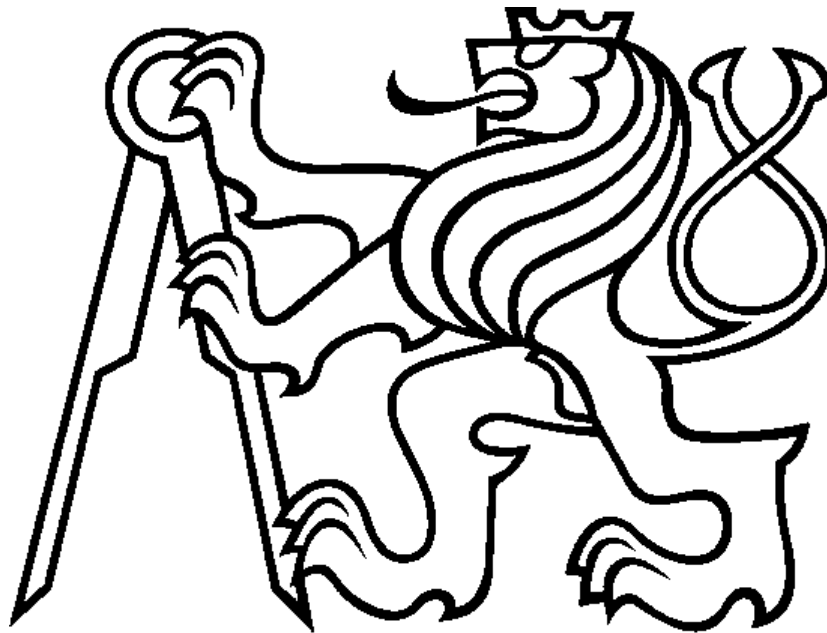


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ekologické aspekty vybraných stavebních materiálů při výstavbě
Ecological aspects of selected building materials during construction

Bc. Zuzana Šindelářová

2020

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

.....

Bc. Zuzana Šindelářová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala katedře K122 za umožnění zpracování diplomové práce a především děkuji Ing. Václavu Pospíchalovi, Ph.D. za odborné vedení a připomínky k mé diplomové práci.

Také velice děkuji Ing. Kateřině Horníkové za cenné rady a užitečnou pomoc.

V neposlední řadě děkuji Ing. Jakubu Divišovi za umožnění účasti na workshopu spojeném s realizací hliněných podlah.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šindelářová	Jméno: Zuzana	Osobní číslo: 438398
Zadávající katedra: Katedra technologie staveb K122		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Ekologické aspekty vybraných stavebních materiálů při výstavbě	
Název diplomové práce anglicky: Ecological aspects of selected building materials during construction	
Pokyny pro vypracování: <ul style="list-style-type: none">- problematika ekologie staveb v ČR a ve světě- způsob nakládání s odpady při výstavbě objektu- ekologické parametry vybraných konstrukčních variant- porovnání ekologických variant s konkrétní stavbou- vyhodnocení výsledků posuzování	
Seznam doporučené literatury: HUDEC M.: Pasivní domy z přírodních materiálů. ISBN: 978-80-247-4243-4 GRAHAM P.: Building ecology. ISBN: 978-0632064137 CHYBÍK J.: Přírodní stavební materiály. ISBN: 8024725320 SVOBODA L.: Stavební materiály. ISBN: 8080760144	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Václav Pospíchal Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 27.9.2019	Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

Abstrakt

Tato diplomová práce s názvem „Ekologické aspekty vybraných stavebních materiálů při výstavbě“ se zabývá dopady na životní prostředí při výstavbě rodinného domu z různých materiálů a porovnání se současnými variantami. Nejprve se věnuje ekologii z obecného pohledu ve stavebnictví, zejména emisím CO₂, odpadech a recyklaci a dále aplikuje poznatky na posouzení konstrukčních variant se stávajícími stavebními materiály. Cílem je seznámit širokou veřejnost s ekologií stavebního průmyslu a poukázat na možné využití ekologičtějších variant stavebních materiálů včetně zhodnocení, zda jsou materiály opravdu tak ekologické, jak se na první pohled zdá.

Klíčová slova

Ekologie ve stavebnictví, stavební a demoliční odpady, emise CO₂ z dopravy, hliněná podlaha, roubená stavba, hliněná omítka, zelená střecha, izolace z technického konopí.

Abstract

This diploma thesis named „Ecological aspects of selected building materials during construction“ deals with environmental impacts of building materials during construction of a civil building and compares them with current variants. At first, the thesis focus on ecology in building industry in general and then applies the knowledge to compare construction materials between the current materials and possible ecological variants. The aim of this thesis is to introduce ecology of building materials to the general public and to point out the possible use of ecological materials including the assessment of the ecology of building materials.

Keywords

Ecology and civil engineering, demolition waste, emissions of CO₂ during transportation, soil floor, timbered building, soil plaster, green roof, isolation of a technical hemp.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Ekologie ve stavebnictví	10
2.1. Obecný pohled na ekologii.....	11
2.1.1. Emise oxidu uhličitého	11
2.1.2. Materiály jako zdroje.....	13
2.1.2.1. Redukce spotřeby materiálů při realizaci	13
2.2. Stavební a demoliční odpad	14
2.2.1. Recyklace odpadu.....	15
2.3. Ekologické hodnocení budov	17
2.3.1. Energetická náročnost budovy	17
2.3.2. Certifikace budov	18
2.4. Problematika ekologie v České republice a ve světě	19
2.4.1. Česká republika a ekologie ve stavebnictví.....	20
2.4.1.1. Legislativa.....	23
2.4.2. Evropa a svět v souvislosti s ekologií.....	25
2.5. Spotřeba energie ve stavebnictví a znečištění	28
2.5.1. Materiálové znečištění	29
2.6. Konstrukční materiály	30
2.6.1. Dřevo jako konstrukční materiál	30
2.6.2. Půdní materiály.....	31
2.6.3. Půdní materiál ve stavbě.....	32
2.6.4. Písek a štěrk.....	33
2.6.5. Zemina jako stavební materiál.....	34
2.6.6. Povrchové materiály	35
3. Analýza konkrétní stavby.....	36
3.1. Analýza okolí stavby	36
3.2. Analýza konstrukčního řešení stavby.....	38
3.2.1. Skladby řešených konstrukcí	39
4. Alternativní řešení materiálů vybraných typů konstrukcí.....	41
4.1. Varianta podlahy – hliněná podlaha.....	42
4.1.1. Výběr materiálu	43
4.1.2. Realizace dusané podlahy.....	44

4.1.3.	Realizace lité podlahy.....	48
4.1.4.	Finální úprava povrchu podlahy.....	49
4.1.5.	Porovnání variant.....	49
4.1.6.	Cenové porovnání podlah.....	51
4.2.	Varianta omítky – hliněná omítka.....	53
4.2.1.	Výběr materiálu.....	54
4.2.2.	Realizace hliněných omítek – jemnozrnných.....	55
4.2.3.	Porovnání variant.....	55
4.2.4.	Cenové porovnání omítek.....	57
4.3.	Varianta stěny – dřevostavba – roubená stavba.....	57
4.3.1.	Vlastnosti roubené stavby.....	59
4.3.2.	Realizace.....	59
4.3.3.	Porovnání variant.....	60
4.3.4.	Cenové porovnání stěn.....	62
4.4.	Varianta zateplení – izolace z technického konopí.....	63
4.4.1.	Realizace.....	65
4.4.2.	Cenové porovnání izolací.....	67
4.5.	Varianta střechy – zelená střecha.....	68
4.5.1.	Vlastnosti.....	69
4.5.2.	Realizace.....	70
4.5.3.	Porovnání variant.....	71
4.5.4.	Cenové porovnání střech.....	73
5.	Závěr.....	75
	Použitá literatura a zdroje.....	77
	Seznam obrázků.....	82
	Seznam tabulek.....	84

1. Úvod

Ekologie je v dnešní době velké a diskutované téma nejen v rámci globálního oteplování, ale už proniklo také do oblasti stavebnictví. Společnost vyvíjí stále větší tlak na to, aby se investoři zamysleli, jak novými stavbami co nejméně zatěžovat prostředí, ve kterém všichni žijeme. Nutno dodat, že většina lidí si pod pojmem ekologie vybaví něco jiného a i to může být podnět, který vzbuzuje u veřejnosti různé emoce.

Vzhledem k velice rychlému technologickému růstu a prosperující ekonomice, se většina populace snaží maximálně využívat stále novější a vyspělejší techniku. Tento trend se začíná pomalu objevovat také ve stavebnictví. Zároveň je možné se stále častěji setkat také s rostoucím zájmem o ekologii. Požadavky na výstavbu stále častěji obsahují podmínky, jak by stavba co nejméně měla zatěžovat životní prostředí, ale stejně tak aby byl provoz budovy co nejvíce ekologický. Požadavky investora také směřují k poměru mezi cenou stavby a její užitné hodnoty. Právě užitná hodnota budovy prezentuje energetickou nenáročnost stavby, nízké provozní náklady a také jednoduchost a rychlost zhotovení stavby.

Dnešní snahou je přiblížit se nejen ekologickému, ale také přírodnímu stavitelství, které má snahu minimalizovat vliv na životní prostředí od návrhu, přes výstavbu, provoz budovy a následně demolici stavby. Tato práce se zabývá otázkou, zda je používání ekologických materiálů skutečně výhodné.

Pod pojmem ekologické aspekty se každému vybaví mnoho různých pojmů. Tato práce je zaměřena na ekologické aspekty z hlediska možnosti recyklace stavebních materiálů jako takových a materiálů po dožití stavby a dopadu produkce CO₂ z dopravy stavebních materiálů na stavbu. Cílem je seznámit širokou veřejnost s ekologickými aspekty při výstavbě pozemních staveb a poukázat na problematiku ekologie ve stavebnictví, které vytváří újmu na životním prostředí možná víc, než je všeobecně známo. Diplomová práce je zacílena na problematiku ekologie v České republice a ve světě, způsoby nakládání s odpady při výstavbě pozemních staveb a v neposlední řadě ekologickými dopady na životní prostředí při volbě jednotlivých stavebních materiálů.

2. Ekologie ve stavebnictví

Ekologie je relativně široký pojem a v dnešní době velice probírané téma. Záleží na úhlu pohledu, ze kterého ji budeme řešit a jak na ni budeme také nahlížet. Na úvod je potřeba říci, že každý má na toto téma odlišný názor a nelze se vejít do vkusu každého z nás.

Každá moderní a ohleduplná společnost bere ohled na životní prostředí. Takzvaná „zelená filozofie“ se postupem času rozšířila do mnoha odvětví včetně stavebnictví a zabývá se především původem materiálu z obnovitelných zdrojů, nízkými výrobními náklady a v neposlední řadě také recyklovatelností. V rámci stavebnictví již dochází k řešení a vývoji nových postupů při pracování se stavebními materiály, zdroji a odpady. Nemělo by se zapomínat na životní prostředí, nejen při výstavbě rozsáhlých budov, ale také při stavbě rodinných domů, nebo jen částečných stavebních úprav. [1] Obrázek č. 1 zachycuje alternativní řešení realizace obvodových stěn z balíků slámy.



Obr. 1: Realizace obvodových stěn ze slámy [2]

V podstatě každá fáze stavebního procesu produkuje emise do životního prostředí a to se týká až už sebemenšího komponentu stavby. Jestliže má svůj cyklus každá budova, znamená to, že svůj cyklus má i každý stavební materiál. Konstruktivní materiály jsou často vytvořeny spojením několika materiálů z různých druhů surovin a jejich těžba, výroba, údržba, použití atd., mají důležité environmentální důsledky na životní prostředí. [2]

V souvislosti s produkcí emisí se mnohem více začíná řešit udržitelný rozvoj. Jedná se o způsob, při kterém se společnost snaží zachovat životní prostředí bez jakýchkoli změn, aby se zachovalo pro další generace. V souvislosti se stavebnictvím a tzv. udržitelnou stavbou se začínají klást na stavební materiály, konstrukce a stavby čím dál tím větší požadavky. Požadavky se samozřejmě liší podle lokality, státu a regionu. Mezi hlavní cíle udržitelné stavby patří omezení spotřeby energie používáním obnovitelných zdrojů, nahrazení neobnovitelnými zdroji recyklovanými materiály, snížení množství odpadu, který nelze recyklovat, omezení znečištění ovzduší a v neposlední řadě efektivní využití půdy, díky které je možné snížit odpad tím, že ji budeme recyklovat. [3]

2.1. Obecný pohled na ekologii

Ekologii stavebních materiálů je možné posuzovat mnoha způsoby. Tato práce je zaměřena na ekologii stavebních materiálů z pohledu produkce emisí oxidu uhličitého při dopravě materiálu na stavbu, dále z pohledu produkce stavebního a demoličního odpadu, možnosti recyklace a energetické náročnosti budov.

