické energie na ohřev TUV	kWhod / rok	
spotřeba jiných druhů energií <i>(u bytových jednotek vč. podílu el.energie ze společných prostor)</i>	kWhod / rok	0
z toho spotřeba energie na vytápění	kWhod / rok	
z toho spotřeba energie na ohřev TUV	kWhod / rok	
Údaje o uživateli stavby		
počet osob trvale žijících v domácnosti		5
průměrná doba užívání bytu <i>(tzn. přítomnost minimálně 1 osoby)</i>	hod./rok	21,1 hod./den. 7700
průměrná doba dojíždky za základními potřebami <i>(práce, nákupy, služby)</i>	auto 1:	1,5 hod./den
(hod./den) nebo (km/týden)	auto 2:	0,5 hod./den
celkem dojíždka za rok	km	17850

(C) Standardní bytová jednotka – energeticky dle doporučených hodnot ČSN

Praha, Česká republika, uvedení do provozu 2005



Obr.3- Bytový dům - novostavba, Praha

Dům se nachází v okrajové části města v docházkové vzdálenosti stanice metra (centrum cca 10 km).

Jedná se o pětipodlažní podlažní s celkem 35 bytovými jednotkami. Má konvenční železobetonovou konstrukci (stěnový systém), vyzdívky a obvodové stěny jsou provedeny z cihel Porotherm. Obvodový plášť je zateplen 80 mm kontaktního zateplovacího systému. Bytová jednotka se nachází v 1.np objektu – nad prostorem garáží. Okna jsou plastová s izolačním dvojsklem v pětikomorových rámech.

Uživatelé bytu je mladý pár, který většinu pracovních dnů a víkendů tráví mimo domov.

Parametry stavby		
Velikostní kategorie bytu/ domu		2+KK
Celková plocha <i>vnitřní plocha vč. sklepů, podílů na spol. prostorách atd.</i>	m2	64,15
Užitná plocha <i>celková vnitřní plocha bytové jednotky</i>	m2	58,9
Poměr A/V		-
celková neprůvzdušnost n50		-
Technické vybavení stavby		
zdroj tepla pro vytápění		domovní plynová kotelna
zdroj tepla pro ohřev TUV		domovní plynová kotelna
způsob vytápění (teplovzdušné/tělesa)		otopná tělesa
větrání - rekuperace ano/ne		ne
zemní výměník		ne
Energetické vlastnosti objektu předpokládáné výpočtem		
energetická kategorie stavby		standardní dům dle doporučených hodnot ČSN
měrná spotřeba tepla na vytápění	kWh/m2a	-
Údaje o užívání stavby		
spotřeba elektrické energie - celková <i>(u bytových jednotek vč. podílu el.energie ze společných prostor)</i>	kWhod / rok	1 528
z toho spotřeba elektrické energie na vytápění	kWhod / rok	0
z toho spotřeba elektrické energie na ohřev TUV	kWhod / rok	0
spotřeba jiných druhů energií <i>(u bytových jednotek vč. podílu el.energie ze společných prostor)</i>	kWhod / rok	6 406
z toho spotřeba energie na vytápění	kWhod / rok	6 406
z toho spotřeba energie na ohřev TUV	kWhod / rok	
Údaje o uživateli stavby		
počet osob trvale žijících v domácnosti		2
průměrná doba užívání bytu <i>(tzn. přítomnost minimálně 1 osoby)</i>	hod./rok	11,5 hod./den. 4200
průměrná doba dojížděky za základními potřebami <i>(práce, nákupy, služby)</i> (hod./den) nebo (km/týden)	auto 1: auto 2:	35 km / týden (70 minut/týden) 0
celkem dojížděka za rok	km	1785

(D) Standardní bytová jednotka – starší bytový dům konvenčně zateplený
Praha, Česká republika



Obr.4- Bytový dům - rekonstruovaný, Praha

Dům se nachází v centrální části města dobře obsloužené MHD (centrum města vzdálené cca 7 km).

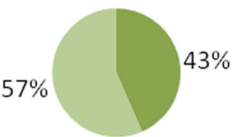
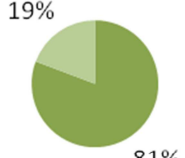
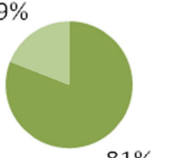
Bytový dům byl postaven v 80.letech minulého století, konstrukce objektu je typová z prefabrikovaných železobetonových dílců. V roce 2004 proběhlo zateplení objektu a výměna oken. Pro zateplení nebyl vypracován projekt, proto lze těžko říci, zda navržená sanační opatření odpovídají normovým hodnotám a jakým způsobem byly ošetřeny tepené mosty.

