

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta národohospodářská

Hlavní specializace: Aplikovaná environmentální ekonomie, politika a
management

EKOLOGICKÉ BYDLENÍ

POROVNÁNÍ DOMU CHRANĚNÉHO ZEMÍ S KLASICKÝM DOMEM

bakalářská práce

Autor: Veronika Suchanová

Vedoucí práce: Ing. Květoslava Remtová, CSc.

Rok: 2008

Prohlášení

Prohlašuji na svou čest, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a s použitím uvedené literatury.

Veronika Suchanová
V Praze, dne . 8.6. 2008

Poděkování

Ráda bych poděkovala především své vedoucí bakalářské práce paní Ing. Květoslavě Remtové,CSc. za cenné rady a odborné vedení při psaní mé bakalářské práce, dále pak paní Heleně Frkalové a celému Občanskému sdružení Zelené bydlení za pomoc v praktické části, dále také panu Ing.Radku Liškovi a panu Ing.Milanu Peškovi za podporu a pomoc a samozřejmě své rodině a všem blízkým za veškerou trpělivost.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá ekologickým bydlením – domy chráněné zemí. Vysvětluje základní pojmy dané problematiky. Dále porovnává dům chráněný zemí s klasickým domem a to jak z hlediska ekonomického, tak i z hlediska dopadů obou domů na životní prostředí. Závěrem práce je porovnání a vyhodnocení investičních a provozních nákladů těchto typů domů a jejich dopadů na životní prostředí.

Anotation

Bachelor graduation thesis deals with an environmental living – earth sheltered houses. It explains basic notions of the issue. It compares an earth sheltered house with a classic house, namely both in term of economics and in term of their environmental impacts. The conclusion of this thesis is comparasion and evaluation the cost of investments and operating costs and their environmental impacts.

Summary

This bachelor degree thesis deals with environmental living – earth sheltered houses. This thesis is divided in two parts, a theoretical part and a practical part.

The first part includes a history of earth sheltered houses and reasons leading to their building. Also here are mentioned technical parameters of these houses, for example thermal insulation, green roofs, engineering construction and other.

The second part is focused on a comparison of an earth sheltered house with a classic house. The economic appraisal is based on the comparison of their financial investment and operating costs and the environmental appraisal and compares their environmental impacts.

The results of my research show big advantages of the earth sheltered house. The most important is, that its investment return is 18 years and it is environmentally friendly.

Klíčová slova : ekologické bydlení , domy chráněné zemí, spotřeba energie, návratnost investic, environmentální aspekty

Keywords : environmental living, earth sheltered houses, power consumption, investment return, environmental aspects

JEL Klasifikace : Q 500, Q550, Q 510, Q 200

JEL Classification : Q 500, Q550, Q 510, Q 200

Obsah

Summary	2
Seznam příloh	5
Seznam obrázků	5
Seznam tabulek	5
Seznam grafů	6
Seznam použitých zkratk	6
Úvod.....	7
1 Definice pojmů.....	8
2 Historie domů chráněných zemí u nás i ve světě.....	11
3 Hlavní důvody směřující k výstavbě domů chráněných zemí	15
3.1 Spotřeba energie v ČR	15
3.2 Rostoucí ceny energií.....	16
4 Základní technické rysy odlišující domy chráněné zemí od ostatních	18
4.1 Zemina chrání dům	18
4.1.1 Výběr stavebního místa.....	18
4.1.2 Základní architektonické řešení	20
4.1.3 Statika	20
4.1.4 Stavební konstrukce a materiály	20
4.1.5 Drenáže a hydroizolace.....	21
4.1.6 Tepelná izolace	22
4.1.7 Zahrnutí stavby	24
4.1.8 Vegetační střecha	24
4.1.9 Okna a tubusové světlovody	25
4.1.10 Vytápění, chlazení a větrání interiéru	26
4.2 Výhody a nevýhody domů chráněných zemí.....	27
4.2.1 Výhody.....	27
4.2.2 Nevýhody	28
5 Poznatky z praxe	29
5.1 Nízkoenergetické ekologické domy v Hradčanech u Brna.....	29
5.2 Ekosídliště Jižní Chlum na Zlínsku	31
6 Porovnání domu chráněného zemí a klasického domu z ekonomického hlediska	33
6.1 Výchozí předpoklady	33
6.2 Porovnání investičních nákladů	33
6.3 Porovnání provozních nákladů	34
6.3.1 Porovnání nákladů na vodu.....	35
6.3.2 Porovnání nákladů na energii.....	37
6.4 Porovnání roční spotřeby energie	40
6.5 Závěr ekonomického šetření	42
7 Porovnání domu chráněného zemí a klasického domu z hlediska environmentálních aspektů	44
7.1 Porovnání vstupů a výstupu jednotlivých domů.....	44
7.1.1 Vstupy a výstupy domu chráněného zemí	44
7.1.2 Vstupy a výstupy klasického domu	45
7.2 Závěr environmentálního šetření	47
Závěr	48
8 Použitá literatura	49

8.1	Knižní zdroje.....	49
8.2	Internetové a ostatní zdroje.....	50

Seznam příloh

Příloha č.1 – Domy chráněné zemí	I
Příloha č.2 – Slaměný dům v Hradčanech u Brna	II
Příloha č.3 – Pasivní dům v Hradčanech u Brna	II

Seznam obrázků

Obr. 1: Škála energetické náročnosti domů.	9
Obr. 2: Typický vzhled nadzemního pasivního domu.	11
Obr. 3: Dům chráněný zemí v protihlukovém valu, Praha –Smíchov.	13
Obr. 4: Plánovaná výstavba 3 domů chráněných zemí, ekosídliště Jižní Chlum.	14
Obr. 5: Příčiny kondenzace vlhkosti na vnitřních stěnách při patě domu.	23
Obr. 6: Ekonomicky schůdné řešení prevence kondenzace vlhkosti na vnitřních stěnách při patě domu.	23
Obr. 7: Projekt Sluneční ulice (vlevo) a pasivní rodinný dům (vpravo).	30
Obr. 8: Tepelné ztráty samostatného domu.	35
Obr. 9: Schéma vstupů a výstupu domu chráněného zemí.	45
Obr. 10: Schéma vstupů a výstupu klasického domu.	46

Seznam tabulek

Tab. 1: Zatížení ploché střechy jednotlivými druhy vegetačních substrátů při nasycení vodou.	25
Tab. 2: Ceny za vodné a stočné pro Zlínský kraj.	35
Tab. 3: Roční poplatky za vodu (Kč).	35
Tab. 4: Roční spotřeba vody (m ³).	36
Tab. 5: Rozdíl v nákladech na spotřebu vody domu chráněného zemí a klasického domu (Kč).	36
Tab. 6: Sazba D02 – Jednotarifová sazba (pro střední spotřebu) E.ON.	37
Tab. 7: Roční spotřeba el. energie a náklady za ni vynaložené pro dům chráněný zemí.	37
Tab. 8: Sazba za odběr zemního plynu.	38
Tab. 9: Roční spotřeba energie a náklady za ni vynaložené pro klasický dům.	39
Tab. 10: Poplatky za energii (Kč).	40
Tab. 11: Celková roční spotřeba energie jednotlivých domů (kWh).	40
Tab. 12: Celková spotřeba energie na zastavěnou plochu (kWh/m ² /rok).	41
Tab. 13: Celkový rozdíl nákladů na spotřebu vody a energie mezi oběma domy.	42
Tab. 14: Emise prachu, SO ₂ , CO a uhlovodíků.	46
Tab. 15: Porovnání vstupů a výstupů obou domů.	47

Seznam grafů

Graf 1: Spotřeba energie v průměrné české domácnosti.	15
Graf 2: Spotřeba el.energie na 1 obyvatele.	16
Graf 3: Spotřeba (netto) ČR 1999-2005.	16
Graf 4: Roční poplatky za vodu (Kč).	36
Graf 5: Roční spotřeba energie (el.energie a zemní plyn) klasického domu (kWh).	39
Graf 6: Celkové roční náklady na energii (Kč).	39
Graf 7: Celková spotřeba energie za rok (kWh).	41

Seznam použitých zkratk

nar. – narozen

s – strana

r. – rok

ČR – Česká republika

ČVUT – České vysoké učení technické v Praze

o.s. – občanské sdružení

kWh – kilowatthodina – pozn. energie 1GJ (gigajoul)= 277,8 kWh

°C – stupně Celsia

obyv.- obyvatel

el.energie – elektrická energie

cm – centimetr

cca – cirká

A – ampér

např. – například

apod. – a podobně

m² – metr čtvereční

tis – tisíc

Kč – korun českých

tj. – to jest

Úvod

Tématem mé bakalářské práce je ekologické bydlení - domy chráněné zemí. O toto téma se již nějakou dobu zajímám, a to v rámci trvale udržitelného rozvoje¹. Bydlení jako takové patřilo, patří a vždy bude patřit mezi základní potřeby člověka. Neustálé zdražování cen energií a neblahý stav životního prostředí nás nutí přehodnotit náš přístup k této otázce. Domy chráněné zemí, jako druh ekologických staveb, patří mezi jedno z nejlepších řešení spojující v sobě jak šetrné chování k životnímu prostředí a úsporu spotřeby energií, tak i stále narůstající nároky na komfort bydlení.

Přestože otázka ekologického bydlení je aktuální, neexistuje mnoho české literatury, která by se danou tematikou zabývala.

V teoretické části své práce se zabývám popisem a základní charakteristikou pojmů související s problematikou nejen ekologického bydlení a domů chráněných zemí, ale i s problematikou spotřeby energie v České republice. V základních technických rysech o výhodách a nevýhodách vysvětluji rozdíly mezi tímto a tradičním způsobem bydlení.

Praktická část mé práce je věnována srovnání dvou konkrétních domů, a to domu chráněného zemí s klasickým domem. Jedná se o srovnání investičních a provozních nákladů a následně dobu návratnosti investice vzhledem k předpokládané doby životnosti domu, která je přibližně 100 let, a srovnání dopadů obou domů na životní prostředí.

Cílem mé práce je porovnat dům chráněný zemí s klasickým domem jak z hlediska ekonomického tak i z hlediska environmentálních aspektů. Dále poukázat na výhody spojené s bydlením v domech chráněných zemí. Základem práce je hypotéza, že domy chráněné zemí jsou rentabilní a návratnost investic do stavby tohoto domu se pohybuje okolo 15-20 roků. Pomocí porovnávání investičních a provozních nákladů obou domů se budu snažit ověřit danou hypotézu a stanovit prognózu do budoucna.

¹ Trvale udržitelný rozvoj – „definice evropského parlamentu: *zlepšování životní úrovně a blahobytu lidí v mezích kapacity ekosystémů při zachování přírodních hodnot a biologické rozmanitosti pro současné a příští generace.*“

Více na *Ekologie_jednadvacátého_století* [online]. 2005-2008 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.ekologie-jednadvacate-stoleti.estranky.cz/clanky/slovníkova-hesla/trvale-udrzitelny-rozvoj>>.

1 Definice pojmů

Ekologické stavby by se měly dle doc. Bohdana Malaniuka z fakulty architektury ČVUT vyznačovat „malou spotřebou stavebního materiálu, vody i energie, a to jak ve fázi vzniku, tak i během provozu, při modernizaci a konečné likvidaci. Všechny materiály by měly být co nejméně energeticky náročné při výrobě. Při ní by se zároveň mělo co nejvíce využívat druhotných surovin a odpadů. Stavby by měly mít dlouhou životnost.“² Důležité je ve všech fázích své existence co nejméně zatěžovat životní prostředí a po dožití díla možnost recyklace materiálu. To v praxi znamená, že tyto stavby mají mít úsporné topné systémy, optimální tepelné izolace, maximálně využívat sluneční energii a i další netradiční zdroje energie. Sem se řadí kromě ekologických domů také jiné stavby určené k jiným účelům než je bydlení, např. školící střediska, školy a jiné budovy.

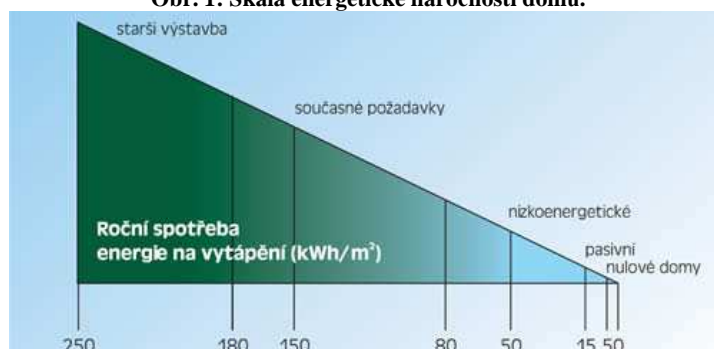
Ekologické domy – podle předních odborníků se hovoří „o trvale udržitelných stavbách určených k bydlení s podmínkami: vhodně využívající půdu, efektivně využívající vodu, energii, dřevo a ostatní zdroje, příznivě působí na lidské zdraví, posilují místní ekonomiku i společenství, chrání rostliny i zvířata, ohrožené druhy a přírodní prostředí, chrání zemědělské, kulturní a archeologické zdroje, pěkně se v nich žije a zároveň jsou ekonomické při výstavbě i během užívání. Celkovým cílem „zeleného bydlení“ je podle těchto odborníků: „brát méně z přírody a dávat více lidem.“³ Synonymy pro ekologické stavby jsou také ekodomy či zelené domy.