2.1.1. Emise oxidu uhličitého

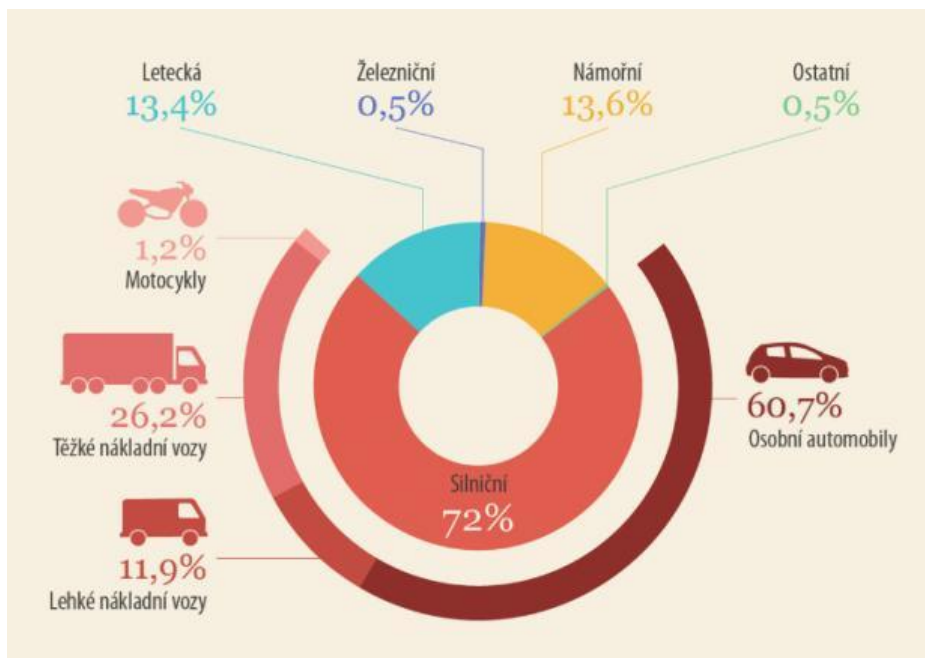
Oxid uhličitý, neboli CO_2 , je bezbarvý plyn, těžší než vzduch bez chuti, zápachu a na rozdíl od oxidu uhelnatého není jedovatý. Při nadýchání tohoto plynu vytváří kyselou chuť a štiplavé pocity na sliznici. V pevném skupenství se s ním setkáváme pod názvem suchý led, který může způsobovat omrzliny. V atmosféře absorbuje infračervené záření zemského povrchu a tím přispívá ke vzniku tzv. skleníkového efektu a následně ke globálnímu oteplování planety. V malé koncentraci CO_2 může způsobovat bolest hlavy, závratě, dýchací potíže, třes, zmatenost a zvonění v uších. Ve vyšší koncentraci může způsobovat křeče nebo kóma. [4]

Používá se většinou v hasicích přístrojích, klimatizačních jednotkách, nebo v potravinářství do sodovek či limonád. Nejškodlivější skleníkové plyny jsou vodní pára, CO_2 , metan a ozon. Oxid uhličitý vzniká například při erupci sopek, kompostování a spalování biomasy. CO_2 také vzniká při dýchání živočichů. Jeho molekula je tvořena jedním atomem uhlíku a dvěma atomy kyslíku. [4]

Vznik oxidu uhličitého:

- při reakci uhlíku s kyslíkem $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- hořením oxidu uhelnatého $2 CO + O_2 \rightarrow 2 CO_2$
- hořením organických látek (metan) $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$

Snahou je snižovat produkci CO_2 . Zatímco se to v různých odvětvích relativně daří, v automobilové dopravě se setkáváme naopak s rostoucí produkcí těchto plynů. Evropská unie zavádí nové cíle ve snižování emisí CO_2 , aby se produkce emisí z nových aut a kamionů snížila. Emisní limity mají pro nová auta klesnout o 37,5 % a u dodávek o 31% do roku 2030. Největší podíl na produkci oxidu uhličitého v automobilovém průmyslu mají osobní automobily, které mají podíl na necelých 61%. Ze statistik EU vyplývá, že jedním autem cestuje v Evropě průměrně 1,7 pasažéra. Tím pádem se ostatní způsoby přepravy ukazují jako více ekologické varianty. [5] Rozdělení produkce CO_2 v dopravě je v následujícím obrázku č. 2.



Obr. 2: Produkce CO_2 v dopravě (2016) – Evropská unie [5]

Emise CO₂ nevznikají pouze v dopravě. Oxid uhličitý vzniká i v domácnosti, především lidskou činností, respektive dýcháním, nebo používáním plynových spotřebičů. Při spalování nebo dýchání je za každou spotřebovanou molekulu kyslíku vytvořena jedna molekula CO₂. Oxid uhličitý je nedílnou součástí také průmyslové výroby. Například při spalování 1 m³ dřeva se uvolní až 850 kg oxidu uhličitého do ovzduší. Mezi další zdroje oxidu uhličitého se mimo jiné řadí výroby cementu, kácení lesů, zemědělství (dusíkaté hnojivo), elektrárny. Dle světových statistik se produkce CO₂ nejvíce získává z energie a průmyslu. Mezi největší producenty emisí oxidu uhličitého patří Čína a Spojené státy americké. [6]

2.1.2. Materiály jako zdroje

Stavební průmysl je po výrobě potravin největším spotřebitelem surovin v dnešním světě a také materiály, používané ve stavebnictví, mají vážný dopad na životní prostředí. Cílem pro udržitelný rozvoj je omezení používání surovin, které jsou velice důležité pro neobnovitelné zdroje. Mnoho materiálů je vyrobeno neudržitelným způsobem a továrny, které materiály vyrábí, produkují škodlivé CO₂. Problém s dopadem na životní prostředí také nastává u materiálů, které nejsou vyrobeny lokálně a jsou často dodávány na stavbu z celé země, nebo dokonce ze zahraničí. Právě tento způsob přepravy má pak negativní dopad na ovzduší nejen při produkci emisí CO₂. [4]

Stejně důležité, jako je omezení používání surovin, je omezení plýtvání surovinami a ztráty během výroby, procesu výstavby a celkové životnosti dokončených staveb. Pozdější recyklace by také měla zajistit, aby se zachovala původní úroveň kvality materiálů. [2]

2.1.2.1. Redukce spotřeby materiálů při realizaci

Hlavní otázkou v redukci spotřeby materiálů je, jak se dá spotřeba materiálů omezit a zda je více možností. V prvním případě se však musíme zaměřit na fakt, kdy se budovy demolují mnohem dříve, než je jejich předpokládaná životnost. Například ve Švédsku bylo ve 20. století zdemolováno zhruba 25% budov, které ještě nedosahovaly předpokládané životnosti. Každý materiál má takzvaný ztrátový faktor, který udává, kolik procent se z daného materiálu ztratí během skladování, přepravy nebo při samotné realizaci. Přibližná ztrátovost materiálu je zhruba 10% a při pečlivém plánování se dají ztráty dále využít k jiným stavebním účelům,

například dřevěné odřezky. Prefabrikace zajišťuje ještě větší úspory materiálu, kde lze eliminovat ztráty prefabrikací celých prvků nebo předem nařezanými součástmi. [2]

Obalové materiály během přepravy stavebních materiálů slouží výhradně k jejich ochraně a kolikrát zároveň jako propagace výrobce či dodavatele. Balení by mělo být přinejmenším snadno recyklovatelné a některé z obalových materiálů je možné dokonce vrátit za finanční odměnu. Například palety je možné vrátit i opotřebované, ale většina stavebnin už nepřijímá obalové materiály, které jsou více poškozené a brání bezpečné přepravě a to například z důvodu chybějících částí obalového materiálu. [2]

Obecně platí, že výrobou trvanlivějších produktů je snížena spotřeba surovin, ale je také důležité, aby se materiály s podobnou trvanlivostí a kvalitou používaly v důležitých částech budovy. Materiály, které mají nižší kvalitu, by se měly proto používat tam, kde mohou být snadno vyměnitelné, rozebratelné a nebo recyklovatelné. [2]

2.2. Stavební a demoliční odpad

Stavební a demoliční odpad je materiál, který zbude po demolici, rekonstrukci, nebo i při výstavbě nových budov. Je to každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. Většinou se jedná o zbytky cihel, obkladů, různé zbytky dřeva a dalších materiálů, jako třeba zbytky potrubí, které se nespotebují při stavbě budov, silnic, nebo vodních staveb. Aby mohly být tyto odpady recyklované, musí se nejprve oddělit znečištěné části a také jednotlivé materiály oddělit od sebe. Mezi odpady, které obsahují některé nebezpečné látky, patří například cihly, sklo, plasty, dřevo, izolační materiály, odpady s obsahem rtuti atd. Materiály, které jsou vyloučené z recyklace, jsou především takové materiály, které obsahují azbest, jako třeba izolace. [7]

V souvislosti s odpadem má stavební průmysl negativní dopad na životní prostředí hned v několika různých případech. Hned samotná výroba a těžba stavebních materiálů má negativní dopady na znečištění životního prostředí nejen z důvodu energetické náročnosti výroby. Po výrobě materiálů následuje doprava na stavbu, která způsobuje produkci oxidu uhličitého. Odpad vzniká také již při výkopových pracích, skrývce ornice, na samotném staveništi (prašnost, hluchnost,

stavební obalové materiály) a samozřejmě i při celkové výstavbě především využíváním energií. A v neposlední řadě stavební odpad vzniká také při likvidaci staveb. [7] Na obrázku č. 3 je foto stavby, která byla realizována z přírodních materiálů.



Obr. 3: Stavba realizovaná z přírodních materiálů – ČR [18]

Bohužel jeden z nejlevnějších způsobů, jak se odpadu zbavit je uložení na skládku. Například v Dánsku a Nizozemí po zvýšení poplatků za skládkovné došlo k úbytku odpadu ukládaného na skládkách a zvýšení recyklace odpadů. Pokud dojde ke zvýšení poplatků za skládkovné v České republice, firmy pak budou nuceny více přemýšlet, jak s odpadem naložit a dojde tak i ke zvýšení recyklovaného odpadu. [7]

2.2.1. Recyklace odpadu

Během výroby vykazuje jakýkoliv materiál stopy znečištění. Mnoho z nich můžeme zabránit recyklací, než výrobou z nového materiálu. Ve stavebnictví má mnoho současných materiálů, a pozdější výrobků, špatnou trvanlivost a nízký recyklační potenciál. Existují materiály, které lze vícekrát recyklovat, ale v mnohých případech je to jen zřídka. Například v Holandsku je recyklace rozšířena daleko více než v jiných průmyslových zemích. Holandská legislativa vyžaduje, aby alespoň 80% demolovaného materiálu bylo recyklováno do nové výstavby, ať už do výstavby nové budovy, nebo stavby silnic a dálnic. Dokonce při výběrovém řízení musí společnosti uvést, kolik materiálu bude recyklováno a také musí zaslat postup,

jak budou v této věci postupovat. V minulosti byla v Holandsku provedena řada projektů, u kterých se podařilo recyklovat až 95% materiálů použitých na stavbě. [2]

Recyklace je v České republice jeden z nejvíce efektivních a rozšířených způsobů nakládání s odpady. Na druhou stranu také velice rozšířený způsob, jak je možné s odpady nakládat, je ukládání odpadu na skládkách nebo jeho spalování. Právě recyklace je způsob, který umožňuje znovu využití materiálů a tím tak pomoci udržet lepší životní prostředí. [8]

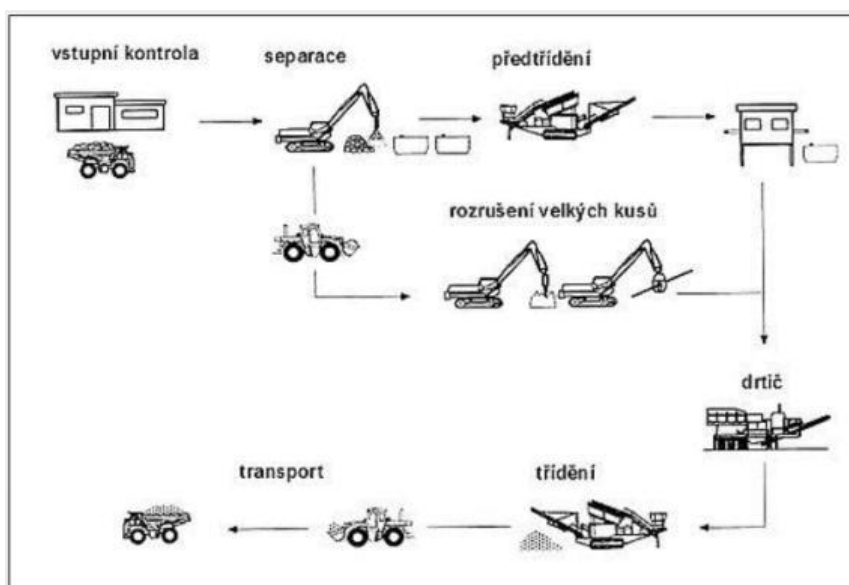
Mezi hlavní výhody recyklace patří neodmyslitelně ochrana životního prostředí, dále úspora energie a přírodních zdrojů a také menší míra skladování. Jako každý proces má i recyklace své nevýhody a těmi jsou hlavně vysoké náklady na recyklaci některých materiálů a také při neopatrném zacházení může dojít k přimíchání nežádoucích látek a tím se pak mohou změnit vlastnosti recyklovaného materiálu. Typickými materiály stavebního průmyslu, které jsou často recyklovány, jsou kovy, asphalt, řezivo, beton, keramika (cihly), nebo střešní materiály. [8]