Uživatel bytu je mladý pár, který většinu pracovního dne tráví mimo domov.

Parametry stavby		
Velikostní kategorie bytu/ domu		2+KK
Celková plocha <i>vnitřní plocha vč. sklepů, podílů na spol. prostorech atd.</i>	m2	48,76
Užitná plocha <i>celková vnitřní plocha bytové jednotky</i>	m2	39,8
Poměr A/V		-
celková neprůvzdušnost n50		-
Technické vybavení stavby		
zdroj tepla pro vytápění		Teplovod-dálkové
zdroj tepla pro ohřev TUV		Teplovod-dálkové
způsob vytápění (teplovzdušné/tělesa)		otopná tělesa
větrání - rekuperace ano/ne		ne
zemní výměník		ne
Energetické vlastnosti objektu předpokládáné výpočtem		
energetická kategorie stavby		standardní dům nesplní normové požadavky
měrná spotřeba tepla na vytápění	kWh/m2a	-
Údaje o užívání stavby		
spotřeba elektrické energie - celková <i>(u bytových jednotek vč. podílu el.energie ze společných prostor)</i>	kWhod / rok	1 531
z toho spotřeba elektrické energie na vytápění	kWhod / rok	0
z toho spotřeba elektrické energie na ohřev TUV	kWhod / rok	0
spotřeba jiných druhů energií <i>(u bytových jednotek vč. podílu el.energie ze společných prostor)</i>	kWhod / rok	8 498
z toho spotřeba energie na vytápění	kWhod / rok	8 119
z toho spotřeba energie na ohřev TUV	kWhod / rok	
Údaje o uživateli stavby		
počet osob trvale žijících v domácnosti		2
průměrná doba užívání bytu <i>(tzn. přítomnost minimálně 1 osoby)</i>	hod./rok	12 hod./den. 4460
průměrná doba dojížděky za základními potřebami <i>(práce, nákupy, služby)</i> (hod./den) nebo (km/týden)	auto 1: auto 2:	50 km/ týden 50 km/ týden
celkem dojížděka za rok	km	4800

