



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ**

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

## **NÁVRH OBJEKTU VYUŽÍVAJÍCÍHO ALTERNATIVNÍ MATERIÁLY SE ZOHLEDNĚNÍM POŽADAVKŮ NA TRVALE UDRŽITELNÝ ROZVOJ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

Bc. Jakub Dvořák

AUTHOR

**VEDOUCÍ PRÁCE**

doc. Ing. NIKOL ŽIŽKOVÁ, Ph.D.

SUPERVISOR

**BRNO 2018**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3656 Městské inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program
<b>Studijní obor</b>	3656T025 Městské inženýrství
<b>Pracoviště</b>	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Jakub Dvořák
<b>Název</b>	Návrh objektu využívajícího alternativní materiály se zohledněním požadavků na trvale udržitelný rozvoj
<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2018
<b>Datum odevzdání</b>	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

GRAHAM, P. Building Ecology: First Principles For a Sustainable Built Environment, Blackwell Science Ltd, 2002, ISBN 10:0632064137.

BERGE, B. The Ecology of Building Materials, Elsevier, 2009, ISBN 978-1856175371.

KIBERT, Ch. Construction Ecology, London: Spon Press, 2002, ISBN 978-0-415-26092-3.

Články v odborných časopisech, sbornících a jiná odborná literatura.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Trvale udržitelná výstavba patří mezi aktuálně řešená témata, protože realizace a následné provozování staveb představují významnou spotřebu surovinových a energetických zdrojů. Stavební produkce představuje na jedné straně znečišťovatele životního prostředí, na druhé straně je stavebnictví průmyslovým odvětvím, které je schopné efektivně využít celou řadu druhotných surovin. Diplomová práce bude zaměřena právě na využití alternativních surovin při návrhu objektu pro bydlení. V práci proveďte:

1. Za použití tuzemské a zahraniční odborné literatury zpracujte rešerši zaměřenou na možnosti snižování negativních dopadů stavební produkce na životní prostředí.
2. Dále se zaměřte na alternativní způsoby stavění, jejich výhody a nevýhody.
3. Zpracujte studii s maximální mírou aplikovatelnosti alternativních materiálů obsahující:

- okótované půdorysy všech podlaží,
- půdorys střechy,
- dispoziční půdorysy s vyznačeným nábytkem a zařízením,
- čelní pohledy na jednotlivé fasády,
- charakteristický řez objektem s kótováním,
- situaci.

Výkresy budou zpracovány barevně v měřítku 1:100. Výkresovou část bude doplňovat část textová, která popíše stavbu z technického hlediska.

4. Zpracovaný návrh srovnajte s referenčním objektem využívajícím standardně používané materiály a vyhodnoťte z pohledu požadavků funkčních, ekonomických, environmentálních a sociálních. Na základě dosažených výsledků sestavte doporučení pro stavební praxi.

Rozsah práce 60–80 stran.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP zpracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

doc. Ing. Nikol Žížková, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem studie malého rodinného domu, při jehož výstavbě jsou použity alternativní stavební materiály. První část práce se v teoretické rovině věnuje světové, evropské a české legislativě, vztahující se k trvale udržitelnému rozvoji. Dále je představen koncept ekologické výstavby, který se zaměřuje na možnosti snižování negativních dopadů stavební produkce na životní prostředí v různých fázích výstavby, a na energetické, materiálové, vodní a odpadové hospodářství. V práci jsou také popsány výhody a nevýhody jednotlivých řešení. Ve druhé části práce se na základě teoretických poznatků zpracoval návrh rodinného domu z alternativních materiálů. Návrh studie v měřítku 1:100 tvoří okótované půdorysy všech podlaží, charakteristické řezy objektem s kótováním, dispoziční půdorysy s vyznačeným nábytkem a zařízením, čelní pohledy na jednotlivé fasády, půdorys střechy a situace. Výkresovou část doplňuje část textová. Zpracovaný návrh je porovnán s referenčním objektem a následně vyhodnocen z pohledu funkčních, ekonomických, environmentálních a sociálních požadavků.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Trvale udržitelný rozvoj, legislativa trvale udržitelného rozvoje, snížení negativních dopadů stavební produkce, alternativní zdroje energie, alternativní suroviny, alternativní materiály, vodní hospodářství, odpadové hospodářství, návrh studie, návrh přírodní stavby.

## **ABSTRACT**

This diploma thesis deals with the design of a small family house, which construction uses alternative building materials. The first part of the thesis is devoted to the world, European and Czech legislation related to sustainable development. The concept of ecological construction, which focuses on the possibilities of reducing the negative impacts of construction production on the environment at various stages of construction and on energy, material, water and waste management, is also presented. The thesis also describes advantages and disadvantages of particular solutions. In the second part of the thesis, which based on theoretical knowledge, is the design of a family house from alternative materials worked out. The design of the study in the scale of 1:100 consists of measured floor plan drawings of all storeys, characteristic measured section drawings, layout plans with displayed furniture and equipment, elevation drawings of particular facades, roof drawings and situation design. The drawing part is accompanied by a text part. The processed design is compared to the reference building and then evaluated from the point of view of functional, economic, environmental and social requirements.

## **KEYWORDS**

Sustainable development, sustainable development legislation, reduction of negative impacts of construction production, alternative sources of energy, alternative raw materials, alternative materials, water management, waste management, design of study, design of natural construction.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Jakub Dvořák, *Návrh objektu využívajícího alternativní materiály se zohledněním požadavků na trvale udržitelný rozvoj*. Brno, 2019. 114 s., 34 s. příloh. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11.1. 2019

---

Bc. Jakub Dvořák

autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Velice rád bych poděkoval vedoucí mé diplomové práce, doc. Ing. Nikol Žižkové, Ph.D., za cenné a přínosné rady, které mi pomohly při mém vlastním tvoření. Děkuji ji za velkou dávku informací, trpělivosti a zkušenějšího pohledu na řešenou problematiku. Především však děkuji za její čas strávený se mnou na konzultacích.

Dále bych rád poděkoval mé přítelkyni Kristýně Zavadilové, která mi byla psychickou oporou a partákem při aktivním odpočinku na dobrodružných výletech.

Také děkuji spolužákům a kamarádům z historicky první studijní skupiny oboru Městského inženýrství, kteří dokončili navazující magisterské studium ve školním roce 2018/2019. Děkuji jim za vzájemné sdílení profesních informací, díky kterým jsem se mohl ještě hlouběji ponořit do problematiky trvale udržitelné výstavby.

Největší dík patří především mým rodičům, protože právě oni mi byli tou největší psychickou a finanční oporou. Jen díky nim jsem mohl studovat na VUT v Brně, úspěšně dokončit magisterské studium, napsat tuto diplomovou práci a stát se inženýrem.

Díku dík!



# OBSAH

OBSAH.....	9
1. Úvod.....	13
2. Cíle práce .....	14
TEORETICKÁ ČÁST	
3. Celosvětové programy trvale udržitelného rozvoje .....	15
3.1. Meze růstu.....	17
3.2. Naše společná budoucnost .....	17
3.3. Agenda 21 .....	17
3.4. Kjótský protokol .....	18
3.5. Pařížská dohoda .....	18
3.6. Dokument „Budoucnost, kterou chceme“ .....	19
3.7. Agenda pro udržitelný rozvoj 2030.....	19
4. Evropské programy udržitelného rozvoje .....	20
4.1. Aalborská charta .....	20
4.2. Lipská charta .....	20
4.3. Rámec pro oblast klimatu a energetiky do roku 2030.....	21
4.4. Evropský týden udržitelného rozvoje.....	21
4.5. Evropské směrnice týkající se udržitelného rozvoje a stavebnictví .....	21
5. Programy udržitelného rozvoje v ČR.....	22
5.1. Místní Agenda 21 .....	23
5.2. Česká republika 2030.....	23
5.3. Česká legislativa týkající se udržitelného rozvoje a stavebnictví .....	23
5.3.1. Stavební zákon č. 183/2006 Sb. ....	24
5.3.2. Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb. ....	24
5.3.3. Zákon o hospodaření energií č. 406/2000 Sb. ....	24
5.3.4. Vybrané zákony ve vztahu k ochraně životního prostředí .....	25

6. Trvale udržitelná výstavba .....	27
6.1. Multikriteriální nástroje hodnotící trvalou udržitelnost ve výstavbě .....	30
6.2. Nástroje energetické optimalizace budov .....	31
6.2.1. Norma ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky .....	31
6.2.2. PHPP .....	32
6.3. Dotační program Nová zelená úsporám .....	32
7. Ekologická architektura a možnosti snižování negativních dopadů na životní prostředí .....	33
8. Předprojektční fáze, administrativní činnosti úřadů, projektantů, stavebníků .....	34
9. Projektční návrhová fáze .....	36
9.1. Výběr pozemku .....	37
9.2. Tvar budovy a osazení do terénu .....	38
9.3. Dispoziční řešení .....	40
10. Energetické hospodářství .....	40
10.1. Energie zabudovaná .....	41
10.2. Energie provozní .....	42
10.3. Obnovitelné energie .....	44
10.4. Solární energie .....	46
10.4.1. Pasivní solární systémy .....	46
10.4.2. Aktivní solární systémy .....	47
10.5. Větrná energie .....	48
10.5.1. Turbíny s horizontální osou .....	49
10.5.2. Turbíny s vertikální osou .....	49
10.5.3. Vortex bladeless .....	50
10.6. Vodní energie .....	51
10.7. Energie biomasy .....	52
10.7.1. Termochemická přeměna energie biomasy .....	53
10.7.2. Biochemická přeměna energie biomasy .....	55
10.8. Energie prostředí .....	57
10.8.1. Tepelná čerpadla .....	57

11. Materiálové hospodářství .....	58
11.1. Redukce množství materiálů .....	59
11.2. Životnost materiálů .....	60
11.3. Recyklace materiálů .....	61
11.4. Doprava materiálů .....	62
11.5. Obaly materiálů .....	62
11.6. Trvale udržitelné materiály .....	63
11.6.1. Dřevo .....	63
11.6.2. Sláma .....	65
11.6.3. Další organické materiály .....	67
11.6.4. Kámen .....	68
11.6.5. Nepálená hlína .....	69
11.6.6. Beton .....	73
11.7. Zdravotní a ekologická nezávadnost materiálů .....	74
11.7.1. Syndrom nemocných budov .....	75
11.7.2. Earthship a off-gassing .....	75
12. Vodní hospodářství .....	77
12.1. Ekologické opatření pro hospodaření s vodou .....	78
12.2. Vegetační střecha .....	79
12.3. Kořenové čistírny .....	81
12.4. Kompostovací záchod .....	82
12.5. Solární záchod .....	84
13. Odpadové hospodářství .....	85
13.1. Omezení produkce odpadů .....	85
13.2. Budoucí strategie odpadového hospodářství ve stavebnictví .....	86
14. Fáze výstavby .....	87
14.1. Svépomocná výstavba .....	87
15. Fáze provozu a kvalita vnitřního prostředí .....	88
16. Fáze dekonstrukce .....	89

## PRAKTICKÁ ČÁST

17. Návrh rodinného domu z alternativních materiálů.....	90
18. Funkční, ekonomické, environmentální a sociální hodnocení návrhu .....	91
18.1. Funkční hodnocení.....	91
18.1.1. Funkční hodnocení výstavby.....	91
18.1.2. Funkční hodnocení provozu .....	92
18.2. Ekonomické hodnocení.....	95
18.3. Environmentální hodnocení .....	96
18.3.1. Celková spotřeba primární energie (CED).....	97
18.3.1. Potenciál globálního oteplování (GWP) .....	99
18.4. Sociální hodnocení.....	101
19. Závěr .....	103
20. Seznam příloh .....	104
21. Použité zkratky.....	104
22. Použitá literatura .....	106
23. Seznam grafů.....	113
24. Seznam tabulek .....	113
25. Seznam obrázků .....	114

# 1. Úvod

V této diplomové práci bude široce řešena problematika trvale udržitelné výstavby a bude představen návrh malého rodinného domu s pracovním názvem „Květináč“, jenž využívá přírodní jevy a pro výstavbu jsou upřednostněny trvale udržitelné a přírodní materiály.

Téma trvale udržitelné výstavby je v současné době mezi odborníky skloňováno ve všech pádech. Z ekonomického hlediska představuje výroba stavebních materiálů, výstavba budov a jejich následný provoz významnou spotřebu surovinových a energetických zdrojů. Na HDP České republiky se však stavebnictví dle Českého statistického úřadu podílelo v roce 2017 pouze 5,3% podílem. Tuto skutečnost můžeme připodobnit k obrácenému Paretovu pravidlu, jež popisuje ekonomiku stavebního hospodářství ČR tak, že 80 % zdrojů poskytuje pouze 20 % zisků. Z hlediska environmentálního můžeme použít Paretovo pravidlo tak, že 20 % z celkové stavební výroby vytváří 80 % negativních dopadů na životní prostředí.

Pokud bychom chtěli rozklíčovat, jak daleko a široko sahají negativní dopady současného stavebnictví na životní prostředí, nejspíše bychom se nikdy nedobrli konce. S přijetím celosvětových a evropských dokumentů a protokolů pro oblast klimatu a energetiky jsme povinni dodržovat závazně stanovené limity spotřeby energií, emisí, atd. a právě stavebnictví je jedno z průmyslových odvětví, které má vysoký podíl na splnění těchto závazných limitů. Současný přístup drobného vylepšování od základu nevýhodných konceptů nebude postačující, a zdá se, že stavebnictví bude nejspíše muset projít výraznější reformou, a tato práce by s nadsázkou mohla sloužit jako její podklad.

Na úvod ještě malé pozastavení nad správností označení některých materiálů za alternativní. Historie výstavby prvních lidských obydlí sahá až do pravěku, tedy 50 000 let p. ř. n. l., kdy se na budování používala jílovitá hlína a organické zbytky. Tyto materiály s malými modifikacemi setrvaly ve střední Evropě až do konce 18. století a na částech planety se používají dodnes. Protipólem jsou pálené duté cihly, lehčené betony a tvárnice, které spatřily světlo světa ne více jak před 250 lety. Je tedy otázkou, zda by nebylo vhodnější označovat ty nové, konvenčně vyráběné materiály jako alternativní, a organické materiály s nepálenou hlínou jako materiály tradiční.

Tato diplomová práce však nebude polemizovat nad logickou správností pojmenování skupin materiálů, ale představí možnosti snižování negativních dopadů na životní prostředí ve stavebnictví a dalších příbuzných oborech. Práce dále uvede cesty, kterými by se mohla ubírat decentralizovaná a antisystémová architektura jednotlivých oddělených sídel i urbanizovaných celků.

## 2. Cíle práce

Tato diplomová práce si klade za cíl představit návrh malého nezávislého rodinného domu z alternativních materiálů. Autor chápe problematiku trvale udržitelné výstavby jako provázanou, obsáhlou a komplexní, a proto bude i tato práce vedena v tomto stylu.

Teoretická část práce bude věnovaná rešerši české i zahraniční odborné literatury. Na jejím základě budou představeny kapitoly světové, evropské a české legislativy, týkající se trvale udržitelného rozvoje a výstavby. Dále budou představeny vybrané nástroje energetické optimalizace a dotační program Nová zelená úsporám. Další část práce by měla ze široka představit možnosti snižování negativních dopadů stavební produkce na životní prostředí v různých fázích výstavby, od administrativních činností před zahájením výstavby, přes návrh, až po samotné užívání. Zároveň budou v práci vysvětleny jednotlivé pojmy a popsány výhody a nevýhody alternativních systémů a environmentálně šetrného hospodaření s materiály, energiemi, vodou a odpady.

V praktické části bude využito a zpracováno velké množství informací z teoretické části práce a z dosavadního studia na VUT FAST. Na základě nabitých vědomostí bude vytvořen návrh studie malého rodinného domu, u kterého materiály, energie a zdravé životní prostředí budou tvořit tři hlavní pilíře. Celý koncept domu bude zároveň navržen s ohledem na komfort celoročního dlouhodobého provozu. V této části bude řešeno ideální umístění objektu na pozemek, velikost objektu, dispozice místností, vlastnosti zabudovaných materiálů a použití vhodných systémů pro oběhové hospodaření v energiemi, vodou a odpady. Návrh bude zhodnocen čtyřmi kritérii: efektivita, ekonomie, ekologie a sociologie a poté bude porovnáván s referenčním objektem využívající standartní systémy a materiály, jako jsou pálené cihly, polystyren, minerální vata a cementové směsi. Doporučení obsažená v celé práci by mohla nasměrovat alespoň část stavebního odvětví více udržitelnou a svobodnou cestou.

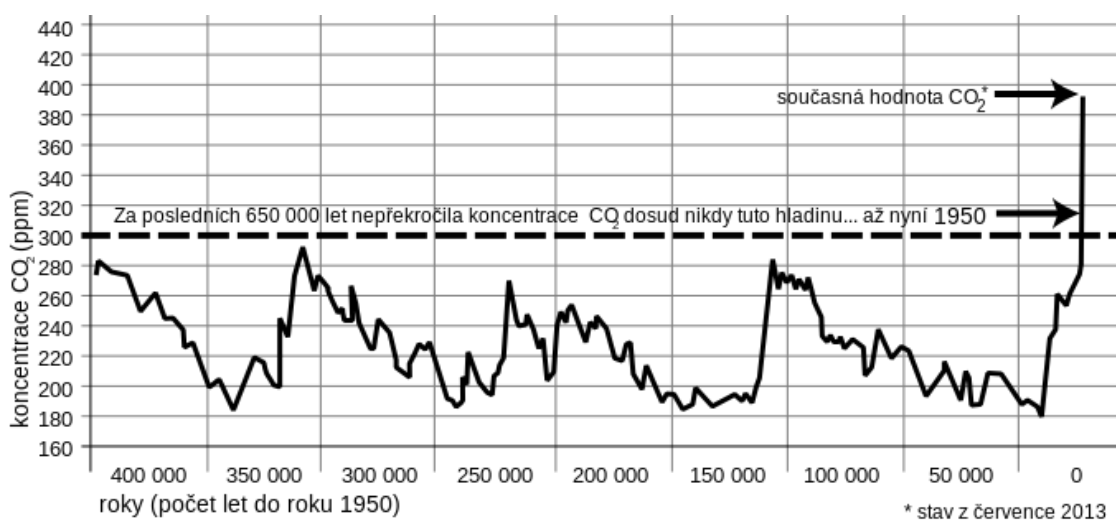
# TEORETICKÁ ČÁST

## 3. Celosvětové programy trvale udržitelného rozvoje

Zřejmě si někteří všimli, že se v průběhu 20. století změnilo klima na celé zemi, a že tyto změny mají antropogenní původ, může nyní doložit 95 % odborníků na klimatologii, ačkoliv v hlavních příčinách se jejich názory rozcházejí. Zřejmě je na vině extrémní nárůst populace, spalování fosilních paliv, zvýšení výroby, intenzivní chov dobytka a výrazné změny ve využití krajiny. [4] Kvůli těmto příčinám se začala planeta oteplovat a vědci usoudili, že za to může zvýšená koncentrace skleníkových plynů. Takto jsou označovány plyny jako oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), vodní pára, metan ( $\text{CH}_4$ ), oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ ), fluorované uhlovodíky (HFC a PFC), freony (HCFC a CFC) a mnoho dalších. [5]

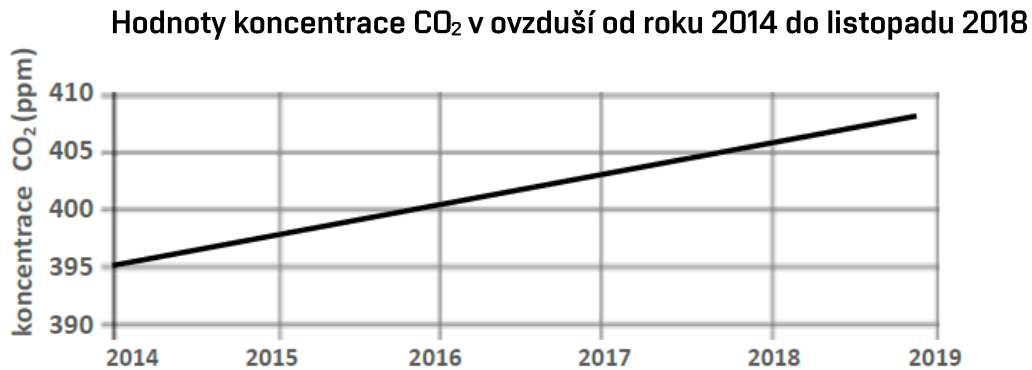
Většina médií prezentuje veřejnosti právě oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) jako hlavní skleníkový plyn a hlavní příčinu změny klimatu. V roce 1950 byla dosažena jeho koncentrace 300 ppm, kterou planeta Země nepamatuje posledních 650 tisíc let, a jak se můžeme přesvědčit na grafu č. 1, tato koncentrace stále stoupá. Na základě těchto informací byly v polovině 20. století zahájeny velké mezinárodní výzkumy týkající se životního prostředí a významnost pojmů jako „trvalá udržitelnost, uhlíková stopa, carbon zero“ prudce stoupla. [6]

Hodnoty koncentrace  $\text{CO}_2$  v ovzduší v průběhu 400 000 let



Graf č. 1 – Hodnoty koncentrace  $\text{CO}_2$  v ovzduší v průběhu 400 000 let [71]

V červenci roku 2013 dosáhla koncentrace CO<sub>2</sub> přibližně 395 ppm a na grafu č. 2 si můžeme prohlédnout trend stále zvyšující se koncentrace CO<sub>2</sub>, která v roce 2018 dosáhla hodnoty 408 ppm.



Graf č. 2 – Hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší od roku 2014 do listopadu 2018 [72]

V minulosti způsoboval člověk svými zásahy do přírody pouze lokální změny v krajině. Během intenzivní lidské činnosti se tato skutečnost změnila a člověk začíná měnit klima celé země. Klimatická změna vyvolává potenciální nebezpečí také především pro lidskou rasu. Důsledkem změny a jejími projevy jsou:

- Zvýšení koncentrace škodlivých plynů,
- zvýšení průměrné teploty o několik °C,
- zvýšení hladiny moří,
- zvýšená četnost výskytu extrémního počasí a katastrofických událostí,
- střídání období intenzivních dešťů a dlouhých období sucha,
- ztráta funkce lesa usycháním a těžbou,
- eroze půdy a snižování úrodnosti,
- vymírání rostlinných a živočišných druhů,
- úbytek volné krajiny výstavbou,
- migrace obyvatelstva.

Pocítění přicházejících klimatických změn bylo v roce 1968 impulsem k založení Římského klubu. Jedná se o vědeckou organizaci jednotlivců, která si klade za cíl identifikovat největší budoucí problémy lidstva, vyhodnotit scénáře, analyzovat rizika, navrhnout řešení a s pomocí významných osob iniciovat veřejné debaty o zlepšování budoucnosti lidstva.



### 3.1. Meze růstu

Na základě několika studií o stavu životního prostředí vydala organizace Římského klubu v roce 1972 odbornou knihu s názvem Meze růstu (Limits to Growth), ve které autoři docházejí k logickému závěru, že na omezené planetě nelze realizovat neomezený a stálý rozvoj. Téhož roku se stala kniha podkladem ke konferenci OSN o životním prostředí ve Stockholmu, na které byla sepsána Stockholmská deklarace, která přiznává lidstvu právo na zdravé životní prostředí. Tento dokument změnil globální pohled elit na důležitost ochrany životního prostředí a byl tím prvním impulsem ke směřování lidských aktivit šetrnější cestou řízenou shora.

Římský klub ve své činnosti pokračuje i v současnosti, hlavní sídlo má ve Winterthuru ve Švýcarsku a některé další publikace organizace jsou například Lidstvo v bodu zvratu (1975), Překročení mezí (1989), První globální revoluce (1991), Na hraně (2015). [13]

### 3.2. Naše společná budoucnost

Světová komise pro životní prostředí a rozvoj (World Commission on Environment and Development – WCED) vydala v roce 1987 po čtyřleté práci studii Naše společná budoucnost (Our common future), která je známá též jako Brundtland report. V obou dokumentech, Meze růstu i Naše společná budoucnost, je udržitelný rozvoj definován jako vyvážený rozvoj ekonomický, sociální a environmentální, který zachovává a zlepšuje příznivé životní prostředí, zachovává sociální soudržnost a rozvíjí ekonomiku s vysokou přidanou hodnotou, která má minimální negativní dopady na životní prostředí. [14]

Právě v této studii byla zavedena oficiální definice trvale udržitelného rozvoje (sustainable development), která zní: „*Trvale udržitelný rozvoj je takovým rozvojem, který naplňuje potřeby přítomných generací, aniž by ohrozil schopnost budoucích generací naplňovat potřeby své.*“<sup>[1]</sup>

### 3.3. Agenda 21

Jedná se o komplexní programový dokument OSN z roku 1992, o udržitelném rozvoji, podepsaný v Riu de Janeiro. Dokument je rozdělený do čtyř částí, z kterých je nejdelší část druhá, pojmenována Uchování a šetrné využívání zdrojů a hospodaření s nimi ve prospěch rozvoje. Tato část pojednává o ochraně atmosféry, územních zdrojů, biodiverzity, vodních zdrojů a o podpoře udržitelného zemědělství. Jiná část dokumentu podněcuje účast místní samosprávy

---

<sup>[1]</sup> Naše společná budoucnost: Světová komise pro životní prostředí a rozvoj. z anglického originálu přeložil Pavel Korčák. – 1. vyd. – Praha: Academia, 1991. – 297 s. ISBN 80-85368-07-2

v plnění závazků ve spolupráci s místní společností neziskových organizací, spolků, škol, nebo neorganizované dobrovolné veřejnosti. [15, 22]

### 3.4. Kjótský protokol

V Kjótském protokolu k Rámcové úmluvě OSN z roku 1997 z Japonska, o změně klimatu, se podepsané země zavázaly snížit emise skleníkových plynů do konce roku 2012 nejméně o 5,2 % oproti stavu v roce 1990. V roce 2012 se schválilo pokračování protokolu a podepsané státy včetně všech států Evropské unie se zavázaly splnit druhý milník, a to snížit emise do roku 2020 nejméně o 20 % oproti stavu v roce 1990. Špatná zpráva je, že se do druhého kontrolního období připojila pouze část zemí z období prvního a pro rozvíjející se země včetně Indie, Brazílie a Číny, nebyl tento protokol závazný vůbec. USA a Kanada protokol podepsat odmítly. Redukce se tedy týkala přibližně 15 % světových emisí skleníkových plynů. První milník podle zprávy z OSN dosažen nebyl a emise se v roce 2012 oproti roku 2000 naopak zvýšily o 20 %. [7]

### 3.5. Pařížská dohoda

Tato dohoda byla přijata v roce 2015. Navazuje na Kjótský protokol, který má v roce 2020 nahradit. Hlavním cílem je udržet globální oteplování pod hranicí 1,5 °C oproti předprůmyslové éře. Na rozdíl od Kjótského protokolu nastala změna v závaznosti dohody. Všechny ratifikované státy jsou povinny vytvořit vnitřní předpisy za účelem dosažení požadovaného snížení emisí. Česká republika se společně se všemi státy EU zavázala snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů o 40 % oproti roku 1990. Podpis od Ruské federace se připojil později, a tak byla dohoda podepsána všemi důležitými producenty emisí, společně s Čínou a USA. Redukce by se tedy měly týkat 58 % světových emisí. [8]

Donald Trump tři měsíce po zvolení prezidentem prohlásil, že USA odstoupí od Pařížské klimatické dohody a bere tak zpět podpis Baracka Obamy. The New York Times však podal zprávu, že proti Trumfovému rozhodnutí se postavil velký počet starostů, guvernérů, rektorů univerzit a ředitelů velkých amerických společností, kteří chtějí předložit OSN svůj plán o pokračování v dodržování závazků podle původní Pařížské dohody. Kdyby se USA rozhodlo odstoupit od dohody, dosažení cílů by se stalo problematictější, neboť Spojené státy produkují přibližně 14 % světových emisí CO<sub>2</sub>. [9]

### 3.6. Dokument „Budoucnost, kterou chceme“

Na konferenci OSN, o udržitelném rozvoji (United Nations Conference on Sustainable Development), zvané též „Rio+20“, konané v červnu roku 2012 v Riu de Janeiro, se vytvořil oficiální dokument „The future we want“. Měly v něm být definovány konkrétní požadavky se závaznými termíny, ale protože se tvůrci plánu neshodli ve vícero detailech, tak většina návrhů nebyla zveřejněna. Dokument tedy nepřinesl nic nového a pouze znovu potvrdil již dlouho známé cíle v oblasti trvalé udržitelnosti a životního prostředí. [16, 17]

### 3.7. Agenda pro udržitelný rozvoj 2030

Konference OSN, kde byl představen dokument *Agenda 2030*, se konala v září roku 2015 v New Yorku. Konference navazuje na Rio+20 a po tříleté práci se povedlo udat cílům pro udržitelný rozvoj (Sustainable Development Goals – SDGs) konkrétní podobu s jasně danými pravidly. [18]

*"The 2030 Agenda is our roadmap and its goals and targets are tools to get there."*<sup>[2]</sup>, - Secretary-General António Guterres

Agenda 2030 definuje 17 kategorií trvalé udržitelnosti. Oboru stavebnictví se okrajově týkají téměř všechny, ale nejdůležitějších je těchto pět kategorií (SDGs):

6. Zajistit všem dostupnost vody a sanitárních zařízení a udržitelné hospodaření s nimi
7. Zajistit přístup k cenově dostupným, spolehlivým, udržitelným a moderním zdrojům energie pro všechny
11. Vytvořit inkluzivní, bezpečná, odolná a udržitelná města a obce
12. Zajistit udržitelnou spotřebu a výrobu
15. Chránit, obnovovat a podporovat udržitelné využívání suchozemských ekosystémů, udržitelně hospodařit s lesy, potírat rozšiřování pouští, zastavit a následně zvrátit degradaci půdy a zastavit úbytek biodiverzity [18]

---

<sup>[2]</sup> GUTERRES, António. Sustainable development: Knowledge platform [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <https://sustainabledevelopment.un.org/hlpf/2018>

## 4. Evropské programy udržitelného rozvoje

Samozřejmě, že je evropská legislativa podřízená té světové, a proto se v jednotlivých dokumentech stále opakují obecné cíle a obecná řešení řečená již nesčetněkrát. Zde jsou uvedeny tři nejdůležitější dokumenty týkající se především stavebnictví, udržitelného rozvoje měst a šetrné energetiky.

### 4.1. Aalborská charta

Celým jménem Charta evropských měst směřující k trvale udržitelnému rozvoji měst a obcí. Jde o přiznání se měst z roku 1994 ke způsobení mnoha nerovnovážných stavů v architektuře, sociálních podmínkách, ekonomice, politice, přírodních zdrojích a životním prostředí, jež poškozují náš moderní svět a zároveň ke skutečnosti, že jsou tou nejmenší jednotkou, ve které mohou být tyto problémy smysluplně vyřešeny integrovaným, holistickým a udržitelným způsobem. Dále se zde uvádí, že je každé místo odlišné a musí se hledat individuální cesty na základě místních strategií k dosažení požadovaného cíle. Jedná se o další obecný dokument, který vyzývá k aplikaci teorie Agendy 21 z roku 1992. Za Českou republiku byla charta podepsána například městem Vsetín. [55]

### 4.2. Lipská charta

Lipská charta, sjednaná v roce 2007, byla vypracována evropskými zainteresovanými subjekty jednotlivých členských států. Jedná se o dokument popisující společnou strategii urbánního rozvoje, kde je brána v úvahu odlišnost jednotlivých zemí. Ministři odpovědní za městský rozvoj mají za úkol podněcovat politické diskuze na téma integrace Lipské charty do národních, regionálních a místních politik, protože všechny úrovně správy a řízení mají vliv na budoucnost měst. Dbá se na zlepšení koordinace mezioborových strategií, aby se stala tato víceúrovňová správa skutečně efektivní. A ti, jež se podílí na realizaci politik a přebírají tak zodpovědnost, necht' mají vzdělání mezioborové a jsou dostatečně nabití znalostmi k vytváření udržitelných měst a společenství.

### 4.3. Rámec pro oblast klimatu a energetiky do roku 2030

Směry Pařížské dohody a Agendy 2030 se velice prolínají a shodnou se na hlavních cílech pro udržitelný svět. Evropská unie zašla ještě dál a sama si stanovila závazné environmentální cíle a těmi jsou:

- Alespoň 40% snížení emisí skleníkových plynů ve srovnání s úrovněmi z roku 1990,
- alespoň 27% podíl energie z obnovitelných zdrojů,
- zlepšení energetické účinnosti budov a zařízení alespoň o 27 %.

Ve svém plánu „Plán přechodu na nízkouhlíkové hospodářství do roku 2050“ vyzývá EU ke snaze snížit emise do roku 2050 o 80–95 % oproti hodnotám roku 1990. Zabránit změně klimatu je nelehký úkol, a i kdyby se dnes všechny emise skleníkových plynů lusknutím prstu zastavily, plyny, jež atmosféra už dávno obsahuje, budou setrvačností nadále měnit životní podmínky. Nezbyvá nám proto nic jiného, než se klimatickým změnám přizpůsobit. Evropská komise proto neustále upravuje stavební předpisy a v nich se zohledňují budoucí klimatické podmínky. [19]

### 4.4. Evropský týden udržitelného rozvoje

Skutečnost, že je trvalá udržitelnost už naší kulturní součástí, dokazuje i Evropský týden udržitelného rozvoje. Jedná se o týdenní happening konaný napříč celou Evropou, každoročně od 30. května do 5. června. Tisíce aktivit, například konference, výstavy, workshopy, semináře, filmová promítání, komunitní setkání, dny otevřených dveří a další, jsou připravené vládními institucemi, neziskovými organizacemi i jednotlivci a mají ukázat, že nám všem záleží na budoucnosti světa. [23]

### 4.5. Evropské směrnice týkající se udržitelného rozvoje a stavebnictví

Závazky slíbené za účelem zvýšení míry trvalé udržitelnosti, které jsme slíbili v Pařížské dohodě, Agendě 2030, rámci pro energetiku 2030 a dalších dokumentech, se také pevně zapsaly do Evropských směrnic týkajících se stavebnictví. Dne 9. března 2011 se stanovilo Nařízení Evropského parlamentu a Rady Evropské unie č. 305/2011, které zavádí harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a ruší Směrnici rady Evropské unie č. 89/106/EHC, o stavebních výrobcích. Z nařízení vyplývá, že se na stavby musí použít takové výrobky, aby bylo dodrženo šest základních požadavků na stavby.

Po celou dobu životnosti budovy musí být dodržena její mechanická pevnost a stabilita, požární bezpečnost, hygienické požadavky a zároveň také ochrana zdraví, životního prostředí, ochrana

proti hluku, úspory energií, tepla a udržitelné využívání přírodních zdrojů. Budovy se podle nařízení musí také správně umisťovat, stavět, upravovat a udržovat takovým způsobem, aby nebylo v ohrožení lidské zdraví a přírodní zdroje života. [28]

Dalším evropským důležitým dokumentem udržitelného rozvoje ve stavebnictví je Rámcová směrnice rady Evropské unie č. 2008/98 / ES o odpadech, která byla ustanovena Evropskou komisí v srpnu roku 2016. Protokol představuje návrhy k urychlení aplikace oběhové ekonomiky na stavební sektor a provádění procesu za účelem zlepšování třídění, sběru, dopravy, zpracování a managementu odpadu. Cílem protokolu je zajistit průměrnou recyklaci 70 % stavebního odpadu do roku 2020. Současný průměr je okolo 50 %, ale některé Evropské země už mají připravený plán na dosažení recyklace až 90 % u stavebního a demoličního odpadu. [38]

## 5. Programy udržitelného rozvoje v ČR

Definice trvale udržitelného rozvoje se nachází i v našem zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí a zní: „Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“ Tato definice se lehce odlišuje od té oficiální z OSN, ale znamená prakticky to stejné.

Základem všech definicí o trvale udržitelném rozvoji by klidně mohl být v citát od Antoina de Saint-Exupéryho: „Nedědíme Zemi po našich předcích, nýbrž si ji vypůjčujeme od našich dětí.“ [10,11]

Hierarchie zákonů pokračuje dále, a tak evropská i světová nařízení vstupují do české legislativy udržitelného rozvoje hned několika důležitými programy, jako je Místní Agenda 21 nebo ČR2030 a několika novými zákony, jako například Zákon o životním prostředí.