Recyklace stavebních odpadů probíhá ve formě 2 způsobů, jedním z nich jsou mobilní recyklační linky a druhým způsobem je stacionární recyklační linka. Mobilní recyklační linky mohou být použity bez problému na dané stavbě a nemusí být přímo na místě zprostředkovatele, viz obrázek č. 4. V České republice se pomocí tohoto typu linek zpracovává zhruba 35% stavebního a demoličního odpadu. [8]



Obr. 4: Mobilní recyklační linka [8]

Druhý způsob je komplikovanější. Stacionární recyklační linky se skládají z několika strojů, viz obrázek č. 5. Většinou se jedná o drtící stroje, stroje na separaci odpadu, pásy atd. U tohoto způsobu se nejprve materiál rozdrťí, poté jde směs do odlučovače železa, který oddělí veškeré části, které obsahují železo. Daná směs ještě projde magnetickým separátorem železa a následuje vibrační drtič, který zbaví směs zeminy, sutě a dalších nečistot. V posledních krocích projde směs dalším magnetickým separátorem a nakonec separátorem vodním. Zbylá směs je poté pásem dopravena k vibračnímu drtiči, který rozdělí části pro další využití. [8]



Obr. 5: Proces recyklace pomocí stacionární linky [9]

2.2.2. Ekologické hodnocení budov

Výroba materiálů, ze kterých jsou stavby postaveny, není jediným aspektem, který ovlivňuje životní prostředí, ale ve velké míře záleží také na energiích, které stavba spotřebuje na svůj provoz, nebo ztratí při prostupu tepla konstrukcí. Velikou roli hraje to, odkud energie na provoz stavby získáváme. Energetická náročnost budov je hodnocena průkazem energetické náročnosti budov, nebo certifikáty, které se v České republice používají k hodnocení budov administrativních.

2.2.3. Energetická náročnost budovy

Průkaz energetické náročnosti budov (PENB) hodnotí budovu z hlediska spotřeby energií a posuzuje náklady potřebné na její provoz, tedy vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, úpravu vzduchu větráním a klimatizací a energii na osvětlení.

Díky PENB je pak budova zařazena do příslušné kategorie v rozsahu A – G. Průkaz lze zpracovat pro jakoukoliv budovu nebo její část a dle novely *zákona č. 318/2012 Sb. o hospodaření energií* musí obsahovat [10]:

- Identifikační údaje objektu
- Ukazatele energetické náročnosti budov (vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, větrání, úpravu vlhkosti a umělé osvětlení)
- Doporučená opatření (pokud jsou uvedena)
- Hodnocení dopadu na životní prostředí

Zpracovat průkaz energetické náročnosti musí stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek například při výstavbě nových budov nebo při větších změnách dokončených budov, nebo pro užívané bytové domy nebo administrativní budovy. [10]

2.2.4. Certifikace budov

Pro zlepšení environmentálního prostředí se začínají mnohem více používat certifikáty budov, které mají široké zastoupení nejen ve světě, ale i v České republice. Ve světě se používá řada certifikátů, ale mezi ty nejznámější patří BREEAM, LEED, DGNB a CASBEE. Na českém trhu zájem o certifikaci budov stoupá a přispívá k tomu zejména veliký zájem zahraničních investorů administrativních staveb, které jsou často určeny pro zahraniční klienty a ti jsou zvyklí na vysoký standard kvality vnitřního prostředí. V ČR jsou nejrozšířenější certifikáty LEED a BREEAM. Oblasti hodnocení administrativní a jejich bodové ohodnocení je v následující tabulce č. 1. [11]

Systém BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) vznikl ve Velké Británii zhruba v roce 1990. Pracuje s národními předpisy a vyžaduje dodržení postupů a požadavků místních norem. V České republice se používá nejčastěji typ BREEAM Europe Commercial, který lze aplikovat na administrativní, obchodní a výrobní objekty. Příklady staveb v ČR opatřených certifikátem jsou například Greenpoint Praha, Spielberk office Brno, nebo OC Nový Smíchov. [11]

Systém LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) vznikl ve Spojených státech v roce 2000. Tento certifikát pracuje s americkými normami Ashrae. Certifikace má také několik podtypů, které záleží na druhu stavby. V České

republiky se nejčastěji používá typ LEED Core & Shell, který je určen pro budovy, kde je více než 50% ploch určeno k pronájmu. V případě, že je k pronájmu určeno méně než 50%, používá se typ LEED for New Construction. Mezi příklady staveb s certifikátem LEED patří Rohan City A2 Praha, SHQ ČSOB Praha a Cross Point Praha Karlín. [11] Tabulka č. 1 znázorňuje hodnocené oblasti dle certifikátů.

Tab. 1: Oblasti hodnocení systémů BREEAM a LEED pro novostavbu [11]

BREEAM		LEED	
Management	12	Lokalita	28
Zdraví a vnitřní prostředí	15	Hospodaření s vodou	10
Energie	19	Energie a ovzduší	37
Doprava	8	Materiály a zdroje	13
Voda	6	Kvalita vnitřního prostředí	12
Materiály	12,5	Inovace	6
Odpad	7,5	Místní priority	4
Využití půdy a ekologie	10		
Znečištění	10		
Inovace	10		
Celkem	110	Celkem	110

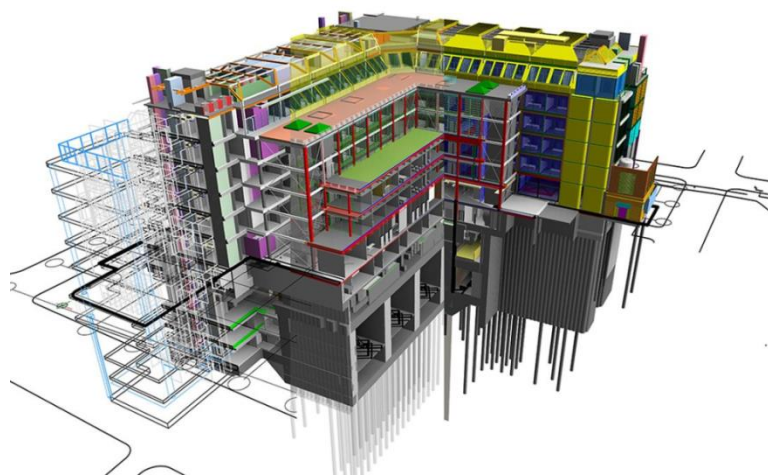
2.3. Problematika ekologie v České republice a ve světě

Počet obyvatel neustále roste a s ním přibývá i objem odpadu, který přibývat stále bude a to je právě jeden z největších problémů celého světa a společnosti. Stavební odpad vzniká při každé stavební činnosti, ať už jde o rekonstrukci, výstavbu nových staveb, další stavební úpravy nebo demolici. Odpad nevzniká pouze u pozemních staveb, ale také při výstavbě silnic, železnic a staveb vodních. Odvoz stavebního a demoličního odpadu má veliký dopad nejen na životní prostředí, ale také na ekonomiku. Ukládání na skládkách je finančně náročné a také přispívá ke zvýšení spotřeby energie a čerpání konečných skládek. [7]

Téma „ekologie ve stavebnictví“ se pomalu začíná rozvíjet i v dalších státech Evropy a světa. V Americe je stavební průmysl odpovědný za produkci skleníkových plynů, které mají také podíl na znečištění životního prostředí a ovlivňují klimatické změny. Stavby jsou zde odpovědné za zhruba 38% emisí CO₂. [2]

Stavební průmysl je největším spotřebitelem přírodních zdrojů. Většina stavebních odpadů vzniká z betonářského procesu, můžeme tedy tvrdit, že když se sníží betonáž na stavbě, sníží se tím i produkce odpadu. Pro snížení odpadu

při betonáži na stavbě je dobrou variantou prefabrikace prvků, kdy odpadá zbytečný odpad díky výrobě přesného dílu a na stavbě není potřeba ho upravovat. Další způsob, díky kterému může dojít k výraznému omezení odpadu je BIM (Building Information Modeling), díky kterému lze docílit snížení stavebního odpadu tím, že máme přesnou definici spotřeby materiálu pomocí 3D modelování. V dnešní době se velice rychle rozvíjí a od roku 2022 budou muset být dle platného *Zákona č. 134/2016 Sb.* (novela č. 277/2019 Sb. platná od 1. 1. 2020) v ČR všechny nadlimitní veřejné zakázky pozemních staveb financované z veřejných rozpočtů řešeny pomocí BIM. [12] Ukázka projektu v BIM modelování viz následující obrázek č. 6.



Obr. 6: Ukázka projektu v BIM [29]

2.3.1. Česká republika a ekologie ve stavebnictví

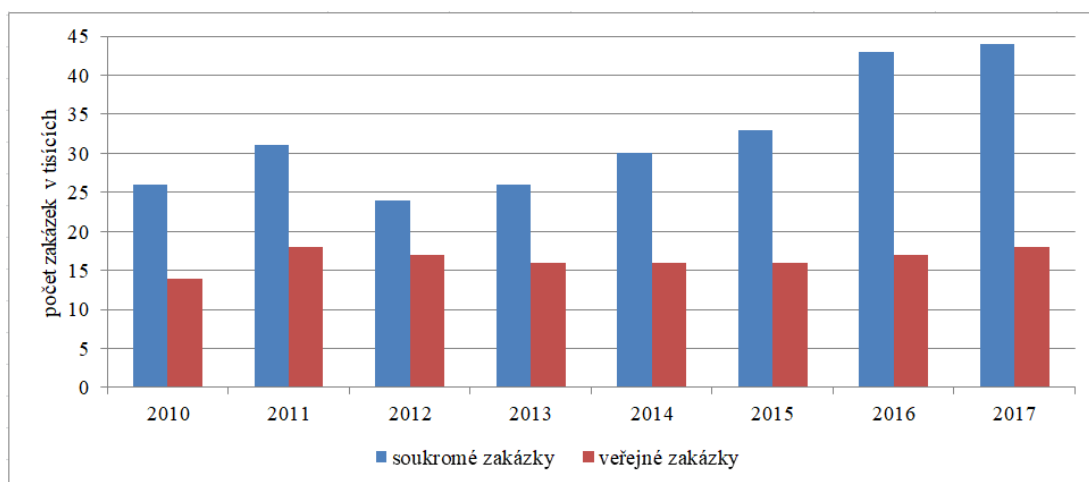
Česká republika se zaměřuje na ekologické stavebnictví u rodinných domů například formou pasivních domů. Pasivní dům funguje na principu využívání tepelných zisků v budově. Zisky mohou být jak z vnějšího prostředí, tedy slunečním zářením nebo větru, tak z prostředí vnitřního ve formě tepla, vyzařovaného lidmi a spotřebiči. V případě kvalitně provedené tepelné izolace pak tyto tepelné zisky neunikají do vnějšího prostředí. Do pasivního domu je přiváděn čerstvý vzduch pomocí rekuperace a netvoří se ve vnitřním prostoru plísň, jako u některých rekonstrukcí běžných rodinných domů. [36] Přehled typů ekologických staveb z hlediska vytápění je v následující tabulce č. 2.

Tab. 2: Přehled typů budov a srovnání potřeby tepla k jejich vytápění [13]

typ stavby	charakteristika	potřeba tepla na vytápění	MJ
stavby ze 70. - 80. let	zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí, větrá se otevřením okna, nezateplené, špatně izolující konstrukce	> 200	kWh/(m ²)
současná novostavba	vytápění například pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	80 - 140	kWh/(m ²)
nízkoenergetický dům	topná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	< 50	kWh/(m ²)
pasivní dům	řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace	< 15	kWh/(m ²)
nulový dům	parametry minimálně na úrovni pasivního domu, fotovoltaické panely	<5	kWh/(m ²)

Konkrétně za rok 2018 bylo v České republice vyprodukováno necelých 29 mil. tun odpadu a z toho stavební odpad tvořil necelých 12 mil. tun. Většina stavebního odpadu je vytěžená zemina, která se následně použije například na terénní úpravy, ale zbytek odpadu se skladuje na skládce, přitom velká část tohoto odpadu se může recyklovat a využít při dalších stavebních činnostech. U stavebního a demoličního odpadu je vyžadována maximální možná využitelnost. Se zvyšujícím se množstvím odpadu souvisí samozřejmě i růst stavebních zakázek. Přehled zrůstu stavebních zakázek mezi lety 2010 – 2017 viz následující tabulka č. 3.

