

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA ROZVOJOVÝCH STUDIÍ



Bc. Jiří HÁJEK

**MOŽNOSTI APLIKACE ŠETRNÝCH
TECHNOLOGIÍ VE STAVEBNICTVÍ
V ROZVOJOVÝCH ZEMÍCH**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.

Olomouc 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně a veškeré použité prameny jsem řádně citoval a uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Olomouci, 27. července 2010

.....

Podpis

Děkuji Doc. RNDr. Pavlovi Nováčkovi, CSc. za kvalifikované vedení mé diplomové práce a za cenné rady, odbornou pomoc a podporu, kterou mi věnoval při jejím zpracování.

Dále děkuji ing. arch. Jiřímu Hájkovi a ing. arch. Petrovi Jandorovi za odborné technické rady a ing. Michalu Hájkovi a mgr. Janu Matuchovi za spolupráci při závěrečných korekcích diplomové práce.



Vysoká škola: Univerzita Palackého

Fakulta: Přírodovědecká

Katedra: Rozvojových studií

Školní rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student

Jiří HÁJEK

obor

Mezinárodní rozvojová studia

Název práce:

Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví v rozvojových zemích

Possibilities of application of environmentally friendly technologies in civil engineering in development countries

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je zhodnotit použitelnost vybraných technologií snižujících dopady pozemních staveb na životní prostředí pro potřeby stavebnictví rozvojových zemí. Pro větší názornost půjde zejména o postupy a technologie používané v pozemním stavitelství v ČR a ve vyspělých zemích klimaticky podobných ČR. Autor se vedle charakteristiky vybraných technologií zaměří na výběr vhodných rozvojových oblastí, kde by bylo možno tyto postupy patřičně zhodnotit. Účelem práce je zhodnotit současnou aplikovatelnost transferů moderních, ale mnohdy velmi náročných stavebních postupů a technologií v rozvojových zemích.

Struktura práce:

1. Úvod
2. Cíl a metodika práce
3. Vybrané technologie používané v ČR pro snížení negativních dopadů na životní prostředí během výstavby domu
 - 3.1. Konvenční postupy snižující dopady na životní prostředí
 - 3.2. Použití obnovitelných a recyklovaných materiálů
4. Vybrané technologie používané pro snížení negativních dopadů na životní prostředí během výstavby domu v oblastech klimaticky blízkým ČR
 - 4.1. Konvenční postupy snižující dopady na životní prostředí

- 4.2. Použití obnovitelných a recyklovaných materiálů
5. Vybrané technologie používané v ČR pro snížení negativních dopadů na životní prostředí vzniklých užíváním domu
6. Vybrané technologie používané v oblastech klimaticky blízkých ČR pro snížení negativních dopadů na životní prostředí vzniklých užíváním domu
7. Výběr rozvojových zemí vhodných pro aplikaci vybraných šetrných technologií
 - 7.1. Klimatická kritéria
 - 7.2. Možnosti infrastruktury a logistiky pro zabezpečení výstavby a provozu domu
 - 7.3. Surovinová dostupnost a dostupnost vhodných výrobních kapacit
8. Závěr
9. Shrnutí a Summary
10. Použité zdroje, přílohy

Rozsah grafických prací: grafy, schémata, mapy

Rozsah průvodní zprávy: 20 000 slov základního textu + práce včetně všech příloh v elektronické podobě

Seznam odborné literatury:

Práce věnované výstavbě šetrných domů:

- Bárta, J. *Pasivní domy 2007*. Brno: Centrum pasivního domu, Vyd. 1., 2007. 339 s. ISBN 978-80-254-0126-2.
- Cenek, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: FCC Public, 2. upr., dopl. vyd., 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9.
- Petráš, D. *Nízkoteplotné vykurovanie a obnoviteľné zdroje energie*. Bratislava: Jaga group, Vyd. 1, 2001. 271 s. ISBN 8088905125.
- Počinková, M. *Úsporný dům*. Brno: ERA, 2004. 183 s. ISBN 80-86517-96-9.
- Růžicka, M. *Stavíme dům ze dřeva*. Praha: Grada, Vyd. 1, 2006. 117 s. ISBN 80-247-1461-2
- Schulz, H. *Teplo ze slunce a země: energeticky úsporné topné systémy s podzemními zásobníky tepla, slunečními absorbery a tepelnými čerpadly*. Ostrava: HEL, 1. české vyd., 1999. 132 s. ISBN 8086167097.
- Tywoniak, J. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. Praha: Grada, Vyd. 1, 2005. 193 s. ISBN 80-247-1101-X.

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 13. 11. 2007

Termín odevzdání diplomové práce: 15. 5. 2009



vedoucí katedry



vedoucí diplomové práce

Obsah

1. Úvod	12
1.1. Dosavadní zpracování tématu	12
2. Cíl práce.....	13
3. Metodologie.....	14
4. Česká republika a stavebnictví šetrné k životnímu prostředí	17
5. Materiály, postupy a technologie snižující negativní dopad na životní prostředí způsobené výstavbou a užíváním obydlí	18
5.1. Proč je důležité respektovat poznatky ze staveb pasivního a nízkoenergetického standardu	18
5.2. Realizace hrubé stavby.....	20
5.2.1. Spodní stavby.....	21
5.2.1.1. Základy a základová deska z kamene, betonu a železobetonu.....	22
5.2.1.2. Alternativní založení domu z obnovitelných a recyklovaných materiálů.....	23
5.2.2. Svislé nosné a nenosné konstrukce.....	24
5.2.2.1. Cihly, tvárnice a bloky z pálené hlíny	25
5.2.2.2. Cihly a tvárnice z nepálené hlíny	26
5.2.2.3. Kámen.....	27
5.2.2.4. Konstrukční prvky ze dřeva.....	28
5.2.2.5. Desky z celulózy.....	30
5.2.2.6. Konstrukční prvky ze slámy	31
5.2.2.7. Beton.....	33
5.2.2.8. Materiály vápeno-pískové	34
5.2.2.9. Sádrokartonové desky	34
5.2.3. Vodorovné a svislé izolace	35
5.2.3.1. Izolace proti pronikání radonu a hydroizolace spodní části stavby...	36
5.2.3.2. Hydroizolace bezprostředního okolí stavby	37
5.2.3.3. Tepelné izolace hrubé stavby	38
5.2.4. Konstrukce střech a střešní krytina.....	45
5.2.4.1. Pálené keramické tašky	46
5.2.4.2. Betonové tašky	46
5.2.4.3. Krytina plechová a plastová	47
5.2.4.4. Asfaltový šindel.....	47

5.2.4.5.	Krytina ze slámy	48
5.2.5.	Okna.....	48
5.3.	Omítky.....	50
5.3.1.	Vnitřní omítky.....	50
5.3.2.	Vnější omítky.....	51
5.4.	Vybraná technická zařízení budovy	51
5.4.1.	Vytápění a ohřev teplé vody	52
5.4.1.1.	Kotle na tuhá paliva a zplyňovací kotle	53
5.4.1.2.	Akumulační nádrže - centrální zásobníky tepla	53
5.4.1.3.	Geotermické sondy	54
5.4.1.4.	Termické solární kolektory.....	54
5.4.2.	Větrání	55
5.4.2.1.	Řízené větrání s rekuperací tepla.....	55
5.4.2.2.	Zemní výměníky tepla	57
5.4.3.	Pokrytí elektrické spotřeby	58
5.4.3.1.	Fotovoltaické panely	58
5.5.	Metody snižující spotřebu pitné vody a zařízení na přírodní čištění vody	59
5.5.1.	Použití dešťových vod	59
5.5.2.	Použití šedých vod	60
5.5.3.	Přírodní čištění vody	60
5.5.3.1.	Půdní filtry, vegetační kořenové čistírny a stabilizační nádrže	61
6.	Výběr rozvojových zemí vhodných pro aplikaci šetrných postupů a technologií...	62
6.1.	Zvolená kritéria a ukazatele výběru	62
6.1.1.	Dvě oblasti zájmu	63
6.1.1.1.	Možnost přístupu ke kvalitnímu bydlení	64
6.1.1.2.	Environmentální oblast.....	65
6.2.	Seznam pozorovaných zemí.....	66
7.	Stručná charakteristika zemí a návrh aplikace šetrných technologií.....	68
7.1.	Příklad úspěšné praxe – vesnice Kargyak	68
7.1.1.	Klima	68
7.1.2.	Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura.....	69
7.1.3.	Přírodní rizika a stav životního prostředí.....	69
7.1.4.	Aplikace šetrných postupů.....	69

7.2.	Čad	73
7.2.1.	Klima	73
7.2.2.	Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura	73
7.2.3.	Přírodní rizika a stav životního prostředí.....	74
7.2.4.	Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví	74
7.3.	Haiti.....	76
7.3.1.	Klima	76
7.3.2.	Surovinová dostupnost.....	76
7.3.3.	Dopravní infrastruktura.....	76
7.3.4.	Přírodní rizika a stav životního prostředí.....	77
7.3.5.	Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví	77
7.4.	Madagaskar	81
7.4.1.	Klima	81
7.4.2.	Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura	82
7.4.3.	Přírodní rizika a stav životního prostředí.....	82
7.4.4.	Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví	82
7.5.	Nigérie.....	84
7.5.1.	Klima	84
7.5.2.	Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura	85
7.5.3.	Přírodní rizika a stav životního prostředí.....	85
7.5.4.	Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví	86
7.6.	Sierra Leone	87
7.6.1.	Klima	87
7.6.2.	Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura	87
7.6.3.	Přírodní rizika a stav životního prostředí.....	88
7.6.4.	Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví	88
7.7.	Belgie a Nizozemí	89
7.7.1.	Klima	89
7.7.2.	Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura	90
7.7.3.	Přírodní rizika a stav životního prostředí.....	90
7.7.4.	Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví	90
8.	Závěr.....	93
9.	Shrnutí	95

10. Summary	96
Seznam použitých zdrojů.....	98
Seznam příloh	105

Seznam použitých zkratk

EPS	pěnový polystyren	expanded polystyrene
ESI	Index environmentální udržitelnosti	Environmental Sustainability Index
EVI	Index environmentální zranitelnosti	Environmental Vulnerability Index
HDI	Index lidského rozvoje	Human Development Index
HDP	hrubý domácí produkt	Gross Domestic Product
HDPE	vysokohustotní polyetylen	high-density polyethylene
HDR	Zpráva o lidském rozvoji	Human Development Report
IEA	Mezinárodní agentura pro energie	International Energy Agency
LCA	energetická náročnost	Life Cycle Assessment
OSB		Oriented Strand Board
OSN	Organizace spojených národů	United Nations
PPP	parita kupní síly	Purchasing Power Parity
PUR	Polyuretan	polyurethane
PVC	Polyvinylchlorid	polyvinyl chloride
UNDP	Program Organizace spojených národů pro rozvoj	United Nations Development Program
UNEP	Program Organizace spojených národů pro životní prostředí	United Nations Environment Program
UNITAR	Institut Organizace spojených národů pro trénink a výzkum	United Nations Institute for Training and Research
UNOSAT	Program Organizace spojených národů pro provozní satelitní aplikace	United Nations Operational Satellite Applications Program
USD	americký dolar	United States Dollar
SOPAC	Jihopacifická komise aplikovaných věd o zemi	South Pacific Applied Geoscience Commission
WHO	Světová zdravotnická organizace	World Health Organization
XPS	extrudovaný polystyren	extruded polystyrene

Poznámka k citacím

V práci je použita metoda citací v závorkách za citovaným údajem. Seznam všech použitých zdrojů je poté uveden na konci práce. Pokud je závorka s citací na konci věty před tečkou, vztahuje se pouze k dané větě. Pokud je uveřejněna za tečkou, vztahuje se k více předchozím větám. Pokud je uvedena za tečkou na konci celého odstavce, vztahuje se k celému odstavci. U citací obrázků, které byly uveřejněny se svolením jejich autorů nebo jsou osobním vlastnictvím autora práce, je tato informace uvedena v závorce kurzivou.

1. Úvod

Téma šetrných přístupů k životnímu prostředí v pozemním stavitelství je ve střední Evropě v posledních letech velmi diskutováno a zájem nejen odborné, ale i laické veřejnosti umožňuje objevování stále nových poznatků v této oblasti. S nimi logicky přichází i praktické uplatnění moderních i tradičních materiálů a postupů v sektoru stavebnictví a snižování jeho negativních dopadů nejen na životní prostředí.

Porozhlédneme-li se ale na situaci ve světě, zjistíme, že praktické uplatnění šetrných metod ve stavebnictví se soustředí prakticky pouze na skupinu zemí takzvaně rozvinutých. Potenciál a zejména potřebnost šetrných materiálů, postupů a technologií však leží na opačné straně spektra, v zemích nejméně rozvinutých. Pozemní stavby šetrné k životnímu prostředí, především ty obytné, totiž mohou výrazně zlepšit kvalitu života obyvatel rozvojových zemí. Nejedná se zde přitom jen o kvalitu bydlení samotného, ale také o zlepšování stavu životního prostředí, které na sebe váže pozitivní externalitu napříč celým hospodářstvím.

Historie ale dokazuje, že transfer pokrokových technologií do zemí méně rozvinutých ale probíhá velmi pomalu nebo vůbec, čímž se z celosvětového pohledu lidstvo v obrovské míře připravuje o jeho přínosy. Je však možné inovace ve stavebnictví aplikovat v praxi i v rozvojových zemích a tím tuto situaci změnit? Mohou k tomu nějak přispět poznatky z České republiky, respektive regionu střední Evropy? Na tuto otázku bude hledat diplomová práce odpověď.

1.1. Dosavadní zpracování tématu

Literatury a informačních materiálů věnujících se konvenčním energeticky úsporným i alternativním materiálům, postupům a technologiím ve stavebnictví je v českém prostředí celá řada. Většina z nich přitom čerpá především z poznatků a zkušeností německých a rakouských stavitelů. Komplexní srovnání možnosti použití a přínosů pro životní prostředí jak konvenčních, tak méně používaných prostředků však nabízí málokteré. Pro potřeby této práce však jde o klíčovou část, která určuje, o kterých konkrétních technologiích se práce bude zmiňovat.

Hlavním důvodem zpracování tématu možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví je však fakt, že se systematicky nikdo nevěnuje využití poznatků z našeho prostředí v jiných, konkrétně rozvojových regionech.

2. Cíl práce

Jak vyplývá z výše uvedeného, cílem této diplomové práce je zhodnotit použitelnost vybraných technologií snižujících dopady pozemních staveb na životní prostředí pro potřeby stavebnictví rozvojových zemí. Samozřejmě není možné se plnohodnotně věnovat v rozsahu magisterské diplomové práce celému sektoru stavebnictví. Z toho důvodu se práce zaměříme na tu část stavebnictví, která má největší přínos nejen pro životní prostředí, ale také pro uživatele budov v rozvojových zemích. Jsou jimi rodinné domy.

Práce je rozdělena do tří dílčích částí směřujících k dosažení tohoto cíle. První a největší část práce je věnována konvenčním i alternativním materiálům, postupům a technologiím používaným za účelem zamezení negativních externalit spojených s užíváním domu a za účelem snížení svázané energie a emisí spojených s jejich životním cyklem. Díky tomu, že se charakteristika věnuje nejen povaze a složení materiálů a technologií, ale také přednostem jejich použití v různých podmínkách, vytváří ucelený přehled o možnostech jejich využití.

To samozřejmě nestačí k posouzení, zda je reálně možné v praxi tyto materiály a technologie aplikovat. K praktickému zhodnocení výstupu první části práce se proto vážou dvě části následující. Jedna z nich umožní v co největší možné míře využít přínosů šetrných technologií používaných v České republice tím, že vybere skupinu zemí, kde je potřeba po takových technologiích největší. Druhá část pomocí seznamu těchto zemí a charakteristiky podmínek v nich panujících nabídne možnosti aplikace šetrných technologií v konkrétních případech. Závěr práce vyvozuje zhodnocení stavu a doporučení vhodná k rozšíření možností aplikace šetrných technologií ve stavebnictví v rozvojových zemích.

3. Metodologie

Logická posloupnost a metodologie zpracování této práce byla následující. Nejprve bylo potřeba se rešeršně kompilační metodou seznámit s šetrnými materiály, postupy a technologiemi používanými u nás a v zemích klimaticky blízkých České republice. Těmito zeměmi jsou přirozeně země střední Evropy, konkrétně Slovensko, Polsko Německo a Rakousko. Bližší vhled do problematiky autorovi umožnila také návštěva tematických seminářů a odborných veletrhů v Brně a také možnost osobní návštěvy ekologicky šetrných staveb realizovaných v Horce nad Moravou a Brně.

Jak se ukázalo, většina aktuálních poznatků se v regionu rozšířila především díky úsilí rakouských a německých stavitelů. Díky tomu se střeoevropské šetrné technologie navzájem prakticky shodují. Oproti původnímu plánu tak nebylo potřeba práci strukturovat se zaměřením na Českou republiku a zbývající země odděleně.

Získaný přehled o možnostech, jak stavební materiály, postupy a technologie snižují dopady na životní prostředí, umožnil specifikovat ty oblasti, v nichž by rozvoj stavebnictví v rozvojových zemích mohl znamenat největší přínosy. Právě těmito oblastem a výběru konkrétních zemí se věnuje kapitola 6. V rámci ní se nabízí srovnání stavu ve světě prostřednictvím několika kritérií. Kritéria byla vybrána na základě několikanásobného rozboru a srovnání ukazatelů od HDP podle PPP na obyvatele až po Index environmentální udržitelnosti ESI. Důvodům výběru závěrečných šesti kritérií se věnuje blíže právě kapitola 6.

Ve chvíli, kdy byla jasná kritéria výběru, bylo možné z prvotního širokého přehledu materiálů, postupů a technologií zvolit ty nejrelevantnější. Jejich podrobné charakteristice se věnovala druhá fáze rešeršně kompilační části práce, která za zdroj využila především české internetové stránky a databáze.

Třetí, poslední, část práce je tvořena dvěma navzájem souvisejícími částmi. První z nich je stručná charakteristika oblastí relevantních pro stavebnictví ve vybraných zemích. Tato část vyplývá především z volně dostupných informací o daných zemích¹. Druhá část nabízí konkrétní opatření týkající se aplikace šetrných technologií ve stavebnictví. Opatření vychází jak z obsahu první části práce, tak z praktických poznatků získaných autorem. Z praktických znalostí byla nejprínosnější

¹ Velmi důležitou oblastí, podstatnou pro možnost aplikace šetrných technologií, kterou však pro nedostatek informací nebylo možné zhodnotit, je oblast vzdělávání, respektive kvalifikovanost profesionálních stavebníků.

především účast autora práce na projektu obnovy zemětřesením zničené vesnice v Řecku v roce 2006 a na dlouhodobém projektu výstavby ekologicky šetrné budovy v indickém Himálaji v roce 2008.

„ S možnostmi přichází řešení.“

4. Česká republika a stavebnictví šetrné k životnímu prostředí

V současnosti Česká republika rozhodně nepatří k vedoucím zemím na poli šetrných technologií a postupů ve stavebnictví. V porovnání se situací před desíti či patnácti lety ale došlo ke znatelnému rozvoji této oblasti, zejména díky poznatkům přicházejícím k nám ze sousedního Německa a Rakouska. Co do rozsahu realizací jde sice stále o menšinovou oblast zájmu, nelze však přehlédnout, že od specializujících se firem a zájmových organizací se toto téma přesunulo i do podvědomí širokého okruhu profesionálů stavebního sektoru. Nízkoenergetické či pasivní domy², použití obnovitelných surovin, recyklovatelných materiálů a dalších inovací ve stavebnictví jsou stále častějším tématem jednání při stavbě domů jak ze strany projektantů, tak investorů. Obě zainteresované strany se tímto způsobem snaží stále více dbát nejen na funkčnost a kvalitu staveb, ale také na nabízené pohodlí a na začlenění staveb do okolního životního prostředí.

V naší zemi díky tomu přibývá stavebníků s praktickými zkušenostmi a znalostmi nových technologií a postupů snižující dopady na životní prostředí. Aby také ne, vždyť díky tomu, že v zimě ani v létě netrpí naše země teplotními extrémy jako sever nebo jih Evropy, jsou zde příhodné podmínky k jejich objevování, zkoušení a realizaci. Nabízí se ale otázka, zda díky této výhodě máme co nabídnout my světu. Vždyť za hranicemi naší země je mnoho míst, kde by tyto znalosti znamenaly velký příspěvek k rozvoji³.

² Nízkoenergetické domy jsou domy, u nichž roční měrná potřeba tepla na vytápění nepřesahuje 50 kWh/m² za rok. Pasivní domy jsou z technického hlediska ty stavby, kde roční měrná potřeba na vytápění není vyšší než 15 kWh/m² za rok, hodnota celkové intenzity výměny vzduchu n_{50} není vyšší než 0,6 h⁻¹ a celkové množství primární energie spojené s provozem budovy není vyšší než 120 kWh/m² za rok. Ještě náročnější požadavky musí splňovat takzvané nulové domy. Mimo tyto kategorie rozeznáváme ještě energeticky nezávislé domy, které potřebnou energii pro provoz produkují samy. (Tywoniak, 2005)

³Výběrem, které země by mohly být nejpotřebnějšími kandidáty pro použití šetrných technologií a materiálů ve stavebnictví, se zabývá kapitola 6.

5. Materiály, postupy a technologie snižující negativní dopady na životní prostředí způsobené výstavbou a užíváním obydlí

Vliv stavby na životní prostředí zvažujeme už ve fázi jejího plánování. Kterými zásadami se s ohledem na životní prostředí budeme řídit, nám pomáhají určit zejména klimatické podmínky panující v místě stavby, dostupnost stavebních produktů a nejvíce samozřejmě užité vlastnosti stavebních produktů. Jaké vlastnosti to ale jsou? Především ty, které zaručují použití materiálů s minimálními hodnotami svázaných emisí CO₂ a svázané spotřeby energie⁴, eventuálně materiálů s nižší vlastní hmotností, snižujících nároky na dopravu. Dále také vlastnosti zaručující maximální využití obnovitelných zdrojů a recyklovaných materiálů a výrazné snížení nákladů na provoz budovy⁵. V potaz přichází také dopad použití materiálů a technologií na lidské zdraví a jejich celkový pozitivní vliv na rozvoj sektoru stavebnictví.

5.1. Proč je důležité respektovat poznatky ze staveb pasivního a nízkoenergetického standardu

Pasivní a nízkoenergetické domy jsou stavby, u kterých bylo dosaženo specifických hodnot souvisejících s tepelným utěsněním, nároky na vytápění a mnoha dalších. V realitě lze těchto hodnot dosáhnout pouze kombinací kvalitních izolací, technologií na vytápění domu, řemeslných prací a dalších faktorů. Dosažením těchto hodnot podstatně klesají nejen náklady spojené s provozem domu, ale také jeho dopady na životní prostředí. Pro dosažení cílů této práce není potřeba, aby uvažované stavby nutně dosahovaly těchto hodnot, ale z právě uvedených důvodů je velmi užitečné se některými materiály a technologiemi nechat inspirovat.

Stavitelé při realizaci pasivních a nízkoenergetických domů vychází z toho, že velmi podstatným faktorem zvyšujícím náklady na provoz domu jsou úniky tepla. K únikům tepla dochází několikrát často navzájem souvisejícími způsoby. „Úniky tepla

⁴ „Těžba surovin na výrobu stavebních materiálů, jejich zpracování, doprava, realizace a další kroky životního cyklu stavebních materiálů a konstrukcí jsou spojeny s produkcí emisí CO₂ a se spotřebou energie. Každý objekt, konstrukce a materiál zabudovaný ve stavbě, vykazuje určité emise CO₂ a určitou spotřebu energie svázanou s jejich vlastní existencí.“ (Doležilková; Frolík; Kabele, 2006)

⁵ Oficiální údaje uvádějí, že se budovy v nevýrobní sféře a domácnostech staly největšími spotřebiteli paliv a energie v Evropské unii. (Vanický, 2007) Vlastnosti materiálů a technologií souvisejících se snižováním spotřeby energií během užívání domů souvisí především s jejich tepelně-izolačními schopnostmi a schopnostmi oddělovat vnější a vnitřní prostředí.

se skládají z úniků neprůhlednými konstrukcemi (stěny, podlahy, stropy), úniky výplněmi otvorů (okna, dveře) a úniky větráním. Přičemž větráním ztratíme v běžném objektu asi 35 – 50 %, okny a dveřmi 15 – 25 %, obvodovými zdmi 10 – 20 %, střechou 7 – 15 % a podlahou 5 – 8 % tepla.“ (Ledvina, 2010) Hlavním úkolem projektantů a řemeslníků je proto snaha eliminovat tyto úniky na minimum⁶. Jakým způsobem toho docílí, poznáme z velké části v následujících kapitolách. Pro začátek zmiňme alespoň několik nejdůležitějších poznatků.

Jedním z nich je takzvaná energetická bilance domů. Energetická bilance porovnává zisky dosažené prostřednictvím opatření snižující potřeby domu po energiích a ztráty, které představují právě ony potřeby. „Energetická bilance odůvodňuje koncepci a nejdůležitější projekční zásady pasivních domů: snížení tepelných ztrát – optimalizace pasivních solárních zisků. Ve středoevropském mírném atlantickém klimatu spočívá nejdůležitější opatření ve snižování tepelných ztrát budovy. Příčinou je skutečnost, že v zimě jsou zde delší období sice s mírnými vnějšími teplotami, avšak se zataženou oblohou, během kterých jsou zisky solární energie nízké.“ (Kaufmann, 2007) Zhodnocení výchozích podmínek prostředí pomocí energetické bilance napomáhá určit, jaká opatření je vhodné dále podniknout. Výčet nejdůležitějších obecně známých opatření přispívajících ke snadnějšímu dosažení výsledných energetických vlastností budovy a potenciálně i dosažení standardu pasivních a nízkoenergetických budov je uveden níže. Zejména se doporučuje aby:

- byla budova optimálně orientována ke světovým stranám,
- tvarové řešení bylo kompaktní s poměrně příznivým faktorem tvaru⁷,
- vnitřní provoz byl sdružován podle tepelných zón, vytápěcích režimů a orientace prostoru ke světovým stranám,
- vnitřní dispozice byla plně provozně maximálně využita a nevytápěly se hluché prostory,
- bylo v maximální možné míře zamezeno efektu tepelných mostů⁸,

⁶ Ani vyšší výdaje za nadstandardní provedení domu zde většinou nevádí, protože se tyto náklady uhradí v řádu několika let úsporami na energiích. Investice do úsporných řešení se navíc se stále rostoucími cenami energií vyplácí čím dál více.

⁷ Kompaktnost budovy je definována poměrem obalujícího povrchu budovy A k obestavěnému objemu V . Kompaktní budova má co nejmenší poměr A/V a co nejmenší povrch, kterým je teplo předáváno okolí. (Kaufmann, 2007)

⁸ Tepelný most je kterékoli místo v konstrukci, jímž teplo uniká intenzivně a mnohem rychleji, než u použitého materiálu předpokládáme. Například při stavbě domu ve standardu tzv. pasivního domu

- byla dosažena extrémní vzduchotěsnost stavby⁹ a v intenzivnější míře použity izolace, u kterých je pokud možno souvislý povrch bez přerušení,
- byla zvolena vhodná otopná soustava
- byl efektivně řešen ohřev teplé vody a v domácnosti byly využity spotřebiče s vysokou energetickou účinností
- byla precizně provedena projekční i realizační fáze výstavby nebo rekonstrukce dané budovy.

Při posuzování jednotlivých materiálů, technologií a postupů bude hrát důležitou roli, zda jsou v souladu s těmito doporučeními. Zaměříme se proto na vlastnosti materiálů jako je schopnost akumulovat teplo, jejich tepelný a difúzní odpor¹⁰, odolnost proti vlhkosti aj. Struktura charakteristiky jednotlivých technologií a materiálů bude ze všech výše zmíněných důvodů vypadat následovně: použité suroviny, vliv na životní prostředí a lidské zdraví, užité vlastnosti a použití na stavbě.

5.2. Realizace hrubé stavby

Každá stavba začíná výběrem pozemku a už v této fázi stavebního procesu by měl být brán zřetel na účel stavby a její možný vliv na životní prostředí. Každý stavební pozemek je něčím specifický a tak se různí i možnosti, jakou stavbu na něm nakonec postavíme. Pro výrazné odlišnosti ve specifikaci jednotlivých pozemků není v rámci této práce reálné se jejich výběru blíže a konkrétněji věnovat. Čím začít, tomu mohou napomoci doporučení uvedená výše. Jak tato doporučení realizovat v praxi, tomu se pokusí napomoci kapitoly 5.2. až 5.5. Projdeme jimi jako imaginární stavbou nízkopodlažního obytného domu se všemi jejími důležitými částmi. Začneme tou částí, která je obecně známa jako hrubá stavba.

„v zásadě platí, že konstrukčních tepelných mostů, jako např. průchodů v izolační vrstvě pasivního domu, je třeba se v maximální míře vyvarovat, popř. je v každém případě omezit na zanedbatelnou hodnotu“. (Kaufmann, 2007) Mnohdy stačí k zamezení tepelných mostů na stavbě chytré technické řešení jako třeba vysunutí nebo zasunutí rámu oken z nebo do fasády.

⁹ Velmi podrobný a nápomocný výčet chyb souvisejících s netěsnostmi v obálce budov uvádí Novák (2007).

¹⁰ Akumulace tepla je důležitá pro vyrovnávání letních přebytků tepla i pro snížení spotřeby tepla v zimě. Při přehřátí interiéru místnosti tak například pomáhá schopnost zdí akumulovat teplo toto teplo akumulovat, aniž by muselo být z přehřáté místnosti bez užítu odvětráno. Difúzní odpor je veličina vyjadřující odpor konstrukce či materiálu proti průniku vodních par.

České normy úplně jasně nestanovují, co je to hrubá stavba, ale v praxi máme hrubou stavbou většinou na mysli takzvané stavby spodní (zemní a výkopové práce, základové spáry a základovou desku), vodorovné a svislé izolace, stropy nad suterénem (je-li dům podsklepený), nosné obvodové a vnitřní zdivo, věnce a překlady stavebních otvorů (oken a dveří), střešní nadezdívky, atiky, krov, komín, příčky, prostupy pro přípojky inženýrských sítí a vodorovné rozvody kanalizace a vody. Do hrubé stavby můžeme zařadit střešní krytinu a výplně stavebních otvorů (dveře, okna).

Pokud se podíváme například k sousedům do Německa, tak zdejší předpisy za hrubou stavbu považují vzduchotěsně a vodotěsně uzavřenou staticky dokončenou konstrukci stavby. V další kapitole se zaměříme zejména na ty části hrubé stavby, které jsou pro dosažení cíle práce nejzajímavější, protože na ně můžeme aplikovat materiály, postupy a technologie vhodné pro dosažení „šetrnosti“ budovy.

5.2.1. Spodní stavby

Po vytyčení základů budovy dochází k prvotním povrchovým úpravám stavebního pozemku. Nejprve je v místě budoucí stavby odstraněna ornice, která má v našich podmínkách mocnost asi 20 cm. Ornice jakožto nejurodnější část půdy se neodstraňuje ani tak pro potřeby stavby, ale zejména za účelem jejího zachování a pozdějšího znovuvyužití. Tímto postupem lze částečně předejít negativnímu zásahu do prostředí, kterým je samotný zábor plochy budovou.