Na stránkách Ministerstva životního prostředí (MŽP) se můžeme dočíst, že koncepce udržitelného rozvoje představuje alternativní model vývoje společnosti oproti dominující industriální ekonomice. Odráží přirozené environmentální limity hospodářského růstu; politiky na této koncepci založené, prosazují uvedení hospodářského a společenského vývoje do souladu s kapacitami ekosystémů, se zachováním přírodních hodnot a biologické rozmanitosti pro nynější i příští generace. Z poslední věty je patrné, že se udržitelný rozvoj původně vztahoval jen na ochranu životního prostředí, ale dnes víme, že má daleko širší dosah, například do oblastí sociologie a ekonomiky. [12]

## 5.1. Místní Agenda 21

Na Agendu 21 navazuje první větev trvale udržitelné správy v České republice. Za účelem dosažení nejlepších výsledků byl Radou vlády pro udržitelný rozvoj (RVUR) vytvořen nástroj pojmenovaný Místní Agenda 21 – MA21, který přenáší globální strategický plán na úroveň místních aktivit a platí dodnes. Ve 28. kapitole tohoto dokumentu se říká, že velké množství problémů a řešení obsažených v Agendě 21 má své kořeny na úrovni místních aktivit; participace a spolupráce místních úřadů je proto faktorem určujícím úspěšnost realizace našich cílů. Místní úřady vytvářejí, řídí a udržují ekonomickou, sociální a environmentální infrastrukturu. Dohlížejí na plánování a dodržování předpisů, formují místní politiku životního prostředí a pomáhají při implementaci národní a subnárodní environmentální politiky. Protože jsou úrovní správy nejbližší lidem, sehrávají důležitou roli ve výchově, mobilizaci i při reakci na podněty veřejnosti, a napomáhají tak k dosažení udržitelného rozvoje. [21, 22]

## 5.2. Česká republika 2030

V dubnu roku 2017 byl vládou ČR schválen klíčový dokument státní správy – Strategický rámec Česká republika 2030 pro udržitelný rozvoj a zvyšování kvality života obyvatel. Tento rámec ČR 2030 je přímou reakcí na dokument OSN – Agenda 2030 a přenáší celosvětové nařízení do jednotlivých regionů na území České republiky. Původních 17 kategorií se v tomto dokumentu spojilo na šest klíčových oblastí, které popisují rizika a příležitosti současného stavu rozvoje České republiky. Ke třem základním a důležitým pilířům rozvoje sociálního, environmentálního a ekonomického, se připojily další tři: podpora života v regionech a obcích, český příspěvek k rozvoji na globální úrovni a dobré vládnutí.

Základní představu o nařízení OSN přenesené do praxe si můžeme dohledat na adrese [www.cr2030.cz](http://www.cr2030.cz), kde lze také stáhnout celý dokument Česká republika 2030 společně s přílohami.

[24]

## 5.3. Česká legislativa týkající se udržitelného rozvoje a stavebnictví

Ekologické zákonodárství je v naší republice systematicky a samostatně zpracováváno zřízením Ministerstva pro životní prostředí roku 1990. Před tímto rokem existovaly pouze: Zákon o ochraně přírody a zákon o ochraně ovzduší. Také vodní a lesní zákon a zákon o ochraně půdy se lehce týkal ochrany přírody, ale až zákon o životním prostředí společně se stavebním zákonem dodal na komplexnosti. Dále je udržitelný rozvoj zakotven v českých vyhláškách a normách.

### **5.3.1. Stavební zákon č. 183/2006 Sb.**

Nový stavební zákon nabyl účinnosti 1. ledna 2018 a oproti předchozí verzi je doplněna možnost spojit posouzení legitimacy celého stavebního záměru (územního, případně i stavebního řízení na stavebním odboru) a posouzení vlivů na životní prostředí (EIA na odboru životního prostředí) do jednoho procesu. V těchto společných řízeních je dokumentace předávána současně a nemůže tak dojít k následným změnám, které nebyly posouzeny na vliv na životní prostředí. Odpadá nutnost ověřování totožnosti posouzených záměrů. [25]

Princip udržitelného rozvoje je v novém stavebním zákoně formulován v Části třetí, Hlava 1 – Cíle a úkoly územního plánování. V § 19 pod názvem Cíle územního plánování je odst. (1) s tímto zněním: „Cílem územního plánování je vytvářet předpoklady pro výstavbu a pro udržitelný rozvoj území, spočívající ve vyváženém vztahu podmínek pro příznivé životní prostředí, pro hospodářský rozvoj a pro soudržnost společenství obyvatel území, který uspokojuje potřeby současné generace, aniž by ohrožoval podmínky života generací budoucích“. [26]

### **5.3.2. Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb.**

Tento zastřešující zákon o životním prostředí definuje základní pojmy (životní prostředí, znečišťování, ekosystém atd.) a zavádí nový pojem ekologické újmy. Stanovuje také práva a povinnosti občanů a podnikatelských subjektů ve vztahu k životnímu prostředí.

Ministerstvo životního prostředí má zřízenou Radu vlády pro udržitelný rozvoj. Ta je vrcholným orgánem v této oblasti a každoročně pořádá fóra pro udržitelný rozvoj, na kterých se vytváří prostor pro odborné diskuze nad aktuálními tématy implementace principů udržitelného rozvoje v České republice. [30]

### **5.3.3. Zákon o hospodaření energií č. 406/2000 Sb.**

Tento zákon stanoví opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie, povinnosti při nakládání s energií, územní energetické koncepce, využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie, požadavky na energetické štítky výrobků spojených se spotřebou energie, na vzdělávání v oblasti udržitelné energetiky a také opatření týkající se kontroly a hodnocení energetické náročnosti budov. Technicky tyto požadavky upřesňuje prováděcí Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, která slouží k vytvoření průkazu energetické náročnosti. Ten zahrnuje i optimalizovaná opatření z hlediska technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti.

Dle posledního znění tohoto zákona se stanovují požadavky na energetickou náročnost veřejných i soukromých budov. Od 1. ledna 2020 se bude vyžadovat u všech budov splnění požadavků na budovu s téměř nulovou spotřebou energie (Nearly zero-energy building – NZEB ). Termín je



vázán na podání žádosti o stavební povolení nebo ohlášení stavby. Pojem NZEB je však zavádějící. Spotřeba energie nově navržených budov se snížila, ale „téměř nule“ se stále nepřiblížila. Zkratkou NZEB se označují budovy, které splní sledované parametry uvedené v tabulce č. 1.

*Tabulka č. 1 – Sledované parametry energetické náročnosti budov a maximální limity pro označení budov jako NZEB [32]*

Sledovaný parametr	Označení [jednotky]	Maximální limit
Měrná roční potřeba na vytápění	$E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	≤15
Měrná neobnovitelná primární energie	$E_{pNA}$ [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]	≤60
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	$U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	≤0,25

Toto jsou pouze hodnoty minimálních požadavků. Jsem přesvědčen, že kvalitním návrhem lze dosáhnout daleko menších tepelných ztrát s daleko větším podílem obnovitelné energie. [32, 37]

### 5.3.4. Vybrané zákony ve vztahu k ochraně životního prostředí

- **Zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb.**

Jedná se o právní předpis, jehož účelem je přispět k udržení a obnově přírodní rovnováhy v krajině, k ochraně rozmanitostí forem života, přírodních hodnot a krás a k šetrnému hospodaření s přírodními zdroji. [31]

- **Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí č. 100/2001 Sb.**

Tento zákon stanovuje potřebu větších projektů, činností a výrobků projít odborným zhodnocením vlivu na životní prostředí již ve svém přípravném stádiu a umožňuje se částečně účastnit rozhodovacího procesu například jednotlivým občanům, iniciativám nebo sdružením. Tento proces se ve zkratce nazývá EIA (Environmental Impact Assessment). Změna s účinností od 1. 1. 2018 by měla zkrátit proces posuzování a urychlit tak výstavbu. Z přílohy č. 1 tohoto zákona si však můžeme vyvodit, že stavba rodinného domu nepodléhá odbornému posouzení EIA. [33]

- **Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.**

Všechny odpady jsou dle tohoto zákona rozděleny na nebezpečné a ostatní a dále kategorizovány do skupin dle Katalogu odpadů. Zákon také stanovuje povinnosti při nakládání a likvidaci odpadů, a kromě toho všem ukládá povinnost využít odpad v největší možné míře jako druhotnou surovinu. [34]

- **Zákon o vodách č. 254/2001 Sb.**

Vodní zákon určuje nakládání s podzemními i povrchovými vodami, stanovuje jejich ochranu, řeší např. vypouštění odpadních vod, výši poplatků a podobně. [35]

- **Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.**

Tento zákon a jeho související předpisy vymezují povinnosti všech, kdo produkují látky znečišťující ovzduší a stanovuje příslušné limity pro množství emisí a imisí. [36]

- **Zákon o lesích č. 289/1995 Sb.**

*„Účelem tohoto zákona je stanovit předpoklady pro zachování lesa, péči o les a obnovu lesa jako národního bohatství, tvořícího nenahraditelnou složku životního prostředí, pro plnění všech jeho funkcí a pro podporu trvale udržitelného hospodaření v něm.“* <sup>[3]</sup>

Všechna tato legislativní opatření mají především ochránit lidstvo a zajistit život následujícím generacím v kvalitních podmínkách. Ochrana planety a životního prostředí je až na druhém místě, protože její biodiverzita bude znovu obnovena, stejně jako se stalo po předchozích extrémních změnách klimatu nebo po náhlých katastrofách. Zda bude udržitelnosti dosaženo je nejisté a záleží to na mnoha faktorech. Za posledních 200 let se lidská populace znásobila 8x a klade si čím dál větší nároky na prostor a blahobyt. Uspokojení pro všechny je při omezenosti kapacit planety a současné míře spotřeby zcela nemožné. Země má své limity a ty byly, dle výrazných klimatických změn, nejspíše překročeny. [27]

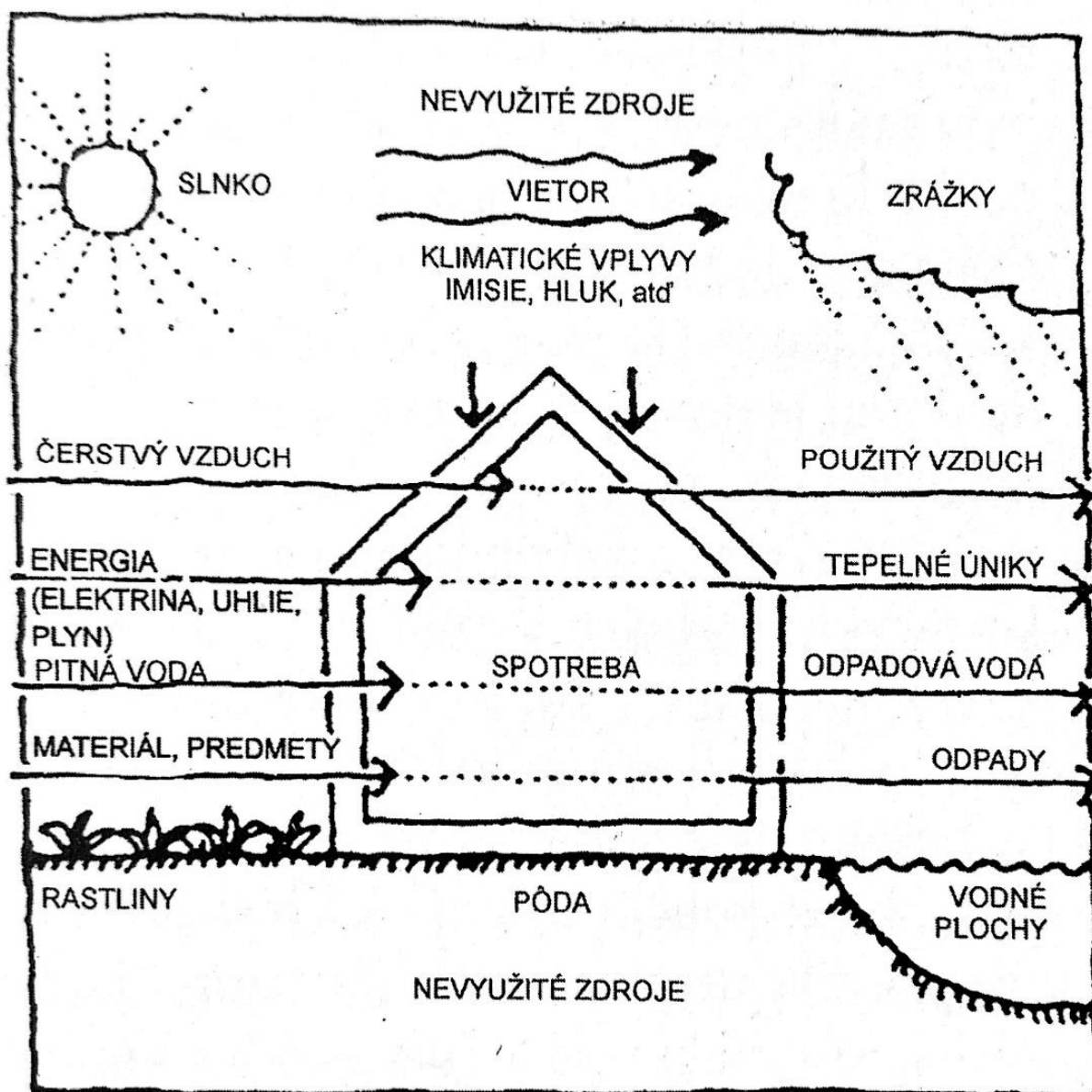
Zpomalení nástupu změny bude vyžadovat podstatné a trvalé snížení uhlíkových emisí. A protože stavebnictví pracuje s přibližně 40 % ze všech vyrobených materiálů, spotřebuje 30 % veškeré vyrobené energie a svými návrhy vlastně určuje majoritní podíl produkce CO<sub>2</sub>, má toto průmyslové odvětví velký potenciál ve snižování uhlíkové stopy na dosažitelné minimum. [20]

---

<sup>[3]</sup> Zákon č. 289/1995 Sb., Zákon o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon)

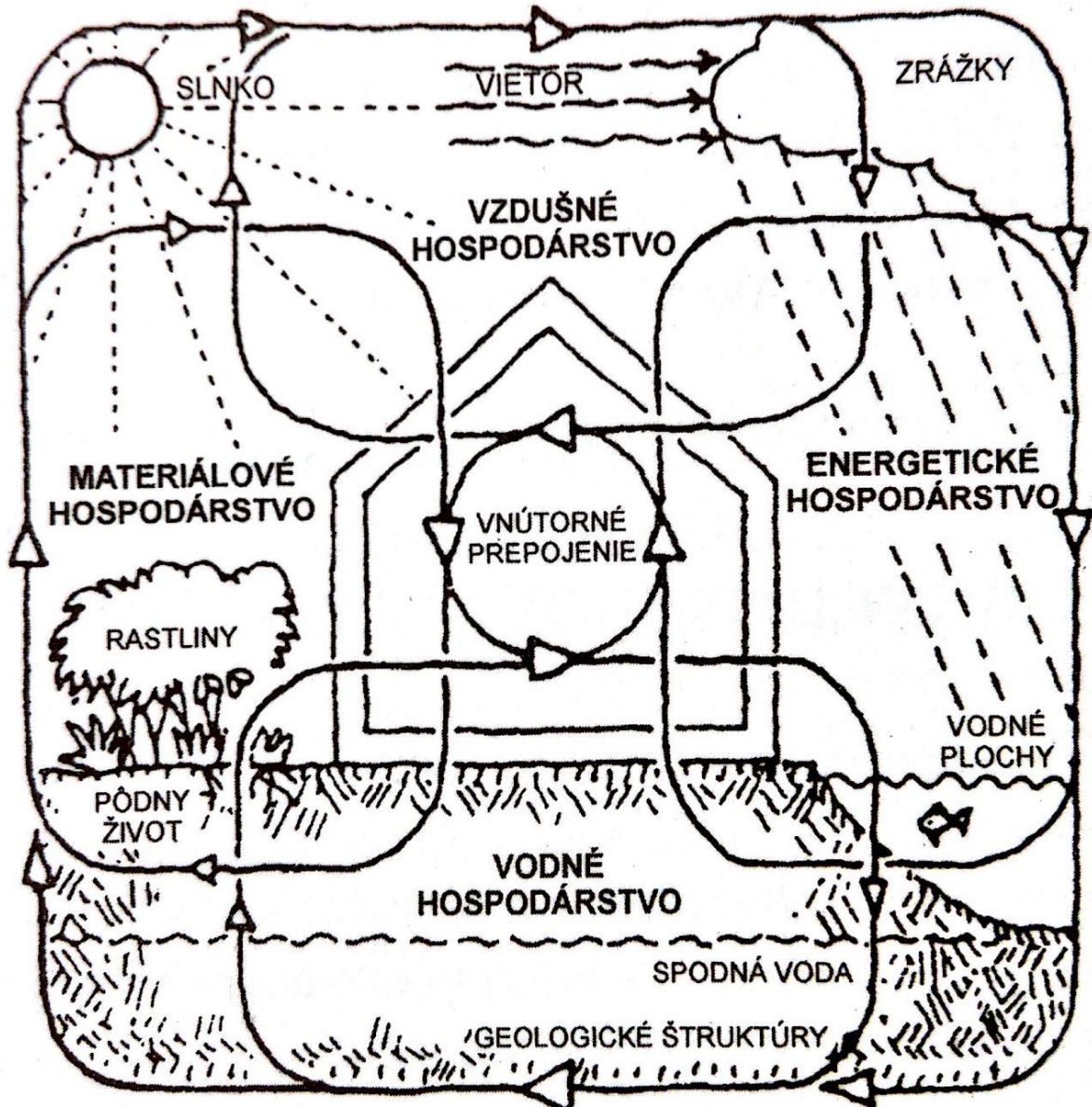
## 6. Trvale udržitelná výstavba

Tradiční přístup k výstavbě ve střední Evropě byl do 21. století podřízen sociálně-ekonomickému hodnocení a výsledná budova byla kompromisem mezi pořizovacími náklady, kvalitou provedení a rychlostí výstavby. Používání neprověřených nebezpečných stavebních hmot bylo běžné, například azbest, radioaktivní škvárobeton, formaldehyd a další. Lidské zdraví obyvatel bylo na třetím místě, hned za ziskem a rychlostí výstavby. Stavitelé se zaměřovali na krátkodobé finanční dopady (náklady na stavbu) a upozaděny byly ty dlouhodobé (v horizontu provozu během životnosti budovy) a environmentální (spotřeby energií a kontaminace prostředí). Schéma současného lineárního hospodářství, které nebere ohled na budoucí perspektivu zdrojů, je zobrazeno na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1 – Schéma lineárního hospodářství [50]

Nyní se model, zobrazený na obrázku č. 1 v rozvinutých zemích opouští a začíná se více hledět na dodržení rovnováhy mezi environmentálními a sociálně-ekonomickými dopady stavebnictví. Vzniká a současně se pomalu rozvíjí obor ekologického stavitelství, které adaptuje model tradiční výstavby na podmínky cyklického ekosystému. Jeho schéma je představeno na obrázku č. 2.



Obrázek č. 2 – Schéma ekologického a trvale udržitelného hospodářství [50]

Rovnováhy bude dosaženo, pokud se vezmou při návrzích v úvahu všechna kritéria, která dopad na životní prostředí ovlivňují:

- **Spotřeba energie,**
- **spotřeba vody,**
- **použité materiály,**
- **zábory půdy,**
- **nakládání s odpady.**

Těchto pět předchozích kritérií je v negativní interakci s životním prostředím. Zahrnují emise skleníkových plynů v ekvivalentu CO<sub>2</sub>, vyčerpávání přírodních zdrojů a nerostných surovin, acidifikace půdy, eutrofizace vod a další. Trvale udržitelnými návrhy pro 21. století se tyto jevy snažíme eliminovat, nebo alespoň co nejvíce zredukovat. [93]

Vzít v úvahu následující dvě kritéria je důležité především pro nás, obyvatele budov:

- **Zachování lidského zdraví,**
- **zachování kvality života jednotlivců i komunit.**

Dle výzkumů uvnitř budov trávíme průměrně 90 % našeho času, a proto bezpečné, zdravotně nezávadné, vnitřní prostředí s dostatkem denního světla je pro lidské zdraví důležité a lze tím tak částečně předcházet civilizačním chorobám a psychickým problémům. Procenta času stráveného venku by se samozřejmě měla znásobit, ale vytvořit kvalitní vnitřní prostředí musí i tak hrát významnou roli při navrhování trvale udržitelných budov a sídelních struktur. [93]

- **Cena (náklady na výstavbu i provoz)**

Až na posledním místě by se mělo uvažovat nad finanční stránkou projektů. Splnění všech požadavků nemusí nutně znamenat větší investice. Za pomoci využití místních zdrojů a jednoduchých funkčních řešení vycházejících z přírodních úkazů, lze provést stavbu vysokých standardů velice levně a zároveň maximálně šetrně k životnímu prostředí. [93]

## 6.1. Multikriteriální nástroje hodnotící trvalou udržitelnost ve výstavbě

V této práci se můžeme přesvědčit, že problematika trvale udržitelné nebo ekologické výstavby je komplexní. Na základě Agendy 2030 bylo vytvořeno několik hodnotících nástrojů, které mají vyčíslit environmentální dopady jednotlivých budov. Hodnotící nástroje lze rozdělit do třech stupňů. [29]

**1. Nástroje pro podrobné hodnocení životních cyklů jednotlivých produktů** – např. GEMIS, SimaPro, GaBi atd.

Tyto nástroje slouží spíše pro výzkum a vývoj nových materiálů při tvorbě počítačových modelů. Pro hodnocení celých budov jsou nevhodné, protože pracují s velkým množstvím údajů, umožňují při vytváření až přílišnou variabilitu a při zpracovávání celé budovy je velké riziko soustavných i náhodných chyb.

**2. Nástroje pro komplexní hodnocení životních cyklů celých budov** – např. Athena, Eco-Bat, Legep, Energie atd.

Nástroje druhého stupně využívají přesná data ze stupně prvního, neumožňují takovou volnost při práci, ale díky možnosti poměrně přesně vytvořit model životního cyklu budovy, jsou ideální pro architekty a projektanty. V této práci byl pro environmentální hodnocení návrhu malého rodinného domu použit program Eco-Bat. Porovnání stavby z ekologických a konvenčně vyráběných materiálů můžeme nalézt v příloze této práce.

**3. Nástroje pro multikriteriální hodnocení budov a propojení s okolím** – např. LEED, BREEAM, SBToolCZ, DGNB, Level(s) atd.

Multikriteriální hodnotící nástroje zkoumají budovu v kontextu širšího okolí. Environmentální aspekt se stává stále důležitějším, ale posuzována jsou také sociální a ekonomická kritéria, například dostupnost a počet míst pro relaxaci v okolí budovy, tepelná pohoda, akustický komfort nebo dopravní dostupnost. Výsledky mohou být ovlivněny subjektivními pocity autora, protože se pracuje nejen s čísly, ale také se slovním hodnocením a nepředvídatelný faktor je i vývoj území v okolí budovy.

Kromě BREEAM má většina programů jednoduché a intuitivní ovládání a po akreditování pracovníka na profesionála lze provádět certifikace budov vlastními silami. Programy i akreditovací zkoušky jsou však příliš drahé a pro menší firmy se ekonomicky nevyplácí.

Existuje však česká metodika multikriteriálního hodnocení zvaná SBToolCZ, na jejímž vývoji se podílí tým odborníků z Fakulty stavební ČVUT v Praze. Od roku 2010 je tato metodika aplikující

Agendu 21 do stavebního oboru platná. Metodika SBToolCZ pro bytové domy i administrativní budovy je v lehce zkrácené studijní verzi dostupná na internetu zdarma a přehledně vás provede celým procesem certifikace. Nezáskáte sice oficiální certifikát na budovu, ale tato cvičná certifikace vám odhalí alespoň hrubý odhad toho, jak si vedou vaše návrhy objektů po stránce trvalé udržitelnosti.

Všechny tyto nástroje byly vytvořeny za účelem specifikace dopadů lidských činností na životní prostředí. Vyhledáváním informací v databázích materiálů, hledáním optimálních kombinací a následného komplexního hodnocení ve výše zmíněných programech 2. nebo 3. úrovně jsme schopni vytvořit návrh šetrných budov s kvalitním vnitřním klimatem a pozitivním vlivem na okolí. Ukázku z takové databáze je možno si prohlédnout v tabulce č. 2 v kapitole 10.1. na straně č. 41 této práce.

Bohužel neexistuje jednotná globální metodika a dobrovolně zřizované certifikace jsou spíše za účelem optimalizace provozních režimů, snížení spotřeby energie, přitáhnutí pozornosti, nebo zvýšení ceny prodávané nemovitosti. Životní prostředí nehraje hlavní roli, to peníze.

Doufejme tedy, že se výše zmíněné nástroje stanou dostupnějšími a pozornost se zaměří více na zlepšování životního prostředí než na zlepšování finanční situace.

## 6.2. Nástroje energetické optimalizace budov

Na trhu je již mnoho autorizovaných odborníků, kteří nabízejí mezi svými službami také vypracování energetických posudků pro jednotlivé návrhy. Jejich dva nejpoužívanější nástroje pro energetickou optimalizaci jsou níže představená česká Norma tepelné ochrany budov nebo německý komerční program The Passive House Planning Package (PHPP).

### 6.2.1. Norma ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov – Část 2:

#### Požadavky

Tato norma stanovuje metodiku výpočtů různých faktorů, které souvisí a ovlivňují energetickou náročnost budovy:

- Šíření tepla konstrukcí a obálkou budovy,
- nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce, pokles dotykové teploty podlahy,
- součinitel prostupu tepla,
- šíření vlhkosti konstrukcí a z kondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce,
- průvzdušnost,
- větrání místností,
- tepelná stabilita místností v zimním a letním období, pokles a nárůst výsledné teploty.

Norma v přílohách udává všeobecné pokyny pro navrhování budov s velmi nízkou energetickou náročností, příklady hodnocení průměrného součinitele prostupu tepla budov a metodiku tvorby Průkazu energetické náročnosti a vzhled energetického štítku obálky budovy. [56]

## 6.2.2. PHPP

Passive house planning package, zkráceně PHPP je komerční celoevropský nástroj pro výpočet energetické náročnosti budovy a optimalizaci návrhů, používaný jednotlivými architekty a projektanty. Na základě dynamických matematických simulací byl vytvořen tento uživatelsky přijatelný nástroj v prostředí tabulkového editoru MS Excel / OpenOffice, který při rozumné přesnosti vložených údajů dosahuje poměrně spolehlivých výsledků. Výpočty jsou zaměřeny na celkovou energetickou bilanci objektu, návrh řízeného větrání, výpočty topné zátěže, četnosti přehřívání, potřebu elektřiny, potřebu primární energie, parametrů oken a výpočet stínění.

Jako pokračování výzkumné fáze bylo provedeno porovnání výsledků návrhových a skutečných energetických bilancí ve více než 300 domech. Ukázalo se, že PHPP program je na výpočet tepelných ztrát poměrně přesný a značný rozptyl provozních spotřeb téměř totožných domů je způsoben především rozličným chováním uživatelů. Tento program zastřešuje v České republice organizace Centrum pasivního domu, nabízí ke koupi českou verzi PHPP a pořádá zaškolení pro veřejnost. [46]

Abychom mohli dům klasifikovat jako pasivní, tak dle TNI 73 0330 musí splnit požadavek na maximální roční měrnou potřebu tepla na vytápění pod  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  a zároveň celkovou spotřebu primární energie udržet pod hranicí  $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . [54]

## 6.3. Dotační program Nová zelená úsporám

Dotační program Nová zelená úsporám (NZÚ) je program Ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR zaměřený na úspory energií v rodinných a bytových domech. Podporuje snižování energetické náročnosti budov několika způsoby:

- Stavebními změnami obytných budov – zateplením fasády, stropů, střechy; výměnou oken, dveří; zelenými střechami, stínící technikou; komplexními změnami,
- výstavbu nových domů s velmi nízkou energetickou náročností – pasivních domů, nízkoenergetických domů,
- environmentálně šetrnými způsoby vytápění a instalací obnovitelných zdrojů energie – solární termické, fotovoltaické systémy, rekuperace, tepelná čerpadla, kotle na biomasu.



NZÚ je financována z části zisků z prodeje emisních povolenek (EUA), se kterými obchoduje Česká republika na evropském trhu. Aktuální odhad celkových výnosů z povolenek pro program NZÚ do roku 2020 je 20 miliard korun. O dotaci může požádat každý stavebník pomocí formuláře na webu programu NZÚ, před zahájením, v průběhu i po dokončení prací, a to průběžně až do 31. prosince 2021.

Tato dotace přispívá ke stimulaci ekonomiky a zvýhodnění určitého technického směru. Dotace pomůže k nastartování dlouhodobých progresivních technologických trendů, ale zároveň celý trh lehce deformuje. Dotace nelze automaticky považovat za výhodné. [53, 54]

## **7. Ekologická architektura a možnosti snižování negativních dopadů na životní prostředí**

Hlavním cílem práce je představit různé možnosti snižování negativních dopadů na životní prostředí ve stavebnictví ve všech fázích výstavby. I přes maximální možnou míru snahy o snižování negativních dopadů jsme stále omezeni několika pravidly. Musí se dbát na nejvyšší míru lidské bezpečnosti, a to výběrem zdravotně nezávadných materiálů, splnění minimální požadované mechanické pevnosti prvků a stability objektu, dodržení požadované požární bezpečnosti a dodržení hygienických požadavků. Dále jsou kladeny požadavky na dodržení úspor energií a tepelné ochrany budovy.

Trvale udržitelná výstavba nemá jednotné měřítko a bude potřeba ještě mnoha výzkumů. Na přelomu tisíciletí se však začínají definovat nové cesty pro architekturu, od domů vypadajících navenek i zevnitř jako „divočina samotná“, až po úhledné moderní stavby protkané technologiemi.

Každé architektonické období mělo nějaké klady a zápory a upřednostnilo jiné aspekty, jako například výtvarný, fyzikálně-technický, dispoziční nebo provozní. Ekologické stavitelství se projevuje bez ohledu na příslušnost k některému ze současných architektonických trendů. Zasahuje do každého návrhu a komplexně mění úhel pohledu, kdy se na první místo při vytváření studií zařadí zdravotní nezávadnost, funkčnost, účelnost, jednoduchost, nezávislost, ale zároveň může být ponechána volnost pro kreativitu a osobitost použití přírodních materiálů, takže se do budoucna může počítat s velkým rozvojovým potenciálem.

Zvířata i rostliny podléhají neustálé flexibilní evoluci, protože se prostředí mění a je potřeba adaptace. Lidé a stavby jsou také součástí biosféry, a proto by se měla flexibilní evoluce odrazit i ve stavebnictví.

Podle Ing. arch. Eugena Nagyho, Ph.D., je architektura umění, které by mělo vyjadřovat sounáležitost při řešení aktuálních společenských problémů. Ekologická architektura se snaží o globální pohled na problematiku výstavby a je komplexní záležitostí.

Možnosti snižování negativních dopadů ve stavebnictví se řídí globálními, národně-hospodářskými, výrobně-hospodářskými a individuálními zásadami. Všechny tyto zásady byly zapracovány do ekologických a inovativních myšlenek popsanych v následujících kapitolách.

Skutečnost, že se architektura v těchto typech obydlí podřizuje funkčnosti nutně nemusí znamenat, že budou všechny domy ve stejné lokalitě téměř totožné. Každá osoba má jiné priority, potřeby, a na základě těchto informací se přírodní architekti snaží přizpůsobit řešený objekt. Při dokončování detailů se mohou obyvatelé personalizovat a aplikovat svou kreativitu na vyladění svého sídla. [50]

## 8. Předprojekční fáze, administrativní činnosti úřadů, projektantů, stavebníků

Fázi předprojektové přípravy jsou myšleny především ovlivnitelné návyky a chování osob zapojených do procesu výstavby v „kancelářích“, ať už ve veřejném nebo privátním sektoru. Pokud se má snižovat naše uhlíková stopa budováním a provozováním šetrnějších budov, proč bychom nesnížili naši uhlíkovou stopu hned v zárodku u administrativních procesů spojených s výstavbou a nestali se příkladem pro ostatní obory!? Rychlé zlepšení situace by nastalo, kdyby se všechny zodpovědné osoby zamyslely nad tím, zda je bezpodmínečně nutné držet veškeré informace v rukou v papírové podobě, nebo je postačující vidět některé dokumenty v podobě elektronické.

V tomto odstavci je uveden příklad úspor na složce stavební dokumentace. Za rok 2017 se v ČR vydalo 84 164 stavebních povolení. Podle zvyklostí vydává projektant investorovi pro rodinný dům 3 - 5 párů projektové dokumentace. Když zkusíme vypočítat celkovou hmotnost papíru gramáže 80 g/m<sup>2</sup>, při nevytisknutí jedné složky každého stavebního povolení o váze přibližně 400 g, která obsahuje 15 výkresů velikosti A3 a technickou zprávu o 50 stranách, vychází roční úspora přes 33,6 tun papíru a nesmíme zapomenout přičíst dopad na životní prostředí spojený s jeho výrobou a dopravou do kanceláří. Dále je vyžadována požární zpráva, průkaz energetické náročnosti, statické výpočty a mnoho dalšího. U složitějších projektů prudce stoupá počet požadovaných výkresů, a také se zvětšují jejich rozměry. Rovněž stoupá počet stran

u dokumentací, takže reálné úspory na množství papíru za jedinou složku jsou pravděpodobně mnohem vyšší.

Tuna vyrobeného papíru vznikne z 2,2 tun dřevní hmoty, tak by roční úspora tvořila 73,92 tun dřeva, což je asi 100 vzrostlých listnatých stromů. Jediný strom za den může vyrobít 1000 litrů kyslíku, a podle Agentury ochrany přírody a krajiny je ekologická hodnota jednoho zdravého, vzrostlého, listnatého stromu okolo jednoho milionu korun. [39, 90]

Další úspory připadají na samotný tisk, kdy se při snižování počtu vytisknutých papírů prodlouží životnost tiskáren související s opotřebením, snižování spotřeby tonerů prodlouží intervaly nákupu nových a méně operací znamená menší šance na poruchu a následnou potřebu opravy. Omezením skladování vytisknutých dokumentů se dosáhne nejen finančních úspor, ale také se umožní plnohodnotnější využití prázdných archivů. Ani cena lidského zdraví není zanedbatelná. Jemné prachové částice uvolňované z papíru mohou ohrožovat horní i spodní cesty dýchací. U některých dokumentů je papírová podoba z nějakých důvodů nevyhnutelná a pro snížení uhlíkové stopy by se mohlo alespoň tisknout oboustranně. [40]

Pro životní prostředí by bylo mnohem vhodnější, kdyby veškerá komunikace mezi orgány a stavebníky probíhala v elektronické podobě. V soukromém sektoru je tento druh komunikace běžnou praxí, ovšem ve veřejné správě chybí individuálnější přístup k jednotlivým účastníkům řízení. Zátěž životního prostředí je v tomto případě způsobena také dopravou a dalšími administrativními činnostmi dopravních společností spojených s doručováním listovních zásilek. Takzvané „Zelené úřadování“ je oficiální zkrácený název environmentálně příznivého chování institucí financovaných z veřejných prostředků, které představuje systémová opatření zaměřené na provoz, nakupování a spotřebu.

Oficiální pokyn je zakotven v mezinárodních i národních dokumentech. Výzvou k veřejným institucím byla zpráva ze světového summitu o životním prostředí v Johannesburgu roku 2002, aby podněcovali rozvoj environmentálně příznivých energií, materiálů, služeb a technologií. Příkladem aplikace výzvy může být akční program pro životní prostředí EU (usnesení č. 1600/2002/EG) o podpoře nákupu řízeného ekologickými kritérii, týkající se například životního cyklu výrobku včetně výrobní fáze, nebo Státní program environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty a environmentálního poradenství na léta 2016–2025 o environmentálně šetrném provozu veřejných institucí a o ochraně a trvalé udržitelnosti jimi používaných zdrojů. [41]

Při nákupu zboží, služeb, zadávání rekonstrukcí či výstavby budov je ve veřejném sektoru důležitá znalost zákona o veřejných zakázkách č. 137/2006 Sb., který pro zadání veřejné zakázky umožňuje stanovit dílčí hodnotící kritéria související s životním prostředím, jako je kvalita, technická úroveň zpracování, estetické a funkční vlastnosti, provozní náklady, návratnost investice a další kritéria dle metodiky pro danou komoditu. [42]

## 9. Projekční návrhová fáze

Znalosti o adaptaci staveb na změny klimatu jsou známy již dlouho, ale realita našeho současného obytného prostředí vypadá odlišně. Podoba staveb rodinných domů v ČR zůstala od 90. let stejná. Místo komplexní změny návrhů se pozornost zaměřila pouze na omezení úniku tepla a energetickou účinnost vnitřních instalací.

Komplexní přístup k ekologické výstavbě, odlišný od stávajících, byl v Evropě dán do pohybu až na začátku tisíciletí na základě poptávky mladých rodin ze zahraničí, například z Holandského města Aardehuis a Zwolle. Komunity chtěly vytvořit maximálně kvalitní ekologické prostředí určené pro trvalé bydlení a výchovu svých dětí. Chtěli postavit dům svými vlastními silami, s převzetím veškeré zodpovědnosti za bezpečnost na sebe. Tyto rodiny se oprostily od myšlenky, že jsou zasazeni do světa plného pevně daných struktur a vzorců chování, které se musí přijmout a nikomu nezáleží na jejich svobodném rozhodnutí. Nenechaly si namluvit, že zapadnout do systému je nutnost a nenechaly přenést zodpovědnost na vládu, na centrální systematicky řízené instituce. Rozhodly se být nezávislí a využít maximální měrou přírodní principy. Projekt takového rodinného domu je rozsáhlá a náročná záležitost a vyžaduje špičkového projektanta, který se snaží minimalizovat negativní vlivy na životní prostředí, adaptovat budovu na změnu klimatu a zároveň vytvořit kvalitní vnitřní prostředí. [44]

Ekostavitelé berou na vědomí již od počátku všechna kritéria, kterými jsou:

- Výběr pozemku,
- tvar budovy a osazení do terénu,
- dispoziční řešení.
- zásobování energiemi,
- použité materiály,
- spotřeba vody,
- nakládání s odpady.