Obecně můžeme všechny domy rozlišit dle spotřeby energie na vytápění – viz obr. 1.

² PLAMÍNKOVÁ, Jana. *Slabikář ekologického bydlení*. Praha: PROFES J&K, 1998. ISBN 80-238-2218-7. s 9

³ PLAMÍNKOVÁ, Jana. *Slabikář ekologického bydlení*. Praha: PROFES J&K, 1998. ISBN 80-238-2218-7. s 9

Obr. 1: Škála energetické náročnosti domů.



Zdroj: Ekowatt.cz : Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, držitel certifikátu ISO 9001 [online]. [cit. 2007-10-27]. Dostupný z WWW: <http://www.ekowatt.cz/nizkoenergeticka_vystavba/>.

Klasické domy jsou normální obytné domy postavené podle stavebních standardů. Jejich spotřeba energie se pohybuje okolo 150 - 250 kWh/m² za rok.⁴

Nízkoenergetickými domy se rozumí budovy pro běžné účely se zvláštní nízkou spotřebou energie – mezi 15 - 50 kWh/m² za rok,⁵ což je asi jedna třetina oproti současným stavbám.

Pasivní domy mají spotřebu energie do 15 kWh/m², což je asi jedna desetina spotřeby energie oproti klasickým domům.

„V **pasivním domě** se topí v celkovém součtu asi 30 dnů v roce. Základní rozdíly mezi nízkoenergetickým a pasivním domem jsou dva : u pasivních domů jsou pečlivěji ošetřena místa, kudy energie uniká – tzv. tepelné mosty (především okna a místa okolo oken). Druhý rozdíl je v zateplení, izolace u pasivních domů má od 25 do 40 centimetrů. Rekuperace je nutnou podmínkou pro pasivní i pro nízkoenergetický dům.“⁶ „**Domy chráněné zemí** jsou stavby využívající pasivně-solárního systému, kde jedním z důležitých faktorů v tepelné bilanci je obklopující zemina osázená vegetací. V domech takového typu se dosahuje průměrné tepelné spotřeby kolem 15 kWh/m² za rok (obdobně jako v pasivních

4 Ekowatt.cz : Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, držitel certifikátu ISO 9001 [online]. [cit. 2007-10-27]. Dostupný z WWW: <http://www.ekowatt.cz/nizkoenergeticka_vystavba/>.

5 HUMM, Otmar. *Nízkoenergetické domy*, 1.vyd. Praha, Grada Publishing s.r.o., 1999, 353 s. ISBN 80-7169-657-9.

6 KROBOVÁ, Tereza. *Když se řekne ekodům...* 3.pól [online]. 2003 [cit. 2007-11-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.tretpol.cz/index.asp?clanek&view&202>>.

domech), tj. asi pětkrát nižší ve srovnání se spotřebou běžných moderních domů a asi desetkrát nižší oproti standardům používaných před 15 lety.“⁷

Slaměné domy se řadí mezi nízkoenergetické ekologické stavby, kde se jako stavební materiál používá slisovaná sláma, která má skvělé vlastnosti jako tepelný izolant. (využití především jako výplň nosné kostry domu).⁸

„Kořenová čistička odpadních vod je zařízení založené na principu přírodních samočisticích procesů. Mezi jeho hlavní přednosti patří nízké pořizovací a hlavně provozní náklady, jeho snadná obsluha a údržba a schopnost pročistit i velké množství znečištěné vody narázově (dá se proto využívat sezónně). Kořenová čistička je vlastně umělý mokřad s podpovrchovým horizontálním tokem odpadní vody. Znečištěná voda pomalu protéká propustným substrátem, který je osázen mokřadními rostlinami. Při tom se z vody odstraňují organické a nerozpustné látky, mikrobiální znečištění a částečně dusík a fosfor.“⁹

„Termická solární zařízení na ohřev vody a vytápění místností patří k nejrozšířenějším aplikacím ve využívání sluneční energie. Energií získanou v kolektorech na střeše či fasádě se napájí ohříváče vody nebo zásobníky otopného systému. Regulační jednotka zajišťuje provoz oběhového čerpadla při slunečním svitu.“¹⁰ „Voda v zásobníku se ohřívá v době slunečního svitu a podle kapacity zásobníku je potom teplá voda po určitou dobu k dispozici, i když slunce nesvítí. V období bez dostatečného slunečního svitu se solární sestava používá pro předehřev vody pro jiný způsob přípravy tepelné užitkové vody (TUV) (např. elektrický bojler, tepelné čerpadlo, plynový kotel apod.) nebo se voda dohřívá elektrickým topným tělesem přímo v zásobníku solární sestavy, v tomto případě není potřeba jiného způsobu přípravy TUV. V obou případech je k dispozici dostatek teplé vody po celý rok a díky elektronické regulaci je provoz plně automatický a bezobslužný.“¹¹

⁷ Zelené domy [online]. 2003 [cit. 2007-11-30]. Dostupný z WWW:

<http://www.zelenedomy.cz/zelene_domy/zelene_domy.htm>.

⁸ REJTHÁRKOVÁ, Petra. *Slaměný dům*. Stavocentrum : Server o bydlení a stavebnictví [online]. 3003 [cit. 2007-11-03]. Dostupný z WWW: <http://www.stavocentrum.cz/index.php?none=1&action=clanek&c_id=573>.

⁹ PLAMÍNKOVÁ, Jana. *Slabikář ekologického bydlení*. Praha : PROFES J&K, 1998. 118 s. ISBN 80-238-2218-7. s 72-73

¹⁰ HALLER, Andreas, HUMM, Othmar, VOSS, Karsten. *Solární energie : využití při obnově budov*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, spol s.r.o., 2001. 115 s. ISBN 80-7169-580-7. s. 68-69

¹¹ FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné země*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 39-příloha

2 Historie domů chráněných zemí u nás i ve světě

„Počátek moderní historie domů chráněných zemí se datuje do období tzv. první ropné krize v polovině 70. let 20. století. Stavěly se samozřejmě i v letech předtím, spíše ale jako extravagance architektů a jejich movitých zákazníků. Až když si vyspělý svět včetně USA uvědomil svou energetickou zranitelnost, začaly se hledat technologie a přístupy, které by závislost na energiích snížily. Oblast budov a bydlení se přitom na celkové spotřebě energií podílí plnými 40 %. Více než polovinu z toho potřebujeme na vytápění, případně chlazení interiéru budov. Hledání zdrojů úspor tedy nutně muselo zasáhnout také stavebnictví. V odborné literatuře se začaly objevovat pojmy jako „nízkoenergetické domy“, „pasivní domy“ či dokonce „domy s nulovou spotřebou“. V té souvislosti logicky nastala také renesance myšlenky využití přirozených tepelně-regulačních vlastností zeminy, která se začala rozvíjet především v USA. (Zatímco Evropa šla spíše cestou použití nových stavebních materiálů, konstrukcí a sofistikovaného technického vybavení běžných domů. Program CEPHEUS – Cost Efficient Passive Houses as European Standard – probíhající v 90. letech dokonce vytvořil určitý charakteristický vzhled typického pasivního domu pro Evropu – viz obr. 2)

Obr. 2: Typický vzhled nadzemního pasivního domu.



Zdroj: Zpravodaj občanského sdružení Zelené bydlení číslo 3/2007str.5

Do jisté míry se tedy dá říci, že domy chráněné zemí jsou výrazem amerického pragmatismu a snahy o řešení problému tou nejjednodušší cestou. Dále měla asi Amerika větší štěstí na výrazné osobnosti, které se postavily za spojení principů přírodní architektury s nízkoenergetickým bydlením. Nestorem této myšlenky je architekt Malcolm Wells (nar.1926), který o domech chráněných zemí již od 60. let píše, přednáší a samozřejmě je také navrhuje. Architekt Wells je také autorem první zástavbové studie Jižního Chlumu.

Ačkoliv současná podoba ekosídliště se od jeho kompaktního návrhu (bohužel) liší, především v důsledku omezeného rozpočtu a odlišných představ konkrétních stavebníků, stal se původní Wellsův návrh součástí „kulturního dědictví“ občanského sdružení Zelené bydlení. Ve své vlasti se architekt Wells stal autoritou, k níž se obracejí nejen další představitelé přírodní architektury, ale také stavební firmy, specializující se na stavby domů chráněných zemí.“¹²

„V minulém roce se na internetu diskutovalo především s Malcolmem Wellsem, Charlesem Woodsem a dalšími představiteli největších stavebních firem o současném počtu domů chráněných zemí v USA. První z kroků bylo určit si definici, co vlastně za takový dům považovat. Mezi základní kritéria patřila vegetační střecha o výměře nejméně dvou třetin půdorysu domu, alespoň na jedné hraně propojenou s rostlým terénem a nejméně polovinu obvodových stěn až po střechu krytých zemí. Odhad přibližného počtu domů splňující dané podmínky se zde potom pohybuje v rozmezí 6 - 8000, podle účastníků ankety jejich výstavba v poslední době vzrostla na 300 domů ročně.“¹³

Jako zajímavost zde musím podotknout, že daným výběrem by neprošel ani dům Billa Gatese na břehu jezera Washington, o kterém se rádo hovoří jako o největším domě krytém zemí na světě. U tohoto domu se však ale jedná o komplex nadzemních budov propojených velkými prostorami pod zemí.

„Celosvětový odhad se přitom pohybuje okolo 20 - 30 tisíc domů.“¹⁴ Jednu z nejlepších statistik vede britská B.E.S.A. (The British Earth Sheltering Association)¹⁵, působící od r. 1983. Ta má záznam o 60 domech chráněných zemí na území Anglie. Hockerton Housing Project - energeticky soběstačné ekosídliště pro 5 rodin, zde hraje roli školícího a demonstračního centra. K jedné z jeho pozoruhodností patří např. zemí chráněna restaurace v St.James parku.

Posuneme-li se do střední Evropy, až donedávna zde převažovaly, i když překrásné, přesto ojedinělé projekty jako např. od r. 1974 švýcarským architektem Petrem Vetschem

¹²FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6. s 57-58.

¹³FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6. s 60.

¹⁴FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6. s 26.

¹⁵ Více na <http://www.besa-uk.org>

navrhované domy, z nichž je 12 postavených v Bavorsku, Švýcarsku a severní Itálii. Jeho projekty čítají celkem 40 domů po celém světě.

Za zmínku stojí i rakouské ekosídliště Dunkelsteinerwald nedaleko Kremse, známé svým komplexním přístupem k udržitelnému rozvoji. Avšak tyto domy pro 8 rodin ukazují horší energetické vlastnosti než se očekávalo.¹⁶

Mluvíme-li o České republice, mezi nejzajímavější projekty patří ekosídliště Jižní Chlum u Zlína, které se buduje od r. 2001. Nejedná se ale o první pasivní domy chráněné zemí na našem území. Předem stanoveným kritériím by však vyhovoval pouze dům postavený v protihlukovém valu v Praze na Smíchově z 90. let (viz obr. 3), který také sloužil jako prvotní inspirace pro stavebníky Jižního Chlumu a další členy občanského sdružení Zelené bydlení. Tato nezisková organizace má největší zásluhu na celé realizaci projektu ekosídliště Jižní Chlum.

Obr. 3: Dům chráněný zemí v protihlukovém valu, Praha –Smíchov.



Zdroj: Zpravodaj občanského sdružení Zelené bydlení číslo 3/2007str.7

Co se tedy týče počtu vyprojektovaných domů v ČR projektanty spolupracující s o.s. Zelené bydlení, k jaru 2006 bylo zjištěno nejméně deset dokončených a další tři rozestavěné domy chráněné zemí v ČR – viz obr. 4.

¹⁶Více o Dunkelsteinerwald na : [http://energytech.at/\(en\)/iea/results/id1359.html](http://energytech.at/(en)/iea/results/id1359.html)

Obr. 4: Plánovaná výstavba 3 domů chráněných zemí, ekosídliště Jižní Chlum.