Po odstranění ornice následují výkopové práce, kdy jsou do tzv. zámrzné hloubky (minimálně 80-120cm) vyhloubeny základy. Zámrzné hloubky je nutné dosáhnout jak proto, aby případné rozmrzání a podmáčení horniny neovlivňovalo stabilitu stavby, tak proto, aby tíha stavby nepůsobila negativně na podloží.

Pro životní prostředí je důležité, jakým způsobem k samotným výkopovým pracím dochází. V našich podmínkách probíhají především za použití těžké techniky, jako jsou bagry, rypadla, sklápěče a podobně. Je však potřeba zvážit přínosy a nevýhody využití těžké mechanizace. Plusem je především rychlost, s jakou je schopna technika danou práci odvést. Rychlými pracemi se snižují dopady na rostliny a živočichy žijící v okolí stavby, kteří nejsou existenčně ohroženi krátkodobým stresem, ale delší průtahy ve stavbě by je mohly ohrozit. Mnohem patrnější jsou ale negativa. Použitím těžké mechanizace dochází k rozrušování a zhutňování půdy v okolí stavby, emisím

výfukových plynů, zvyšování hlučnosti a prašnosti či riziku kontaminace půdy motorovými palivy a oleji. Šetrnější alternativou je využití lidské síly. Jedná se sice o řešení časově a fyzicky značně náročné, přináší ale snížení výše zmíněných negativ a působí pozitivně na zaměstnanost a celkovou svázanou produkci emisí a svázanou spotřebu energie procesu.

Při zvažování dopadů procesu stavby na životní prostředí má rozhodování o použití těžké techniky své místo ve většině fází procesu. Stejně tak ve všech fázích stavby sebou nese stejné výhody a nevýhody, a proto by mělo být dobře zváženo už při plánování stavby.

5.2.1.1. Základy a základová deska z kamene, betonu a železobetonu

Základy dělíme na plošné a hlubinné. O tom, jak budou vypadat základy stavby, rozhoduje především konstrukce, kterou tyto základy budou stabilizovat a podložit, na jakém budovu zakládáme.

U masivních staveb se volí většinou základové pásy z lomového ložního kamene, prostého betonu, prokládaného betonu a výjimečně z železobetonu. Základy je možné také vytvořit za použití betonových tvárnic zalitých betonem. Výhodou tohoto postupu je rychlost, přesnost a to, že není potřeba vytvářet pažení a bednění základů (prováděné zpravidla ze dřeva). Nejznámějším typem plošných základů jsou však betonové, respektive železobetonové, základové desky. Základové desky se navrhují u staveb na nehomogenní málo únosné půdě nebo na místech, kde je základová spára trvale pod hladinou spodní vody a u staveb výškových. (Peřina; Skulinová, 2006)

Pro založení skeletových konstrukcí se navrhují většinou základové patky. Patky se zhotovují obvykle z prostého betonu nebo ze železobetonu. Patky montovaných skeletů jsou zpravidla prefabrikované. Skeletové konstrukce založené na nestejněměrně stlačitelných zeminách v poddolovaném území a podobně se pak zpravidla zakládají na železobetonových základových roštích. (Peřina; Skulinová, 2006)

Zajímavým příkladem hlubinných základů používaných třeba u tzv. systému „Crawl Space¹¹“ typického pro dřevostavby, jsou zemní vruty zobrazené na Obr. č. 1. Adekvátní zemní vruty mohou snížit náklady spojené s výstavbou základů a nahradit

¹¹ Jde o zvláštní konstrukci podlahy přízemí dřevostavby. Ta není zakopána do země ale naopak nad zemí a prostor pod stavbou je odvětráván. Velice často je řešen tak aby umožňoval kontrolu i případný zásah do konstrukce. Tento způsob založení může být velice rychlý, efektivní a podstatně omezuje zemní a zednické práce. Trvale odvětrávaný prostor pod stavbou je navíc vůbec nejlepší ochrana proti pronikání radonu do stavby.

použití velkého množství betonu. Samozřejmě je možné je využít u staveb, na kterých by bylo obtížné dopravovat a zpracovávat beton. Výhodou také je, že jde o založení budovy šetrné k ornici.



Obrázek č. 1: Detail hlubinných základů zhotovených ze zemních vrutů
s popisem. Převzato a upraveno. (KRINNER CZ, 2008)

Jak je patrné, v naprosté většině případů se k založení budovy využívá betonu a kamene. Jejich hlavní nevýhoda souvisí především s tím, že se jedná o neobnovitelné a na výrobu a zpracování energeticky náročné suroviny. Zejména užití betonu bychom se proto měli snažit eliminovat, popřípadě nahradit kamenem a to nejen z ekologického, ale i ekonomického hlediska. Větší množství betonu totiž každé základy neúměrně prodražuje. K tomuto materiálu se ještě podrobněji vrátí kapitola věnovaná konstrukcím.

5.2.1.2. **Alternativní založení domu z obnovitelných a recyklovaných materiálů**

Nejen česká, ale zejména německá a rakouská odborná literatura disponuje mnoha příklady o alternativních a zejména ekologicky šetrných postupech při budování základů domu. V případě domů s lehčí konstrukcí (dřevostavby, stavby ze slámy apod.) lze projektovat bodové betonové základy, na nichž se položí trámy. Také je možné

vybudovat základový pás z lokálně nalezených přírodních kamenů nebo recyklovaných cihel. Hospodárné řešení, které navrhuji Mahlke a Minke, je „plovoucí základová deska, která spočívá na tepelněizolační šterkové vrstvě z expandovaného skla.“

Nekonvenční řešení navrhované rovněž těmito autory „spočívá v použití vyřazených pneumatik, které se naplní hubeným betonem a slouží jako základy. Pokud se realizuje ve svépomocné stavbě, může být toto řešení levné, zvláště když je možné získat automobilové pneumatiky zdarma. Naplnění pneumatik vyžaduje málo betonu, jestliže se do nich současně nasypává minerální materiál ze zbourané stavby nebo velké kameny.“ (Mahlke; Minke, 2009)

Svépomocné stavby lze rovněž založit pomocí obyčejných dřevěných palet, které je ale potřeba vyplnit tepelněizolačním materiálem (například zbytky obalů z polystyrenové pěny) a opatřit je vodoodpudivou vrstvou (kupříkladu nopovou fólií). (Mahlke; Minke, 2009)

Nevýhodou výše zmíněných postupů je, že se stále používají spíše na experimentální úrovni a není jasné, do jaké míry je lze použít u běžných lehkých konstrukcí nebo u konstrukcí těžších.

5.2.2. Svislé nosné a nenosné konstrukce

Při výběru materiálu pro nosné a nenosné konstrukce je prvním doporučením nekombinovat do sebe různé druhy cihel, cihelných bloků a tvárnic. Odborníci ve stavebnictví používají optimalizační metody výpočtu vycházející ze šesti základních požadavků na zdivo. Jsou jimi mechanická pevnost a stabilita, zdravotní nezávadnost, bezpečnost užívání, zvuková izolace, tepelná izolace a požární bezpečnost. Také následující část práce bude při srovnávání jednotlivých materiálů respektovat tyto požadavky.

Jak už jsem naznačil výše, i pasivní a nízkoenergetické domy mohou posloužit celou řadou užitečných doporučení. U svislých konstrukcí je například potřeba počítat s tím, že na ně bude přichycena nadstandardní tloušťka izolace. Pro takovou konstrukci je proto vhodné, aby byla zhotovena z materiálu, který umožní dosáhnout potřebných statických vlastností při co nejmenší tloušťce zdi. Nejvhodnější bývají dřevostavby, které na druhou stranu nemají takovou tepelnou stabilitu, jako konstrukce zděné. Naopak nejtlustší stěny bývají z lehčených tvárnic.

Je patrné, že hlavní roli při volbě svislých nosných a nenosných konstrukcí budou hrát vlastnosti materiálu, z něhož jsou vyrobeny. Pro vliv na životní prostředí pak bude kromě vlastností samozřejmě důležité i to, jak a z čeho byly materiály vyrobeny a co se s nimi stane po skončení životnosti.

5.2.2.1. Cihly, tvárnice a bloky z pálené hlíny

Pálené cihly jsou materiálem vyrobeným z přirozeně vyskytujících se cihlářských hlín a jílu. Tyto neobnovitelné suroviny jsou hojně dostupné po celém světě a umožňují páleným cihlám po skončení životnosti jejich nezávadné rozložení. Nevýhodou je, že rozklad sám probíhá velmi dlouho. Není však nutné, aby pálené cihly skončily na skládce stavebního odpadu, protože je lze po úpravě znovu druhotně použít. Druhotně použitá pálená cihla už však nemá takové vlastnosti jako cihla nová.

V našich podmínkách, za účelem dosažení určité kvality a uspokojení poptávky, je proces výroby pálených cihel energeticky náročnější záležitost. V principu lze ale pálené cihly vyrobit manuálně a vypálit je v jednoduché peci na vypalování.

Pálené cihly jsou přirozeně prodyšné a jejich užité vlastnosti se osvědčí především v případě potřeby po tepelné akumulaci, zvukové izolaci a odolnosti proti vlhkosti a ohni. Nevýhodami jsou velká spotřeba malty při zdění mokrou cestou, velká spotřeba omítky, nízký tepelný odpor a velká pracnost oproti moderním stavebním systémům. (Jirásek; Vavro, 2008a)

Pálená cihla u nás zůstává nejčastěji používaným materiálem pro stavbu svislých konstrukcí. Její využití jako tradičního stavebního materiálu mimo jiné znamená dlouholetou praxi a množství nabízených variant při řešení nejrůznějších stavebních požadavků. Na druhou stranu ale velké rozšíření mezi stavebníky občas zastíňuje jiné materiály s mnohdy lepšími užitečnými vlastnostmi. Je ale pravdou, že ne vždy se lze použití pálené cihly úplně vyhnout a tak zůstává nejpoužívanějším materiálem například při stavbě zděných pilířů nebo vnitřních nosných konstrukcí.

Moderní alternativou pálených cihel jsou keramické tvárnice a bloky z pálené hlíny. Mají obdobné tepelně izolační vlastnosti, přiměřený tepelný a difúzní odpor a schopnost udržet v interiéru stálé mikroklima. Jejich velkou výhodou je rychlé zdění suchou cestou. Bohužel jde o stavební materiál, který má nižší schopnost akumulace tepla, je nasákavý, křehký a těžší pro manipulaci. Tvárnice a bloky jsou také náročné na přesnost zdění, což podtrhuje nutnost vyztužení vnějších omítek. Vlastnosti (zejména

tloušťka) keramických tvárnic a bloků z pálené hlíny mohou být v konfliktu s jejich potenciálním využitím pro stavby s nízkými energetickými nároky.

5.2.2.2. Cihly a tvárnice z nepálené hlíny

Cihly nepálené jsou produktem ze stejných surovin, jako cihly pálené. V procesu jejich výroby ale chybí fáze vypalování, cihly se pouze nechávají přirozeně vyschnout na slunci. Z hlediska dopadů výroby na životní prostředí se proto jeví jako velmi šetrný výrobek. Nepálené cihly a tvárnice jsou v porovnání s pálenými mnohem rychleji přirozeně rozložitelné.

Použitím nepálených cihel ve stavebnictví se současné evropské stavitelství v podstatě vrací k tradičnímu materiálu, který zde měl své místo už před mnoha staletími. S tímto znovuobjeveným materiálem ale rovněž přichází nové požadavky na fyzikální a technické vlastnosti, a tak jsou stavební materiály z nepálené hlíny v současné době podrobovány odborným prověrkám na řadě míst v Evropě.

Povaha vlastností nepálených cihel souvisí s materiálem, ze kterých jsou vyráběny. Nepálené cihly tak nejsou vhodné pro vnější konstrukce ohrožované deště a jsou obecně málo odolné vůči vlhkosti. Jsou také málo pevné. (Čerňanský, 2010)

Již dlouho se ale například ví o pozitivním vlivu zdiva z nepálených cihel na udržení příznivé vzdušné vlhkosti v interiéru budov. Nepálené cihly totiž mají schopnost v nadměrně vlhkém období vlhkost přijímat a v suchých obdobích ji uvolňovat. Tepelný odpor nepálených cihel zvyšují příměsi, jako například duté stonky rostlin.

Pro svislé nosné i nenosné konstrukce jsou využitelné nepálené tvarovky a cihly, pro suchou výstavbu pak obkladové desky či desky pro montáž příček. Použití nepálených cihel u vnitřní nenosné konstrukce zvolili například u Centra ekologických aktivit města Olomouce, Sluňákov realizovaném v roce 2006 (Obr. č. 2)



Obrázek č. 2: Použití průmyslově vyráběných nepálených cihel jako výplňového zdiva v železobetonovém skeletu s průvlaky z lepených dřevěných vazníků. (Růžička, 2007)

5.2.2.3. **Kámen**

V tomto případě máme na mysli přírodní kámen používaný na stavbách. Kámen je dalším hojně dostupným a neobnovitelným materiálem, který lze využít pro svislé nosné a nenosné konstrukce. Zdrojem pro stavební kámen jsou u nás lomy, které jsou zátěží pro životní prostředí zejména kvůli zásahu do rázu krajiny. Často však lze využít i kámen přímo z místa stavby. V případě svislých a vodorovných konstrukcí se využívá především žula (granit). Vlastnosti jednotlivých minerálů se samozřejmě liší, obecně je lze ale shrnout následovně.

Zpracování a manipulace s kamenem je energeticky náročnější, je ale proveditelná manuálně. Kamenné zdivo má vysoký difúzní odpor, vyniká pevností v tlaku, odolností vůči vlhkosti a vůči vysokým a nízkým teplotám (Jirásek; Vavro, 2008b).

V České republice se standardně při stavbách používá lomového kamene v podobě gabionových stěn pro gravitační opěrné, protihlukové a jiné masivní konstrukce. „Tyto konstrukce našly široké uplatnění ve stavebnictví a v současné architektuře a splňují všechny požadavky na energeticky nenáročnou technologii,

jednoduchou separovatelnost jednotlivých materiálů při dožití konstrukce a jejich následnou možnost recyklace nebo opětovného využití.“ (Růžička, 2007)

5.2.2.4. Konstrukční prvky ze dřeva

Hovoříme-li o přírodních materiálech, nesmíme samozřejmě zapomenout na ty nejzajímavější, obnovitelné. Tradičním a v poslední době stále vyhledávanějším obnovitelným stavebním materiálem pro svislé nosné i nenosné konstrukce je dřevo. Jeho stabilní produkce úzce souvisí s udržitelným lesním hospodářstvím a váže na sebe mnoho dalších odvětví a pracovních míst.

Pokud mají stromy pro zpracování na stavební dřevo možnost růst přirozeně bez větších zásahů člověka, dá se říci, že jejich bilance emisí CO₂ je nulová, protože po skončení životnosti dřeva jako stavebního materiálu, dojde k jeho přirozené recyklaci. Za normálních okolností je třeba ale zahrnout do bilance emise vyprodukované zpracováním a dopravou dřeva. Stejně jako u jiných materiálů a stavebních systému i zde proto platí, že je z ekologického hlediska většinou šetrnější využívat zdroje místní.

Dřevěné stavební komponenty se vyznačují velmi dobrými mechanicko-fyzikálními vlastnostmi a životností srovnatelnou s jinými běžnými stavebními materiály. Dřevo má nízkou hmotnost a dobře se zpracovává, většinou je možné ho opracovat přímo na stavbě. Oproti výše uvedeným materiálům je dřevo samozřejmě hořlavější a hrozí jeho znehodnocení škůdci nebo vlhkostí. Za využití vhodných konstrukčních řešení a po úpravě dřeva použitím ekologicky šetrných přípravků a prvků, lze ale tento problém řešit. Potom se dřevo rázem stává jedním z nejlepších a nejšetrnějších stavebních materiálů. Nevýhodou, kterou však vyřešit jen tak nelze je malá schopnost dřeva akumulovat teplo závislá na druhu použitého stromu. Tepelně-izolační vlastnosti s rostoucí vlhkostí dřeva navíc klesají.

Se dřevem se setkáváme na svislých, ale i vodorovných a šikmých konstrukcích v podobě surového dřeva (nosníky, trámy, fošny, prkna, latě, lepené a sbíjené nebo jinak spojované profily), kompozitních materiálů (dřevovláknité, dřevotřískové, dřevocementové, OSB desky) často používaných zároveň jako forma izolace nebo jejich kombinace (nosné profily). (Růžička, 2007)

Pokud jde o konstrukční řešení staveb ze dřeva, tak jednou z nejčastěji realizovaných variant je fošnová konstrukce znázorněná na Obr. č. 3, kdy jsou svislými prvky nejčastěji dřevěné hranoly z masivního dřeva. Z vnější, ale i vnitřní strany pak

mohou být umístěny OSB desky a prostor mezi fošnami vyplněn izolací. Protože hranoly nemívají dostatečnou tloušťku pro to, aby se mezi ně dalo umístit potřebné množství izolace, mívají domy, u kterých se snažíme dosáhnout nižších nároků na energie, i několik vrstev izolace oddělených OSB deskami. Pokud jsou OSB desky z vnější strany, je potřeba je překrýt parozábranou, poté se ještě doplňují o obklad, kterým může být dřevo nebo různé malo i velkoformátové desky. (Tywoniak, 2005)



Obrázek č. 3: Nadzemní nosná fošnová konstrukce.
Centrum ekologických aktivit města Olomouce, Sluňákov.
(Projektil Architekti, 2007)

OSB, Oriented Strand Boards, jsou desky vyráběné většinou z odpadního dřeva, V podstatě se jedná o plošně lisované desky z orientovaných velkoplošných třísek. „Třísky jsou fixovány pojivem z umělých pryskyřic. Ve vnějších vrstvách jsou třísky orientovány rovnoběžně s podélnou osou desky, ve středové vrstvě je orientace kolmo na tuto osu. Orientace třísek v desce je podstatná pro dosažení předepsaných pevností a modulů pružnosti. Jako hydrofobizační látka je užíván tekutý parafín ve formě parafínové emulze. Ten se při lisování desky nataví a na povrchu desky tak zůstává tenká lesklá vrstva, kterou vytváří slabý film parafínu. Tato vrstvička i parafín obsažený uvnitř desky zlepšuje její odolnost proti působení vlhkosti.“ (Kníže, 2007)

Moderní, ale u nás ještě ne tak často využívanou alternativou je montáž panelových systémů (nejen ze dřeva) a staveb na bázi sendvičového zdiva. Montované domy umožňují jednoduchou a levnou výstavbu. Komponenty používané při jejich stavbě bývají prefabrikované nebo poloprefabrikované, což umožňuje jejich přípravu „pod střechou“, a poté jejich rychlou dopravu a kompletaci na stavbě. Nesporné jsou také výhody spojené s nižší prašností, hlučností, redukcí mokrého procesu výstavby a větší kvalitou a přesností konstrukcí.

5.2.2.5. *Desky z celulózy*

Budeme-li sledovat pomyslnou linii přírodních surovin, podél které postupujeme při popisu materiálů vhodných pro svislé konstrukce, dostaneme se k velmi neobvyklému materiálu. Je jím materiál svým způsobem dřevu velmi blízký, ale s jeho použitím se setkáváme v úplně jiných odvětvích. Jedná se o papír, respektive celulózu. Na mnoha místech světa je papír v současné době používán jako experimentální stavební materiál, ale výrobky z něj už si našly i své místo na stavebním trhu.

Jako příklad úspěšného rozšiřování lze uvést projekt německé rozvojové agentury a architektů z univerzity ve Výmaru, kteří navrhli úspornou a mobilní stavbu od základů až po střechu vyrobenou z recyklovaných novin a kartonů napuštěných pryskyřicí. Struktura povrchu připomínající včelí plástve má dodávat materiálu pevnost a zároveň velmi dobré izolační vlastnosti. Autoři projektu by svým domem chtěli řešit problém chudinských čtvrtí a uprchlických táborů rozvojových zemí. Výstavba prefabrikovaných domů z celulózy je v plánu v Zimbabwe a následně také v Nigérii a Angole. Tvůrci systému rovněž již předem počítají s transportem výrobního zařízení do daných zemí, takže bude možné využívat místní zdroje surovin i pracovní síly.

Na našem trhu se s papírem u svislých nenosných konstrukcí můžeme potkat například v podobě desek na bázi celulózy nebo sendvičů¹² obsahujících extrudovaný polystyren opláštěný těmito deskami. Desky vznikají recyklací vrstvených potravinových obalů. Na podkladový papír je vysypána vrstva rozemletých dezinfikovaných obalů, na ni je položena polyetylenová fólie a nakonec opět podkladový papír. Takto navrstvený materiál je za vysoké teploty a tlaku slisován, čímž začne polyetylén přirozeně působit jako pojivo. Daná teplota a tlak způsobují, že

¹² Sendvičové konstrukce, zpravidla používané u montovaných domů, jsou konstrukce tvořené různými materiály, jejichž základem je nosná vrstva a k ní připojená izolační vrstva nebo vrstvy. V zásadě se tedy jedná o tři vrstvy různých materiálů, které mohou být podle potřeby po určitých technicko-fyzikálních vlastnostech doplněny ještě dalšími vrstvami.

při výrobě nedochází k uvolňování škodlivin. Po dokončení tohoto procesu jsou desky pilou naformátovány a připraveny k použití. Tento proces výroby je sice energeticky náročný, do značné míry je ale celková svázaná energie kompenzována užitím odpadového materiálu. Desky jsou opětovně recyklovatelné, hygienicky nezávadné a neuvolňují těkavé látky.

Desky umožňují rychlou výstavbu bez použití těžké techniky. Nabízí možnost snadného opracování a tvarovou variabilitu. Jsou odolné proti mechanickému poškození a mají i dobré zvukově-izolační vlastnosti. Vzhledem k tomu, že mají tyto desky poměrně velkou plochu, vzniká při jejich napojení i menší množství spár, kterými tedy může unikat i méně tepla. Díky pojivu, kterým je polyetylen, mají desky nadprůměrnou vzduchotěsnost a odolnost proti vodě a vlhkosti. Přítomnost hliníkových částíček v konstrukci způsobuje rovněž částečný odraz sálavého tepla zpět do interiéru a dům rovněž neakumuluje teplo. Životnost těchto desek je srovnatelná s jinými materiály a cenově je v mnoha případech výhodnější, než u jiných domů stavěných suchou cestou.

Mohlo by se tak zdát, že jde o vynikající stavební materiál. I desky na bázi celulózy ale mají svá omezení. Protože je tento stavební materiál velmi často používán za účelem dosažení hodnot domů s nadprůměrnými energetickými vlastnostmi, je problémem, že se kvůli použití odpadového materiálu jedná o částečně nesourodý materiál. Stává se, že na různých místech desky vykazují větší rozptyl hodnot spjatých s fyzikálně-mechanickými vlastnostmi, než je obvyklé. Nejistotu samozřejmě také vzbuzuje fakt, že jde o nový stavební materiál, a tak zkušenosti s jeho použitím a životností nejsou velké a není jasné, jak se v budoucnu osvědčí v různých podmínkách použití.

5.2.2.6. *Konstrukční prvky ze slámy*

Druhý a poslední přírodní obnovitelný materiál, kterým se bude zabývat část věnovaná svislým nosným a nenosným konstrukcím, je sláma. Sláma je materiál s velkým potenciálem pro životní prostředí i zemědělství. Obilí se pěstuje po celém světě a slámu lze bez problémů recyklovat nebo kompostovat¹³. Sláma je nejlevnějším stavebním materiálem a jsou s ní spjaty velké úspory energie při její produkci i dopravě. Výroba balíků slámy vyžaduje přibližně 14 MJ/m^3 , zatímco například u minerální vlny je to 1077 MJ/m^3 . (Mahlke; Minke, 2009) Zásoby slámy jsou velké a její dostupnost

¹³ Díky vysokému podílu křemičitých látek sláma hnije velmi pomalu a používá se proto v ekologickém zemědělství k mulčování.

pro trh velmi dobrá. Nevýhodou je její skladování, které vyžaduje, aby sláma nenavlhla nebo nezmokla.

Přestože se sláma na stavbách používá především jako tepelná izolace, tak při určitých rozměrech a slisování do balíků ji lze bez dalších úprav použít i jako materiál pro svislé nosné a nenosné konstrukce. Pro použití do balíků je nejvhodnější sláma z pšenice a její odrůdy pšenice špaldy, ale také sláma z žita.

Co se týče fyzikálně-mechanických vlastností, je sláma schopna elasticky měnit svůj tvar, a tak jsou stěny z balíků slámy relativně bezpečné vůči zemětřesení. Je ale potřeba, aby byly stěny dostatečně předpjaté a sousedící balíky navzájem propojené, protože jinak hrozí jejich vyboulení a to nejen vlivem zemětřesení, ale také větru nebo mechanických úderů. Oboustranně omítnutá sláma má lepší zvukově izolační vlastnosti, než jiné běžné materiály. Díky svým tepelně-izolačním vlastnostem je sláma používána i jako izolace.

Největší rizika použití slámy ve stavebnictví jsou spjata s pronikáním vody do konstrukce. Tehdy ve slámě mohou začít růst plísně a houby, popřípadě se zhoršovat izolační vlastnosti slámy. Vzlínající základové vlhkosti se můžeme vyhnout horizontálním utěsněním, je ale potřeba také věnovat pozornost ochraně před ostřikující vodou, proti povětrnostním vlivům a proti tvorbě kondenzační vody. Tvorbě kondenzační vody se dá předejít kvalitním provedením ochranných opatření, jako jsou zamezení tepelných mostů, parozábrany na vnitřním povrchu stěny, popřípadě umožnění dostatečně rychlého odvedení vlhkosti ze stěny vnější stěnou¹⁴. Už při samotném provádění stavby zdi je potřeba dbát na to, aby se její vlhkost pohybovala pod 15 %¹⁵. „Při omítání je nutno dbát na to, aby omítka relativně rychle vyschla. Omítka musí tudíž spolehlivě umožňovat difuzní pochody, aby sláma, která se při omítání navlhčí, mohla dosti rychle zase vyschnout.“ (*Mahlke; Minke, 2009*)

Domy ze slaměných balíků mají nízkou schopnost tepelné akumulace, a proto je velmi důležitá také konečná úprava stěny ve vnitřním prostoru domu. Osvědčily se hliněné omítky s vysokým podílem písku a jemného šterku, je také vhodné, jsou-li vnitřní stěny postaveny z pálených cihel, nepálených cihel nebo vápenopískových dílců. „Nepálené cihly a za určitých podmínek také hliněná omítka kromě toho příznivě působí na vyrovnávání prostorové vlhkosti.“ (*Mahlke; Minke, 2009*)

¹⁴ Například pomocí venkovní vápenné omítky nebo zezadu provětrávaného obložení.

¹⁵ „Optimální podmínky pro růst hub vytvářejí teploty mezi 20 a 28° C a relativní vlhkost vzduchu nad 55 %.“ (*Mahlke; Minke, 2009*)

Napadení slámy hlodavci nehrozí, protože ji nejsou schopni strávit, pravdou ale je, že ji vyhledávají jako své útočiště. Z toho důvodu je potřeba konstrukci ze slámy chránit omítkou, pletivem apod. a minimalizovat ve slámě přítomnost semen rostlin, které jsou vyhledávanou potravou těchto škůdců. Velmi dobrou obranou proti hlodavcům už je ale samotný fakt, že sláma je pro použití na stavbách stlačována do balíků o hustotě 90 kg/m³ i více a klade tak dostatečný odpor zabraňující hnízdění. (Mahlke; Minke, 2009)

Sláma je sama o sobě sice velmi hořlavý materiál, přesto je ve stavebnictví dobře použitelná. Její stlačení do balíků a orientace stébel v nich spolu s oboustranným omítnutím totiž hořlavost razantně snižují a podle německých zkušebních institucí taková sláma dosahuje hodnoty požární odolnosti 90 minut. Kvůli voskovitému hladkému povrchu stébel odpuzujícím vodu je ale problémem další navýšení odolnosti proti hořlavosti prostřednictvím impregnací.

„U stěn z balíků slámy existují dva zásadně odlišné konstrukční systémy: nosná stěna z balíků slámy, kdy se tíha střechy přenáší přes balíky slámy přímo do základů, a skeletová konstrukce, zpravidla ze dřeva, vyplněná slámovými balíky nebo opatřená vysunutým pláštěm ze slámových balíků.“ (Mahlke; Minke, 2009)

Alternativou stavebních prvků ze slámy určených pro suchou výstavbu jsou slámokartonové panely. Panely vznikají lisováním kartonu a slámy. Pokud je sláma navíc spojena pryskyřicí, dosahují takové panely stejné pevnosti jako dřevotříska. Tyto panely se používají především pro nenosné konstrukce a je možno je upravovat jako běžné sádkokartonové desky malbami, nátěry, tapetováním atd. (Růžička, 2007)

Zajímavostí je, že předností slámy jako konstrukčního materiálu využil i projekt OSN v Mongolsku, při kterém bylo od roku 1997 postaveno více než 100 budov z balíků slámy. (Gruber, 2000)

5.2.2.7. Beton

Beton, klasická stavební hmota vznikající smíšením cementu, vody a písku. Z hlediska šetrnosti k životnímu prostředí jde o neobnovitelnou surovinu s problematickým recyklováním a energeticky velmi náročným životním cyklem. Při realizaci ekologicky šetrných staveb je jeho použití proto vhodné doporučit pouze tam, kde není možné využít jiných materiálů nebo jsou v daných podmínkách jeho vlastnosti natolik vynikající, že převyšují jeho nevýhody.

Výrobky z betonu jsou běžně používaným materiálem pro svislé konstrukce. Beton se v tomto typu konstrukcí používá v různých podobách a mnohdy dosahuje velmi dobrých fyzikálních a tepelně-izolačních parametrů. Moderní betony navíc obsahují přísady, které tyto vlastnosti ještě zlepšují. Beton je navíc finančně zajímavý a praktický pro různé varianty provedení konstrukce.

5.2.2.8. *Materiály vápeno-pískové*

Hovoříme-li o vápeno-pískových materiálech pro konstrukční úkoly, máme na mysli velmi často používané produkty, známé například pod obchodním názvem YTONG.

Vápenopískové bloky, cihly a další tvary vznikají takzvaným autoklavováním směsi písku, vody a vápna (popřípadě cementu) za vysokého tlaku a teploty (200 °C). Výhodou procesu jejich výroby je malá energetická náročnost, složení produktů pak umožňuje jejich recyklaci.

Výrobky tohoto druhu jsou tvrdé a trvanlivé, odolné vůči vlhkosti a výborně akumulují teplo a izolují hluk. Mají ale nízký tepelný odpor a vysoký difúzní odpor.

Vápenopískové materiály jsou u nás velmi často používané a oblibu si získaly zejména pro rychlost výstavby, jakou umožňují a to i suchou cestou. Na stavbách najdou využití jak v podobě tvárnic, tak příčekovek, překladů či stropních nosníků a vložek.

5.2.2.9. *Sádrokartonové desky*

Posledním zmíněným stavebním prvkem této části práce jsou sádrokartonové desky. Sádrokartonové desky se vyrábí ze sádrového jádra, tvořeného sádrou a rozvlákněným papírem nebo skelnými vlákny, oboustranně krytého speciálním kartonem. Nejsou tedy vyráběny z obnovitelných surovin, ale po dožití jsou zcela recyklovatelné.