K dosažení komplexního a vyváženého návrhu se uplatňují dva přístupy. První používá množství nových technologických řešení zaručujících maximální komfort. Ta svou náročnou výrobou a omezenou životností nemusí být ekologicky smysluplná. Řeč je o translucentních izolacích, nových vícenásobných izolačních zaskleních se vzácnými plyny a reflexními fóliemi, zpětném získávání tepla ze vzduchu a vody, fotovoltaických panelech, zvlhčovačích, klimatizacích a dalších. Jako důsledek množství elektronických zařízení nastává jev nazývaný elektromagnetický smog a mohou se objevit i další problémy.

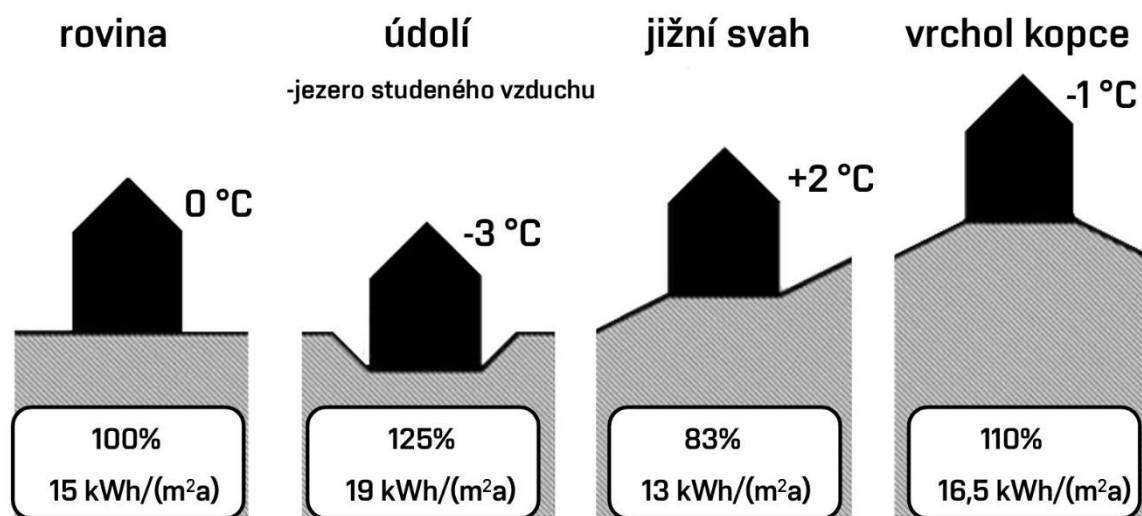
Druhý přístup využívá přírodní materiály a s nimi spojené tradiční technologie založené na lidovém stavitelství. Tento styl výstavby a výsledné budovy však nemusí splňovat dnešní požadavky na komfort. Z pohledu trvale udržitelného rozvoje jsou na tom však velice dobře.

V praxi se ukázalo, že preferovat čistě jeden přístup není optimální řešení. Využít s rozumem z každého přístupu to nejlepší a užitečné by mohlo být tou správnou cestou, kterou se dosáhne harmonického a zdravého životního prostředí.

## 9.1. Výběr pozemku

Architekti a projektanti nemají vliv na výběr pozemku, to investoři a stavebníci, ale právě poloha pozemku má zásadní vliv na celkový návrh budovy. Budova musí dobře zapadnout do terénu a přizpůsobit se místním podmínkám. Proto typové projekty domů jsou po stránce trvalé udržitelnosti odsouzeny k neúspěchu.

Při výběru pozemku je důležité dávat pozor na míru svažitosti, tvar terénu, orientace svahu vůči světovým stranám a nadmořskou výšku. Z obrázku č. 3 je patrné, že zvolením pozemku s výhodnou topografií jižního svahu můžeme uspořit až 17 % energie na vytápění.



Obrázek č. 3 – Teplotní ztráty budovy v % a teplota okolí v závislosti na umístění budovy [47]

V údolní oblasti se můžou vytvářet jezera chladného vzduchu a koncentrovat škodliviny v ovzduší. Na vrcholcích kopců ovlivní povětrnostní poměry spotřebu energií na vytápění, a to především v zimě, kdy může být oproti chráněným budovám až o 150 % vyšší.

Vodní plochy lokálně zmírňují výkyvy teplotních změn a vyvolávají proudění vzduchu cirkulující mezi souší a vodní hladinou. V lokalitách v blízkosti vodních ploch je také nutné počítat se zvýšenou vlhkostí vzduchu, tvorbou mlhy a s vyššími tepelnými ztrátami daných vyšší tepelnou vodivostí parami nasyceného vzduchu. [50]

Důležité je prověřit omezení vyplývající z okolí, například hustotou a druhem okolní vegetace, hustotou okolní zástavby, komunikacemi, infrastrukturou, a také na omezení dané regulacemi místních předpisů (odstupové vzdálenosti, uliční čára, skladba rostlin na pozemku atd.) záplavovým územím nebo hygienickými limity. Vše musí být v souladu se zákony a vyhláškami, jinak nebude možné vydat stavební povolení a stavbu zkolaudovat. Některé platné regulační plány obcí bohužel v době jejich tvorby nepředpokládaly výstavbu nízko energetických domů, a proto jsou často pozemky rozparcelovány tak, že nevytvářejí předpoklad pro optimální situování budovy na pozemku. [54]

Současně je důležité ověření dopravní vzdálenosti mezi bydlištěm a pracovištěm. Levnější pozemky jsou na vesnicích, ale po pár letech dojíždění do města je vše vyváženo časem stráveným v dopravních prostředcích, a s tím spojenými náklady a emisemi z dopravy. Dále je vhodné ověřit dostupnost hromadnou dopravou, dostupnost služeb, zkontrolování rozvojových plánů dané obce, možnosti rekreace, kulturního vyžití a mnoho dalšího.

Při správné konfiguraci budovy se nám prostředí odmění vhodným lokálním klimatem, které se promítne i do energetické náročnosti budovy.

## 9.2. Tvar budovy a osazení do terénu

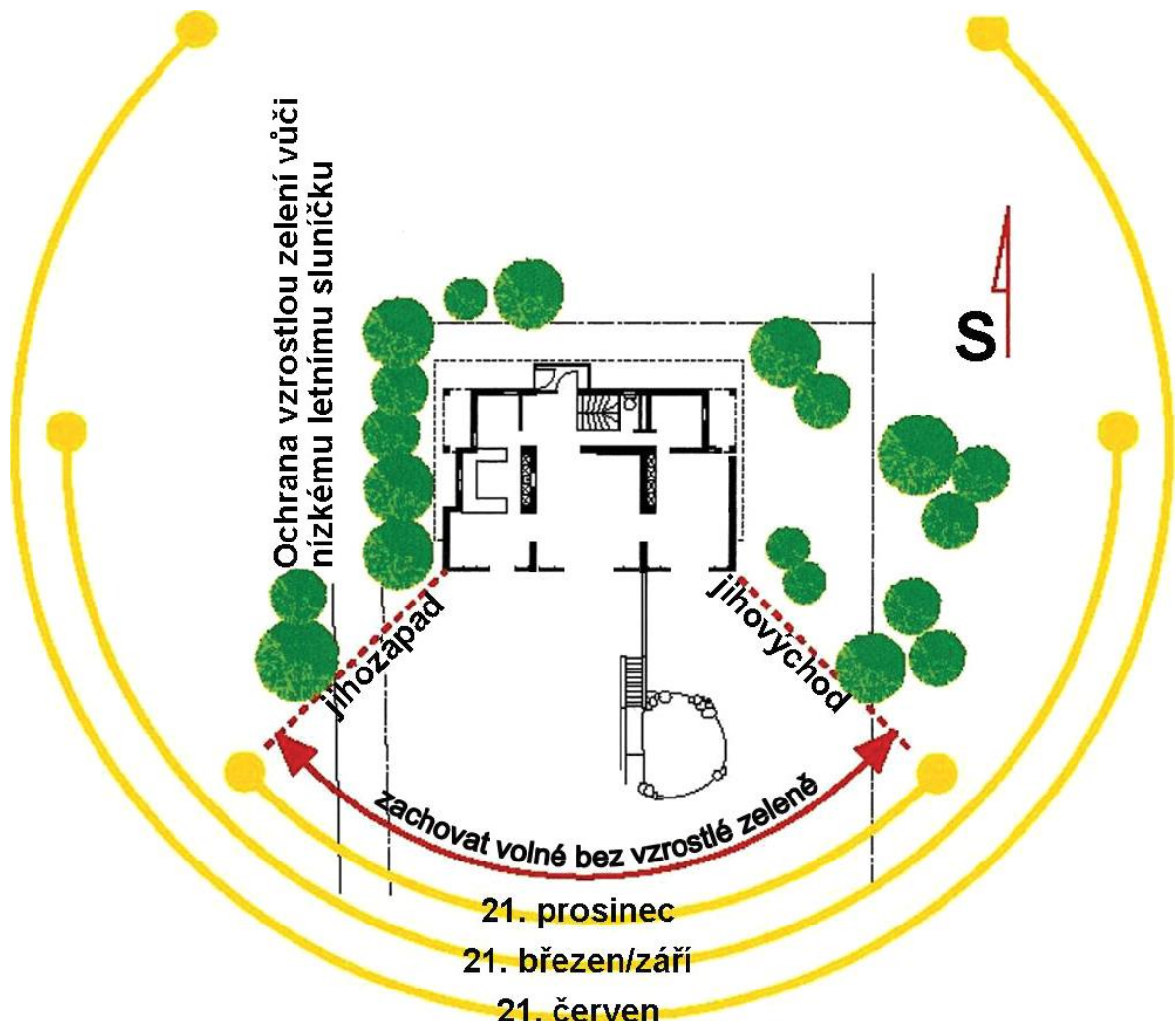
Faktor tvaru budovy určuje míru kompaktnosti budovy. Jde o poměr mezi plochou obálky budovy a objemem obestavěného prostoru ( $A/V$ ). Dokonalý tvar má koule, ale nejbližší reálným tvarem se zdá být krychle, případně krychli blízký hranol. Kompaktní tvar má méně složitějších detailů a vytváří se tak menší prostor pro vytvoření chyby. Při návrhu se tedy snažíme vyvarovat zbytečným úskokům, lomům, vikýřům a jiným okrasným architektonickým prvkům. Je vhodné ctít pravidlo, že v jednoduchosti je krása.

Dalším parametrem při návrhu by měla být zastavěná plocha. Jak víme, plochy je omezené množství a pokud chceme dosáhnout udržitelnosti, měli bychom s nezastavěným územím šetřit, uskromnit se a opravdu zvážít, kolik místností a jak velkých ke kvalitně strávenému životu vlastně potřebujeme. Příkladem může být statistika dlouhodobého vývoje průměrné obytné plochy jednoho bytu dokončeného v letech 1948-2012 v rodinném domě. V roce 1954 byla průměrná velikost jednoho bytu 48,6 m<sup>2</sup>. V současnosti je vnitřní plocha bytu téměř dvojnásobná. V roce 2008 byl průměr 94,4 m<sup>2</sup>, ale již nyní je patrná tendence opětovného zmenšování plochy bytů v rodinných domech. [45]

Dalším aspektem zohledněným při návrhu tvaru objektu by mělo být slunce jako zdroj tepla. Správný návrh vyžaduje dostatečné znalosti tepelně technických principů a pouze nízké, případně žádné, navýšení nákladů. Prvním takovým solárním domem byla stavba řeckého učence Sokrata (469 – 397 př. n. l.). Pultová střecha s nízkým sklonem na sever položená na lichoběžníkový

půdorys tvořený z těžkých kamenných stěn rozestupujících se směrem k jihu a kamenné podlahy. Tento princip je základním východiskem v solární architektuře. [50]

Celkově by budova měla být otevřena chladnému vánku v létě, a zároveň by měla mít ochranu proti studeným zimním větrům. Oddělit budovu od těchto negativních vlivů okolí je možné vytvořením nebo využitím přirozených bariér. Zakrytím objektu se severní strany zeminou a výhodným osázením stálezelených keřů, stromů a jinou vegetací vytvoříme také příjemné soukromí s užitkovou funkcí zachytávání prachu a tlumení hluku. Na základě těchto občas protichůdných požadavků je nutné nalézt rovnováhu, aby budova svou kvalitou uspokojovala život jejich majitelů. Na obrázku č. 4 si můžeme prohlédnout budovu a zeleň ve vhodné kompozici, která zajistí solární zisky v zimním období a zároveň pomůže omezit letnímu přehřívání objektu.



Obrázek č. 4 – Vhodné uspořádání budovy a zeleně ve vztahu k světovým stranám [94]

## 9.3. Dispoziční řešení

Místnosti by měly na sebe navazovat tak, aby to bylo maximálně účinné a zároveň uživatelsky příjemné. Místnosti, ve kterých se pohybujeme nejvíce, jako jsou obývací pokoj, kuchyň, pracovny, by měly mít tu největší fasádu orientovanou jižním směrem, kvůli maximálnímu využití přirozeného denního osvětlení a solárního energetického zisku z nízkého pohybujícího se slunce v zimním období, ale zároveň by měly být chráněny před ostrým letním sluncem.

Užitkové místnosti, jako technické místnosti, kotelny, sklady, WC, schodiště, garáže, zimní zahrady, dílny atd., je vhodné umístit do suterénu nebo přízemí, na severní stranu budovy a osadit je menšími okny. Některé z místností nejsou pobytové a lze je pouze temperovat, nebo umístit mimo tepelný obal budovy. Tyto místnosti budou tvořit nárazníkovou zónu pobytových místností vůči chladu ze severní strany. Objevuje se tady snaha o minimální vytápěnou plochu a otevírají se možnosti pro různorodé jednodušší konstrukční řešení těchto užitkových místností, anebo naopak výstavba velkého průhledného izolačního obalu budovy. Celková plocha oken by neměla být větší než 25 % plochy venkovních stěn. [54]

# 10. Energetické hospodářství

Udržitelnost stavebního průmyslu musí nutně přistoupit na komplexní změnu ve využívání energií, ve které se vymění použití neobnovitelných zdrojů za obnovitelné a místo okamžitých nákladů ekonomicky levných produktů se přemýšlí o životnosti produktů, účinnosti přeměny energie a o celkových nákladech se započítanými externalitami.

Příroda by měla být zdrojem inspirace, protože naturální procesy jsou cyklické, dokonale trvale udržitelné, operují s přeměnou solární energie a organickým ukládáním hmoty, naprosto synchronizovaně, ale zároveň nezávisle, v různých měřítkách, od atomů, přes buňky, jednotky, skupiny, celky. Stejně cyklicky jako příroda by se měla chovat i civilizace, využít svou inteligenci a dosáhnout plynulé integrace do těchto přírodních cyklických úkazů bez narušení toků energií.

Po logickém zapřemýšlení dojdeme k závěru, že se energie v budovách mohou rozdělit na dva typy – zabudovaná a provozní. Při nahlédnutí do certifikačních metodik zjistíme, že i jejich tvůrci došli ke stejnému závěru.



## 10.1. Energie zabudovaná

Říká se jí také energie svázaná, či šedá. Udává celkovou spotřebu přírodních zdrojů během životního cyklu budovy. Zahrnuje tedy například energii na těžbu, dopravu, spotřebu surovin a energie pro obaly. V databázi na webu [www.envimat.cz](http://www.envimat.cz) lze najít hodnoty svázaných energií a emisí pro mnoho materiálů. V tabulce č. 2 byl vytvořen krátký výpis často používaných materiálů. Chceme-li stanovit zabudovanou energii pro celou stavbu, tak nejprve vytvoříme výpis objemů a hmotností všech stavebních prvků hrubé stavby, ke každé konstrukci vypočítáme energetickou náročnost, přiřadíme životnost jednotlivým konstrukcím, připočítáme energii na dopravu materiálů, na samotnou výstavbu budovy a výsledek podělíme zastavěnou plochou. Výsledek je potom udáván v jednotkách MJ/m<sup>2</sup>/rok.

Při environmentálním posuzování kvality budovy se vyčíslují také zabudované ekvivalentní emise škodlivin jednotlivých materiálů a konstrukcí. Ekvivalentní znamená, že se jedná i o emise dalších látek, které jsou však přepočítány na úroveň efektu těchto uvedených sloučenin (například 1 kg CH<sub>4</sub> se rovná efektu 25 kg CO<sub>2</sub>). [74] Výběr materiálů na stavbu by kromě energetické náročnosti měl brát v úvahu také jejich obnovitelnost a možnost recyklace.

Tabulka č. 2 – Vybrané stavební materiály a jejich svázaná spotřeba energie a svázaná produkce emisí [20, 48, 50]

<b>Materiál</b>	<b>Svázaná spotřeba energie [MJ · kg<sup>-1</sup>]</b>	<b>Svázaná produkce emisí CO<sub>2,ekv</sub> [kg · kg<sup>-1</sup>]</b>	<b>Svázaná produkce emisí SO<sub>2,ekv</sub> [g · kg<sup>-1</sup>]</b>	<b>Objemová hmotnost [kg · m<sup>-3</sup>]</b>
Armovací ocel	13	0,8	3,6	7600
Prostý beton	0,8	0,13	0,5	2400
Keramická dutá cihla	2,6	0,13	0,4	750
Plná cihla pálená	2,7	0,25	0,9	1800
Nepálené cihly	0,05	0	0,03	1600
Dřevěné hranoly	4,7	0	2,2	500
Dřevovláknitá deska	15	0	3,4	160
EPS - polystyren	95	2,3	20	18
Ovčí vlna	12,3	0	4,6	130
Dřevěná vlna	1,5	0	2,2	110
Minerální vata	17,5	1,2	5,2	85
Měděný plech	97	5,4	140	8900
Hliníkový plech	230	13	110	2700
Bitumen, živice	53	0,5	4,4	1200

Na základě tabulky č. 2 je patrné, že v environmentálním porovnání udržitelnosti stavebních materiálů očividně vyhrávají přírodní materiály jako nepálené cihly a tepelná izolace z ovčí vlny před konvenčně vyráběnými pálenými cihlami a polystyrenem. Příkladem může být energetická náročnost dřevěných oken, která představuje  $8 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ , přičemž stejně kvalitní okno z hliníku představuje energetickou spotřebu přes  $800 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ . Využívání environmentálně šetrných materiálů je podrobněji popsáno v kapitole č. 11 této práce. [48]

## 10.2. Energie provozní

Provozní energie jsou vypočítány v průkazu energetické náročnosti a dělí se na 5 kategorií:

- Energie na vytápění,
- energie na přípravu teplé užitkové vody (TUV),
- energie na chlazení,
- energie na osvětlení,
- energie na provoz spotřebičů.

Součet těchto energií udává celkovou energetickou náročnost budovy. Tento údaj zaznamenává pouze množství ročně spotřebované energie, ale už nezohledňuje účinnost získávání energie z přírody. Například uhelné elektrárny mají účinnost přeměny tepelné energie na elektrickou okolo 40 %. Se započítáním energie na pohon velkorypadel, dopravu uhlí, ztráty v elektrickém vedení a podobně, dojdeme k účinnosti výroby něco málo přes 30 %. Faktor energetické přeměny pro elektrickou energii (3,2) pak udává, že na jednotku energie spotřebovanou v budově se muselo odebrat 3,2 jednotek energie z přírody. Elektřina proto není zrovna hospodárným zdrojem. V tabulce č. 3 jsou uvedeny některé další energonositelé a jejich konverzní faktory. Protože je těžba, doprava i výroba energie vždy doprovázena emisemi škodlivých látek, jsou jejich ekvivalentní hodnoty emisí uvedeny v tabulce také. Plyny můžeme rozdělit podle dopadu na životní prostředí na emise s potenciálem globálního oteplování ( $\text{CO}_2$ ), emise s potenciálem acidifikace prostředí ( $\text{SO}_2$ ) a emise s potenciálem eutrofizace prostředí ( $\text{NO}_x$ ). Dle této tabulky můžeme usoudit, že z emisního pohledu je výhodné použití větrných turbín, dřevěných pelet, kusového dřeva a solárního tepelného kolektoru. [50, 54]

Tabulka č. 3 – Konverzní a emisní faktory energonositelů [48]

<b>Energonositel</b>	<b>Konverzní faktor</b>	<b>Emisní faktor CO<sub>2,ekv</sub> [g·MJ<sup>-1</sup>]</b>	<b>Emisní faktor SO<sub>2,ekv</sub> [g·MJ<sup>-1</sup>]</b>	<b>Emisní faktor NO<sub>x,ekv</sub> [g·MJ<sup>-1</sup>]</b>
Elektřina – ČR mix	3,2	207,4	0,464	0,313
Zemní plyn	1,42	85,8	0,137	0,187
Elektřina – fotovoltaika	0,52	37,5	0,08	0,05
Elektřina – větrná elektrárna	0,15	16,1	0,035	0,029
Uhlí hnědé	1,5	128,6	1,293	0,267
Dálkové teplo CZT	2,71	272	0,586	0,398
Dřevěné pelety	0,15	12	0,23	0,262
Kusové dřevo	0,05	3,3	0,196	0,242
Solární kolektor	0,15	13,3	0,058	0,035

Po průmyslové revoluci se téměř nehledělo na energetickou spotřebu budov, protože trh s energiemi byl deformován nízkými cenami neobnovitelných zdrojů. Situace dospěla do fáze, kdy provoz a obsluha budov tvořily až 46 % světové spotřeby energie. Tlak na zvýšení investic do úsporných opatření je ve společnosti málo účinný, zvláště kvůli stálému podhodnocení cen energií. K této ceně by se měly také přičíst externí náklady na odstranění škod na životním prostředí, které doteď skrytě platí každý občan i bez odběru energie ve formě daní. Kdyby 1 kWh elektrické energie stál 12 Kč namísto současných 4 Kč, určitě by se snaha o aplikaci úsporných opatření projevila ve větší míře. Nejlevnější je energie, která se nemusí vyrobit. [50]

Současné návrhy by měly kalkulovat s šetrným využíváním energetických zdrojů a instalací technologií s vysokou účinností využití energie. Nikdy však nebudeme udržitelní díky úsporám, protože konvenční zdroje pracují na uhlí, ropě, zemnímu plynu, radioaktivních rudách, zkrátka na neobnovitelných zdrojích. V zájmu zachování zdravého životního prostředí pro budoucí generace bychom měli tedy začít využívat zdroje obnovitelné.

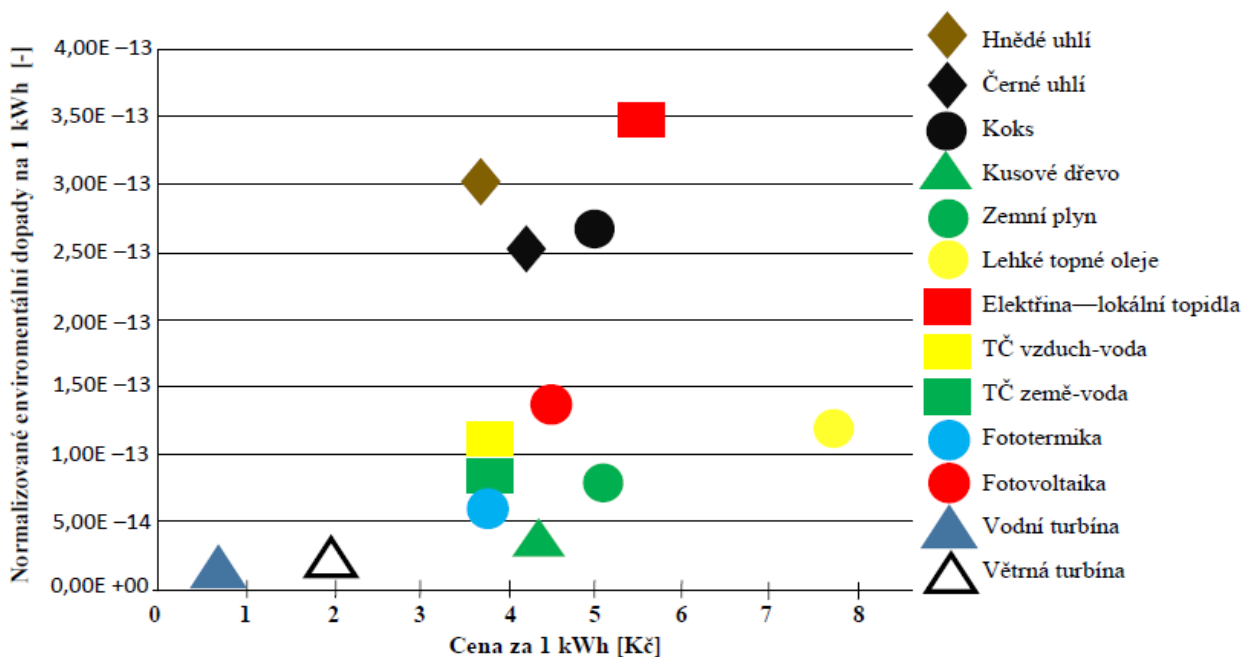
Množství energie potřebné na vytápění je podmíněno souhrnem reakcí vnitřních podmínek stavby (orientace vůči světovým stranám, tepelná izolace objektu, tepelná akumulární schopnost, propustnost slunečního záření průhlednými plochami, větrání) na venkovní povětrnostní vlivy. Při návrzích trvale udržitelných budov se v první řadě snažíme snížit provozní energie na vytápění na minimum. Nestačí vyměnit zdroje energie za „zelenější“. Správným osazením do terénu, výhodným zónováním a dispozicí objektu, kvalitním zateplením objektu, solárními zisky a přirozenou ventilací dosáhneme dobrých výsledků. Poté se zvolí vhodné technologie přeměny energie na teplo a společně s nimi se navrhnu systémy využívání obnovitelných místních energetických zdrojů, které pokrývají zbývající potřebu energií, s vytvářením možných přebytků.

Minimalizace potřeby vytápění však úzce souvisí s energií na přípravu teplé užitkové vody, protože má často vytápění i příprava TUV stejný zdroj energie.

## 10.3. Obnovitelné energie

Obnovitelné energie představují pro člověka téměř „nekonečné“ zdroje energie a často jsou označovány také jako „alternativní“ nebo „nekonvenční“. Jedná se o ryze přírodní zdroje, které se správným způsobem využití získávají energií s minimálním negativním dopadem na životní prostředí. Globálními obnovitelnými energiemi jsou na zemi v různých oblastech a různých intenzitách například slunečné záření, větrná energie, vodní energie, energie biomasy, tepelná energie prostředí, přílivová síla moře, geotermální energie země a jiné další přírodní zdroje. [50] Obnovitelné energetické zdroje můžeme přeměnit na elektrickou energii. Na grafu č. 3 si můžeme prohlédnout, jak obstály jednotlivé zdroje výroby elektrické energie v porovnání normalizovaných environmentálních dopadů a ceny 1 kWh.

**Normalizované environmentální dopady a cena 1 kWh energetických zdrojů používaných v ČR**

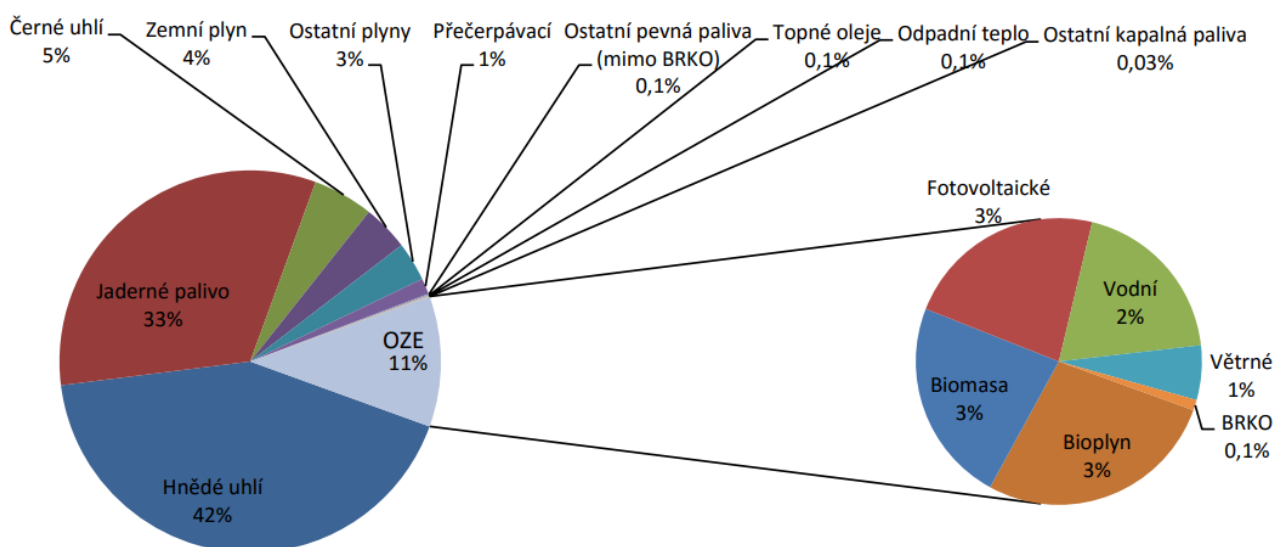


Graf č. 3 – Normalizované environmentální dopady a cena 1 kWh energetických zdrojů používaných v ČR [93]

Z grafu č. 4 je patrné, že i přes širší aplikaci technologií pro získávání obnovitelné elektrické energie tvořil její podíl v ČR v roce 2017 pouze 11 % z celkové výroby primární energie. Důvodem pro tak malý podíl jsou především vysoké investiční náklady a nutnost vyčlenit poměrně velké plochy pro instalaci zařízení, např. fotovoltaických panelů a větrných turbín. Dalšími problémy se jeví kolísání produkce v závislosti na denní době, ročním období a klimatických podmínkách. [49]

Evropa, která však v posledních letech spíše vyčkávala, se nechala zbytkem světa předběhnout. V žebříčku zemí, které nejvíce podporují investice do obnovitelných zdrojů, jsou v první desítce pouze tři státy Evropy. Zato v něm figuruje třeba Chile. [20]

### Podíl paliv a technologií na výrobě elektrické energie v ČR v roce 2017



Graf č. 4 - Podíl paliv a technologií na výrobě elektrické energie v ČR v roce 2017 [49]

Solární prvky se pomalu stávají součástí architektury už přes 20 let, protože v klimatických podmínkách České republiky panují poměrně dobré podmínky na využití solární energie. Ostatní obnovitelné energie, především vodu, vítr a biomasu je možno využít, pokud jsou k dispozici dostatečně výhodné podmínky, jinak se může stát, že zabudovaná energie a emise nebudou nikdy kompenzovány energií vyrobenou. Dle zásad trvalé udržitelnosti by se klasické spalování místního kusového dřeva mohlo upřednostňovat před jinými druhy paliva. Získávání energie z biomasy se více věnuje část 10.7. této práce. [50]

## 10.4. Solární energie

Roční suma globálního slunečního záření v ČR, měřené na vodorovné ploše, se průměrně pohybuje okolo  $1080 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ , přičemž 75 % z tohoto množství připadá na 6 slunných měsíců. Tento druh energie můžeme využít přímou formou pomocí aktivních a pasivních solárních systémů.

### 10.4.1. Pasivní solární systémy

Pasivní solární systémy jsou speciálně koncipované architektonické řešení objektů zaměřené na udržení tepelné vnitřní pohody za využití termodynamických zákonů, fyzikálně-technických vlastností materiálů a přírodních podmínek. Tento jev probíhá bez pomoci dalšího elektrického či mechanického zařízení. Aby byla zaručena funkčnost pasivních solárních systémů, musí se s nimi sladit i samotný koncept budovy. Systém se obvykle skládá z kolektoru, absorberu a regulátoru. Příkladem může být dostatečně velké okno, předsazený skleník nebo sluneční stěna směřující na jih (kolektor). Pronikající světelná energie se setkává s pevnou vnitřní stavební konstrukcí, obvykle podlahou a stěnou (absorbér), akumuluje se do ní ve formě tepelné energie, a ta je poté předávána do místnosti. Pro regulaci teploty slouží větrací otvory a sluneční clony. Konkrétním příkladem takového zařízení může být Trombeho stěna. Jedná se o jednoduchý teplovzdušný kolektor vhodný na výrobu svépomocí. Jde o úzký, 15 – 20 cm široký, předsazený skleník s černě natřenou absorpční plochou a otvory s klapkami umístěnými ve spodní a vrchní části. Toto pasivní zařízení funguje na principu proudění vzduchu díky rozdílným tlakům způsobených rozdílnou teplotou. Uvnitř Trombeho stěny se vzduch ohřeje až na  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  a podle polohy klapky je nasměrován buď do místnosti nebo ven. Zařízení může sloužit jak pro zimní vytápění, tak pro letní chlazení objektu. Přímou na jižní stěně lze využít například volnou fasádu mezi okny. Aby tyto pasivní systémy fungovaly v našich podmínkách, je nutné přesné dimenzování velikosti otvorů, akumulační masy, tepelně izolačních vlastností a druhu zasklení, jinak hrozí přehřívání nebo podchlazování interiéru. Velikost jižních otvorů se určí od velikosti vnitřní akumulační masy a pohybuje se od 25 % do 50 % ovlivněných ploch místností. Zasklení slunečního okna je tvořeno dvoj-, nebo trojsklem vyplněným plynem (argon, krypton) s tepelnou reflexní vrstvou o vysoké propustnosti sluneční energie a světla. U získávání pasivní solární energie jinými stavebními způsoby, například předsazenými skleníky, vnitřními prosklenými pasážemi nebo sluneční stěnou, bude fungovat odlišný druh zasklení a jiná velikost otvorů. Důležitým faktorem pro efektivní využití pasivních solárních energetických zisků je správné ovládání regulátorů. Existují plně automatické systémy nebo systémy plně závislé na ovládaní uživatelem objektu. [50]

V současné době vnikají nové druhy zasklení, například okna s regulovatelnou propustností slunečního záření, skla s fotovoltaickými panely. Bylo by zajímavé porovnat životní cyklus a environmentální dopady obyčejného dřevěného okna s dvojsklem oproti některému z nejmodernějších vynálezů.

Problematika solární architektury je velice rozsáhlá a vydala by na několik samostatných diplomových prací. Velice jasně a srozumitelně je popsána v knize Manuál ekologickej výstavby z roku 2015 od slovenského autora Ing. Arch. Eugena Nagyho. [50]

Prvky solární architektury lze uplatnit jak u rodinných domů, tak u bytových domů, administrativních budov, zemědělských objektů nebo velkých komplexů budov. Technicky neomezené možnosti však musíme korigovat přemýšlením o celkovém environmentálním dopadu zvoleného konstrukčního řešení.

## 10.4.2. Aktivní solární systémy

Aktivní solární systémy jsou solárně-technická zařízení, která jsou vyráběna jako samostatné jednotky a slouží výhradně za účelem úspor. Jsou nezávislé na architektuře objektu, pouze se vhodně osadí a technické zařízení je připraveno zachytávat, předávat a akumulovat energii s poměrně přesnou regulací výstupů.

Dle způsobu přeměny slunečního záření můžeme aktivní zařízení rozdělit do dvou skupin:

- A. Zařízení na přeměnu solárního záření na tepelnou energii
- B. Zařízení na přeměnu solárního záření na elektrickou energii

### **A. Zařízení na přeměnu solárního záření na tepelnou energii**

Lidově se jim říká „solární panely“, odborným názvem solární fototermické kolektory. Tmavá absorpční plocha umístěná na osluněném místě, například střeše, zachytává sluneční energii, přímo jí mění na tepelnou a tuto energii předává tepelnému nosiči. Voda, olej, nemrzoucí kapalina nebo jiná teplotně odolná kapalina dopraví teplo do akumulárního zásobníku, kde svou energii ve výměníku předá vodě. Takto je vyřešený časový odstup výroby tepla od její poptávky v průběhu dne v domácnosti.

Tepelné solární zařízení může plnit funkci ohřevu teplé užitkové vody, vytápění nebo plnit obě funkce zároveň. V našich podmínkách musí být tyto systémy však doplněny o přídatný zdroj tepla, protože v zimních měsících je dodávka tepla z kolektorů nedostatečná. Jako možná kombinace se solárním tepelným zařízením se jeví instalace větrné elektrárny se zavedenou topnou patronou do akumulární nádrže. Avšak pro zachování větší bezpečnosti obyvatel budovy při náhodném selhání technických zařízení, která zajišťují tepelný komfort a produkci TUV je ideální nainstalovat další tepelný pojistný zdroj na tuhá paliva (kotel, krb, krbová vložka) se zavedeným výměníkem do akumulární nádrže.