Zdroj: Zpravodaj občanského sdružení Zelené bydlení číslo 3/2007 str. 7

V současnosti se jejich počet pohybuje řádově v desítkách, ale přesné číslo (bohužel) zůstává i nadále utajeno. Zelené domy jsou stále pro ČR nevídaná věc a lidé žijící v nich si často připadají jako zvěř v zoologické zahradě. Tudíž se snaží co nejvíce skrýt před zrakem veřejnosti. Ani o.s. Zelené bydlení, které sdružuje zájemce o přírodní architekturu, nezná jejich přesný počet, natož lokace jednotlivých domů. Můžeme se tedy domnívat, že zelené domy se u nás vyskytují kromě Zlínska a Prahy, také na Šumavě, v Jižních Čechách anebo třeba na severní Moravě.

3 Hlavní důvody směřující k výstavbě domů chráněných zemí

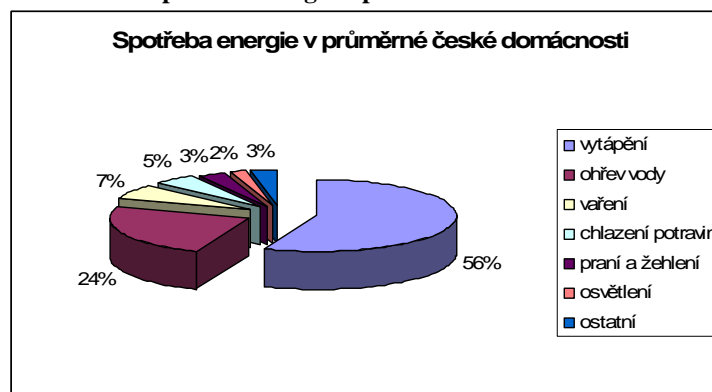
Problematika rostoucí spotřeby energie domácností

Spotřeba energie domácností v posledních letech roste nejen díky zvyšujícím se nárokům na životní styl a pohodlí, ale také díky nedostatečným tepelným izolacím.

3.1 Spotřeba energie v ČR

V naší republice domácnosti spotřebovávají zhruba jednu třetinu celkového množství energie, z toho asi 70 – 80 % na ohřev vody a vytápění.¹⁷ Neustálé zvyšování cen energie i její spotřeby (viz graf 1) vyvolává v dnešní době mnoho diskuzí a úspory se tak dostávají do popředí zájmů každého z nás.

Graf 1: Spotřeba energie v průměrné české domácnosti.



Zdroj: Aby se nám rozsvítilo : Šetrná energie pro každého. Brno : Hnutí Duha, 2000. 77 s. ISBN 80-902823-3-4.s 20

Když se nahlédne na spotřebu energie domácností v západní Evropě, je spotřeba energie v ČR v průměru výrazně nižší – viz graf 2.

Podle odborníků předpokládaná spotřeba energie nejen domácností má v budoucích letech neustále narůstat (viz graf 3). „Uvádí se následující důvody:

- vyšší životní standard (větší vybavení domácností, větší byty, domy,...),
- vyšší aktivita průmyslu (související s předcházejícím bodem),

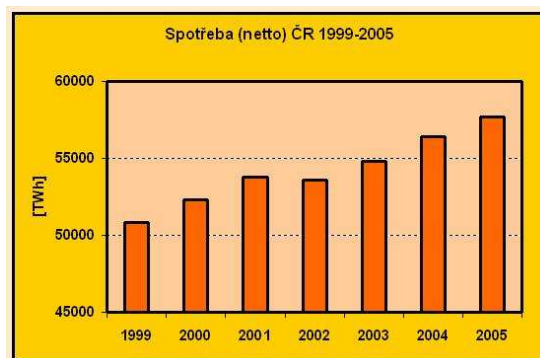
¹⁷ Aby se nám rozsvítilo : Šetrná energie pro každého. Brno : Hnutí Duha, 2000. 77 s. ISBN 80-902823-3-4.

- zvyšování bezpečnostních standardů (záložní zdroje pro výpočetní techniku, zdvojené linky,...),
- rozšíření ITC technologií (rozšiřování sítí, placení elektronickými kartami),
- zvyšující se doprava (rozvoj ekologické hromadné dopravy, především železniční, rozšiřování metra),
- substituce jiných energií (elektrická energie může nahradit a bude nahrazovat zemní plyn, uhlí),
- ekologické projekty (např. modernizace nevyhovujících provozů, sanace starých ekologických zátěží, výstavba silničních a dálničních obchvatů,...),
- vyšší hygienické a zdravotní standardy.¹⁸

Graf 2: Spotřeba el.energie na 1 obyvatele.



Graf 3: Spotřeba (netto) ČR 1999-2005.



Pro Atom web [online]. 2007 [cit. 2007-10-28]. Dostupný z WWW:
 <<http://proatom.luksoft.cz/view.php?cisloclanku=2006030401>>. ISSN 1802-5331.

3.2 Rostoucí ceny energií

„Cena elektřiny, která není regulovaná, vzrostla podle údajů Energetického regulačního úřadu v roce 2007 v průměru o 16 %, což vedlo ke zvýšení celkové ceny například pro domácnosti o 7,9 %. V r. 2008 by měla vzrůst cena elektřiny o 14% a v roce dalším podle současných odhadů až o 19 %. Tento strmý a stálý nárůst má své logické

¹⁸ Pro Atom web [online]. 2007 [cit. 2007-10-28]. Dostupný z WWW:
 <<http://proatom.luksoft.cz/view.php?cisloclanku=2006030401>>. ISSN 1802-5331.

příčiny. Cena elektřiny u našich sousedů, např. v Německu, a na Slovensku, je vyšší než v ČR, v Evropě je po elektřině stále větší poptávka a zdrojů je obecně nedostatek.¹⁹

Podobný nárůst cen probíhá i u dalších energií. „Daňová reforma 2008 přináší nové ekologické daně. Počínaje r. 2008 začalo Ministerstvo financí realizovat tzv. první etapu, která spočívá ve zdanění zemního plynu (a některých dalších plynů), pevných paliv a elektřiny.“²⁰

¹⁹S, R. *Alternativní dodavatelé nabízejí lacinější elektřinu*. Hospodářské noviny. 12.10.2007, č. 12.10.2007, s 1

²⁰ *Finance.cz* [online]. 2000-2008 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.finance.cz/dane-a-mzda/informace/reforma-2008/ekologicke-dane/>>.

4 Základní technické rysy odlišující domy chráněné zemí od ostatních

4.1 Zemina chránící dům

„Na rozdíl od vzduchu obklopujícího klasický dům, jehož teplota během celého dne kolísá v rozmezí 10 - 15 °C (během dne a noci) a během roku až v intervalu 50°C (v létě + 30°C, v zimě - 20 °C), zemina již v několika desítkách centimetrů prakticky nezaznamenává každodenní změny teplot a v hloubce ve více jak dvou metrech je celoroční průměr teplot neměnný (okolo 12 °C).²¹ Můžeme si tedy představit rozdíl, když v největším létě pálí slunce do plechové či betonové střechy nebo do střechy pokryté zemí.

Konstrukce domů chráněných zemí je tak velmi odolná i proti přírodním pohromám, jako např. krupobitím, větrným smrštím či přívalovým deštům, a to díky zpomalovacímu odtokovému efektu vegetační střechy. Podstatná část vody je zachycená během deště vegetací na střeše, poté teprve ještě dlouhou dobu odtéká drenážním systémem, což napomáhá rovnoměrnému vsakování vody do celého okolí. Naproti tomu však u klasického domu veškerá voda stéká během několika vteřin ze střechy přes rýnu až do kanalizace, kterou tak svým návaem zaplaví, popřípadě se rozlije až do ulic.²²

4.1.1 Výběr stavebního místa

„Cílený výběr parcely je prvním a zcela nejpodstatnějším krokem stavebního projektu. Při stavbě nízkoenergetického domu, je třeba zcela rozumět vlivům jako je správná orientace domu vůči světovým stranám nebo zastínění okolním terénem. Jak už topografie pozemku, tak i půdní či hydrologické podmínky v místě mohou značně ovlivnit náklady stavby a „chování“ samotného domu během jeho existence. Důležité tedy je dobře rozumět všem vlivům v námi vybrané lokalitě a umět je využít nebo se jim s přizpůsobit, a to s minimálními náklady.

²¹ FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 2

²² FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6 s 2-6

Orientace vůči světovým stranám

Domy chráněné zemí vnímáme jako obytné domy, kde jedno průčelí je otevřeno slunci, světlu a výhledu. Zásadní vliv na energetickou bilanci domu má především správná jižní orientace nekrytých fasád vůči slunci, její maximální prosklení (nejlépe využívají slunečního záření okna orientovaná v rozmezí $\pm 15^\circ$) a orientace vůči převládajícímu směru větru. Pěkný výhled má spíš psychologický a estetický vliv.

Slunce má z hlediska energetického chování domu pro nás klíčový význam. Jeho základem je využití tzv. pasivně-solárního efektu - přeměna slunečního záření procházející okny na teplo uvnitř domu. Ve srovnání s tzv. aktivní solární systémy – např. kolektory pro výrobu tepla a energie – je efekt ekonomicky výhodný, neboť nepředstavuje žádnou investici navíc a jeho energetický přínos je podstatně výraznější než u zmíněných aktivních solárních systémů.

Topografie terénu

Rovnost či svažítost pozemku má vliv nejen na větrné poměry v lokalitě, oslunění otevřených fasád, a možnosti výhledu, ale podstatně rozhoduje i o nákladovosti výstavby. Jako optimální se v tomto případě jeví jižní a jihozápadní svahy o sklonu kolem 20%. Pokud dům stavíme na rovině buď ho můžeme zapustit do terénu, nebo ho po dostavění zahrneme zeminou. Tyto varianty se nám mohou značně prodražit.

Půdní a hydrogeologické poměry

Jelikož domy chráněné zemí zasahují do větších hloubek než klasické domy, je nutno zohlednit půdní a hydrogeologické poměry místa výstavby. „Nejvhodnější jsou granulační struktury (písek, štěrk a sprašová zemina), které jsou lehké a umožňují účinnou drenáž podzemní vody. Naopak nejhorší jsou kohezní půdy jílovitého typu, které nejsou prakticky schopné vést podzemní vodu kolem domu. Půdní a hydrogeologické poměry v místě nejspolehlivěji zjistí vrtané sondy.“²³

²³ FRKAL, Luděk. Domy Chráněné zemí. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6 s 8

4.1.2 Základní architektonické řešení

„Z tohoto hlediska můžeme rozdělit domy na „podzemní“, „přihnuté zemí“ a jejich kombinace. Za poněkud teoretické řešení, alespoň v našich podmínkách, lze považovat atriový podzemní dům, který je postaven zcela pod úrovní rovinatého terénu a kde hlavní obytné prostory jsou situovány kolem otevřeného centrálního dvorce. Základem úspěšného architektonického řešení domu chráněného zemí je zajistit optimální proslunění interiéru, zároveň jej obklopit co největším množstvím hlíny schopnou akumulovat teplo (či v létě chlad), to vše při zachování elegance domu a jeho sensitivním zakomponováním do okolní krajiny.

U jakýchkoliv staveb tak i zde je nutno vyřešit problém tepelných mostů, což jsou konstrukční prvky budovy, které odvádějí teplo z vyhřátého interiéru ven. Pozor si musíme dát na betonové konstrukce a beton samotný, které jsou velmi dobrými vodiči tepla. Řešení jsou pouze dvě, buď dokonalá tepelná izolace kolem celého vystupujícího prvku (př. nadokenní římsy) nebo použití materiálu s nižší tepelnou vodivostí (dřevo, tvárnice z tepelně izolujících pálených bloků).

4.1.3 Statika

Obvodové a nosné zdi u klasické stavby jsou zatěžovány pouze vertikálně, kdežto u domů chráněných zemí působí na obklopující zeminy i síly příčné, a to nerovnoměrně. Statický výpočet je proto nesmírně důležitý. Může nám pomoci předejít pozdějšímu poškození domu. Proto bychom se měli svěřit do rukou kvalitního projektanta a nebát se do projektu se statickým výpočtem investovat.

4.1.4 Stavební konstrukce a materiály

Pevnost a trvanlivost patří k nejzákladnějším faktorům při volbě stavební konstrukce a materiálů. Musíme brát na vědomí, že pozdější opravy obvodového pláště jsou značně komplikovanější díky okolní zemině.

Ze stavebních materiálů máme na výběr :

- **nevyztužený beton litý na místě** – použití: základy, podlahy, obvodové zdi,

- **vyztužený beton** – širší použití : samonosný (stropy, střecha, nosníky), obvodové zdi do libovolné hloubky,
- **předpjaté betonové prefabrikáty** – použití : nejnáročnější aplikace,
- **zdivo** – použití : nadzemní konstrukce (fasády, opěrné zídky),
- **ocel** – použití: sloupy, nosníky, výztuž,
- **dřevo** – použití : vybavení interiéru, trámy, ploché střechy,
- **nepálená hlína** (nepálené cihly, udusaná hlína)- použití : interiér.²⁴

4.1.5 Drenáže a hydroizolace

„Drenážní systém aktivně snižuje hladinu podzemní vody kolem domu a v optimálním případě by ji neměl pustit nad úroveň nejnižze položených trubek u základových pásů. Má proto velký význam i pro statiku stavby neboť eliminuje vliv hydrostatického tlaku na obvodové zdi domu chráněného zemí.