Jejich zpracování pro použití na stavbě je nenáročné a nenákladné, aplikace rychlá. Nízká hmotnost usnadňuje manipulaci na stavbě a snižuje množství energie potřebné na dopravu. Stěny ze sádrokartonu lze snadno opravit, velkou výhodou je příznivá cena. Sádrokarton má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti, udržuje ideální mikroklima v interiéru, je tvárný a přitom odolný. Tlustší sádrokartonové desky mají vlastnosti protipožárního materiálu a také lepší akustický útlum. Nevýhodou tohoto materiálu je nízká únosnost stěn, které lze navíc snadno poškodit.

Sádkartonové desky umožňují suchou výstavbu a využívají se velmi často pro opláštění nenosných konstrukcí, šikmých stěn nebo pro úpravy stropů.

5.2.3. Vodorovné a svislé izolace

Pro ochranu stavby před nepříznivými vlivy okolního prostředí a zajištění její funkčnosti se používají nejrůznější typy izolací. Velké množství izolací potřebné na stavbě předurčuje důležitost toho, jakým způsobem jsou tyto materiály vyráběny. Užité vlastnosti izolací jsou pak jedním z klíčů k dosažení úspěchu při snižování energetických ztrát spojených s provozem budovy. Z těchto důvodů jim bude tato práce věnovat větší prostor.

Použití izolací začíná už na úrovni základů stavby. V této části stavby hovoříme nejčastěji zejména o hydroizolacích, tepelných izolacích a izolacích proti pronikání radonu¹⁶. U nadzemních částí stavby máme v případě izolací na mysli především hydroizolace a tepelné izolace fasády a střechy. Hydroizolace nadzemní části budov slouží především k ochraně před povětrnostními vlivy a k ochraně konstrukce před pronikáním vlhkosti. Tepelné izolace slouží v topném období ke snížení energie potřebné na vytápění domu, v teplých měsících naopak pomáhají zabránit přehřívání interiéru. Za účelem dosažení co největšího efektu se doporučuje používat vnější izolace, které vytvoří teplem takřka neproniknutelnou souvislou obálku kolem celého domu. V takovém případě můžeme ušetřit až polovinu nákladů na topení. S utěsněním ale přichází potřeba důsledného a velmi přísně regulovaného větrání.

Izolace na stavbě investoři vybírají v první řadě podle jejich užitných vlastností a ceny. Široká škála přírodních materiálů¹⁷ nám v dnešní době ve velké míře umožňuje zohlednit také ekologické hledisko. S ohledem na velké objemy izolací potřebných k zateplení budovy je výhodou takových izolací, že se zpravidla jedná o recyklovatelné výrobky z obnovitelných surovin. Nižší energetická náročnost výroby izolací z obnovitelných surovin navíc předurčuje pokles jejich cen do budoucna oproti běžným syntetickým izolacím. Jaké možnosti při použití přírodních a nejběžněji používaných izolací se tedy nabízejí?

¹⁶Radon je v přírodě se vyskytující prvek, který při dlouhodobém vystavení a ve zvýšené koncentraci může ohrožovat lidské zdraví. Z hlediska stavebního je potřeba chránit budovu před pronikáním půdního radonu spodní částí stavby.

¹⁷ Zejména u tepelných izolací.

5.2.3.1. *Izolace proti pronikání radonu a hydroizolace spodní části stavby*

Většinu staveb je v dnešní době potřeba izolovat proti pronikání zdraví škodlivého radonu. Nemusí být nutně aplikována zvláštní izolace, protože mnoho druhů hydroizolací poskytuje zároveň dostatečnou ochranu proti radonu. U nás nejpoužívanějšími hydroizolacemi jsou pásy na bázi bitumenů, syntetické fólie oddělené od izolovaných vrstev, betony s přísadami zlepšujícími vodotěsnost, stěrky a tekuté nebo prstovité hmoty a jejich kombinace.

Za společnou nevýhodu zmíněných hydroizolací lze považovat jejich složení. Tyto materiály, často na bázi ropných produktů, jsou tvořeny chemikáliemi, které svou povahou představují velkou zátěž pro životní prostředí od výroby až po rozklad.

Tekuté a prstovité hydroizolační hmoty jsou tvořeny například z kapalných složek na bázi disperzí plastů, syntetické fólie se mohou vyrábět z vysokohustotního polyetylenu (HDPE) a měkčeného polyvinylchloridu (PVC). Srovnáme-li tyto dva druhy plastů, tak se jako šetrnější jeví dobře recyklovatelný polyetylen. Velmi špatné vlastnosti ve vztahu k životnímu prostředí má naopak PVC. (Mašková, 2004)

Jako takzvané stěrkové izolace se používají polyuretany, akryláty nebo metaakrylátové pryskyřice, nenasycené polyestery, epoxidové pryskyřice, chlorovaný polyetylén, deriváty syntetických kaučuků, rozpuštěné termoplasty, bitumenové stěrky či nátěry. (Novotný, 2006) Polyuretany (PUR) nejsou ve vztahu k životnímu prostředí nejvhodnější, mimo jiné protože mají energeticky velmi náročný výrobní proces. (Srdečný, 2010a) Co se týče syntetických kaučuků, tak Petrlík (*nedatováno*) zmiňuje, že také ony mohou být vyráběny za užití nebezpečných látek. Epoxidové pryskyřice by mohly být vhodnou hydroizolační hmotou, zde ale velmi záleží, jak byly vyrobeny. Některé procesy totiž při jejich výrobě používají pravděpodobně karcinogenní epichlorhydrin (Petrлік, *nedatováno*). Stejně tak se ale epoxidové pryskyřice dají vyrobit i z obnovitelných zdrojů, jak zmiňuje článek Stablní epoxidové pryskyřice z obnovitelných netradičních zdrojů (Kalousková; Týnová; Zahradník, 2005). Podle dostupných informací se jako nezávadný jeví i chlorovaný polyetylén, přítomnost chlóru ale nutí k jistým pochybnostem (The Dow Chemical Company, 2008). Na závěr uvedme ještě asfalt (respektive bitumeny). Bitumeny jsou sice původem z neobnovitelného přírodního zdroje, na druhou stranu jsou recyklovatelné a v případě zdokonalení procesu jejich recyklace skrývají velký potenciál.

V mnoha ohledech se zmíněné hydroizolace mohou vzdalovat šetrnosti vůči životnímu prostředí, nicméně pro dobrou funkčnost stavby jsou nepostradatelné. Svým složením také mohou mít negativní vliv na lidské zdraví, a je proto potřeba dbát na bezpečnostní postupy doporučené výrobcem. Chceme-li při stavbě budov dbát na životní prostředí a lidské zdraví, měli bychom proto zvažovat klady a zápory týkající se zejména použitých látek.

Z hlediska užitných vlastností patří mezi nejvhodnější hydroizolace spodních staveb moderní materiály na bázi bitumenu nebo různé fólie. Přísady do betonů nezabrání prostupu vody tak dobře a nátěry a tekuté hmoty nejsou zase tak účinné proti tlakové vodě. Stěrkové izolace jsou pak velmi náročné na klimatické podmínky provádění, u vícekomponentních stěrek je nutné přesně zachovávat systém míchání a doba jejich zhotovení je obvykle delší. (Novotný, 2006)

Méně konvenčním, ale nejefektivnějším způsobem ochrany budovy před pronikáním radonu z podloží je odvětrávání základových částí budovy. Toho můžeme docílit nejrozličnějšími způsoby, u kterých je ale vždy potřeba zvážit jejich vhodnost, proveditelnost a ekonomické náklady v rámci celé stavby. Prvním ze způsobů je založení budovy na pilotách, které pod domem vytvoří požadovaný provětrávaný prostor. O tomto způsobu jsme se zmínili již v části věnované budování základů stavby¹⁸. Druhým možným způsobem je použití systému Iglú®, který za využití sítě plastových nebo polystyrenových odvětrávaných dutin v základech umožňuje dosažení stejného efektu. Oba tyto přístupy zároveň umožňují hydroizolaci základů budovy.

5.2.3.2. Hydroizolace bezprostředního okolí stavby

Pro správnou ochranu budovy před vodou působící směrem k základům začínáme vhodné postupy a technologie aplikovat nejen přímo na konstrukci, ale i v její bezprostřední blízkosti. V praxi to znamená, že základy obklopujeme drenáží s patřičnými parametry a vlastnostmi. Drenáž slouží k odvodnění půdy okolo stavby.

U nás se ve stavebnictví zpravidla k tomuto odvodnění používají nopové fólie (vyrobené např. z HDPE) oddělující základy od půdy a odvádějící vodu směrem k drenážnímu potrubí. Drenážní potrubí (HDPE, PVC aj.) veškerou shromážděnou vodu odvádí pryč od stavby, například do odpadu, jímky nebo na tu část pozemku, kde je možné vodu nechat přirozeně vsáknout. Potrubí je doplněno o geotextílii (polyetylen,

¹⁸ Viz. Crawl Space.

polypropylen, recyklovaný polyester, kokosová a jutová vlákna aj.) zabraňující ucpání potrubí nečistotami a jemným materiálem a o štěrku (skelná pěna – má i tepelně izolační vlastnosti, říční štěrky) umožňující rychlejší prostup vody. Jeden z příkladů zhotovení hydroizolace obvodu základů bez nopové fólie zachycuje Obr. č. 4.



Obr. č. 4: Hydroizolace okolí základů pomocí geotextílie, štěrku a drenážního potrubí. (*Fibertex, nedatováno*)

5.2.3.3. ***Tepelné izolace hrubé stavby***

K minimalizaci tepelných mostů a nechtěných externalit (únik tepla, kondenzace par, vznik plísní apod.), ale zejména ke snížení dopadu provozu budovy na životní prostředí je potřeba stavby tepelně izolovat¹⁹. Nejvhodnější je přitom začít už u samotných základů a pokračovat svislými konstrukcemi až po strop a střechu. Jaké šetrné suroviny, technologie zpracování a výsledné materiály se za tímto účelem ve střední Evropě používají, popisuje následující text.

Pěnový polystyren (EPS)

Nejpoužívanějším tepelně-izolačním materiálem u nás je pěnový polystyren. Má sice výborné užitné vlastnosti a cenu, ale jako produkt z ropy ho nelze snadno přirozeně rozložit ani plnohodnotně recyklovat. Jeho výroba je spojena s produkcemi emisí pentanu, který přispívá tzv. letnímu smogu a skleníkovému efektu, a styrenu, který je pro nervovou soustavu jedovatý. Styren se uvolňuje při řezání EPS horkými dráty.

¹⁹ Tepelná izolace pomáhá razantně snižovat potřebu energií na vytápění, popř. ochlazování budov.

Výroba EPS rovněž vyžaduje vyšší potřebu energií oproti přírodním materiálům, ale jeho energetická bilance se stává pozitivní po 7 až 20 měsících. (*Srdečný, 2010b*) Pro zvýšení hranice vznícení jsou do něj přidávány sloučeniny bromu. EPS je nevhodný k použití na vlhké zdivo a v interiérech. Výhodou tohoto materiálu je nízká objemová hmotnost.

Extrudovaný polystyren (XPS)

Extrudovaný polystyren je obdobou pěnového polystyrenu vyráběnou také z ropy, postup jeho výroby je však hodně odlišný. Nicméně pokud jde o vliv výroby na životní prostředí, tak energie i emise jsou srovnatelné s EPS, což v praxi znamená jedny z nejvyšších hodnot mezi tepelnými izolacemi²⁰ (*Tywoniak, 2005*).

Oproti pěnovému polystyrenu má mnohem lepší vlastnosti v pevnosti v tlaku a na rozdíl od EPS je vhodný i do míst s trvale vysokou vlhkostí. XPS je citlivý na vystavení ultrafialovým paprskům. Nevýhody spjaté s jeho životním cyklem jsou obdobné jako u pěnového polystyrenu, u zabudovaného extrudovaného polystyrenu jsou problémem časem se uvolňující plnicí plyny zatěžující životní prostředí. V České republice se dostatečně silné desky z extrudovaného polystyrenu často používají k tepelné izolaci základů budov. V některých případech je jako tepelná izolace takřka nenahraditelný, jedinou kvalitativně obdobnou alternativou k němu je pěnové sklo.

Expandovaný perlit a expandovaná slída

Expandovaný perlit se vyrábí z vulkanického skla, které je dostupné pouze v určitých nalezištích po celém světě. Z hlediska dopravy je proto výhodnější jeho použití právě v těchto regionech. Navíc je energetická náročnost výroby tohoto produktu průměrná, takže je vhodné zvážit další možné alternativy mimo tento druh izolace.

K výhodám perlitu patří, že je vhodný k opětovnému použití, nepodléhá tlení, je odolný proti hmyzu, nehořlavý, reguluje vlhkost a je kapilárně vodivý. Kapilární vodivost umožňuje rychlé vysychání například u omítek, do nichž zespodu vzlíná vlhkost. Pro použití ve vlhkých podmínkách se perlit upravuje do vodoodpudivé formy pomocí silikonové disperze bez rozpouštědel. Perlit pokrytý bitumenem je odolný vůči tlaku a zároveň vlhkosti, ale není vhodné ho používat ve vnitřních prostorech. Na stavbě

²⁰ Horší hodnoty už snad vykazují jen životní prostředí zatěžující izolace a pěny z polyuretanu. Tyto látky sice mají velmi dobré izolační vlastnosti, ale váže se k nim tolik relevantních nevýhod, že je tato práce nezmiňuje mezi potenciálně šetrnými produkty.

expandovaný perlit využíváme ve formě násypných izolací, pro tepelné izolace podlah, střešních krokví a jádra sendvičového zdiva.

Alternativou k expandovanému perlitu je expandovaná slída, která se ale používá především u průmyslových staveb. Suroviny pro její výrobu se těží především v jižní Africe a na našem trhu jsou izolace z expandované slídy špatně dostupné. Expandovaná slída má co do rozsahu prakticky stejné vlastnosti jako expandovaný perlit, nejsou ale kvalitativně tak dobré.

Minerální skelná vlna a minerální kamenná vlna

Skelná a kamenná vlna jsou izolační materiály vyráběné z přírodních neobnovitelných materiálů. Skelná vlna z křemičitého písku, sody, dolomitu, boraxu, živce, vápence a odpadového skla, minerální vlna se vyrábí z vyvřelých hornin, konkrétně čediče. Během výroby kamenné vlny jsou do roztaveného čediče vstřikovány pojiva a přísady odpuzující vodu a plísň. Skelná vlna je vyráběna podobným způsobem a má i podobné vlastnosti. Největší zátěž pro svázanou potřebu energie těchto izolací představuje energie potřebná pro tavení primárních surovin.

I když jde o izolace z neobnovitelných surovin, mohly by být dobrou alternativou k produktům z ropy, zejména tam, kde se tyto suroviny vyskytují přirozeně a není je potřeba dovážet. Po dožití se dají znovu použít nebo skládkovat.

Kamenná vlna má vynikající tepelné izolační vlastnosti a mnoho dalších výhod jako je dlouhá životnost, vodoodpudivost a odolnost proti hlodavcům. (Tetík, 2009) Kamenná vlna by ale dlouhodobě neměla být vystavována vlhku. Tyto vlny propouští vodní páry (mají tedy nízký difúzní odpor).

Skelná vlna nemá dobré protipožární vlastnosti. Nevýhodou je, že se nedají používat na místech s vysokou vlhkostí. Při manipulaci s nimi se uvolňují dráždivá vlákna. Vlákna navíc po vdechnutí mohou přetrvávat v organismu a být potenciálně nebezpečné pro vznik rakoviny. Při zvýšené teplotě a vlhkosti také zpočátku hrozí uvolňování formaldehydu.

Pěnové sklo

Prakticky nejlepších užitných vlastností u běžně používaných izolací dosahuje pěnové sklo. Pěnové sklo je vyráběno z hojně dostupných avšak neobnovitelných přírodních materiálů, křemičitého písku, živce, vápence, sody. Lze do něj přidávat i odpadní sklo. Výroba pěnového skla je energeticky náročná a recyklovat jej není

možné, protože se na aplikované plochy lepí lepidly nebo připevňuje bitumenem. Nevýhodou tohoto izolačního materiálu také je, že se při práci s ním uvolňuje malé množství sirovodíku a z lepidel mohou unikat aromáty s rakovinotvornými látkami. Z tohoto důvodu nejsou vhodné pro použití ve vnitřních prostorech.

Jak ve svém porovnání uvádí Bureš, pěnové sklo je zcela vodotěsné, neprodyšné pro všechny plyny včetně vodní páry a radonu, nenasákavé pro všechny kapaliny a v porovnání s jinými izolacemi má i další nadprůměrné vlastnosti. Pěnové sklo je nehořlavé, tvarově stálé, odolné vůči tlaku, kyselinám a škůdcům. Největší nevýhodou bránící jeho běžnějšímu použití u nás je vysoká cena. (*Bureš, nedatováno*)

Právě pro své užité vlastnosti se pěnové sklo využívá hlavně v energeticky úsporných domech. Hodí se také pro izolaci tzv. obrácených střech. V takových případech je prakticky jedinou vhodnou náhradou extrudovaného polystyrenu.

Papírové vložky

Izolace z celulózy se používají již desítky let zejména ve Skandinávii a Kanadě. Výhodou celulózy jako izolace je, že se vyrábí ze sběrného novinového papíru, čímž získáváme možnost jeho opětovného použití. Nesmíme ale zapomínat na vysokou energetickou náročnost a zátěž životního prostředí spojenou s výrobou samotného papíru. Jinak je použitý papír z energetického hlediska i z hlediska emisí při opětovném použití pro výrobu izolací velmi dobrý materiál. Také izolace z něj lze po dožití znovu recyklovat. Protože papírové vložky obsahují borax, nelze je bohužel kompostovat.

Původ výrobních surovin zaručuje velmi nízkou cenu této izolace. Užité vlastnosti neumožňují použití papírových vložek v místech s vyšší vlhkostí, ale jinak celulóza vyrovnává vlhkost, umožňuje difúzi páry a dobře pohlcuje zvuk. „Za účelem ochrany proti vznícení, proti hmyzu a myším se přidává přibližně 20 % boraxu. Proniknutí vláken do vzduchu v izolovaných prostorech je třeba zabránit vhodnými konstrukčními opatřeními (např. nalepením stavebního papíru atd.). V tiskařské černi se nacházejí malá množství látek polychromovaných bifenyly, olova a kadmia.“ (*Srdečný, 2010c*)

Na stavbě lze izolace z celulózy použít k utěsnění dutin, k izolacím prostoru mezi střešními krokvy a k izolování trámových stropů a stěn rámové konstrukce se dřevěnými sloupy.

Kokosové vlákno

Kokosové vlákno je obnovitelnou izolační surovinou přírodního původu, která se k nám dováží. Perspektivní je tak zejména její využití v zemích pěstování kokosu, jako je Srí Lanka, Indie, Malajsie, Zanzibar, Tanzánie a Keňa. Proces výroby od odstranění vláken z ořechu až po spletení do rolí nebo desek má takřka nulové emise. Kokosová vlákna se na stavbě těžce opracovávají, protože se špatně řezou. Palmy nebývají ošetřovány pesticidy, ale vysoce hořlavé kokosové vlákno je potřeba napouštět boraxem, síranem amonným a vodním sklem, takže je tato izolace zpravidla nekompostovatelná. Vlastnosti vláken je však předurčují k opakovanému použití.

Mezi jejich hlavní přednosti patří elasticita, odolnost proti mechanickému opotřebení a vlhkosti a přirozená odolnost vůči mikroorganismům a škůdcům. Kokosová vlákna mají dobré tepelně i zvukově-izolační vlastnosti. (*Manohar, et al., 2006*) Na stavbě lze kokosová vlákna použít do dutin, rámových konstrukcí, stavebních příček nebo podlah.

Sláma a rákos

O původu slámy, jejím vztahu k životnímu prostředí a užitných vlastnostech jsme se již zmínili v předešlé části práce. Vzhledem k tepelně-izolačním vlastnostem proto jen shrňme, že sláma dosahuje průměrných hodnot. Jejich dosažení navíc komplikuje nutnost použít větší množství tohoto materiálu.

Jako tepelná izolace se sláma používá v podobě již zmíněných stlačených balíků nebo je volně ukládána do dutin. Na plochých i šikmých střechách ji lze použít jako izolaci, pokud je na to konstrukce střechy vhodně projektována. I na střeše sláma samozřejmě potřebuje patřičnou ochranu proti vlhkosti a požáru. U šikmých střech navíc působí fakt, že balíky slámy sklouzávají směrem dolů, a proto je potřeba je na sebe náležitě stlačit.

Z izolačních materiálů na bázi odumřelých těl rostlin lze ještě zmínit rákos. Na izolace se používá pouze jednoleté rákosí a jeho sklizeň je velmi závislá na povětrnostních podmínkách. Rákos má sice průměrné izolační vlastnosti, ale oproti slámě je pevnější, trvanlivější, má větší objem a je méně vznětlivý. Na stavbě se s ním setkáme v podobě rohoží nebo rolí, někdy se lisuje a spojuje pocínovaným drátem nebo nylonovými vlákny do podoby izolačních panelů. Rákos bez těchto drátů a vláken se dá kompostovat.

Existuje ještě mnoho dalších tepelných izolací na bázi organických materiálů, které se u nás výjimečně používají. Jsou mezi nimi izolace z korku, lnu, konopí a mnohé jiné. Protože ale oproti jiným tepelným izolacím svými vlastnostmi nijak zvláště nevynikají nebo o jejich vlastnostech nejsou kvůli nepříliš časté aplikaci dostupné bližší informace, v této práci nejsou uvedeny.

Bavlna

Bavlna je přírodní obnovitelnou surovinou pro výrobu tepelných izolací. V našich podmínkách se nepěstuje a je nutné ji dovážet, převážně z rozvojových zemí, což znamená dlouhý dopravní řetězec a s ním spojené dopady na životní prostředí. Nevýhodou při pěstování bavlny je, že ji zemědělci chrání před škůdci pesticidy. V celosvětovém měřítku je na pěstování použito velké množství insekticidů a pesticidů.

Bavlna má dobré tepelně-izolační vlastnosti podobné skelné vlně, je schopna vstřebávat vlhkost a na stavbě ji lze lehce zpracovat. Na rozdíl od skelné vlny do ní nejsou přidávána formaldehydová pojiva. Za účelem dosažení nehořlavosti a ochrany před hmyzem a plísněmi je bavlna ošetřována boraxem, a proto ji po skončení životnosti nelze kompostovat. Podle potřeby ji lze několikanásobně znovu použít jako izolaci. (*Build It Green*, 2005)

Použít ji můžeme k izolaci stropů, střechy, příček či vnějších stěn dřevěné konstrukce. Zlepší-li se podmínky pěstování, může být bavlna v oblastech její produkce velmi vhodnou alternativou jiných tepelných izolací.

Ovčí vlna

Také ovčí vlna je velmi perspektivním obnovitelným materiálem pro výrobu izolací. Chov ovcí přispívá k udržení tradičního vzhledu krajiny a udržení biodiverzity, což je podstatný faktor uvažíme-li, že jde o dražší druh izolace. Její úprava pro stavební účely je šetrná k životnímu prostředí, pro zvýšení ochrany proti molům se přidávají zpravidla přírodní látky. Je samozřejmě mnohem vhodnější pro stavební účely využívat vlnu z místních zdrojů a podporovat jak zaměstnanost v regionu, tak snižování emisí spojených s její dopravou. Energie spojená s výrobou vlny je mnohem nižší než u jiných izolací.

Ovčí vlna má jedny z nejlepších izolačních účinků, se vzrůstající vlhkostí se pak izolační schopnost vlny ještě zvyšuje vlivem sorpčního tepla. Vlna vyrovnává vlhkost

v interiérech a má malý difúzní odpor. Ovčí vlna má poměrně vysokou zápalnou teplotu a je samozhášivá. V případě, že je pro snížení vznětlivosti přesto použit borax nebo obdobný přípravek, je vlna nekompostovatelná. Její zpracování na stavbě je snadné a v případě potřeby lze vlnu znovu použít. (*Sheep Wool Insulation, 2010*)

Ovčí vlna se používá jako tepelná a zvuková izolace v podobě vysoce hydrofobických rohoží, izolační plsti, vaty k ucpávání dutin a desek k izolaci fasád, potrubí a proti kročejovému hluku. Příklad jejího zabudování mezi dřevěnou nosnou konstrukci znázorňuje Obr. č. 5, izolaci z ovčí vlny lze ale zabudovat i mezi střešní krokve či střešní a stěnové konstrukce.



Obr. č. 5: Detail zateplení lehkého obvodového pláště dřevostavby tepelnou izolací z ovčí vlny. (*Růžička, 2007*)

Pokrytí fasád a střech zelení

Poslední odstavec této kapitoly je věnován způsobu izolace stavby, kdy nepracujeme s klasickým izolačním materiálem, izolačních účinků ale přesto dosáhneme. Jedná se o pokrytí fasád a střech zelení. To neslouží pouze estetickému a ekologickému účelu, ale také účelu tepelně-izolačnímu. Rostliny u vnějších stěn snižují proudění vzduchu a tím brání odlivu tepla. Tento efekt se váže především ke stálezeleným popínavým rostlinám, které jsou srovnatelné sice s velmi malou, přesto patrnou vrstvou izolace. U opadavých rostlin na fasádách domů je pak pozitivním přínosem jejich schopnost zmenšovat výkyvy v teplotách a fasády během roku. V létě stěny ochlazují zastíněním listy, v zimě, kdy o listů přichází, pak umožňují pronikání

slunečních paprsků a ohřívání stěn. Opadavé rostliny jsou tak vhodnější pro části budov orientované na jih, stálezelené rostliny jsou pak vhodnější pro severně orientované strany domu. Nejčastěji používaným způsobem využití je ale konstrukce takzvaných zelených střech. Jejich složení se věnuje blíže kapitola věnovaná střechám.

Výčetem jakým způsobem lze v našem regionu izolovat stavbu zdaleka není úplný. Doslova každý rok se setkáváme s mnoha novými a zajímavými nápady od stále častěji využívaného zahrnutí části stavby zeminou až po keramzit. V této kapitole jsme však zmínili izolace, o kterých se u nás nejčastěji mluví ve smyslu jejich vlivu na životní prostředí a úspory energií spojených s provozem domu a mají velký potenciál pro dosažení cíle této práce.

5.2.4. Konstrukce střech a střešní krytina

Střechy jsou tvořeny konstrukcemi, izolacemi a krytinou. U konstrukcí rozlišujeme dva typy střech, ploché a šikmé. Ploché střechy mají oproti šikmým několik výhod. Tak kupříkladu nosnou konstrukcí pro ně je strop posledního podlaží a krytinou už je samotná hydroizolace z PVC nebo pásy na bázi bitumenu. Jako tepelnou izolaci plochých střech lze použít polystyren nebo rohože ze skelných či minerálních vláken, nechybí samozřejmě parozábrana. Slabinou plochých střech je nutnost velmi kvalitního provedení hydroizolace a zamezení kondenzace vodních par, jinak hrozí vážné poškození stavby. Problémem je také nesnášenlivost fólií z měkčeného PVC s polystyrenem a asfaltem, které je proto potřeba oddělit speciální fólií. Ploché střechy mohou být pochůzné, v takovém případě jsou doplněny o betonovou mazaninu, doplněnou například o dlažbu. U plochých střech můžeme také mnohem snadněji vytvořit zakončení takzvanou zelenou střechou pokrytou rostlinami.

Příčný profil složení zelených střech může být tvořen hydroizolací, na které je položena ochranná geotextílie, dále šterkem, liaporem a kačírkem tvořícím drenáž. Na tyto vrstvy navazuje hydroakumulační vrstva například z rašeliny, opět geotextílie jako filtrační vrstva a nakonec teprve střešní vegetační substrát. (Skořepa, 2008) Vytvoření zelených střech může ale vypadat i mnohem jednodušeji, záleží na konkrétních podmínkách v místě stavby. Zelené střechy výrazně přispívají také ke zvětšení tepelné setrvačnosti budovy. Navíc taková střecha může akumulovat velké

množství srážkové vody. Jednou z nevýhod zelených střech je potřeba zhotovení konstrukce s vyšší únosností.

Šikmé střechy se od plochých liší položenou střešní krytinou. U šikmých střech se konstrukce nazývá krov a je zpravidla zhotovována z dřevěných hranolů a latí. Krov přenáší veškeré zatížení střechy. V České republice se většinou jedná o smrkové řezivo opatřené ochranným nátěrem nebo tlakovou impregnací. V případě, že by mohlo být zatížení větší, než je obvyklé, jsou konstrukce doplňovány o prvky z oceli, rovněž opatřené ochrannými nátěry. Každá šikmá střecha se navrhuje s ohledem na povětrnostní podmínky, jakým bude vystavena a úměrně tomu se volí její sklon, členění a použitá krytina.

Střešní krytina se obvykle dělí na těžkou a lehkou. Těžkou střešní krytinou jsou například pálené keramické tašky, lehkou jsou například šindele. Pro potřeby této práce však není nutné se držet tohoto dělení a zůstane při již použitém způsobu rozdělení podle druhu, respektive podle materiálu, z nichž je daný produkt vyroben.

5.2.4.1. *Pálené keramické tašky*

Pálené keramické tašky jsou v České republice nejrozšířenější krytinou vyráběnou z cihlářské hlíny. Pokládka střech těmito taškami je rychlá, a lze je použít i na střechy s menším sklonem, obtíže mohou nastat u střech s méně typickými tvary. Pálené keramické tašky se hodí do jakýchkoli klimatických podmínek, a na rozdíl od jiných materiálů se ani na slunci nerozpálí. Proti pronikání vody, sněhu a prachu je chrání systém dvojitých drážek. Jejich výhodou je schopnost výborně tlumit zvuk a mrazuvzdornost, nevýhodami je velká hmotnost, nasákavost, křehkost a nižší životnost. Pálené keramické tašky navíc patří mezi nejdražší krytinu. (*Jirásek; Vavro, 2008a*)

5.2.4.2. *Betonové tašky*

Betonové tašky jsou vůbec nejtěžším typem krytiny vyráběným ze směsi písku, cementu a barviva. Betonová střešní krytina je levnější, než krytina pálená a stejně jako ona se hodí na všechny typy šikmých střech. S krytinou z pálené keramiky má několik dalších společných vlastností, jako je například vysoká hmotnost, odolnost vůči agresivním složkám ovzduší a schopnost velmi dobře tlumit zvuk. Vyniká vysokou pevností a díky nízké nasákavosti také velkou odolností před mrazem. Tyto vlastnosti ji

umožňují používat ve vyšších polohách a v klimatu s extrémnějšími zimními sněhovými podmínkami.