## **B. Zařízení na přeměnu solárního záření na elektrickou energii**

Tato zařízení se nazývají fotovoltaické (FV) panely. Jsou složeny z fotovoltaických polovodičových článků, které přeměňují přímé sluneční světelné paprsky na jednosměrný elektrický proud. Výhodou je, že se přeměna děje přímo a nevyskytují se provozní ztráty způsobené tepelným a mechanickým mezistupněm turbín a generátorů. I přes to je průměrná účinnost FV panelů cca 12 %. Ročně dodá 1 m<sup>2</sup> fotovoltaického panelu až 130 kWh elektrické energie.

Nevýhodou je prozatím energeticky a finančně náročná výroba panelů, nutnost velkých ploch pokrytých články, a tím pádem i dlouhá doba návratnosti investice. FV systémy lze instalovat na střechy, ale nejčastěji se staví na polích či loukách. Další velkou nevýhodou je nepravidelnost a nestálost dodávky, která je závislá na střídání dne a noci, ročních období a na počasí. Tyto výkyvy mohou poškodit distribuční síť.

Do budoucna se počítá s vývojem, který má přinést velký nárůst účinnosti a výrazné snížení doby návratnosti. Už v současné době masově vyrábí panely například společnost SunPower. Panely řady X (X-21) mají běžnou potvrzenou účinnost 21,5 %. Toto je výsledek 25letého vývoje a testování. O kvalitě také svědčí i 25letá záruka na výkon i na produkt. [66]

## **10.5. Větrná energie**

Nepřímou formou solární energie je energie větrná. Proudění vzduchu vzniká mezi oblastmi s rozdílem tlaku vzduchu, který byl způsoben rozdílem teplot. Historie využití větrné energie v ČR sahá až do 13. století, kdy větrné mlýny mechanicky čerpaly vodu, mlely mouku nebo řezaly dřevo. Dnes se síla větru využívá na výrobu elektrické energie a zachované mechanické větrné mlýny slouží jako muzeum. Na oblast plánovaného umístění zařízení musí být vytvořena podrobná analýza roční průměrné rychlosti větru. Aby bylo zařízení dostatečně účinné, doporučuje se minimální průměrná rychlost větru 4 m/s. V úvahu musíme vzít také lokální překážky ve formě vegetace, budov a terénu. Doporučuje se i analýza geologického podloží pro umístění stožáru. Tato kritéria se vezmou v úvahu při multikriteriální analýze a výstupem bude zvolení nejvýhodnější konfigurace.

Nevýhodou větrných elektráren je proměnlivá rychlost větru, která způsobuje nerovnoměrnou dodávku energie do sítě z hlediska spolehlivosti dodávky. Často je k vidění takzvaná „větrná farma“ soustředující více zařízení, která dodávají elektrický proud rovnoměrněji.

Využití větrné energie jednotlivcem je také možné. Existují malá zařízení od 300 W – 5 kW, která mohou při optimalizaci spotřeby celoročně zásobovat nízkoenergetický dům elektrinou. Soukromou větrnou elektrárnu je vhodné kombinovat se solárním systémem na ohřev vody. Pokud jsou akumulátory plně nabitě, přebytečná elektrická energie je přeměněna topnou patronou

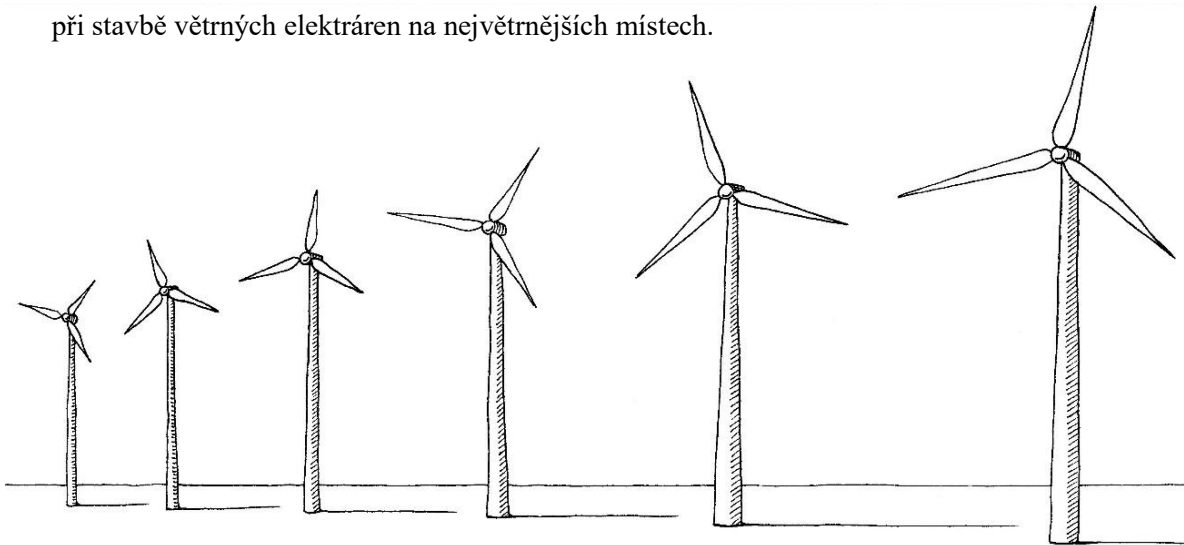


na energii tepelnou a uchovávána ve formě TUV v akumulační nádrži. V zimě je energie větru nejsilnější a energie slunce nejslabší, proto se tyto dva systémy vhodně doplňují. Výhodou je, že neprodukují žádné emise a při lokální distribuci energie se minimalizují přenosové ztráty.

Na trhu již dlouhou dobu figurují turbíny s osou vertikální nebo horizontální a provádí se výzkum na zařízení bez rotační osy, které funguje na principu oscilace tyče ve větru. Každá varianta má své výhody a nevýhody. Srovnávání v absolutních hodnotách není vhodné, protože každý druh zařízení je určený pro jiné aplikace. [57]

### 10.5.1. Turbíny s horizontální osou

Tyto turbíny pracují lépe za silnějších a stálějších větrů, proto je jejich typické umístění na stožárech vysokých přes 100 m. Dokážou dosáhnout maximálního výkonu okolo 7,5 MW. Velké stavby představují i velké množství použitého materiálu, s tím spojenou náročnou přepravu a náročnou instalaci ve vysokých výškách. Poslední části se instalují pomocí vrtulníku nebo jeřábu. Musí panovat příznivé větrné podmínky, aby bylo možné přesně usadit jednotlivé části na sebe. Jinak se celá konstrukce rozkývá a hrozí nebezpečí pádu. Čekat na bezvětří je paradoxem při stavbě větrných elektráren na největrnějších místech.

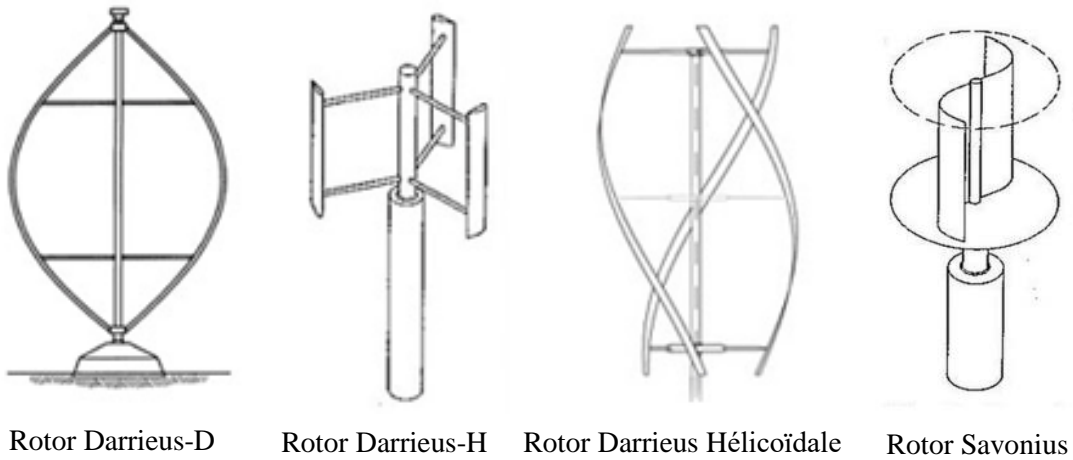


Obrázek č. 5 – Větrné turbíny s horizontální osou (HAWT) [95]

### 10.5.2. Turbíny s vertikální osou

Tyto turbíny jsou méně běžné, ale jejich instalace má na některých místech své opodstatnění. Hodí se tam, kde vítr dosahuje menších průměrných rychlostí a mění sporadicky svůj směr a intenzitu. Minimální rychlost větru na rozběh je výrazně nižší než u horizontálních, postačí  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , ale nominálních výkonů dosahují až při  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Tyto skutečnosti činí větrné elektrárny s vertikální osou (Vertical axis wind turbines – VAWT) vhodné pro aplikaci v zastavěném území.

Nevýhodou jsou však velké ohybové momenty působící na svislý rotor ve spodní části, který způsobuje rychlejší opotřebení ložisek.



Obrázek č. 6 – Větrné turbíny s vertikální osou (VAWT) [96, 97]

### 10.5.3. Vortex bladeless

Vortex Bladeless je technický start up nového typu větrné elektrárny, která nepotřebuje žádné lopatky, ani otáčivé části. Zařízení v podobě kolmo postavené tyče se dá do pohybu na principu aeroelastické rezonance. Osciluje nad základnou tichými přirozenými pohyby a cívky ve spodní části generují elektrický proud. Teoreticky by mělo mít toto zařízení oproti klasickým rotorovým turbínám hned několik výhod. Například nepotřebuje mazivo, nemá rotující opotřebovávané části a zabere malou plochu. Na praktické výsledky si ale budeme muset počkat. Již bylo vyrobeno několik prototypů o různých výkonech, ale do komerčního prodeje se výrobek v roce 2019 ještě určitě nedostane. [58]



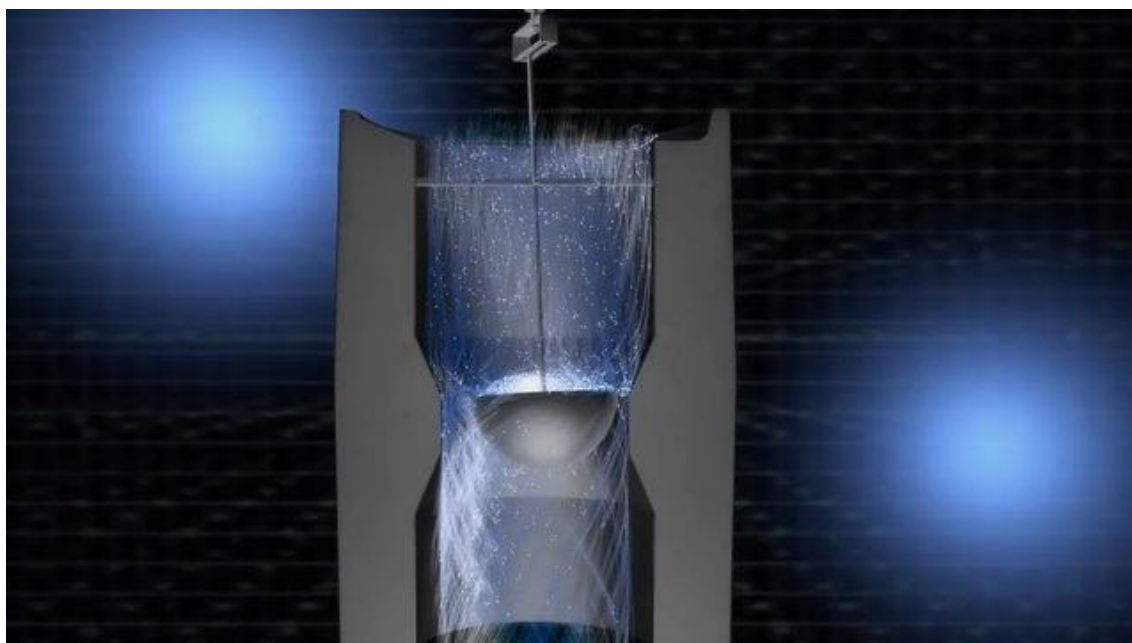
Obrázek č. 7 – Vortex bladeless [58]

## 10.6. Vodní energie

Vodní energie je jeden z nejstarších lidmi využívaných energetických zdrojů. Přeměna energie probíhá s vysokou účinností, bez produkce škodlivých emisí, s minimem odevzdaného odpadního tepla do prostředí. Roku 1848 vynalezl James B. Francis turbínu s účinností 90 % a tím se odstartovalo průmyslové využívání vodní energie na produkci elektrické energie.

Výstavba obrovských vodních děl negativně poznamenala vzhled naší země a tisíce obyvatel se muselo vystěhovat ze svých domovů v zatopených údolích. Dnes víme, že méně je někdy více, a proto by se myšlenky trvale udržitelného užívání vodní energie měly vracet k využívání malých vodních elektráren o výkonu do 1 000 kW, které mají na okolní krajinu minimální negativní dopad. Kritéria pro volbu typu turbíny jsou především výškový spád ( $h$ ) a průtok ( $Q$ ) vodního toku. Pro malé vodní elektrárny (MVE) se používá Propelerová turbína a Kaplanova turbína častěji než Francisova. Celý systém se skládá ze vzdouvacího zařízení, přiváděcího kanálu, stavební části elektrárny, technologického zařízení (vodní kolo nebo lopatky turbíny) a odváděcího kanálu. [50]

V současné době se několik výzkumných organizací zaměřilo právě na mikro vodní elektrárny na malé spády a malé vodní toky pro zásobení jednotlivých budov nebo malých komunit elektrickou energií. Vědec Miroslav Sedláček z ČVUT vynalezl turbínu zcela nové konstrukce. Funguje na principu odvalování a zvládá využít dokonce příliv a odliv moře. [65]



Obrázek č. 8 – Odvalovací turbína Doc. Ing. Miroslava Sedláčka, CSc. [73]

Vynálezce Franz Zotlöterer viděl také potenciál vodní energie i u menších vodních toků s menšími spády a vynalezl gravitační vodní turbínu s vertikální osou. Zařízení se skládá z přívodního kanálu, kruhového základu, turbíny a odváděcího kanálu. Voda je přiváděna kanálem do trychtýře, vytváří se vodní vír, který svou kinetickou energií roztáčí lopatky turbíny. Toto zařízení nejen že vyrábí elektrickou energii, ale má další výhody. Vířením okysličuje vodu a umožní bakteriím pomáhat při jejím čištění. Svou konstrukcí nepředstavují nebezpečí pro ryby a ani nepřerušují průtok řeky, takže není nutné budovat rybí přechody. Při proudění vody skrz trychtýř nedochází ke kavitaci a výrazně se sníží opotřebení turbíny. Jak konstrukce vypadá, si můžeme prohlédnout na obrázku č. 9. I přes svou jednoduchost dosahuje turbína účinnosti okolo 75 %. [69, 70]



Obrázek č. 9 – Vírová vodní turbína v rakouském městě Ober-Grafendorf [69]

## 10.7. Energie biomasy

Biomasa je materiál organického původu, tvoří ho tedy převážně zbytky rostlin. Fosilní paliva se vyskytovala před miliony let na zemi také v podobě materiálu organického původu, vhodného ke spalování. Velké množství navrstvené hmoty, vysoký tlak, teplota a další vhodné podmínky daly vzniknout ropě, uhlí a zemnímu plynu. Můžeme jí tedy začít brát jako „koncentrovanou energii stromů“. Přestože fosilní paliva jsou teoreticky organická biomasa, nejsou považována za obnovitelná, protože za měřítko se bere délka lidského života.

Využitelnou biomasou je v našich podmínkách především dřevo, dřevěný odpad z lesů, dřevozpracujícího průmyslu, odpady ze zemědělství, biologický rozložitelný komunální odpad (BRKO), energetické plodiny, čistírenské kaly atd.

Solární energie se ukládá prostřednictvím odebraného CO<sub>2</sub> ze vzduchu, půdních minerálních látek a vody do rostlin. Chemické ukládání solární energie se nazývá fotosyntéza a projevuje se růstem rostlin. Tuto uloženou energii můžeme využít termochemickou (hoření, zplyňování) nebo biochemickou cestou (anaerobní výroba bioplynu, fermentace). Způsob používání neustále dorůstající biomasy pro získávání energie nemá téměř žádné negativní dopady na životní prostředí a na přírodní koloběh uhlíku. Odebírání CO<sub>2</sub> z ovzduší a jeho navrácení v podobě emisí zůstanou při zodpovědném využívání zdrojů v dlouhodobějším měřítku ve vyváženém poměru.

## 10.71. Termochemická přeměna energie biomasy

Pro zásobování rodinného domu energií z biomasy je nejjednodušší možností využití tradičního spalování dřeva v pecích, kamnech, krbech nebo kotlích. Dřevo může být ve formě klasických polen, větví nebo moderních pilinových briket, pelet a štěpky. Výhřevnosti vybraných paliv si můžeme prohlédnout v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4 – Výhřevnost paliv [50, 51]

Palivo	Výhřevnost [MJ · kg <sup>-1</sup> ]
smrkové dřevo	15,84
dubové dřevo	15,12
dřevěné brikety	15,0 - 19,0
sláma	15,2
slaměné pelety / brikety	12,0 - 17,0
papír	14,1
černé uhlí	21,0 - 29,3
hnědé uhlí	11,0 – 17,0

Nevýhodou dřeva může být nižší výhřevnost oproti fosilním palivům, ale tuto skutečnost vyváží nižší cena palivového dřeva a lokální dostupnost. Dalšími nevýhodami získávání tepelné energie spalováním dřeva mohou být prostorové nároky na jeho uskladnění a nutná uživatelská spolupráce při přípravě zásob a při obsluze spalovacího zařízení.

Zplyňování dřeva je také možnost, jak využít energií biomasy, ale zplyňovací kotle jsou poměrně složitá zařízení, náročná na výrobu, a na svůj provoz potřebují elektrickou energii. Nehodí se jako záložní zdroj a instalace dvou zařízení na spalování dřeva je zbytečná.

### 10.7.1.1. Sálavá kamna

Sálavá kamna na kusové dřevo jsou z trhu vytlačována zařízeními, která mají snadno a dynamicky regulovatelný výkon. Tato skutečnost je způsobena zvyšujícími se nároky na energetickou úsporu a lidské pohodlí. Správně navržená těžká akumulární kamna jsou však velice výhodným zdrojem tepelné energie v přírodních stavbách, kde mnoho pozitivních vlastností ocení přírodně smýšlející jedinci. Po roztopení dokáže tepelná akumulární masa kamen rozložit relativně vysoký okamžitý výkon do delšího časového horizontu, a tak je objekt zásobován teplem lineárně, souběžně s lineárními tepelnými ztrátami po dobu až 24 hodin.

Jednotlivých druhů tepelně akumulárních kamen existuje velké množství. Základní členění je na lehká, středně těžká a těžká kamna, další podle konstrukčního systému, použitého materiálu spalovací komory a použitého povrchového materiálu.

Prvotními kroky při návrhu akumulárních kamen je výpočet potřeby tepla v místnosti nebo objektu, například podle normy ČSN 734231. Navržený výkon kamen by měl být mírně větší nebo roven výsledné tepelné ztrátě místnosti.

Pro nejlepší výsledky, týkající se funkčních vlastností, ale i estetického provedení, musíme oslovit pouze prověřené a zručné kamnáře. Ti provedou na základě prostorových informací od investora základní návrh tvaru, typu a velikosti kamen. Pro kompletní výpočty můžou kamnáři využít od srpna 2013 novou českou normu ČSN EN 15544 -Kachlová nebo zděná kamna – Dimenzování. Důležitou roli hraje plocha akumulárního pláště, tepelně-technické výpočty topeniště, keramických tahů, výměníků a mnoho dalšího.

Známé metody pro návrh kamen spadající do historie kamnářského řemesla jsou například:

- Metoda tahu – délka tahu je stejná jako délka úhlopříčky místnosti,
- metoda 1:16 – 1 m<sup>2</sup> plochy kamen je schopen vytopit 16 až 20 m<sup>3</sup>,
- metoda 1:1:1 – 1 m<sup>2</sup> plochy kamen na 1 m tahu na 1 kW.

Problematika akumulárních kamen na kusové dřevo je obtížná a velice rozsáhlá. Aby byla zaručena správná funkčnost, vždy je zapotřebí návrh i zpracování svěřit odborníkovi. Správně postavená však mohou životností překonat i samotnou stavbu. Další výhodou je dlouhá spalinová cesta, která napomáhá dosáhnout relativně vysoké účinnosti (lehce přes 78 %) a relativně nízké produkci emisí v porovnání s krby a krbovými vložkami. Pohledově je možné vzhled přizpůsobit jakémukoliv interiéru.

Mezi nevýhody kamen patří především jejich prostorová náročnost, nemožnost regulace výkonu a vyšší cena, která se pohybuje od 60 000 Kč výše, ale běžně kolem 200 000 Kč. [100]

## 10.7.2. Biochemická přeměna energie biomasy

Biochemickou přeměnou organického odpadu v uzavřených nádržích vzniká bioplyn. Zásahu na tom mají anaerobní bakterie, které rozkládají organický odpad na anorganické látky a plyn. Nejvhodnějším odpadem je chlévská mrva a biologické zbytky ze zemědělské výroby. Z praxe víme, že tento kontinuální proces se lépe udržuje při velkých objemech, proto se v ČR vybuřovalo do roku 2018 přes 555 bioplynových stanic. [50, 52]

### 10.7.2.1. Domáci bioplynová stanice

Existují ale domácí bioplynové stanice, které využívají kuchyňský odpad a umí vyrobit plyn, který lze použít na vaření. Zbytky z domácí bioplynové stanice lze využít jako hnojivo.

S tímto vynálezem mikrobioplynové stanice přišel izraelský startup HomeBiogas. Zboží lze objednat v e-shopu a rozložit podle návodu na zahradě nebo na střeše. Zařízení potřebuje dostatečnou okolní teplotu, aby bakterie mohly přeměnit odpad na plyn. Nepotřebuje však žádnou elektrickou energii a funguje čistě na mechanických a biologických principech. Vzhled domácí bioplynové stanice si můžeme prohlédnout na obrázku č. 10.



Obrázek č. 10 – Domáci bioplynová stanice HomeBiogas [88]

Ředitel společnosti Oshik Efrati míří na dva trhy současně a snaží se oslovit zákazníky z rozvojových zemí, jejichž domácnosti jsou závislé na spalování uhlí nebo dřeva a také na zákazníky z rozvinutých zemí, kteří si uvědomují potřebu zodpovědného přístupu k životu na planetě. [62]

### 10.7.2.2. Biomilř

V polovině 20. století byl vynalezen Jeanem Painem systém k získávání tepla z kompostu, který byl nazván „Biomilř“. Celé zařízení je velice jednoduché, efektivní, bezodpadové, ekologické, bezpečné, nenáročné na materiál, levné, nezávislé, ideální na stavbu svépomocí a funguje pouze na přírodních principech. Je zobrazeno na obrázku č. 11.

Zařízení se skládá z nádob naplněných kejdou, které jsou omotané hadicemi, ve které proudí teplovodní kapalina nebo voda. Nádoby jsou s odstupem obestavěny menšími balíky slámy a celý prostor je vrchovatě naplněn organickými kompostovatelnými zbytky. Za několik dní začne vznikat biochemickou přeměnou organického odpadu teplo, které je odebíráno kapalinou v hadici a předáváno na námi určené místo. Tímto jednoduchým způsobem lze získat teplou vodu o teplotě přibližně 50-60 °C a vytápět s ní například bazény, skleníky i menší rodinné domy. Po ukončení biochemické reakce, která trvá přibližně 8-18 měsíců, se zařízení znovu odkryje, zkompostovaný materiál se použije na přihnojení zeleně a zařízení je připraveno na další cyklus. V průběhu procesu kompostování a odebírání tepla je vhodné schraňovat další organický materiál, a tak zajistit téměř kontinuální ekologický zdroj tepla.

Po celém světě existuje mnoho malých projektů, které tuto technologii nebo její modifikace používají. Je totiž téměř zdarma, zpracovává organický odpad, a zároveň vytváří teplo a kompost. Pro ekologickou výstavbu je toto zařízení ideálním doplňkovým zdrojem tepla.



Obrázek č. 11 – Biomilř podle Jeana Paina [87]



## 10.8. Energie prostředí

Jedná se o tepelnou energii naakumulovanou ve vodě, zemi nebo vzduchu. Využít přímo můžeme geotermální prameny, ale k získání nízkopotencionálního tepla z okolí musíme použít zařízení zvaná tepelná čerpadla.

### 10.8.1. Tepelná čerpadla

Princip fungování tepelného čerpadla je stejný jako u chladničky. Ta odebírá teplo potravinám uvnitř a předává ho přes chladič na zadní straně do místnosti. Podobně odebírá tepelné čerpadlo teplo z okolí. Ze 2 °C se stlačením odpařované kapaliny v kompresoru předává topnému médiu tepelná energie o teplotě okolo 50 °C. Výběr druhu čerpadla by měl brát v úvahu vhodnost geologických a hydrologických podmínek, s ohledem na investiční možnosti.

Tepelná čerpadla se rozdělují podle typu média, ze kterého odebírají tepelnou energii.

Teplo ze vzduchu:

- Vzduch – vzduch
- Vzduch – voda
- Větraný vzduch – voda

Teplo z vody:

- Voda – voda (studny)
- Voda – voda (vodní plochy)

Teplo ze země:

- Země – voda (plochy)
- Země – voda (vrty)

Důležitým parametrem při výběru konkrétního zařízení je topný faktor, který představuje poměr mezi dodanou elektrickou energií a vytvořenou tepelnou energií. Průměrný roční topný faktor různých typů tepelných čerpadel se pohybuje v rozmezí od 2 do 5. Čím vyšší faktor, tím více vyrobí tepla ze spotřebované elektrické energie na svůj provoz.

Zařízení mají i pár nevýhod. Jsou poměrně složitá na konstrukci, skládají se z mnoha součástí a potřebují ke svému provozu elektrický proud. Pro zabezpečení tepelného komfortu uvnitř budovy při výpadcích proudu je vhodné objekt doplnit záložním tepelným zdrojem, který však vyžaduje další investice. Proto je při návrhu RD vhodné zvážit, zda nepostačí pouze jeden zdroj tepla, nezávislý na elektrickém proudu. Široké využití tepelných čerpadel je však při budování větších komerčních budov pro bydlení, výrobu nebo služby. Tam je použití tepelného čerpadla výhodnější s nižší návratností, než je občas plánováno.

Dostatečně vysvětlené výhody a nevýhody každé zvolené varianty jsou popsány na webové stránce [www.cerpadla-ivt.cz](http://www.cerpadla-ivt.cz) v sekci „Typy tepelných čerpadel“. Podrobnější informace pro ujasnění výběru typu čerpadla je možné nastudovat v publikaci uvedené v seznamu literatury pod číslem [60, 61].

## 11. Materiálové hospodářství

Stavební materiály lze uchopit jako zabudované energie a zabudované emise. Zdroje materiálů můžeme rozdělit na obnovitelné a neobnovitelné. Hranice nemusí být zřetelná, ale často je uváděna hranice délky lidského života. Obnovitelné suroviny lze získávat pravidelně, ale pouze pokud jsou umožněny podmínky na produkci těchto surovin, protože je většina z nich závislá na sluneční energii a využívá fotosyntézu. Neobnovitelné suroviny můžeme získat pouze jednou a jsou limitovány, například ocel, ropa, ale v některých regionech také kámen, písek a štěrk.

Ekosystém Země je uzavřený koloběh s neustálou materiálovou a energetickou přeměnou, ve které figurují organismy a neživé materiály, a jedinou dodávanou energií je ta sluneční. V neporušeném ekosystému probíhá neustálá recyklace všech materiálových zdrojů, ale vědci z Wuppertalského institutu pro klima, životní prostředí a energii, kteří se zabývají také materiálovými cykly, dospěli dle vědeckých studií k závěru, že je Země na pokraji svých sil a hrozí kolaps celého přírodního systému. Země už nezvládá odolávat lidským zásahům do energetických toků. Lidé mají na planetu 2x větší vliv než všechny přírodní katastrofy dohromady. [20, 63]

Při návrhu ideální kombinace materiálů podle typu místního klimatu, by měla být pozornost zaměřena na co nejvyšší podíl použitých obnovitelných materiálů, na optimalizaci návrhu a minimalizaci objemů konstrukcí, na co nejdelší životnost, na co nejmenší energetickou a uhlíkovou stopu materiálu, na možnost jeho recyklace, a také na vzdálenost dopravovaných materiálů od místa stavby. Při správném hospodaření s krajinou a efektivním využívání rostlinných obnovitelných produktů je trvalá udržitelnost materiálových zdrojů reálně představitelná.

Měl by se začít uplatňovat princip „Mysli globálně, konej lokálně“ a vrátit se k uplatňování obnovitelných materiálových zdrojů, které není obtížné znovu začlenit do přírodních koloběhů. [20, 63]

V tabulce č. 5 si můžeme prohlédnout materiálové rezervy neobnovitelných surovin při zachování současného trendu hospodaření se surovinami. Je absurdní, že zásoby nerostných surovin se tvořily a uchovávaly miliardy let, a s příchodem civilizace dojdou během několika málo generací naší existence.

Tabulka č. 5 – Světové rezervy neobnovitelných surovin vztažené k roku 2008 [63]

Surovina	Rezerva [roky]
Bauxit	141
Chrom	25
Měď	31
Železo	95
Olovo	20
Vápenec	Velmi velká rezerva
Křemen	Velká rezerva
Hlína	Velmi velká rezerva
Cín	22
Zinek	22
Ropa	49

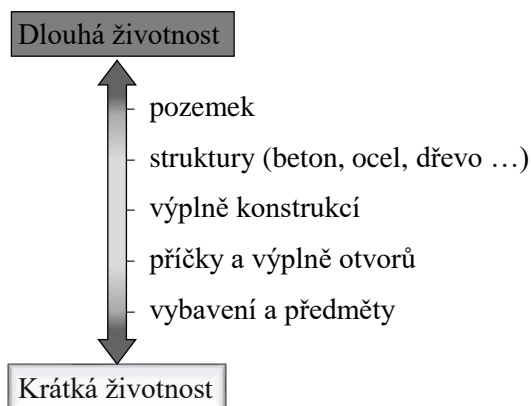
## 11.1. Redukce množství materiálů

Zvýšená spotřeba materiálových zdrojů způsobuje rozsáhlé problémy, které se projevují znečištěním ovzduší, vody, půdy nebo radioaktivitou. Trvalé udržitelnosti dosáhneme pouze drastickou redukcí používaných primárních nerostných surovin a maximální recyklací všech výrobků a hmot. Konstrukční systémy vždy vyžadují nějaké množství materiálu, to však můžeme optimalizovat, jako například u příhradové konstrukce, nebo odlehčováním, jako se děje u pórobetonů a lehčených cihel. Redukce hmotnosti konstrukcí má také vliv na velikost základů budovy.

Na spotřebu materiálu má velký vliv i velikost objektu. Jak již bylo v práci zmíněno, obytná podlahová plocha se od poloviny 20. století zdvojnásobila, což mělo za následek téměř dvojnásobný nárůst spotřeby materiálů na zajištění těch stejných životních potřeb jako před 60 lety. Návrhy trvale udržitelných budov by tedy měly opět přistoupit ke zmenšování prostorů, šetření přírodních zdrojů planety a finančních zdrojů investora.

## 11.2. Životnost materiálů

Materiály související s budovou můžeme rozdělit na základě životnosti [20]:



Životnost materiálů hraje důležitou roli při navrhování konstrukcí, ale také při volbě vnitřního vybavení a předmětů. Je logické, že na dlouhotrvající prvky budov musíme použít takové materiály, abychom zajistili bezpečnost a stabilitu po celou dobu užívání objektu. Trvale udržitelné návrhy budov by ale měly myslet i na dlouhou životnost a kvalitu všech používaných nástrojů, technických zařízení i zařizovacích předmětů.

I ve stavebnictví platí: “Nejsem tak bohatý, abych si mohl kupovat levné věci.“ Návrhem kvalitní, ale zpočátku finančně náročnější varianty lze předejít zbytečným nákladům v průběhu času. Nekvalitní výrobky potřebují za stejně dlouhé období zvýšené náklady na údržbu, opravu nebo výměnu, zatímco ty kvalitní stále slouží svému účelu bez nutných zásahů. [20]

K novému nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky uvádění stavebních výrobků na trh, přibyl sedmý požadavek na udržitelné využívání přírodních zdrojů, který stanovuje, že:

*"Stavba musí být navržena, provedena a zbourána takovým způsobem, aby bylo zajištěno udržitelné využití přírodních zdrojů a zejména:*

- a) opětovné využití nebo recyklovatelnost staveb, použitých materiálů a částí po zbourání;*
- b) životnost staveb;*
- c) použití surovin a druhotných materiálů šetrných k životnímu prostředí při stavbě.“<sup>[4]</sup>*

---

<sup>[4]</sup> NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011 [online]. In: 4. 4. 2011 [cit 2018-11-14]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:CS:PDF>

Základní metodikou pro hodnocení životního cyklu budov a environmentální kvality produktu je hodnocení životního cyklu – LCA (Life Cycle Assessment). Tato metodika je použitelná na jakýkoliv produkt lidské činnosti, tedy i budovy a stavební materiály.

V současné době se životními cykly zabývají výzkumné ústavy, univerzity a některými nástroji hodnocení se zabývá i celá řada norem, například:

- ČSN ISO 14025 – Environmentální značky a prohlášení - Environmentální prohlášení typu III - Zásady a postupy
- prEN 15804 – Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products
- TNI CEN/TR 15941 – Udržitelnost staveb. Environmentální prohlášení o produktu – Metodologie výběru a použití generických dat [64]

## 11.3. Recyklace materiálů

Šetřit přírodní zdroje můžeme tak, že začneme více recyklovat. Tyto materiály se označují jako druhotné suroviny, ale v našem zákonu o odpadech, č. 185/2001 Sb. není pojem „druhotná surovina“ definovaný dodnes. Druhotné suroviny vznikají lidskou činností jako vedlejší produkty výroby nebo vznikají úmyslným tříděním a recyklací. Můžeme je využít v procesu výroby jako náhradu za primární suroviny, ale tyto materiály budou stále v zákonném režimu pro odpad, který vyžaduje mnoho zmocňovacích ustanovení a předpisů pro legální použití recyklovaného materiálu. [34, 67, 68]

Při recyklování se rozlišují různé stupně recyklace a odpadní materiály se dělí na:

- Znovu použitelné,
- plnohodnotně recyklovatelné,
- částečně recyklovatelné,
- nerecyklovatelné.

Některé druhy odpadů jsou odděleně sbírány a recyklovány automaticky, například kovy a sklo. Splňují totiž předpoklady pro ekonomickou výhodnost a cíl podnikatelů, a to zvýšení výnosu z výroby díky sníženým nákladům za primární suroviny. V takových průmyslových odvětvích, ve kterých není výhodné odpad znovu používat, musí stát přispívat finanční částkou nebo jakýmsi zvýhodněním, aby subjekty odpad znovu používaly jako druhotnou surovinu, protože bez podpory by nebyla recyklace finančně efektivní. Při návrhu trvale udržitelných budov bychom tedy měli zapřemýšlet nad možnostmi recyklace jednotlivých materiálů. Místo nerecyklovatelných začít používat ty znovu použitelné a maximálně recyklovatelné. [67, 68]

## 11.4. Doprava materiálů

Aby se co nejvíce minimalizovaly environmentální dopady stavební produkce, měla by se omezit doprava stavebních materiálů z velkých dálek a místo nich používat materiály lokální, jako je dřevo, kámen, hlína, vápno a další. U plastů a kovů jsou negativní dopady přepravy nezanedbatelné, protože dopravní vzdálenost může v některých případech dosahovat až 10 000 km. Použitím lokálních zdrojů, nejen stavebního materiálu, ale například také potravin, se sníží závislost na zahraničních dodavatelích a posílí se místní trh.

Před průmyslovou revolucí byly možnosti dopravy obtížné, a proto se raději hospodařilo se surovinami místními. S vývojem moderních technologií se zefektivnila výroba, zvýšily se objemy produkce a při dnešním otevřeném trhu a snadných levných možnostech dopravy jsou preferovány levné kompozity dovážené z velkých dálek, přitom právě doprava může mít větší negativní dopad na životní prostředí než samotná výroba. [50, 93]

## 11.5. Obaly materiálů

S vývojem průmyslově vyráběných materiálů se začaly používat jednorázové obaly na prefabrikované výrobky ve velké míře. Některé obaly jsou však naprosto zbytečné, slouží pouze jako reklama výrobce a na dopravu výrobku na staveniště nemají žádný vliv. Tuto skutečnost asi nezměníme, ale můžeme se zasadit o vznesení požadavků na kompletně ekologické a recyklovatelné materiály obalů. Nyní se obaly vyrábí z různých materiálů jako papír, vlnitá lepenka, polypropylén, polystyrén, polyetylény, nebo materiály kombinované, které představují velkou zátěž pro životní prostředí a je zapotřebí mnoho energie na jejich likvidaci, nebo recyklaci. Od roku 2002 je v České republice platný Zákon o obalech č. 477/2001 Sb., který si dává za cíl komplexně vyřešit problematiku obalů a obalových odpadů v souladu se Zákonem o odpadech č. 185/2001 Sb.