Tab. 3: Přehled růstu stavebních zakázek v ČR [14]



Přesný objem vyprodukovaných odpadů v České republice je obtížné stanovit z toho důvodu, že současný systém záznamu opadů se častokrát obchází, nebo se neuvádějí přesné informace a mnohdy se odpad odváží na černé skládky.

Následující tabulka č. 4 ukazuje, jak celková produkce odpadu v letech 2008 – 2018 vzrostla skoro o 10,5%, což je necelých 2,5 mil. tun odpadu během 10 – ti let. Konkrétně odpad vyprodukovaný stavebním průmyslem vzrostl mezi lety 2008 – 2018 o necelých 9%, což je zhruba 1 mil. tun. Produkce odpadů v České republice dokonce klesla u zemědělství zhruba o 46%, dále u těžby o 50% a ve výrobě, rozvodu elektřiny až o 74%. Naopak u stavebnictví, dopravy a skladování a odpadů z odpadních vod došlo k výraznému zvýšení produkce.

Tab. 4: Produkce odpadu v ČR [34]

	produkce odpadů celkem	z toho podnikový odpad	z toho komunální odpad	zemědělství, lesnictví, rybníctví	těžba a dobývání	zpracovatelský průmysl	výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu	odpady z odpadních vod a sanaci	stavebnictví	doprava a skladování
2008	25 868 519	22 243 519	3 175 934	254 546	166 949	5 292 547	1 919 860	1 912 189	10 650 635	294 194
2009	24 235 648	20 513 768	3 309 667	176 316	131 928	4 231 948	1 720 681	1 974 712	10 016 269	243 200
2010	24 123 560	20 423 322	3 334 240	113 685	114 569	4 202 463	1 540 396	2 507 187	9 353 672	178 080
2011	23 576 396	19 918 509	3 357 877	213 539	167 433	4 780 000	1 106 366	2 202 950	8 773 903	273 414
2012	23 435 996	19 938 705	3 232 643	196 065	167 420	4 376 398	1 062 880	2 799 850	8 592 895	231 961
2013	23 724 147	20 127 368	3 228 232	179 526	213 103	4 416 842	1 007 213	2 887 463	8 694 456	232 363
2014	23 788 925	20 235 665	3 260 581	135 312	335 079	4 394 334	1 012 202	2 944 055	9 409 942	248 166
2015	26 946 718	23 247 371	3 337 336	104 553	191 280	4 562 791	1 166 186	3 635 778	11 308 334	227 851
2016	25 757 793	21 801 816	3 579 614	114 577	143 876	4 670 646	889 248	3 632 098	10 141 986	252 794
2017	24 925 722	20 883 840	3 642 958	113 448	95 254	5 179 587	645 921	3 636 404	8 987 469	215 559
2018	28 353 238	24 189 304	3 732 219	138 199	82 971	5 089 161	505 907	4 341 565	11 601 305	462 684

Ministerstvo životního prostředí uvádí informace, že téměř 98% stavebního odpadu bylo v České republice opět využito. V plánu odpadového hospodářství České republiky je do roku 2024 stanoven cíl, zvýšit recyklaci stavebních a demoličních odpadů k dalšímu použití a to v minimálně na 70% z celkové produkce odpadu ze stavebního průmyslu. [13]

Tabulka č. 5 znázorňuje data nakládání s odpady v letech 2008 – 2018. Recyklace během 10 let vzrostla až o 50% a na druhou stranu spalování odpadu na pevnině vzrostlo o 27%. Naopak skladování odpadu v průběhu roku 2008 – 2018 kleslo pouze o necelá 2%.

Tab. 5: Nakládání s odpady v ČR [17]

roky	nakládání s odpady celkem	z toho				
		využití odpadů (nezahrnuje energetické využití)	recyklace	energetické využití	spalování na pevnině	skladování
2008	28 183 522	6 416 438	4 858 334	555 769	68 769	4 660 750
2009	27 658 315	6 471 054	4 851 084	578 189	74 975	4 182 747
2010	27 952 975	7 389 483	4 515 307	767 285	55 497	4 086 079
2011	30 506 667	8 271 077	5 211 842	934 558	72 708	4 968 365
2012	30 237 544	8 420 101	5 726 180	959 048	76 172	3 628 127
2013	28 994 027	8 814 035	5 780 053	939 552	79 088	3 577 193
2014	30 876 896	9 552 410	6 239 170	1 016 414	79 130	3 418 594
2015	34 205 451	11 109 396	7 755 881	1 057 005	81 152	3 517 562
2016	34 484 528	11 343 800	8 375 039	1 032 496	80 979	3 800 384
2017	35 091 393	11 456 229	8 578 683	1 164 497	91 119	3 514 352
2018	38 669 446	12 185 790	10 133 987	1 137 694	94 136	4 581 536

Evropská směrnice požaduje do roku 2025 zvýšení recyklace odpadu téměř o polovinu. V české republice je celkem 178 provozovaných skládek a bohužel jeden z nejlevnějších způsobů, jak se odpadu zbavit, je právě uložení odpadu na skládku. Zvyšování poplatku brání česká asociace odpadového hospodářství. Poplatky za skládkovné byly zvednuty v roce 2015 na necelých 700 Kč za tunu komunálního a ostatního odpadu. Orientační ceny uložení materiálů na skládku jsou uvedeny v následující tabulce č. 6.

Tab. 6: Ceník skládky odpadů – Beroun [29]

Kód odpadu	Název odpadu	cena/tunu	MJ
030105	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, OSB desky a dýhy	520	Kč
150106	Směsné obaly	1 568	Kč
170101	Beton - čistý	375	Kč
170101	Beton - armovaný	500	Kč
170102	Cihly	375	Kč
170201	Dřevo	1 815	Kč
170302	Asfaltové směsi obsahující dehet	13 020	Kč
170504	Zemina a kamení	150	Kč
170604	Izolační materiál	5 170	Kč
170802	Stavební materiály na bázi sádry	1 353	Kč
200307	Objemný odpad	1 568	Kč

2.3.1.1. Legislativa

Stavební průmysl je jedním z největších producentů odpadu a znečišťovatelů životního prostředí. Vzhledem k produkci odpadů a zátěži na životní prostředí je potřeba dodržovat předpisy, zákony a normy. Kromě *Stavebního zákona č. 183/2006 Sb., který upravuje vyhodnocování vlivů na udržitelný rozvoj území,*

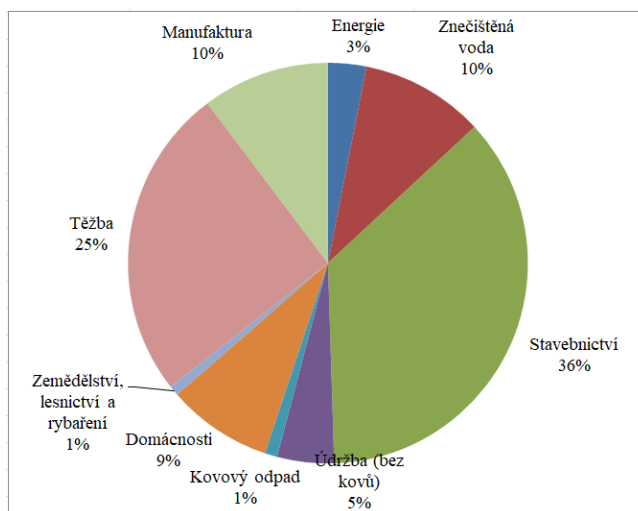
posuzování vlivů na životní prostředí, je ekologie vzhledem ke stavebnímu průmyslu vymezena i v dalších zákonných předpisech a vyhláškách viz následující přehled vybraných zákonů a předpisů, které souvisí s ekologií ve stavebnictví.

- *Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů – řeší pravidla předcházení vzniku odpadů a nakládání s nimi*
- *Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí – stanovuje základní zásady ochrany životního prostředí a povinnosti při ochraně a zlepšení stavu životního prostředí*
- *Zákon č. 167/2008 Sb., o předcházení ekologické újmy a o její nápravě a o změně některých zákonů – upravuje práva a povinnosti osob při předcházení ekologické újmy a při její nápravě*
- *Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny – účel tohoto zákona je přispět k udržení a obnově přírodní rovnováhy v krajině za účasti příslušných krajů, obcí, vlastníků a správců pozemků*
- *Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách – stanovuje podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod*
- *Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší – vymezuje přípustné úrovně znečištění, nástroje ke snižování úrovně znečištění a poplatky za znečištění*
- *Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady – vyhláška zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje technické požadavky na skládky odpadů a jejich provozování, seznam odpadů, které je zakázáno používat, požadavky na ukládání odpadů z azbestu na skládky apod.*
- *Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady – upravuje povinnosti všech osob, které nakládají při své činnosti s odpady*
- *Vyhláška 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu*
- *ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov*
- *ČSN 73 0540 Tepelně technické stavebních konstrukcí a budov*

2.3.2. Evropa a svět v souvislosti s ekologií

Hlavní cíl Evropské unie je omezit tvorbu odpadů a v případě, že je vznik odpadu nevyhnutelný, snažit se najít způsob na jeho další využití, nebo daný odpad recyklovat a díky tomu pomoci alespoň trochu odlehčit životnímu prostředí. Stavební a demoliční odpad tvoří v EU veliký podíl z celkové produkce odpadu a ten činí zhruba 25% produkce. Existují také specifická pravidla, která uvádí jak nakládat s odpady. Evropská unie zastává ve velikém množství recyklaci stavebních a demoličních odpadů, aby se snížil dopad na životní prostředí a maximalizovala se využitelnost produktů. Nakládání s odpady má také vliv na produkci a náklady stavební výroby materiálů. V případě špatného zacházení s materiály může dojít ke ztrátám cenných surovin a tím pak může docházet k zaplňování skládek. [14]

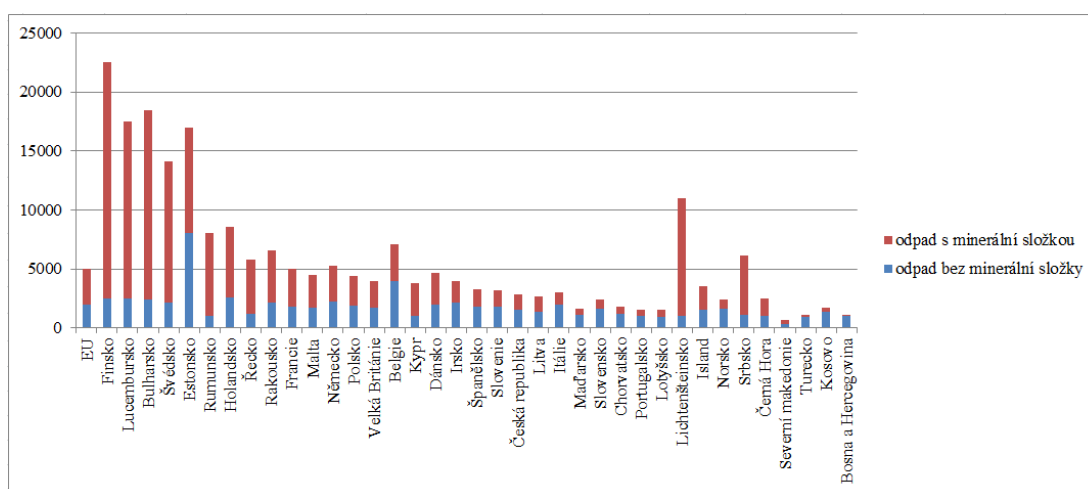
Při hledání správného způsobu, jak nakládat s odpady, je také potřeba pohlížet na ekonomickou stránku a ne jen tu ekologickou. Evropská unie eviduje každý rok statistiky vyprodukovaného odpadu, ale hodnoty jsou vždy pouze orientační. Ke konci 20. století sestavila Evropská unie mezinárodní tým, pod vedením Velké Británie, který se zabýval projekt s názvem „Stavební a demoliční odpady a možnosti jejich hospodárného využití“. Tento tým zpracoval v roce 1999 rozsáhlou studii, která se týkala analýzy problematiky odpadů členských států Evropské unie a obsahovala údaje o recyklaci stavebních odpadů ve státech EU na 70%. (Holandsko 90%, Belgie 87%, Dánsko 81%, Finsko a GB 45%, Rakousko 41%,...) [14] Z následujícího obrázku č. 7 je patrné, že největší produkce odpadu v Evropské unii za rok 2016 má na svědomí stavební průmysl.