5.2.4.3. *Krytina plechová a plastová*

Plechovou krytinou máme zpravidla na mysli plechové šablony a krytinu z tabulového pozinkovaného a měděného plechu. Společným záporem krytin z plechu je velká energetická náročnost jejich výroby a ne vždy je možné tento materiál plnohodnotně recyklovat. U ocelového pozinkovaného plechu je potřeba pravidelně jej doplňovat o ochranný nátěr, čímž se snižuje jeho praktičnost a zvyšují celoživotní náklady. Alternativou k nim jsou střechy z hliníku. Nevýhodou je vysoká cena některých typů těchto střech, například měděných. S tímto kovem je navíc problém v tom, že by neměl přijít do styku s jinými kovy, jinak vznik galvanický článěk. Při styku se silikáty dochází k jejich chemické korozi. Další nevýhodou plechu je, že je v zimě křehký a láme se. Plechové střechy jsou lehké, krytina tvarovatelná a umožňuje rychlou pokládku. Po doplnění povrchovou úpravou je tento typ krytiny schopen dobře tlumit zvuky. Životnost plechových střech je extrémně vysoká, protože může dosahovat i 200 let.

Plastová krytina se většinou vyrábí z recyklovaných plastů. Jde o velmi odolný materiál jak vůči klimatickým a povětrnostním vlivům, tak mechanickému působení. Přísady zvyšují odolnost krytiny proti ultrafialovému záření a snižují jeho hořlavost. Plastové střechy mají nižší životnost, než střechy plechové, přesto tato hodnota odpovídá průměru. Nevýhodou plastové krytiny může být, že je lze pokládat jen na střechy s určitým sklonem a na celoplošné bednění.

5.2.4.4. *Asfaltový šindel*

Asfaltový šindel vzniká tvarováním na výrobu energeticky poměrně náročných asfaltových pásů, o kterých jsme se již v této práci zmiňovali, a jejich doplněním o vnitřní nosnou vložku (*Centner, 2005*). Pásky bývají navíc oboustranně pokovené nebo pískované. Asfaltový šindel neobsahuje škodlivé látky. Nevýhodou tohoto typu krytiny je nutnost obednit celou plochu střechy, na kterou se asfaltový šindel pokládá. Šindele se k sobě přibíjejí a lepí. Omezením při práci s nimi je nutnost pokládat je při určitých specifických klimatických podmínkách. Velmi nízká hmotnost této krytiny umožňuje její použití i pro starší rekonstruované střechy. Asfaltový šindel je sice levnější, než jiné

typy krytiny, má však také o něco kratší životnost a není použitelný v podmínkách s trvale vysokými teplotami. (Matějů, 2002)

5.2.4.5. *Krytina ze slámy*

Sláma bývala tradičním materiálem používaným jako střešní krytina, od kterého se v posledním století prakticky ustoupilo. Výjimkou jsou Anglie, Dánsko či Skandinávie, kde se stále používají slaměné došky. Použití slaměných došek vyžaduje sklon střešního pláště minimálně 40° (Ružička, 2007). Užité vlastnosti jsme již popsali v kapitole věnované svislým konstrukcím, pokud se ale zmiňujeme o tomto materiálu jako střešní krytině, je třeba poznamenat, že vhodnější alternativou je rákos, který má delší životnost.

5.2.5. **Okna**

Jak už bylo zmíněno, otvory ve stavbách a zejména okna představují pro provoz domu riziko velkých ztrát tepla, ale také přehřívání interiéru. Zamezit tomu lze mnoha způsoby. Celou řadu jich nabízí především zkušenosti ze stavby pasivních a nízkoenergetických budov.

Nejsnadnější je využít přirozeného slunečního záření tak, že na osluněné straně budovy situujeme okna větší a umožníme jimi přirozené ohřívání vnitřních prostor. Přehřívání těchto místností v parných měsících pak jednoduše zabráníme instalací zastiňovacích prvků. Uvnitř i vně tak používáme nejrůznější okenice, žaluzie, rolety, markýzy, záclony či závěsy. Novinkou je používání semitrparentních fotovoltaických systémů, existují ale dokonce i počítačem řízené markýzy opatřené fotovoltaickými moduly vyrábějícími elektrickou energii. Podstatnou užitečnou vlastností mnoha těchto prvků je, že dokážou velmi podstatně snižovat náklady na vytápění²¹.

Nejpodstatnější jsou ale samozřejmě užité vlastnosti samotných oken. Ty se v posledních letech několikanásobně zlepšily a v mnoha případech se z části stavby, která znamenala úniky tepla, stal prvek, který do budov teplo přivádí²². V případě, že jsou okna doplněna o tepelnou izolaci, pomáhají navíc v místnostech udržovat

²¹ Podle webu rolety.cz tak například rolety mohou zadržet až 40 % tepla unikajícího přes okno ven.

²² „Zatímco dnes bylo ve střední Evropě třeba utratit za jeden čtvereční metr okenní plochy s jednoduchým zasklením více než 20 eur na nákladech na topení ročně, tak okna pasivních domů ušetří, podle orientace a rozdělení okenních ploch, až 60 % nákladů na topení, a to nejen v obytných budovách.“ (Freundorfer, 2007)

příjemnou teplotu. Oken s podobnými vlastnostmi na našem trhu existuje celá řada, přičemž kombinují nejrůznější technologie a materiály.

Začněme u ráků. Jejich společným rysem je vysoce kvalitní zpracování, které vyžaduje technologicky vyspělé zázemí výrobního závodu. Z materiálů se v dnešní době můžeme u ráků setkat s plasty, dřevem, ocelí, hliníkem nebo jejich kombinací. Plastová okna jsou kvalitní a nenáročná na údržbu. Nevýhodou může být tepelná roztažnost ocelových výztuh v nich zakomponovaných, která se může u tmavých odstínů ráků projevit horším otevíráním oken v teplých měsících. Dřevěná okna jsou z přírodního materiálu, ale bývají dražší a vyžadují ochranu a údržbu laku oken před účinky slunečního záření a povětrnostními vlivy. K prosklení větších ploch se hodí ráky ocelové či hliníkové. Velmi dobrou volbou jsou ráky kompozitní kombinující například dřevo, hliník a polyuretan.

Protože ráky tvoří svými rozměry 30 – 40 % oken, je nezbytné dbát na to, aby ani jimi neunikalo okny příliš mnoho tepla (*Kaufmann, 2007*). Ráky proto často doplňuje izolace. Izolaci moderních ráků oken umožňuje například jejich speciální konstrukce tvořená několika profily s navzájem oddělenými vzduchovými komorami (pět, ale někdy až osm komor) znázorněnými na Obr. č. 6 a také jejich doplnění o klasické izolační materiály. Jako izolace do ráků dřevěných oken se například používá korek či polyuretan. Zatímco u dřevěného ráku závisí prostup tepla na jeho tloušťce, u plastového ráku závisí na počtu komor.



Obrázek č. 6: Profil osmikomorového plastového okna s trojitým zasklením. (*AMG Invest, nedatováno*)

Dosažení potřebných tepelně-izolačních vlastností okna napomáhá především zasklení oken. Nejčastěji používané je u nás dvojité zasklení s úpravou povrchu pokovením. Pokovení pomáhá snižovat sálavou výměnu tepla v dutině mezi skly. Na trhu ale stále častěji narazíme na dražší a těžší, ale také kvalitnější okna s trojitým zasklením. „Zastánce mají také systémy, které užívají efektu dutiny mezi skly pomocí speciální průhledné fólie.“ (Tywoniak, 2005) Průhledné fólie jsou vhodným řešením také v případě rekonstrukcí, kde by celková výměna oken byla příliš nákladnou investicí. Pro zlepšení tepelně-izolačních vlastností oken je v prostoru mezi skly většinou vakuum, popřípadě speciální plyny jako je argon, krypton nebo xenon. Tyto plyny sice zlepšují hodnotu tepelného odporu oken, ale také podstatně zvyšují jejich cenu.

5.3. Omítky

V dnešní době se běžně na českém trhu setkáváme s nepřeberným množstvím omítek vyprodukovaných chemickým průmyslem. Jen málo z nich ale disponuje vlastnostmi, které bychom mohli označit za ekologicky šetrné. Nahlédneme proto do alternativního odvětví stavebnictví, kde vhodných omítek najdeme celou řadu, i když zatím nejsou používány v takové míře jako ty konvenční.

Omítky mají na stavbách více úkolů, než jen zakrýt nevzhledné zdivo. Chrání konstrukci před pronikáním vlhkosti, povětrnostními vlivy, požárem, zajišťují vzduchotěsnost, umožňují difúzi vzdušné vlhkosti směrem ven a v některých případech zpevňují povrch stěn nebo ho vyhlazují. Omítky dělíme do dvou kategorií, vnitřní a vnější. Vnitřní jsou samozřejmě vhodné na použití v interiéru a vnější z venkovní strany budovy.

5.3.1. Vnitřní omítky

Jako velmi vhodnou vnitřní omítku lze doporučit omítku hliněnou. Je zhotovena z přírodního neobnovitelného materiálu a je přirozeně rozložitelná. Hliněná omítky je pružná a má příznivý vliv na vlhkost vzduchu v interiéru (Mahlke; Minke, 2009). Cementové omítky jsou ve srovnání s hliněnými omítkami velmi křehké, drolivé a snadno se trhají, když dochází k pohybu ve stěnách. Nejsou proto příliš vhodné k použití na konstrukce, které během své životnosti takzvaně pracují. Zamezit jejím

nedostatkům lze vyztužením pevným pletivem ze skleněného vlákna, plastu nebo kovu odolávajících namáhání v tahu. „Difuze vodní páry a tím také vliv na regulaci vlhkosti je u cementových omítek nižší než u hliněných omítek.“ (Mahlke; Minke, 2009) V interiérech lze použít také sádrové omítky, které se snadno opravují, ale k regulaci vlhkosti a akumulaci tepla jsou nejméně vhodné.

5.3.2. Vnější omítky

Na rozdíl od vnitřních prostor není hliněná omítka pro použití zvenjšku tak vhodná. S jejím použitím zde totiž souvisí hned několik problémů. Musí být dokonale chráněna před dešťovými srážkami a ostříkující vodou nebo být vodotěsně zpracována. Příměsi a nátěry, které omítce dodávají vodotěsnost, ale snižují difúzní schopnost vodní páry, působí jako parozábrany a mohou způsobit hromadění kondenzační vody v konstrukci.

Jako vnější omítky jsou vhodnější třeba vápenné omítky s příměsí cementu, který pomáhá rychlejšímu zpevnění povrchu omítky po jejím nanesení. Vápenné omítky jsou lépe odolné, mají však specifické požadavky aplikace. Protože vápenná omítka reaguje s CO₂ ze vzduchu a tím tuhne, a protože tento proces probíhá pomalu a pouze ve vlhkém stavu, nesmí po nanesení omítka zcela vyschnout. Při silném slunečním záření se proto musí zastínit a vlhčit. Zároveň ji je ale zpočátku potřeba chránit před prudkým deštěm, protože se může snadno smýt. I tento druh omítky je potřeba chránit před ostříkující vodou. (Mahlke; Minke, 2009)

Zajímavou alternativou vnější omítky z přírodních materiálů je příklad z Indie. Zde se na poli vypalují cihly při nízkých teplotách a cihlová moučka vzniklá při tomto procesu se v kombinaci s vápnem používá často jako omítka známá jako „surkhi“. (UN-HABITAT, 1985)

5.4. Vybraná technická zařízení budovy

Technická zařízení budovy jsou veškeré prvky, které v budovách zajišťují vytápění, rozvod tepla, ohřev a distribuci vody, dodávku elektrické energie a v podstatě vše, co nějak souvisí s použitím techniky v budově. Vzhledem k tomu, že většina těchto

zařízení musí splňovat především vysokou účinnost při svém provozu, vyžaduje jejich výroba sofistikované technické zázemí.

V této části práce zmíníme především ty technologie a zařízení budovy, které umožňují samozásobení domu a mají v kombinaci s již zmíněnými materiály a postupy²³, pozitivní dopad na snížení spotřeby energií při provozu domu, na životní prostředí a na přiblížení se standardu pasivních a nízkoenergetických domů.

5.4.1. Vytápění a ohřev teplé vody

O tom jak z vlastních zdrojů pokrýt spotřebu energie na vytápění a ohřev vody bychom měli začít uvažovat až potom, co zjistíme, jak naši celkovou spotřebu energií učinit co nejnižší. Je totiž mnohem snadnější, ekonomicky výhodnější a k přírodě vstřícnější naši spotřebu energií snížit, nežli se ji snažit pouze uspokojit. Zajímavých řešení je celá spousta a v praxi by měla představovat ucelený funkční systém, který se nejen během několika let ekonomicky, ale také „ekologicky“ vrátí. Regulované větrání, automatické vypínání topení při otevření oken, teplotní čidla napojená na regulaci a přívod tepla, čidla množství CO₂ ve vzduchu regulující intenzitu větrání jsou jen některé z mnoha moderních způsobů, jak toho docílit.

Pokud je tento proces již za námi, pravděpodobně se začneme rozhodovat, čím vlastně budeme topit. V našich podmínkách se investoři nejčastěji rozhodují mezi zemním plynem a dřevem (kusovým nebo ve formě pelet) doplněným popřípadě o solární systém. Následně tomu se vybírá dostatečně velký, vysoce účinný, dobře regulovatelný a snadno ovladatelný kotel. Mezi plynovými kotli se proto doporučují kondenzační kotle, u kotlů na dřevo takzvané zplyňovací kotle. Často se ale stává, že každý takový kotel může být pro použití zbytečně předimenzovaný. Z toho důvodu je velmi vhodné dům vybavit akumulací nádrží. Akumulační nádrž vyprodukovanou energii nejen uchovává, ale je také schopna ji shromažďovat z různých energetických zdrojů. Tento systém pak umožňuje i velmi efektivní ohřev vody. (Tywoniak, 2005)

²³ Tento bod je důležitý proto, že mnoho už zmíněných postupů nikdy nedosáhne ekonomické návratnosti a hospodárnosti bez toho, aniž by byly správně doplněny o nezbytné technologie.

5.4.1.1. Kotle na tuhá paliva a zplyňovací kotle

Výroba kotlů a vytápěcí techniky v regionu střední Evropy sdružuje ve výrobních podnicích několik odvětví, mezi kterými hraje hlavní roli kovovýroba. Jak dokládá Směja (2010), moderní podniky jsou zpravidla vybaveny sofistikovanými výrobními linkami, lisy, robotikou, svařovkami, lakovnami či testovacími zařízeními. Samozřejmě celý proces výroby kotlů a obdobných zařízení má velkou potřebu svázané energie i emisí, které se ale právě díky použití moderních technologií razantně snižují. Výsledná účinnost a úspory energií získané díky kotlům či akumulacím nádržím pak samozřejmě ve velkém míře snižují hodnoty vztahující se k celoživotnímu cyklu zařízení.

Jak je to s užitnými vlastnostmi kotlů? V kotlích na tuhá paliva se dá spalovat jak kusové dřevo a dřevěné brikety, tak pelety, černé uhlí, hnědé uhlí nebo koks. V našich podmínkách se používají buď klasické, ale méně úsporné plechové kotle nebo kotle automatické. Automatické kotle si palivo dávkuje samy, a tak není potřeba je znovu zapalovat a odpadá tak riziko vychladnutí domu. Díky tomu se snižuje energie potřebná na vytápění.

Jedním ze specifických typů kotlů na tuhá paliva jsou kotle na pelety, což jsou slisované granule z odumřelé organické hmoty. Pelety se u nás spalují především dřevěné, v jiných částech Evropy jsou k dostání ale také pelety z ovsy, slámy či šťovíku. Spalováním pelet vzniká méně popela, který se dá navíc využít pro kompostování. Nevýhodou je, že je při skladování pelet potřeba dbát na jejich ochranu před vlhkostí.

Výhodné jsou i zplyňovací kotle na dřevo (nebo méně výhodné uhlí). Podstatným rozdílem oproti předešlým kotlům u nich je, že palivo zuhelnatí, a potom zplynuje, čímž se snižuje produkce škodlivých emisí. Alternativou jak využít spalování obnovitelných surovin je využití kotlů pro výrobu elektřiny nebo pro výrobu elektřiny a tepla zároveň. Takováto řešení jsou ale vhodnější především pro produkci většího množství energie.

5.4.1.2. Akumulační nádrže - centrální zásobníky tepla

Jak jejich název napovídá, tato zařízení slouží k zásobení budovy teplem nebo k ohřevu vody. V podstatě se jedná o velkoobjemové, zpravidla kovové, nádrže, které jsou patřičně izolovány a zabudovány v zázemí domu. K tomu dochází díky energii uchovávané v nich prostřednictvím média, kterým je zpravidla voda.

Protože mají akumulční nádrže s kotli mnoho společných vstupních materiálů pro výrobu, je jejich výroba velmi často umístěna ve stejných podnicích a využívá stejných strojů a postupů.

Akumulční nádrže jsou vhodné na napojení na kotle, solární kolektory či zemní výměníky tepla, kdy slouží jako hlavní prvek pro distribuci tepla nebo teplé vody. Díky tomu, že toto zařízení zadržuje tepelnou energii shromážděnou a vyprodukovanou všemi napojenými zdroji, může je zastoupit v době, kdy nejsou schopny tuto energii vyrábět.

5.4.1.3. Geotermické sondy

Jsou hloubkové sondy vrtané v určitých předepsaných odstupech. Tyto sondy prostřednictvím tepelných výměníků a určitého média, kterým může být například solanka, přivádí do tepelných čerpadel budovy teplo z hloubi zemského povrchu. Sondy mohou v teplých měsících sloužit také k ochlazení vzduchu v interiéru budov. V takovém případě ochlazené médium obchází tepelná čerpadla. Geotermické sondy se používají v místech, kde například nelze použít klasické zemní výměníky tepla.

5.4.1.4. Termické solární kolektory

Termické solární kolektory slouží k výrobě tepelné energie. V dnešní době jsou běžně používaným zařízením na ohřev vody a vytápění domácností. Jedná se o panely, jejichž základem je absorber. Na povrchu absorberu dochází k přeměně slunečního záření na tepelnou energii. Absorber se může skládat například z plechu s vysoce selektivním povrchem a ze sestavy trubic. Na selektivním povrchu se sluneční záření mění v teplo a tento povrch zároveň zabraňuje jeho vyzařování zpět do prostředí. Absorpční povrch je napojen na soustavu trubic naplněných médiem, které tepelnou energii přebírá a odvádí třeba do akumulčních nádrží budovy.

Aby byly zisky z přeměny sluneční energie co největší, je potřeba umístit kolektory na vhodné místo na budově nebo v jejím okolí. Většinou jde o místo, kam slunce svítí během roku nejdéle a s největší intenzitou. Logicky jsou kolektory většinou orientovány směrem na jih. Velmi také záleží na efektivitě přeměny energie, kterou zajišťuje dané médium. Těch existuje několik druhů a obecně se jejich efektivita v posledních letech velmi zvýšila. Při ohřevu vody pomocí sluneční energie se však nemusí vždy jednat o sofistikovaný systém solárních panelů. Stejným způsobem,

ale s menší efektivitou, totiž funguje i obyčejná dlouhá hadice naplněná vodou, smotaná například do horizontální spirály a patřičně vystavená slunečnímu záření. Voda v hadici je sluncem ohřívána a následně distribuována na potřebné místo, třeba pouhým samospádem. Pokud je hadice dostatečně dlouhá a má větší profil, může ohřívát desítky litrů vody a znatelně tak přispívat k ohřevu vody.

5.4.2. Větrání

Jak je patrné z již zmíněných údajů, okenní větrání způsobuje vysoké tepelné ztráty. V dokonale vzduchotěsných pasivních domech se pak potřeba uchování tepla navíc střetává s hygienickými normami a požadavky po čerstvém vzduchu. Aby se tomu předcházelo, tak je dům potřeba řízeně a řádně větrat. Pro zamezení úniku tepla větráním se proto doporučuje větrat zejména v zimě krátkým a intenzivním průvanem. Nastanou li velké mrazy, doporučuje se nevětrat vůbec. V utěsněném domě je za účelem větrání velmi přínosné propojit místnosti průduchy. Aby však bylo větrání co neúčinnější, byla vyvinuta nejrůznější zařízení, která tomu mají pomoci.

5.4.2.1. *Řízené větrání s rekuperací tepla*

Se zdokonalením užitných vlastností budov se ukázalo, že ne vždy je nutné do objektů instalovat tradiční otopnou soustavu. U domů s malou potřebou tepla je totiž možné zbytkové teplo dodávat pouze malým dohřevem čerstvého vzduchu. Takový systém se používá například u nízkoenergetických a pasivních domů.

Jedním z konkrétních příkladů je technologie řízeného větrání s rekuperací tepla. Ta spočívá ve využití takzvaných rekuperačních jednotek. Jak dokládá Obr. č. 7, rekuperační jednotky jsou technologicky vysoce vyspělá zařízení, která mohou v budově zajistit teplovzdušné vytápění, větrání a chlazení.



Obrázek č. 7: Rekuperační jednotka
(Ventop, nedatováno)

Pracují tak, že využívají teplý vzduch odváděný z místností a po jeho promíchání s čerstvým vzduchem a ohřátí, popřípadě ochlazení tohoto vzduchu na potřebnou teplotu jej přivádí zpět do místností. V podstatě tak prakticky není potřeba do interiéru přivádět čerstvý vzduch přímo otevřenými okny. Pro zajištění bezproblémového užívání domu, bezpečnosti a hygienických norem jsou však i u domů s rekuperační jednotkou klasicky otevíratelná okna.

Používání systému nuceného větrání je nejen výhodné z hlediska hospodaření s teplem, ale také kvůli tomu, že u dokonale vzduchotěsných budov hrozí mnohem rychlejší zvýšení koncentrace škodlivin ve vzduchu (Tywoniak, 2005). Přirozeným větráním nejsme schopni tyto hodnoty prakticky kontrolovat, kdežto systém nuceného větrání to dělá za nás a navíc vzduch filtruje od prachu, pylů a mikroorganismů. Systém nuceného větrání proto bývá součástí plánování mnoha nízkoenergetických a pasivních domů. Nezbytnou součástí používání rekuperačních jednotek je výměna filtrů zabráňujících šíření prachu, pylů, mikroorganismů apod.

Podstatným problémem při použití rekuperačních jednotek bývá, že může nesprávným používáním docházet k problémům při udržení optimální vzdušné vlhkosti. Zlepšení vlhkosti v interiéru mohou dodatečně pomáhat vhodně zvolené rostliny, jako je například *Ficus alii*.

Pokud je vzduch s potřebnou teplotou do cirkulačního systému přiveden například pomocí napojení na zemní cirkulační výměník tepla, či krbová kamna, může se budova stát do velké míry nezávislou na externím zdroji tepla.

5.4.2.2. *Zemní výměníky tepla*

Alternativou, jak lze dohřívát čerstvý vzduch z venkovního prostředí, jsou zemní výměníky tepla. Zemní výměníky tepla jsou rozvody pod povrchem země přivádějící v chladných obdobích teplo do interiéru budovy. Teplo tyto rozvody získávají přirozenou cestou z půdy. Stejným způsobem v teplých měsících interiéry budov ochlazují. V současné době narazíme na dva hlavní typy zemních výměníků tepla, vzduchové a solankové.

Vzduchové výměníky tepla jsou většinou tvořeny potrubím o šířce 15–20 cm a jsou zakopány 1,5–2 metry hluboko pod povrchem země. Protože u vzduchových výměníků tepla je vzduch z potrubí vzduchem, který obyvatelé domu dýchají, je velmi důležité, aby prostředí kanálu zůstávalo suché a co nejčistší. V místě nasávání vzduchu jsou proto umístěny filtry a celé potrubí musí umožňovat pravidelné čištění a údržbu. Kvůli vzniku kondenzátu v letním chladícím provozu je také potřeba, aby mělo potrubí spád a kondenzát z něj mohl odtékat. Potrubí musí být samozřejmě těsné vůči vodě, která by do něj mohla proniknout z vnějšího prostředí. Vzduchové výměníky tepla by v každém případě měly být doplněny o regulaci přívodu vzduchu v přechodných obdobích, kdy by hrozila potenciální ztráta tepla nebo naopak zbytečné ohřívání vzduchu. (Michael, 2007)

Michael (2007) se také blíže věnuje solankovým zemním výměníkům tepla. Solankové výměníky přivádí teplo do budovy polyetylenovou hadicí nebo hadicemi o průměru zhruba 3 cm prostřednictvím média, kterým je voda s mrazuvzdornou přísadou. Tato kapalina předává energii čerstvému vzduchu ve výměníku solanka-vzduch. Hadice se pokládají do hloubky 1,5–2,5 m pod povrch země. Pro predehřátí 200m³/h je potřeba asi 100 metrů celkové délky solankového vedení. Výhodou tohoto potrubí je, že jej lze umístit blíže vedle sebe v rozestupu alespoň 50 cm. Pokud solankový výměník tepla slouží i k ochlazování interiéru v teplých měsících, je potřeba zajistit odtok a jímání vznikajícího kondenzátu.

V případě napojení na rekuperační jednotky je solankové výměníky tepla potřeba doplnit o regulaci, kterou lze provést pomocí teplotních čidel pomáhajících řídit rekuperační jednotku. Solankový výměník se ve srovnání se vzduchovým jeví jako lepší, ale technologicky náročnější řešení. Náklady na jeho pořízení jsou srovnatelné, umístění pod povrch a potenciální výkopové práce jsou ale snadnější.

Odborníci zabývající se efektivitou zemních výměníků tepla dodávají několik nevýhod spojených s jejich používáním. Jednou z nich je ekonomická návratnost této technologie, která je závislá na tom, zda bylo u domu dosaženo standardu pasivního domu. Další z výtek například je, že zemní výměník tepla snižuje efektivitu případné rekuperace tepla a v kombinaci s ní jí zbytečně konkuruje. (Srdečný, 2007)

5.4.3. Pokrytí elektrické spotřeby

V našich podmínkách je pokrytí elektrické energie z vlastních zdrojů poměrně složitou záležitostí. Nejúčinnějším řešením, jak úspěšně pokrýt spotřebu domácnosti z vlastních zdrojů, je kombinace obnovitelných zdrojů elektrické energie spolu s celkovým snižováním spotřeby této energie.

Úspory elektrické energie spočívají v komplexním přístupu k vybavení domu veškerými elektrospotřebiči. Od techniky zajišťující funkční provoz domu, až po spotřebiče každodenního použití. V praxi tak může jít o pohybová čidla ovládající rozsvícení světel, úsporné žárovky, elektrické spotřebiče energetické třídy A a mnohé další.

5.4.3.1. Fotovoltaické panely

Spotřebu elektrické energie lze v našich podmínkách z vlastních zdrojů pokrýt i jinak, než jen výše zmíněnými kotli na biomasu. Jedním z nejoblíbenějších avšak nepříliš efektivních a účinných řešení, je využití energie slunce pomocí fotovoltaických panelů.

Tyto panely jsou většinou tvořeny tisícičkami polovodičových destiček na bázi křemíku. Právě tyto destičky, tenčí než 1 mm, jsou nejdůležitější součástí panelů a pomocí průchozích elektrod umožňují přeměnu sluneční energie na elektrickou. Do České republiky se fotovoltaické panely dováží ze zahraničí, což zvyšuje už tak velmi vysokou energetickou náročnost a svázané emise procesu jejich výroby. Jejich většímu rozšíření u nás však prozatím brání velmi vysoká cena v poměru s množstvím vyprodukované elektřiny.

5.5. Metody snižující spotřebu pitné vody a zařízení na přírodní čištění vody

V následující části práce se zaměříme na několik oblastí, které mohou pozitivně ovlivnit spotřebu pitné vody v domech a zlepšit stav vypouštěných odpadních vod. Oblastmi zájmu jsou využívání srážkových vod, budování přírodních čistíren, závlaha upravenou vodou a využívání bioodpadu. Největším přínosem pro tuto část práce byly zejména poznatky Hrnčíře, Šálka a Žákové (2008).

5.5.1. Použití dešťových vod

Nejjednodušším a nejlevnějším způsobem, jak můžeme pokrýt spotřebu vody v obytných domech, je využití vod dešťových. Využitím dešťové vody tímto způsobem se šetří finance i množství vody spotřebované z jiných zdrojů. Množství dešťové vody, kterou jsme schopni využít, nezáleží jen na množství srážek a výparu v dané oblasti, ale také na způsobu, jak se vodu snažíme zachytit. V našem prostředí je častým řešením využití okapů a různých svodů napojených na akumulární nádrže. Zadržovaná voda v takovém případě může pomáhat vyrovnávat její nedostatek v sušších obdobích.

Pokud jde o okapy, tak za nejkvalitnější se u nás považují bezúdržbové okapy z hliníku, mědi nebo titan-zinku. Na rozdíl od pozinkovaných okapů totiž v průběhu své životnosti nevyžadují opětovnou údržbu a ochranu proti korozi. Jejich nevýhodou je však několikanásobně vyšší cena a to, že ne všechny tyto materiály jsou plnohodnotně recyklovatelné. Jak je známo, energetická náročnost výroby kovů je navíc vysoká. Alternativou ke kovům jsou okapy z plastu, které však nejsou tak odolné v zimě.

Okapy se voda odvádí do akumulárních a infiltračních zařízení, akumulárních nádrží nebo na úpravárenskou jednotku. Akumulární nádrže mohou být jak nadzemní, tak podzemní, uzavřené, kryté či otevřené. Materiálem pro jejich výrobu je většinou polypropylen, sklolaminát nebo železobeton. Před využitím srážkové vody je potřeba vodu očistit od hrubých nečistot, zachytit usaditelné látky a očistit vodu od jemných částic filtrací. K takové úpravě lze v některých případech použít kořenové vegetační čistírny. Menší nádrže mohou sloužit prostřednictvím infiltračních zařízení ke zvyšování zásob podzemní vody. Pokud je umístíme na zelených střeších, mohou sloužit k jejich závlaze v suchém období. Upravenou dešťovou vodu lze ale také použít na splachování, praní, zálivku, čištění domovních prostor, závlahu zahrad s užitkovými

plodinami a okrasnou zelení, k napájení okrasných a víceúčelových nádrží nebo čištění chodníků a komunikací.

5.5.2. Použití šedých vod

Druhým způsobem, jak pokrýt spotřebu vody, je využití takzvané šedé vody z praní a mytí. I zde je potřeba, aby byla voda patřičně pročištěna a na závěr ošetřena ultrafialovým. V první řadě je ale velmi důležité, aby její oběh byl oddělen od ostatních odpadních vod. Šedé odpadní vody lze využít k čištění chodníků a komunikací, splachování na WC a v ředěné podobě k závlaze travnatých ploch kolem domů.

5.5.3. Přírodní čištění vody

Ať už se rozhodneme použít vodu dešťovou nebo šedou jakýmkoli způsobem, vždy je potřeba ji nejprve vyčistit. Nejšetnější způsobem je jejich přírodní čištění. Přírodní čištění vody je v mnoha zemích považováno také za účinný způsob, jak vyřešit nakládání s odpadními splaškovými vodami. Výhody tohoto systému už mnoho let využívají především v horských oblastech alpských zemí nebo izolovaných místech Spojených států amerických. Nemusí se přitom ale jednat jen o oblasti, kde je problematické napojení na kanalizační síť nebo o místa s proměnlivým ročním provozem.