Na základě transpozice legislativy EU ukládá Zákon o obalech č. 477/2001 Sb. povinným osobám (výrobce, dovozce, distributorům a prodejce) převzít zodpovědnost za obal. Myšlenka je taková, že právě osoby uvádějící výrobky na trh mohou již v zárodku přemýšlet nad takovými materiály a způsoby obalů, které sníží negativní dopad na životní prostředí při nakládání s odpady. V příloze č. 3 výše zmíněného zákona je stanoven minimální hmotnostní podíl povinně recyklovatelných obalů, který by měl od 1. 1. 2020 činit alespoň 70 %. [50, 91, 92]

## 11.6. Trvale udržitelné materiály

Trvale udržitelné materiály jsou v této kapitole vybrány na základě předchozích kritérií, viz kapitoly 11.1. až 11.5. V úvahu se bere přírodní původ materiálu, obnovitelnost, délka životnosti, možnosti recyklace materiálu, náklady na přepravu, množství obalů a hmotnost materiálu. Čím méně se budou výchozí suroviny zpracovávat, tím méně energie se spotřebuje na vyhotovení stavebního výrobku, a tím bude udržitelnější. Je vhodné dávat pozor na reklamní triky společností, které překrucují realitu, prezentují materiál jako trvale udržitelný, zelený a ekologický. Certifikát má prokázat výhodu nad ostatními, ale pro různé produkty jsou často stupnice hodnotících kritérií nastavena přesně tak, aby produkt prospěl s certifikátem a do trvalé udržitelnosti má daleko. Na stránce [www.ecolabelindex.com](http://www.ecolabelindex.com) si můžeme zjistit podrobnější informace o všech 463 eko-značkách.

V této kapitole jsou uvedeny materiály, které jsou bezesporu trvale udržitelné, běžně dostupné a s minimálními nároky na zpracování. Přírodní materiály mají velký potenciál v moderním trvale udržitelném stavitelství. Pro typického českého investora představují náklady na výstavbu stále důležité kritérium při volbě materiálů. Tato skutečnost znamená pro přírodní materiály výhodu, protože jejich pořizovací cena může být velice nízká, neboť se v některých případech jedná o odpadní suroviny z jiných průmyslových odvětví, například vlna nebo sláma.

### 11.6.1. Dřevo

Dřevo je nejstarší a nejdůležitější trvale udržitelný materiál. Je obnovitelné, protože neustále dorůstá, je znovupoužitelné, tvarovatelné, dřevěný odpad lze spalovat nebo kompostovat a navrátit ho do přírodního koloběhu. Samotný růst stromů je důležitý pro zachování příznivého prostředí, protože stromy produkují kyslík, odebírají oxid uhličitý, zvyšují vlhkost vzduchu a zachytávají prachové částice. V porovnání s jinými konstrukčními materiály je dřevo nejuniverzálnější materiálový zdroj ve stavebnictví. Ze dřeva lze postavit dům od podlahy po střechu. Surové kmeny lze opracovat s poměrně malou energetickou náročností na stavební trámy, fošny, prkna a další. Dřevo nevylučuje do prostředí žádné škodlivé látky, je nezávislé na světovém obchodu, cenově dostupné, lehké na manipulaci a má výborné fyzikální vlastnosti.

Dřevo je anizotropní materiál, což znamená, že v různých směrech má různé vlastnosti. Struktura z dlouhých vláken a pravoúhlých buněk dává dřevu dostatečnou elasticitu a pevnost v kolmém směru na vlákna. Jednotlivé druhy dřeva mají lehce odlišné vlastnosti, a proto se každý hodí pro jiné účely. V tabulce č. 6 jsou vypsány vybrané druhy lokálně dostupných dřevin, jejich fyzikální vlastnosti a možnosti využití ve stavebnictví.

Tabulka č. 6 –Vybrané druhy dřevin, jejich vlastnosti a možnosti využití ve stavebnictví [63]

Druh dřeviny (latinský název)	Vlastnosti dřeva	Možnosti využití
Smrk ( <i>Picea</i> )	měkké, pružné, středně tvrdé, citlivé na vlhkost, lehce opracovatelné	konstrukce, obložení, výroba dřevotřísek a dřevovláknitých desek
Borovice ( <i>Pinus</i> )	měkké, pružné, pevné, odolné, lehce opracovatelné, trvanlivější než smrk	konstrukce, podlahy, obložení, okna, dveře, základy pod terénem
Buk ( <i>Fagus</i> )	tvrdé, pevné, málo pružné, přesto tvarovatelné	podlahy, zábradlí, menší konstrukce, vnitřní obložení, ohýbaný nábytek, schodiště
Dub ( <i>Quercus</i> )	těžké, tvrdé, odolné, tendence ke kroucení, těžko opracovatelné, odolné vodě, vlhkosti, škůdcům	piloty v zavodněném prostředí, menší konstrukce, podlahy, okna, dveře, prahy, střechy, obložení, nábytek, schodiště
Modřín ( <i>Larix</i> )	tvrdé, pevné, velmi odolné proti vlhkosti a vodě, jednoduše opracovatelné	terasy, střechy, dveře, okna, okapní žlaby, pohledové krovky, venkovní obložení, šindel
Olše lepkavá ( <i>Alnus glutinosa</i> )	dlouhá životnost pod vodou, jednoduché opracování, ohebné, lehké, křehké	pilíře, okapní žlaby a okapy, překližky, vnitřní obložení

Současný dřevařský průmysl se zaměřuje na výnosnost a množství biomasy. Proto je dnes běžné vidět monokultury smrků i v nížinách, kde se přirozeně nevyskytují. Monokulturní pěstování smrků zakyseluje půdu, ale monokulturní pěstování jakéhokoliv druhu vede ke ztrátě biodiverzity. Ekologové takovým lesům říkají „zelená poušť“. Tento proces se děje po celé planetě v různém měřítku. Na zamyšlení je vypalování deštného pralesa v Malajsii a Indonésii, který bude nahrazen plantážemi palmy olejné. Většina monokultur ohrožuje i vodní ekosystém. Zvyšuje se pravděpodobnost vodní eroze půdy, při níž je nejméně 10 cm vrstva splavována do potoků a řek. Zde svým chemickým složením ohrožuje kvalitu vody a stabilitu vodního ekosystému.

Péče o les je velice složitý a komplexní vědní obor, ale existuje pár obecných zásad. Důležité je dodržovat variabilitu druhů dřevin a kácet průběžně, aby les mohl postupně regenerovat. Z hlediska globálních změn se nejspíše začne klást větší důraz i na jímací kapacity CO<sub>2</sub> jednotlivých druhů dřevin. Například u smrku se zpomalí přijímání CO<sub>2</sub> prokazatelně dříve než u borovice, proto je z tohoto hlediska výhodnější nechávat borovice růst oproti smrkům déle. [63]



*„Kvalifikovaný odhad vycházející z dlouhodobých statistik udává, že na 100 kg vytěženého užitkového dřeva zůstává 78 kg dřevního odpadu, který zahrnuje větve, vrcholky stromů a kmeny slabší než 7 cm, listovou zeleň, kůru, prořez a pařezy. Kmen tvoří 60 - 65 % dřevní hmoty.“<sup>[5]</sup>*

Ze dřevěného odpadu, například odřezků, pilin, větví, nebo štěpky, lze vyrábět variabilní stavební výrobky jako například dřevovláknité, dřevotřískové a kůrové izolační desky. Na jejich výrobu se však v minulosti používala syntetická pojiva, ze kterých může docházet k uvolňování zdraví škodlivých látek, například formaldehydu. V současné době existuje mnoho ekologicky příznivých technologií na zpracování dřevěného odpadu, které využívají pouze lisování pod vysokým tlakem bez aditiv nebo s organickými pojivy. [63, 68].

Ochranu dřeva pro prodloužení životnosti můžeme provádět různými impregnacemi, nátěry a vosky. Trvale udržitelné a ekologické je především používání tuzemských přírodních konopných a lněných olejů a včelích vosků.

## 11.6.2. Sláma

V zemědělství se používá sláma v největší míře jako stelivo pro hospodářská zvířata. Současná živočišná výroba ve Evropě přechází k chovům bez podestýlky, a tak vzniká velké množství přebytečné slámy. Přebytečná sláma se může zaorat přímo na místě a tím doplnit do půdy biomasu. Nesprávnými zemědělskými postupy však může úrodnost půdy zhoršit. Další možností je zpracovat slámu na výrobu energie spalováním, nebo přeměnou na bioplyn.

Velice výhodnou možností hned z několika úhlů pohledu je použití přebytečné slámy jako stavebního materiálu. Sláma se používá v různé míře ve stavebnictví od pradávných časů. Slouží jako tepelná izolace a zároveň jako nenosný výplňový konstrukční prvek zdí, podlah a střeš. Použitím slámy místo konvenčně vyráběných materiálů se sníží ekologická stopa výstavby a ulehčí se následná demolice.

V České republice není legislativou povolena výstavba samonosné slaměné konstrukce. Situace je rozdílná například v Kanadě nebo Austrálii, kde stojí samonosných slamáků tisíce. U nás však musí mít dům vždy nosnou kostru z certifikovaných materiálů a slámu lze použít pouze jako výplň rámových konstrukcí.

*„Databáze na stránce ekologického sdružení veronica.cz obsahuje seznam 50 staveb slaměných domů v České republice se základními informacemi o stavbě, konstrukci, průběhu stavby a lokalitě. Dále pak kontakt na majitele, rok realizace a informace o možnostech návštěvy. Lze se domnívat, že počet slaměných domů postavených na našem území je daleko vyšší, jenom majitelé*

---

<sup>[5]</sup> KRENÍKOVÁ, Věra. Odpady a druhotné suroviny I. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-869-9.

*o svém skvostu taktně mlčí...Na jeden slaměný dům o zastavěné ploše 150 m<sup>2</sup> a tloušťce stěny 500 mm se spotřebuje na zateplení podlahy, stěn i sedlové střechy asi 1 350 ks hranatých balíků, to je přibližně 162 m<sup>3</sup>. Při roční produkci 2,64 miliónů tun přebytečné slámy bychom mohli postavit ročně přes 150 000 slaměných domů a tím šetřit vyčerpitelné nerostné suroviny při výrobě konvenčních stavebních materiálů jako jsou cihly, cement, beton, vápno a další.“<sup>[6]</sup>*

Sláma byla předmětem několika výzkumů. John Glassford testoval v roce 1999 průměrný zvukový útlum omítnuté slaměné stěny z balíků, který činil 43 – 49 dB.

Ve spolupráci se zkušebními laboratořemi VUT FAST zkoumal Ing. Jiří Teslík z Ostravské technické univerzity tepelně izolační vlastnosti drcené slámy. Bylo dokázáno, že drcená foukaná sláma je kvalitní tepelná izolace srovnatelná s jinými přírodními materiály, ale vyžaduje o 40 % vyšší objemovou hmotnost oproti celulóze nebo vlně, při stejných izolačních vlastnostech. Ostravskou laboratoří TZUS byl při objemové hmotnosti 90 – 110 kg·m<sup>-3</sup> stanoven průměrný součinitel tepelné vodivosti slámy na  $\lambda = 0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Testy požární odolnosti byly pro všechny překvapením. I když sláma spadá do skupiny DP3 – hořlavý materiál, má slaměná stěna požární odolnost 90 minut bez jakýchkoliv retardérů hoření. Je velká škoda, že se musí vědecky ověřovat skutečnosti, které byly vyvíjeny a testovány po desítky generací.

Několik komerčních firem, jako EKOPANELY SERVIS s.r.o. z Přelouče, Ekodesky Stramit s.r.o., nebo SLAMAFLEX se chopily příležitosti využít odpadní slámu pro výrobu slaměných panelů. Ty jsou vyráběny lisováním bez aditiv a polepeny recyklovaným kartonem. Výhodou těchto panelů je rychlost výstavby.

V současnosti je sláma materiálem, který prochází reformou. Jeho použití si oblíbily permakulturní a ekologické komunity, které se snaží o trvalou udržitelnost.

Sláma má mnoho výhod a jedna z nich je její cena. Obvyklá cena velkého kulatého balíku slámy o průměru 120 cm se pohybuje od 150 – 300 Kč, hranatého balíku o rozměrech podle velikosti mezi 10 – 50 Kč. Při dohodě s místním zemědělcem ji však můžete získat úplně zdarma. Kulaté balíky se většinou hojně využívají při výrobě slaměné řezanky, která slouží jako příměs do hliněných směsí, nebo se kulaté balíky přebalíkují na hranaté v místě stavby.

Ideální rozměry balíku na výplň konstrukcí jsou hranoly o velikosti 400 x 500 x 600 mm s objemovou hmotností 90 kg·m<sup>-3</sup>. Další výhodou je její hmotnost a poměrně snadná manipulace, kdy práci mohou zvládnout všichni členové rodiny. Sláma je tvořena převážně celulózou, a pokud je chráněna před vlhkostí a sluncem, vydrží stovky let. Krátkodobé působení extrémní vlhkosti,

---

<sup>[6]</sup> DVOŘÁK, Jakub. Využití alternativních surovinových zdrojů ve stavebnictví. Brno, 2017. 68 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.

například porucha na vnitřních rozvodech vody, nemá i přes organický původ slámy destruktivní účinky. Díky difúzně otevřené skladbě stěn slaměných budov bude vlhkost postupně odvětrána pryč a konstrukce bude nadále plnit svou funkci.

Sláma má však několik zásadních nevýhod. Pokud nebudeme slámu chránit před dlouhotrvající vlhkostí, napadnou ji houby, jiní biotičtí činitelé a rychle shnije. Celá konstrukce se poté může stát nestabilní. Další nevýhodou slámy je její sezónní dostupnost, tedy pouze v době žní. Ale to možná právě svépomocnému stavebníkovi vyhovuje, neb může stihnout do léta postavit základovou, nosnou a střešní konstrukci. [50, 68]

### 11.6.3. Další organické materiály

Organické materiály vhodné pro výstavbu můžeme rozdělit na:

- vláknité – konopí, len, juta, sisal, korek, kokosová vlákna, dřevěná vlna, mořská tráva, kůra stromů, sláma, rákos, ovčí vlna, celulóza a další,
- olejné – len, slunečnice, světlice barvířská, skočec obecný, konopí, ostropestřec.

Z vláknitých organických materiálů dostupných v ČR se vyrábí tyto tepelné a zvukové izolace:

- Celulózová foukaná izolace – jedná se o rozvlákněný starý papír, proti hořlavosti a plísním se napouští boraxem apod., obsahuje stopové prvky těžkých kovů z tiskařských barev, má vhodnou konzistenci pro zateplení špatně dostupných prostor,
- celulózové desky – lisovaná celulózová vlákna, desky vhodné na zateplení stěn, stropů, střech,
- dřevovláknité desky – lisovaná dřevěná vlákna, konstrukční a tepelně izolační materiál pro dřevostavby,
- rákosové rohože – izolace kleneb, dobré hydrokopické vlastnosti,
- rohože z lněného vlákna – technologicky náročný postup získávání vlákna a výroby v malých objemech,
- rohože z ovčí vlny – další důvod k zachování ohroženého chovu ovcí, dobrá regulace vlhkosti, dobrá požární odolnost,
- konopné izolace – z konopného vlákna a pazdeří, široká škála použití podle tvrdosti desek.

Z olejných plodin se pro stavební průmysl vyrábí především přírodní oleje a napouštědla na dřevěné prvky. Tyto oleje proniknou hluboko do struktury dřeva, konzervují ho a prodlužují jeho životnost. Pro dekorativní změnu barvy materiálů se do olejů mohou přidávat přírodní pigmenty.

[50]

## 11.6.4. Kámen

V roce 1983 pronesl nairobský vědec Asher Shadmon, že je kámen stavebním materiálem budoucnosti, a že jsme již na cestě do nové doby kamenné. Kamenivo je materiálem téměř nevyčerpatelným, je dostupné na každém místě planety, výrazně neznečišťuje životní prostředí a životnost materiálu je velmi vysoká. V tabulce č. 7 jsou uvedeny vybrané druhy kameniva a možnosti jejich použití ve stavebním průmyslu.

Přírodní kamenivo se dělí do tří skupin, podle způsobu jejich vzniku:

- A. Vyvřelé (magmatické) – např. žula, gabro, čedič, andezit, ryolit atd.
- B. Usazené (sedimentární) – např. jíly, šterky, písky, zpevněné vápence, pískovce, břidlice atd.
- C. Přeměněné (metamorfované) – např. rula, fylit, mramor atd.

Tabulka č. 7 – Použití kamene ve stavebním průmyslu [63]

Název kameniva	Hlavní minerální složení	Možnosti využití
břidlice	jílové minerály	střešní krytina, podlahy
gabro	živce, pyroxeny	drcené kamenivo, konstrukční kámen, dlažba, obklady
čedič	živce, pyroxeny	minerální vlna, drcené kamenivo, konstrukční kámen
rula	křemen, slída	drcené kamenivo, konstrukční kámen, dlažba
žula	živce, křemen, slída	drcené kamenivo, konstrukční kámen, dlažba, obklady
vápenec	kalcit	mletý pro výrobu cementu a vápenného pojiva
pískovec	křemen, kalcit, živce	bloky na menší konstrukce, drcený jako plnivo

Většina přírodního kameniva má objemovou hmotnost mezi 1 800 – 3 000 kg·m<sup>-3</sup>, což mu dává dobré tepelně akumuláční vlastnosti, ale v porovnání s izolanty poměrně vysokou tepelnou vodivost. Kvůli tomu se ohřívají velice pomalu a na dotyk se zdá být jejich povrch chladný (výjimku tvoří přírodní pemzy a tufy s objemovou hmotností mezi 700 – 1 200 kg·m<sup>-3</sup>).

Přírodní kámen se nejprve sbíral na polích, později se začal těžit v lomech. I dnes se kamenivo těží podobně jako před staletími, jen těžkou práci lidí zastávají stroje. Samotná těžba není energeticky příliš náročná. Větší nároky na energii si klade až další zpracování kameniva, jako je lámání, drcení, řezání, broušení a leštění. Tato práce je především mechanická a není potřeba dosáhnout vysokých teplot. Mechanickou práci může zastávat energie větru, vody, nebo tyto energie přeměněny na energii elektrickou.

Drcené kamenivo a písek se běžně používá jako plnivo každé cementové směsi. V interiéru lze kameny použít jako dlažbu, obklad stěn nebo komína, na parapety nebo pracovní desky. Svou

životností jsou horniny přímo předurčeny pro realizaci náročných exteriérových konstrukcí, jako jsou mosty, klenby, silnice, schody, chodníky, opěrné zdi, kamenné oplocení, sklepy, fasádní obklady, střešní krytina nebo ohraničení záhonů.

Kamenivo může přenášet velké tlakové zatížení, je elektrostaticky neutrální a nenasákavé. Tyto skutečnosti tvoří výborný předpoklad pro použití přírodního kameniva jako výplň základových pasů. Protože je většina hornin také ohnivzdorných, lze je použít i jako vnitřní obklad pecí a krbů. Při zodpovědné montáži a demontáži kamenných bloků se mohou použít znovu, nebo zařadit zpět do přírodního koloběhu. [50, 63]

### 11.6.5. Nepálená hlína

Nezpevněná hornina, soudržná zemina, s lidovým pojmenováním „hlína“, je materiál používající se na stavbu obydlí po celém světě po tisíce let. Ve vyspělých zemích byla v 20. století hlína jako stavební materiál téměř úplně vytlačena modernějšími odolnějšími materiály. Energetická krize však v 70. letech znovu vyvolala zájem o tento všudypřítomný materiál. Nové technologie dokážou hlínu stabilizovat tak, že při zachování ekologických a ekonomických předností hlíny jsou její výsledné pevnosti porovnatelné s jinými konstrukčními materiály.

Hlína má několik zásadních výhod. Vyskytuje se téměř na každém místě na světě. Je cenově dostupná, někdy i zcela zdarma a nezatěžuje životní prostředí, protože vyžaduje minimální zpracování. Jedná se o materiál ideální na svépomocnou výstavbu. Hlína je měkká a tvárná, dokonalá na modelování architektonických detailů typických pro hliněné stavitelství. Po vyschnutí je pevná, tvrdá, ale i pružná. Se dřevem tvoří ideální kombinaci, protože k němu omezí přístup vzduchu, dřevo se tím konzervuje, je chráněno před vnějšími vlivy a je prodloužena jeho životnost.

Hlína akumuluje teplo (může tvořit akumulární jádro Trombeho stěny), má tepelně izolační i zvukově izolační vlastnosti, je znovupoužitelná, recyklovatelná, a pokud je těžena v místě stavby, může mít téměř nulové nároky na strojní zpracování a dopravu.

Příznivé hydrokopické vlastnosti hlíny udržují v klimatických podmínkách střední Evropy vlhkost uvnitř objektů okolo 50 %. Hliněné konstrukce jsou difúzně otevřené, umožňují částečnou výměnu vzduchu a tím vytváří zdravé obytné prostředí. Tepelně akumulární a izolační vlastnosti hlíny vyrovnávají venkovní teplotní výkyvy, například ve dne a v noci, a v letních obdobích nedochází k přehřátí budov.

Nevýhodou je, že holé hliněné zdi podléhají intenzivnímu úbytku materiálu vlivem větrné a vodní eroze, která může vést až ke kolapsu stavby. Takové negativní jevy na hliněných stavbách můžeme eliminovat správnými stavebními opatřeními a důmyslnou volbou povrchových materiálů. Doporučuje se vytvořit vnější omítky ze stabilizované směsi hlíny, písku a zkvašeného

kravského trusu, které zajistí vyšší voděodolnost. Občas se musí opravit nejvíce exponovaná místa. Další možností je vytvořit vnější dřevěné obložení, které ochrání stavbu před vnějšími vlivy počasí.

Částečně organický původ materiálu může být zároveň nevýhodou. Hliněnou konstrukci mohou při určité kombinaci vlhkosti a teploty napadnout biotičtí činitelé, například plísně, houby a živé organismy. Tyto poruchy negativně působí na stabilitu konstrukce a zdravotní nezávadnost vnitřního prostředí. Abychom snížili pravděpodobnost tvorby plísní, je vhodné hliněné omítky aplikovat v teplejších letních měsících, kdy je relativní vlhkost vzduchu co nejnižší, a zároveň je výrazně doporučeno vnitřní prostor maximálně odvětrávat. Dalšími faktory, které ovlivňují růst mikroorganismů, je hodnota pH, pórovitost nebo chemické složení materiálu.

Dne 17. 12. 2018 byla publikovaná studie, která dokládá, že každá hliněná omítková směs je přirozeným zdrojem mikroorganismů, a to především plísní a bakterií. Aplikací omítek ve vhodných vlhkostních podmínkách je ojedinělý růst mikroorganismů patrný pouze pod mikroskopem a nepředstavuje pro lidské zdraví ohrožení. Riziko ohrožení lidského zdraví se při aplikaci hliněných omítek ve vysoké relativní vlhkosti výrazně zvyšuje. [101]

Hlína se používá na průmyslově vyráběné směsi malt, omítek a potěrů, dodávaných v pytlích nebo vacích, nebo při průmyslové výrobě nepálených cihel. Její potencionální ekologické výhody se však naplno rozvinou až při svépomocné výstavbě. Hliněné stavitelství jde proti proudu technickému přístupu, protože se materiál pro výstavbu těží přímo na pozemku stavby za použití minimální mechanizace a zabudovává se do stavby lidskýma rukama. [50, 63]

### **Hliněné stavební technologie:**

- Stěny z drnů – nejprimitivnější technologie, ze země vykrojené drny s kořenovým systémem se kladou nasucho na sebe,
- válkové stěny – ze směsi vlhčí plastické hlíny a slámy se vytvoří války o velikosti velkého bochníku chleba a vrství se na sebe,
- lepenice – hlína se promíchá s organickým materiálem a vidlemi se jednoduše vrství na sebe bez použití bednění, po zavadnutí se oseká rýčem do roviny,
- lité směsi – příprava je podobná jako u betonových směsí, nevýhodou je dlouhý čas vysychání a tvorba trhlin,
- dusané směsi (nabíjenice) – vlhčená hlína se mísí s drcenou slámou a pěchuje se do bednění, nejčastěji používaná a relativně rychlá technologie výstavby,
- skeletové hliněno-dřevěné konstrukce – hlína se v těchto konstrukcích používá jako nenosný výplňový materiál. Tato technologie je výhodná v deštivých oblastech, kde stavbu chrání v předstihu vybudovaná střešní konstrukce.

- Zdivo z nepálených cihel – ze směsi hlíny a organických zbytků se vytvoří hliněné cihly, nechají se vyschnout a poté se s nimi pracuje stejně jako s cihlami pálenými, namísto cementové malty se používá hliněná. Pevnost v tlaku hliněných cihel se pohybuje mezi  $3 - 6 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ . Závisí to na poměru složek (písek, prach, jíl, kamenivo, organické složky) a také na způsobu výroby a zpracování hliněných prvků. Tyto pevnosti však postačují na výstavbu nízkopodlažní zástavby. Součinitel prostupu tepla nepálených cihel se pohybuje okolo  $U = 0,7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Přidáním vylehčujících složek, například slámy, hoblin, lehčeného kameniva, lze snížit objemovou hmotnost z  $2\,300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  až na  $300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , výrazně snížit i součinitel prostupu tepla  $U$  až na  $0,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ , ale tím také výrazně snížit pevnost v tlaku. Takto vylehčené hlíny je možné použít jako výplň dřevěných konstrukcí.

Vhodnou křivku zrnitosti pro stavbu objektů z hlíny má písčítá hlína s 14 % jílu, 22 % prachových částic, 62 % písku a 2 % šterku [50], ale existuje mnoho různých kombinací s odlišným poměrem složek, jejichž směsi vykazují také dobré vlastnosti. V minulosti se stavělo téměř ze všech typů hlín, od sprašových, až po čistě jílové. Pro zdárný výsledek však museli mistři hlínaři zvolit ty správné metody výstavby a správná aditiva.

Podle průzkumů z OSN žije v současnosti stále více jak miliarda lidí v příbytcích z nepálené hlíny, tisíce hliněných staveb stojí na území České a Slovenské republiky a do budoucna nic nebrání tomu, aby byla hlína opět uvedena na vrchol žebříčku nejčastěji používaných stavebních materiálů v ČR, Evropě nebo ve světě.

Pokud u staveb není zanedbána údržba, vykazují hliněné konstrukce velice dobrý stav i po stovkách let. Pokud údržba zanedbána byla, tak stejně jako člověk podle První knihy Mojžíšovy, se i stavba navrátí do přírodního koloběhu, protože povstala z prachu, a v prach se navrátí. Hlína má oproti člověku tu výhodu, že z prachu může opět povstanout.

Je již dlouhou dobu známé, že při výstavbě rodinného domu z nepálených cihel se ušetří přibližně 60 % primární energie (10 – 15 MWh) oproti výstavbě domu z cihel pálených. Na základě zvážení všech výše uvedených výhod a nevýhod, lze nepálenou hlínu jednoznačně prohlásit za materiál vhodný pro trvale udržitelnou výstavbu budov všemi zmíněnými technologickými postupy. [50, 80]

#### 11.6.5.1. Technologie dusaného zdiva svépomocí

Vhodnost hlíny na techniku nabíjením můžeme vyzkoušet jednoduchou polní zkouškou. Z dobře promíchané hlíny vytvoříme hroudu velkou jako pěst. Z výšky 150 cm jí pustíme na zem a pokud se rozsype, je obsah hlíny příliš písčítý s nedostatkem jílu. Pokud se testovací hrouda pouze zdeformuje ale zůstane pohromadě, je hlína příliš jílovitá a také méně vhodná na výstavbu. Pokud

se však hrouda rozpadne na několik soudržných kusů, je složení optimální. Bude tak zajištěna dostatečná pevnost zdiva, omezí se tvorba prasklin a ideální pórovitost umožní jílu vlhkostní objemové změny bez deformací.

Vhodná uleželá hlína se rozhodí ve vrstvě asi 20 cm na stavební plachtu. Lehce se zpracuje hráběmi. Cílem je, aby se velké hroudy rozdrobily. K vytvoření směsi s ideálními vlastnostmi se přidává na 1 m<sup>3</sup> hlíny přibližně 5 – 6 kg organických vláken (například slaměnou řezanku, drcený rákos nebo části konopí). Pokud je hlína příliš jílovitá, dodáme do směsi objemově 1:7 – 1:5 drceného štěrku a písku v poměru ku hlíně.

Takto připravený materiál se promísí, nejlepším způsobem je slámu do hlíny zatancovat bosýma nohama, nebo je možné využít síly dobytka, případně motorové půdní frézy. Plachta slouží na jednodušší převracení směsi a lepšího promísení jednotlivých složek. Takto připravená směs se nechá odležet alespoň 24 hodin, aby se vyrovnala vlhkost hmoty, protože případné zabudované vlhkostní nehomogenity směsi vytvářejí podmínky pro zrychlenou degradaci konstrukce. Vlhkost je při nabíjení důležitým faktorem. Nesmí být příliš nízká, jinak by se neaktivovaly všechny jílové pojivové složky, ale ani příliš vysoká, jinak by nedošlo k efektivnímu zhutnění.

Tradiční základy hliněných staveb byly kamenné, ale mohou se vyhotovit i z použitých pálených cihel. Základy mohou být také z nepálené hlíny, pokud se při úpravě vlastností hlíny přidají další aditiva, například vápno, cement nebo asfalt. Pokud není použití těchto aditiv z nějakých důvodů bezpodmínečně nutné, je ekologicky příznivější se těmto látkám při výrobě hliněné směsi vyhnout a nepoužívat je.

Doporučuje se vytvořit sokl o výšce přibližně 50 cm nad terénem, aby bylo hliněné zdivo chráněné před zemní vlhkostí, odstříkující vodou a tajícím sněhem. Než se zahájí nabíjení, je nutné vyřešit detail napojení zdiva na sokl. Mezi hliněným zdivem a soklem je potřebné přerušit kapilární vzlínavost vody, a proto je nejjednodušší už na základovém zdivu, pod soklem, vybudovat štěrkopískové lože a systém drenáží, které ochrání hliněné zdivo před degradací způsobenou zemní vlhkostí. Dále se doporučuje na sokl položit pojistnou hydroizolaci a založit stěnu 2 – 3 řadami pálených cihel. Cihly vytvoří distanční vrstvu a ochrání zdivo před přímým stykem se vznikajícím kondenzátem nad hydroizolací. Plných pálených cihel nebo cihelných bloků bylo vyrobeno již mnoho. Opatrnou dekonstrukcí je použijeme znovu, při stavbě hliněného, trvale udržitelného domu.

Takto připravená a odleželá směs se ubíjí do vodícího bednění z desek nebo fošen. Postupně se přispávají vrstvy hlíny o tloušťce 10 – 20 cm a ubíjí se dřevěnými nebo kovovými ručními pěchy. Začíná se od středu a postupuje se s ubíjením k okrajům v příčném i podélném směru stěny. Hutní se přibližně na 1/3 volně sypaného objemu, dokud pěch o hlínu nezačne tzv. „zvonic“. Precizněji se pěchují hrany při vnitřním okraji podélného bednění a u příčných bednicích vložek oken a dveří. Doporučená šířka pilíře mezi dvěma okny je 65 cm, u větších otvorů raději 80 cm. V průběhu nabíjení zdiva se přidávají výztužné prvky. Jedná se o jednoduché dřevěné kolíky,



kteře se vkládají podle statického schématu dovnitř stěn, kde působí podobně jako armovací ocel v železobetonech. Do směsi je také možné ve vhodných šířkových proporcích umisťovat větší kusy kameniva, pokud jsou k dispozici. Uspoří se tím zpracováváný hliněný materiál a pravděpodobně se zvýší pevnost výsledné konstrukce.

Takovýmto způsobem stavby vzniká monolitická konstrukce beze spár, která se musí nechat vyschnout. Doba vysychání záleží na šířce stěn, počasí a vlhkosti materiálu při zabudování. V rozmezí od 2 týdnů do 3 měsíců stavba postupně ztrácí vlhkost na 5 – 7 %. Až tehdy je vhodné zahájit vnitřní a vnější omítání stavby.

## 11.6.6. Beton

Někoho může překvapit, že se beton uplatňuje při výstavbě trvale udržitelných budov. Zdá se, že je stále zakořeněn názor, že technologie výroby betonu značně poškozuj e životní prostředí, spotřeba surovin je neefektivní a následná demolice objektů je velmi obtížná. Odborníci na beton jsou informováni, že asi 70 % objemu betonu tvoří materiály, které se těží přímo ze země (plnivo ve formě písku a kameniva). V některých případech se může část přírodního kameniva (20 – 30 %) nahradit betonovým recyklátem. Další složky betonu jsou relativně lokálně dostupné. Tvoří je energeticky přetvořené horniny (vápenec na cement), voda a odpadní suroviny z jiných průmyslů (elektrárenský popílek, struska atd.). [75]

Vývoj technologie výroby cementu probíhá neustále. Mezi roky 1990 až 2006 se snížily emise CO<sub>2</sub> produkované cementářským průmyslem o 21 %, emise SO<sub>2</sub> o 76 %, emise NO<sub>x</sub> o 12 % a emise pevných částic až o 97 %. [79]

Při výrobě cementu se může jeho část nahradit elektrárenským popílkem, struskou a podobně (ve směsných cementech mohou tvořit tyto příměsi až 60 % obsahu cementu). Tyto vedlejší energetické produkty by se jinak bez využití ukládaly na haldách, což by nebylo rozumné, protože za optimálních podmínek začne v tvrdnoucím betonu probíhat pucolánová reakce, která pozitivně ovlivní vlastnosti betonu. [75]

Existují jistě ekologicky příznivější přírodní obnovitelné materiály, ale vysoce zatížené objekty potřebují na své konstrukce materiál s velmi dlouhou životností a vysokou pevností, kterou beton vykazuje. Na zamyšlení stojí také skutečnost, že pokud se použití betonu optimalizuje a omezí se na konstrukční minimum, sníží se negativní dopady použití betonu v různých fázích výstavby, od těžby a dopravy surovin, až po zpracování stavebního odpadu.

Beton je materiál uměle vyráběným v největších objemech, a proto i relativně malé zlepšení technologie výroby environmentálním směrem může mít za následek velké snížení globálních environmentálních dopadů (v ČR se v roce 2017 vyrobilo a převezlo 16 mil. tun betonu, což představuje 1,6 mil. tun ekvivalentních emisí CO<sub>2</sub>). [76, 77]

Inovativní výzkumy na poli směsných cementů mohou přispět v udávání směru trvale udržitelné výstavby. Jeden takový výzkum provádí například Ing. Lukáš Kalina PhD. na chemické fakultě VUT. Výzkum je zaměřen na vytvoření cementové směsi pouze z odpadních materiálů. Tato skutečnost by měla zásadní vliv na celé odvětví stavebnictví. [78]

Pokud se dodrží výše zmíněné předpoklady, je možné vhodně použitý beton prohlásit za relativně trvale udržitelný materiál. [75]

Aby mohl být beton plnohodnotným konstrukčním materiálem, je zapotřebí tyto konstrukce vyztužit různými druhy ocelových betonářských výztuží. Jejich existence je podmíněna vysokými energetickými nároky a značnou zátěží pro životní prostředí. Jsou těženy omezeně dostupné nerostné suroviny, dopravovány ve velkých objemech na velké vzdálenosti, zpracovávají se za vysokých teplot a úniků velkého množství emisí oxidů síry, dusíku, sirovodíků, fluorovodíků, pevných částic kovů jako je olovo, beryllium, mangan atd. Kovy je možné s mírnými ztrátami plnohodnotně a opakovaně recyklovat. Tímto si kovové materiály alespoň trochu vylepší dosti špatné environmentální ohodnocení. [50]

Vyztuženému betonu se přisuzuje velký podíl na trvalé udržitelnosti, proto v Americkém betonářském institutu pracovala Environmentální komise pro management betonu a betonových konstrukcí na nových normách, například ISO 13315, které zavádějí podmínky pro trvale udržitelné používání betonu a jeho omezení na dosažitelné konstrukční minimum. [75]

## 11.7. Zdravotní a ekologická nezávadnost materiálů

U budov se objevují ztráty materiálů po čas životnosti. Švédské výzkumné oddělení pro Ministerstvo životního prostředí zjistilo, že se ročně smyje z povrchu měděných střešních a potrubí ve Švédsku až 1 000 tun mědi. O tento materiál jsme byli kompletně připraveni, a ten teď přispívá ke znečištění životního prostředí.

Stejný proces ztráty hmoty se v různém měřítku objevuje u všech materiálů, a proto bychom materiály, které nás denně obklopují, měli volit s největší pečlivostí.

Odborníci na hygienu doporučují vyhnout se nákupu produktů obsahujících arzen, benzol, olovo, kadmium, dioxin, dichlordifenyltrichloreten (DDT), formaldehyd, pesticidy a doporučují omezit používání umělých hmot, jako PET nebo PVC na minimum.

Kromě materiálů je zdravotní nezávadnost našeho obytného prostředí dotčena rozličnými zápachy, hlukem, vnitřním klimatem budov, osvětlením, barvami a zařízeními. Souhrn těchto faktorů si vysloužil název „Syndrom nemocných budov“.