Obr. 7: Rozdělení odpadu v EU za rok 2016 [31]

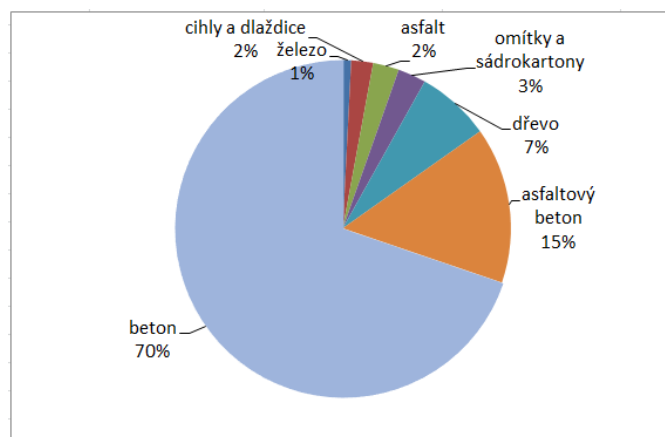
V tabulce č. 7 je analýza množství odpadu podle jednotlivých států vytvořeného populací. Z tabulky lze vidět celkové množství odpadu, které vyprodukovaly jednotlivé členské státy Evropské unie a obzvlášť vysokou hodnotu produkce odpadu ve Finsku, kde se v průměru za rok 2016 vyrobilo 22,4 tun odpadu, což je více než čtyřnásobek průměru, který udává hodnotu 5 tun za obyvatele v celé Evropské unii. Některé členské státy EU vykázaly poměrně velikou produkci odpadu z těžby a dobývání, zatímco jinde produkce odpadu vyplývala z bouracích prací. [14]

Tab. 7: Členění odpadu za rok 2016 – EU [14]



Obalový materiál je také veliký problém v souvislosti s odpady. Statistiky Evropské unie udávají hodnotu produkce obalových materiálů za rok 2012 celkem 78,9 milionu tun obalového materiálu. V roce 2016 došlo ke zvýšení obalových odpadů až na 86,7 milionu tun, což je ve srovnání s rokem 2012 nárůst o necelých 10% za 5 let. [14]

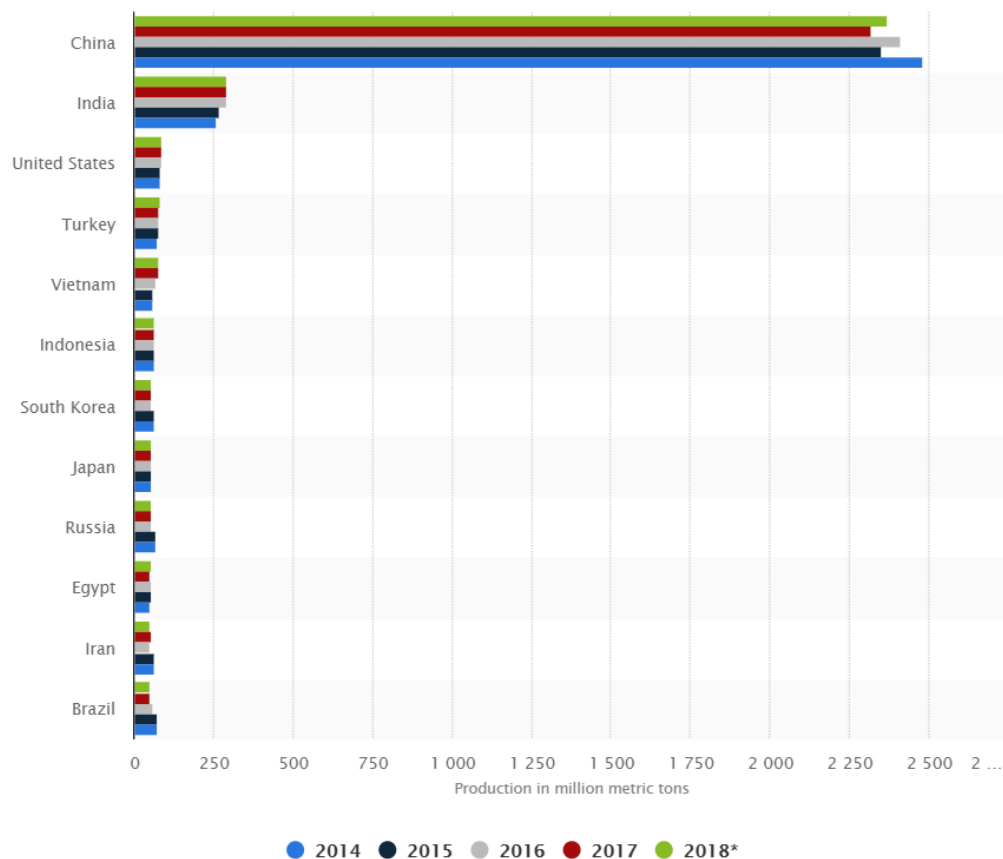
Co se týká Spojených států, z obrázku číslo 8 je zřejmé, že největší podíl na produkci odpadu v roce 2017 měly stavby z betonu. Graf uvádí celých 70% produkce stavebního odpadu, které má na svědomí beton a za rok 2017 se vyprodukovalo téměř 32,5 milionů tun betonu v celých Spojených státech amerických. V případě komunálního odpadu na celé čáře vyhrává samozřejmě odpad z papíru, když byl za rok 2017 vyčíslen až na hodnotu 68,620 milionu tun. [15] I když statistiky udávají, největší podíl odpadu způsobuje beton, ke stavebnímu průmyslu v Americe patří neodmyslitelně také jejich typické dřevostavby, kvůli kterým se pomalu, ale jistě vytěží lesy v Jižní Americe.



Obr. 8: Rozdělení stavebního odpadu dle materiálů – USA [15]

Mezi asijské státy se jako největší znečišťovatele životního prostředí v oblasti stavebnictví řadí Čína a Indie. Stavební průmysl Číny se řadí k těm největším z celého světa a během jednoho dne se zde dostaví více jak 10 mrakodrapů (více jak 40 pater budovy). Mezi největší staveniště se řadí například Shanghai, Shenzhen a Beijing. Betonářský průmysl se řadí na první místo na světě. Čína vyprodukuje nejvíce cementu z celého světa. V následující tabulce č. 10 je zaznamenána produkce cementu v hlavních státech světa mezi lety 2014 – 2018. Čína v roce 2018 vyprodukovala 2 370 milionů tun, oproti tomu druhý největší producent cementu vyprodukoval pouze 290 milionů tun za rok 2018. Na druhou stranu nejméně cementu za rok 2018 vyprodukovala Brazílie a to pouze 52 milionů tun. [16] V následující tabulce č. 8 je vyobrazena produkce cementu největších producentů na světě.

Tab. 8: Produkce cementu ve světě



Indie jako druhý největší producent cementu i odpadu na světě není ani ve stavebním průmyslu pozadu. Nejen že je hned druhým největším producentem cementu po Číně, ale také je jedním z největších znečišťovatelů planety. Indie jako taková je jedním z největších spotřebitelů bambusu ve stavebnictví. Hned po Číně je také největším producentem cementu na světě. Vzhledem k lidnatosti těchto dvou států lze předpokládat, že právě zde bude stavební průmysl a s ním i spojený stavební a demoliční odpad na prvních příčkách světových statistik. Přesné informace o stavební průmyslu a odpadu nejsou k dispozici. [17]

2.4. Spotřeba energie ve stavebnictví a znečištění

Stavební průmysl je obrovský spotřebitel energie, které se dělí na výrobní, provozní a demoliční fázi budov a celkově tak činí více než 40% využití energie ve společnosti. Spotřeba energie ve stavebnictví je velice úzce spojena se spotřebou materiálů. Decentralizovaná výroba snižuje dopravu a je vhodná pro práci

s lokálními materiály. Elektřina jako zdroj, vyrobený v tepelných elektrárnách z ropy, uhlí a jaderné energie se využívá pouze 30 - 40% dostupné energie. V případě, že je možné se elektřině vyhnout, je lepší použít místo toho jiné metody, založené na přímé tepelné energii nebo energii mechanické. [2]

Lidé se v každé průmyslové zemi setkávají se znečištěním. Stavební průmysl je ať už přímo, nebo nepřímo zodpovědný za znečištění životního prostředí a to jak z hlediska energetického, tak materiálového. Znečištění energie souvisí s množstvím a zdrojem energie používané při výrobě materiálů. Zdroje energie se liší v jednotlivých zemích. Ve Skandinávii je vodní energie zcela běžná, zatímco ve Velké Británii a Evropě jsou hlavními zdroji stále fosilní paliva a jaderná energie. Obnovitelné zdroje rostou jen velmi pomalu. V případě využívání jaderné energie je zvýšené riziko radioaktivních emisí, zejména v případě nakládání s odpady. Fosilní paliva způsobují největší emise klimatických plynů včetně CO₂, SO₂ a látek, jako například oxidy dusíku. Další vážná znečištění způsobuje spalování odpadu v souvislosti s jeho složením. [2]

2.4.1. Materiálové znečištění

Znečištění hmoty vyplývá přímo ze samotného materiálu při zpracování, jeho následné používání a pozdějšího rozkladu. V Evropské Unii se používá přibližně 80 000 chemikálií ve stavebnictví a počet látek poškozujících zdraví se od druhé poloviny 20. století zdvojnásobil. [2]

Materiálové znečištění se skládá z emisí, prachu a záření z materiálů, které jsou vystaveny chemické nebo fyzikální reakci jako je teplo, tlak nebo poškození. Stavební materiály také mohou obsahovat radioaktivní látky jako je například radonový plyn, který může procházet do vnitřního vzduchu.[2]

Odpad je také součástí znečištění. Procentuální hmotnost materiálů, nebezpečných pro životní prostředí v demoličním odpadu, je relativně malá, ale stále je zde velké množství a má negativní dopad na životní prostředí. Mezi materiály, které způsobují problémy v oblasti životního prostředí, se řadí především ty, které obsahují těžké kovy nebo plasty a pomalu se rozkládají. [2]

2.5. Konstrukční materiály

Konstrukční materiály jsou definované hlavně z hlediska ohybové pevnosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu. Tyto všechny vlastnosti dávají představu o schopnostech materiálu přenášet jednotlivé síly, které na něj působí. Vše závisí na dimenzi materiálu a designu. Například ocelový drát má schopnost přebírat tahové síly u visutého mostu. Cihla téměř postrádá tahové vlastnosti, a proto musí být namáhána především na tlak. [2]

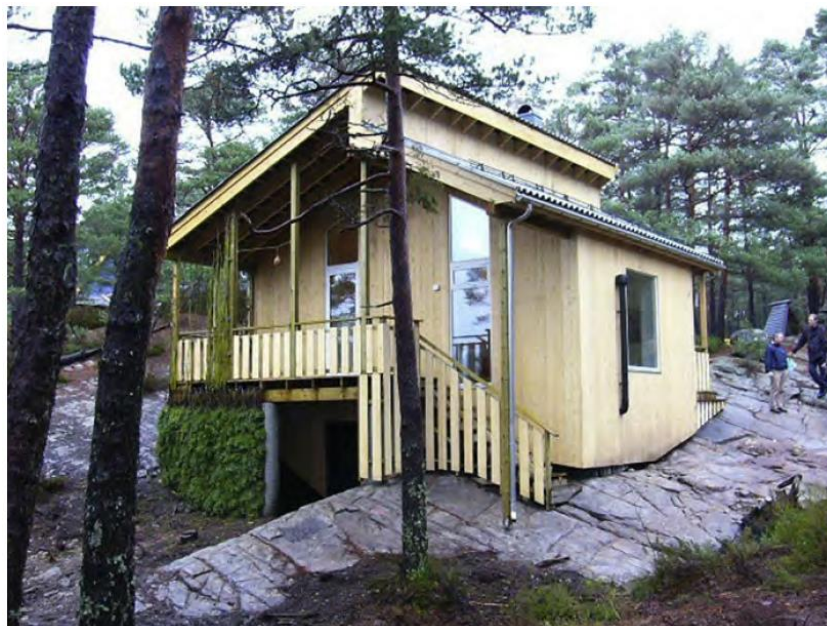
Podíl konstrukčního materiálu v budově tvoří zhruba 70 až 90% z její samotné hmotnosti. Dřevo a ocel má nejnižší procento a naopak cihla a beton procento nejvyšší. Konstrukční materiály obvykle poskytují méně negativních dopadů na životní prostředí na jednotku hmotnosti než jiné stavební materiály. Obvykle jsou to takové materiály, které jsou založeny na obnovitelných zdrojích, jako je dřevo, nebo na materiálech, které mají bohaté zásoby zdrojů jako je jíl, vápno nebo kámen. Výroba je primárně místní nebo regionální. Podíl spotřebované energie při výrobě a dopravě je zhruba 30 až 40% z celkové stavby. Znečištění v důsledku skleníkových plynů a acidifikace oxidu siřičitého se bude lišit o 35 - 70%. [2]