Přírodní čistírny vod slouží k prvnímu a druhému stupni biologického čištění vod a podle toho jsou také vybírána konkrétní opatření. Hlavními výhodami přírodního čištění odpadních vod je energetická nenáročnost, dlouhá životnost, možnost zpracování a využití kalů, menší nároky na údržbu, bezzápachovost, okamžitá účinnost i v zimě a požadovaný čistící účinek. Vyčištěné odpadní vody lze navíc využívat k závlahám mnoha zemědělských plodin²⁴ a tak do značné míry nabízí potenciál i při produkci biomasy. Nevýhodami tohoto způsobu čištění je velký zábor plochy, závislost čistícího účinku na klimatických podmínkách a delší doba zdržení vody. Všechny způsoby

²⁴ Dešťové i vyčištěné vody nelze používat k závlahám v plné míře zejména z hygienických důvodů. Míra čištění vody totiž není u přírodních čistíren natolik velká, aby byla schopna odstranit škodlivé látky na hygienicky přípustnou hodnotu. Možnosti závlahy jsou proto ve značné míře v experimentální fázi.

přírodního čištění navíc vyžadují dokonalé mechanické předčištění²⁵, na jehož kvalitě závisí i výsledný čistící účinek a životnost zařízení.

5.5.3.1. Půdní filtry, vegetační kořenové čistírny a stabilizační nádrže

Mezi přírodní čistírny vody patří půdní filtry, vegetační kořenové čistírny, stabilizační nádrže aj. Při tomto čištění vod jsou využívány samočistící procesy probíhající v půdním, vodním a mokřadním prostředí.

Půdní filtry jsou tvořeny drenáží, hrubým kamenivem a podzemním pískovým filtrem, ve kterém probíhá biologické čištění mechanicky předčištěné odpadní vody. Nejhlouběji leží vrstva, která odvádí vyčištěnou vodu. Pro správnou funkčnost filtru je potřeba jej nejen správně navrhnout a zabudovat, ale také dbát na to, aby se filtr nadměrně nezanášel. Regenerace těchto filtrů po určitém čase vyžaduje znalost tohoto systému ze strany uživatele.

Vegetační kořenové čistírny využívají k čištění vod procesů probíhajících v mokřadním prostředí a jsou založeny na přirozeném průtoku vody tímto umělým prostředím. Nejdůležitější součástí těchto čistíren jsou mokřadní rostliny. V našich podmínkách se nejčastěji používají rákos obecný, chrastice rákosovitá, orobinec úzkolistý a širokolistý, zblochan vodní a kosatec žlutý. Vhodný je ale také například skřípinec jezerní, puškvorec obecný nebo šmel okoličnatý. Rostliny však nejsou zdaleka jedinou součástí takové čistírny. Vegetační kořenová čistírna je tvořena vodotěsnou nádrží vyplněnou drobným kamením a osázená výše uvedenými rostlinami. Přestože se může zdát o poměrně jednoduchý a přirozený systém, opak je pravdou. Také vegetační kořenové čistírny vyžadují precizně zpracovanou projekční fázi a provedení, které zajistí její správnou funkčnost. Správný provoz čistírny je ze strany uživatele navíc potřeba pravidelně kontrolovat a popřípadě čistírnu i udržovat.

Třetím způsobem čištění, který zmíníme, je využití vodních kultur v dočišťovacích nádržích. U malých budov slouží jako závěrečný stupeň dočištění. V principu k čištění využívá plovoucí vodní rostliny, rostliny kořenící na dně s listy plovoucími na hladině, ponořené vodní rostliny nebo hydroponické systémy. Z ekologického hlediska je tento systém velmi zajímavý v tom, že produkuje množství biomasy, kterou lze dále využít.

²⁵ Mechanické předčištění probíhá například prostřednictvím septiků.

6. Výběr rozvojových zemí vhodných pro aplikaci šetrných postupů a technologií

Dříve než se začneme zabývat rozvojovými zeměmi, v nichž by mohly být výše zmíněné postupy a technologie použitelné v praxi, je potřeba nejprve vytvořit seznam ukázkových zemí, s nimiž budeme pracovat. Ačkoli každý z nás dokáže vyjmenovat země, které by se daly označit za rozvojové, nelze úplně jednoznačně vytvořit jejich výčet. Použitím posuzovaných kritérií se každý takový výběr stává subjektivní a snad právě proto například systém Organizace Spojených Národů (OSN) nedisponuje oficiální definicí rozvojové země.

Žádná ze známých definic²⁶ navíc neodpovídá potřebám rozvojových zemí po zlepšení stavebnictví ve vztahu k životnímu prostředí a jeho obyvatelům. Pro potřeby této práce bylo proto potřeba pomoci si dostupnými informacemi. Jejich využitím mohlo vzniknout alespoň zevrubné srovnání stavu ve světě, prostřednictvím kterého bylo možno vybrat několik relevantních zemí. Tyto země tvoří skupinu vzniklou eliminací pomocí mnoha kritérií. Soubor kritérií se snažil odrazit co nejvyšší potřebnost a potenciální přínos rozvoje v dané zemi v rámci možností, jaké může nabídnout sektor českého a středoevropského stavebnictví.

6.1. Zvolená kritéria a ukazatele výběru

Základní skupina zemí pro eliminaci je tvořena všemi státy sledovanými HDR 2009 při stanovování HDI. Závěrečný seznam tvoří skupina zemí spadajících do dvou oblastí zájmu pozorování uvedených níže. Hlavním kritériem pro zahrnutí země do těchto dvou oblastí je to, jestli patří mezi 24 zemí²⁷ s nejhorsími kvalitativními hodnotami²⁸ dílčích ukazatelů specifikujících tyto oblasti.

²⁶Snad až na ukazatele charakterizující kvalitativní úroveň stavebnictví ve světě, jejichž rozsah se ale věnuje pouze rozvinutým oblastem světa. Existence ukazatelů zahrnujících i rozvojové země v době vzniku práce nebyla známa.

²⁷Číslo 24 bylo zvoleno jako reprezentativní vzorek nejpotřebnějších zemí s odkazem na Human Development Report Programu Organizace Spojených národů pro rozvoj, který v rámci jím vytvořeného Human Development Indexu klasifikuje 24 zemí jako země s nízkou úrovní lidského rozvoje. HDI je světově uznávaný ukazatel rozvoje společnosti zaměřený především na ekonomickou výkonnost, vzdělání a zdravotnictví.

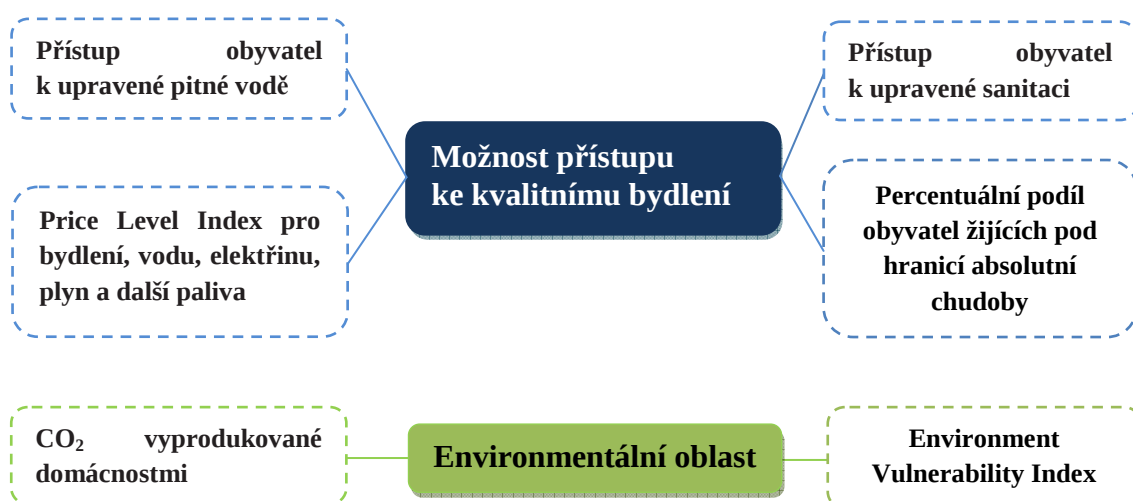
²⁸Protože žádný jeden konkrétní rok nenabízí data pro všechny zvolené ukazatele, odpovídají hodnoty nejaktuálnějšímu dostupnému stavu.

Mezi relevantní ukazatele práce řadí především ty se zaměřením na vztah lidí k životnímu prostředí a se zaměřením na sociální postavení obyvatel, přístup k pitné vodě, sanitaci a energiím. V tomto ohledu byly pro práci jedněmi z nejdůležitějších zdrojů informací poznatky Programu OSN pro rozvoj, Mezinárodní agentury pro energie či agentury OSN HABITAT, která se systematicky zabývá podporou rozvoje sociálně a environmentálně udržitelných lidských sídel.

6.1.1. Dvě oblasti zájmu

Jak bylo zmíněno výše, pro lepší orientaci dělí práce ukazatele do dvou oblastí zájmu: Možnosti přístupu ke kvalitnímu bydlení a Environmentální oblasti. Tyto oblasti jsou si pro potřeby práce kvalitativně rovné a zahrnují v sobě ukazatele nejdůležitější pro relevantní výběr rozvojových zemí. Přehledněji je znázorňuje Obr. č. 8.

Výsledný seznam pozorovaných zemí pak vznikl propojením obou oblastí zájmu. Propojení vypovídá o tom, že každá ze zemí, která po průběžné eliminaci měla nejhorší hodnoty alespoň u tří ze šesti pozorovaných dílčích ukazatelů, je součástí výsledného seznamu. Tím je zaručena poměrně vysoká pravděpodobnost, že potřeba země po rozvoji oblasti šetrných postupů a technologií je velká.



Obrázek č. 8: Vybrané oblasti zájmu a pozorované ukazatele.

6.1.1.1. Možnost přístupu ke kvalitnímu bydlení

Možnost přístupu ke kvalitnímu bydlení je oblast shrnující ty ukazatele, jež vypovídají o možnostech obyvatel dané země pořídit si vlastní bydlení, popřípadě zda je v zemi dobrý přístup k pitné vodě, k sanitaci a cenově dostupným energiím. Jedná se o ukazatele, u nichž by vybrané postupy, technologie a materiály mohly způsobit změnu k lepšímu.

Jako nejprůhodnější z ukazatelů se zde může jevit přístup k bydlení²⁹. Ukazatele přístupu k bydlení se ale ve většině případů zabývají zejména oblastí nevyřešených vlastnických práv, rovnosti pohlaví, možnostmi legálně vlastnit nemovitosti nebo porovnávají pouze průmyslově vyspělé země. Bez pochyb se jedná o pro fungující společnost velmi důležité oblasti, ale tato práce se svým zaměřením na stavební technologie a postupy nemůže nijak přiblížit k vyřešení případných problémů v této oblasti. Je tudíž nerelevantní zahrnovat ukazatel přístupu k bydlení, tak jak je obecně znám, do výběru rozvojových zemí vhodných k aplikaci šetrných technologií a postupů ve stavebnictví.

Mnohem lepším existujícím ukazatelem se jeví procentuální podíl obyvatel žijících pod hranicí absolutní chudoby. Ten specifikuje skupinu obyvatel, kteří žijí z méně než 1,25 USD na den. Pravděpodobnost, že jde o obyvatele s velmi omezenými nebo spíše žádnými možnostmi přístupu ke kvalitnímu bydlení, je proto obrovská. Procentuální podíl obyvatel žijících pod hranicí absolutní chudoby zahrnuje jak obyvatele žijící na vesnicích, tak ve městech. Zároveň ukazatel hodnotí stav v celé společnosti a ne pouze u konkrétní skupiny lidí (menšiny, pohlaví apod.). Protože v tomto případě nebyla hodnota pro rok 2006 dostupná, bylo nutné použít nejbližší známou hodnotu, která byla z roku 2007.

Druhým relevantním ukazatelem pro tuto oblast zájmu je tzv. Price Level Index. Ten slouží pro porovnávání cenových hladin různého zboží a služeb a jejich vliv na spotřebitele v dané zemi. Pro tuto práci bude užitečné konkrétně celosvětové porovnání hodnot Price Level Indexu za poplatky spojené s užíváním bydlení, za platby za vodu, elektřinu, plyn a další paliva. Tento index dokáže specifikovat země, kde jsou vysoké náklady na výše zmíněné položky a tudíž, kde je vhodné ve prospěch uživatele snížit spotřebu energií a dalších položek spojených s bydlením. Nejen díky

²⁹ V cizojazyčné odborné literatuře jsou tyto ukazatele často nazývány jako Housing Purchase Power (v případě koupěschopnosti) a Access to Housing (přístup k bydlení).

novostavbám, ale také při použití technologií a postupů navržených touto prací při rekonstrukci stávajících budov může dojít k podstatnému snížení nákladů pro uživatele budov. Možnosti výstavby šetrných budov nabízené v první části této práce navíc do velké míry umožňují pořízení si vlastního bydlení vlastními silami, takže mohou pomoci i při řešení problému poplatků za užívání bydlení.

Nevýhodou tohoto indexu je, že nedokáže stanovit, za jakých okolností byla vyrobena energie, získána voda apod. Pořadí některých hodnocených zemí se tak může jevit relativně nevýhodně³⁰.

Třetím pozorovaným ukazatelem je procentuální podíl přístupu obyvatel k upravené pitné vodě. Technologie a postupy zmiňované touto prací mohou hodnotu ukazatele pozitivně ovlivnit tím, že navrhuje opatření vhodná k alternativnímu pokrytí spotřeby užitkové vody a tak přispívají ke snížení spotřeby vody pitné. Práce se tak zaměřuje na státy s nejhoršími hodnotami přístupu k vodě, které jsou v tomto směru nejpotřebnějšími čekateli na rozvoj v této oblasti. Velkou nevýhodou volby tohoto ukazatele ale je, že opatření navrhovaná touto prací nejsou přímo schopna řešit pokrytí poptávky po pitné vodě³¹.

Čtvrtým a posledním ukazatelem této pozorované oblasti je procentuální podíl přístupu obyvatel k upravené sanitaci v roce 2006. Hodnoty všech výše uvedených ukazatelů a země s nejhoršími dosaženými hodnotami ukazuje Příloha č. 1.

6.1.1.2. *Environmentální oblast*

Pro environmentální oblast byly zvoleny dva ukazatele. První, který pomůže vymezit širší skupinu zemí s relevantní aktuální potřebou po šetrných technologiích a postupech ve stavebnictví, je dostupnost energií. Možná by stačilo vycházet pouze z údajů, kolik obyvatel má přístup k elektrické energii. Vzhledem k zaměření práce ale využijeme ještě některého z dalších ukazatelů, které budou reflektovat negativní dopady spojené s produkcí a spotřebou energií na životní prostředí. Nabízí se využití poměru množství energie vyprodukované za využití obnovitelných zdrojů k celkové produkci země. Je potřeba si ale uvědomit, že i fosilní paliva lze za použití vyspělých technologií spalovat „čistěji“, než je obvyklé. Teze, že všechna energie vyrobená z fosilních paliv je

³⁰ Například Dánsko tento index klasifikuje jako jednu z nejdražších zemí, co se týče cen pozorovaných položek. Tato hodnota je však pravděpodobně zkreslena vyšší cenou za výrobu energií z obnovitelných zdrojů energie a přitom neodráží pozitivní externalitu, které sebou tato skutečnost nese.

³¹ Pomineme-li možnost využití přírodně čištěné vody, která by v našich podmínkách za normálních okolností pravděpodobně nesplňovala hygienické normy.

špatná a měla by být nahrazena jiným zdrojem energie, je v krátkodobém a střednědobém měřítku v praxi nerealizovatelná. V celosvětovém měřítku je důležité podporovat každé snahy o nahrazení „nečistých“ technologií spalování fosilních paliv za technologie „čisté. Tento ukazatel se tak nezdá být nejvhodnější.

Vhodnější je použít přepočet emisí CO₂ vyprodukovaných domácnostmi na jednoho obyvatele. Ukazatel se zaměřuje na emise, které výstupy první části práce do značné míry snižují a na domácnosti, jimž přednostně se práce věnuje. Protože pro rok 2006 neexistují potřebné údaje, byl pro daný rok vytvořen odhad vycházející z vývoje za rok 2000 a 20003. Tento odhad znázorňuje Příloha č. 2.

Výsledky této práce mohou naznačit, které technologie je v daných zemích možno využít jak za účelem ochrany před přírodními vlivy, tak za účelem prevence negativních dopadů stavby a provozu obydlí na životní prostředí. Jak ale určit, pro které by doporučení této práce byla nejpotřebnější? Naštěstí v tomto případě existuje velmi propracovaný a relevantní pomocník, kterým je Index environmentální zranitelnosti (EVI). Tento index byl vyvinut South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC), United Nations Environment Programme (UNEP) a jejich partnery a využívá k vystižení environmentální zranitelnosti zemí přesně 50 indikátorů. Díky EVI tak lze velmi snadno určit 24, respektive 27 zemí, které se dají považovat za „environmentálně“ nejzranitelnější na světě. Jejich výčet znázorňuje Příloha č. 3.

Nevýhodou setu výše zmíněných šesti ukazatelů je, že bohužel kvůli nedostupnosti dat pro jeden konkrétní rok neumožňuje plnohodnotné porovnání stavu ve světě. Účel, kterým je poukázat na to, které ukazatele hrají pro výstupy této práce důležitou roli, však dostatečně splňuje.

Ze šesti pozorovaných ukazatelů vzniklo šest skupin čítajících každá přibližně 24 zemí. Pro které z nich budou vytvořena doporučení na základě výstupů první části této práce, rozhodlo to, zda má země nejhorší hodnoty alespoň tří ze šesti ukazatelů. Tabulka č. 1 znázorňuje výsledný výběr sedmi zemí.

6.2. Seznam pozorovaných zemí

Zvláštností výsledného seznamu „ukázkových“ zemí je, že žádná ze zemí nesplnila více, než tři kritéria ze šesti. Překvapující také je, že se na seznam dostala i Belgie s Nizozemím. Tyto země sice nepovažujeme za rozvojové země, ale splňují kritéria potřebná pro zařazení do seznamu pozorovaných zemí, a proto není důvod je dodatečně

vyřadit. Využijme je alespoň pro zajímavé srovnání. Z výběru je patrné, že u zemí tradičně považovaných za rozvojové je velká potřeba zkvalitnit nebo zajistit bydlení ve smyslu základního vybavení obydlí. U zemí průmyslově vyspělých je větší potřeba po technologiích snižujících náklady na užívání obydlí a emise CO₂ produkované domácnostmi.

Tabulka č. 1: Seznam zemí, na něž budou aplikovány výstupy této práce.

Stát	Možnost přístupu ke kvalitnímu bydlení – počet splněných kritérií	Environmentální oblast – počet splněných kritérií	Počet splněných kritérií nutný pro umístění mezi pozorované země
Belgie	1	2	3/6
Čad	3		3/6
Haiti	3		3/6
Madagaskar	3		3/6
Nigérie	3		3/6
Nizozemí	1	2	3/6
Sierra Leone	3		3/6

7. Stručná charakteristika zemí a návrh aplikace šetrných technologií

Na základě vzniklého seznamu zemí může práce navázat jejich charakteristikou. Ta se zaměří na oblasti, jejichž znalost je potřebná pro úspěšnou aplikaci šetrných technologií a postupů ve stavebnictví. U každé ze seznamu zemí tak budou stručně charakterizovány její klimatické podmínky, infrastruktura, dostupnost surovin, materiálu a výrobních kapacit. Pozorované oblasti zájmu pak umožní vybrat pro danou zemi vhodná doporučení. Hodnota těchto doporučení je samozřejmě těžko měřitelná, protože možnosti aplikace výstupů první části práce jsou v každém konkrétním případě realizace stavby jiné. Přesto tato doporučení otevírají konkrétní možnosti, které lze v každém případě zhodnotit. Důkazem je vzorový příklad, který je uveden v úvodní části této kapitoly.

7.1. Příklad úspěšné praxe – vesnice Kargyak

Na příkladu z praxe se tato práce nyní pokusí doložit, že nové možnosti nabízené k využití šetrných technologií šetrné k životnímu prostředí jsou realizovatelné i v rozvojových zemích. Příklad se zabývá českým rozvojovým projektem občanského sdružení Surya, které v indické Himálaji realizovalo v mezidobí let 2007 až 2008 výstavbu pasivní budovy školy. Podoba, jak v závěru konkrétní řešení vypadá je v každém jednotlivém případě odlišná, na příkladu rozvojového projektu v Kargyaku je ale zajímavé pozorovat cesty, jakým způsobem lze kombinovat místní a české znalosti za účelem dosažení cíle. Níže uvedená charakteristika vyplývá z dlouhodobých měření v oblasti a z poznatků získaných účastníky projektu.

7.1.1. Klima

Vesnici Kargyak najdeme v severozápadní oblasti Indie, tradičně známé jako Zanskar. Kargyak svou nadmořskou výškou 4100 m n. m. patří mezi nejvýše položená celoročně obydlená lidská sídla na světě. Svou polohou uvnitř horského pásma Himálaje je vesnice vystavena extrémním klimatickým podmínkám, přesto je celé údolí v mnoha ohledech svým podnebím atypické pro zbytek Himálaje.

Údolí má v dlouhodobém průměru více než 300 slunečných dní v roce a v důsledku výrazného srážkového stínu má minimum srážek. V nejteplejších měsících, kterými jsou červenec a srpen, je průměrná teplota okolo 18 °C, zatímco v nejchladnějších měsících je průměrná teplota mezi – 5° C a – 10 °C. Extrémní teploty v zimě mohou klesat až k – 35 °C.

Celým údolím pravidelně vane výrazný suchý vítr přinášející často prach a písek z okolních svahů. Vesnicí protékají dvě řeky pramenící z horských ledovců. Tyto řeky mají díky svému původu velmi rozkolísaný průtok. Zejména v letním období je v poledních hodinách průtok menší a během dne roste spolu s přibývajícím táním sněhu na ledovcích.

7.1.2. Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura

Z nerostných surovin vhodných pro stavby najdeme v Kargyaku kvalitní kámen a písčito-jílovité půdy. Zemědělství je kvůli extrémním klimatickým podmínkám velmi omezené. Ze stavebně relevantních zemědělských produktů zde roste ječmen a jsou chovány ovce.

Nejen dopravní, ale prakticky žádný druh infrastruktury, tak jak ji známe z našich podmínek, v Kargyaku nenajdeme. Vesnice nemá kanalizaci, vodovodní síť, elektrickou síť, ani silnice. Výjimkou je důmyslná síť zavlažovacích kanálků a sanitace zajišťovaná suchými záchody.

7.1.3. Přírodní rizika a stav životního prostředí

Kargyak se nachází v seismicky aktivní oblasti, a proto je ohrožován sesuvy půdy z okolních prudkých svahů. Tento fakt umocňuje absolutní absence stromových nebo travnatých porostů. V zimním období oblast ohrožují laviny. Stále větším problémem do budoucna se zdá být nevyřešené hospodaření s odpady.

7.1.4. Aplikace šetrných postupů

Realizace spodních staveb probíhala u projektu výhradně za využití manuální síly a surovin dostupných v místě stavby. Díky všudypřítomnému kameni (konkrétně žuly)

v lokalitě nebylo obtížné rozhodovat se, jaký materiál pro základy zvolit. V praxi budování spodní stavby znamenalo zejména fyzicky velmi náročné terénní úpravy krumpáči, rýči a lopatami a dobytí, upravení a přenesení kamene pro základy stavby. Z takto upraveného kamene pak byly vytvořeny základové pásy (Obr. č. 9) spojené hliněnou maltou nastavenou dovezeným vzdušným vápnem. Díky minimální vlhkosti bylo možné upustit od izolace základů proti vztlínající vlhkosti.



Obrázek č. 9: Hotové základy a první řady nosného zdiva.

(se svolením autora)

Svislé konstrukce budovy byly opět realizovány výhradně za použití místních surovin, s výjimkou dřeva. Hlavní část nosné konstrukce byla vytvořena ze silných dřevěných topolových sloupů. Protože v místě ani okolí vesnice neexistují stromové porosty, ani jiný vhodný alternativní materiál, který by šlo použít pro tuto část stavby, bylo potřeba dřevo dopravit. Do vesnice ani do její blízkosti však nevede žádná silnice sjízdná pro automobily nebo alespoň povozy. Bylo proto rozhodnuto dopravit dřevo v podobě opracovaných silných kmenů alternativním způsobem. Trámy byly po mnoha dnech dopraveny účastníky projektu v zimě po zamrzlé řece pouze za použití lidské síly. Před vystavením nosné konstrukce bylo potřeba trámy ještě upravit a opracovat za pomoci motorové pily.

Další část svislých konstrukcí už bylo opět možno realizovat za využití místních zdrojů. Zdi bezprostředně sousedící s vnějším prostředím a nosné zdi byly vyzděny z kamene, zbývající zdi z nepálených cihel.

Materiál pro výrobu nepálených cihel byl získáván z usazených jílu a písku v údolí řeky, kde byly rovněž vyrobeny a usušeny samotné cihly. Na stavbu pak byly dopraveny za pomoci oslů, koňů a jaků. Pojivem pro kámen a nepálené cihly byla opět hliněná malta nastavená vzdušným vápnem, popřípadě jačí trus. Průběžnou podobu stavby lépe zachycuje Obr. č. 10, kde je dobře patrná podoba konstrukce z trámů i konstrukce nosných a nenosných zdí.



Obrázek č. 10: Vznik hrubé stavby budovy školy. (se svolením autora)

Mezi kamennou a cihlovou zdí byl ponechán prostor pro tepelnou izolaci z volně uložené a upěchované slámy, která byla získána z ječmene vypěstovaného na místních polích. Jako ochrana proti hnízdění hlodavců byla sláma doplněna o trnité stonky a větve keřů rostoucích na místních svazích.

Konstrukci stropu, respektive ploché střechy nebylo možné zhotovit jinak, než opět za použití vzácného dřeva. Základem konstrukce střechy byly topolové trámy, přes které byly kolmo nahusto vyskládány krátké, pevné a opracované dovezené topolové větve. Ty byly stejně jako ostatní prvky ze dřeva opatřeny ochranným olejovým nátěrem. Na tuto vrstvu byla položena paropropustná fólie a jako tepelná izolace vrstva klestí z místně dostupných křovin „tap“. Na vrstvu klestí byla položena hliněné

mazaniny, směsi z hlíny, písku, vody a jačího trusu. Následovala opět vrstva klestí a celá střecha byla zakončena několika vrstvami směsi z hlíny s různými poměry přísad. Hliněné vrstvy slouží k utěsnění budovy před povětrnostními vlivy a srážkami a k odvádění vlhkosti z interiéru budovy. Názorněji složení střechy přibližuje Obr. č. 11. Použitá konstrukce umožnila, ve srovnání s dosavadními parametry místně realizovaných budov, dosažení velmi dobrých tepelně izolačních vlastností za využití přírodních surovin.



Obrázek č. 11: Pokrytí střechy. (se svolením autora)

Přínosy výplní otvorů, oken a dveří, byly dvojí. Na jednu stranu byla navržena za účelem dosažení co největších tepelných zisků rozsáhlá prosklená čelní fasáda. Ta umožnila vytápění domu čistě prostřednictvím slunečního záření a to i v chladných zimních měsících. Na stranu druhou nebylo možné pro rámy oken zvolit konstrukci, která by umožňovala ještě větší tepelné zisky. Pro absenci jakýchkoli vhodných výrobních kapacit v celém regionu byla zvolena jednoduchá dřevěná konstrukce s jednoduchým zasklením doplněným o těsnění z pryže doplněným o dotěsnění ze silikonu a zalištování dřevěnou lištou. Rámy oken i dveře byly dodány ze tří dny chůze vzdáleného města a na stavbu byly dopraveny lidmi nebo na koních. To samozřejmě celou stavbu velmi zdrželo. Vytápění budovy bylo doplněno malým plechovým kotlem na tuhá paliva.

Finální povrchové úpravy uvnitř i zvenku byly realizovány pomocí třívrstvé hliněné omítky, doplněné o říční písek, ječnou slámu a jačí trus. Aby tato omítka byla chráněna před srážkami, byla opatřena vápenným nátěrem.

Sociální zařízení budovy je tvořeno jednoduchými suchými záchody a přívodem vody z blízké řeky. Celá stavba je doplněna o solární fotovoltaické panely dovezené ze zahraničí a umožňující pokrytí veškeré spotřeby elektřiny v budově (zejména darované počítače a osvětlení).

7.2. Čad

Čad se nachází v jedné z nejvíce politicky nestabilních oblastí kontinentu. Tato subsaharská země sousedí s Kamerunem, Středoafriickou republikou, Libyí, Nigerem, Nigérií a Súdánem. V Čadu žije takřka 62 % obyvatel pod hranicí chudoby, přičemž ani polovina obyvatel nemá přístup k upravené pitné vodě a ani desetina nemá přístup k upravené sanitaci (*UNDP, 2009*). Čad má mezi africkými zeměmi jednu z nejvyšších hodnot procentuálního podílu obyvatel žijících ve slumech (*UN-HABITAT, 2008a*).

7.2.1. Klima

Klima země asi nejvíce vystihuje neoficiální označení Čadu jako „Mrtvého srdce Afriky“. Čad je ze tří stran obklopen pohořími. Jih země má tropické klima, střed země je aridní, hornatý sever pokrývají pouště. Sever země je tudíž prakticky bez srážek (400 mm ročně), jih země patřící do pásu Sahelu zažívá deště v období od května do září. Jih země má průměrně 1000 mm srážek za rok. Od listopadu do března země nemá prakticky žádné srážky. Nejvyšší teploty jsou v Čadu od března do května. (*BBC, 2010a*) Průměrné hodnoty typické pro počasí v oblasti dobře vystihuje plošina Faya, respektive Příloha č. 4.

7.2.2. Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura

Čad má naleziště ropy, na nichž je ekonomika země do značné míry závislá. Páteř jinak málo produktivního zemědělství představuje na vodu náročné pěstování bavlny (*Foreign & Commonwealth Office, 2009a*). V Čadu jsou přítomna také naleziště

kaolínu, písků, štěrků a vápence. V okolí jezera Čad jsou bohaté zásoby bitumenu. (*Zastupitelský úřad v Abuji, 2009*)

Většina z více než 33000 km silnic v zemi je nezpevněných (*CIA, 2010*). Čad nemá vlastní železnici a je silně závislý na železnici kamerunské, která slouží k importu a exportu většiny surovin a výrobků.

7.2.3. Přírodní rizika a stav životního prostředí

Čad je zemí s velmi malými zásobami vody. Hlavní zdrojnicí vody je vysychající jezero Čad. Rozsáhlá desertifikace, pravidelně se opakující sucha a suchý severní vítr harmattan ještě více podtrhují ráz této vyprahlé země. Okolí hlavního města N'Djamena postižené deforestací v období dešťů sužují záplavy (*Didama, 2007*).

7.2.4. Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví

Klima Čadu je v mnohém podobné vesnici Kargyak. Stabilní podmínky a velmi malé množství srážek umožňuje využití kamene jako základní suroviny pro stavbu základových pásů. Vzhledem k tomu, že ani jižní části země nemají dostatek srážek, nezdá se být nutné používat hydroizolaci. Přesto se nabízí izolace z bitumenu, jehož naleziště v zemi jsou.

Jako podklad pro podlahy je možné využít kamenivo nebo použité pneumatiky naplněné udusanou hlínou. Vzhledem k předpokládané malé vlhkosti půdy se jeví reálné pokrytí podlahy prostou zhutnělou hlínou.