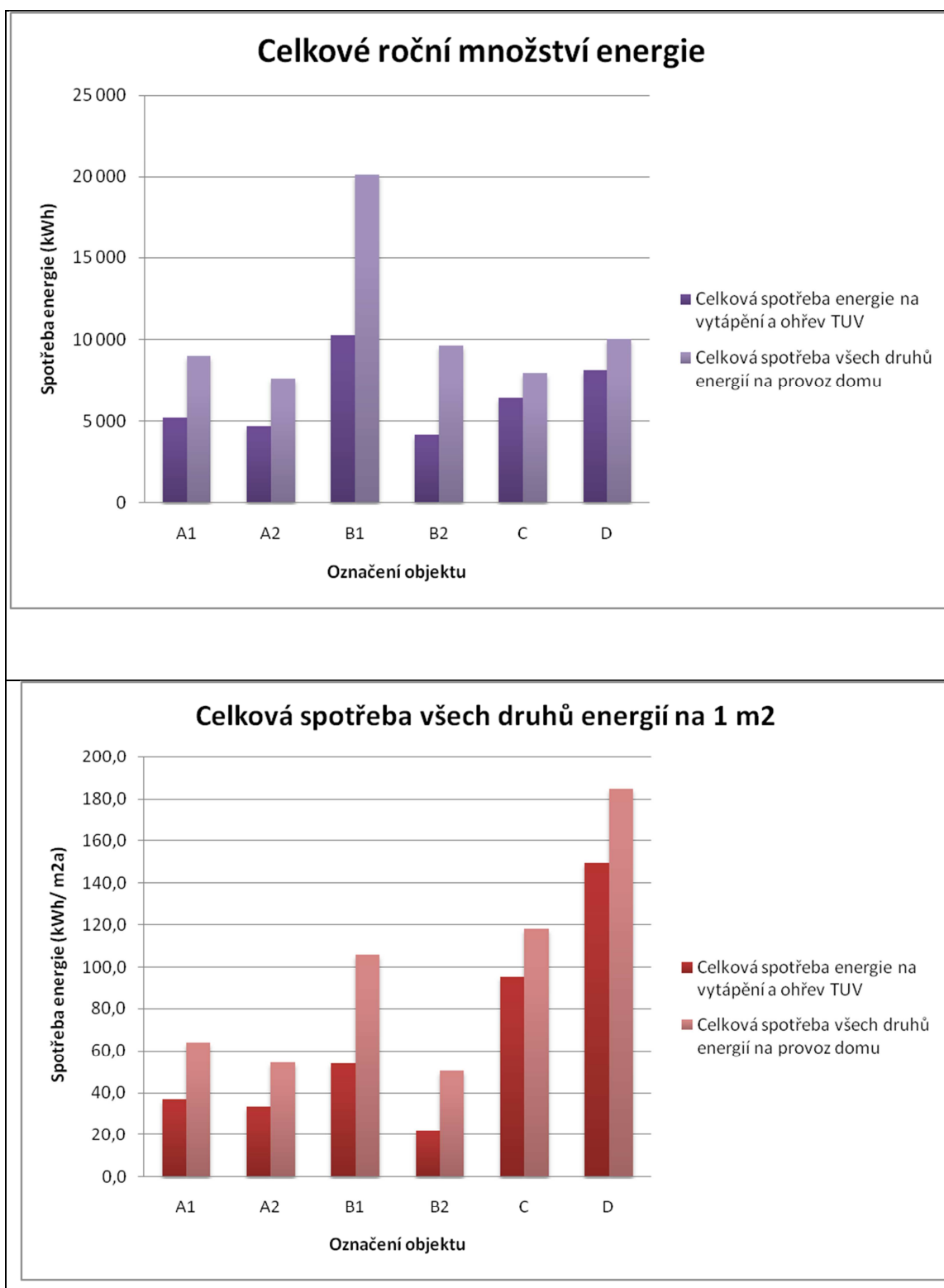
3.2.3 Analýza dat

3.2.3.1 Struktura spotřeby energie v jednotlivých domácnostech

(A) pasivní rodinný dům	
rok 1	rok 2
 42% 58% ■ Celková spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV ■ Celková spotřební energie	 38% 62% ■ Celková spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV ■ Celková spotřební energie
(B) nízkoenergetický rodinný dům	
uživatel A	uživatel B
 49% 51% ■ Celková spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV ■ Celková spotřební energie	 57% 43% ■ Celková spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV ■ Celková spotřební energie
(C) bytová jednotka v novostavbě	(D) bytová jednotka ve starším panelovém domě
 19% 81% ■ Celková spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV ■ Celková spotřební energie	 19% 81% ■ Celková spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV ■ Celková spotřební energie