## 11.7.1. Syndrom nemocných budov

Pojem „Sick Building Syndrome“ (SBS) neboli „syndrom nemocných budov“ byl zaveden v roce 1984 Světovou zdravotnickou organizací (WHO). Špatná vlhkost, biologická kontaminace plísněmi, vysoká koncentrace radonu a dalších plynů, nedostatečná výměna vzduchu, umělé vůně, velké množství prachových částic z většiny přítomných materiálů a látek, špatné vytápění a ventilace, špatné osvětlení, špatně navržené vybavení, zatížení čistícími prostředky, cigaretovým dýmem, kuchyňskými výparů a mnoho dalších skutečností způsobuje celou řadu zdravotních civilizačních onemocnění, které jsou spojeny se špatným vnitřním klimatem budov (Building related illness – BRI). [50, 82]

Mikroklima v obytných prostorech by se nemělo zbytečně zatěžovat zdraví škodlivými látkami a materiály. Tento úkol není jednoduchý, protože se v současném stavebnictví používá přes 50 000 druhů chemikálií. Materiály se inovují neuvěřitelným tempem a lidský organismus se těmto změnám nestihá přizpůsobit.

Pro zdravé vnitřní klima je nezbytné sledovat vlhkost a teplotu vzduchu, která by se měla pohybovat okolo 50 % a 21 °C. Důležité je i chemické složení vzduchu, které obsahuje za běžných podmínek 21 % kyslíku (O<sub>2</sub>), a 0,03 % oxidu uhličitého (300 ppm CO<sub>2</sub>). Uvnitř nevětrané místnosti, například kanceláře, může hladina kyslíku v průběhu dne klesnout až na 16 % a množství CO<sub>2</sub> v extrémních případech stoupnout až na 4 % (40 000 ppm CO<sub>2</sub>). Už při mírně zvýšených koncentracích, přibližně 1 000 – 2 500 ppm oxidu uhličitého, je pocíťována v místnosti zhoršená kvalita vnitřního vzduchu, která má negativní vliv na zdraví, pozornost a bdělost člověka.

Souhrou více negativních faktorů může u osob vyvolat závratě, alergie, ekzémy, bolesti hlavy, změny nálad, zažívací těžkosti, slabost, poruchy spánku, narušení nervového systému, podráždění dýchacích cest, očí a celou řadu dalších zdravotních problémů. [50, 82]

## 11.7.2. Earthship a off-gassing

Michael Reynolds, americký architekt přezdívaný „architekt odpadů“, přišel v 70. letech minulého století s revolučním návrhem soběstačného domu z odpadů, které pojmenoval „Earthship“, česky „Zemělod“. Na konstrukci stěn jsou v těchto domech použity především vyřazené automobilové pneumatiky, dále také použité skleněné lahve, hliníkové plechovky a beton. Nápad se to zdá být brilantní. Velká část materiálu je získána úplně zdarma a téměř bez vložené energie, stačí jenom lidské ruce, které vyhodí pneumatiku na korbu nákladáku. Na první pohled výborná možnost, jak šetrně zpracovat odpad, ale pneumatiky mohou přinést více škody v průběhu času, než ušetří při výstavbě.

V roce 2015 byla v The Washington Post zveřejněna zcela nesouvisející studie, ve které vědci provedli průzkum výskytu rakoviny u brankářů. Tato studie zavedla vědce ke spojitosti rakoviny a hřišť s umělým povrchem AstroTurf, který je vytvořen z recyklovaných drcených pneumatik. I když je na konečné závěry brzy, tato studie potvrdila nebezpečnost unikajících látek z pneumatik na lidské zdraví. Ne nadarmo je v některých zemích, například v Belgii, použití pneumatik v konstrukcích budov zakázáno. Některé složky pneumatik, jako je styren-butadienový kaučuk, benzen, toluen, arsen, aceton a těžké kovy jako nikl, měď a kadmium, mohou být pro lidské zdraví nebezpečné.

„Off-gassing“ neboli „únik látek v plynném skupenství“ představuje seriózní problém a všichni ti, kteří o stavbě zemělodí přemýšlí, by si měli v klidu promyslet argument, který tvrdí, že pokud jsou pneumatiky oboustranně omítnuty hliněnou omítkou, „off-gassing“ nás trápit nemusí. V této práci je uvedeno, že je hlína difúzně otevřená a probíhá pomalá, ale neustálá výměna plynů. To znamená, že i přes silnou hliněnou vrstvu mohou nebezpečné látky do vnitřního prostoru proniknout. Pneumatiky lze v konstrukcích vhodně nahradit takzvanými „earthbagy“ nebo dusaným hliněným zdivem do bednění. Problémem může být i následná demolice, protože pneumatiky za dobu v konstrukci degradují, začnou se drobit a bude velice problematické jejich dokonalé a bezpečné odstranění. [81]

Výběr toho skutečně nezávadného materiálu se u nás rovná hledání jehly v kupce sena. V zahraničí už vzniká konkurenční boj komerčních firem na poli ekologických materiálů. V našich podmínkách nepotřebujeme komerci, nemůžeme udělat chybu, pokud sáhneme po přírodních materiálech prověřených staletími, jako je dřevo, hlína, písek, kamen. Anorganické materiály, jako pálené cihly, vápno, sádra a beton bez umělých přísad zatěžují vnitřní klima minimální měrou. Opakem jsou stavební materiály obsahující organická rozpouštědla, změkčovadla a materiály na bázi plastů, například polystyreny, PVC, umělé živice, barviva, lepidla, impregnační hmoty, dehty, bitumen a další materiály s obsahem těkavých látek, nebezpečných pro lidský organismus. [50]

# 12. Vodní hospodářství

Voda je životně důležitá surovina, protože rostlinné a živočišné organismy, i lidská těla, se skládají z převážné míry z vody. V celosvětovém měřítku je jí stále stejné množství, ale lokálně jsou některá místa velice ohrožena suchem a všechny změny jsou připisovány globálnímu oteplování, za které může člověk.

Podle statistik je z celosvětového objemu vody pouze 2,6 % vody sladké. Z tohoto podílu jsou čtyři pětiny sladké vody uloženy ve „věčných ledovcích“ a pitná voda tedy tvoří méně než 1 % z celkového množství vody.

Následkem intenzivní spotřeby pitné vody pro potřeby sídel, průmyslu a domácností dochází k intenzivnímu čerpání podzemních i povrchových vod. Již v některých krajinách, například v Jihoafrické republice v Kapském městě, je nedostatek pitné vody hlavním tamějším problémem. Část světových zásob vody je znečištěna pesticidy, těžkými kovy, dusičnany a část těchto zásob dochází. Klesá hladina podzemní vody a krajina vysychá. Důkazem tohoto jevu může být i kůrovcová kalamita na Vysočině, především Třebíčsku, která je podle odborníků historicky nejrozsáhlejší. Napadené stromy nemají dostatek vláhy na tvorbu ochranné mízy a nedokážou se ubránit před útoky brouků. Stromy s mělkými kořeny, nejčastěji smrky, usychají a po těžbě vznikají planiny. Absence bujného porostu a stínu umožní slunci rozpálit lesní půdu v letních měsících, voda se začne intenzivněji odpařovat a vysoušení krajiny se urychlí. [83]

Voda je důležitý životní prvek, a proto bychom alespoň v zájmu nás samotných měli při navrhování, výstavbě i provozu myslet především na její účelné a opodstatněné využití, recyklaci a čištění.

Současné hospodářské procesy představují akutní nebezpečí pro kvalitu pitné vody. Její kvalita závisí na míře dokonalosti čištění vod odpadních a na několika dalších faktorech:

- Průnik škodlivých látek, dusičnanů a pesticidů ze skládek a zemědělských ploch do podzemních vod,
- difúzní průnik znečištění ze vzduchu do povrchových vod,
- umělé snížení hladiny podzemních vod způsobené napřímením vodních toků,
- omezení samočisticí schopnosti toků.

Pokud uvažujeme o minimalizování negativních vlivů výstavby, bylo by vhodné zamyslet se nad zásobováním pitnou vodou. Zajímavé a jednoduché ostrovní řešení představuje vyvýšená nádrž o objemu 1 – 3 m<sup>3</sup>, která vytvoří samospádem potřebný tlak vody v místě spotřeby. Voda se do nádrže vyčerpá z vrtané nebo kopané studny. Čerpadlo může pohánět přímo zapojený solární panel, větrná turbína nebo ruční čerpadlo na lidský pohon.

Filtrace užitkové vody na pitnou může probíhat v domácích úpravách vody. Zařízení na principu reverzní osmózy obsahují několik membránových filtrů, které dovolí projít pouze molekulám vody. Problematika membránových filtrů je velice rozsáhlá a nelze jednoznačně potvrdit vhodnost plošné aplikace těchto zařízení. Detailněji se reverzní osmóze věnoval Ing. Dalibor Čech z FAST VUT ve své bakalářské práci s názvem „Membránové procesy při úpravě pitné vody“.

## 12.1. Ekologické opatření pro hospodaření s vodou

Ve většině dnešních českých domácností se používá výhradně pitná voda, která je čím dál častěji považována na drahocenný zdroj. Její použití by se mělo omezit. U nově projektovaných budov je vhodné přemýšlet nad dvěma oddělenými rozvody, a poté na odpovídající činnosti používat vodu užitkovou. Pokud se rozhodneme sbírat vodu ze střechy, je doporučována krytina ze zdravotně nezávadných materiálů. Níže jsou definovány doporučení pro domácnosti a veřejnou správu.

### **Domácnosti:**

- Nahradit vodu pitnou vodou dešťovou nebo studňovou, například na splachování WC, praní a zalévání zahrady.
- Dokonalé utěsnění všech spojů a armatur ve vodovodní síti.
- Upřednostnit používání úsporných přístrojů a zařízení a využívat jejich plnou kapacitu.
- Instalace průtokových regulátorů a perlátorů na některé výtokové armatury.
- WC s regulovatelným průtokem splachovací vody nebo kompostovací záchod.
- Pro osobní hygienu upřednostňovat krátkou sprchu před plnou vanou.
- Umístit zásobník TUV co nejbližší koupelně a kuchyni, aby se minimalizovaly tepelné ztráty přenosem a omezilo se plýtvání vodou při odpouštění studené z potrubí.

### **Veřejná správa:**

- Všechna opatření z domácí sféry a následující.
- Systémy na úsporné a hygienické vodní hospodářství veřejných bazénů a jiných sportovišť.
- Zavedení zásobování užitkovou vodou do městských struktur.
- Sanace veřejné vodovodní a kanalizační sítě.
- Úpravy a rekonstrukce stávajících čistíren odpadních vod (ČOV).
- Výstavba nových decentralizovaných kořenových čistíren odpadních vod.
- Zvýšení ochrany podzemních vod zákonnými opatřeními.

- Ozelenění veřejných ploch za účelem zasakování části dešťových vod v sídelních strukturách.
- Oddělit systém odvádění odpadních vod na dešťovou a splaškovou kanalizaci.
- Omezit nebo úplně opustit od solení zasněžených komunikací v zimě.
- Maximalizovat zachytávání dešťových vod v přírodě.

Pro průmyslové odpadní vody platí všechny výše zmíněná opatření, ale to nejdůležitější je oddělit a vytvořit samostatný okruh pro průmyslové vody, ve kterém bude docházet k čištění a následného znovu používání vody.

Decentralizované ekologické vodní hospodářství na bázi přírodních koloběhů má mnoho podstatných předností oproti lineárnímu spotřebnímu hospodářství. Při používání ekologických čistících přípravků na kompletní vyčištění odpadní vody již postačí samočisticí schopnost ekosystému. Anorganické rozpuštěné látky jsou odebírány rostlinami a díky fotosyntéze jsou přeměněny na organickou hmotu. Organické látky a nečistoty jsou zpracovávány bakteriemi, které poskytují potravu pro další vyšší organismy. [50, 63]

## 12.2. Vegetační střecha

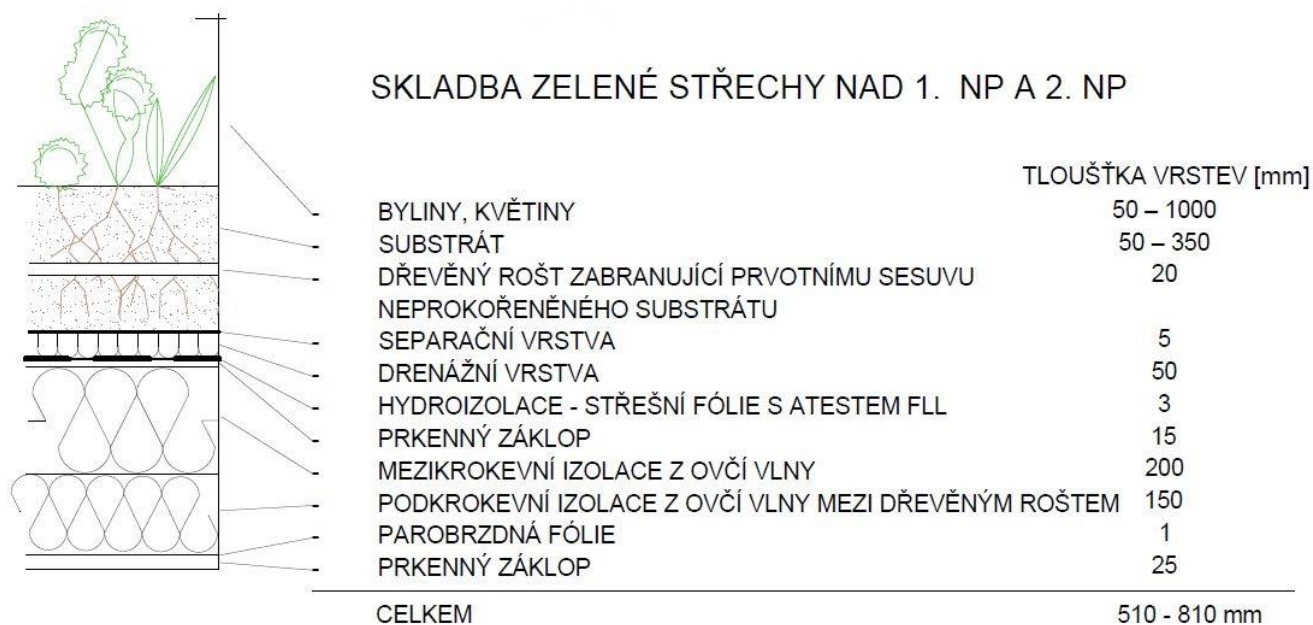
Historie vegetačních střech sahá až do počátků stavitelství. Hlína a vegetace na střešní konstrukci je nejsnadněji dostupným materiálem, který zlepšuje hydroizolační vlastnosti, tepelnou akumulaci a má dobrou odolnost proti povětrnostním vlivům. V současnosti dostávají ploché zelené střechy čím dál větší pozornost i díky hlasu občanů a jejich touze po zeleni uprostřed urbanizovaných ploch. Vegetační střechy nahrazují zastavěnou plochu a slouží k odpočinku, relaxaci a obohacují prostředí o zeleň. Znatelný pozitivní vliv zelených střech se projeví především v městské zástavbě, kde zachytává polétavý prach a snižuje emise pevných částic. Její retenční schopnost zpomalí odtokové poměry dešťových vod a omezí se šance na přehlcení dešťových kanalizací. Zelená střecha se nerozpálí, odpařuje vodu z rostlin, půdy a retenční vrstvy střechy, a tím ochlazuje vzduch v okolí budovy a omezuje tvorbu městských tepelných ostrovů. Také má dobré zvukově izolační vlastnosti. Toto jsou ty ekologické důvody, proč upřednostnit zelenou střechu.

Mezi ekonomické důvody můžeme zařadit delší životnost při správném provedení konstrukce. Zemina chrání hydroizolaci před působením tepelných a povětrnostních vlivů, UV záření, dalších chemických látek a především před mechanickým poškozením. Zároveň zvyšuje tepelnou izolaci konstrukce.

K rozšíření vegetačních střech pomohl také vývoj nových hydroizolačních materiálů na bázi plastických hmot a fólií po 2. světové válce. Typy fólií, které zabraňují prorůstání kořínků a jsou vhodné na vegetační střechy se v současnosti označují atestem FLL.

Vegetační střechy je možno obecně dělit podle výšky vegetačního souvrství na extenzivní (80 – 150 mm) a intenzivní (150 – 1000 mm), a podle sklonu na šikmé a ploché. Vegetace je podle hloubky substrátu na střeších tvořena suchomilnými rostlinami (rozchodníky, netřesky a další), různými travinami, a při velkých hloubkách dokonce i drobnými keři a stromy. Při šikmých střeších je vhodné doplnit souvrství o nějaké záchytné opatření, jako jsou jutové rohože, protiskluzové nopové fólie nebo rámové konstrukce z různých materiálů. Ekologické by mohlo být použití dřevěných latí, ale ty po určité době podlehnou zemní vlhkosti a hnilobě. Můžeme však vysadit vhodnou skladbu rostlin s hustým kořenovým systémem. Latě by sloužily jako opora svahu, dokud se kořenové systémy nerozrostou. Poté již rošt nebude potřeba, latě mohou uhnít a posloužit jako zdroj živin.

S výstavbou zelených střech přichází i řada nevýhod. Největším problémem bude nejspíše vyšší finanční náročnost skladby vegetační střechy, vyšší zatížení konstrukce a poté vyšší finanční a časová náročnost na údržbu vegetační střechy. Poměrně důležitou nevýhodou může být i ztížený přístup k hydroizolační vrstvě a mnohonásobně vyšší náklady na opravy v případě poruchy než u jiných typů střech, například z pálených tašek. [50, 98]



Obrázek č. 12 – Moderní skladba trámové vegetační střechy

Na obrázku č. 12 si můžeme prohlédnout skladbu trámové dřevěné střechy, na kterou je použito mnoho moderních a uměle vyrobených materiálů, jako jsou hydroizolační střešní fólie, drenážní vrstvy z nasávkavých vat a nopových fólií nebo separační vrstvy z geotextilií.

Ekologická stopa výroby těchto použitých umělých materiálů lze snadno vyčíslit v ekvivalentech emisí CO<sub>2</sub>. Vyčíslení ekologických benefitů, které zelená střecha v průběhu životnosti přinese, však jednoduché není.



Pro maximální snížení negativního dopadu stavební výroby by bylo vhodné nahlédnout do historických stavebních zápisků a inspirovat se minulostí. Jako hydroizolace dříve sloužila březová kůra máčená ve smole, vrstvy rákosu, dlouhé trávy nebo větvi, které byly uloženy po spádnicí.

Pokud bychom lehce ustoupili od přírodních materiálů a přistoupili na znovu používání odpadu, mohou v moderní společnosti jako kvalitní hydroizolace vegetačních střech posloužit upravené nápojové kartony, zvané Tetra Pak. Recyklované lisované Tetra Paky přetvořené na střešní krytinu, která je vzhledem podobná klasickému vlnitému plechu se rozhodla vyrábět společnost Saahas Zero Waste z jižní části Indie. [99]

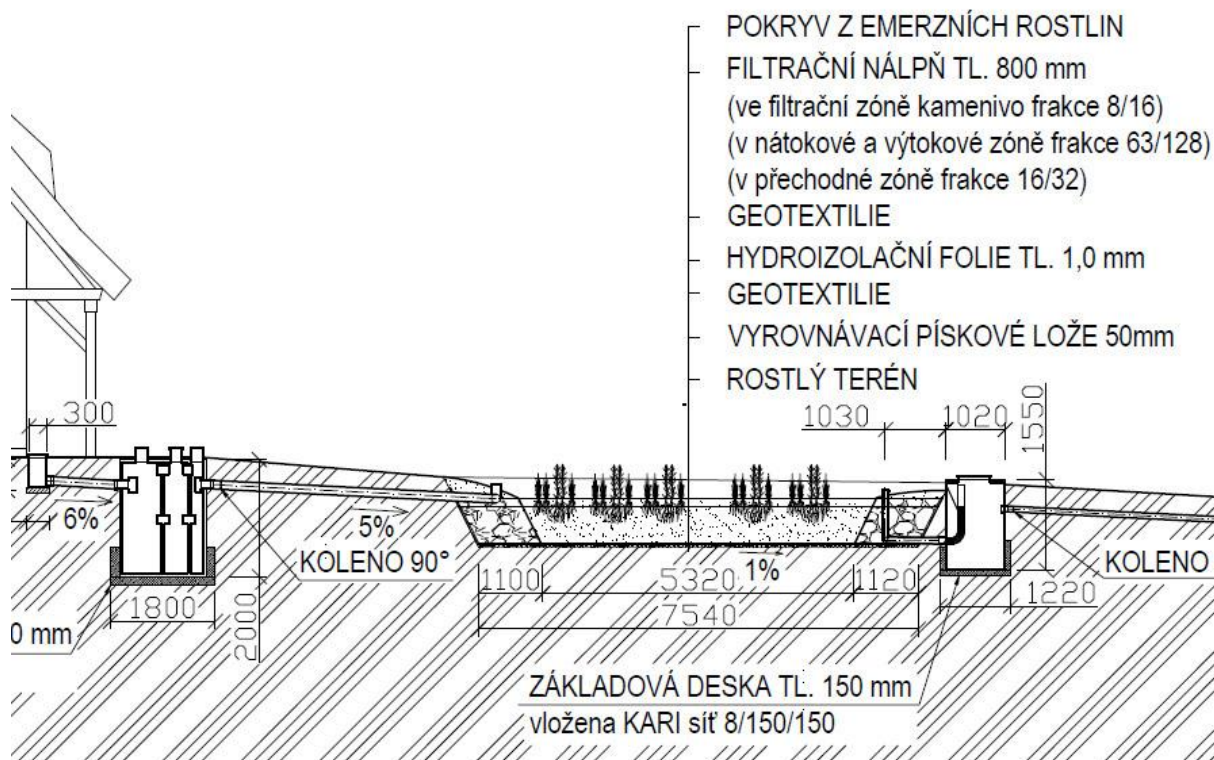
## 12.3. Kořenové čistírny

Samočisticí schopnost přírody můžeme urychlit v kořenových čistírnách. Jedná se o uměle vytvořenou bažinku, naplněnou různými frakcemi šterku a písku. Investiční náklady jsou asi poloviční oproti konvenční čistírně odpadních vod, při stejné účinnosti 90 %. Provozní náklady jsou 50 – 500 krát nižší, tedy téměř zanedbatelné.

Postup výstavby je velice jednoduchý, stačí vyhloubit jámu o hloubce 70 – 130 cm a ploše rovnající se přibližně 4 m<sup>2</sup> na jednoho obyvatele. Jáma se vyloží hydroizolační jezírkovou fólií, na dno se položí drenážní potrubí a přibližně do 30 cm pod okraj se uloží propustný materiál, například písek, šterk, větší kameny. Navrch patří dobře propustný písčité substrát. Čím propustnější, tím bude filtr účinnější. Povrch je osázen vlhkomilnými rostlinami, například rákosem obecným, orobincem širokolistým a úzkolistým. Dalšími rostlinami, které vám promění kořenovou čistírnu v rozkvetlou louku jsou kosatec žlutý, blatouch bahenní, tužebníček jilmový a další. I přes název kořenové čistírny nejsou rostliny tou hlavní složkou. Částečně napomáhají odstraňovat z vody nadbytečné živiny, ale hlavní čistící silou jsou bakterie uvnitř filtru.

Odpadní voda se přivádí z domácností přes vícekomorový septik, kde se usadí pevné částice a voda se trochu předčistí. Poté se rázově dávkuje perforovaným potrubím na plochu kořenové čistírny, kde postupně protéká filtrem a čistí se. Odtok vody je ve spodní části čistírny a může ústít do dalšího stupně kořenové čistírny, dočišťovací nádrže, vsakovací nádrže, vypařovací nádrže nebo do potoka.

Principy fungování jsou prosté, ale na likvidaci většího množství odpadních vod ze skupiny sídel, ulice nebo celé obce, je zapotřebí vyšší technická a technologická náročnost pro zaručení požadovaného efektu čištění. Profesionálním návrhům, projektům, autorského dozoru, nebo případné spolupráci při realizaci kořenových čistíren se věnuje česká firma ConWe s. r. o., založená Ing. Michalem Kříškou, Ph.D. z FAST VUT. Na obrázku č. 13. si můžeme prohlédnout stavební schéma kořenové čistírny odpadních vod. [50, 85, 86]



Obrázek č. 13 – Řez kořenovou čistírnou [85]

## 12.4. Kompostovací záchod

Je paradoxem, že společnost platí velké částky za odstraňování fekálií, přitom jejich oddělením na počátku, můžou fekálie sloužit jako levné kvalitní hnojivo pro dřeviny. Oddělením fekálií a zkompostováním se mohou tyto hodnotné odpadní látky znovu využít, již nebudou znečišťovat velké objemy relativně čisté vody z domácností a navíc se ušetří voda na splachování, protože tento typ WC nespotřebuje ani kapku.

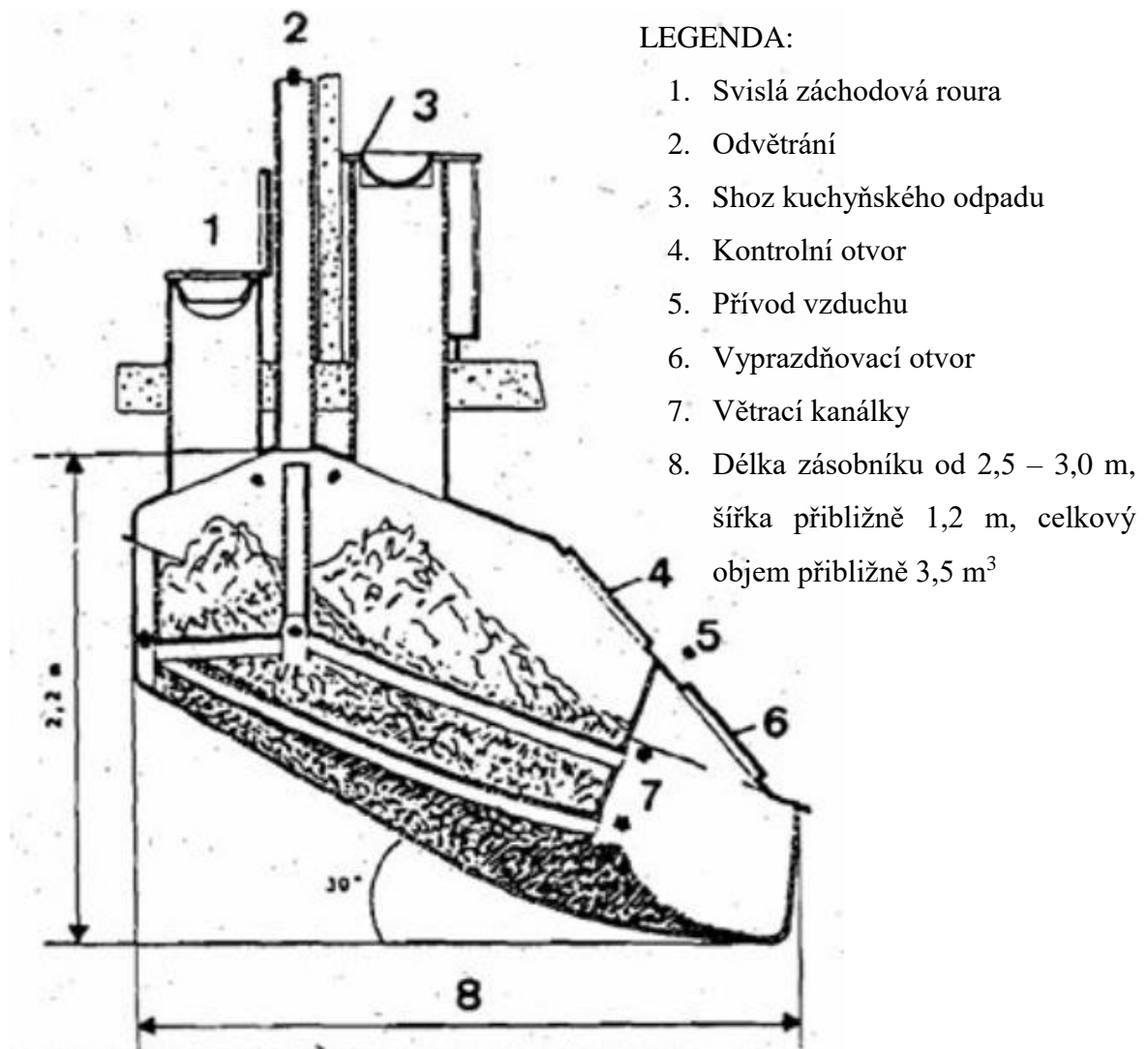
Mnoho lidí si pod pojmem „kompostovací záchod“ představí klasický venkovní suchý záchod neboli latrínu, ale není tomu tak. V roce 1939 napadlo Švéda Richarda Lindströma využít jeho rozvinuté poznatky a vědomosti k sestavení záchodu navazujícího na historické záchodové systémy. Moderní kompostovací záchody typu Clivus Multrum se od té doby rozšířily po celém světě. Kompostovací záchod si můžeme postavit doma svépomocí, ale existují i průmyslově vyráběné varianty.

Jedná se o klasickou záchodovou mísu, jejíž obsah končí ve velkoobjemovém zásobníku. Konstrukce je vytvořena tak, aby umožnila dokonalé podmínky pro průběh kompostovacích procesů. Přívod vzduchu, vlhkost, teplota a velikost zásobníku jsou důležitým faktorem, protože kompostování probíhá díky aerobním bakteriím vyžadující specifické prostředí. Fekálie se rozkládají ve více stupních. Bakterie, řasy, plísně a jiné mikroorganismy se podílí na hrubém

rozkladu. Rozklad celulózy se děje pomocí aktinomycetických grampozitivních bakterií, a díky dalším půdním organismům, například žížalám a svinkám se odehrává finální humifikace. Součástí kompostovacího procesu je i přirozená tvorba antibiotických látek, které ničí choroboplodné zárodky. Zpočátku se vedly debaty o hygienických problémech nebo ohrožení zdraví. Výsledky hygienických testů z různých institucí po celém světě, například z Norské zemědělské univerzity, Světové zdravotnické organizace nebo z Rakouské akademie věd, neprokázaly žádné hygienické nedostatky nebo námitky na používání kompostovacího záchodu. Kompostovací záchod je vhodný i pro kompostování domovního odpadu. Různorodé příměsi zajistí různorodé složení bakterií, které se navzájem podporují v rozkladných procesech. Optimální poměr mezi uhlíkem a dusíkem (C/N) je mezi 20:1 až 30:1. To znamená, že se k fekáliím musí přidat přibližně 30 % objemu uhlíkatého odpadu, jako jsou piliny, kůra, sláma, suché listy nebo jiné organické zbytky.

Pro rozběhnutí kompostovacího procesu je vhodné kompostovací záchod založit několika lopatami řádně vyvrátého kompostu. Po roce je kompostovací proces naplno stabilizován. Vložená hmota zmenší svůj objem na 10 – 20 % objemu původního a po 2 – 3 letech používání se může poprvé odebírat zkompostovaný humus. Tímto hnojivem lze přihnojit všechny rostliny, kromě listových salátů. Kompost se výborně hodí na přihnojení půdy před výsadbou rajčat, dýní, cuket, okurek a k přihnojení rebarbory, malin, borůvek, okrasných květin nebo dřevin.

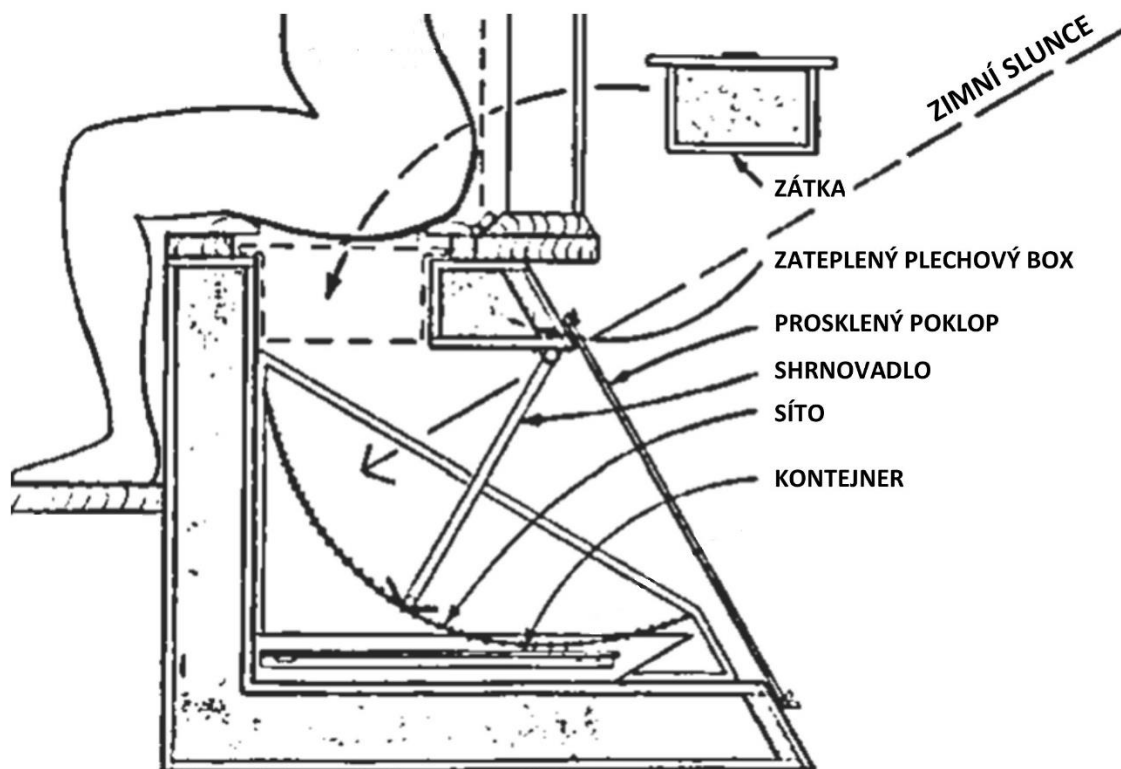
Tento typ záchodu je vhodný do rozvíjejících se zemí, kde jsou nedostatečné finanční prostředky na výstavbu veřejné kanalizace a čistíren odpadních vod a také pro rozvinuté země, jejichž obyvatelé na sebe přebírají zodpovědnost za jimi vytvořený odpad. Na obrázku č. 14 je k vidění schéma kompostovacího záchodu typu Clivus Multrum s legendou.



Obrázek č. 14 – Schéma kompostovacího záchodu Clivus Multrum [50]

## 12.5. Solární záchod

Zjednodušeně řečeno se jedná o solární troubu doplněnou o záchodové prkýnko. Exkrementy se působením slunečního záření vysuší. Zbýlý prach neobsahuje žádné choroboplodné zárodky a je bezpečný i pro přihnojování pokojových rostlin. Tento systém nevyžaduje žádné instalatérské práce, protože exkrementy propadávají přímo na koš, ve kterém jsou vysoušeny. Může se použít i běžný toaletní papír. Nevýhodou je nutné umístění toalety na jižní straně domu, potřeba instalovaného ventilátoru a přímý oční kontakt s vysoušenou hmotou přes plexisklo. Schéma solárního záchodu je znázorněno na obrázku č. 15. [84]



Obrázek č. 15 – Schéma solárního záchodu [84]

## 13. Odpadové hospodářství

Příroda pracuje na cyklických principech a pro ni odpad neexistuje. Lineární hospodářství a blahobytný odpad bohužel vytváří. Odpady, které pomalu, ale nepřetržitě zaplňují krajinu, můžeme rozdělit na odpady z průmyslu, ze zemědělství, ze zdravotnictví a veterinární péče, komunální, jaderné a ostatní odpady. Všechny skupiny odpadů více či méně souvisí se stavebnictvím, a proto je právě stavebnictví může všechny do jisté míry ovlivnit. Pouze komplexní uchopení trvale udržitelné ekologické výstavby bude mít za následek výrazně sníženou produkci všech odpadů.

### 13.1. Omezení produkce odpadů

Mnozí uvědomělí jednotlivci se již snaží přispět k omezení produkce svých komunálních odpadů. Nakupují například potraviny do vlastních obalů v bezobalových obchodech, mléko ve vratných skleněných lahvích, třídí odpad a tak dále. Nesmíme si nechat namluvit, že je celý společenský systém bezmocný. Na internetu již koluje mnoho návodů, jak žít téměř bez odpadů, takzvané „Zero waste“.

Jedna Kalifornská rodina zdokonalila bezodpadový způsob života do takové míry, že roční objem vyprodukovaných odpadů od čtyřčlenné rodiny a psa se vejde do běžné zavařovací sklenice.

I v České republice se tento bezobalový trend pomalu rozbíhá. Rychle přibývá organizací, influencerů, blogů, obchodů a služeb, nabízející bezobalové služby, zároveň také narůstá počet následovníků a podporovatelů „Zero waste“. [89]

Výsledný efekt jednotlivců bude ale stále zanedbatelný v porovnání s obrovskými objemy průmyslových odpadů. Za tento stav může více či méně každý z nás. Zesílení pozitivního efektu jednotlivců může nastat při důsledné poptávce po ekologických produktech. Poptávka by mohla vyvolat na straně nabídky snahu o přizpůsobení se požadavkům trhu a při dostatečném počtu motivovaných zákazníků se dostaví i očekávaný efekt omezení produkce odpadů v průmyslovém odvětví.