Absence sofistikovanějších výrobních kapacit klade otázku, jaký materiál zvolit pro svislé konstrukce. Vzhledem ke klimatickým podmínkám by se mohly osvědčit nosné vnější zdi z kamene. Kámen ve vedrech dobře udržuje nižší teplotu uvnitř interiéru, jak ostatně víme i z mnoha historických staveb realizovaných na našem území. Alternativou k fyzicky náročnému zpracování kamene jsou zdi z nepálené hlíny vhodné například pro vnitřní nenosné příčky.

Pro „uzavření“ povrchu zdí se nabízí jednoduché řešení v podobě dostupných hliněných omítek, z vnější strany opatřených vápenným nátěrem nebo vápennými omítkami s příměsí cementu. Problémem by mohlo být kvalitní provedení omítek a nátěrů, které je potřeba zvlhčovat - voda je v oblasti velmi vzácným zdrojem.

Realizace střech je proveditelná několika způsoby. Prvním jsou ploché střechy pokryté obdobným způsobem, jako tomu je v příkladovém projektu. Vzhledem k nedostatku srážek by ale mnohem efektivnější bylo využití sklonu šikmých střech a odvádění vody z přívalových dešťů do zásobníků. Pro šikmé střechy však v zemi není dostatek dřeva na konstrukce, ani výrobních kapacit pro vhodnou krytinu. Variantou je buď dovoz materiálu pro plechovou nebo jinou krytinu z okolních zemí, nebo ekologicky šetrnější využití krytiny ze slámy. Bohužel bez dovozu materiálu pravděpodobně nelze zhotovit okapy v takové podobě, jak je známe u nás. Alternativou může být využití prvků z pálené hlíny a odvod vody žlaby přímo po zemi do zásobníků vody ukrytých před slunečním zářením pod zemí. Zásobníky jsou v rozvojových zemích většinou vyráběny z plastu a mají kapacitu několik set až tisíc litrů, což znamená zejména v suchých oblastech podstatný příspěvek do zásobování vodou.

Protože v zemi jako je Čad neslouží okna k zabránění úniku tepla z budovy, je především důležité chránit interiér před nadměrným přehříváním. Také okna v podobě, jak jsou vhodná pro energeticky úspornou stavbu, nejsou z hlediska dostupnosti materiálů a výrobních kapacit realizovatelná. Toho lze docílit například orientací větších oken směrem na sever, zakrytí osluněných oken okenicemi nebo propojení chladnějších místností s teplejšími pomocí průduchů tak, aby docházelo k přirozené výměně vzduchu.

K ochlazování interiéru budovy mohou pomáhat zemní vzduchové výměníky tepla z jednoduchého plastového potrubí. Dostupnost produktů plastových výrobků v regionu je však omezená a infrastruktura potřebná pro mezinárodní obchod chybí.

Nejmenší potenciál, jak mohou šetrné technologie používané v České republice pomáhat při rozvoji stavebnictví Čadu, vidím v pokrytí poptávky po elektrické energii. Průmysl pro výrobu kotlů na biomasu i pro výrobu fotovoltaických panelů chybí a zdá se, že ani okolní země nedisponují dostatečně vyspělými výrobními kapacitami.

Jako shrnutí části věnované Čadu proto zmiňme ty materiály a technologie, které jsou potenciálně využitelné. Jsou jimi zejména přírodní neobnovitelné a obnovitelné materiály pro základy a svislé a vodorovné konstrukce. Z výše uvedených materiálů a technologií se jeví jako reálné také použití slaměné krytiny, hliněných omítek, vápenných nátěrů a vzduchových zemních výměníků tepla.

7.3. Haiti

Haiti, nejchudší stát západní polokoule, který se neblaze proslavil kvůli ničivému zemětřesení v roce 2010. Haiti leží na západní polokouli ostrova Hispaniola. Druhou polovinu tohoto ostrova doplňuje Dominikánská republika. V roce 2007 žilo 54,9 % obyvatel pod hranicí absolutní chudoby (UNDP, 2009). Pouze 58 % obyvatel mělo v roce 2006 přístup k upravené pitné vodě a 19 % obyvatel mělo přístup k sanitaci (UNICEF; WHO, 2008). Většina energie země pochází ze spalování nedostatkového palivového dříví.

7.3.1. Klima

Haiti má tropické klima se zřetelnými suchými obdobími od prosince do února a deštivými obdobími od dubna do listopadu. Jedinou výjimkou je východ země, kde větry vytváří semiaridní klima. Množství dešťových srážek se značně liší. Na severozápadě jsou průměrné srážky okolo 300 mm za rok, jihozápadní pohoří mají více než 3000 mm srážek ročně. Podobné je to u teplot, kdy jsou na pobřeží průměrné roční hodnoty okolo 27° C, pouze s malými výkyvy. Horské oblasti jsou ovlivňovány zimními frontami. (*Library of Congress – Federal Research Division, 2006*)

7.3.2. Surovinová dostupnost

Haiti má minimální zásoby nerostných surovin. Velkou devizou jsou jeho mangrovové porosty a potenciál jejich udržitelného hospodářského využití. Kvůli přetěžování však tyto cenné lesy rychle mizí. Podmínky pro obdělávání půdy nejsou vhodné, přesto ji obyvatelé nadměrně přetěžují. Zemědělská produkce je nízká a nestabilní.

Haiti má mnoho míst, na kterých se těží stavební suroviny jako šterk, vápenec, jíly a písek. Průmysl země je kriticky zaostalý a nerozvinutý a zdá se, že jedině stavebnictví má v současné době potenciál určitého růstu. (*CIA, 2010*)

7.3.3. Dopravní infrastruktura

Většina silnic v zemi je nezpevněných a ve velmi špatném stavu. Kvůli špatným podmínkám nejsou silnice Haiti ani zmapovány. Přístavy jsou pouze v oblastech větších přímořských měst, síť splavných řek je velmi malá. Taková je však charakteristika vycházející z informací o Haiti před ničivým zemětřesením. V současnosti je těžké o infrastruktuře jako takové vůbec hovořit, protože její stav je závislý především na rozvojové činnosti zahraničních organizací a vlád.

7.3.4. Přírodní rizika a stav životního prostředí

Velký problém pro celou zemi představuje míra odlesnění, která způsobuje rozsáhlou degradaci půdy a prohlubuje negativní dopady dešťových srážek, respektive povodní. Co se však ukázalo jako mnohem závažnější problém, jsou přírodní katastrofy, respektive schopnost Haiti jim čelit.

Haiti je vysoce rizikovou oblastí, která kvůli severozápadním větrům musí čelit hurikánům, suchům i povodním. Zároveň leží v seismicky aktivní oblasti. Za posledních deset let Haiti bylo zasaženo povodněmi, dvěma velkými tropickými bouřemi, třemi hurikány a v lednu 2010 devastujícím zemětřesením. Při tomto zemětřesení zahynulo přes dvě stě tisíc lidí. Míru, jakou bylo postiženo Haiti, dokazuje analýza vypracovaná za podpory UNOSAT, UNITAR a dalších institucí. Z více než tří set tisíc budov pozorovaných v zemětřesením nejvíce zasažených oblastech jich poškození vykazovalo přes 299 000. Vážně poškozeno nebo úplně zničeno jich přitom bylo přes 58 000. (UNITAR; UNOSAT, 2010) Potřebnost po kvalitativních změnách ve stavebním sektoru tak není třeba více komentovat.

7.3.5. Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví

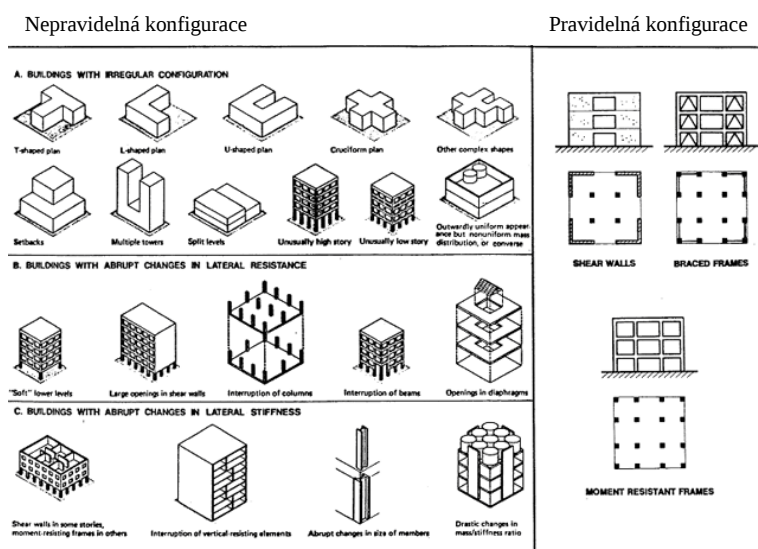
Výstavba v zemětřesné a hurikánové oblasti je výzvou pro všechny stavitele. Na Haiti se však potřeba odolnosti proti zemětřesení a extrémním povětrnostním podmínkám střetává s nedostatkem surovin a zaostalým stavebním sektorem.

Ochrana budov před zemětřesením je od základu až po střechu především o konstrukčním řešení. S těmi nemá náš region mnoho praktických zkušeností, můžeme však odkázat na mnohé příklady ze světa. Při tvorbě svislých konstrukcí z kamene vynikali dávní Inkové, jejichž zdění suchou cestou vykazovalo mnohem větší odolnost

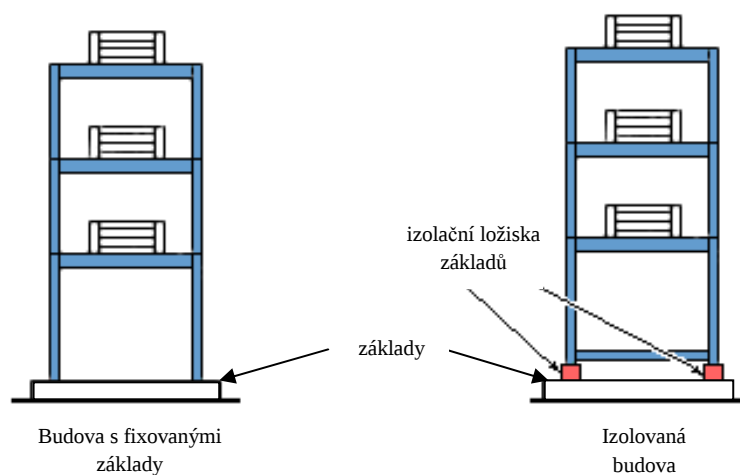
vůči zemětřesení než mnohé dnes stavěné zdi. V užití železobetonu mnoha pokroků dosáhli v Kalifornii, stejně tak jako Japonsku, které se řadí mezi světovou špičku v použití technologií oddělujících základy budovy od zbytku stavby.

V této práci zmiňme alespoň technologie a materiály vhodné k použití z hlediska jejich vlastností, tak jak jsou vyzkoušené z našich podmínek. Důraz bude kladen také na to, aby taková opatření pokud možno snižovala ohrožení budov zemětřeseními.

Jako materiál pro základy budov je na Haiti asi nejlépe využitelný prostě položený kámen. Vzhledem k tomu, jak je namáhána konstrukce základů během zemětřesení a z ní se přenáší energie do nadzemní konstrukce budovy, jsou důležité některé předpoklady. Jedním z nich je, jak uvádí Lorant (2010), že konstrukce má takzvanou pravidelnou konfiguraci. Druhým předpokladem pro plánování je, aby základy budovy byly od konstrukce budovy pokud možno izolovány, například bodově (The Constructor, 2010). Blíže k tématu Obr. č. 12 a č. 13.



Obrázek č. 12: Schéma pravidelné a nepravidelné konfigurace v konstrukci budov. Převzato a upraveno. (Lorant, 2010)



Obrázek č. 13: Schéma izolování nadzemní části budov od jejich základů. Převzato a upraveno. (*The Constructor*, 2010)

Realizace budov v našem regionu v tomto směru může nabídnout některá potenciálně užitečná řešení. Jedním z nich je u nás jen experimentálně používané využití použitých pneumatik vyplněných udusanou hlinou, které základy oddělí od konstrukce a poskytnou také tlumení případných otřesů a izolaci proti vzlínající půdní vlhkosti. Na tyto pneumatiky teprve navazuje konstrukce podlahy proveditelná například použitím trámů a fošen z recyklovaného stavebního dřeva.

Pro lepší odolnost vůči extrémním povětrnostním vlivům jsou vhodné těžké konstrukce, například z kamene. Taková konstrukce ale není realizovatelná v kombinaci s výše zmíněnými návrhy a jsou velmi zranitelné vůči zemětřesení, jak dokládá příklad z Řecka na Obr. č. 15.



Obrázek č. 14: Poškození zdí budovy následkem zemětřesení
v 50. letech ve vesnici Farsa na řeckém ostrově Kefalónie.
(se svolením autora)

Možností je použití lehké konstrukce z balíků slámy, které jsou odolné vůči zemětřesení. Nelze je však použít v oblastech s takovou vlhkostí, jako má Haiti. Extrémní povětrnostní podmínky balíkům slámy také nesvědčí. Nabízí se použití dřeva, ale jeho velký nedostatek v zemi rozšíření takových konstrukcí limituje. Při použití recyklovaného stavebního dřeva však není situace neřešitelná. Vnější opláštění budov pak lze provést obedněním dřevem. Doplnující variantou ke dřevu by mohly být prvky z celulózy, ať už jako vnitřní nenosné konstrukce v podobě desek z celulózy nebo jako celé konstrukční systémy navržené například vývojáři z univerzity ve Výmaru. Desky jsou pružné, odolné vůči vlhkosti, vzduchotěsné, neakumulují teplo a mají spoustu dalších příhodných vlastností. Jejich využití na Haiti však limituje faktor nejpodstatnější, kterým není nedostatek surovin, ale chybějící výrobní kapacity.

Lehké konstrukce, jak jsou zmíněny v předešlém odstavci, mají velmi podstatnou nevýhodu, celkovou malou hmotnost budovy. Taková budova je velmi zranitelná před tropickými bouřemi a hurikány, které oblast Haiti zasahují, zvláště, je-li pod budovou provětrávaný prostor. Ten je velmi důležité chránit před větrem například bariérou z volně uloženého kameniva³². Zatížení stavby a zlepšení vzduchotěsnosti lze také dosáhnout pomocí vnitřních zdí z nepálených cihel. Prostor mezi nepálenými cihlami a vnějším dřevěným překrytím může být vyplněn izolací z kokosových vláken³³. Otázkou je, do jaké míry jsou nepálené cihly schopny dlouhodobě odolávat vyšší vzdušné vlhkosti.

Vzhledem k vysokým průměrným teplotám převládajícím na Haiti, není potřeba budovy vytápět, ale chladit. Použití zemních výměníků tepla je nepraktické kvůli seismické aktivitě, použití kvalitních oken je kvůli chybějícím výrobním kapacitám také nereálné. Z výše uvedených postupů se tak jako realizovatelné jeví zastínění interiéru prostřednictvím okenic a žaluzií a díky dostatečnému množství srážek i zakrytí fasády budovy popínavými rostlinami.

³² Volně uložené kamenivo je lepší variantou, než kameny spojené například maltou, protože zde nehrozí takové poškození zemětřesením.

³³ Kokosové palmy jsou v Karibiku přirozeně rozšířené, významnou produkci má například Haiti blízka Jamajka.

V případě Haiti z u nás běžně používaných typů krytin lze jen těžko některou doporučit, kvůli nedostatku výrobních kapacit. V úvahu tak připadá snad jen dovoz plechové krytiny z Trinidadu a Tobaga nebo jiných blízkých zemí nebo použití plastové krytiny z recyklovaného materiálu. Plech a plast jsou materiály dostupné a vhodné také pro odvádění vody a její zadržování v zásobnících, zejména v aridní severozápadní části Haiti a během období sucha trvajících asi 3 měsíce v roce. Dešťová voda v takovém množství, v jakém je dostupná na Haiti v podobě přívalových dešťů je pak samozřejmě využitelná nejen na zavlažování, ale také na základní sanitaci a údržbu domu.

Jak už bylo zmíněno výše, v Haiti jsou využívána jak ložiska štěrků, tak písků, což je základní předpoklad pro úspěšnou stavbu přírodních kořenových čističek odpadních vod. Vzhledem k erozi na Haiti je využití kořenových čističek vody velmi přínosné pro podporu růstu vegetace chránící půdu před odnosem.

Ani v případě Haiti nejsou technologie, materiály a postupy ve stavebnictví, tak jak je známe u nás, příliš často aplikovatelné. I zde je hlavním omezením chybějící zpracovatelský průmysl a některé chybějící suroviny. Velkou roli zde však hrají také přírodní rizika. Přesto jsou i zde alternativy, jak využít například přirozeně dostupný kámen, recyklované stavební dřevo nebo třeba pneumatiky. Velkou výhodou je také možnost využití srážkové vody a přírodních čističek vody ke snížení spotřeby vody v domácnosti.

7.4. Madagaskar

Madagaskar je hornatý ostrov velikosti Francie ležící u východního pobřeží Afriky. Přestože se jedná o čtvrtý největší ostrov světa s unikátní přírodou a druhovou bohatostí, 67,8 % jeho obyvatel žije pod hranicí absolutní chudoby (UNDP, 2009).

7.4.1. Klima

Celý ostrov Madagaskar leží v pásu tropického podnebí, v místech s nadmořskou výškou nad 900 m se ale teploty s rostoucí výškou výrazně snižují. Mezi listopadem a únorem ostrov ovlivňuje pás oblačnosti a dešťů. Východ ostrova je vystaven po většinu roku jihovýchodním větrům přinášejícím vlhkost a má ročně okolo 2000 mm srážek. Směrem na západ a k jihu se množství srážek snižuje, takže oblasti

na jihozápadu už mají pouze přibližně 400 až 800 mm srážek ročně, přičemž většina z nich spadne od prosince do března. Centrální plošina má mezi 1000 a 1500 mm srážek ročně, kdy většina z nich spadne mezi listopadem a březnem jako prudké deště doprovázené bouřkami. (BBC, 2010b) Vyjádřeno teplotami to znamená, že centrální část ostrova má průměrná teplotní maxima 31 °C v lednu a minima kolem 15 °C v červenci (Foreign & Commonwealth Office, 2009b). Vyjma níže položených oblastí, které během deštivých období provází horké a vlhké počasí, je zbytek ostrova příjemně slunečný a teplý po většinu roku.

7.4.2. Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura

Mezi nerostným bohatstvím Madagaskaru najdeme uhlí, bauxit, asphaltové písky či slídu. Ze zpracovatelského průmyslu je pro potřeby práce zajímavá snad jen produkce papíru a cementu.

Také na Madagaskaru je naprostá většina cest nezpevněných. V této oblasti je infrastruktura velmi podfinancována. (African Development Forum, 2009) Ostrov má asi 432 km splavných vodních cest (CIA, 2010).

7.4.3. Přírodní rizika a stav životního prostředí

Několikrát do roka bývají území ostrova zasažena přívalovými dešti, povodněmi a silnými větry způsobenými tropickými cyklóny vznikajícími nad Indickým oceánem. Průliv oddělující ostrov od Afriky je známý seismickou aktivitou a znamená hrozbu i pro Madagaskar V posledních letech ale nebyly zaznamenány žádné silnější otřesy.

80 % živočichů a rostlin Madagaskaru nežije nikde jinde na světě (The New York Times, 2010). Přesto korupce a krize v zemi způsobuje, že vzácné druhy mizí se vzrůstající intenzitou (Bearak, 2010). Odlesňování spolu s přepásáním vede k půdní erozi, desertifikaci prohlubují opakující se období nadměrného sucha. Povrchové vody Madagaskaru jsou často znečištěné odpadními vodami a organickým odpadem.

7.4.4. Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví

Madagaskar je v mnoha směrech podobný Haiti, má však výhodu v tom, že ho nepostihuje tak výrazná seismická aktivita. Díky dostupnosti většího množství stavebních materiálů je možné doporučit založení obytných staveb z přírodního kamene doplněného cementem, který zlepšuje vlastnosti základů budovy. Madagaskar má výhodu produkce vlastního cementu, čímž se šetří energie na dovoz z okolních zemí. Také místní ložiska bitumenu umožňují ušetřit náklady na vzdálenou dopravu, a tak lze budovu opatřit hydroizolací z pásů bitumenu.

Pro svislé konstrukce je využitelný již několikrát doporučený kámen. Absence technologií na zpracování ale znemožňuje využití zajímavějších produktů, jako jsou celulózové desky a pórobetonové a vápenopískové tvárnice, pro které je na ostrově také dostatek surovin.

Jako vhodná tepelná izolace se nabízí expandovaná slída, kterou Madagaskar těží v menším množství. Opět ale chybí továrny, které by byly schopny vyprodukovat potřebný výrobek. Jediným šetrným řešením by snad mohl být ještě na dopravu nepříliš energeticky náročný dovoz obnovitelných surovin z blízkého Mozambiku. V úvahu pak připadají izolace z kokosových vláken nebo bavlny. Jiné alternativní typy tepelných izolací nejsou příliš vhodné, ať už kvůli klimatickým podmínkám, nedostatku primárních surovin nebo energetické náročnosti spojené s jejich životním cyklem.

Stejně jako u předešlých zemí je i u Madagaskaru problém s výplněmi oken. Nedostatek dřeva nebo jiného materiálu na výrobu kvalitních ráků jsou jednou z příčin tohoto problému. Již několikrát zmiňovaným a v Madagaskaru používaným řešením, jak zabránit alespoň částečně přehřívání interiéru, je proto použití zastiňovacích prvků.

Kvůli vysoké vlhkosti je otázkou, zda je alespoň v interiérech možné použít šetrnější hliněné omítky. Přinejmenším z vnějšku je však vhodné použití omítek cementových nebo vápenných s příměsí cementu.

Pro stavbu střech a zařízení šetřících vodu se nabízí stejné možnosti jako v případě Haiti. Možnosti pokrytí poptávky po elektrické energii nastíní ještě jedna z příštích kapitol. Z výše uvedeného vyplývá, že potenciál Madagaskaru ve využití šetrných technologií oproti předešlým pozorovaným zemím je především ve využití širší škály dostupných surovin.

7.5. Nigérie

Nigérie je nejlidnatějším státem západní Afriky sousedící s Beninem, Nigerem, Čadem a s Kamerunem. Podle UNDP (2009) žilo v roce 2007 64,4 % obyvatel pod hranicí absolutní chudoby. Pouze 47 % obyvatel mělo v roce 2006 přístup k upravené pitné vodě (UNICEF; WHO, 2008). Mnoho obyvatel země tráví až tři hodiny denně obstaráváním pitné vody pro domácnost (*Library of Congress – Federal Research Division, 2008*). Chudí obyvatelé získávají vodu zpravidla z otevřených studní, popřípadě z vládou budovaných ručních pump. Úroveň sanitace dokládá UN-HABITAT (2008b), který zjistil, že vyjma velkých měst země nedisponuje centrální kanalizací a splašky jsou většinou odváděny do septiků nebo vsakovacích odvádějících systému. Obsah septiků je často kompostován nebo vyvážen na skládky.

7.5.1. Klima

Klima Nigérie je na severu aridní, ve středu země tropické a na jihu rovníkové. Počasí je ovlivňováno interakcí vlhkého jihozápadního monzunu a suchých severovýchodních větrů. Přesun konvergence ležící mezi těmito větry dvakrát do roka způsobuje, že většina území Nigérie má dvě období dešťů.

Průměrné roční srážky se snižují směrem k severu. V květnu až červenci a v říjnu dosahují srážky maxima na pobřeží. Nejvíce srážek dopadá na oblast delty Nigeru, kde je to průměrně přes 2500 mm za rok, zatímco na západě a ve středu země je to okolo 1250 – 1500 mm srážek za rok. Na severu množství srážek nepřekračuje 1000 mm za rok. (BBC, 2010c) Změnu v počasí způsobuje čas od času vítr harmattan, který způsobuje vyšší teploty a nižší vlhkost i v oblastech na pobřeží. Období s vysokou vlhkostí je pro jih od února do listopadu, na severu od června do září. Na severu země je od října do dubna dlouhé období sucha.

Co se týče teplot, tak průměrné maximální teploty na jihu jsou 31° C a 34° C na severu (*Library of Congress – Federal Research Division, 2008*). Jak uvádí BBC (2010c), tak během období dešťů je délka slunečního svitu na severu země zhruba šest hodin denně, v období sucha to ale může být až deset hodin.

7.5.2. Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura

Nigérie disponuje desátými nejvyššími prokázanými zásobami ropy na světě. Zároveň je sedmá na světě, co se týče prokázaných rezerv zemního plynu. Mimo to v Nigérii najdeme ložiska uhlí a kovů. Přestože Nigérie disponuje obrovským množstvím energetických surovin a vláda podporuje projekty zaměřené na obnovitelné zdroje energie, tak v roce 2005 mělo pouze 46 % obyvatel přístup k elektrické energii (IEA, 2006).

Zpracovatelský a strojírenský průmysl je málo rozvinutý. Stavební průmysl zaznamenal v posledních letech úctyhodný růst, bylo to ale zejména díky vládním investicím. V podstatě ale stavební průmysl tvoří velmi malé procento HDP a největší stavební firmy v zemi jsou původem z Evropy, Severní Ameriky a Asie. Ze stavebních surovin, jsou v zemi naleziště bitumenu, šterků, žuly, písků, kaolínu, sklářských minerálů, jílu, bauxitu, vápence, sádry a mnoha dalších. Také potenciálních zdrojů stavebního dřeva je v zemi stále hodně. Nevyřešeným problémem ale zůstává, jak zpřístupnit tyto suroviny, popřípadě výrobky z nich v dostatečné kvalitě a adekvátním čase na trh. Jak je patrné z vyjádření vládních institucí, tak se Nigérie hodlá nechat inspirovat živelným růstem v Číně (*The Nigerian Institute, nedatováno*).

Třetina půdy země je obdělavatelná, ale zemědělství je velmi málo produktivní a způsobuje, že je země závislá na dovozu potravin. Zemědělství, lesnictví a rybolov zaměstnává největší podíl lidí, ale netvoří ani třetinu HDP. (*Library of Congress – Federal Research Division, 2008*) Z hlediska zemědělské produkce je pro potřeby práce zajímavé pěstování palmy olejné.

Silnice Nigérie jsou ve špatném stavu, stejně tak jako nerozvinutá železnice. Důležitou roli i potenciál představuje doprava po moři i po dlouhé říční síti.

7.5.3. Přírodní rizika a stav životního prostředí

Rychlá a chaotická urbanizace a industrializace způsobují v zemi rozsáhlé znečištění vody, vzduchu i půdy. Velkým problémem je také rozsáhlé odlesňování a ztráta úrodné půdy způsobená odlesňováním, vypalováním a přepásáním.

7.5.4. Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví

Nigérie má oproti doposud pozorovaným zemím jednu velkou výhodu. V zemi jsou naleziště prakticky všech důležitých primárních surovin potřebných pro výrobu šetrných stavebních produktů a technologií. Druhý nezbytný bod pro úspěšné využití, kterým jsou kapacity na jejich zpracování, už není tak docela splněn (*MBendi, 2010*). Podívejme se na konkrétní možnosti.

Základy budov je možno vytvářet podle zvolené konstrukce tak, jak je známe u nás, z lomového kamene, betonu nebo železobetonu. Závody na výrobu a zpracování HDPE umožňují také provést ochranu okolí základů budovy prostřednictvím drenáže a nopové fólie z HDPE, doplněné samozřejmě o šterk, geotextílie (např. z palmy olejné). Zda jsou v Nigérii kapacity schopné produkovat ekologicky šetrnější a vlastnostmi lepší pěnové sklo pro izolace základů, není známo. Hydroizolaci základů lze přesto provést pomocí bitumenových pásů nebo fólií z HDPE.

Z hlediska životního prostředí Nigérie nejsou nejvhodnější konstrukce ze dřeva a kvůli vysoké vzdušné vlhkosti po značnou část roku nejsou vhodné ani konstrukce ze slámy. Alternativou mohou být pálené cihly a kámen. Ještě lepší se jeví použití prvků z recyklované celulózy, pro ně ale v zemi nejsou výrobní kapacity.

Pro tepelné izolace se jako dobré řešení nabízí izolace z kokosového vlákna, ale reálně lze využít také méně dostupné izolační materiály jako je bavlna.

Použití dřeva už se ale nevyhneme u konstrukce střech. V případě Nigérie lze z výstupů této práce doporučit pro Nigérii více variant řešení střech. Pro sever země s menšími srážkami střechy ploché a pokryté rostlinami, ve vlhčích oblastech ve středu a na jihu země střechy šikmé. Šikmé střechy mohou být zelené nebo pokryté vhodnou krytinou, nejlépe z plechu nebo pálených tašek.

V Nigérii sice neexistuje nabídka oken s tak dobrými tepelně izolačními vlastnostmi, přesto zde funguje několik společností, které nabízí i u nás používané hliníkové a plastové rámy. V kombinaci s vápennými omítkami s příměsí cementu se tak dá vytvořit velmi dobře utěsněná obálka budovy.

Technická zařízení budovy použitelná do podmínek panujících v Nigérii nabízí díky vyspělejšímu hospodářství více možností, než u předešlých zemí. V silách nigerijského průmyslu je proto reálná produkce zemních výměníků tepla, geotermických sond, tepelných solárních kolektorů i centrálních zásobníků tepla. Také

možnosti využití srážkových a šedých vod a přírodního čištění vod jsou v Nigérii dostupnější a z řešení nabízených touto prací je využitelná většina z nich.

Vezmeme-li zároveň možnosti přepravy stavebních surovin po vodě, představuje Nigérie ze všech prozatím pozorovaných zemí největší potenciál využití technologií šetrných k životnímu prostředí.

7.6. Sierra Leone

Sierra Leone je země neblaze proslulá dlouhotrvající občanskou válkou, kterou pomohla ukončit až největší mírová mise OSN v historii. Jejími sousedy jsou Guinea na severu a Libérie na východě. Přes rozsáhlé nerostné bohatství patří Sierra Leone mezi nejchudší státy na světě.

7.6.1. Klima

Klima této oblasti je známé svou nehostinností a zemi vydobylo přізvisko „Hrob bílého muže“, i když dnes se ví, že vysoká úmrtnost Evropanů byla zapříčiněna spíše tropickými nemocemi.

Od listopadu do března je podnebí Sierry Leone suché s mnoha slunečnými a teplými dny. Od dubna do září je toto období vystřídáno deště. Průměrný roční srážkový úhrn na pobřeží země je 3500 – 4000 mm. Ve vnitrozemí se tato hodnota pohybuje okolo 2000 mm. Po celý rok má Sierra Leone vysoké teploty, které směrem do vnitrozemí ještě rostou v suchém období. Během období dešťů má pobřeží velmi vysokou vlhkost vzduchu, která přes den málokdy klesá pod 80 %. Vlhkost čas od času snižuje vliv severovýchodního harmattanu. *(BBC, 2010d)*

7.6.2. Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura

Z nerostných surovin zajímavých pro stavební průmysl najdeme v Sieře Leone železnou rudu a bauxit. Z relevantních plodin lze zmínit pěstování palmy olejné a chov

ovcí. Méně než desetina ze všech silnic v zemi je zpevněna, vodních cest v zemi je zhruba 800 km. (CIA, 2010)

7.6.3. Přírodní rizika a stav životního prostředí

Harmattan vanoucí ze Sahary přináší od prosince do února množství materiálu a způsobuje písečné a prachové bouře. Rychlý růst populace Sierry Leone zapříčiňuje přetěžování dřeva, rozrůstání stád pasoucího se dobytka a stále častější žďáření. Ve výsledku tyto postupy způsobují deforestaci a vyčerpávání půdy.