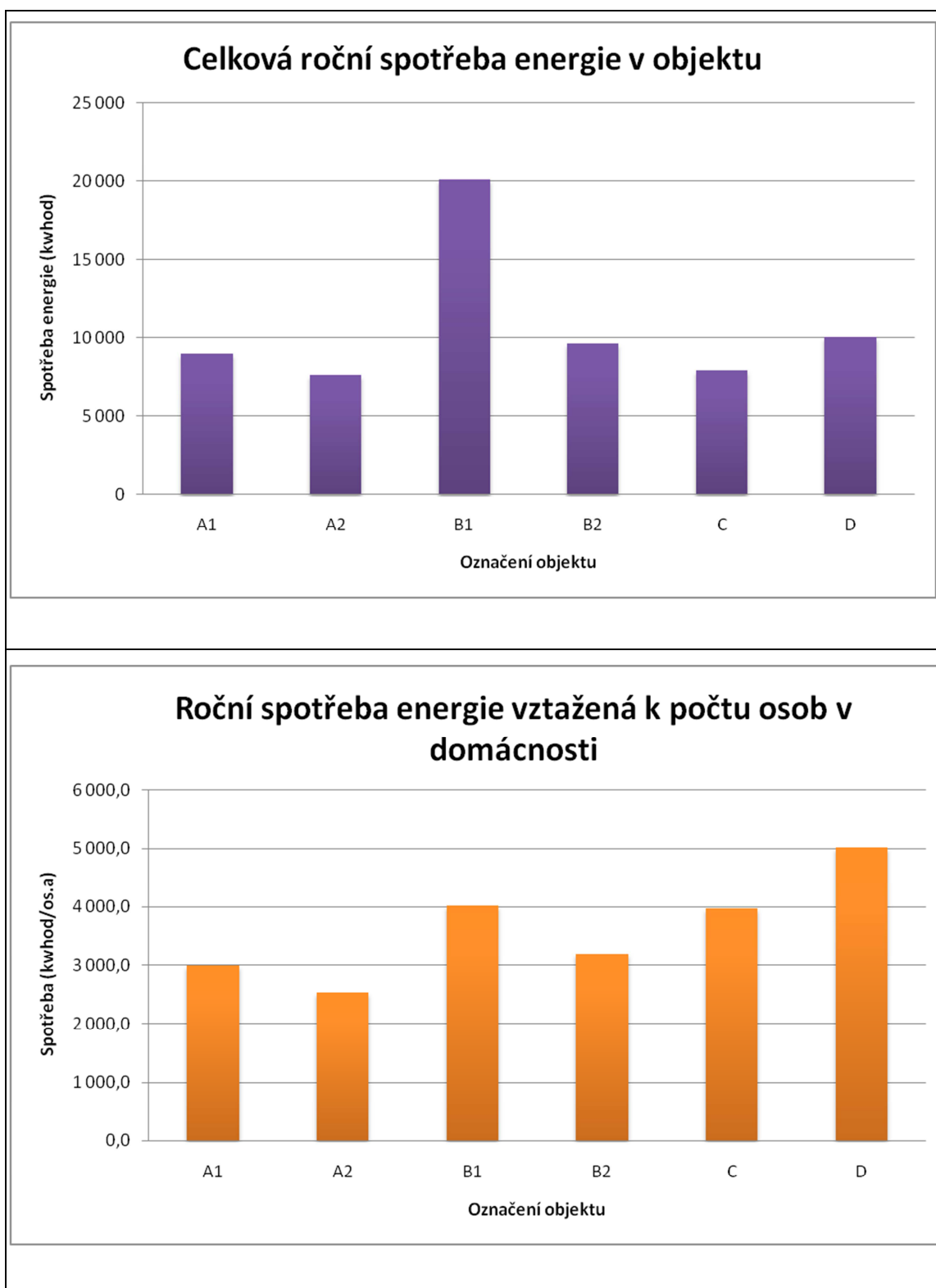
Tab. 6- Analýza dat podle kritéria 1)