Hydroizolační materiály jsou vrstvy aplikované přímo na povrch zdí obvodového pláště. Vždy však musí být umístěny na teplém povrchu zdi, to znamená pod tepelnou izolací a zároveň musí být vysoce odolné vůči chemickému a bakteriálnímu rozkladu, napadání půdními organismy a živočichy. V dnešní době se nabízí velké množství prostředků ochrany zdiva proti vlhkosti, v našem případě se však jedná o materiály odolné proti podzemní vodě. Tyto materiály můžeme rozdělit do čtyř skupin:

- **hydroizolační membrány** - PVC, polyethylen, polypropylen a butylové kaučuky (+vysoká schopnost přemost'ovat praskliny, - lehce poškoditelné),
- **vrstvené materiály na bázi asfaltu** (+vysoká odolnost, - degradace na slunci),
- **hydroizolační tmely** (+snadně izolují rohy,kouty a průniky složitých tvarů, - vyšší cena),

²⁴ FRKAL, Luděk. Domy Chráněné zemí. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6 s 12-23

- **bentonit** (+levné, jednoduché použití, -možnost odplavování vodou).²⁵

4.1.6 Tepelná izolace

„Aby solární a další teplo generované uvnitř domu chráněného zemí neunikalo do země, je nezbytné je od sebe oddělit vrstvou tepelné izolace. Ta nemusí být silná jako u klasických domů, jelikož zde je rozdíl teplot obou hmot poměrně malý, i přesto se však umísťuje pouze na vnější stranu obvodového pláště. V pravém opaku by mohlo docházet k promrzání a pozdějšímu strukturálnímu poškození obvodových zdí. Tepelná izolace také chrání mechanicky hydroizolační vrstvy před jejich poškozením.

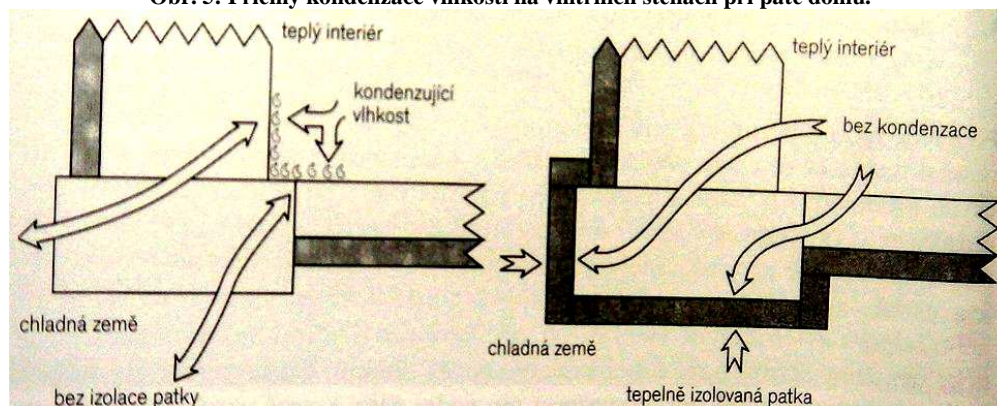
Pro řádné fungování musí tepelná izolace splňovat několik podmínek:

- odolnost vůči příčnému tlaku zeminy (při přílišném stlačení ztrácí tato izolace své tepelněizolační vlastnosti, proto při předpokladu jejího použití 3-5m pod povrchem, vyhovují materiály uzpůsobené na tlak 1,4-2,1 kPa/cm²), struktura zamezující absorpci vlhkosti,
- dlouhodobá odolnost vůči chemickému působení podzemní vody, působení živočichů a bakteriálnímu rozkladu,
- tvarování okrajových desek tak, aby v co největší míře omezovaly průnik částic zeminy a vody mezerami mezi deskami.

Problémem je, že běžných a cenově dostupných materiálů s těmito vlastnostmi je na trhu jen pár. Unikátní materiál jsou desky z extrudovaného polystyrenu. Jejich výjimečnost spočívá v detailní struktuře polystyrénových buněk, které jsou dokonale uzavřeny (na rozdíl od normálního expandovaného polystyrenu). Díky tomu se tento materiál vyznačuje vysokou hustotou relativně tuhých buněčných stěn, díky nimž je kapilární propustnost pro vodu a vodní páru nulová. Součinitel jeho tepelného odporu je mimořádně vysoký a za výše uvedených příčin tlaků zeminy zcela neměnný.

²⁵ FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 25-29

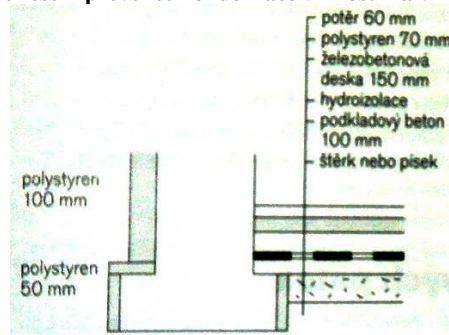
Obr. 5: Příčiny kondenzace vlhkosti na vnitřních stěnách při patě domu.



Zdroj: FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 32

Důvodem pro tepelnou izolaci základových patek je zabránění vzniku tepelného mostu a kondenzaci vzdušné vlhkosti (Ta vzniká především na počátku léta, kdy zemina má okolo 12°C, zatímco do domu proudí horký letní vzduch s vysokou vlhkostí. Kouty sice vzduch ochlazují, zároveň se však na nich kondenzuje vzdušná vlhkost - viz obr. 5. Ideálním leč drahým řešením by byla izolace deskami z pěnového skla pod základovými patkami. Kompromis projektantů z Jižního Chlumu můžete vidět na obr. 6.

Obr. 6: Ekonomicky schůdné řešení prevence kondenzace vlhkosti na vnitřních stěnách při patě domu.



Zdroj: FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 32

Na tepelnou izolaci odkrytých stěn lze použít běžných materiálů a postupu jako při stavbě nadzemních domů. Důležitým úkolem této stěny je prosvětlovat vnitřní prostor, proto velikost plochy oken je zde nadstandardní a podílí se na tepelné bilanci mnohem více než zbytek stěny – viz více v odkaze Okna, světlíky a tubusové světlovody. U její stavby je lepší použít pálené tvárnice nebo jiný běžný zdící materiál s vyšším koeficientem tepelného odporu (to znamená s lepšími tepelněizolačními vlastnostmi) namísto železobetonu (dovoluje-li to ovšem statika domu). Izolační materiály můžeme použít normální

(např. stabilizovaný expandovaný polystyren) nebo alternativní (např. ovčí vlna, balíky slámy) anebo jiné recyklované materiály.“²⁶

4.1.7 Zahrnutí stavby

„Na první pohled se může zdát, že zahrnování je ta nejjednodušší část z celé realizace stavby. Není to však docela pravda. Pokud má zemina dobrou propustnost, probíhá zahrnování po vrstvách max. 20cm silných, které se po dokončení každé z nich musejí řádně udusat, nejlépe pomocí motorového zhutňovače. Na samotné zahrnování můžeme použít buldozer či jiný vhodný mechanismus se lžící nebo radlicí. Pozor si určitě musíme dát na velké balvany nebo odštěpující se izolaci.

Pokud ovšem zemina není natolik propustná, je třeba provést obsyp stěn štěrkem nebo jemným kamenivem (je to skvělá ochrana také proti průniku hlodavců k tepelné izolaci). Dusání neprovádíme hned na této drenážní vrstvě, ale až na klasické zemině.“²⁷

4.1.8 Vegetační střecha

Jak je již uvedeno výše, vegetační střecha nám slouží nejen jako ochrana před vnějšími vlivy, tepelná izolace, izolace proti horku a svou schopností zadržovat vodní srážky, ale také svou trvanlivostí a estetickým a ekologickým efektem (např. “produkce kyslíku, vázání oxidu uhličitého : 25m² asimilační plochy zeleně vyprodukuje za den tolik kyslíku, kolik spotřebuje člověk za stejný čas k dýchání nebo např. zachycuje částečně prašnost“²⁸).

„Při plnění funkcí vegetační střechy hraje rozhodující roli, kromě vegetace samotné, také horních asi 10-15cm půdy. Samozřejmě, že čím více půdy na střeše, tím větší má střecha kapacitu pro akumulaci tepla či chladu, zachytí více vody při srážkách, udrží vláhu za období sucha. Na druhou stranu však každý decimetr navíc výrazně zatěžuje nosnou konstrukci. Tab. 1 ukazuje zatížení ploché střechy jednotlivými druhy vegetačních substrátů při nasycení vodou.

²⁶ FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 30-33

²⁷ FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 34-35

²⁸ FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 37

Tab. 1: Zatížení ploché střechy jednotlivými druhy vegetačních substrátů při nasycení vodou.

Materiál plně nasycený vodou ve vrstvě 10cm	Plošná hmotnost [kg/m ³]
Zemina, průměrné kvality	160-200
Písek, štěrkopísek	200-220
Štěrk	160-180
Keramzitový písek	110-130
Keramzitový štěrk	50-100
Rašelina	70-90
Kůrový kompost	110-120
Zemina + rašelina	130-150
Láva + pemza + rašelina	110-140

Zdroj: FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 38

Rozeznáváme tři druhy vegetačních střech:

- Biotopní vegetační střechy se skládají ze sukulentů, mechů a některých druhů trav a bylin. Jedná se o přirozenou symbiózu rostlinných společenstev schopných samostatného přežití a případné samoobnovy.
- Extenzivní vegetační střechy plní kromě ekologické funkce i funkci estetickou. Vyžadují malou péči (hnojení, osívání a doplňování složek substrátu) a náklady na údržbu.
- Intenzivní vegetační střechy (střešní zahrady) kromě estetické a ekologické funkce mají také funkci rekreační, v budoucnosti je také možné zemědělské využití.²⁹

4.1.9 Okna a tubusové světlovody

„U nízkoenergetických a pasivních domů slouží okna především jako zdroj tepelných zisků. Sluneční záření projde sklem beze změny, po dopadu na stěny a podlahu či nábytek se absorbované záření posune do vyšších vlnových délek a tato „tělesa“ jej odrazí zpět jako tepelné záření. U klasického domu ale teplo opět unikne prostupem přes okna, zdi, strop a spáry ven. Dokážeme-li však solární teplo generované okny v interiéru zadržet a využít, mohou správně navržená okna významně ovlivnit tepelnou bilanci domu.

²⁹ FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 36-41

Světlíky zajišťují dokonalé osvětlení a větrání objektů. Jsou určeny k instalaci na ploché střechy a střechy se sklonem 17°.

Světlovodivé tubusy s vysoce reflexním vnitřním povrchem slouží k přivádění denního světla ze střechy domu do místností, ve kterých se většinou nenacházejí okna, a to i přes více pater. Ve srovnání se střešním oknem či světlíkem má tubusový světlovod menší plochu prosklení. Z hlediska tepelně izolačních vlastností funguje izolant sloupec vzduchu uzavřený v tubusu. V létě tak nedochází k přehřívání a v zimě k tepelným ztrátám.³⁰

4.1.10 Vytápění, chlazení a větrání interiéru

„Zatímco u klasického domu představují vytápění, chlazení, větrání a ohřev teplé vody samostatné systémy, u pasivního domu, tedy i u domu chráněného zemí jde o jeden propojený celek. Vysoké tepelné pohody je celoročně zajišťováno solárními zisky ze slunečního záření procházejícího okny a teplo generované provozem domácnosti. Popřípadě přitápění je zde zajišťováno jako vedlejší produkt systému ohřevu vody.

Chlazení domu v létě se stává energeticky velmi náročným požadavkem moderního bydlení. Domy chráněné zemí si udržují příjemné teploty i přes horké letní dny a to díky obklopující zemině, izolaci obvodových zdí a především díky zelené střeše, jejíž vrstva by měla mít minimálně 30cm aby byl chladicí efekt dostatečný.