7.6.4. Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví

U Sierry Leone jsou možnosti uplatnění šetrných technologií známých z našeho prostředí velmi omezené. U jiných zemí to bylo většinou hlavně způsobeno nedostačujícím zpracovatelským průmyslem, u Sierry Leone se k tomuto problému přidává i nedostatek stavebních surovin.

U realizace základů tak nastává vyjma všudypřítomného kamene první problém a to s hydroizolací. V Sieře Leone nejsou ani významnější ložiska bitumenu, ani závody produkující plasty, natož pak ložiska nebo závody na zpracování minerálních izolací.

Podobná situace nastává i u svislých konstrukcí a konstrukcí střech. Možností zde je samozřejmě několikrát doporučená těžká konstrukce z kamene. Alternativou může být dovoz a zpracování dřeva ze sousední Libérie a blízkého Pobřeží Slonoviny. V takovém případě ale podporujeme obchod se dřevem v zemích, kde je udržitelné lesní hospodaření zatím pouze vzdáleným snem. Při vlhkosti a množství srážek v Sieře Leone navíc dřevo není z hlediska životnosti moc praktickým materiálem. To samé platí o nepálených cihlách, u kterých je alespoň výhoda v místní dostupnosti primárních surovin. Doplněním obou zmíněných svislých konstrukcí o hliněné omítky s vápenným nátěrem se jejich životnost však dá prodloužit. Hned dvě možná využití šetrných technologií, respektive materiálů, se ale nabízí u tepelných izolací. V Sieře Leone se totiž pěstuje palma olejná a chovají ovce.

Díky nalezištím železné rudy by měla Sierra Leone oproti ostatním výše zmíněným zemím výhodu v řešení plechové střešní krytiny, okapů či akumulčních nádrží, kdyby zde však fungovaly závody na její zpracování.

Možnosti, přesněji řečeno překážky bránící v osazení budov kvalitními tepelně-izolačními okny, tak jak je známe v České republice, jsou obdobné, jako u Haiti. Stejně je to u technologií na vytápění, respektive ochlazování interiéru budovy a technologií na čištění vody.

7.7. Belgie a Nizozemí

Belgie a Nizozemí jsou sousedící, velikostně podobné, země. Obě země sousedí s Německem, Belgie navíc sdílí své hranice s Lucemburskem a Francií. Jedná se o jedny z nejvyspělejších států na světě, přesto i u nich je stále co rozvíjet.

Jak obecně ukazují hodnoty některých ukazatelů, tak mnoho rozvinutých zemí čelí problémům, které je zrovna nekladou za vzor ostatním. Také v naší práci jsme narazili na několik z nich. Příkladem mohou být právě Belgie s Nizozemím, které mají nepříznivé hodnoty jak Price Level Indexu, tak odhadu produkce CO₂ domácnostmi. Nepříznivě pro obě země také působí sice do značné míry nezapříčiněná, ale vysoká zranitelnost vůči přírodním hrozbám.

7.7.1. Klima

Velká část Nizozemí neleží více než 30 metrů nad hladinou moře. Nízká nadmořská výška, přítomnost moře a mnoha řek a kanálů způsobují, že rozdíly v klimatu v různých částech země nejsou velké. Průměrná teplota v zimě je 2 °C, v létě 17 °C. (*Foreign&Commonwealth Office, 2010c*) Nejmírnější podnebí a nejméně srážek má přesto pobřeží. Tak jako v celé této části Evropy, i zde je počasí velmi proměnlivé. V praxi to znamená, že zimy mohou být jak mrazivé, tak mírné, léta mohou být horká i chladná. Srážky jsou přes rok rovnoměrně rozloženy a jejich průměrná hodnota je 750 mm. Celé území Nizozemí je známé pro celoročně vanoucí vítr, který dodnes pomáhá prostřednictvím větrných mlýnů při odčerpávání vody z níže položených oblastí. Větry však mohou přinést i velké problémy. Občasné větrné bouře vanoucí od moře totiž mohou způsobit zaplavení mnoha oblastí. (*BBC, 2010e*)

Přestože je podnebí Belgie v mnohém podobné Nizozemí, najdeme zde několik odlišností. Centrální část Belgie má oproti pobřeží chladnější zimy a teplejší léta. Léta v centrální části mývají také více srážek a bouřek. Hornatý jih Belgie má nejvýraznější

zimy s nejdéle se držící sněhovou pokrývkou. Belgie ani Nizozemí nemají mnoho slunečných dní.

7.7.2. Surovinová dostupnost a dopravní infrastruktura

Belgie i Nizozemí jsou země schopné do značné míry pokrýt svou poptávku po stavebních surovinách. Najdeme zde ložiska štěrků, písků či vápence. Jak Belgie, tak Nizozemí disponují zásobami ropy a zemního plynu.

Zemědělství hraje pro Nizozemí i Belgii především důležitou tradiční společenskou úlohu. Obě země mají v současnosti intenzivní zemědělství a Belgie oproti okolním zemím produkuje i velký podíl bio kultur. Ze stavebního hlediska je důležité, že Belgie produkuje velké množství pšenice a ječmene. Množství pěstovaných průmyslových plodin zde ale klesá. Co se týče chovu ovcí, tak stáda sice v roce 2008 čítala přes 63 000 kusů, jejich počet se ale od roku 1998 velmi snížil. (*Zastupitelský úřad Brusel, 2010*)

Stavební průmysl patří mezi pilíře ekonomiky Belgie i Nizozemí a vytváří velké množství pracovních pozic. Přes jeho vyspělost a zaměření na inovace ho stíhají problémy spojené s nízkou kvalifikovaností pracovníků a konkurencí zahraničních pracovních sil.

Dopravní infrastruktura obou zemí je na vysoké úrovni. Hospodářství podporují prakticky všechny běžné druhy přepravy. Nizozemská vnitrozemská lodní přeprava je například označována za druhou nejlepší na světě (*Zastupitelský úřad Haag, 2010*).

7.7.3. Přírodní rizika a stav životního prostředí

Hlavní přírodní riziko pro Belgii i Nizozemí představují povodně. Nejde však pouze o povodně způsobené řekami, ale také mořem. Jak už je to pro rozvinuté země typické, tak velkou zátěž pro jejich životní prostředí představuje činnost člověka. Není tomu jinak ani v případě Belgie a Nizozemí zatěžovaných urbanizací, intenzivním zemědělstvím, emisemi i znečišťováním vod a půdy.

7.7.4. Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví

Díky vynikající infrastruktuře a vyspělému průmyslu jsou v Belgii dostupné všechny materiály i technologie zmíněné v první části této práce. Zůstaneme však u stejného modelu, jaký jsme použili u předešlých zemí, a proto doporučení budou odrážet především využití místně dostupných zdrojů.

Pro základy je vhodné využití osvědčených materiálů z kamene, betonu a železobetonu doplněné o hydroizolace z bitumenových pásů. U Nizozemí je vzhledem k předpokládané vysoké půdní vlhkosti velmi dobré izolovat okolí základů budovy stejným způsobem, jak bylo uvedeno na příkladu Nigérie. Velmi vhodné je ale použít zde jako hydroizolaci pěnové sklo. Druhou variantou je izolace nadzemní části budovy od základů pomocí odvětrávaných prostor, jako tomu je u systémů Crawl Space nebo Iglú[®]. Zejména v Nizozemí je ale potřeba dávat pozor na hladinu podzemních vod, která by takovou konstrukci mohla destabilizovat.

Svislé nosné konstrukce jsou proveditelné z pórobetonových nebo vápenopískových tvárnic, mnohem šetrnějším řešením je však použití dřeva. Nosné konstrukce lze doplnit nenosnými konstrukcemi na principu sendvičového zdiva z desek z recyklované celulózy doplněných o izolaci z extrudovaného polystyrenu. Dobrým řešením je také využití šetrnějších OSB desek, sádkartonových desek nebo slámokartonových desek. Ani použití nepálených cihel pro interiéry není nemožné, naopak může být v mnoha případech přínosem.

Z hlediska užitných vlastností se jako nejlepší jeví použití izolace z extrudovaného polystyrenu. Ekologicky šetrnějším opatřením je však izolace z vlny nebo pokrytí fasád a střech zelení.

U omítek je potřeba opět vycházet z předpokladu, že jsou budovy zejména v Nizozemí ohroženy půdní vlhkostí, zejména pokud nejsou dobře izolovány základy. V takovém případě jsou lepší cementové omítky. V mnoha případech, a s velkou pravděpodobností to bude častěji u Belgie, však není nereálné ani použití hliněných omítek s příměsemi a vápennými nátěry.

Díky výrobním technologiím, jakými disponuje belgický a nizozemský průmysl, je možné si vybírat i mezi vhodnými typy oken. Z uvedených proto jako nejvhodnější variantu zvolíme okna s dřevěnými rámy, doplněnými o vnitřní izolaci, dvojitým, popřípadě trojitým zasklením a plněním některým z plynů. Vynikající tepelně-izolační vlastnosti získáme ale i díky oknům s plastovými rámy, popřípadě oknům opatřeným izolační fólií.

U střech je v případě Belgie a Nizozemí dobrou variantou krytina ze slámy nebo dřevěných šindelů. Díky vysoké úrovni zdejšího stavitelství je totiž menší pravděpodobnost, že by došlo při realizaci střech k vážným pochybením, která by mohla během životnosti střech poškodit³⁴ zbytek stavby.

Technická zařízení budov jsou rovněž proveditelná v celém rozsahu jako u českých staveb. Vyberme ta nejlepší. Pro vytápění budov to budou zejména solankové zemní výměníky tepla napojené na centrální zásobníky tepla. Vzhledem ke kratší době slunečního svitu během dne je další variantou ohřevu spalování biomasy ve zplyňovacích kotlích.

Řešení nakládání s dešťovými a šedými vodami stejně tak jako využití přírodních čističek jsou realizovatelná v plném rozsahu nabízených možností. Bližší doporučení v této oblasti proto diplomová práce neuvádí, protože závisí na omezeních daných konkrétní situací.

Jak dokazuje příklad Belgie a Nizozemí, možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví jsou mnohem více podmíněny rozvinutostí sekundárního průmyslového sektoru a infrastruktury. Případná absence primárních surovin v regionu komplikuje šetrnou výstavbu úměrně tomu, kolik alternativních možností nabízí právě sekundární sektor.

³⁴ Především pronikající voda.

8. Závěr

Práce s názvem Možnosti aplikace šetrných technologií ve stavebnictví v rozvojových zemích otevřela nabídku velkého množství přínosných řešení vstřícných k životnímu prostředí. Zda jsou tato řešení potenciálně aplikovatelná v praxi, se podařilo zhodnotit zejména díky ukázkovému výběru navrhovaných opatření v pozorovaných zemích.

Výstupů hodnocení je několik. Široká škála ekologicky šetrných opatření používaných ve stavebnictví České republiky a regionu střední Evropy skutečně umožňuje jejich aplikaci i v rozvojových zemích. Vybereme-li ale z této škály opatření ta prakticky realizovatelná v daných zemích, zjistíme, že je jejich výčet podstatně skromnější. Pokud navíc srovnáme tato opatření s těmi nejběžněji používanými u nás, dojdeme k velmi odlišnému výsledku.

Vybrané postupy, materiály i technologie vhodné pro rozvojové země jsou schopné obstát v nejrozličnějších klimatických podmínkách, a pokud ne, vždy existuje alternativní dostupné řešení. Zdá se, že ani přírodní extrém, ani špatný stav a nutnost přísné ochrany životního prostředí není dostatečnou bariérou v tom, aby se nedalo najít pro jakoukoli lokalitu opatření náhradní.

Chvilé, kdy pozorujeme první rozdíly mezi Českou republikou a rozvojovými zeměmi však nastává v momentě výběru lokálně dostupných primárních surovin. Zatímco v regionu střední Evropy jsme schopni absenci materiálu řešit buď jeho dovozem, nebo volbou jiného, kvalitativně obdobného řešení, u zemí rozvojových tomu je naopak. Zde musíme kvůli špatně rozvinutému zpracovatelskému průmyslu a infrastruktuře nejprve zjistit, jaké suroviny a možnosti zpracování jsou v místě dostupné, a potom se teprve rozhodnout pro vhodné opatření. Ve většině případů se pak řešení situace vždy dá najít, možné alternativy k němu ale buď neexistují, nebo je jich mnohem méně. Nicméně spatřuji alespoň drobnou výhodu v tom, že kvůli výše uvedeným omezením jsou rozvojové regiony více odkázány na místní suroviny a produkty. Jejich využitím se totiž otevírá spousta příležitostí pro daný region a zároveň se snižují svázané energie a emise daných stavebních produktů. Tolik tedy k rozsahu aplikovatelných řešení.

Druhý a mnohem důležitější rozdíl je vidět v kvalitativním srovnání. Zatímco v České republice při stavbě ekologicky šetrných domů budeme zpravidla volit řešení

nejefektivnější, ukázkové aplikace v rozvojových zemích popisují jinou situaci. Rozdíl spočívá v tom, že šetrné materiály, postupy a technologie jsou sice aplikovatelné, ve srovnání s Českou republikou se však velmi pravděpodobně bude jednat o varianty méně obvyklé, tradiční nebo naopak velmi inovativní, každopádně ne příliš často rozšířené. Pro vysvětlení, předešla domněnka neznámená, že u nás častěji používaná řešení jsou kvalitnější, podstata je v kvalitě a efektivitě alternativních řešení aplikovaných na ukázkových příkladech rozvojových zemí. Tato řešení totiž mezi alternativními opatřeními nepatří zdaleka mezi ta nejlepší, ale mezi ta, po kterých je nutné sáhnout z důvodu existujících omezení. Hlavní bariérou pro rozvoj efektivních a kvalitních opatření využívajících regionálního přírodního bohatství a lidských zdrojů je především zaostalost zpracovatelského sektoru. To dokázal příklad Nigérie. Nigérie má, ve srovnání s ostatními pozorovanými africkými státy, obrovskou výhodu nejen ve svém přírodním bohatství, ale především v existenci alespoň základních kapacit schopných produkovat stavební technologie šetrné k životnímu prostředí. Pro srovnání byl využit i příklad Belgie a Nizozemí. Tyto hospodářsky vyspělé země sice nedisponují všemi potřebnými primárními surovinami, díky progresivnímu stavebnímu sektoru jsou ale schopny samy nabídnout alternativní produkty.

Třetí a poslední rozdíl v možnosti aplikace šetrných technologií používaných ve stavebnictví v České republice a v rozvojových zemích vidím v jejich finální podobě. Na příkladu rozvojového projektu v indickém Kargyaku je patrné, že ačkoli jsou mnohá u nás využívaná opatření aplikovatelná i v jiných zemích a jiných podmínkách, pravděpodobně budou mít hodně odlišnou podobu oproti tomu, co bychom čekali u nás. To je však velkým zadostiučiněním a do velké míry i způsobem řešení ne příliš příznivého stavu v rozvojových zemích. Je totiž patrné, že přes všemožné bariéry jsme za využití kombinace místních i českých znalostí schopni dosáhnout chtěných, i když mnohdy překvapivých cílů.

Výstupy z praxe v rozvojových zemích i z experimentálních ekologicky šetrných staveb dokazují, že mnoho inovací a materiálů na své běžnější využití teprve čeká. Je jich celá řada, od použitých plechovek až po rozbitou keramiku. Jak říká architekt a vizionář z Nového Mexika, Michael Reynolds: „Omyly ženou vývoj kupředu.“

9. Shrnutí

Světové hospodářství se čím dál více potýká s problémem tenčících se zásob energetických surovin. Kdo se s tímto faktem potýká s největšími obtížemi, jsou rozvojové země. Potřeba řešit tuto situaci dříve, než dojde k vyhocení a krizi, je proto velmi aktuální.

Příspěvek pro zlepšení stavu může nabídnout i sektor stavebnictví. Energeticky nenáročné stavby šetrné k životnímu prostředí disponují velkým potenciálem a to nejen v daném odvětví. Zemědělství, těžební průmysl, strojírenský průmysl a mnohé další oblasti z rozvoje stavebnictví odjakživa profitovaly.

Prostředí České republiky disponuje praktickými zkušenostmi v oblasti ekologicky šetrných staveb a tak je nasnadě zjistit, jestli můžeme znalosti zhodnotit i při rozvoji potřebných regionů tohoto světa. Díky tomu získáme i částečnou představu o tom, jaké jsou možnosti transferu moderních a inovativních technologií do rozvojových zemí ze zemí průmyslově rozvinutějších.

Tato diplomová práce nabídla širokou škálu opatření vhodných ke zlepšení environmentálně šetrného stavebnictví. Možnost jejich praktického uplatnění v rozvojových zemích hodnotí pomocí relevantních vlastností zmiňovaných technologií i pomocí příkladových studií. Příkladové studie čerpají jak z praxe, tak z dostupných teoretických východisek a znalostí o pozorovaných zemích.

V průběhu práce se neplánovaně objevil i problém nedostatku porovnatelných dat relevantních pro maximalizaci potenciálních pozitivních přínosů z použití šetrných technologií ve stavebnictví.

Hodnocení výstupů této diplomové práce zdůrazňuje nedostatky, které znamenají velkou překážku při realizaci šetrných staveb v rozvojových zemích, především kvůli zaostalosti zpracovatelského sektoru. Pozitivně naopak vyzdvihuje možnosti kombinace poznatků z rozvojových zemí s poznatky středoevropskými.

Klíčová slova

alternativní postupy; čištění vody; hrubá stavba; izolace; možnosti aplikace; použití materiálu; použití technologií; stavebnictví v rozvojových zemích; svázaná potřeba energie; svázané emise; šetrné technologie, materiály a postupy; výroba materiálu; základy; životní cyklus materiálu

10. Summary

The world economy has to face the rising problem of the energy resources shortage. The ones, who face this problem with the biggest difficulties, are developing countries. The need to solve this situation, before it becomes a crisis, is therefore very current.

The contribution for the improvement of the situation can be brought also by the construction industry. Energetically unassuming buildings, which are environmentally friendly have a big potential in this, not only affecting the construction industry. The agriculture, mining industry, machine industry and many other fields of interest always took advantage of the construction industry development.

The construction industry environment of the Czech Republic disposes of practical experience from the environmentally friendly buildings and therefore it is very easy to know, if we could use this experience to develop the needy regions of this world. Thanks to this knowledge we will have partial imagination about the possibilities of the transfers of the modern and innovative technologies from the industrially developed countries to the developing countries.

This diploma thesis has offered a wide range of arrangements suitable for the improvement of the environmentally friendly construction. The possibility of their practical use in developing countries is classified through relevant characteristics of mentioned technologies and through example studies. These example studies utilize the praxis and also the available theoretical resources and knowledge of the example countries.

During the creation of the diploma thesis was also uncovered the unplanned problem. The problem is related to the absence of the comparable relevant data about environmentally friendly construction technologies, which are vital for the maximization of the potential positive outputs.

The classification of this diploma thesis outputs underlines the need of improvement of the manufacturing industry in the developing countries, which is essential to overcome the limits set to the environmentally friendly buildings. The thesis also highlights the positive aspects of the combination of the developing countries and Central European know-how.

Key words

Alternative techniques; water purification; carcassing; insulation; possibilities of application; use of material; use of technologies; construction industry in development countries; bound energy need; bound emissions; environmental friendly technologies, materials and techniques; material production; foundations; material life-cycle

Seznam použitých zdrojů

African Development Forum. *Africa's Infrastructure : A Time for Transformation* [online]. Washington : [s.n.], 2009 [cit. 2010-07-17]. Roads : Broadening the Agenda, s. . Dostupný z WWW: <http://www.infrastructureafrica.org/aicd/system/files/WB147_AIATT_CH10.pdf>. ISBN 978-0-8213-8083-3.

AMG Invest [online]. nedatováno [cit. 2010-07-18]. Kategorie Plastová okna. Dostupný z WWW: <<http://www.amginvest.cz/?cat=13>>.

BBC. *BBC : Weather* [online]. c2010a [cit. 2010-06-15]. Chad. Dostupný z WWW: <http://www.bbc.co.uk/weather/world/country_guides/results.shtml?tt=TT000130>.

BBC. *BBC : Weather* [online]. c2010b [cit. 2010-06-21]. Madagascar. Dostupný z WWW: <http://www.bbc.co.uk/weather/world/country_guides/results.shtml?tt=TT000340>.

BBC. *BBC : Weather* [online]. c2010c [cit. 2010-06-26]. Nigeria. Dostupný z WWW: <http://www.bbc.co.uk/weather/country_guides/results.shtml?tt=TT005690>.

BBC. *BBC : Weather* [online]. c2010d [cit. 2010-07-01]. Sierra Leone. Dostupný z WWW: <http://www.bbc.co.uk/weather/world/country_guides/results.shtml?tt=TT000540>.

BBC. *BBC : Weather* [online]. c2010e [cit. 2010-07-07]. Belgium. Dostupný z WWW: <www.bbc.co.uk/weather/world/country_guides/results.shtml?tt=TT003370>.

BEARAK, Barry. *NYTimes.com* [online]. c2010, May 24 2010 [cit. 2010-06-22]. Shaky Rule in Madagascar Threatens Trees. Dostupný z WWW: <<http://www.nytimes.com/2010/05/25/world/africa/25madagascar.html?ref=madagascar>>.

Build It Green. *California Home Designs* [online]. 2005, Revised 10/17/05 [cit. 2010-04-12]. Cotton Insulation. Dostupný z WWW: <<http://www.calhomedesigns.com/greensheets-pdfs/COTTON%20Insulation%202064.pdf>>.

BUREŠ, Michal. *Šetrnébudovy.cz : šetrí životní prostředí i vaše finance* [online]. c2010 [cit. 2010-06-15]. Porovnání tradičních izolačních materiálů z hlediska environmentálního dopadu. Dostupný z WWW: <<http://setrnebudovy.cz/component/content/article/34>>.

CENTNER, Bedřich. Výroba asfaltových pásů a jejich vlastnosti. *Stavebnictví a interiér* [online]. 17.7.2005, 2005, 6/2005, [cit. 2010-03-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vyroba-asfaltovych-pasu-a-jejich-vlastnosti>>.

CIA. *Central Intelligence Agency : The World Factbook* [online]. 2010 [cit. 2010-07-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>>. ISSN 1553-8133.

ČERNÁNSKÝ, Martin. *Encyklopedie lidové architektury* [online]. c2010 [cit. 2010-04-21]. Nepálené cihly, vepřovice, bejky. Dostupný z WWW: <<http://www.lidova-architektura.cz/E-ostatni/encyklopedie/cihly-nepalene.htm>>.

DIDAMA, Michaël. *IPS* [online]. Feb 28 2007 [cit. 2010-05-17]. Rats, Where There Once Were Elephants. Dostupný z WWW: <<http://ipsnews.net/news.asp?idnews=36778>>.

DOLEŽÍLKOVÁ, Hana; FROLÍK, Stanislav; KABELE, Karel. *tzbinfo* [online]. 1.5.2006 [cit. 2009-11-28]. Svázané hodnoty energie a emisí CO₂ v systémech TZB. Dostupný z WWW: <<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3250>>.

Fibertex [online]. nedatováno [cit. 2010-07-18]. Dostupný z WWW: <<http://homeandgarden.fibertex.com/cs-CZ/Zahrada/inspirace/Pages/Drenaz.aspx>>.

Flexibuild : Rodinný dům za cenu bytu [online]. c2009 [cit. 2010-07-18]. Materiál. Dostupný z WWW: <<http://www.flexibuild.cz/cz/material>>.

Rolety.cz [online]. c2010 [cit. 2010-07-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.rolety.cz/>>.

Foreign&Commonwealth Office. *Foreign&Commonwealth Office* [online]. c2010a, Last reviewed 11 December 2009 [cit. 2010-06-17]. Economy. Dostupný z WWW: <<http://www.fco.gov.uk/en/travel-and-living-abroad/travel-advice-by-country/country-profile/sub-saharan-africa/chad?profile=economy>>.

Foreign&Commonwealth Office. *Foreign&Commonwealth Office* [online]. c2010b, Last reviewed 20 July 2009 [cit. 2010-06-23]. Economy. Dostupný z WWW: <www.fco.gov.uk/en/travel-and-living-abroad/travel-advice-by-country/country-profile/sub-saharan-africa/madagascar?profile=economy>.

Foreign&Commonwealth Office. *Foreign&Commonwealth Office* [online]. c2010c, Last reviewed 03 June 2010 [cit. 2010-06-24]. Geography. Dostupný z WWW: <www.fco.gov.uk/en/travel-and-living-abroad/travel-advice-by-country/country-profile/sub-saharan-africa/madagascar?profile=geography>.

FREUNDORFER, Franz. Das Passivhausfenster : Die Heizung der Zukunft!. In Centrum pasivního domu. *Pasivní domy 2006*. druhé, 2007. [s.l.] : Centrum pasivního domu, 2007. s. 288-301.

GRUBER, Astrid; GRUBER, Herbert. *Bauen mit Stroh*. 1. Aufl. Staufem : Ökobuch Verlag , 2000. 94 s. ISBN 3-922964-76-1.

HRNČÍŘ, Petr; Šálek, Jan; ŽÁKOVÁ, Zdeňka. *Přírodní čištění a využívání vody : v rodinných domech a rekreačních objektech*. 1. vydání. Brno : Vydavatelství ERA, 2008. 115 s. ISBN 978-80-7366-125-0.

IEA. *World Energy Outlook 2006* [online]. Paris : International Energy Agency, 2006 [cit. 2010-05-11]. Dostupný z WWW: <www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/weo2006.pdf>. ISBN: 92-64-10989-7.

JIRÁSEK, Jakub; VAVRO, Martin. Nerostné suroviny a jejich využití [online]. Ostrava : MŠMT a VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008a [cit. 2010-02-21]. Keramika, s. . Dostupný z WWW: <<http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/keramika.html>>.

JIRÁSEK, Jakub; VAVRO, Martin. Nerostné suroviny a jejich využití [online]. Ostrava : MŠMT a VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008b [cit. 2010-02-25]. Stavební a dekorační kámen, s. . Dostupný z WWW: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/stavebni_dekoracni.html>.

KALOUSKOVÁ, Hana; TÝNOVÁ, Eva; ZAHRADNÍK, Lubomír. Stabilní epoxidové pryskyřice z obnovitelných netradičních zdrojů : ekonomicky a ekologicky přijatelné řešení. *Koroze a ochrana materiálu* [online]. 2005, 49, 4, [cit. 2009-12-18]. Dostupný z WWW: <http://vscht.cz/met/aki/kom_49/49_83_86.pdf>.

KAUFMANN, Berthold. Das Passivhaus : Konzept und Projektierung (PHPP). In Centrum pasivního domu. *Pasivní domy 2006*. druhé, 2007. [s.l.] : Centrum pasivního domu, 2007. s. 23-40.

KNÍŽE, Jan. OSB desky : základní pojmy a časté otázky. *Stavebnictví a interiér* [online]. 2.7.2007, 2007, 6/2007, [cit. 2009-11-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/osb-desky-zakladni-pojmy-a-aste-otazky>>.

KRINNER CZ. KRINNER : *Moderní zakládání staveb* [online]. c2008 [cit. 2010-01-13]. Zakládání staveb pomocí zemních vrutů. Dostupný z WWW: <[http://www.zemnivruty.cz/\(S\(422jyp33nhzv5j1adbjcr45\)\)/cs/Default.aspx?zakladani-staveb](http://www.zemnivruty.cz/(S(422jyp33nhzv5j1adbjcr45))/cs/Default.aspx?zakladani-staveb)>.

LEDVINA, Petr. *Ekoporadna* [online]. 2010, červenec 2010 [cit. 2010-07-12]. Kde nám uniká teplo?. Dostupný z WWW: <http://www.ekoporadna.cz/wiki/doku.php?id=stavby:kde_nam_unika_teplo>.

Library of Congress – Federal Research Division. *Country Profile : Haiti* [online]. May 2006 [cit. 2010-06-15]. Dostupný z WWW: <<http://lcweb2.loc.gov/frd/cs/profiles/Haiti.pdf>>.

Library of Congress – Federal Research Division. *Country Profile : Nigeria* [online]. July 2008 [cit. 2010-06-17]. Dostupný z WWW: <<http://lcweb2.loc.gov/frd/cs/profiles/Nigeria.pdf>>.

LORANT, Gabor. *WBDG : a program of the National Institute of Building Sciences* [online]. 2010, last updated 06-17-2010 [cit. 2010-06-27]. Seismic Design Principles. Dostupný z WWW: <http://wbdg.org/resources/seismic_design.php>.

MAHLKE, Friedemann; MINKE, Gernot. *Stavby ze slámy : Jak pořídít z balíků slámy standardní dům*. 1. české vydání. Ostrava : HEL, 2009. 144 s. ISBN 978-80-86167-31-2.

MANOHAR, Krishpersad, et al. Biodegradable Fibrous Thermal Insulation. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* [online]. 2006, Vol.

XXVIII, No. 1, [cit. 2010-07-18]. Dostupný z WWW:
<<http://www.scielo.br/pdf/jbsmse/v28n1/28260.pdf>>. ISSN 1678-5878.

MAŠKOVÁ, Lenka. *Budoucnost bez jedů* [online]. 23.3.2004 [cit. 2010-02-27]. Jaký plastový obal si vybrat?. Dostupný z WWW: <<http://www.bezjedu.arnika.org/clanky-a-studie/jaky-plastovy-obal-si-vybrat>>.

MATĚJŮ, Karel. Asfaltové šindele : moderní, efektní a cenově přístupné. *Stavebnictví a interiér* [online]. 26.11.2002, 2002, 10/2002, [cit. 2010-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/asfaltove-sindele-moderni-efektni-a-cenove-pristu>>.

MBendi. *MBendi.com : the global information resource for Business and Travel* [online]. c2010, 20 July 2010 [cit. 2010-06-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.mbendi.com>>.

MICHAEL, Klaus. Erdwärmetauscher zur Luftvorwärmung im Winter und Luftvorkühlung im Sommer. In Centrum pasivního domu. *Pasivní domy 2007*. první, 2007 [s.l.] : Centrum pasivního domu, 2007. s. 285-295. ISBN 978-80-254-0126-2.

NOVÁK, Jiří. Měření průvzdušnosti budov v ČR : výsledky a zkušenosti. In Centrum pasivního domu. *Pasivní domy 2006*. druhé, 2007 [s.l.] : Centrum pasivního domu, 2007. s. 250-256.

NOVOTNÝ, Marek. *Izolace.cz* [online]. 24.1.2006 [cit. 2010-01-08]. Systémy vodotěsných izolací a stěrkové izolační materiály. Dostupný z WWW: <<http://www.isolace.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&DocumentID=2149>>. ISSN 1213-6395.

PEŘINA, Zdeněk; SKULINOVÁ, Darja. *Pozemní stavitelství* [online]. 2006 [cit. 2009-11-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.fast10.vsb.cz/perina/ps1/zakladove-konstrukce.html>>.