3.2.3.2 Absolutní spotřeba vs. spotřeba na 1 m²



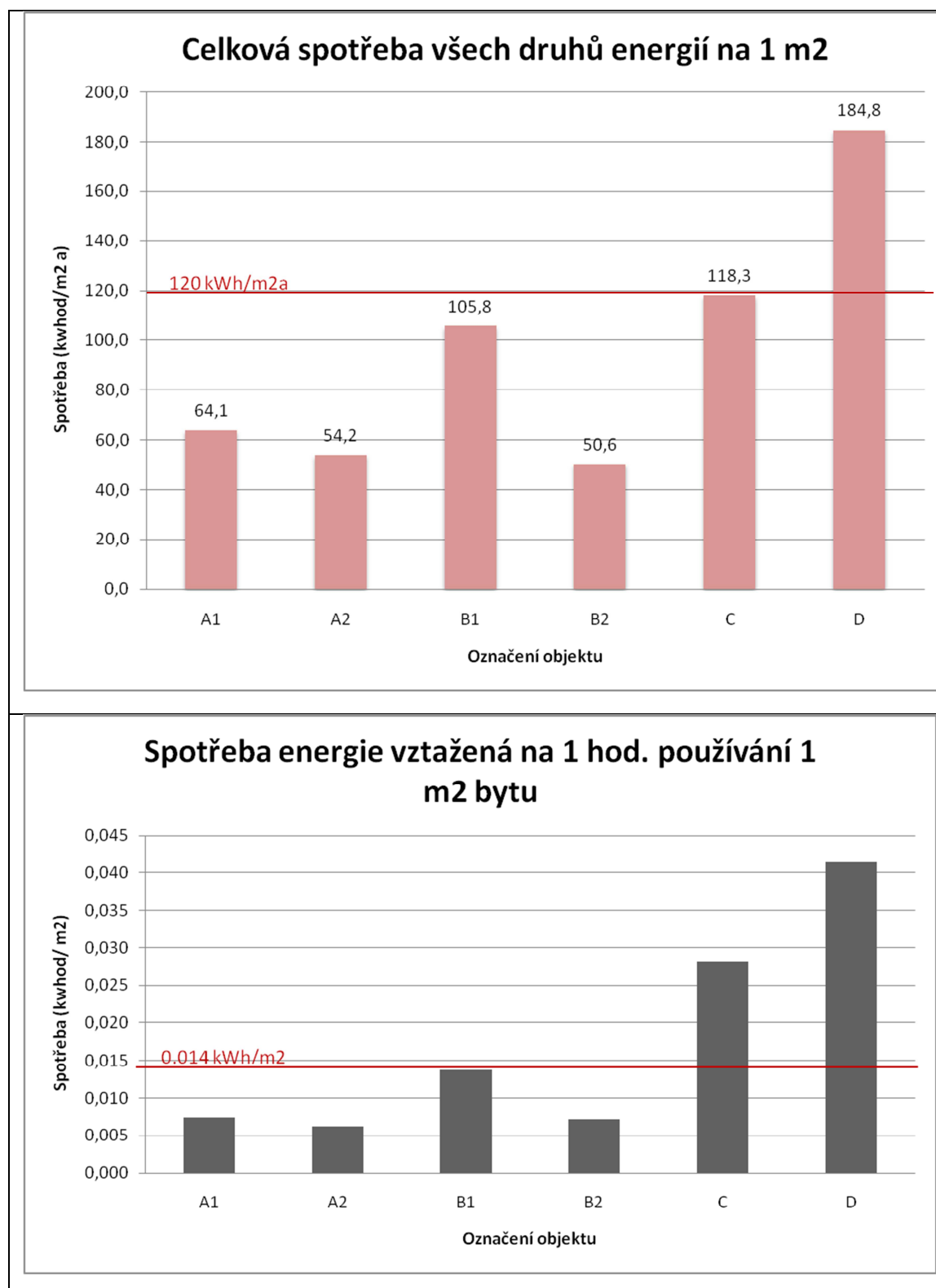
Tab. 7- Analýza dat podle kritéria 2)

3.2.3.3 Absolutní spotřeba vs. spotřeba na 1 osobu v domácnosti



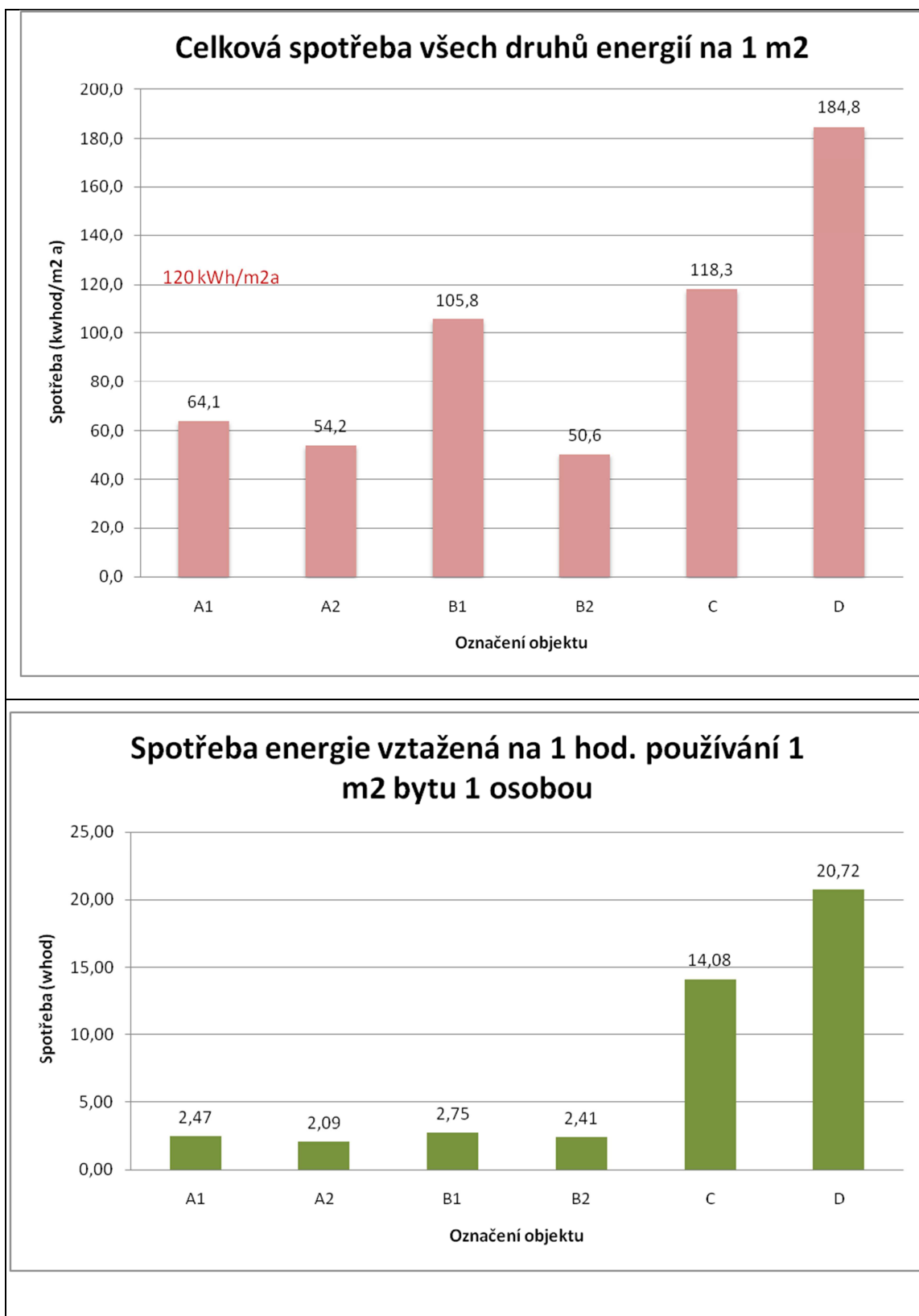
Tab. 8- Analýza dat podle kritéria 3)