2.5.1. Dřevo jako konstrukční materiál

Dřevo je pro většinu účelů dobrá volba z hlediska životního prostředí. Pokud je to jen možné, měl by se tento materiál používat způsobem, který zajistí dlouhou životnost a nemělo by být ošetřeno toxiny ani jinými přísadami. Dřevo a jiné organismy jsou snadno napadnutelné hmyzem a houbami ve vlhkých podmínkách. Vlhkost v organickém materiálu musí být od 18 do 25%, pokud by se hodnoty vlhkosti pohybovaly nad, nebo pod těmito hodnotami není pak materiál pro škůdce atraktivní. Většina hub dokáže přežít dlouhá suchá období a jejich atak nastává při teplotách 20 a 35°C. Na následujícím obrázku č. 9 je stavba školky v Norsku, zrealizována z masivu. [2]

4 hlavní způsoby, jak se vyhnout napadení hmyzem a houbami

- Použití vysoce kvalitního materiálu na exponovaných místech
- Strukturální ochrana exponovaných materiálů
- Použití netoxických ošetření – nátěry bez použití chemikálií
- Použití toxických látek – nátěry



Obr. 9: Dřevěná škola postavena z masivu a vytápěna kamny – Norsko [2]

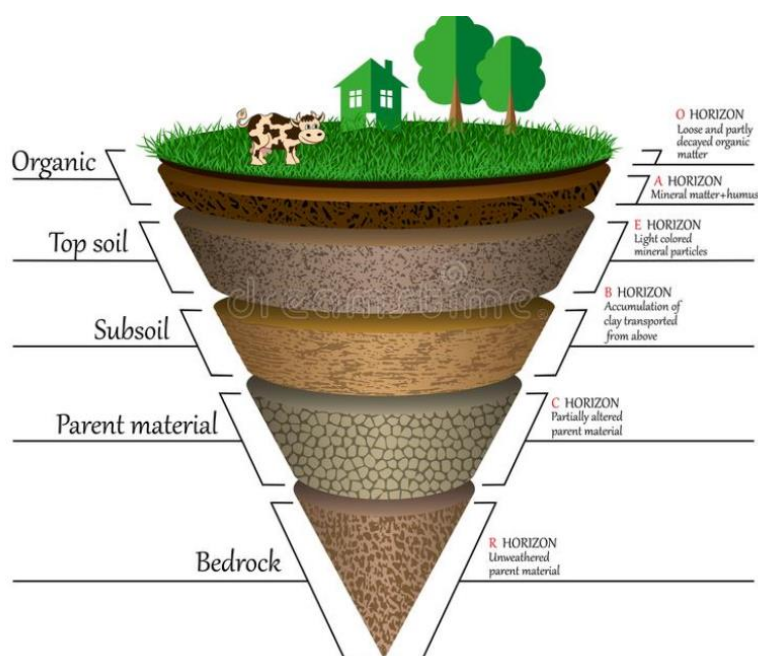
2.5.2. Půdní materiály

Půdní materiály můžeme definovat jako jemné částice, které pochází z minerálních nebo organických, rozložitelných produktů zvířat a rostlin. Půdní materiály mohou tvořit základ pro výrobu uhlí nebo ropy, které jsou většinou rostlinné složky. [2]

Stejně tak jako výchozí bod pro veškerou potravinářskou výrobu na Zemi, mají půdní materiály ve stavebním procesu mnoho různých použití: písek a štěrk jako kamenivo do betonu, hlína smíchaná se zemí pro stavbu pevné zeminy a jílu pro výrobu cihly a keramické dlaždice. Na rozdíl od minerálů jsou půdní materiály definovány spíše jejich fyzickými než chemickými vlastnostmi. [2]

2.5.3. Půdní materiál ve stavbě

Hodně zemí z Evropy nemá tak snadný přístup ke štěrku a písku jako ke stavebnímu materiálu (ne nutně proto, že zdroje tam přímo nejsou), ale protože těžba by měla příliš velký dopad na místní prostředí. Některé typy jílu mohou být v určitých regionech omezené. Ve druhém případě jsou zásoby materiálu velmi velké a dají se dobře distribuovat tam, kde je jich nedostatek. Jejich použití je však velice omezené a tento materiál je skoro nevyužitý. Nejvhodnější jíl pro výrobu cihel a keramických obkladů je obvykle v hloubce 4 – 5 metrů pod povrchem. Rozdělení vrstev půdy je na následujícím obrázku č. 10.



Obr. 10: Vrstvy půdy [18]

Velké množství vody se používá na výrobu cihel a také v produkci expandovaných jílových pelet a keramických dlaždic. V Itálii vyvinuli recirkulační systém s jednoduchým filtrem na odpadní kal a tím snížili množství použité vody a díky tomu udržovali odpadní vodu na minimum. Spotřeba energie při vypalování jílových výrobků je velmi vysoká. Použití vypálených nebo nepálených hliněných výrobků ve stavebnictví však nezpůsobuje žádné problémy. V mnoha případech dokonce tyto materiály zlepšují vnitřní klima. [2] Na obrázek č. 11 je ukázka výroby pálených cihel.



Obr. 11: Výrobna pálených cihel [19]

Cihly jsou mnohem účinnější než beton v odolávání účinkům znečištění ovzduší. Obvykle uvažujeme, aby vše bylo bezúdržbové a mělo vysokou životnost. Cihla má však póry a díky tomu je více náchylná k mrazu a poškození. Střešní tašky a cihly lze obvykle znovu použít v závislosti na pevnosti použité malty, výjimkou je například portlandská cementová malta, která lze velice špatně odstranit z cihel. Ostatní výrobky z pálené hlíny, jako jsou keramické dlaždice a expandované hliněné pelety, se recyklují velice zřídka a jsou mnohem více opět využity jako výplňový materiál. Střešní tašky a cihly mohou být rozdrceny a použity jako kamenivo do betonu. V případě, že je dům ze zeminy zdemolován, je zemina fyzicky a chemicky neporušená v půdní podobě. Je možné ji tedy opět použít, například na zásypy k základům, nebo úpravy terénu. [2]

2.5.4. Písek a štěrk

Písek a štěrk jsou hlavními složkami většiny malt a betonů. Tyto složky musí být schopny tolerovat chloridy, zásadité podmínky, vlhkost a mráz. Musí mít také požadovanou mechanickou sílu. Nejlepší je nepravidelný štěrk a písek, jelikož se dobře lepí k povrchu, zatímco říční písek se zaoblenými zrny je mnohem horší, má menší přilnavost k povrchu. Vnitrozemský písek je považován za nejlepší, je možné také používat pobřežní písek, ale ten při kontaktu se slanou vodou obsahuje chloridy, které způsobují korozi oceli. [2]

2.5.5. Zemina jako stavební materiál

V roce 1982 se v centru Paříže konala výstava a konference a jejím tématem byla právě zemina jako stavební materiál. Dnes je zemina druhý nejrozšířenější stavební materiál na světě hned po bambusu. Více než 30% světové populace žije v tzv. hliněných domech, především v rozvojových zemích. Proč používat zeinu jako stavební materiál má dvě nejdůležitější výhody a to především to, že lze materiál v mnoha případech vyhloubit na místě a k jejímu zpracování je potřeba mnohem méně energie, než na zpracování betonu či vypálených cihel. Na obrázku č. 12 je stavba ve Španělsku realizována z jílové směsi. [2]



Obr. 12: Stavba z jílové směsi – Španělsko [33]

Celá realizace je založena na jednoduchých metodách výroby, které lze provádět svépomocí. V případě, že je stavba ze zeminy prováděna správně, má dlouhou životnost. Díky své teplotě a vlhkosti poskytuje dobré vnitřní klima a v neposlední řadě lze tento materiál vrátit zpět do přírody mnohem snadněji, než jakýkoliv jiný materiál. V Německu například postavili až šestipatrové domy. Stavby ze země dosáhnou své maximální síly až po několika letech. Během prvních měsíců jsou stěny měkké natolik, že je možné do nich instalovat různé armatury a vyvrtat otvory pro potrubí, výklenky, atd. [2]

Jediný vážný nepřítel zemských staveb je vlhkost, je tedy nutné provést konstrukci tak, aby se předešlo problémům, jako je stoupající vlhkost ze země. Výstavba ze zeminy je ve srovnání s moderní technikou velice pracná a drahá. Je potřeba mít na výstavbu proškolené pracovníky a tudíž stavba z hlíny není o tolik ekonomicky výhodná. Na následujícím obrázku je fotografie tradičních jílových staveb v Jemenu. [2]



Obr. 13: Tradiční stavba z jílové směsi – Jemen [3]

2.5.6. Povrchové materiály

Hlavním účelem povrchových materiálů je vytvoření ochranné vrstvy na struktuře budovy. Vyžadují dlouhou estetickou životnost a díky své tvrdosti a trvanlivosti musí čelit opotřebení budovy a nečistotám, aniž by porušily jejich celkový vzhled. Povrchové materiály mohou mít také strukturální a klimatické účinky jako je například vyztužení, větru odolnost, ochrana proti vlhkosti, ochrana proti hluku a podobně. Některé struktury v cihle, betonu a dřevě jsou samy o sobě materiály povrchovými a nepotřebují další ošetření. Povrchové materiály jsou také používány na střešní krytiny, vnitřní a vnější obklady a na podlahy. [3]

Povrchové materiály se používají na velkých rozlehlých plochách, je proto důležité zvolit takové suroviny, které neobsahují kontaminující látky a které

by mohly ohrozit životní prostředí. Měly by být tedy chemicky stabilní po celou dobu jejich životnosti v budově, nebo by měly být alespoň snadno obnovitelné. [3]

3. Analýza konkrétní stavby

Ve většině případů se s materiály plýtvá, ať už jde o materiály, které se používají na výstavbu nového domu nebo o materiály, které slouží k tvorbě jiných produktů. V mnohých případech lze však zbylý materiál využít opět k jiným výrobkům, nebo ho recyklovat a nezatěžovat tak životní prostředí.

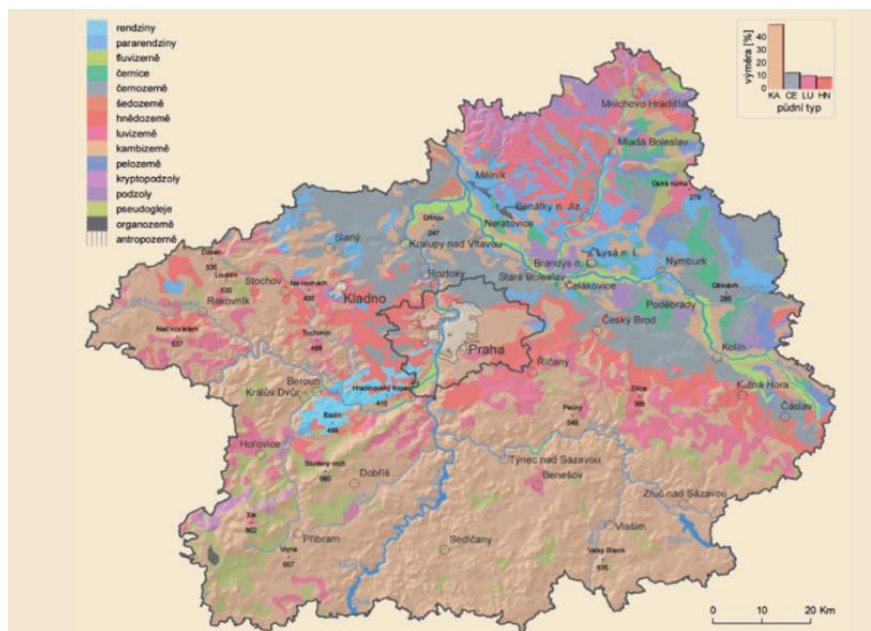
Trend v používání recyklovaných nebo ekologických materiálů se stále zvyšuje. Použití právě těchto materiálů ale neznamená, že bude stavba udržitelná, ale je potřeba vědět, jak správně materiály používat a ne jimi plýtvat a spotřebovávat tak mnohem více energie, než je ve skutečnosti nutné. Recyklace stavebních materiálů poskytuje příležitost k dosažení úspor, které zahrnují náklady na nové materiály a dále náklady na dopravu a likvidaci. V případě použití recyklovaných materiálů dochází také k eliminaci uhlíkových emisí.