PETRLÍK, Jindřich. *Budoucnost bez jedů* [online]. nedatováno [cit. 2010-07-17]. epichlorhydrin. Dostupné z WWW: <<http://www.bezjedu.arnika.org/chemicke-latky/epichlorhydrin>>.

PETRLÍK, Jindřich. *Budoucnost bez jedů* [online]. nedatováno [cit. 2010-07-18]. hexachlorbenzen (HCB). Dostupné z WWW: <<http://www.bezjedu.arnika.org/chemicke-latky/hexachlorbenzen-hcb>>.

Projektil Architekti. *Projektil Architekti* [online]. 2007 [cit. 2010-07-17]. Středisko ekologické výchovy Sluňákov. Dostupný z WWW: <<http://www.projektil.cz/cz/realizace/slunakov>>.

RŮŽIČKA, Jan. Stavební materiály na bázi obnovitelných zdrojů surovin. *Časopis stavebnictví* [online]. 2007, 11-12/07, [cit. 2009-10-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=498>>

Sheep Wool Insulation. *Sheep Wool Insulation* [online]. c2010 [cit. 2010-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.sheepwoolinsulation.ie>>.

SKOŘEPA, Petr. *Www.ekovesnice.cz* [online]. 18. únor, 2008 [cit. 2009-11-05]. Úvod do problematiky zelených střech. Dostupný z WWW: <http://xixao.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=120&Itemid=37>.

SMĚJA, Libor. *Automatické vytápění : Internetový magazín o automatických kotlech a kotelnách* [online]. 2010, 20.4. 2010 [cit. 2010-05-07]. Podívejte se do výrobních prostor firmy GUNTAMATIC. Dostupné z WWW: <<http://www.avytapeni.cz/Article.aspx/Detail/105>>.

SRDEČNÝ, Karel. Efektivita zemního výměníku tepla (ZVT). In Centrum pasivního domu. *Pasivní domy 2007*. první, 2007 Brno : Centrum pasivního domu, 2007. s.327-328. ISBN 978-80-254-0126-2.

SRDEČNÝ, Karel. *Ekoporadna* [online]. 2010a, červenec 2010 [cit. 2010-07-15]. Co jsou to polyuretany - PUR. Dostupné z WWW: <http://www.ekoporadna.cz/wiki/doku.php?id=stavby:co_je_to_polyuretany_pur>.

SRDEČNÝ, Karel. *Ekoporadna* [online]. 2010b, červenec 2010 [cit. 2010-07-15]. Co je to pěnový polystyren – PPS?. Dostupné z WWW: <http://www.ekoporadna.cz/wiki/doku.php?id=stavby:co_je_to_penovy_polystyren>.

SRDEČNÝ, Karel. *Ekoporadna* [online]. 2010c, červenec 2010 [cit. 2010-07-15]. Co jsou papírové vločky (celulóza)?. Dostupné z WWW: <http://www.ekoporadna.cz/wiki/doku.php?id=stavby:co_jsou_papirove_vlocky_celuloza>.

Středo.ČESKÉSTAVBY.cz [online]. 7.11.2008 [cit. 2010-02-13]. Seriál díl 10: Hrubá stavba – obvodové stěny. Dostupný z WWW: <<http://www.stredoceskestavby.cz/clanky/stavby-rodinych-domu/hruba-stavba-obvodove-steny-5252.html>>

TETÍK, Petr. *Srovnání tepelně izolačních vlastností a finanční náročnosti materiálů organického původu s izolačními sendvičovými panely*. České Budějovice, 2009. 59 s. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Dostupné z WWW: <http://theses.cz/id/8lgo20/downloadPraceContent_adiplno_8939>.

The Constructor. *The Constructor : The Constructor of Modern World!* [online]. c 2010 [cit. 2010-07-18]. Basic Elements of Earthquake Resistant Design. Dostupné z WWW: <theconstructor.org/2010/03/basic-elements-of-earthquake-resistant-design/>.

The Dow Chemical Company. *Dow* [online]. November 18, 2008 [cit. 2010-05-18]. Product Safety Assessment. Dostupné z WWW: <<http://www.dow.com/productsafety/pdfs/233-00460.pdf>>

The New York Times. *NYTimes.com* [online]. c2010, May 25, 2010 [cit. 2010-06-21]. Madagascar. Dostupný z WWW:

<<http://topics.nytimes.com/top/news/international/countriesandterritories/madagascar/index.html>>.

The Nigerian Institute. *The Nigerian Institute* [online]. nedatováno [cit. 2010-06-19]. Construction. Dostupný z WWW: <www.nigerianinstitute.com/index.htm>.
TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy : Principy a příklady*. Vyd. 1. Praha : Grada Publishing, 2005. 193 s. ISBN 80-247-1101-X.

UNDP. *Human Development Report 2009 : Overcoming barriers Human mobility and development* [online]. New York : Palgrave Macmillan, 2009 [cit. 2010-04-19]. Dostupný z WWW: <http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2009_EN_Complete.pdf>. ISBN 978-0-230-23904-3

UNEP; SOPAC. Environmental Vulnerability Index [online]. 2005 [cit. 2010-04-22]. EVI Country Profiles. Dostupný z WWW: <<http://vulnerabilityindex.net/Files/EVI%20Scores%20Country%20Summary.pdf>>.

UNICEF;WHO. *Progress On Drinking Water and Sanitation : Special Focus On Sanitation* [online]. New York : UNICEF, 2008 [cit. 2010-07-19]. Dostupný z WWW: <http://www.unicef.de/fileadmin/content_media/presse/0807-Wasser/JMP_O8.pdf>. ISBN 978-92-806-4313-8.

UNITAR; UNOSAT. *Building Damage Assessment : In support to Post Disaster Needs Assessment and Recovery Framework (PDNA)* [online]. 2010 [cit. 2010-04-23]. Dostupný z WWW: <http://unosat-maps.web.cern.ch/unosat-maps/HT/EQ20100114HTI/PDNA_HTI_EQ2010_BuildingDamagePosterA0_v1_HR.pdf>.

UN-HABITAT. *The Use of Selected Indigenous Building Materials with Potential for Wide Application in Developing Countries* [online]. Nairobi : [s.n.], 1985 [cit. 2010-04-30]. Dostupný z WWW: <http://www.fastonline.org/CD3WD_40/CONSTRUC/H1590E/EN/B1699.HTM>. ISBN 92-1-131007-5.

UN-HABITAT. *State of the world's cities 2008/2009 : Harmonious Cities* [online]. London : Earthscan, 2008a [cit. 2010-05-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2562>>. ISBN 978-1-84407-696-3.

UN-HABITAT. *Global Atlas of Excreta, Wastewater Sludge, and Biosolids Management : Moving Forward the Sustainable and Welcome Uses of a Global Resource* [online]. Nairobi : [s.n.], 2008b [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <http://esa.un.org/iys/docs/san_lib_docs/habitat2008.pdf>. ISBN 978-92-1-132009-1

VANICKÝ, Tomáš, et al. Stávající stav budov vs. nízkoenergetické a pasivní budovy. In Centrum pasivního domu. *Pasivní domy 2006. druhé*, 2007. [s.l.] : Centrum pasivního domu, 2007. s. 15-20.

Ventop : *Vzduchotechnika* [online]. nedatováno [cit. 2010-07-17]. Rekuperace – zpětné získávání tepla. Dostupný z WWW: <<http://www.ventop.cz/rekuperace>>.

WB. *The World Bank* [online]. 2005 [cit. 2010-05-11]. ICP 2005 Report. Dostupný z WWW: <<http://siteresources.worldbank.org/ICPINT/Resources/icp-final-tables.pdf>>.

World Resources Institute. *EarthTrends : The Environmental Information Portal* [online]. c2007 [cit. 2010-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://earthtrends.wri.org>>. Zastupitelský úřad v Abuji. *BusinessInfo.cz : Oficiální portál pro podnikání a export* [online]. 03.06.2009, 03.06.2009 [cit. 2010-07-18]. Souhrnná teritoriální informace Nigérie. Dostupný z WWW: <<http://www.businessinfo.cz/cz/rubrika/cad/1001422>>.

Zastupitelský úřad Brusel. *BusinessInfo.cz : Oficiální portál pro podnikání a export* [online]. 25.03.2010, 25.03.2010 [cit. 2010-07-12]. Souhrnná teritoriální informace Belgie. Dostupný z WWW: <<http://www.businessinfo.cz/cz/rubrika/belgie/1000809>>.

Zastupitelský úřad Haag. *BusinessInfo.cz : Oficiální portál pro podnikání a export* [online]. 01.04.2010, 01.04.2010 [cit. 2010-07-15]. Souhrnná teritoriální informace Nizozemsko. Dostupný z WWW: <<http://www.businessinfo.cz/cz/rubrika/nizozemsko/1000807>>.

Seznam příloh

Příloha č. 1: Seznam zemí a hodnoty pozorovaných kritérií včetně následného výstupu

Příloha č. 2: Odhad produkce emisí CO₂ domácnostmi přepočtené na jednoho obyvatele
(kg CO₂/obyvatele) v roce 2006

Příloha č. 3: Jednotlivé země a jejich hodnoty EVI

Příloha č. 4: Průměrné měsíční hodnoty teploty, vlhkosti a srážek plošiny Faya

Přílohy

Příloha č.1: Seznam zemí a hodnoty pozorovaných kritérií včetně následného výstupu

Stát ^a	Podíl obyvatel žijících pod hranicí absolutní chudoby ^{bc} (%)	Price Level Index 2005 pro bydlení, vodu, elektřinu, plyn a další paliva ^d	Přístup obyvatel k upravené pitné vodě 2006 (%) ^e	Přístup obyvatel k upravené sanitaci 2006 (%) ^f
<i>Afgánistán</i>	..	..	22	30
Albánie	<2	51	97	97
Alžírsko	6,8	..	85	94
Andorra	<2	..	100	100
Angola	54,3	39	51	50
Antigua a Barbuda	..	..	..	..
Argentína	4,5	45	96	91
Arménie	10,6	14	98	91
Austrálie	..	127	100	100
Ázerbájdžán	<2	11	78	80
Bahamy	..	..	..	100
Bahrajn	..	210	..	..
Bangladéš	49,6	46	80	36
Barbados	..	..	100	99
Belgie	..	143	..	..
Belize	..	..	..	..
Bělorusko	<2	15	99	93
Benin	47,3	24	65	30
Bhútán	26,2	42	81	52
Bolívie	19,6	25	86	43
Bosna a Hercegovina	<2	34	99	95
Botswana	31,2	43	96	47
Brazílie	5,2	78	91	77
Brunej	<2	91	..	..
Bulharsko	<2	35	99	99
Burkina Faso	56,5	25	72	13
Burundi	81,3	24	71	41
Čad	61,9	13	48	9
Černá Hora	..	50	98	91
Česká republika	<2	52	100	99
Čína	15,9	53	88	65
Dánsko	..	180	100	100
Demokratická republika Kongo	59,2	43	46	31
Dominika	..	..	..	..
Dominikánská republika	5,0	..	95	79
Džibutsko	18,8	42	92	67
Egypt	<2	34	98	66
Ekvádor	4,7	53	95	84
Eritrea	..	..	60	5
Estonsko	<2	66	100	95
Etiopie	39,0	26	42	11
Fidži	..	188	47	71
Filipíny	22,6	52	93	78
Finsko	..	157	100	100
Francie	..	144	100	..
Gabon	4,8	57	87	36
Gambie	34,3	12	86	52
Ghana	30,0	16	80	10
Grenada	..	..	..	97
Gruzie	13,4	19	99	93
Guatemala	11,7	..	96	84
Guayana	7,7	..	93	81
Guinea	70,1	19	70	19
Guinea – Bissau	48,8	30	57	33

Haiti	54,9	..	58	19
Honduras	18,2	..	84	66
Hong Kong (Čína)	..	150	..	..
Chile	<2	64	95	94
Chorvatsko	<2	49	99	99
Indie	41,6	36	89	28
Indonésie	..	55	80	52
Irák	..	72	77	76
Írán	<2	35	..	..
Irsko	..	169	..	..
Island	..	179	100	100
Itálie	..	125	..	..
Izrael	..	93	100	..
Jamajka	<2	..	93	83
Japonsko	..	149	100	100
JAR	26,2	58	93	59
Jemen	17,5	58	66	46
Jižní Korea	..	98	..	..
Jordánsko	<2	136	98	85
Kambodža	40,2	53	65	28
Kamerun	32,8	35	70	51
Kanada	..	106	100	100
Kapverdy	20,6	102	..	..
Katar	..	366	100	100
Kazachstán	3,1	37	96	97
Keňa	19,7	22	57	42
Kiribati	..	..	65	33
Kolumbie	16,0	40	93	78
Komory	46,1	58	85	35
Kongo	54,1	41	71	20
Kostarika	2,4	..	98	96
Kuba	..	..	91	98
Kuvajt	..	199	..	..
Kypr	..	82	100	100
Kyrgyzstán	21,8	7	89	93
Laos	44,0	23	60	48
Lesotho	43,4	29	78	36
Libanon	..	76	100	..
Libérie	83,7	57	64	32
Libye	..	..	..	97
Lichtenštejnsko	..	..	..	..
Litva	<2	43	..	..
Lotyšsko	<2	50	99	78
Lucembursko	..	151	100	100
Madagaskar	67,8	26	47	12
Maďarsko	<2	51	100	100
Makedonie	<2	30	100	89
Malajsie	<2	83	99	94
Malawi	73,9	23	76	60
Maledivy	..	202	83	59
Mali	51,4	35	60	45
Malta	..	52	100	..
Maroko	2,5	41	83	72
Maršallový ostrovy	..	..	..	..
Mauretánie	21,2	17	60	24
Mauricius	..	44	100	100
Mexiko	<2	103	95	81
Mikronésie	..	..	94	25
Moldavsko	8,1	16	90	79
Monako	..	..	..	..
Mongolsko	22,4	59	72	50
Mozambik	74,7	20	42	31
Myanmar	..	..	80	82
Namibie	49,1	69	93	35
Nauru	..	..	..	..
Německo	..	138	100	100

Nepál	55,1	46	89	27
Niger	65,9	26	42	7
Nigérie	64,4	30	47	30
Nikaragua	15,8	..	79	48
Nizozemí	..	149	100	100
Norsko	..	137	100	..
Nový Zéland	..	133	..	..
Omán	..	163	..	..
Pákistán	22,6	26	90	58
Palau	..	..	89	67
Palestina	..	..	89	80
Panama	9,5	..	92	74
Papua - Nová Guinea	35,8	..	40	45
Paraguay	6,5	24	77	70
Peru	7,9	40	84	72
Pobřeží Slonoviny	23,3	35	81	24
Polsko	<2	51	..	..
Portugalsko	..	93	99	99
Rakousko	..	116	100	100
Rovníková Guinea	..	58	43	51
Rumunsko	<2	52	88	72
Rusko	<2	25	97	87
Rwanda	76,6	39	65	23
Řecko	..	99	100	98
Salvador	11,0	..	84	86
Samoa	..	..	88	100
San Marino	..	..	..	..
Saudská Arábie	..	130	..	..
Senegal	33,5	34	77	28
Severní Korea	..	..	100	..
Seychely	..	..	..	..
Sierra Leone	53,4	16	53	11
Singapur	..	126	..	..
Slovensko	<2	48	100	100
Slovinsko	..	78	..	..
Somálsko	..	..	29	23
Spojené arabské emiráty	..	..	100	97
Spojené státy americké	..	128	99	100
Srbsko	..	37	99	92
Srí Lanka	14,0	27	82	86
Středoafriká republika	62,4	17	66	31
Súdán	..	39	70	35
Surinam	15,5	..	92	82
Sv. Kitts a Nevis	..	..	99	96
Sv. Tomáš a Princův ostrov	..	36	86	24
Sv. Vincent a Grenadiny	..	..	..	..
Svatá Lucie	20,9	..	98	..
Svazijsko	62,9	63	60	50
Sýrie	..	70	89	92
Šalamounovy ostrovy	..	..	70	32
Španělsko	..	120	100	100
Švédsko	..	140	100	100
Švýcarsko	..	210	100	100
Tádžikistán	21,5	6	67	92
Tanzanie	88,5	30	..	..
Thajsko	<2	36	98	96
Togo	38,7	19	59	12

Tonga	..	..	100	96
Trinidad a Tobago	4,2	..	94	92
Tunisko	2,6	36	94	85
Turecko	2,7	52	97	88
Turkmenistán	24,8	..	..	..
Tuvalu	..	..	93	89
Uganda	51,5	27	64	33
Ukrajina	<2	12	97	93
Uruguay	..	71	100	100
Uzbekistán	46,3	..	88	96
Vanuatu	..	..	..	..
Velká Británie	..	123	100	..
Venezuela	3,5	43	..	..
Vietnam	21,5	43	92	65
Východní Timor	52,9	..	62	41
Zambie	64,3	40	58	52
Zimbabwe	..	..	81	46

Příloha č.2: Odhad produkce emisí CO₂ domácnostmi přepočtené na jednoho obyvatele (kg CO₂/obyvatele) v roce 2006

Stát	Produkce CO ₂ domácnostmi přepočtená na jednoho obyvatele pro dané roky		
	2000 ^g (kg/ob.)	2003 ^h (kg/ob.)	Odhad 2006 (kg/ob.)
Lucembursko	3310,30	3200,90	3091,50
Belgie	1960,40	1969,40	1978,40
Švýcarsko	1559,90	1653,80	1747,70
Irsko	1565,40	1592,20	1619,00
Německo	1443,70	1518,50	1593,30
Velká Británie	1397,00	1412,60	1428,20
Francie	1259,80	1343,80	1427,80
Spojené Arabské Emiráty	394,20	910,40	1426,60
Kuvajť	1354,30	1386,10	1417,90
Uzbekistán	1352,50	1383,80	1415,10
Kanada	1385,20	1361,40	1337,60
Rakousko	1178,40	1235,60	1292,80
Maďarsko	847,80	1065,00	1282,20
Írán	1049,60	1158,00	1266,40
USA	1306,90	1264,90	1222,90
Nizozemí	1183,20	1172,30	1161,40
Řecko	690,70	906,50	1122,30
Ukrajina	853,50	946,60	1039,70
Itálie	962,80	997,90	1033,00
Slovinsko	681,20	854,10	1027,00
Rusko	1018,10	955,10	892,10
Ázerbajdžán	405,30	605,90	806,50
Jižní Korea	609,50	704,10	798,70
Libanon	535,60	656,40	777,20
Slovenská republika	763,00	764,50	766,00
Česká Republika	786,00	768,70	751,40
Polsko	684,10	693,80	703,50
Dánsko	737,80	711,50	685,20
Bělorusko	592,30	627,40	662,50
Chorvatsko	426,20	526,30	626,40
Alžírsko	433,60	494,30	555,00
Japonsko	542,10	521,10	500,10
Španělsko	410,90	454,90	498,90
Libye	448,50	454,80	461,10
Finsko	699,20	567,00	434,80
Izrael	383,00	398,50	414,00
Moldavsko	231,60	307,30	383,00
JAR	121,70	252,30	382,90
Austrálie	365,00	373,10	381,20
Argentina	455,90	415,70	375,50
Kypr	292,60	330,90	369,20
Rumunsko	297,50	332,00	366,50
Jordánsko	372,10	352,90	333,70
Bahrajn	267,90	297,50	327,10
Turecko	359,40	337,30	315,20
Norsko	171,00	236,10	301,20
Portugalsko	200,50	234,90	269,30
Lotyšsko	118,00	188,80	259,60
Bulharsko	121,30	182,50	243,70
Dominikánská republika	312,20	265,00	217,80
Irák	291,90	248,30	204,70
Mexiko	213,30	208,40	203,50

Litva	157,10	179,50	201,90
Malta	204,10	201,00	197,90
Čína	175,00	185,60	196,20
Švédsko	335,70	263,10	190,50
Tunisko	170,40	178,00	185,60
Omán	45,00	107,50	170,00
Ekvádor	142,20	155,60	169,00
Katar	214,50	191,00	167,50
Egypt	159,60	158,80	158,00
Brunej	180,20	167,60	155,00
Saudská Arábie	149,90	152,20	154,50
Chile	229,00	190,00	151,00
Hong Kong	119,00	130,70	142,40
Benin	41,70	88,40	135,10
Jamajka	112,20	121,80	131,40
Venezuela	203,90	167,30	130,70
Maroko	115,30	122,40	129,50
Trinidad a Tobago	140,10	131,10	122,10
Nový Zéland	146,70	134,30	121,90
Panama	78,00	99,40	120,80
Indonésie	140,20	129,40	118,60
Jemen	88,10	103,00	117,90
Estonsko	197,50	149,10	100,70
Bolívie	98,60	99,60	100,60
Indie	83,80	90,10	96,40
Peru	112,50	102,70	92,90
Sýrie	131,40	109,80	88,20
Gabon	78,60	82,00	85,40
Uruguay	143,60	114,20	84,80
Salvador	68,50	75,30	82,10
Kuba	109,70	93,60	77,50
Thajsko	69,80	73,60	77,40
Kolumbie	84,30	79,10	73,90
Makedonie	54,70	64,20	73,70
Brazílie	98,40	85,40	72,40
Albánie	42,50	54,90	67,30
Bosna a Hercegovina	49,40	56,20	63,00
Malajsie	78,70	69,60	60,50
Pákistán	65,80	63,10	60,40
Vietnam	40,90	49,90	58,90
Guatemala	52,80	51,70	50,60
Angola	22,40	35,90	49,40
Filipíny	42,90	42,40	41,90
Bangladéš	24,90	32,90	40,90
Senegal	32,90	36,00	39,10
Botswana	51,30	45,10	38,90
Nepál	31,10	34,90	38,70
Kostarika	38,20	38,30	38,40
Island	106,80	69,20	31,60
Singapur	22,40	26,10	29,80
Haiti	29,00	29,00	29,00
Honduras	21,80	24,70	27,60
Pobřeží Slonoviny	14,90	20,40	25,90
Ghana	14,10	19,80	25,50
Kamerun	47,10	36,20	25,30
Nigérie	34,00	28,10	22,20
Kongo	20,40	21,20	22,00
Paraguay	40,20	30,60	21,00
Etiopie	7,40	14,00	20,60
Togo	22,40	20,60	18,80

Nikaragua	18,10	17,10	16,10
Šrí Lanka	14,60	15,20	15,80
Tanzánie	8,10	11,60	15,10
Eritrea	19,70	17,30	14,90
Súdán	3,30	8,90	14,50
Mozambik	7,80	10,50	13,20
Myanmar	9,20	8,90	8,60
Zimbabwe	13,50	10,90	8,30
Severní Korea	3,70	5,40	7,10

Demokratická Republika Kongo	5,20	5,20	5,20
Zambie	3,70	4,40	5,10
Kazachstán	1,30		1,30
Keňa	36,80	18,90	1,00
Gruzie	205,50	96,40	-12,70
Arménie		19,80	

Příloha č. 3: Jednotlivé země a jejich hodnoty EVI

Stát	Hodnota EVI pro rok 2005 ⁱ	Emise CO ₂ vyprodukované domácnostmi v přepočtu na jednoho obyvatele v roce 2006 (kg/obyv.)
<i>Afghánistán</i>	289	..
Albánie	330	67,3
Alžírsko	275	555
Andorra	257	..
Angola	225	49,4
Antigua a Barbuda	307	..
Argentina	287	375,5
Arménie	247	..
Austrálie	238	381,2
Ázerbájdžán	354	806,5
Bahamy	248	..
Bahrjn	326	327,1
Bangladéš	340	40,9
Barbados	403	..
Belgie	387	1978,4
Belize	258	..
Bělorusko	239	662,5
<i>Benin</i>	278	135,1
Bhútán	253	..
Bolívie	250	100,6
Bosna a Hercegovina	306	63
Botswana	181	38,9
Brazílie	281	72,4
Brunej	313	155
Bulharsko	323	243,7
<i>Burkina Faso</i>	229	..
<i>Burundi</i>	288	..
<i>Čad</i>	217	..
Černá Hora	..	..
Česká republika	315	751,4
Čína	360	196,2
Dánsko	345	685,2
<i>Demokratická rep. Kongo</i>	288	5,2
Dominika	..	..
Dominiánská republika	324	217,8
Džibutsko	210	..
Egypt	298	158,0
Ekvádor	304	169,0
<i>Eritrea</i>	254	14,9
Estonsko	280	100,7
<i>Etiopie</i>	260	20,6
Fidži	333	..
Filipíny	402	41,9
Finsko	265	434,8
Francie	361	1427,8
Gabon	211	85,4
<i>Gambie</i>	277	..
Ghana	279	25,5
Grenada	316	..
Gruzie	261	-12,7
Guatemala	338	50,6
Guayana	207	..
<i>Guinea</i>	254	..

<i>Guinea – Bissau</i>	271	..
Haiti	343	29
Honduras	273	27,6
Hong Kong (Čína)	309	142,4
Chile	287	151
Chorvatsko	343	626,4
Indie	385	96,4
Indonésie	316	118,6
Irák	344	204,7
Írán	313	1266,4
Irsko	318	1619,0
Island	298	31,6
Itálie	386	1033,0
Izrael	380	414,0
Jamajka	381	131,4
Japonsko	389	500,1
JAR	324	382,9
Jemen	289	117,9
Jižní Korea	373	798,7
Jordánsko	310	333,7
Kambodža	270	..
Kamerun	229	25,3
Kanada	251	1337,6
Kapverdy	282	..
Katar	229	167,5
Kazachstán	215	1,3
Keňa	262	1,00
Kiribati	395	..
Kolumbie	296	73,9
Komory	277	..
Kongo	219	22,00
Kostarika	354	38,4
Kuba	329	77,5
Kuvajt	323	1417,9
Kypr	314	369,2
Kyrgyzstán	234	..
Laos	243	..
Lesotho	280	..
Libanon	387	777,2
<i>Libérie</i>	271	..
Libye	256	461,1
Lichtenštejsko	346	..
Litva	314	201,9
Lotyšsko	270	259,6
Lucembursko	327	3091,5
Madagaskar	279	..
Maďarsko	363	1282,2
Makedonie	316	73,7
Malajsie	312	60,5
<i>Malawi</i>	249	..
Maledivy	383	..
<i>Mali</i>	215	..
Malta	368	197,9
Maroko	315	129,5
Marshallovy ostrovy	348	..
Mauretánie	233	..
Mauricius	358	..
Mexiko	306	203,5
Mikronésie	392	..
Moldavsko	322	383,0
Monako	332	..
Mongolsko	208	..
<i>Mozambik</i>	227	13,2
Myanmar	270	8,6

Namibie	200	..
Nauru	421	..
Nemecko	357	1593,3
Nepál	305	38,7
Niger	208	..
Nigérie	336	22,2
Nikaragua	272	16,1
Nizozemí	388	1161,4
Norsko	273	301,2
Nový Zéland	292	121,9
Omán	250	170,0
Pákistán	373	60,4
Palau	338	..
Palestína	..	..
Panama	247	120,8
Papua - Nová Guinea	251	..
Paraguay	260	21,0
Peru	268	92,9
<i>Pobreží Slonoviny</i>	248	25,9
Polsko	354	703,5
Portugalsko	335	269,3
Rakousko	369	1292,8
Rovníková Guinea	243	..
Rumunsko	335	366,5
Rusko	273	892,1
<i>Rwanda</i>	298	..
Řecko	353	1122,3
Salvador	348	82,1
Samoa	328	..
San Marino	305	..
Saudská Arábie	274	154,5
<i>Senegal</i>	277	39,1
Severní Korea	363	7,1
Seychely	355	..
<i>Sierra Leone</i>	283	..
Singapur	428	29,8
Slovensko	303	766,0
Slovinsko	362	1027,0
Somálsko	265	..
Spojené arabské emiráty	293	1426,6
Spojené státy americké	300	1222,9
Srbsko	..	..

Srí Lanka	331	15,8
<i>Středoafrická republika</i>	193	..
Súdán	274	14,5
Surinam	211	..
Sv. Kitts a Nevis	359	..
Sv. Tomáš a Príncův ostrov	265	..
Sv. Vincent a Grenadiny	337	..
Svatá Lucie	393	..
Svazijsko	243	..
Sýrie	350	88,2
Šalamounovy ostrovy	281	..
Španělsko	352	498,9
Švédsko	311	190,5
Švýcarsko	348	1747,7
Tádžikistán	271	..
Tanzanie	257	15,1
Thajsko	308	77,4
<i>Togo</i>	293	18,8
Tonga	392	..
Trinidad a Tobago	381	122,1
Tunisko	306	185,6
Turecko	353	315,2
Turkmenistán	249	..
Tuvalu	367	..
Uganda	283	..
Ukrajina	317	1039,7
Uruguay	259	84,8
Uzbekistán	286	1415,1
Vanuatu	285	..
Velká Británie	373	1428,2
Venezuela	291	130,7
Vietnam	357	58,9
<i>Východní Timor</i>	..	..
<i>Zambie</i>	210	5,1
Zimbabwe	200	8,3

Příloha č. 4: Průměrné měsíční hodnoty teploty, vlhkosti a srážek plošiny Faya
Převzato a upraveno. (BBC, 2010a)

měsíc	Průměrná maximální teplota °C	Průměrná minimální teplota v °C	Relativní vlhkost v % od 00:00 do 11:59	Relativní vlhkost v % od 12:00 do 23:59	Průměrné srážky v mm
leden	12	29	47	26	0
únor	14	32	44	23	0
březen	18	36	35	18	0
duben	21	40	35	17	0
květen	24	44	39	21	0
červen	24	43	39	23	0
červenec	24	43	54	29	0
srpen	24	40	66	36	18
září	24	39	46	30	0
říjen	22	39	37	21	0
listopad	18	33	45	22	0
prosinec	13	28	50	28	0

^a Údaje kurzivou označují náležitost státu do skupiny zemí s nízkou hodnotou lidského rozvoje pro rok 2007. Hodnoty zvýrazněné tučně označují země patřící do skupin vzniklých eliminací prostřednictvím pozorovaných kritérií. Hodnoty označené .. buď nejsou dostupné nebo je jejich hodnota v případě podílu obyvatel žijících pod hranicí chudoby zanedbatelná.

^b Hranicí je příjem 1,25 USD na obyvatele na den. Data odpovídají nejaktuálnějším dostupným hodnotám v mezidobí let 2000-2007 nebo nejaktuálnějším dostupným datům mimo toto období.

^c Hodnoty byly převzaty z HDR 2009. (UNDP, 2009)

^d Hodnoty byly převzaty z ICP 2005 Report. (WB, 2005)

^e Hodnoty byly převzaty ze zprávy UNICEF a WHO Progress on Drinking Water and Sanitation: Special Focus on Sanitation. (UNICEF; WHO, 2008)

^f Hodnoty byly převzaty ze zprávy UNICEF a WHO Progress on Drinking Water and Sanitation: Special Focus on Sanitation. (UNICEF; WHO, 2008)

^g Hodnoty převzaty z webu World Resources Institute.

^h Hodnoty převzaty z webu World Resources Institute.

ⁱ Vyšší číslo odkazuje na větší environmentální zranitelnost země. Hodnoty převzaty z roku 2005, jediného roku, pro který byl EVI vypracován. (UNEP; SOPAC, 2005)