3.2.3.4 Absolutní spotřeba vs. spotřeba vztažená k době užívání



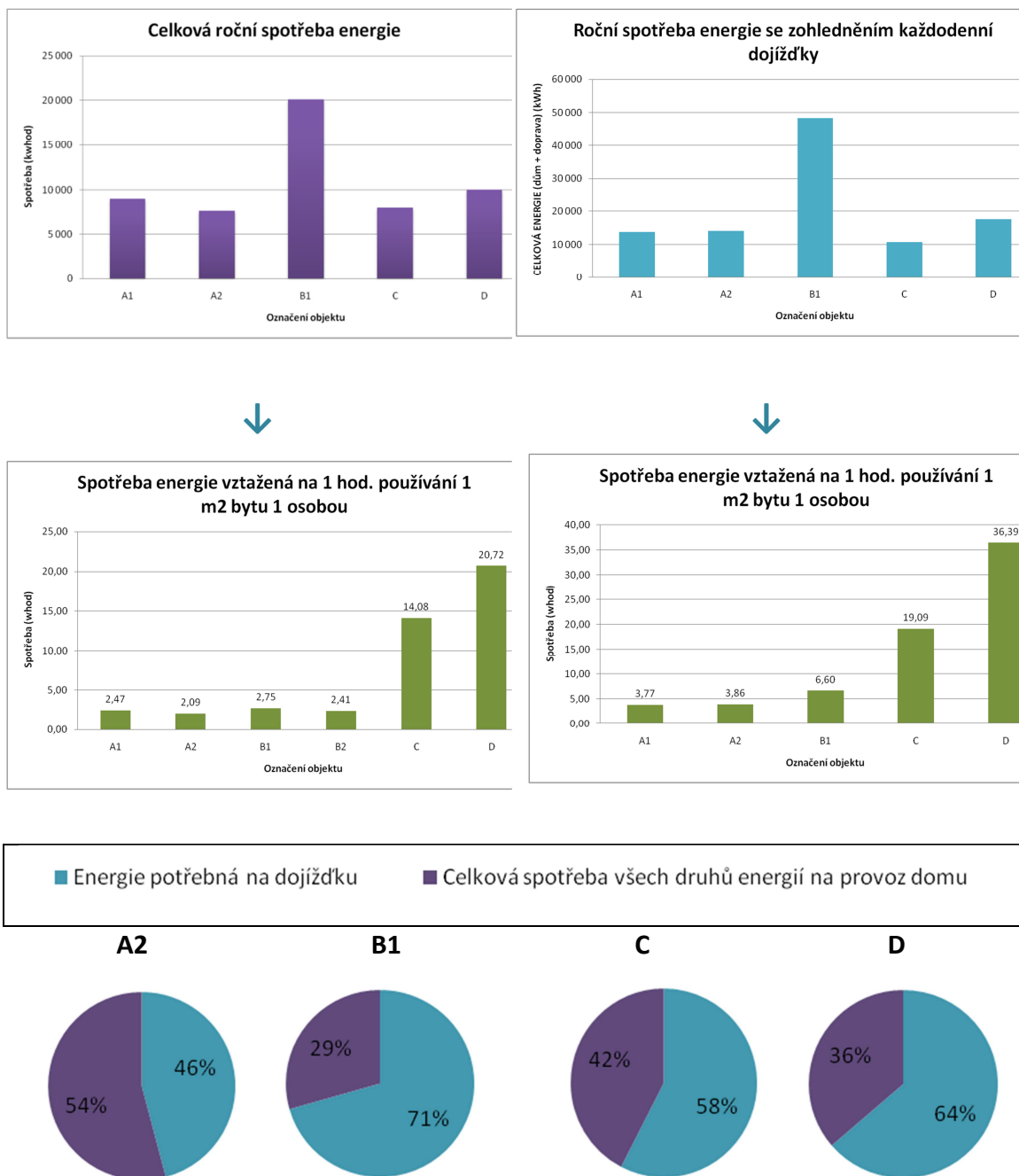
Tab. 9- Analýza dat podle kritéria 4)