V následující kapitole 4. je diplomová práce zaměřena na volbu materiálů, které budou posouzeny z hlediska výběru, realizace, nakládání s odpady a také porovnání se současnou stavbou. Pro účely porovnání vybraných variant ekologických materiálů s materiály původními byla vybrána stavba, která bude následně zkoumána z hlediska ekologie. Stavba bude posuzována dle ekologického výběru materiálů, produkce CO₂ při zpracování materiálů, dopravě na stavbu a následných možnostech recyklace.

3.1. Analýza okolí stavby

Stavba je umístěna na pozemku o rozloze 934 m² a nachází se na území okresu Praha - Západ, konkrétně v obci Zvole u Prahy. V této části Středočeského kraje je půdní složení hnědozem. Tento typ složení země se nachází v oblastech mírného klimatu a typická je pro něj hnědá barva. Jedná se o půdy slabě kyselé až neutrální a nejčastěji se tento typ vyskytuje ve střední Evropě, zejména v rovinných a mírně zvlněných oblastech. Hnědozem není tak kvalitní jako černozem, ale jedná se také o úrodnou složku země a lze ji zařadit mezi půdy středně úrodné. Půdotvorný substrát u hnědozemí je nejčastěji spraš, nebo sprašová hlína.

V zemědělství je široce využívána a používá se například k pěstování obilovin. Hnědozem se skládá z humusu, minerálních látek a jsou v ní obsažené půdní organismy a kořeny rostlin, díky kterým se humus a minerální částice dobře promísí. Na obrázku č. 14 je půdní složení Prahy a Středočeského kraje.



Obr. 14: Mapa půdního složení Hl. m. Prahy a Středočeského kraje [20]

Pro výpočty produkce emisí CO₂ z dopravy v tabulce č. 6, jsou uvažovány limity schváleny Evropskou Unií, které budou v platnosti od 1. 1. 2020. Limit produkce emisí pro osobní auto je stanoven na 95 g/km a limit pro nákladní automobily je 135 g/km. [6] V případě dopravy jednotlivých surovin na stavbu, jsou vzdálenosti provozoven od stavby uvedeny v následující tabulce č. 9.

Tab. 9: Vzdálenosti provozoven vč. produkcí emisí z dopravy na stavbu / 1 jízda

provozovny	lokace	vzdálenost [km]	doba přepravy [min]	produkce CO ₂ při přepravě [g/km]	
				auto osobní	automobil nákladní
Betonárka	Praha - Kunratice	12	18	1 140,0	1 140,0
Kamenolom	Praha - Zbraslav	10	18	950,0	1 350,0
Recyklační linka	Velké Přílepy	39	48	3 705,0	5 265,0
Skládka odpadů	Beroun	41,3	40	3 923,5	5 575,5
Stavebniny	Vestec u Prahy	10,2	14	969,0	1 377,0

Pro případný odvoz odpadu byla zvolena skládka v Berouně, která je od samotné stavby vzdálena zhruba 41 minut autem. Skládka odpadů zajišťuje svoz a odstranění stavebního odpadu pro města, obce, podnikatele a občany po celé České republice. Odebírá nejen stavební odpad, ale také nebezpečné odpady, kovy, elektrošrot, pneumatiky a další. V následující tabulce č. 10 jsou uvedeny ceny uložení stavebního odpadu, bez DPH.

Tab. 10: Ceny odpadů – skládka Beroun [21]

Kód odpadu	Název odpadu	cena/tunu	MJ
030105	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, OSB desky a dýhy	520	Kč
150106	Směsné obaly	1 568	Kč
170101	Beton - čistý	375	Kč
170101	Beton - armovaný	500	Kč
170102	Cihly	375	Kč
170201	Dřevo	1 815	Kč
170302	Asfaltové směsi obsahující dehet	13 020	Kč
170504	Zemina a kamení	150	Kč
170604	Izolační materiál	5 170	Kč
170802	Stavební materiály na bázi sádry	1 353	Kč
200307	Objemný odpad	1 568	Kč

Recyklační linka Zájezd ve Velkých Přílepech umožňuje stavebním firmám z Prahy a Středočeského kraje ekologicky likvidovat stavební odpad z výkopových prací, nebo demolic. O ekologické likvidaci recyklační středisko dokládá certifikát a také nabízí mnoho druhů recyklovaných materiálů za materiály přírodní. Ceny za recyklační linky jsou uvedeny v tabulce č. 11.

Tab. 11: Ceník pronájmu recyklačních strojů – středisko Zájezd [22]

Nabízená recyklační technika	cena	jednotky	hmotnost stroje [t]
čelistový drtič PEGSON Pásový	70	Kč/t	45
rotační drtič PEGSON pásový	75	Kč/t	26
třídíč Powescreen pásový	45	Kč/t	16
drtičí lopata	1000	Kč/hod	3

3.2. Analýza konstrukčního řešení stavby

Stavba přízemního rodinného domu se nachází na pozemku o velikosti 934 m². Založení stavby je na betonových základových pasech. Na vyrovnání podlahy byl použit cementový potěr a finální vrstva keramické dlažby tl. 15 mm. Zděné vnější stěny jsou řešeny zdivem z cihelných bloků o tl. 440 mm a izolací EPS 70F tl. 100 mm. Vnitřní příčky jsou realizovány ze svisle děrovaných cihelných tvárnic tl. 115 mm.

Valbovou plechovou střechu se sklonem 15° tvoří sbíjené dřevěné vazníky a vytváří tak nevyužívané podkroví. Střešní krytina je již opatřena nátěrem proti poškození z výroby. Energetická náročnost budovy odpovídá hodnotám pasivních domů. Normou požadované hodnoty pro vnější stěny jsou $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ a $R_w = 30 \text{ dB}$. Na obrázku č. 15 a 16 jsou pohledy na stavu jednopodlažního RD.

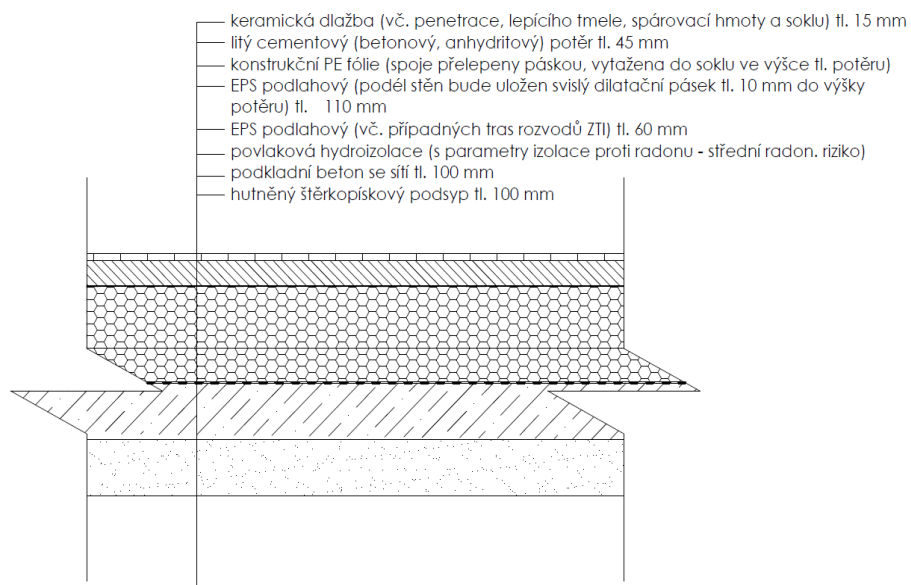


Obr. 15: Pohled východní

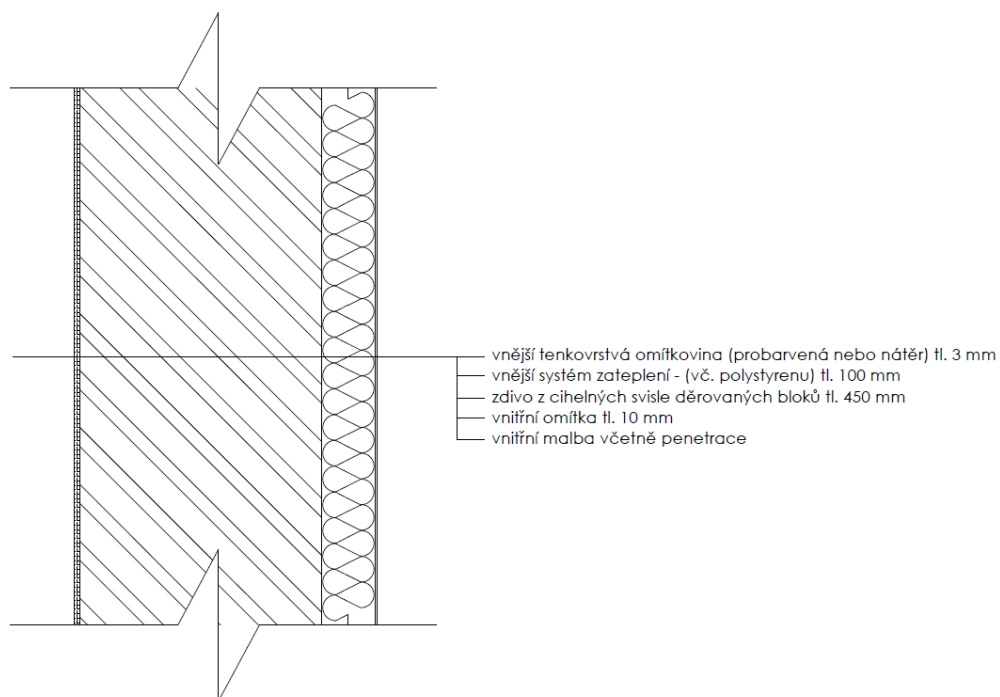


Obr. 16: Pohled jižní

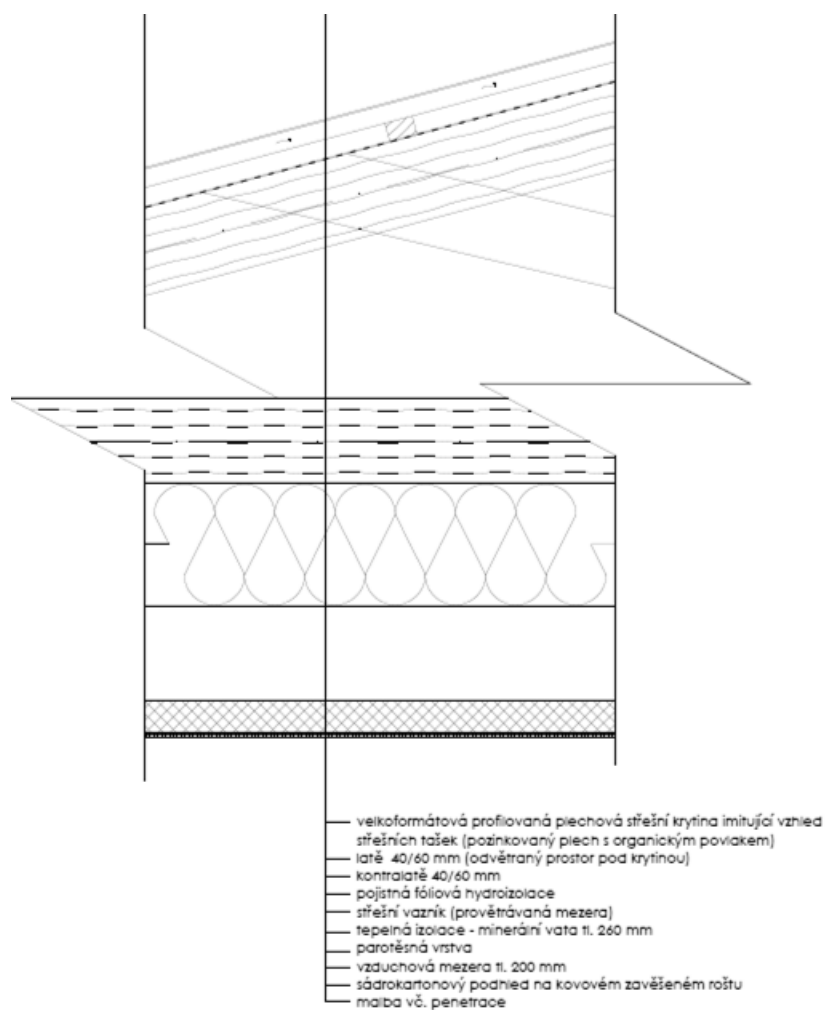
3.2.1. Skladby řešených konstrukcí



Obr. 17: Skladba podlahy



Obr. 19: Skladba stěny



Obr. 18: Skladba střechy

4. Alternativní řešení materiálů vybraných typů konstrukcí

V následující části práce byly zvoleny jednotlivé varianty konstrukcí stavby RD v obci Zvole u Prahy a nahrazeny možnými ekologickými variantami. Konstrukční varianty jsou hodnoceny z několika hledisek

- součinitel prostupu tepla
- produkce CO₂ z dopravy materiálů na stavbu
- odpad z materiálů
- dostupnost zdrojů
- trvanlivost konstrukce
- údržba
- likvidace po dožití stavby

Součinitel prostupu tepla U je důležitou veličinou a udává hodnotu, kolik tepla prostoupí konstrukcí na ploše 1 m². Doporučené hodnoty koeficientu U jsou uvedeny u každé varianty skladby konstrukce. Výpočty součinitele prostupu tepla jsou provedeny v programu Teplo 2014 EDU dle normy ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov. Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla jsou dle normy ČSN 73 0540 Tepelně technické stavebních konstrukcí a budov. Součinitel tepelné vodivosti λ udává, jak je materiál schopen vést teplo a platí pravidlo, čím menší, tím lepší

Produkce oxidu uhličitého z dopravy materiálů na stavbu je vypočtena pomocí limitních hodnot pro přepravu nákladním automobilem, které udává průměrnou hodnotu produkce CO₂ 135 g/km.