Kvalitní a pravidelné větrání interiéru je důležité jak z hygienického hlediska, tak z hlediska naší existence, jelikož vzduch je naší nejdůležitější „potravinou“. Spolehlivou výměnu vzduchu lze zaručit pomocí mechanických ventilačních zařízení, které nepustí do domu hmyz, zajistí stálou hladinu kyslíku a účinně odvádí pach a vlhkost z hygienického zařízení a kuchyně.³¹

„Praktické řešení při větrání je tedy vzduchotechnická jednotka, jakožto systém řízené ventilace s přívodem a odtahem vzduchu, se zpětným získáváním (rekuperací) tepla. Při rekuperaci se teplo z odváděného vzduchu v tepelném výměníku využívá k předehřívání

³⁰ FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 48

³¹ FRKAL, Luděk. *Domy Chráněné zemí*. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.s 52-56

přiváděného vzduchu. Odtahové trysky se většinou umísťují v kuchyni, koupelně a WC. Čerstvý vzduch se nasává co nejdále od odvodu odpadního vzduchu, předehřívá ve výměníku a rozvádí do obytných místností. Rychlost proudění je velmi malá a není proto vnímána nepříjemně. Běžně vzduchotechnická jednotka vymění 50% vzduchu v domě za hodinu. Ventilace znamená ztrátu tepla, ale díky rekuperaci lze tyto ztráty velmi rozumně snížit. Zapojí-li se do systému ohřívače vzduchu (využívá se teplo vzniklé při ohřívání vody), může ventilace zároveň fungovat jako teplovzdušné vytápění.³²

4.2 Výhody a nevýhody domů chráněných zemí

4.2.1 Výhody

„Kromě energetické úspornosti se zelené domy vyznačují dalšími výhodami:

- Ke stavbě můžeme použít i nejlevnější pozemky (např. svahy či jiné nerovné terény), které by byly nevhodné pro klasickou zástavbu či zemědělské využití.
- Celková běžná údržba je finančně i časově méně náročná než údržba jiného rodinného domu.
- Jsou vysoce odolné proti živelným pohromám (krupobití, větrným smrštím,...), požáru nebo vůči selhání veřejné infrastruktury (v domě lze v zimě snadno udržet teplotu nad +20°C i při dlouhodobém výpadku elektrické energie).
- Dále jsou velmi dobře zvukově izolované, tedy tiché. Umožňují tak bydlení i v hlukově náročných lokalitách (např. v blízkosti rušných cest, letišť apod.).
- Jejich architektura zachovává v nejvyšší míře původní ráz krajiny a asimilační plochu zeleně.
- Díky nenápadnosti v krajině lze využít jejich střechy k pěstování užitkových či ozdobných rostlin. Jejich praktické využití se tímto rozšíří i na chaty nebo zahradní domky, protože využitelná plocha, kterou zabírají, je minimální.

³² PLAMÍNKOVÁ, Jana. *Slabikář ekologického bydlení*. Praha : PROFES J&K, 1998. 118 s. ISBN 80-238-2218-7. s 25-26

- Další výhodou jsou peníze, které člověk ušetří každý měsíc za energii a údržbu. Ty pak může využít na snížení svých pravidelných splátek. Navíc úsporný režim těchto domů je silný argument pro zvýšení bonity klienta při sjednávání hypotéky, což ji činí dostupnou téměř každému.

4.2.2 Nevýhody

- Vysoké investiční náklady – v průměru vyšší o jednu třetinu ve srovnání s klasickým domem.
- Zelené domy vyžadují odbornou projektovou přípravu a velmi kvalifikované provedení stavebních prací, a to nejméně do fáze hrubé stavby. Pro tuto práci je podstatné najmout zkušenou a spolehlivou firmu, která má v této oblasti dostatek zkušeností. Důležité je také si obstarat nezávislý stavební dozor.
- Typické pro tyto domy z vnějšího pohledu je jejich nenápadnost a skromnost. Proto jimi nelze dávat najevo vaši moc či majetek.
- I dnes se ještě můžete setkat s konzervativním pracovníkem místního úřadu, či lidmi ve vašem okolí, co nebudou mít pro vás a váš nový zelený dům mít pochopení.³³

³³ Zelené domy [online]. 2003 [cit. 2007-11-30]. Dostupný z WWW: <http://www.zelenedomy.cz/zelene_domy/zelene_domy.htm>.

5 Poznatky z praxe

Ekologické stavby se vyskytují, jak již bylo zmíněno v 2. kapitole *Historie domů chráněných zemí u nás i ve světě*, po celém území České republiky. K nejzajímavějším projektům nízkoenergetických ekologických staveb na Moravě patří Nízkoenergetické ekologické domy v Hradčanech u Brna a Ekosídliště Jižní Chlum na Zlínsku.

5.1 Nízkoenergetické ekologické domy v Hradčanech u Brna

Lokalita Sluneční ulice v Hradčanech u Brna se řadí k výjimečným projektům v České republice. Tomu také naznačují i jednotlivé realizace domů. Budou zde postaveny různé druhy domů – pasivní, slaměné či nízkoenergetické. Jedno však většina bude mít společné a to projektanta Akad. arch. Aleše Brotánka, který se začal o ekoarchitekturu zajímat již koncem 70.let a v dnešní době patří v této oblasti k uznávaným autoritám.³⁴

Samotný nápad vznikl již v roce 2004 ze strany majitelů stavební firmy Miroslava a Michala Navrátilových. Jejich firma se specializuje především na výstavbu rodinných domů a rekonstrukce, ale také na nízkoenergetické, pasivní nebo ekologické stavby. V roce 2006 se stali prvními výrobci hliněných omítek³⁵ v ČR.

Lokalita Sluneční ulice (celkem 20 000 m²) utváří ucelenou zástavbu, nacházející se za zastavěnou částí obce Hradčany u Brna. Pozemky jsou rozděleny na devět prostorných stavebních míst. Velikosti a tvary pozemků jsou navrženy tak, aby poskytovaly absolutní soukromí. To podporuje i umístění domů uprostřed zahrad.

Realizace stavby byla počata v dubnu r. 2006. Jelikož plocha, která je určena devíti stavebním pozemkům, postrádá infrastrukturu a ostatní přípojky potřebné k řádnému fungování obydlí, začalo se postupně se stavbou silnice, vodovodu, veřejného osvětlení a nízkého napětí. Během této výstavby se postupně dorozprodalo všech devět pozemků, byly navrženy architektonické návrhy a projekty všech domů.

³⁴ Více na <http://www.versusarchitekt.cz/index.asp?page=3>

³⁵ Hliněná omítka – vyráběná z přírodního materiálu, bez chemických přísad, skvěle absorbuje vzdušnou vlhkost, nejlepší využití v interiérech obytných prostor, především v koupelnách

První dům, který byl ve Sluneční ulici dokončen a kolaudován na podzim r. 2007, je pasivní dům – viz obr. 7. Tato stavba získala odměnu v celostátní soutěži „DŘEVĚNÝ DŮM“³⁶, kam se přihlásilo celkem asi 120 projektů.³⁷

Obr. 7: Projekt Sluneční ulice (vlevo) a pasivní rodinný dům (vpravo).



Zdroj: RIGI : stavební firma [online]. 2000 [cit. 2007-11-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.rigi.cz/index.php?typ=RIA&showid=110>>.

Další dům, tentokrát slaměný, je teprve v prvotní fázi výstavby hrubé stavby. Jeho předpokládané dokončení se odhaduje na podzim 2008.

Realizace a dokončení ostatních staveb a úprav pozemků pak bude následovat v několika letech, 2008 - 2010.

Jelikož projekt Sluneční ulice je stále ve výstavbě, nebylo by možné provést jakékoliv ekonomické šetření či srovnání s klasickými domy.

³⁶ „Soutěž Dřevěný dům 2006 iniciovalo Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR v polovině loňského roku vypsáním veřejné architektonicko-konstrukční soutěže s cílem podpořit vznik moderních dřevostaveb na území České republiky. Dalším cílem soutěže bylo vytvoření databáze kvalitních projektů nízkoenergetických domů a jejich následná nabídka pro veřejnost, včetně rozšíření informovanosti stavebníků a investorů o dobrých vlastnostech a prospěšnosti dřevostaveb. Roli vyhlášovatele soutěže přijalo též Ministerstvo zemědělství ČR, Ministerstvo životního prostředí ČR, Ministerstvo místního rozvoje ČR a dále Nadace dřevo pro život, Česká komora architektů, Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků a Technologické centrum Akademie věd ČR.“
Více na: *Dřevěný dům 2006 - vyhlášeny výsledky největší architektonické soutěže* [online]. 2006. 2001-2008 [cit. 2008-04-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3300>>.

³⁷ Více na http://www.rigi.cz/picture/RIGIHrad%E8anySTS_DP%202.htm a <http://www.rigi.cz/picture/Ocen%ECn%FD%20pasivn%ED%20d%F9m%20v%20sut%EC%BEi%20D%D8EV%CCN%DD%20D%20D9M%202006.jpg>

5.2 *Ekosídliště Jižní Chlum na Zlínsku*

Domy chráněné zemí na našem území, jak je již uvedeno v 1.kapitole, jsou stále neobvyklá věc. Jejich počet se odhaduje na desítky, bohužel jejich lokace není snadná. Většina majitelů zelených domů je již negativně nakloněna k jakékoliv další spolupráci s veřejností. Je proto velice obtížné zjistit jakékoliv bližší informace týkající se těchto domů. I přes veškerou snahu kontaktovat jak majitelé domů chráněných zemí tak i ekologické či jiné nezávislé organizace, které by mohly mít o těchto domech přehled, naráží na ne příliš pozitivní postoj.

Literatura je v tomto případě také buď zastaralá – především z 90. let, nebo v odborném cizím jazyce, především v angličtině či němčině.

Jediná organizace specializující se především na domy chráněné zemí je občanské sdružení Zelené bydlení, které bylo prvotním iniciátorem a organizátorem výstavby ekosídliště Jižní Chlum na Zlínsku. Jde o neziskovou organizaci, jejímž posláním je poradenství, propagace a odborná i hmotná podpora ekologicky výhodných způsobů moderního bydlení. Jejich projektanti díky spolupráci s předními odborníky z celého světa, především z USA, Rakouska a Dánska vyvinuli optimální postupy, které jsou přizpůsobeny českým stavebním normám. Tyto postupy pak ověřili i v praxi při první etapě výstavby ekosídliště Jižní Chlum, kdy byly postaveny čtyři rodinné domy (tři jednopodlažní o velikosti užitné plochy 110, 145 a 185 m² a jeden dvoupodlažní o celkové výměře 210 m² užitných ploch). Sdružení přitom využívá co nejvíce dotací a grantů, kterou jsou jim udělovány jak tuzemskými, tak i zahraničními organizacemi, na realizaci projektů s příznivým dopadem na životní prostředí. Dodavatelé materiálů a stavebních prací jsou přitom normální stavební firmy, s nimiž zákazník uzavírá smlouvy o dílo. Odborníci z řad Zeleného bydlení zajišťují pak nezávislý stavební dozor a koordinaci jednotlivých prací při realizaci stavby. To vše přináší zákazníkovi významné úspory.

Jelikož lokalita sídliště se nachází několik set metrů od cesty mezi Lhotkou u Zlína a obcí Chlum, na prvopočátku bylo nutné vybudovat infrastrukturu. Díky plánům do budoucna poskytuje lokalita a její inženýrské sítě (rozvody elektřiny a vody, příjezdová cesta, dešťová a splašková kanalizace) možnost růstu sídliště. Kromě čtyřech už dostavěných

domů se zde počíná realizovat výstavba tří nízkoenergetických terasových domů. Přibližně bude mít ekosídliště Jižní Chlum asi deset domů.

Za podpory Dánského výboru pro životní prostředí byla na pozemku sídliště vybudována kořenová čistička odpadních vod, která zbavuje obyvatele Jižního Chlumu poplatku za stočné. Zpětný odběr užitkové vody, např. na zalévání či k dalším technickým účelům, však také snižuje jejich měsíční výdaje za vodné.

Jak je vidět, ekosídliště Jižní Chlum nám skýtá možnost ekonomického porovnání investičních a provozních nákladů, možnost propočítání úspor energie a vody a celkové rentability domů chráněných zemí.

6 Porovnání domu chráněného zemí a klasického domu z ekonomického hlediska

6.1 Výchozí předpoklady

V důsledku nedostatku informací a ojedinělosti staveb domů chráněných zemí na území ČR, lze porovnat pouze dva konkrétní domy, a to dům chráněný zemí a klasický dům, za několika základních předpokladů:

- půjde vždy o jednopodlažní rodinný dům,
- celková zástavba činí 170 m²,
- obytná plocha je u obou domů stejná, a to 145 m², zbylých 25 m² tvoří garáž,
- v každém domě vždy bydlí dvě dospělé pracující osoby,
- oba domy se nachází v lokalitě Zlínsko,
- oba domy byly postaveny v r. 2003 a od r. 2004 jsou využívány k bydlení,
- u obou domů jsou stejné nároky na vodu (zalévání zahrady, četnost koupelen, myčka nádobí apod.) a na el.spotřebiče (sporák, pračka, lednička, mrazák, televize, počítač, apod.) – u obou se předpokládá stejná kapacita a frekvence používání.

6.2 Porovnání investičních nákladů

Investičními náklady u obou domů se rozumí pořizovací cena domu jakožto stavby připravené k bydlení – do ceny vstupují kromě samotné stavby také náklady na veškeré rozvody (rozvod vody, tepla, elektřiny, apod.) a náklady na technické vybavení (tj. u domu chráněného zemí např. solární panely, vzduchotechniku).