3.2.3.5 Spotřeba energie na 1 m2 vs. spotřeba vztažená k době užívání a počtu osob



Tab. 10- Analýza dat podle kritéria 5)

3.2.3.6 Spotřeba objektu vs. celková spotřeba včetně energie na dopravu



Tab. 11- Analýza dat podle kritéria 6)

3.2.4 Vyhodnocení analýz

(AD 3.2.3.1)

Z grafů je patrné, že podíl energie na ohřev TUV a topení je v pasivním i nízkoenergetickém domě srovnatelný – kolem 50% celkové energetické spotřeby. U standardních objektů tvoří energie na vytápění dominantní složku celkové primární energie.

(AD 3.2.3.2)

Z tabulky absolutních spotřeb vyplývá, že množství energie, kterou ročně spotřebuje 2-členná domácnost standardního bytu je stejné jako provozní spotřeba 3-členné domácnosti v nízkoenergetickém domě. Energie na vytápění vztažená k 1 m² užitné plochy je u pasivního a nízkoenergetického domu téměř stejná.

(AD 3.2.3.3)

Množství energie připadající na jednoho člena domácnosti v různých objektech se od sebe výrazně neliší – např. není rozdíl ve spotřebě mezi obyvatelům nízkoenergetického domu B1 a obyvatel standardní bytové jednotky v novostavbě.

(AD 3.2.3.4)

Velmi patrný je ale rozdíl při zohlednění doby, po kterou je byt skutečně využíván (AD 3). Celková spotřeba primární energie na provoz domácnosti by u pasivního domu neměla přesáhnout 120 kwh/m²a – což při počtu 8760 hodin v roce odpovídá 0,14 kwh/m²hod. Při pohledu na grafy zjišťujeme, že ačkoliv bytová jednotka „C“ splňuje parametr 120 kwh/m²rok, při zohlednění skutečné doby používání bytu již tento parametr nesplní.

(AD 3.2.3.5)

Ačkoliv v grafech č. 1-4 se spotřeba v nízkoenergetických a pasivních domech může zdát velmi rozdílná, z porovnání č. 4 nejjasněji vyplývá, že při zohlednění všech kritérií zároveň (počet osob a velikost plochy, kterou obývají) je spotřeba těchto domácností v podstatě totožná a naopak ve velkém kontrastu ke standardním bytovým jednotkám. Zatímco z tabulky č.8 je spotřeba energie na 1 osobu v nízkoenergetickém domě B1 prakticky stejná jako ve standardní bytové jednotce C, a i jejich spotřeby na 1 m² jsou si velmi blízké, grafy v Tabulce 10 už jasně ukazují, že stejné množství energie slouží v domě B1 většímu počtu lidí, s větším plošným komfortem.