V průběhu desetiletí se chemicko-politické celosvětové nezdary v oblasti odpadového hospodářství podepsaly na tvorbě umělých pohoří z odpadů. Sklárky jsou plné toxických látek a nedají se odstranit bez ohrožení životního prostředí. Pokud se nad touto problematikou zamyslíme, tak není vůbec logické odpad zakopat, spálit, zahloubit, zakrýt a zapomenout na něj. [50]

## **13.2. Budoucí strategie odpadového hospodářství ve stavebnictví**

Problémy s odpady je nutné podchytit tam, kde vznikají, tedy na počátku výrobních závodů při produkci výrobků a jejich obalů. Prioritou v oblasti odpadového hospodářství je předcházet vzniku odpadů, takže předcházet samotné výrobě zbytečných spotřebních zařízení. Dalšími pomocnými východisky z této situace je úplné vyřazení toxických látek z koloběhu spotřeby a snaha o maximální úsporu primárních surovin. Stejný podíl na úspěchu má také omezení množství produkováných odpadů, zaměření větší pozornosti na znovu používání materiálů, zvýšení životnosti výrobků, substituce ohroženého materiálu za méně ohrožený nebo obnovitelný, precizní separace odpadů, a především zavedení oběhového hospodářství na různých principech recyklace. Takto se prezentuje nařízení vlády č. 352/2004 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024, který byl schválen 22. 12. 2014. [50]

# 14. Fáze výstavby

Ing. Arch Eugen Nagy ve své publikaci píše, že vize bez praktické realizace je pouze snem, realizace bez vize je pouze dřinou nebo omylem. Pouze vize spojené s praktickou realizací jsou nadějí lidstva. [50]

Fáze výstavby přímo navazuje na projekční fázi. Dnešní výstavba je omezena zásadami územního rozvoje, územními plány a regulačními plány, které udávají způsob rozvoje krajiny. Dále je omezena normami a stavebními zákony, které zbytečně zasahují do svobodného návrhu budov. Tato nařízení se snaží zachovat tradici výstavby a lokálního rázu krajiny. Zároveň všechna nařízení brání plynulému vývoji nových trvale udržitelnějších konceptů budov. Závazné normy neumožňují odchylky od požadovaných hodnot a není umožněna výstavba „experimentálních budov“ šitých na míru jejich obyvatelů.

Pouze v omezené míře se nám daří prosazovat pozitivně působící koncepty. Skutečnost je taková, že veřejné zájmy trvale udržitelné společnosti jsou protichůdné od zájmů mnohých jednotlivců. Ochrana životního prostředí je podle mnoha průzkumů hlavní prioritou lidí, ale pokud by tomu tak skutečně bylo, nebyly by prosazovány v osobním životě hodnoty diametrálně odlišné.

Výstavba budov a bytů je v současné době pod taktovkou mnoha osob. Investoři, architekti, odborné profese, stavební firmy a další dodavatelé. Výsledkem rozdělení stavebního procesu mezi cizí subjekty se vytrácí tradiční stavební vědomí a řemeslo.

U staveb rodinných domů, které jsou stavěny dodavatelsky, je co nejužší spolupráce obyvatele s architektem, stavbyvedoucím a řemeslníky velice důležitá. Při této spolupráci je úkolem investora co nejpřesněji definovat svá přání, návyky, zájmy a nějaké další informace o jeho zvyklostech bydlení. Úkolem architekta je rozpoznat představy investora, s maximální mírou trpělivosti pracovat na návrzích, při kterých jsou uplatněny vědomosti o ekonomii, ekologii, legislativě, přírodních vědách, konstrukcích a materiálech. Prioritou by pro architekta mělo být nalezení harmonie mezi přáním investora a architektonickým cítěním.

## 14.1. Svépomocná výstavba

Dalším možným východiskem z tohoto stavu může být svépomocná výstavba, která umožní samostatnost, svobodu a nezávislost. Ekologická výstavba netradičních decentralizovaných projektů byla povětšinou odkázána na svépomocný styl výstavby. Tuto volbu volí především lidé, kteří se se svým sídlem chtějí personalizovat, uplatnit svou kreativitu, a hlavně chtějí trvale udržitelný, přírodě blízký život realizovat. Dále chtějí obnovit úctu k přírodě, začít s ní spolupracovat a žít tak, aby mohli žít šťastně i další generace, příroda a vše živé na Zemi.

Tyto skutečnosti však neznamenají, že svépomocní stavitelé nepotřebují odbornou pomoc architektů. Naopak, důkladná konzultace s architektem je tím hlavním stavebním kamenem. Přírodnímu stavitelství a permakulturní architektuře se začíná věnovat čím dál více odborníků, ale v porovnání s počty klasických projektantů je jejich podíl nepatrný.

V České republice a na Slovensku působí například Dan Grmela, Mojmir Hudec, Radek Hála, Stano Vaněk, Petr Hájek, Blanka Johannisová, Ludvík Trnka, Olga Hamšíková, doc. Ivana Žabičková, Ondřej Netík, Jan Pospíšil, Jakub Gajda, Viktor Karlík, Kateřina Šmardová, Michal Hendrych, a několik dalších řemeslníků, věnujících se kamnářství, hliněným omítkám, slaměným střechám, tesařině a designu přírodních interiérů a zahrad. Přírodních architektů je opravdu málo a nestíhají ukojit poptávku trhu. Kvůli tomu se může cena kompletní projektové dokumentace přírodního domu vyšplhat až na 150 000 – 300 000,- Kč. Pro architekty, kteří se ztotožní s ekologickým navrhováním budov, se otevírá možnost jistého výděлку, protože podle evropského trendu a postupně zpřísněným požadavkům na trvale udržitelnou výstavbu, bude poptávka po ekologických domech narůstat.

## 15. Fáze provozu a kvalita vnitřního prostředí

Pro zachování té nejlepší kvality vnitřního prostředí provozovaných budov je doporučeno pravidelně a dostatečně větrat, případně jinak zajistit výměnu vzduchu v místnostech. Neměla by být překročena koncentrace 1 500 ppm CO<sub>2</sub>. Výměně vzduchu se musí věnovat větší pozornost tam, kde se vyskytuje otevřený plamen (plynové sporáky, krby, karna, atd.), které při možném nedokonalém spalování zapříčiní emisi škodlivých plynů (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ...) přímo do obytných místností.

Energie spotřebovaná v budovách se v Evropě podílí na celkové spotřebě energie až 40 %. Její spotřeba vzhledem ke zvyšujícímu se životnímu standardu stále stoupá. Významnou roli na spotřebě energie mají klimatizační jednotky a vytápěcí systémy, které však mohou vytvářet nevhodné vnitřní klima.

Klimatizační jednotky vysušují vzduch a nesprávné použití vytváří výraznější rozdíly mezi venkovní a vnitřní teplotou. Rychlý přechod mezi výrazně rozdílnými teplotami může ohrozit lidský organismus a přinést akutní i dlouhotrvající zdravotní potíže.

Nevhodné vysokoteplotní vytápěcí systémy přepalují vnitřní vzduch a malé prachové částice, a takové vnitřní prostředí se může stát pro citlivější osoby dráždivé a následně u nich vyvolat nežádoucí reakce dýchací soustavy.



Další činnost, která ohrožuje zdravé vnitřní prostředí je vysávání. Při vysávání se část prachu dostává opět do ovzduší. Bylo by vhodné zvážit návrat ke smetáku, lopatce a vlhkému hadru. Na domácí mokry úklid se doporučuje používat pouze mírné, biologicky odbouratelné, přírodní úklidové prostředky, například mýdlo, sodu, ocet, sůl. Na internetu je nespočet návodů na výrobu domácích přírodních saponátů, tablet do myček a praček a dalších čisticích prostředků, které nezatěžují životní prostředí ani vnitřní prostředí budov. [20, 50]

## 16. Fáze dekonstrukce

Už při samotném návrhu objektu by bylo vhodné myslet na dekonstrukci po skončení životnosti objektu. Mohlo by se zapřemýšlet nad doplněním vyhlášky o stručný demoliční plán. Ten by udával postup a harmonogram demoličních činností a co nejšetrnější a nejefektivnější způsob odstranění vzniklých odpadů. Tento plán by mohl pomoci při maximálním znovu používání materiálů a předmětů pro další výstavbu. Především by se nutně recyklaci, přetváření a ušetřily by se zdroje potřebné na výrobu nových výrobků.

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 17. Návrh rodinného domu z alternativních materiálů

Diplomová práce se zabývá návrhem malého rodinného domu využívající alternativní materiály se zohledněním požadavků na trvale udržitelný rozvoj. Tento dům má sloužit k trvalému bydlení a má zajistit nezávislý a zdravý domov pro mladý pár. Permakulturní zahrada zajistí potravinové samozásobení.

Pro novostavbu malého rodinného domu byl vybrán pozemek v katastrálním území Polom u Potštejna, parcelní číslo 91/5. Pozemek se nachází na severovýchodním okraji obce v zastavěném území na 50°03'32.9"N severní délky a 16°18'30.3"E východní šířky v nadmořské výšce přibližně 504 m. n. m. Doposud je pozemek vedený jako zahrada, bez aktivního využívání. Pozemek leží v mírném jihozápadním svahu. Územní plán počítá se zastavěním tohoto pozemku. Pozemek přímo sousedí s místní komunikací.

Z ulice se do objektu dostaneme hlavním vstupem, který se nachází v severní části domu. Hned za vstupními dveřmi do 1. NP je velké zádveří, které slouží zároveň jako sklad potravin a technická místnost. V technické části se nachází příkladací otvor do kamen, zásobník dřeva, akumulací zásobník TUV a elektrická řídicí jednotka s bateriemi. Další místností za jedinými dveřmi směřující na jih je z kuchyň, propojená jídelní částí s obývacím pokojem a knihovnou. Uprostřed místnosti stojí masivní kamna, jejichž část slouží na vaření, druhá na vytápění a pečení. Na obývací pokoj navazuje malá koupelna se sprchovým koutem, WC a umyvadlem.

Do 2. NP vede vnitřní schodiště. Tam je jedinou místností prosluněná ložnice, ze které je dveřmi nebo oknem přístup na střešní terasu, nebo po venkovních schodech na východní straně do letní kuchyně a na zahradu.

Podrobnější informace o stávajícím stavu pozemku, architektonickém, konstrukčním a materiálovém řešení návrhu a základní bilance stavby je možné vyhledat v příloze A – Projektový záměr.

V příloze B nalezneme základní informace o energetickém hospodaření objektu, konkrétně tedy Průkaz energetické náročnosti budovy a Energetický štítek obálky budovy.

Příloha C znázorňuje základní situaci studie v měřítku 1:250.

Příloha – D obsahuje studii architektonicko-stavebního řešení objektu. Tato příloha obsahuje studie půdorysů 1. NP a 2. NP, studie řezů A a B, studii dispozice 1. NP a 2. NP, studie pohledů ze všech čtyř světových stran, studie vegetačních střech a vizualizaci návrhu.

# 18. Funkční, ekonomické, environmentální a sociální hodnocení návrhu

V této části diplomové práce byla projevna snaha o maximálně objektivní hodnocení návrhu malého rodinného domu Květináč, který bude poskytovat zázemí pro mladý pár. Vlastní hodnocení bylo provedeno autorem návrhu, který je zároveň autorem diplomové práce.

Hodnocení bylo rozděleno do čtyř kategorií:

- Funkční – hodnocení zaměřeno na náročnost výstavby a na funkčnost objektu z dlouhodobého hlediska používání,
- ekonomické – hodnocení výstavby a provozu domu po finanční stránce,
- environmentální – hodnocení celkového dopadu životního cyklu budovy a jejího provozu na životní prostředí,
- sociální – přehled možností, kterými můžou podobné stavby přispět k lepší sociální interakci v rodinném, přátelském a stavebním sektoru.

## 18.1. Funkční hodnocení

Tuto kapitolu funkčního hodnocení objektu můžeme rozdělit na dvě části. První část se bude týkat výstavby, následující část se pokusí zhodnotit funkčnost předpokládaného provozu.

### 18.1.1. Funkční hodnocení výstavby

Ještě před samotným zahájením výstavby se u takového typu stavby mohou objevit problémy s vyjádřeními a rozhodnutími ze stavebního úřadu. Je dosti pravděpodobné, že neshledají navržené systémy způsobilými. Než se spor vyřeší, může se plánované zahájení stavby velmi výrazně posunout, klidně i o několik let.

Samotná výstavba bude nejspíše málo efektivní, protože bude provedena svépomocí, s minimální možnou mechanizací. Na úspěšné dokončení výstavby domu bude potřeba velké množství člověkohodin. Některé stavební prvky budou kvůli své váze vyžadovat spolupráci více osob, takže časový plán výstavby bude řízen mnoha proměnnými.

Stavba ponese charakter experimentálního, netradičního, inovativního a testovacího projektu. Bude využito mnoho netradičních technologií, konstrukčních a technických systémů, skladeb a materiálových kombinací, že časté konzultace s mnoha odborníky z různých oborů na konkrétní téma budou nutností.

Stavební materiály, které hrají hlavní roli v návrhu této stavby, jako například sláma a ovčí vlna, jsou organického původu se sezónní dostupností. To pro celkový koncept výstavby představuje dvě možnosti.

- Sezónní materiál se nashromáždí s předstihem, bezpečně se uloží v nějakém skladu, a výstavba bude následující rok probíhat podle nezávislého stavebního harmonogramu.
- Stavební harmonogram se přizpůsobí sezónní dostupnosti materiálů a bude vyprojektován s ohledem na skutečnost, že je dostatek vlny na jaře a slámy po žních.

Naopak u některých materiálů, jako je dřevo a hlína, dostupnost řešit nemusíme. Hlína se bude těžit přímo na pozemku z prostoru budoucího zahlobeného skleníku, kořenové čistírny a jezírka. Bude však nutné mít dostatek nahromaděné a připravené hlíny v zásobě, protože na stavbu konstrukcí má výhodnější vlastnosti, pokud se nechá rok odležet.

Dřevo ve formě trámů i kmenů se nakoupí a přiveze z místní pily, vzdálené 4 km od stavby. Podle množství zásob dřeva v podniku o něj při včasném objednání nejspíše nebude nouze.

Mezi nejobávanější možné příčiny poškození rozestavěných i dokončených přírodních staveb z hlíny, patří především zemní vlhkost, kondenzace vodních par, tekoucí a odstříkující dešťová voda, plísně, požár atd. Neúspěch projektu může být také způsoben mrazem, který by mohl poškodit různé součásti vodního hospodářství domu. Při tvorbě detailnějšího typu dokumentace se musí dbát zvýšené pozornosti při navrhování konstrukčních detailů, které předejdou tvorbě tepelných mostů a také u konstrukcí, které jsou ohroženy mrazem nebo vodou ve všech skupenstvích.

## 18.1.2. Funkční hodnocení provozu

Následující funkční hodnocení provozu budovy vychází z obecných charakteristik jednotlivých systémů, teoretických předpokladů a také z veřejně publikovaných zkušeností vlastníků navržených systémů.

Není vůbec jisté, zda takto navržený dům bude plnit funkci komfortního, zdravého, provozně a finančně nenáročného bydlení. Může se vyskytnout mnoho vad a nedokonalostí, zapříčiněné neznalostí všech konstrukčních zásad jednotlivých systémů. Pokud se tyto nedokonalosti objeví v průběhu výstavby a nebudou včas odstraněny, jejich následná oprava za provozu domu se může stát velice nákladnou.

Návrh tohoto objektu sloučil několik samostatně funkčních řešení, která snižují negativní vliv na životní prostředí do jednoho komplexního systému, u kterého však hrozí vznik nepředpokládaných jevů, které vyvolají sadu řetězových reakcí, a ty následně povedou k celkovému neúspěchu projektu. Takovým příkladem mohou být nekvalitně provedené detaily, které povedou k extrémním únikům tepla. Tepelné ztráty nebudou stávající těžká sálavá kamna

schopna pokrýt, v objektu bude chladno. Při dlouhotrvajícím deštivém počasí se za zvýšené vlhkosti objeví všude na hliněných omítkách plíseň.

Dalším černým scénářem může být zvýšená kondenzace vodních par, například v kuchyni nebo koupelně. Tím se mohou nastartovat hnilobné procesy u slámy, která se smíchaná s hlinou nachází v obvodových zdech, příčkách a podlaze. Celá konstrukce se vlivem vyhívání může stát zdravotně závadná, nestabilní a může hrozit její zřícení.

Pokud bude výstavba provedena s maximální pečlivostí, výše zmíněné scénáře snad nehrozí. Obyvatelé objektu si tak budou moci užít jednoduchost přírodního bydlení.

**Zásobování vodou** – Zásobování objektu vodou bude rozděleno na dva oddělené systémy. Jeden bude s vodou pitnou z veřejného vodovodu. Druhý s vodou dešťovou – užitkovou. Bude nutné pravidelně kontrolovat biologické filtry vody, čistit je, vyměňovat filtrační náplně, častěji udržovat zařízení využívající dešťovou vodu a také přemýšlet nad tím, odkud vodu pijeme.

Také bude nutná péče o venkovní systém vodního hospodářství, skládající se ze zahluobeného produkčního skleníku, zavlažovacích kanálků, kořenové čistírny a koupacího biotopu. Tímto systémem je také zaveden přísný režim využívání pouze ekologických čistících přípravků.

Tekoucí voda po povrchu bude ochlazovat prostředí, dodávat vláhu rostlinám, stromům, sníží se frekvence aktivního zalévání zahrady, v biotopu bude možné relaxovat a celkově bude mít tento koncept vodního hospodářství pozitivní vliv na funkci permakulturní zahrady.

**Zásobování elektřinou** – Ostrovní fotovoltaický systém s baterií má jednu velkou nevýhodu a to, že spotřeba elektřiny bude podmíněna množstvím naakumulované energie v baterii. Někdy se stane, že elektrická energie dojde. S tímto faktem ale tento návrh ekologického domu počítal a byl to tak trochu i záměr, který snad přinese pozitivní účinek na rozvoj osobnosti.

**Zásobování teplem** – Hlavním zdrojem tepla budou v rodinném domě těžká sálavá akumulční kamna na kusové dřevo, se spalovací komorou dlouhou nejméně 1 metr. Kamna se nachází v centrální části obytné místnosti s příkládacím otvorem ze zádveří. V zimním období se v ranních hodinách naplní spalovací komora dřevem a u příkládacího otvoru se rozdělá oheň. Takto připravená kamna dokážou na jeden zátop vydávat příjemné teplo po dobu až 24 hodin. Rozměry domu jsou tak příznivé, že není potřeba rozvodů tepla. Kamna zároveň slouží jako trouba na pečení. Uvnitř kamen se také nachází tepelný výměník, který dodává teplo do akumulční nádrže na TUV. Výkon kamen po zažehnutí plamene je již dynamicky neregulovatelný, ale při pocitu přehřívání objektu je nejjednodušší intenzivně vyvětrat, nebo teplotu regulovat průběžně větracími otvory.

Zásobování objektu teplem na podzim a na jaře by měla pokrýt akumulovaná sluneční tepelná energie v masivních hliněných konstrukcích uvnitř objektu. Pokud budeme chtít pocítit

krátkodobý tepelný komfort, můžeme si přitopit menšími kamny na kusové dřevo, která slouží zároveň jako kamna na vaření v chladnějších měsících.

**Zásobování teplou vodou** – Teplá užitková voda (TUV) bude uchovávána v 200 litrové akumulární nádrži. Její příprava bude probíhat v průběhu roku třemi různými způsoby a jejich kombinací - solárními termálními panely nebo díky instalovanému tepelnému výměníku v akumulárních kamnech a kamnech na vaření.

**Chlazení** – Chlazení objektu bude pouze pasivní. Hlína jako materiál má dobrou tepelnou akumulaci a výhodnou tepelnou setrvačnost. Zádvevní prostor, velké přesahy střech, popínavé rostliny, stromy, jednoleté rostliny a vegetační střecha pomohou zabránit před přehříváním objektu. Celková koncepce blízkého okolí stavby bude vytvořena tak, aby se otevřením vhodných oken vytvořil průvan skrz celý objekt a tím se interiér alespoň trochu ochladil.

**Vaření** – Objekt bude mít dvě kuchyně a obě budou využívat na vaření klasická kamna na dřevo. V letních měsících se bude vařit pouze ve venkovní kuchyni, protože teplo z kamen by ještě více přehřívalo interiér a tato skutečnost není žádoucí. Jako experiment bude vyrobena solární trouba.

**Chlazení potravin** – V zimě se budou potraviny ukládat v akumulární lednici, která využívá chlad venkovního prostředí. S přicházejícím jarem a teplejších dní se lednička odstaví a postupně se přejde na jiný systém stravování, který ledničku nevyžaduje.

Je pravdou, že v provozně funkčním hodnocení se objekt navrácí ke kořenům a používají se opět primitivní metody, ale návrh byl s tímto předpokladem vytvořen. Projekt počítá s hrozcí ekonomickou krizí, výpadky proudu, výpadky zásobování jinými energiemi, potravinami atd., a proto je objekt navržen tak, aby byli obyvatelé v relativním komfortu a bezpečí, i přes naplnění podobných katastrofických scénářů.

## 18.2. Ekonomické hodnocení

Návrh experimentální a nízkonákladové stavby nezahrnuje orientační ani položkový rozpočet. Tento celkový projekt má totiž dokázat, že i přes velice omezený rozpočet (přibližně 350 000,- Kč) je možné postavit plnohodnotný rodinný dům, který zajistí pohodlné, bezpečné a komfortní přístřeší pro mladý pár. Návrh klade obrovský tlak na co nejnižší finanční náročnost a násobí se snaha uplatnit znovupoužitelné výrobky, materiály a recyklované produkty. Dostupnost levných bazarových stavebních prvků je však závislá na intenzitě poptávky, množství nabídky v čase a na oblasti, která je ohraničena ekonomicky přijatelnou dojezdovou vzdáleností od stavby. Nepředvídatelná dostupnost těchto bazarových stavebních prvků bude mít za následek také nepředvídatelný postup výstavby. Nebude možné zajistit jejich dodávku téměř okamžitě na objednávku, a proto se může časový horizont dokončení stavby výrazně protáhnout. Aby byla podpořena kontinuita výstavby a nevyhnutelné zpoždění se minimalizovalo, bude vhodné přistoupit na kompromis mezi dostupností, cenou a kvalitou a na základě těchto kritérií budou zvoleni jednotliví dodavatelé stavebních součástí.

Nezanedbatelnou finanční zátěží budou také náklady na práci geodetů, poplatky úřadům a další administrativní poplatky.

Pokud se splní plánované technické předpoklady objektu, finančně vyjde jeho provoz velice příznivě. Jediné poplatky budou za vodu, a to pouze za část vodného, protože dům nebude napojen na kanalizaci. Při místní ceně vody, přibližně 15,- Kč/m<sup>3</sup>, jistě nebude roční poplatek za vodné i s poplatkem za pronájem obecního vodoměru přesahovat 1000,- Kč.

Dům není připojen do elektrické sítě, takže odpadá povinnost platit poplatek za jističe. Elektřina bude muset stačit ze solárního panelu.

Další výdaje na provoz budovy budou za palivové dřevo, které se získá samotěžbou. Celkové roční náklady na vytápění a vaření tak nepřesáhnou 5 000,- Kč.

Cílem projektu je dokázat, že i s omezenými financemi a dostatkem volného času je reálné postavit zdravý, téměř soběstačný rodinný dům, jehož náklady na provoz budou taktéž minimální. Tento přístup by měl přinést benefity především v sociální oblasti rodinného života. Ekonomické hodnocení bude pro někoho možná pouze utopistická představa. Autor návrhu má však v plánu proměnit tento návrh ve skutečnost a dokázat tak, že na samostatné, finančně nenáročné bydlení může při troše snahy dosáhnout každý.

## 18.3. Environmentální hodnocení

Environmentální hodnocení návrhu představuje nejvíce očekávané hodnocení. Aby byly výsledky vyjádřeny početně a byly alespoň trochu relevantní, použil se výpočetní software Eco-Bat 4.0. V této praktické části se zhodnotil celý životní cyklus návrhu budovy, která bude postavená z přírodních materiálů, jako je dřevo, hlína, sláma a ovčí vlna. Životní cyklus zahrnuje v tomto případě environmentální dopady výroby materiálů, výstavby, energetickou náročnost provozu budovy, výměnu jednotlivých opotřebovaných prvků, dekonstrukci budovy a také případnou recyklaci materiálů. Návrh rodinného domu Květináč byl porovnán s referenčním objektem, který byl navržen z průmyslových stavebních materiálů, jako je beton, keramické tvárnice, fasádní polystyren a minerální vata. Referenční hmoty konstrukcí byly navrženy na základě stejného součinitele prostupu tepla obálkou budovy  $U_{em} = 0,20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ , viz průkaz energetické náročnosti budovy a energetický štítek obálky budovy v příloze B.

Návrh přírodní stavby rodinného domu Květináč a referenční objekt byly porovnány pomocí softwaru Eco-Bat 4.0. K porovnání v práci posloužily dva ukazatele, které pomohou objektivně ohodnotit dopad stavební produkce na životní prostředí:

- CED, neboli celková spotřeba primární energie za životní cyklus budovy (Cumulative Energy Demand) v jednotkách  $[\text{MJ}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})]$ .
- GWP, neboli celkový potenciál globálního oteplování za životní cyklus budovy (Global Warming Potential) v jednotkách  $[\text{kg CO}_2\text{-Eq}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})]$ .

Oba objekty o vnitřní podlahové ploše  $42,91 \text{ m}^2$  byly navrženy s životností 50 let. Beze změny zůstaly výplně otvorů, vnitřní zařízení, systémy vytápění a zisku elektrické energie, střešní plášť s hydroizolační vrstvou a množství spotřebované provozní energie. V tabulce č. 8 jsou uvedeny hodnoty celkových materiálových environmentálních dopadů navrženého objektu.

Tabulka č. 8 – Porovnání environmentálních materiálových dopadů RD Květináč a referenčního objektu

	Návrh RD Květináč	Referenční objekt
CED $[\text{MJ}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})]$	255,89 (100 %)	281,54 (110 %)
GWP $[\text{kg CO}_2\text{-Eq}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})]$	6,97 (100 %)	10,32 (148 %)



### 18.3.1. Celková spotřeba primární energie (CED)

Očekávalo se, že celková spotřebovaná primární energie bude u navržené přírodní stavby v porovnání s referenčním objektem mnohem nižší. Výsledky z programu Eco-Bat 4.0 byly však překvapením. Finální rozdíl tvořil pouze nepatrných 10 % ve prospěch ekologické stavby. Níže jsou uvedeny důvody, které tuto skutečnost objasňují.

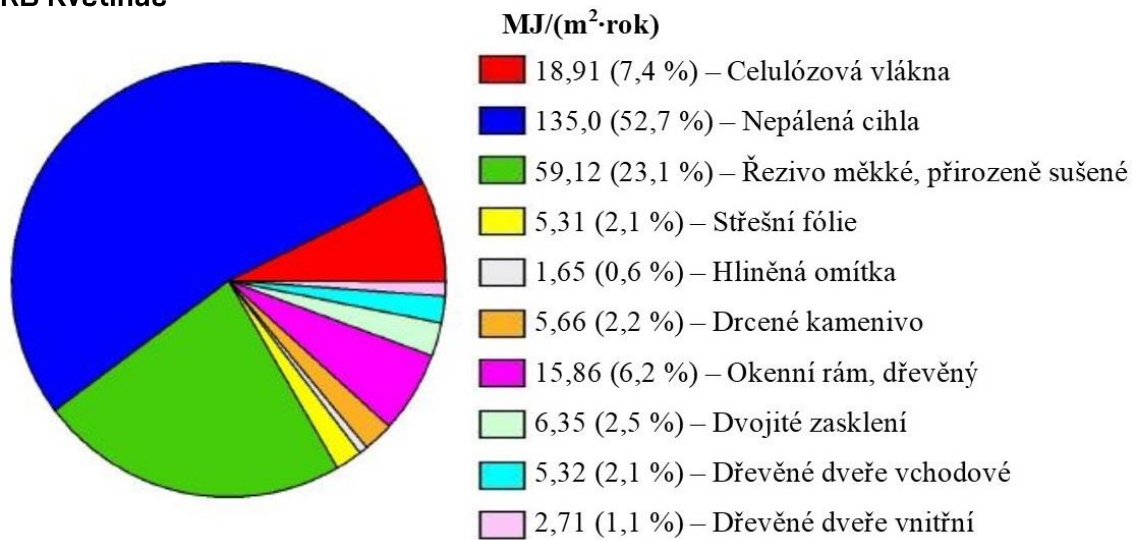
S jistotou můžeme konstatovat, že k environmentálnímu hodnocení byl zvolen nevhodný software. Program Eco-Bat 4.0. má totiž nedostatečně obsáhlou databázi přírodních materiálů, a tak musela být sláma a ovčí vlna v ekologickém hodnocení vyměněna za nejpodobnější materiál, kterým byla celulóza a dusanou hlínu ve výpočtech nahradila nepálená cihla.

Záměnou slámy a ovčí vlny za celulózu nejspíše nedošlo k výraznému ovlivnění výsledků v hodnocení CED, protože celulóza, ovčí vlna i sláma jsou získávány relativně podobným mechanickým způsobem. Musíme však myslet na to, že ovčí vlna i sláma jsou brány jako druhotné suroviny, nejsou hlavním výstupem z pěstebních a chovných procesů, takže jejich reálná spotřeba energie je v porovnání s výpočtem nižší.

Mnohem podstatnější záměna materiálů se provedla u dusané nepálené hlíny. Tento materiál byl kvůli nedostatečně obsáhlé databázi zaměněn za nepálené cihly. Průmyslová výroba cihel a hmotnost 40,8 tun znamenala výrazné navýšení celkové spotřeby primární energie na životní cyklus RD Květináč, která ve výpočtu představuje 52 %. Správnou charakteristikou dusané nepálené hlíny vytěžené na pozemku by reálná energetická náročnost byla odhadem desetinová, oproti nepáleným průmyslově vyráběným cihlám.

Ostatní materiály, jako měkké řezivo, střešní fólie, zasklení atd. se podařilo v databázi dohledat, a proto jsou jejich hodnoty CED relativně přesné. Porovnání primární spotřebované energie (CED) použitých materiálů při návrhu RD Květináč v jednotkách MJ/(m<sup>2</sup>·rok) nalezneme v grafu č. 5.

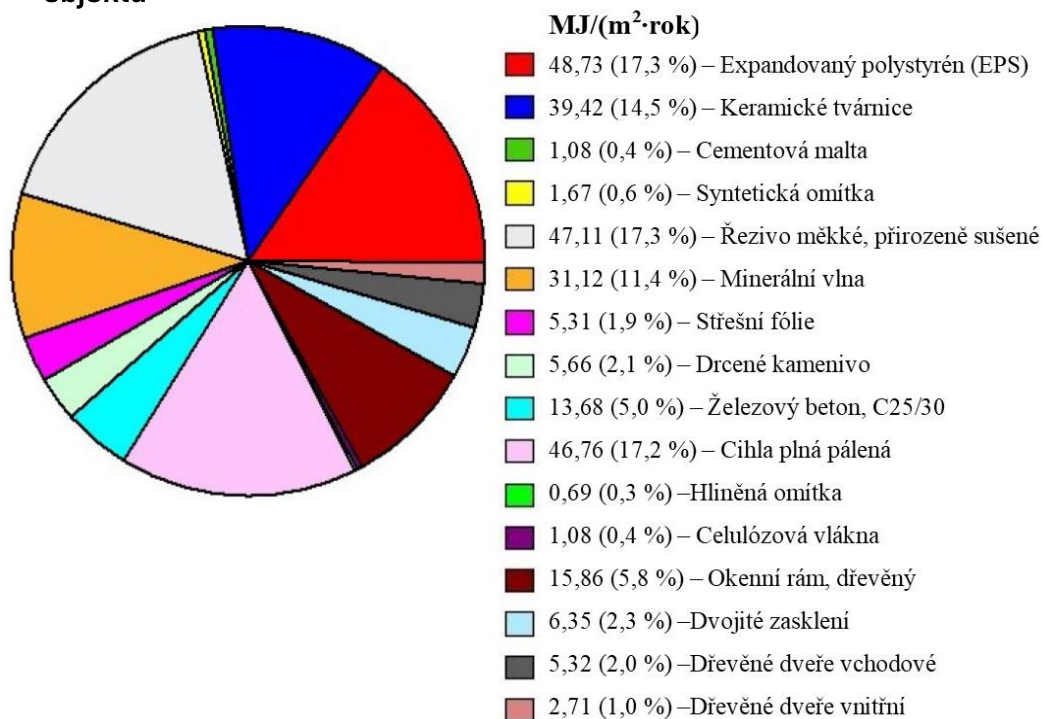
## Porovnání primární spotřebované energie (CED) použitých materiálů při návrhu RD Květináč



Graf č. 5 – Primární spotřebované energie (CED) použitých materiálů při návrhu RD Květináč v jednotkách MJ/(m<sup>2</sup>·rok)

Naopak u referenčního objektu se podařilo v softwaru přesně nadefinovat všechny použité materiály. Přehled spotřebované primární energie (CED) materiálů referenčního objektu je znázorněn na grafu č. 6 a tyto výsledky můžeme pokládat za relativně přesné.

## Porovnání primární spotřebované energie (CED) použitých materiálů referenčního objektu



Graf č. 6 – Primární spotřebované energie (CED) použitých materiálů referenčního objektu v jednotkách MJ/(m<sup>2</sup>·rok)

### 18.3.1. Potenciál globálního oteplování (GWP)

Potenciál globálního oteplování představuje celkové svázané emise CO<sub>2</sub> ekvivalentní. Ekvivalentní znamená, že kromě emisí CO<sub>2</sub> se přidají další emise, jejichž skleníkový efekt je přepočítán na úroveň efektu CO<sub>2</sub>.

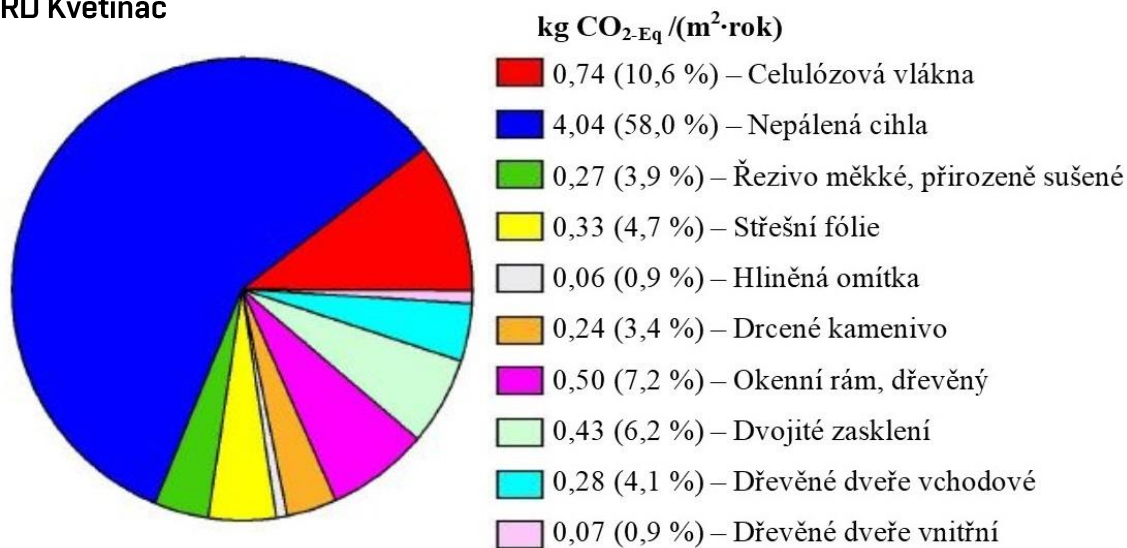
Přestože byla provedena nutná záměna těch hlavních stavebních materiálů, jako je hlína, sláma a ovčí vlna za nepálené cihly a celulózu, výsledný potencionál globálního oteplování je přibližně o 50 % nižší než u referenční budovy. Výsledky GWP nepálených cihel však musíme pokládat za zavádějící, protože do této statistiky byl započítán i proces výroby nepálených cihel, a ty právě tvoří 58 % z celkového potencionálu globálního oteplování návrhu RD Květináč.

Reálně bude použita nepálená, ručně dusaná hlína těžená na pozemku, a tak můžeme s jistotou říci, že výsledný GWP by mohl být snížen až na polovinu oproti softwarově stanoveným hodnotám.

Zpracování slámy, ovčí vlny i celulózy je teoreticky velice podobný proces, při kterém nedochází k tepelnému ani chemickému zpracování, a tak je vypočítaný potencionál globálního oteplování zaměněných materiálů oproti skutečnému reálnému stavu nejspíše relativně přesný.

Jednotlivé výsledné potencionály globálního oteplování (GWP) použitých materiálů při návrhu RD Květináč si můžeme prohlédnout na grafu č. 7.