Avšak napojení na infrastrukturu, elektřinu, vodovod a kanalizace, příjezdové cesty byly financovány od cizího zdroje, tudíž nevstupují do investičních nákladů. Dále sem

nezasahují náklady na zařízení interiéru ani cena pozemku, která se může velmi lišit ať už v závislosti na lokalitě, tak i na jiných podmínkách.

Oba domy tedy byly připraveny k nastěhování a bydlení.

Investiční náklady na dům chráněný zemí činily 2,65 mil Kč (velmi významnou položkou zde kromě samotné stavby je právě technické vybavení – např. cena solárního zařízení byla 200 tis.Kč z toho 100 tis.Kč dostal majitel domu zpět od státu v rámci dotací anebo vzduchotechnika, jejíž cena činila 100 tis.Kč), kdežto investiční náklady u klasického domu byly jen 2,15 mil Kč. Z toho tedy vyplývá, že investiční náklady u domu chráněného zemí byly vyšší o 500 tis.Kč, tj. vyšší o 23 % než investiční náklady u klasického domu.

6.3 Porovnání provozních nákladů

Provozními náklady u domu chráněného zemí se myslí náklady na spotřebu energie a vody. Jelikož solární technika zabezpečuje ohřev vody i vzduchu, počítá se zde pouze s náklady na elektrickou energii, která je nezbytná např. k vaření, provozu vzduchotechniky a jiných elektrických spotřebičů. Proto od jara do zimy jsou náklady domu chráněného zemí minimální.

U klasického domu do provozních nákladů vstupují jak náklady na elektrickou energii (běžný provoz elektrických spotřebičů) a vodu, tak náklady na zemní plyn, který se používá především k vytápění.

Ztráty tepla u klasického domu

Každý normální obytný dům je postaven dle potřeb svého uživatele a to především tak, aby se v něm cítil co nejlépe. Naše obydlí nás chrání hlavně před vnějšími klimatickými vlivy a vzhledem k zeměpisné poloze naší republiky je třeba v chladných dnech roku topit. V poslední době vzhledem ke změně klimatu na našem území však dochází i k výraznému zvýšení počtu chladících klimatizačních jednotek .

Teplo sice ohřeje většinu věcí uvnitř, ale pak díky nedostatečné tepelné izolaci uniká ven – a to především dveřmi, okny, obvodovými stěnami, střechou a podlahou viz obr. 8.

Obr. 8: Tepelné ztráty samostatného domu.



Část konstrukce		Rodinný dům
1	Obvodové stěny	25-35%
2	Okna a venkovní dveře	30-40%
3	Střecha / stropy	15-20%
4	Podlaha / strop sklepa	5-10%

Zdroj: JUCHELKOVÁ, Dagmar, et al. Obnovitelné zdroje energie. 1. vyd. Ostrava : Vita, 2003. 100 s. ISBN 80-903373-1-7. s 76

6.3.1 Porovnání nákladů na vodu

Jelikož dům chráněný zemí se nachází v lokalitě ekosídliště Jižní Chlum, sdílí s ostatními domy kořenovou čističku, která zajišťuje zpětný odběr užitkové vody. To úplně eliminuje náklady na stočné. Užitková voda je používána především na zalévání v letních měsících.

Na rozdíl od toho klasický dům k dispozici žádnou kořenovou čističku nemá, a tudíž obyvatelé musí platit jak vodné, tak stočné.

Tab. 2 ukazuje ceny za vodné a stočné pro Zlínský kraj, dle distributora Vodovody a kanalizace Zlín a.s. Ceny jsou uvedeny včetně DPH.

Tab. 2: Ceny za vodné a stočné pro Zlínský kraj.

Ceny za vodné a stočné (Kč/m ³)			
Roky	2004	2005	2006
Ceny za vodné	21,32	22,58	23,78
Ceny za stočné	20,16	20,79	20,79

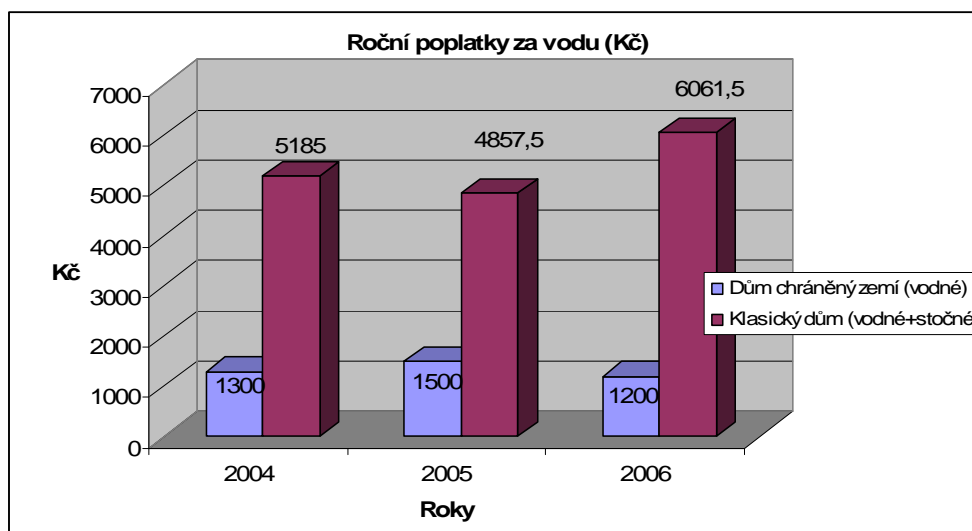
Zdroj : Vodovody a kanalizace Zlín, a.s.

Rozdíly v nákladech na vodu obou domů můžete vidět v tab. 3 a grafu 4.

Tab. 3: Roční poplatky za vodu (Kč).

Roční poplatky za vodu (Kč)						
Roky	2004		2005		2006	
Dům chráněný zemí/pouze vodné	1300		1500		1200	
	vodné / stočné	celkem	vodné / stočné	celkem	vodné / stočné	celkem
Klasický dům- vodné / stočné	2665	5185	2529	4858	3234	6061,5
	2520		2328,5		2827,5	

Graf 4: Roční poplatky za vodu (Kč).



Díky zpětnému odběru užitkové vody se u domu chráněného zemí dá jen velmi špatně zjistit celková roční spotřeba vody. Naproti tomu u klasického domu je celková spotřeba vody jednoznačná. V tab. 4. je k nahlédnutí celková spotřeba vody u klasického domu a spotřeba odebrané pitné vody u domu chráněného zemí.

Tab. 4: Roční spotřeba vody (m³).

Roční spotřeba vody (m ³)			
Roky	2004	2005	2006
Dům chráněný zemí (odběr pouze pitné vody z vodovodu)	61	66,4	50,5
Klasický dům (celková spotřeba vody)	125	112	136

Tab. 5: Rozdíl v nákladech na spotřebu vody domu chráněného zemí a klasického domu (Kč).

Rozdíl v nákladech na spotřebu vody u domu chráněného zemí a klasického domu (Kč)			
Roky	2004	2005	2006
Rozdíl v nákladech (Kč)	3885	3357,5	4861,5

V tab. 5 je znázorněno o kolik se liší roční náklady na spotřebu vody mezi domem chráněným zemí a klasickým domem.

K výpočtu použijeme statistický vzorec pro výpočet aritmetického průměru (1), kde x_i je jednotlivé roční rozdíly v nákladech na vodu a n je počet let.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{3885 + 3357,5 + 4861,5}{3} = 4035 \text{ Kč.} \quad (1)$$

Z výpočtu je vidět, že díky kořenové čističce a možnosti zpětného odběru užitkové vody jsou průměrné roční náklady na vodu u domu chráněného zemí o 4035 Kč nižší než u klasického domu.

6.3.2 Porovnání nákladů na energii

Jak již bylo výše řečeno, dům chráněný zemí využívá solárního systému na ohřev vody a vytápění. Elektrická energie, kterou spotřebovává, je hlavně využita na provoz elektrických spotřebičů.

Dodavatelem elektrické energie pro Zlínský kraj je E.ON Česká republika, s.r.o. Oba domy využívají jističů 3 x 25 A, proto se dá vycházet pro výpočet spotřeby energie z tab. 6.

Tab. 6: Sazba D02 – Jednotarifová sazba (pro střední spotřebu) E.ON.

Sazba D 02 - Jednotarifová sazba (pro střední spotřebu) EON				
Období	1.1.2004 - 30.4.2004	1.5.2004 - 31.12.2004	1.1.2005- 31.12.2005	1.1.2006 - 31.12.2006
Cena 1 kWh v Kč	3,18	3,1	3,3	3,49
Jistič	měsíčně plat v Kč			
Jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	83	81	86	106

Zdroj : TZBinfo - technická zařízení budov : stavebnictví, úspory energie [online]. 2001-2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=14&h=3>>.

Tab. 7: Roční spotřeba el. energie a náklady za ni vynaložené pro dům chráněný zemí.

Roční spotřeba elektrické energie a náklady za ni vynaložené pro dům chráněný zemí						
Roky	2004		2005		2006	
	spotřeba(kWh)	náklady(Kč)	spotřeba(kWh)	náklady(Kč)	spotřeba(kWh)	náklady(Kč)
El.energie	4797	16000	3324	12000	2845	11200

V tab.7 je znázorněna roční spotřeba elektrické energie u domu chráněného zemí.

Klasický dům kromě elektrické energie využívá také zemní plyn (vytápění a vaření).

Tab. 8 ukazuje ceny zemního plynu za roky 2004, 2005 a 2006.

Tab.8: Sazba za odběr zemního plynu.

Pro dodávky zemního plynu do 630 MWh/rok konečným zákazníkům a domácnostem od dále uvedených držitelů licence na distribuci plynu platí tyto maximální ceny							
Prodávající	Spotřeba v pásnu	Maximální cena dvousložková (včetně DPH)					
	nad - do	měsíční plat	měsíční plat	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/MWh
	kWh/rok	v Kč	v Kč	od	od	od	od
		od 1.1.2004 do 30.4.2004	od 1.5.2004 do 31.12.2004	1.1.2004	1.4.2004	1.5.2004	1.10.2004
Jihomoravská plynárenská, a.s.	nad 1 890 do 9 450	56	55	885,52	855,35	833,85	916,58
	Roční odběr	od 1.1.2005	od 1.4.2005	od 1.7.2005	od 1.10.2005	od 1.1.2005	
	MWh/rok	Kč/MWh				Stálý měsíční plat	
	nad 1,89 do 9,45	924,36	902,77	938,28	1087,91	55	
	Roční odběr	od 1.1.2006	od 1.4.2006	od 1.10.2006		od 1.1.2006	
	MWh/rok	Kč/MWh				Stálý měsíční plat	
	nad 1,89 do 9,45	1022,06	1036,83	978,31		61	

Zdroj : TZBinfo - technická zařízení budov : stavebnictví, úspory energie [online]. 2001-2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3725&h=3>>

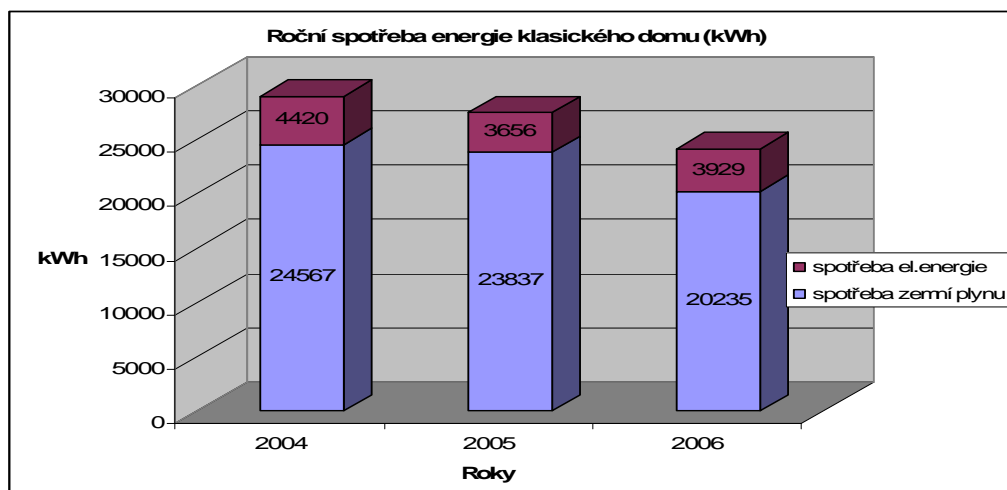
Tab. 9 udává roční spotřebu energie a náklady za ni vynaložené pro klasický dům.

Tab. 9: Roční spotřeba energie a náklady za ni vynaložené pro klasický dům.