(AD 3.2.3.6)

To samé srovnání jako v bodě 3.2.3.5, avšak se zohledněním roční energie na dojížděku, výsledek pouze potvrzuje – i v situaci, kdy energie potřebná na dojížděku přesáhne roční spotřebu celého domu (případ B1), je celková spotřeba takové domácnosti stále nižší než domácnosti ve standardním domě, i při zohlednění všech výše zmíněných kritérií (délka užívání domu, počet osob a užívané plochy).

Kapitola 4

Shrnutí a závěr

Z uvedeného porovnání lze těžko vyvozovat všeobecně platné závěry – jedná se o malý vzorek, údaje vycházejí z dotazníků vyplňovaných respondenty, údaje mohou být subjektivní, zkreslené. Cílem je poukázat na to, že každou budovu je potřeba hodnotit také v kontextu toho, jak intenzivně je využívána a jaký komfort při daném množství energie poskytuje svým uživatelům.

Struktura domácnosti a (ne)správné chování jejích členů stavby má vliv na celkový environmentální přínos nízkoenergetického domu, ale ani při zohlednění všech kritérií nepřesáhnou nízkoenergetické nebo pasivní domy hodnoty spotřeb bytových jednotek v konvenčních domech - nemluvě o kvalitě životního prostředí pro jejich obyvatele. Ve standardních objektech je totiž úsporných hodnot dosaženo zpravidla kvůli nedodržení hygienických limitů (zejména výměna vzduchu v zimních měsících). Nově nastavená kritéria hodnocení mohou odkrýt nové vzájemné souvislosti a výsledky mohou být zajímavé např. pro laickou část veřejnosti, která se zajímá o tuto problematiku nebo plánuje stavbu pasivního, či nízkoenergetického domu.

Srovnání také poukazuje na zajímavou skutečnost – a to sice, že při zahrnutí všech kritérií (plocha, počet osob, doba užívání) je „výkon“ pasivního a nízkoenergetického domu téměř totožný. Prvky důležité pro energetické úspory jsou v obou domech stejné (řízené větrání s rekuperací, silné zateplení, maximální možná vzduchotěsnost) a pro uživatele mají tudíž i po stránce komfortu rovnocenné vlastnosti. Vyvstává tedy otázka, do jaké míry je účelné usilovat o splnění přísných parametrů pasivních domů, což přináší vícenáklady s velmi dlouhou dobou návratnosti (většinou kvůli investicím do obnovitelných zdrojů energie).

Pasivní a nízkoenergetické domy jsou zajisté důležitým nástrojem k dosažení udržitelného rozvoje a dávají každému individuálnímu jedinci možnost, jak se při uspokojování potřeby bydlení aktivně podílet na lepší budoucnosti dalších generací. Současně s prokazatelnými výhodami tohoto způsobu života je nutné uvědomit si, že bydlení v těchto typech staveb s sebou nese do jisté míry i změnu životního stylu, lépe řečeno „uvědomění si“ jak „nejlépe“ bych se měl v mém domě chovat, abych maximálně využil jeho kvalitních předností a nejefektivněji tak zhodnotil mnou vynaložené finanční prostředky na pořízení výjimečného domu.

Seznam použitých zdrojů:

- [1] PRODUKCE EMISÍ CO₂ STŘEDOEVROPSKÝCH VENKOVSKÝCH A MĚSTSKÝCH DOMÁCNOSTÍ
konference Udržitelná energie a krajina 2010 (Jan Vávra, Miloslav Lapka, Eva Cudlínová, Corinna Altenburg - Katedra strukturální politiky EU a rozvoje venkova, Ekonomická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Katedra teorie kultury, Filozofická fakulta Univerzity Karlovy v Praze)
- [2] METODIKA PRO KOMPLEXNÍ HODNOCENÍ KVALITY BUDOV V RÁMCI ŽIVOTNÍHO CYKLU
Petr Hájek, FSv ČVUT v Praze
- [3] Pasivní domy Koberovy: Monitoring spotřeby energií
Zdenek Zikán, ATREA, s. r. o.
- [4] INTERNETOVÉ ZDROJE:
www.pasivnidomy.cz
www.abf.cz/architektura/download/prezentace/smelhaus.pdf
www.aktivni-dum.cz
www.velux.com
www.tzb-info.cz
www.veronica.cz
<http://nizkoenergeticke.realcity.cz/clanek5.htm>