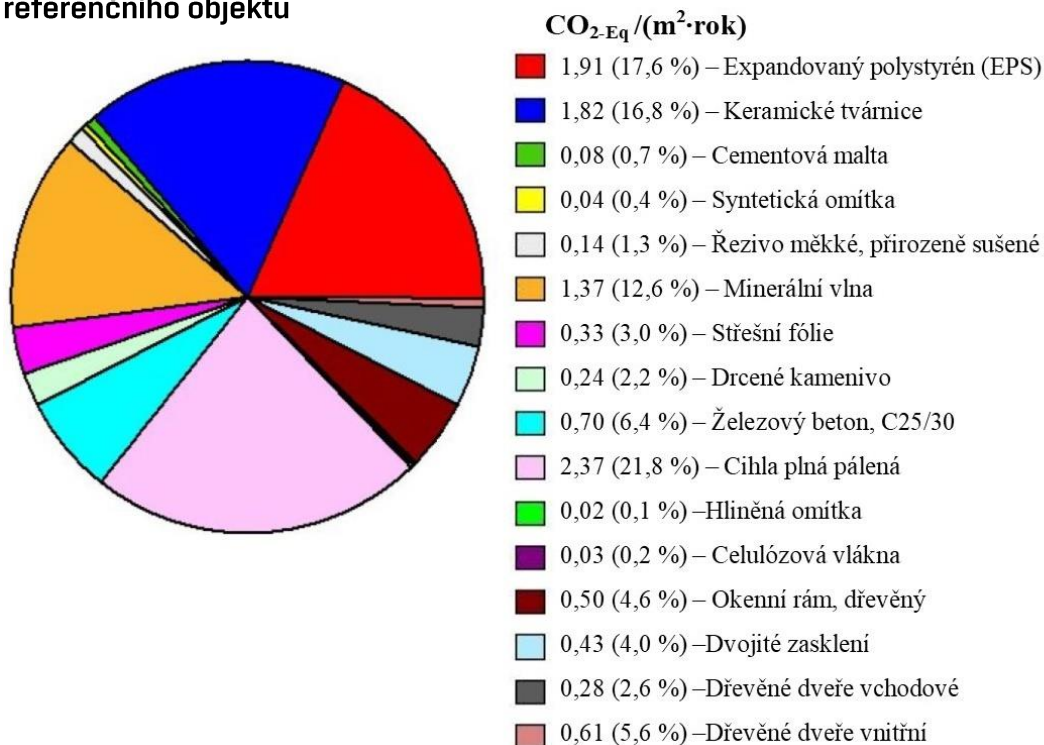
### Porovnání potencionálu globálního oteplování (GWP) použitých materiálů při návrhu RD Květináč



Graf č. 7 – Potencionál globálního oteplování (GWP) použitých materiálů při návrhu RD Květináč v jednotkách kg CO<sub>2-Eq</sub>/(m<sup>2</sup>·rok)

Stejně jako primární spotřeba energie je i potencionál globálního oteplování (GWP) použitých materiálů u referenčního objektu objektivní, protože se podařilo relativně přesně nadefinovat všechny použité materiály. Přehled výsledného potencionálu globálního oteplování (GWP) materiálů referenčního objektu si můžeme prohlédnout na grafu č. 8.

### Porovnání potencionálu globálního oteplování (GWP) použitých materiálů referenčního objektu



Graf č. 8 – Potencionál globálního oteplování (GWP) použitých materiálů referenčního objektu v jednotkách kg CO<sub>2-Eq</sub>/(m<sup>2</sup>·rok)

Důkaz o snížení negativních vlivů stavební produkce navrhováním přírodních staveb je početně vyjádřen výše, ale přírodní stavby mají mnoho dalších benefitů, které tak jednoduše vyjádřit nelze. Příkladem mohou být vodní plochy na pozemku. Zavlažovací kanálky, koupací jezírko, ale i kořenová čistírna budou v letních měsících jako skupina vodních ploch pomáhat při ochlazení nejbližšího okolí. Ke snížení okolní teploty přispějí také rostliny a stromy na pozemku, které svými biologickými procesy odeberou teplo z okolí a tepelná energie bude přeměněna na vodní páry.

## 18.4. Sociální hodnocení

Sociální hodnocení se u budov běžně nevyskytuje, ale tento návrh alternativní stavby k němu výloženě vybízí. Otevírá se několik možností, kterými může stavba pozitivně ovlivnit rodinu, přátele, komunitu i širší veřejnost.

Svépomocná výstavba v některých případech vyžaduje spolupráci více osob. Stavebníci mohou oslovit část svých rodinných příslušníků a přátel, zdali by byli ochotni asistovat při výstavbě. Prosbou o pomoc, a tím, že osoby žádosti vyhoví a pomůžou, se mohou při výstavbě upevnit rodinné a přátelské vztahy. Upevnění vztahů může proběhnout napříč generacemi, mezi jednotlivými rodinami stavebníků a mohou vzniknout i vazby nové.

Samotná manuální práce na čerstvém vzduchu s přírodními materiály, a také pocit z konání dobrého skutku může mít pozitivní vliv na duši člověka.

Pokud by se část stavby, například dusání hlíny do bednění nebo hliněné omítky prováděly formou veřejného workshopu, měla by akce pozitivní vliv na nasměrování stavebního odvětví více trvale udržitelným způsobem výstavby. Hliněný workshop by také rozšířil ekologicky smýšlející komunitu o jednotlivce i skupiny. Rozšířily by se informace o hliněném řemeslu, a je možné, že by byla stavba inspirací pro budoucí stavebníky.

Další projekt, který by mohl mít široký sociální dopad, se týká přímo tohoto návrhu. Je v plánu stavbu realizovat a o návrhu stavby, o průběhu její výstavby a o následném funkčním provozním hodnocení informovat širokou veřejnost na sociálních sítích, jako je Facebook, YouTube, soukromé webové stránky atd. a tím se pokusit masivně propagovat trvale udržitelnou výstavbu. Po dostatečném zabydlení a vlastním zhodnocení všech kladných a záporných zkušeností, je v plánu vydat fotoknihu, která bude teoretické poznatky z diplomové práce převádět do praxe, a kniha se tak stane průvodcem trvale udržitelné výstavby pro ekologického stavebníka. Kniha bude vydána a šířena především v elektronické podobě. A protože je autor návrhu a této diplomové práce zastáncem freeconomy, bude elektronická verze knihy přístupná zdarma. Tištěná verze s věnováním bude dostupná za výrazně nadsazenou finanční částku. Vybrané peníze poslouží dále ke vzdělávání veřejnosti v oblasti trvale udržitelné výstavby, permakulturních principů, svobodného myšlení a freeconomy zásad.

Očekává se, že rodinné domy navržené v podobném stylu nebudou finančně náročné na provoz. Režijní náklady budou výrazně nižší, a proto se také může poměrově snížit množství odpracovaných hodin v zaměstnání. Sociálním benefitem tak může být v tomto případě více času stráveného s dětmi, rodinou, a také více času na vlastní záliby, koníčky a rozvoj osobnosti. Určitě existuje nespočet dalších sociálních benefitů, které s trvale udržitelnou výstavbou souvisí, zde jsou ale uvedeny ty nejhlavnější, týkající se přímo návrhu rodinného domu Květináč.

# 19. Závěr

Předložená diplomová práce úspěšně splnila zadání i cíle práce.

Cílem práce nebyly detailní popisy technicko-fyzikálních principů, ale stručné poukázání na skutečnost, že problematika trvale udržitelné výstavby je skutečně rozsáhlá, komplexní a není snadné ji jednotně uchopit. S ohledem na tyto skutečnosti byla vytvořena studie malého rodinného domu s pracovním názvem „Květináč“.

V teoretické části byla provedena rešerše odborné literatury, která nejen že shromáždila základní informace o legislativě trvale udržitelného rozvoje a o možnostech snižování negativního dopadu stavební produkce na životní prostředí, ale také nabídla odkazy na prameny, které by čtenářům umožnily hlubší průnik a lepší orientaci v dané problematice trvale udržitelné výstavby.

Práce dochází k závěru, že pokud chceme maximálně snížit globální negativní environmentální dopady výstavby a provozu budov, a také budovy úspěšně adaptovat na změnu klimatu, bude nutné provést mnoho výzkumů v různých technických a klimatických oblastech, které by návrhy optimalizovaly a udaly směr nové, trvale udržitelné architektury.

V práci byly připomenuty tradiční způsoby a technologie hospodaření s energiemi, materiály, vodou a odpady, a zároveň byly představeny moderní technické novinky, jako například oscilační větrná elektrárna, domácí bioplynová stanice, odvalovací vodní elektrárna nebo kompostovací a solární záchod. Každý z těchto směrů, primitivní i technologický, má řadu výhod a nevýhod a tato práce se snaží dokázat, že jejich ideální kombinací lze dosáhnout relativně komfortního, zdravého, levného a trvale udržitelného bydlení.

Hlavní motivací při tvorbě návrhu nebyla pouze ochrana životního prostředí, ale především ochrana a přežití vlastního rodu a převzetí zodpovědnosti za zabezpečení kvalitních životních potřeb na sebe.

Šest prvků, které je potřebné zajistit k seberealizaci a prožití spokojeného života každého člověka v dnešní moderní době jsou – voda, jídlo, pohodlný přístřešek, nakládání s odpadní vodou, nakládání s odpadem a elektrický proud. Domy, ve kterých bydlíme a systémy, které dům pohánějí, stojí za uspokojováním těchto potřeb. Změny klimatu nebo jiné nepředvídatelné události však mohou způsobit, že se poruší centrálně řízené sítě a prvků spokojeného života se nám přestane dostávat. Již mnoho komunit v České republice, jako například rodina Jaroslava Svobody nebo Aleny Gajdůškové, podniká bezpečnostní opatření. Rodiny se stěhují na samoty, snaží se o energetickou soběstačnost, zakládají permakulturní zahrady a snaží se o potravinovou soběstačnost.

Návrh objektu v této diplomové práci se připojuje k šíření těchto alternativních řešení, podporuje trvalou udržitelnost společnosti, a zároveň otevírá dveře lidem s průměrnými příjmy k získání vlastního bydlení za přijatelné investiční náklady.

## 20. Seznam příloh

PŘÍLOHA A – PROJEKTOVÝ ZÁMĚR

PŘÍLOHA B – PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI STUDIE RD KVĚTINÁČ

PŘÍLOHA C – SITUAČNÍ ŘEŠENÍ STUDIE

PŘÍLOHA D – ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÍ ŘEŠENÍ STUDIE

- PŘÍLOHA D.1. – STUDIE 1. NP
- PŘÍLOHA D.2. – STUDIE 2. NP
- PŘÍLOHA D.3. – STUDIE ŘEZU A, B
- PŘÍLOHA D.4. – STUDIE DISPOZICE 1. NP, 2. NP
- PŘÍLOHA D.5. – STUDIE SEVERNÍHO A JIŽNÍHO POHLEDU
- PŘÍLOHA D.6. – STUDIE VÝCHODNÍHO A ZÁPADNÍHO POHLEDU
- PŘÍLOHA D.7. – STUDIE VEGETAČNÍ STŘECHY 1. NP, 2. NP

## 21. Použité zkratky

BRI – building related illness – nemoci způsobené pobytem v budovách

CED – cumulative energy demand – celková spotřeba primární energie

CFC – chlor-fluorované uhlovodíky

CH<sub>4</sub> – methan

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

ČOV – čistírna odpadních vod

ČVUT – České vysoké učení technické v Praze

DDT – dichlordifenyltrichlorethan

E<sub>A</sub> – měrná roční potřeba na vytápění v jednotkách kWh/(m<sup>2</sup>·a)

EEA – Evropská agentura pro životní prostředí

EIA – posouzení vlivu koncepce na životní prostředí

E<sub>pNA</sub> – měrná neobnovitelná primární energie v jednotkách kWh/(m<sup>2</sup>·a)

EU – Evropská unie

EUA – European Union Allowances – Evropské emisní povolenky

FLL – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau – atest proti prorůstání kořínků střešních hydroizolací

FV – fotovoltaika

GWP – global warming potential – potenciál globálního oteplování

HAWT – Horizontal axis wind turbines – větrné elektrárny s horizontální osou

HCFC – hydrochlorofluoruhlovodíky



HFC – fluorované uhlovodíky  
kWh – kilowatthodina  
LCA – life cycle assesement – hodnocení životního cyklu  
MA21 – Místní Agenda 21  
MJ – megajoule  
MVE – malé vodní elektrárny  
MŽP – Ministerstvo životního prostředí  
NO<sub>x</sub> – oxidy dusíku  
NZEB – nearly zero-energy building – budova s téměř nulovou spotřebou energie  
NZÚ – Nová zelená úsporám  
N<sub>2</sub>O – oxid dusný  
OSN – Organizace spojených národů  
PET – polyethylentereftalát  
PFC – perfluoruhlovodíky  
PHPP – The Passive House Planning Package – nástroj na optimalizaci pasivních domů  
PVC – polyvinylchlorid  
RD – rodinný dům  
RVUR – Rada vlády pro udržitelný rozvoj  
SBS – sick building syndrome – syndrom nemocných budov  
SDGs – sustainable development goals – cíle pro udržitelný rozvoj  
SO<sub>2</sub> – oxid siřičitý  
TUV – teplá užitková voda  
TZUS – Technický a zkušební ústav stavební  
U<sub>em</sub> – průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy v jednotkách W/(m<sup>2</sup>·K)  
USA – The United States of America – Spojené státy americké  
UV – ultraviolet – ultrafialové záření  
VAWT – Vertical axis wind turbines – větrné elektrárny s vertikální osou  
VUT – Vysoké učení technické v Brně  
VUT FAST – Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební  
WCED – World Commission on Environment and Development – Organizace spojených národů  
WHO – World health organisation – Světová zdravotnická organizace pro životní prostředí  
ŽP – životní prostředí

## 22. Použitá literatura

- [1] Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, Brusel: European Commission, 2011
- [2] ROBERTS, J. M. Ilustrované dějiny světa. 1, Pravěk a nejstarší civilizace. Praha: Knižní klub, 1999. ISBN 80-7176-776-X.
- [3] Naseinfo.cz: Jaká je historie cihly? [online]. Praha [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <https://www.naseinfo.cz/stavby-a-stavebnictvi/obvodove-konstrukce-a-materialy/jaka-je-historie-cihly>
- [4] Cook, John; Dana Nuccitelli, Sarah A. Green, Mark Richardson, Bärbel Winkler, Rob Painting, Robert Way, Peter Jacobs, Andrew Skuce (2013). "Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature". Environmental Research Letters 8 (2): 024024.
- [5] CHANGE: Skleníkové plyny - výklad. In: Evropská komise [online]. 1.12.2011 [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/gases\\_cs.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/gases_cs.pdf)
- [6] Zmenaklimatu.cz [online]. České Budějovice [cit. 2018-10-02]. Dostupné z: <http://www.zmenaklimatu.cz/cz/fakta/zmena-klimatu>
- [7] Mzp.cz: Kjótský protokol [online]. Praha [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/kjotsky\\_protokol](https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol)
- [8] Mzp.cz: Pařížská dohoda [online]. Praha [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/parizska\\_dohoda](https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda)
- [9] Pro nás Pařížská dohoda platí.: Státy a města USA jdou proti Trumpovi. Idnes.cz [online]. 2.6.2017 [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: [https://zpravy.idnes.cz/parizska-dohoda-klimaticke-zmeny-usa-trump-fkv-/zahranicni.aspx?c=A170602\\_111051\\_zahranicni\\_ab](https://zpravy.idnes.cz/parizska-dohoda-klimaticke-zmeny-usa-trump-fkv-/zahranicni.aspx?c=A170602_111051_zahranicni_ab)
- [10] Naše společná budoucnost: Světová komise pro životní prostředí a rozvoj. z anglického originálu přeložil Pavel Korčák. – 1. vyd. – Praha: Academia, 1991. – 297 s. ISBN 80-85368 07- 2
- [11] Citaty.net: Citáty slavných osobností [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <https://citaty.net/citaty/281925>
- [12] Mzp.cz: Udržitelný rozvoj [online]. Praha [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny\\_rozvoj](https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj)
- [13] NEŠPOR, Zdeněk, ed. Sociologická encyklopedie: Římský klub [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: [https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Římský\\_klub](https://encyklopedie.soc.cas.cz/w/Římský_klub)
- [14] Naše společná budoucnost: světová komise pro životní prostředí a rozvoj. Praha: Academia, 1991. ISBN 80-85368-07-2.
- [15] Mzp.cz: Rámcová úmluva OSN o změně klimatu [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/ramcova\\_umluva\\_osn\\_zmena\\_klimatu](https://www.mzp.cz/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu)

- [16] WATTS, Jonathan a Liz FORD. The Guardian: Rio+20 Earth summit: pressure for deal – but will leaders hold their nerve? [online]. 20.6.2012 [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/environment/2012/jun/19/rio-earth-summit-sustainability-conference>
- [17] Mzp.cz: Konference OSN o udržitelném rozvoji v roce 2012 [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/konference\\_osn\\_udrzitelny\\_rozvoj\\_2012](https://www.mzp.cz/cz/konference_osn_udrzitelny_rozvoj_2012)
- [18] Osn.cz: Cíle udržitelného rozvoje SDGs [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <http://www.osn.cz/osn/hlavni-temata/>
- [19] Evropská komise. Oblast klimatu : Naše planeta, naše klima. Lucemburk: Evropská unie, 2014. ISBN 978-92-79-41338-4.
- [20] SENDZIMIR, Jan a G. Bradley GUY. Construction ecology: nature as the basis for green buildings. New York: Spon Press, 2002. ISBN 978-0-415-26092-3.
- [21] Mzp.cz: Místní Agenda 21 (MA21) [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/mistni\\_agenda\\_21](https://www.mzp.cz/cz/mistni_agenda_21)
- [22] Agenda 21: český překlad textu části Přílohy II dokumentu Report of the United Nations Conference on Environment and Development Rio de Janeiro, 3-14 June 1992. [Praha]: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1998. 328 s. ISBN 80-7212-039-5.
- [23] HRON, Adam. Evropský týden udržitelného rozvoje. Týden udržitelnosti [online]. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <https://www.tydenudrzitelnosti.cz>
- [24] STRATEGICKÝ RÁMEC ČESKÁ REPUBLIKA 2030 [online]. Praha: Oddělení udržitelného rozvoje [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: [cr2030.cz](http://cr2030.cz)
- [25] LEHKÝ, Jan. Změny ve stavebním zákoně a zákoně o EIA [online]. 16.2.2018 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-hruba-stavba/16953>
- [26] Zákon č. 183/2006 Sb. Stavební zákon
- [27] Svět · Populace 1800-2018 [online]. [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: <http://populace.population.city/world/#1>
- [28] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 305/2011 [online]. In: 4. 4. 2011 [cit 2018-11-14]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:CS:PDF>
- [29] HÁJEK, Petr. Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě. Stavebnictví [online]. 2007, 11/2007, (11-12) [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: [https://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope\\_N465](https://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope_N465)
- [30] Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí
- [31] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- [32] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií
- [33] Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní

- [34] Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech
- [35] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách
- [36] Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší
- [37] Vyhláška č. 78/2013 Sb. – o energetické náročnosti budov
- [38] EU Construction & Demolition Waste Management Protocol
- [39] PODSKALSKÝ, Ivo. ZDÁNLIVÁ SAMOZŘEJMOST PRO LIDSTVO ANEB JAKOU HODNOTU MÁ STROM? [online]. 5.7.2016 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <https://www.national-geographic.cz/clanky/zdanлива-samozrejmost-pro-lidstvo-aneb-jakou-hodnotu-ma-strom-20160705.html>
- [40] ČSÚ [Český statistický úřad]. Stavební povolení v roce 2017 [online graf]. 27.7.2018 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xb/stavebni-povoleni-v-roce-2017>
- [41] Zelené Úřadování [online]. Síť ekologických poraden [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <http://www.zeleneuradovani.cz/o-nas/legislativa>
- [42] Zákon č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek
- [43] The indoor generation [online]. [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <https://www.velux.cz/indoorgeneration>
- [44] B. Kiss and Z. Szalay, "The Impact of Decisions Made in Various Architectural Design Stages on Life Cycle Assessment Results", Applied Mechanics and Materials, Vol. 861, pp. 593-600, 2017
- [45] ČSÚ [Český statistický úřad]. Dlouhodobý vývoj průměrné obytné plochy jednoho bytu dokončeného v letech 1948-2012 [online graf]. 31.1.2014 [cit. 2018-10-19]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20533754/retro+tabulka+3.pdf/119b8952-37cf-42cb-a98f-0366393e38d5?version=1.0>
- [46] PHPP. Pasivnidomy.cz [online]. 30.4.2014 [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/prodavame-phpp85/t4086>
- [47] Případová studie pro obor stavitelství: pro oblast adaptace a resilience budov. Adaptace sídel na změny klimatu [online]. 22.7.2017 [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <http://www.adaptacesidel.cz/default/kategorie?prispevek=163>
- [48] Emisní a konverzní faktory: Metodika SBToolCZ [online]. In: . leden 2011 [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <https://uloz.to/!4ohNy1ckRfNM/sbtool-ch09-emisni-konverzni-faktory-pdf>
- [49] Statistika energetiky za rok 2017: Tuzemská spotřeba elektřiny pokořila rekord. In: Eru.cz [online]. 24. 5. 2018 [cit. 2018-10-21]. Dostupné z: [https://www.eru.cz/documents/10540/3899416/20180524\\_TZ\\_statistiky\\_2017.pdf/76fc4f45-7823-48dc-b790-8a73599f6063](https://www.eru.cz/documents/10540/3899416/20180524_TZ_statistiky_2017.pdf/76fc4f45-7823-48dc-b790-8a73599f6063)
- [50] NAGY, Eugen. Manuál ekologickej výstavby: navrhovanie a výstavba trvalo udržateľných ľudských sídiel. Vydanie druhé. Brdárka: Alter Nativa Brdárka spolu s o.s. Ekovesnice Liberec, 2015. ISBN 978-80-971724-0-4.

- [51] NOVÁK, Jan. Výchřevnosti a měrné jednotky palivového dřeva [online]. In: . [cit. 2018-10-27]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>
- [52] Česká bioplynová asociace: Mapa bioplynových stanic [online]. [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic.html>
- [53] Nová zelená úsporám: Rodinné domy – výstavba [online]. Resort životního prostředí [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-vystavba/>
- [54] Výukové materiály ke kurzu: Úvod do navrhování pasivních a nulových domů. Brno: Centrum pasivního domu, 2014.
- [55] Aalborgská charta a Kampaň evropských udržitelných měst a obcí [online]. 8.4.2004 [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/47649>
- [56] ČSN 73 0540-2, Česká technická norma – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- [57] EkoWATT – centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie: Energie větru [online]. [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-vetru>
- [58] Vortex bladeless: How it works [online]. Madrid, 2018 [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <https://vortexbladeless.com/technology-design/>
- [59] EkoWATT – centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie: Energie prostředí, geotermální energie, tepelná čerpadla [online]. [cit. 2018-10-29]. Dostupné z: <https://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla>
- [60] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. Tepelná čerpadla. Praha: EkoWATT, 2009. ISBN 978-80-87333-02-0.
- [61] SLOVÁČEK, Josef. Tepelná čerpadla v komerčních objektech [online]. 7.1.2009 [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-cerpadla-v-komercnich-objektech/>
- [62] Obnovitelne.cz: Domácí bioplynka vyrobí z kuchyňského odpadu novou energii na vaření [online]. 15.8.2017 [cit. 2018-11-03]. Dostupné z: <http://www.obnovitelne.cz/cz/clanek/117/domaci-bioplynka-vyrobi-z-kuchynskeho-odpadu-novou-energii-na-vareni/>
- [63] BERGE, Bjørn. The ecology of building materials. 2nd ed. Oxford: Architectural Press, 2009. ISBN 9781856175371.
- [64] LUPÍŠEK, Antonín. Hodnocení životního cyklu a udržitelná výstavba budov [online]. Praha, 2011 [cit. 2018-11-04]. Dostupné z: [http://www.envimat.cz/public/files/Envimat\\_Setkani\\_kateder\\_2012.pdf](http://www.envimat.cz/public/files/Envimat_Setkani_kateder_2012.pdf). Studentská grantová soutěž. ČVUT Praha.

- [65] Český vědec vymyslel převratnou turbínu pro potoky i pomalé řeky.: Sedláčkova odvalovací turbína [online]. 2016 [cit. 2018-11-04]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/cesky-vedec-ziskal-nominaci-na-evropskeho-vynalezce-roku-vym/r~2bd804080c8311e6884b002590604f2e/?redirected=1540748116>
- [66] Solarninovinky.cz: Účinnosti solárních panelů [online]. 16.10.2015 [cit. 2018-11-04]. Dostupné z: <http://www.solarninovinky.cz/?technologie/panely/2015101602/kdo-skutecne-nabizi-nejucinnejsi-panel-pro-stresni-solarni-elektrarnu>
- [67] BOTULA, Jiří. Odpady z těžby a zpracování surovin. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3319-4.
- [68] DVOŘÁK, Jakub. Využití alternativních surovinových zdrojů ve stavebnictví. Brno, 2017. 68 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.
- [69] Gravitationswasserwirbelkraftanlagen [online]. Obergrafendorf, 2016 [cit. 2018-11-07]. Dostupné z: <http://www.zotloeterer.com/willkommen/gravitations-wasser-wirbelkraftanlagen/>
- [70] DOSTÁL, David. Gravitační vírová elektrárna [online]. 9.4.2014 [cit. 2018-11-07]. Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/studenti/1389-gravitacni-virova-elektrarna-inovace-ve-vodni-energetice>
- [71] Graf č. 1 – Hodnoty koncentrace  $CO_2$  v ovzduší v průběhu 400 000 let – [upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Evidence\\_CO2\\_cs\\_svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Evidence_CO2_cs_svg). Svg
- [72] Graf č. 2 – Hodnoty koncentrace  $CO_2$  v ovzduší od roku 2014 do listopadu 2018 – <https://magazin.gnosis.cz/koncentrace-sklenikovyh-plynu/>
- [73] Český vědec vymyslel převratnou turbínu pro potoky i pomalé řeky. Může být vynálezcem roku v Evropě [online]. Aktualne.cz, 2016 [cit. 2018-11-14]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/cesky-vedec-ziskal-nominaci-na-evropskeho-vynalezce-roku-vym/r~2bd804080c8311e6884b002590604f2e/>
- [74] CO2 EQUIVALENTS [online]. 17. 8. 2014 [cit. 2018-11-14]. Dostupné z: <https://climatechangeconnection.org/emissions/co2-equivalents/>
- [75] BRIATKA, Peter a Peter MAKÝŠ. Betón ako materiál trvalo udržateľnej výstavby. ASB [online]. 23. 5. 2012 [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/zaklady-a-hruba-stavba/cement-beton/beton-ako-material-trvalo-udrzatelnej-vystavby>
- [76] Svaz výrobců betonu: Výroba transportbetonu v ČR [online]. 2018 [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: <http://www.svb.cz/vyroba.html>
- [77] Data pro hodnocení: Katalog stavebních konstrukcí [online]. září 2010, 4 s. [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: [www.dashofer.cz/download/ukazky/npe/NPE\\_4\\_5\\_3.pdf](http://www.dashofer.cz/download/ukazky/npe/NPE_4_5_3.pdf)
- [78] ŠTEFR, Igor. BETONY BEZ CEMENTU? STAVĚT LZE I TAK. ZVUT.cz [online]. 6. 11. 2015 [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: <https://zvut.cz/napady-objevy/napady-a-objevy-f38103/betony-bez-cementu-stavet-lze-i-tak-d108033>

- [79] HÁJEK, Petr. Je beton materiál vhodný pro udržitelnou výstavbu?. BETON: Úvodník [online]. 2008, únor 2008, 2008(2), 1 [cit 2018-11-17]. Dostupné z: <http://www.betontks.cz/sites/default/files/2008-2-01.pdf>
- [80] Lukáš Zadražil Využití materiálů na bázi dusané hlíny pro obytné stavby. Brno, 2018. 84 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.
- [81] Earthship Tire Off-gassing Research [online]. 2015 [cit. 2018-11-21]. Dostupné z: <http://hackingtheearthship.blogspot.com/2015/01/tire-off-gassing-research.html>
- [82] MØLHAVE, L. Sick Building Syndrome. Encyclopedia of Environmental Health [online]. Elsevier, 2011, 2011, s. 61-67 [cit. 2018-11-22]. DOI: 10.1016/B978-0-444-52272-6.00271-3. ISBN 9780444522726. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444522726002713>
- [83] BARTOŠ, Jiří. Lesy na Vysočině ničí kůrovec [online]. 16. 8. 2018 [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://www.kr-vysocina.cz/lesy-na-vysocine-nici-kurovec-geometrickou-radou-mizi-jehlicnany/d-4089904>
- [84] MICHAEL, Reynolds. Earthship: Evolution Beyond Economics. Taos, New Mexico: Solar Survival Architecture, 1993. ISBN 978-0962676727.
- [85] MIKUŠÍK, Dan. Kořenová čistírna odpadních vod [online]. In: . [cit. 2018-11-26]. Dostupné z: <http://www.vianatura.cz/zkusenosti/voda-je-zivot/61-kcov>
- [86] ConWe s.r.o.: Kořenové čistírny [online]. [cit. 2018-11-26]. Dostupné z: <http://conwe.cz>
- [87] Biomilř [online]. [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: [http://api.ning.com/files/OcxvxG4wHxYT6mMm5Kn82stvLA2QTjcrpjrcZP8gqda7WPmobA3BzDZiTJmEloYJtQU4JNh0XLSInQ\\*Ts34pxVphEj6KhDLe/kompost2.jpg](http://api.ning.com/files/OcxvxG4wHxYT6mMm5Kn82stvLA2QTjcrpjrcZP8gqda7WPmobA3BzDZiTJmEloYJtQU4JNh0XLSInQ*Ts34pxVphEj6KhDLe/kompost2.jpg)
- [88] HomeBiogas 2.0 [online]. [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://intercom.help/homebiogas/awareness/what-is-the-difference-between-homebiogas-10-and-20>
- [89] Český Rozhlas: Roční odpad čtyřčlenné rodiny vtěsnaný do jediné zavařovací sklenice. [online]. 9. 6. 2016 [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://regina.rozhlas.cz/rocni-odpad-cytrclenne-rodiny-vtesnany-do-jedine-zavarovaci-sklenice-zivot-bez-7308302>
- [90] Výroba papíru. Vitejtenazemi.cz [online]. [cit. 2018-11-28]. Dostupné z: [http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vyroba\\_papiru&site=spotreba](http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vyroba_papiru&site=spotreba)
- [91] Zákon č. 477/2001 Sb.– Zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech). Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-477>
- [92] CEMPÍREK, Václav. Nakládání s obaly [online]. 8. 4. 2004 [cit. 2018-11-28]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/47617>

- [93] STRUHALA, Karel. Přednášky z předmětu CH009 – Trvale udržitelná výstavba [dočasně online]. školní rok 2017/2018, [cit. 2018-12-28]. Dostupné z: <https://uloz.to/!9QDVjFGQcfJI/prednasky-trvale-udrzitelna-vystavba-struhala-zip>, heslo: KarelCH009
- [94] ŽIŽKA, Martin. Umístění, tvar a rozvržení místností pasivního domu [online]. In: . 7.3.2016 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/13877-umisteni-tvar-a-rozvrzeni-mistnosti-pasivniho-domu>
- [95] ADELAIDE COLE/ART STAFF. How Things Work: Wind turbines [online]. In: . 11. 10. 2010 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <https://thetartan.org/2010/10/11/scitech/windturbines>
- [96] MCLEAN, Daniel. Standard types of vertical-axis wind turbines [online]. In: . 4/2018 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Standard-types-of-vertical-axis-wind-turbines-13\\_fig6\\_323589645](https://www.researchgate.net/figure/Standard-types-of-vertical-axis-wind-turbines-13_fig6_323589645)
- [97] ÓSKARSDÓTTIR, Margrét. A General Description and Comparison of Horizontal Axis Wind Turbines and Vertical Axis Wind Turbines [online]. In: . 2014 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <https://skemman.is/bitstream/1946/19859/1/Margrét%20Ósk%20Óskarsdóttir.pdf>
- [98] KARAFIÁT, Jiří. Zelené střechy v bytové výstavbě [online]. Praha, 2014 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64156/F1-DP-2014-Karafiat-Jiri-Diplomova\\_prace-Jiri\\_Karafiat.pdf?sequence=1](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64156/F1-DP-2014-Karafiat-Jiri-Diplomova_prace-Jiri_Karafiat.pdf?sequence=1). Diplomová práce. ČVUT-fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Václav Tatýrek, Ph.D.
- [99] Saahas zero waste [online]. Bengaluru, Indie, 2017 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <https://saahaszerowaste.wordpress.com/about/>
- [100] MARTINÍK, Lubomír. Zásady návrhu akumulčních kamen [online]. 12.5.2014 [cit. 2018-12-30]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/11203-zasady-navrhu-akumulacnich-kamen>
- [101] RYPAROVÁ, Pavla. Výskyt plísní na hliněných omítkách v závislosti na jejich složení a relativní vlhkosti prostředí [online]. 17.12.2018 [cit. 2018-12-31]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/18404-vyskyt-plisni-na-hlinenych-omitkach-v-zavislosti-na-jejich-slozeni-a-relativni-vlhkosti-prostredi>
- [102] The Use of Urine as Free Fertilizer Increasing Plant Growth. International Journal of Forestry and Horticulture [online]. 2018, 4(1) [cit. 2018-12-31]. DOI: 10.20431/2454-9487.0401004. ISSN 24549487. Dostupné z: <https://www.arcjournals.org/pdfs/ijfh/v4-i1/4.pdf>



## 23. Seznam grafů

*Graf č. 1 – Hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší v průběhu 400 000 let [71]*

*Graf č. 2 – Hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší od roku 2014 do listopadu 2018 [72]*

*Graf č. 3 – Normalizované environmentální dopady a cena 1 kWh energetických zdrojů používaných v ČR [93]*

*Graf č. 4 - Podíl paliv a technologií na výrobě elektrické energie v ČR v roce 2017 [49]*

*Graf č. 5 – Primární spotřebované energie (CED) použitých materiálů při návrhu RD Květináč v jednotkách MJ/(m<sup>2</sup>·rok)*

*Graf č. 6 – Primární spotřebované energie (CED) použitých materiálů referenčního objektu v jednotkách MJ/(m<sup>2</sup>·rok)*

*Graf č. 7 – Potencionál globálního oteplování (GWP) použitých materiálů při návrhu RD Květináč v jednotkách kg CO<sub>2-Eq</sub>/(m<sup>2</sup>·rok)*

*Graf č. 8 – Potencionál globálního oteplování (GWP) použitých materiálů referenčního objektu v jednotkách kg CO<sub>2-Eq</sub>/(m<sup>2</sup>·rok)*

## 24. Seznam tabulek

*Tabulka č. 1 – Sledované parametry energické náročnosti budov a maximální limity pro označení budov jako NZEB [32]*

*Tabulka č. 2 – Vybrané stavební materiály a jejich svázaná spotřeba energie a svázaná produkce emisí [20, 48, 50]*

*Tabulka č. 3 – Konverzní a emisní faktory energonositelů [48]*

*Tabulka č. 4 – Výhřevnost paliv [50, 51]*

*Tabulka č. 5 – Světové rezervy neobnovitelných surovin vztažené k roku 2008 [63]*

*Tabulka č. 6 – Vybrané druhy dřevin, jejich vlastnosti a možnosti využití ve stavebnictví [63]*

*Tabulka č. 7 – Použití kamene ve stavebním průmyslu [63]*

*Tabulka č. 8 – Porovnání environmentálních dopadů RD Květináč a referenčního objektu*

## 25. Seznam obrázků

*Obrázek č. 1 – Schéma lineárního hospodářství [50]*

*Obrázek č. 2 – Schéma ekologického a trvale udržitelného hospodářství [50]*

*Obrázek č. 3 – Teplotní ztráty budovy v % a teplota okolí v závislosti na umístění budovy [47]*

*Obrázek č. 4 – Vhodné uspořádání budovy a zeleně ve vztahu k světovým stranám [94]*

*Obrázek č. 5 – Větrné turbíny s horizontální osou (HAWT) [95]*

*Obrázek č. 6 – Větrné turbíny s vertikální osou (VAWT) [96, 97]*

*Obrázek č. 7 – Vortex bladeless [58]*

*Obrázek č. 8 – Odvalovací turbína Doc. Ing. Miroslava Sedláčka, CSc. [73]*

*Obrázek č. 9 – Vírová vodní turbína v rakouském městě Ober-Grafendorf [69]*

*Obrázek č. 10 – Domácí bioplynová stanice HomeBiogas [88]*

*Obrázek č. 11 – Biomiliř podle Jeana Paina [87]*

*Obrázek č. 12 – Moderní skladba trémové vegetační střechy*

*Obrázek č. 13 – Řez kořenovou čistírnou [85]*

*Obrázek č. 14 – Schéma kompostovacího záchodu Clivus Multrum [50]*

*Obrázek č. 15 – Schéma solárního záchodu [84]*