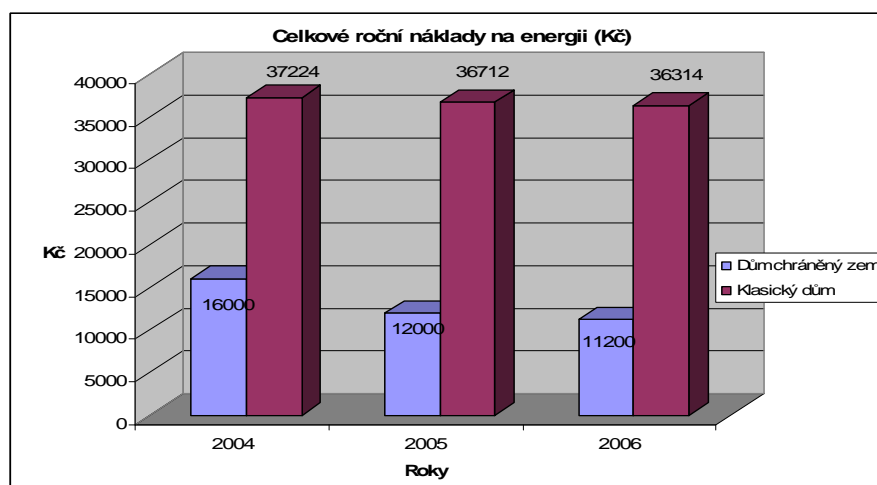
Roční spotřeba energie a náklady za ni vynaložené pro klasický dům						
Roky	2004		2005		2006	
	spotřeba(kWh)	náklady(Kč)	spotřeba(kWh)	náklady(Kč)	spotřeba(kWh)	náklady(Kč)
Plyn	24567	22100	23837	23615	20235	21330
El.energie	4420	15124	3656	13097	3929	14984
Celkem	28987	37224	27493	36712	24164	36314

V grafu 5 je znázorněný poměr spotřeby elektrické energie a plynu u klasického domu. Díky využití zemního plynu na vytápění a vaření převládá jeho spotřeba nad spotřebou elektrické energie.

Graf 5: Roční spotřeba energie (el.energie a zemní plyn) klasického domu (kWh).



Graf 6: Celkové roční náklady na energii (Kč).



Graf 6 znázorňuje porovnání celkových ročních nákladů na spotřebovanou energii u obou domů.

Tab. 10: Poplatky za energii (Kč).

Poplatky za energii (Kč)			
Roky	2004	2005	2006
Dům chráněný zemí (el.energie)	16000	12000	11200
Klasický dům (el.energie+plyn)	37224	36712	36314
Rozdíl poplatků	21224	24712	25114

Tab. 10 znázorňuje roční poplatky za energii u obou domů a jejich rozdíl. Průměrně tedy dům chráněný zemí ušetří ročně na energii 23.683 Kč, viz vzorec (2).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \left(\frac{21224 + 24712 + 25114}{3} \right) = 23683 \text{ Kč} \quad (2)$$

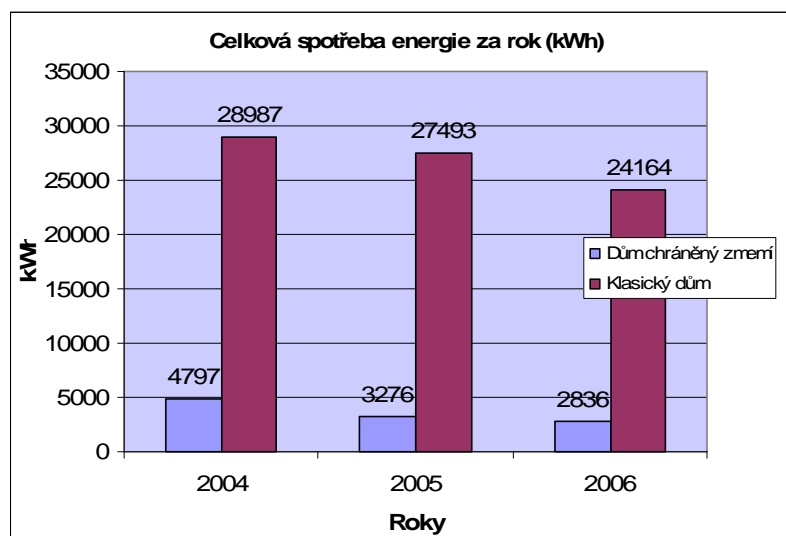
6.4 Porovnání roční spotřeby energie

Tab. 11 a graf 7 znázorňují celkovou roční spotřebu energie (v kWh) jednotlivých domů.

Tab. 11: Celková roční spotřeba energie jednotlivých domů (kWh).

Celková roční spotřeba energie jednotlivých domů (kWh)			
Roky	2004	2005	2006
Dům chráněný zemí(el.energie)	4797	3323	2845
Klasický dům(el.energie+zemní plyn)	28987	27493	24164

Graf 7: Celková spotřeba energie za rok (kWh).



Pro porovnání celkové spotřeby energie na zastavěnou plochu (170 m²) jednotlivých domů a rozdíl spotřeby poslouží tab. 12.

Tab. 12: Celková spotřeba energie na zastavěnou plochu (kWh/m²/rok).

Celková spotřeba energie na zastavěnou plochu (kWh/m ² /rok)			
Roky	2004	2005	2006
Dům chráněný zemí	29,3	19,3	16,6
Klasický dům	170,5	161,7	142,1
Rozdíl spotřeby	141,2	142,4	125,5

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \left(\frac{170,5 + 161,7 + 142,1}{3} \right) = 158,1 \text{ kWh/m}^2/\text{rok} \quad (3)$$

Praktické šetření prokázalo, že klasický dům svou roční spotřebou energie, viz výsledek rovnice (3), opravdu spadá do kategorie klasických domů (viz 1. kapitola Definice pojmů).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \left(\frac{29,3 + 19,3 + 16,6}{3} \right) = 21,7 \text{ kWh/m}^2/\text{rok} \quad (4)$$

Dům chráněný zemí má průměrnou roční spotřebu energie 21,7 kWh/m²/rok, viz výsledek rovnice (4), což je zcela jistě několikanásobně nižší spotřebu energie než klasický dům, ale ještě nespadá svou roční spotřebou energie do kategorie domů pasivních. Odborníci říkají, že na počátku si musí stavba tzv. sednout. Což znamená, že stavba si musí zvyknout na své okolí, především na okolní zeminu, stěny musí zcela řádně vyschnout a vytopit se, apod.. Tento proces většinou trvá první 3 - 4 roky využívání stavby. Poté by se dům chráněný zemí měl plně chovat jako dům pasivní a jeho roční spotřeba by měla být do 15 kWh/m². Snižující se spotřebu energie domu chráněného zemí v prvních třech letech jeho využívání tak znázorňuje tab. 9.

6.5 Závěr ekonomického šetření

V následující tabulce jsou ukázány rozdíly v celkových ročních nákladech na spotřebu vody a energie mezi domem chráněným zemí a klasickým domem.

Tab. 13: Celkový rozdíl nákladů na spotřebu vody a energie mezi oběma domy.

Celkový roční rozdíl nákladů na spotřebu vody a energie mezi domem chráněným zemí a klasickým domem			
Roky	2004	2005	2006
Rozdíl nákladů na spotřebu vody(Kč)	3885	3357,5	4861,5
Rozdíl nákladů na spotřebu energie (Kč)	21224	24712	25114
Celkem rozdíl nákladů	25109	28069,5	29975,5

Pro výpočet průměrné roční úspory provozních nákladů u domu chráněného zemí se dá opět použít vzorec pro výpočet aritmetického průměru (5).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \left(\frac{25109 + 28069,5 + 29975,5}{3} \right) = 27718 \text{ Kč} \quad (5)$$

Průměrně jsou tedy roční provozní náklady u domu chráněného zemí o 27718kč nižší než u domu klasického, viz výsledek rovnice (5).

Pro výpočet návratnosti investic použijeme vzorec :

$$tn = \left(\frac{I}{\Delta Z} \right)^{38} [\text{roky}] \quad (7)$$

tn - doba návratnosti [roky]

I - investice [Kč] – o kolik byly investiční náklady na dům chráněný zemí vyšší než u klasického domu (v našem případě byl dům chráněný zemí o 500.000 Kč dražší)

ΔZ - efekt [Kč] – nebo-li průměrné roční úspory provozních nákladů u domu chráněného zemí

$$tn = \left(\frac{500000}{27718} \right) = 18 \text{ let} \quad (7)$$

Návratnost investice domu chráněného zemí bez ohledu na inflaci a změnu cen energie, vodného a stočného je tedy 18let – viz výsledek řešení rovnice (7), což souhlasí s ověřovanou hypotézou, která pro tuto návratnost uvádí rozmezí 15 - 20 let.

Při porovnání roční spotřeby energie na zastavěnou plochu (170m²) bylo zjištěno, že klasický dům má průměrnou roční spotřebu energie 158,1 kWh/m²/rok, viz výsledek rovnice (3), a tím opravdu spadá do kategorie klasických domů, viz 1.kapitola Definice pojmů.

Dům chráněný zemí má průměrnou roční spotřebu energie na zastavěnou plochu (170m²) 21,7 kWh/m²/rok, viz výsledek rovnice (4), čímž spadá pouze do kategorie domů nízkoenergetických, viz 1.kapitola Definice pojmů. Každoročně se ale jeho spotřeba energie pomalu snižuje, čímž se přibližuje kategorii pasivních domů, do kterých je dle odborníků řazen.

³⁸ TZBinfo - technická zařízení budov : stavebnictví, úspory energie [online]. 2001-2008 [cit. 2008-05-08]. Dostupný z WWW: < <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=11&i=100114&start=0>>.

7 Porovnání domu chráněného zemí a klasického domu z hlediska environmentálních aspektů

Nejpřesnější srovnání by se zjistilo pomocí metody LCA, která je však velmi obsáhlá, takže v této práci provedeme jen orientační porovnání a to z hlediska vlivu obou domů ve fázi jejich používání. Počet a ekologické chování (třídění odpadu, neplýtvání energií apod.) obyvatel budeme předpokládat stejné a nezařazovat do porovnání. Také vliv odebírané elektrické energie lze považovat za stejný, neboť v obou případech jde ze sítě. Environmentální aspekty domu chráněného zemí a klasického domu nebo-li také jejich dopady na životní prostředí se dají posoudit ze dvou základních hledisek, a to z hlediska vstupů a výstupů.

7.1 Porovnání vstupů a výstupu jednotlivých domů

Vstupy z přírody do domů se rozumí vstupy energií a materiálů při stavbě jednotlivého domu a pak následně během jejich používání. Jelikož při stavbě každého domu je zapotřebí těžké techniky, materiálů a energie, je tedy smysluplnější posuzovat vstupy do domů během jejich používání. Výstupy se rozumí materiál a energie vycházející z domů do životního prostředí.

Pravdou je, že vlivy odebírané el.energie, i když je směsí z různých elektráren, posoudit lze, protože známe % složení, (přibližně asi 67% z uhlí, 4% z vody a 29% z jaderných elektráren), takže emise by bylo možné vypočítat. V tomto případě to ale nemá význam, jelikož je spotřeba v obou domech přibližně stejná, viz kapitola 6.3.2. *Porovnání nákladů na energii.*

7.1.1 Vstupy a výstupy domu chráněného zemí

Do domu chráněného zemí je přiváděna pitná voda, el. energie, sluneční energie a zpětně je přiváděna přečištěná odpadní voda v podobě vody užitkové, viz obr. 9.

Obr. 9: Schéma vstupů a výstupu domu chráněného zemí.



Jelikož dům chráněný zemí využívá pasivně solárního systému, většinu tepla si je schopen zajistit ze slunečního záření, viz kapitola 4.1 *Zemina chránící dům*. El. energie je spotřebovávána většinou pouze el. spotřebiči, které při svém chodu produkují teplo. Toto teplo je pak díky stavebním vlastnostem domu chráněného zemí udržováno v domě a využito např. k udržení příjemné tepelné pohody během zimního období.

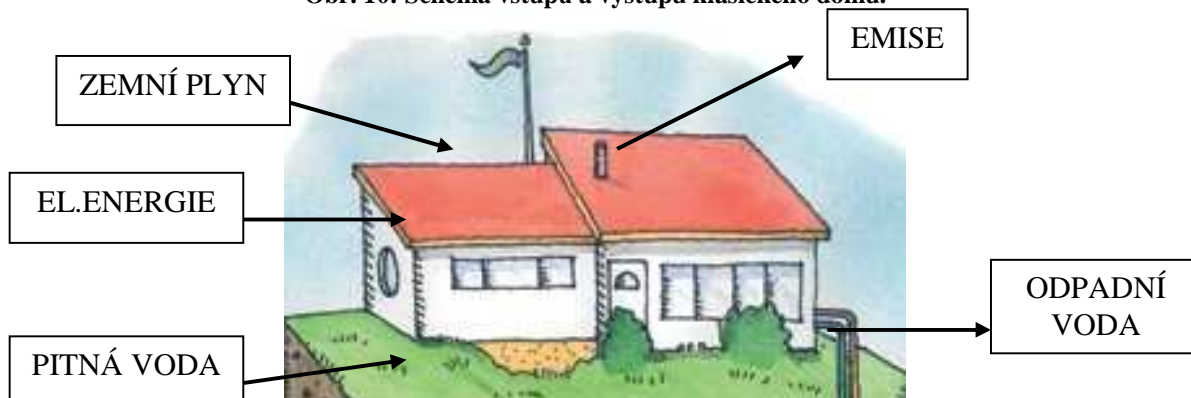
Odpadní voda je odváděna do kořenové čističky, kde je přírodně filtrována a přiváděna el. čerpadlem zpět do domu. Využívána je hlavně v letním období na zalévání zahrady. Výhodou kořenové čističky je, že odpadní vody zbavuje škodlivin a recykluje, není tedy třeba stavět čističky odpadních vod, kanalizace a šetří se tak přírodními zdroji (tj. pitnou vodou, atd.).

Zanedbá-li se „smíchaná el. energie“, kterou dům chráněný zemí odebírá ze sítě, a odpadní plyny z hygienického zařízení a kuchyně a minimální škodliviny z kořenové čističky, lze tedy konstatovat, že tento dům nemá žádné zásadní negativní dopady na životní prostředí.

7.1.2 Vstupy a výstupy klasického domu

Do klasického domu kromě pitné vody a el.energie vstupuje také zemní plyn, který je využíván na topení a vaření. Následnými výstupy z tohoto domu jsou odpadní voda odváděná městskou kanalizací a emise vzniklé při spalování zemního plynu, viz obr. 10.

Obr. 10: Schéma vstupů a výstupu klasického domu.



Také v tomto domě je el. energie spotřebovávána el. spotřebiči, které při svém provozu produkují teplo. To však z důvodu nedostatečné izolace uniká z domu pryč. Znečištění odpadních vod, které jsou odváděny do městské kanalizace, je velmi obtížné měřit zvláště pro jednotlivé domy. Proto při posouzení vlivu klasického domu na životní prostředí je lepší se zaměřit na emise vzniklé spalováním zemního plynu.

Při vytápění zemním plynem se do ovzduší uvolňuje především prach, oxid siřičitý SO₂, oxid uhelnatý CO, uhlovodíky, oxidy dusíku NO_x a oxid uhličitý CO₂, viz tab. 14.

Tab. 14: Emise prachu, SO₂, CO a uhlovodíků

	zemní plyn
popílek (mg/MJ)	0,6
SO ₂ (mg/MJ)	0,3
CO (mg/MJ)	9,4
uhlovodíky (mg/MJ)	3,8
NO _x (mg/MJ)	47,2
CO ₂ (g/MJ)	56

Zdroj: Česká plynárenská unie [online]. 2004-2006 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.cpu.cz/webmagazine/kategorie.asp?idk=180>>.

„Jedním z největších problémů při spalování zemního plynu zůstává emise oxidu dusíku NO_x. Směs oxidu dusnatého a oxidu dusičitého vzniká při spalování každého paliva v případě, že pro spalování je využíván vzduch. Zemní plyn má ale ve srovnání s pevnými a kapalnými palivy jednu výhodu – neobsahuje žádné dusíkaté látky, takže oxidy dusíku mohou vznikat právě jen ze vzdušného dusíku. Jejich tvorba je závislá na teplotě spalování – čím je teplota vyšší, tím je vyšší i tvorba NO_x. Výrobci plynových spotřebičů věnují

omezování vzniku NO_x velkou pozornost. Konstrukčními úpravami hořáků a spalovacích komor spotřebičů se podařilo snížit emise NO_x až na 10 % původních hodnot.

Zemní plyn je jako každé uhlíkaté palivo také zdrojem oxidu uhličitého (CO₂), který je klimatologickými průzkumy označován za látku, která významnou měrou přispívá ke vzniku tzv. skleníkového efektu.³⁹ Mezi skleníkové plyny patří vedle CO₂, také CO (3 x silnější než CO₂), NO_x (cca 7 x silnější než CO₂) a také některé uhlovodíky (síla podle druhu uhlovodíku, ale všechny mají větší vliv na skleníkový efekt než CO₂)

7.2 Závěr environmentálního šetření

Zanedbá-li se „smíchaná el. energie“, kterou dům chráněný zemí i klasický dům odebírají ze sítě, a odpadní plyny z hygienického zařízení a kuchyně, lze zbylé vstupy a výstupy porovnat v následující tabulce.

Tab. 15: Porovnání vstupů a výstupů obou domů.

Porovnání vstupů a výstupů obou domů		
	Vstupy	Výstupy
Dům chráněný zemí	el. energie	-----
	pitná voda	-----
	užitková voda	-----
Klasický dům	el. energie	teplo vzniklé za chodu spotřebičů
	pitná voda	odpadní voda
	zemní plyn	emise vzniklé spalováním zemního plynu

Dům chráněný zemí, jakožto ekologická stavba, má pomocí využívání pasivně solárního systému jen minimální odběr el. energie. Svůj jediný výstup – odpadní vodu zpětně využívá prostřednictvím kořenové čističky jako vodu užitkovou, tím jsou škodliviny minimální. Lze tedy konstatovat, že tento dům má minimální vstupy el. energie a pitné vody a nemá žádné zásadní výstupy, tj. nemá žádné zásadní negativní vlivy na životní prostředí. Oproti tomu mezi vstupy klasického domu patří nejen el. energie a pitná voda, ale i zemní plyn. Následné výstupy pak do jisté míry negativně ovlivňují životní prostředí. Jedná se zde především o emise vzniklé spalováním zemního plynu a odpadní vody vypouštěné do městské kanalizace.

³⁹ Česká plynárenská unie [online]. 2004-2006 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.cpu.cz/webmagazine/kategorie.asp?idk=180>>.

Závěr

Cílem mé práce bylo porovnat dům chráněný zemí s klasickým domem jak z hlediska ekonomického tak i z hlediska vlivu na životní prostředí.

Otázka kvalitního a především provozně méně nákladného bydlení je v současné době, kdy se nejen naše republika potýká s problémem stále rostoucí spotřeby a cen energie, více než aktuální.

Prvními kroky pro zpracování zadaného úkolu bylo zjištění současné situace domů chráněných zemí v České republice i v zahraničí a využívaných technologií při jejich výstavbě. Většina získaných informací pochází z doporučené literatury, případně samostatně získaných materiálů jak z internetu, tak z osobních schůzek s předsedkyní o.s. Zelené bydlení a dalšími zainteresovanými osobami. Dále jsem vycházela při řešení z podkladů od majitelů obou porovnávaných domů. Při řešení toho úkolu jsem se setkala s negativním přístupem ostatních obyvatel domů chráněných zemí a nedostatečnou literaturou v českém jazyce. Z tohoto důvodu jsem při řešení byla limitována na omezený počet posuzovaných domů.

Z výsledků získaných porovnáním domu chráněného zemí s klasickým domem lze konstatovat, že návratnost investic je v tomto případě 18 let, což souhlasí s ověřovanou hypotézou, která pro tuto návratnost uvádí rozmezí 15 - 20 let. Díky charakteru domu chráněného zemí, ekologického chování jeho obyvatel a celkové filozofii ekologického bydlení mohu tvrdit, že domy chráněné zemí jsou nejen rentabilní a v budoucnosti nám ušetří náklady na provoz, ale především jsou šetrné k životnímu prostředí.

8 Použitá literatura

8.1 Knižní zdroje

FRKAL, Luděk. Domy Chráněné zemí. 1. vyd. Brno : ERA, 2007. VI,94 s. ISBN 978-80-7366-095-6.

PLAMÍNKOVÁ, Jana. *Slabikář ekologického bydlení*. Praha : PROFES J&K, 1998. 118 s. ISBN 80-238-2218-7.

MINKE, Gernot. *Zelené střechy : Plánování, realizace, příklady z praxe*. Marie Šedivá. 1. vyd. Ostrava-Plesná : [s.n.], 2001. 92 s. ISBN 80-86167-17-8.

BAUER-BÖCKLER, Hans-Peter. *Ekologická výstavba domů*. [s.l.] : EUROMEDIA Group-IKAR a Knižní klub, 2000. 126 s. ISBN 80-7202-696-8.

Pasivní domy 2007. 1. vyd. Brno : Centrum Pasivního Domu, 2007. 160 s. ISBN 978-80-254-0126-2.

TINTĚRA, Ladislav, et al. *Úsporná domácnost : Praktický rádce jak využívat energii efektivně*. 1. vyd. Brno : ERA, 2002. VII,65 s. ISBN 80-86517-16-0.

JUCHELKOVÁ, Dagmar, et al. *Obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Ostrava : Vita, 2003. 100 s. ISBN 80-903373-1-7.

Aby se nám rozsvítilo : Šetrná energie pro každého. Brno : Hnutí Duha, 2000. 77 s. ISBN 80-902823-3-4.

HUMM, Otmar. *Nízkoenergetické domy*, 1.vyd. Praha, Grada Publishing s.r.o., 1999, 353 s. ISBN 80-7169-657-9.

HALLER, Andreas, HUMM, Othmar, VOSS, Karsten. *Solární energie : využití při obnově budov*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, spol.s.r.o., 2001. 115 s. ISBN 80-7169-580-7.

Výchova ekologického spotřebitele. České Budějovice : ROSA-jihočeská společnost pro ochranu přírody, o.p.s., 2002. 40 s.

8.2 *Internetové a ostatní zdroje*

Zelené domy [online]. 2003 [cit. 2007-11-30]. Dostupný z WWW:

<http://www.zelenedomy.cz/zelene_domy/zelene_domy.htm>.

Ekowatt.cz : Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, držitel certifikátu ISO 9001 [online]. 2002 [cit. 2007-10-27]. Dostupný z WWW:

<http://www.ekowatt.cz/nizkoenergeticka_vystavba/>.

Pro Atom web [online]. 2007 [cit. 2007-10-28]. Dostupný z WWW:

<<http://proatom.luksoft.cz/view.php?cislocclanku=2006030401>>. ISSN 1802-5331.

MŽP: Ekologická daň zdraží energii. Měšec.cz [online]. 2007 [cit. 2007-09-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.mesec.cz/aktuality/5592/>>.

KROBOVÁ, Tereza. Když se řekne ekodům.... 3.pól [online]. 2003 [cit. 2007-11-02].

Dostupný z WWW: <<http://www.tretipol.cz/index.asp?clanek&view&202>>.

REJTHÁRKOVÁ, Petra. Slaměný dům. Stavocentrum : Server o bydlení a stavebnictví [online]. 3003 [cit. 2007-11-03]. Dostupný z WWW:

<http://www.stavocentrum.cz/index.php?none=1&action=clanek&c_id=573>.

RIGI : stavební firma [online]. [cit. 2007-11-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.rigi.cz/>>.

Dřevěný dům 2006 - vyhlášeny výsledky největší architektonické soutěže [online]. 2006.

2001-2008 [cit. 2008-04-04]. Dostupný z WWW:<<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3300>>.

TZBinfo - technická zařízení budov : stavebnictví, úspory energie [online]. 2001-2008 [cit.

2008-04-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=14&h=3>>.

EKOKOM [online]. 2006 [cit. 2008-04-20]. Dostupný z WWW:

<<http://www.ekokom.cz/scripts/detail.php?id=148>>.

CENIA-česká informační agentura životního prostředí [online]. 2002 [cit. 2008-04-22].

Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPAPFIVNKW4](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPAPFIVNKW4)>.

Česká plynárenská unie [online]. 2004-2006 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW:
<<http://www.cpu.cz/webmagazine/kategorie.asp?idk=180>>.

Ekologie_jednadvacátého_století [online]. 2005-2008 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW:
<<http://www.ekologie-jednadvacate-stoleti.estranky.cz/clanky/slovníková-hesla/trvale-udržitelný-rozvoj>>.

Finance.cz [online]. 2000-2008 [cit. 2008-05-07]. Dostupný z WWW:
<<http://www.finance.cz/dane-a-mzda/informace/reforma-2008/ekologicke-dane/>>.

Strana zelených. <http://www.zeleni.cz/>

Centrum pasivního domu. <http://www.pasivnidomy.cz>

Technická zařízení budov. <http://www.tzb-info.cz/>

Ministerstvo životního prostředí. <http://www.env.cz/>

Centrum pro obnovitelné zdroje. <http://www.ekowatt.cz/>

Hospodářské noviny

Přílohy

Příloha č.1 – Domy chráněné zemí



Příloha č.2 – Slaměný dům v Hradčanech u Brna



Příloha č.3 – Pasivní dům v Hradčanech u Brna