Odpad z materiálů při realizaci je hodnocen z hlediska opětovného využití pro další stavební či jiné účely, nebo vyhození na skládku a případná recyklace. Rozbory materiálů nejsou předmětem této práce.

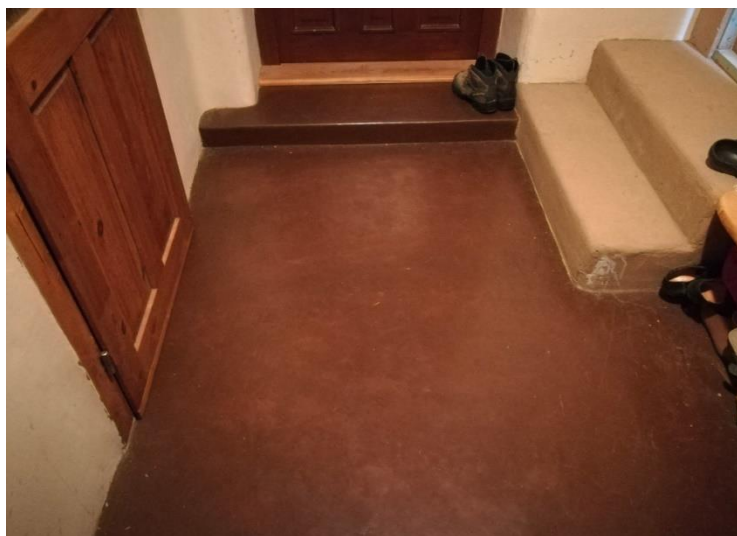
Dostupnost zdrojů, jinak řečeno dostupnost materiálů, je důležitým aspektem z hlediska možnosti čerpání přírodních zdrojů přímo z pozemku. Případný dovoz materiálu na stavbu vyprodukuje emise oxidu uhličitého a tím tak přispěje ke znečištění životního prostředí.

Trvanlivost konstrukce souvisí i s případnou údržbou v souvislosti s četností oprav a jejich provedením.

Likvidace po dožití konstrukce je brána z hlediska využití materiálu a případného uložení na skládku, nebo v některých případech také recyklace. Možnost recyklace materiálů umožňuje znovuvyužití některých materiálů a tím tak odlehčení životní prostředí uložním na skládku. Uvedené ceny za materiál současné varianty stavby jsou převzaté ze skutečného rozpočtu stavby. Jednotkové ceny materiálů navrhovaných alternativ jsou stanoveny na základě online poptávky.

4.1. Varianta podlahy – hliněná podlaha

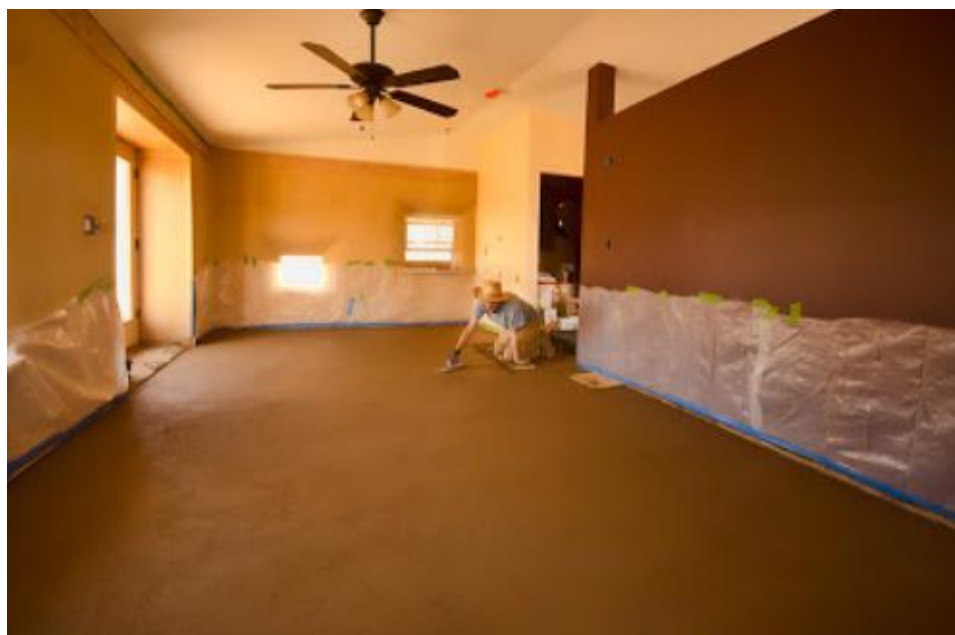
Hliněná podlaha je složena ze směsi písku a jílových materiálů. Jíl je jemnozrnný přírodní materiál, který se spolu s dalšími materiály, jako je například kámen nebo dřevo, používá již po tisíce let. Hlína se skládá buď z jednoho, nebo více jílových materiálů a to mohou být kaolinity nebo smektity. [3] Někdy se může objevovat ve složení hliněných podlah i malé množství oxidů kovů a organických látek. Jíl se tvoří velice pomalu zvětváním a erozí hornin obsahujících živec. Díky velikosti zrn a obsahu vody mají jíly vysokou plasticitu, dokud nejsou sušeny, nebo vypáleny. Poté se z nich stávají jíly tvrdé až křehké. Hlína je ekologický materiál, který je také energeticky nenáročný a především snadno dostupný. Použitím tohoto materiálu nedochází ke znečištění ovzduší, vody ani půdy a lze ji také považovat za materiál bezodpadový. Hliněnou podlahu je možné realizovat jako dusanou a litou. V českých podmínkách jsou zkušenosti s hliněnou podlahou, obecně s používáním hliněné směsi, velmi malé, na obrázku 21 hliněná podlaha v interiéru. Hliněnou podlahu je možné realizovat jako dusanou, nebo litou. [23]



Obr. 20: Hliněná podlaha – ČR [35]

Jíl jako samotný je jemný na dotek a suché hrudky se mohou mezi prsty rozbít, ale nebude z nich prach, jeho částice mají střední až vysokou plasticitu. Obsah písku nebo šterku je menší než 35% v celkové hmotě. Jíl je kompaktní, měkký a působí jako dobrá tepelná izolace. Dále je odolný, trvanlivý, odolný proti ohni a životnost je většinou až 100let. Pokud je požadavek na estetičnost, lze finální podlahu také zbarvit do různých odstínů, aby ladila například s interiérem. [23]

Hliněná směs se používá po celém světě a nejčastěji se s ní ve stavebnictví setkáváme při zpracování pálených cihel nebo střešních tašek. Výhodou je snadná zpracovatelnost. Pro změnu tvaru lze do směsi přimíchat vodu nebo přidat slámu a písek v případě, že chceme dosáhnout větší nosnosti. Jedná se také o velice důležitou složku v kompozitních materiálech, jako je například keramika, vepřovice, hliněné omítky apod. Zdící prvky z hlíny a střešní tašky jsou jedny z nejstarších stavebních materiálů na světě a přesto jsou stále populární. Stavby z hlíny jsou přírodní, přizpůsobivé a trvanlivé. Výběr správného materiálu je rozhodnutí do budoucna. Moderní budova musí splňovat řadu ekologických a ekonomických požadavků. [23] Na obrázku č. 22 realizace hliněné podlahy ve Spojených státech.



Obr. 21: Hliněná podlaha – USA [37]

4.1.1. Výběr materiálu

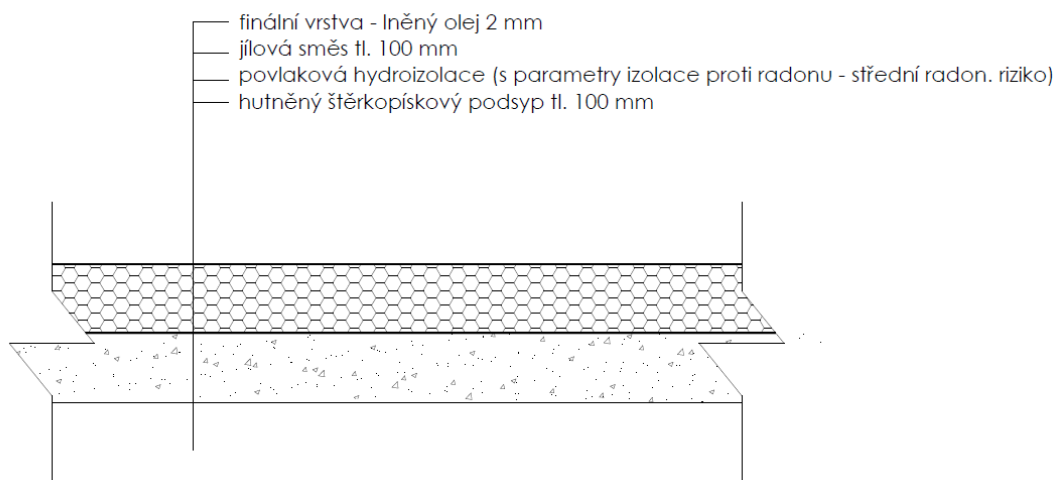
Volba materiálu ke stavbě hliněné podlahy je také podstatné a to nejen z toho hlediska, kolik obsahuje zvolená hliněná směs jílu a kolik procent písku. K realizaci hliněných podlah se používá hliněná směs bez organických látek, nikoliv ornice.

V případě zpracování směsi přímo na zvoleném pozemku, jedná se o půdní typ hnědozem, tedy středně úrodnou půdu s menším obsahem jílu. Při zpracování tohoto materiálu lze však dodat podíl jílu i písku podle potřeby. V případě, kdy je zapotřebí přidat více jílu nebo písku, nastává otázka, odkud je jíl a písek dovážen. Vzhledem k minimalizaci dopadů na životní prostředí je nejlepší varianta čerpat produkty přímo z místa staveniště, nebo je alespoň dovézt z nejkratší možné vzdálenosti. V případě výstavby rodinného domu, ať už svépomocí či kvalifikovanou stavební firmou, není potřeba certifikace o složení směsi.

4.1.2. Realizace dusané podlahy

Před aplikováním hliněné podlahy je velmi důležité mít rovinný podklad. Příprava podkladu spočívá v provedení štěrkového lože s frakcí 8 mm, který je nutné maximálně vyrovnat pomocí latě. Poté je potřeba ověřit rovinnost podkladu libelou a případné nerovnosti opět vyrovnat latí. Libelu je dobré klást různými směry a tím tak minimalizovat odchylky v rovinnosti podkladu.

Poté co je štěrk vyrovnán latí a libelou do roviny se vrstva udusá například pomocí dusadla. Dusání je dobré alespoň třikrát opakovat a to ideálně různými směry, aby bylo docíleno co nejvíce pevné, kompaktní, podkladní vrstvy. Pro dusání je dobré ověřit rovinnost opět libelou, aby byly odhaleny případné nerovnosti ještě před nanesením hliněné směsi. Připravená směs se aplikovat na zcela kompaktní podklad viz obrázky 24, 25 a 26. Na obrázku 23 je skladba hliněné podlahy.



Obr. 22: Skladba hliněné podlahy



Obr. 25: Příprava povrchu za pomoci latě



Obr. 24: Kontrola rovinnosti podkladu pomocí libely



Obr. 23: Dusání štěrku pomocí dusadla

Po dobrém výběru hlíny je důležité ji zbavit veškerých velkých částic a kamínků, aby konečná fáze tvořila jednotitou směs a nebyly na povrchu vidět žádná vystouplá místa. Správnou konzistenci jílové směsi je možné připravit ve větším kýblu. Konzistence závisí na složení samotné hlíny. Ta se dá upravit přidáním jílu, případně písku pokud je potřeba a slámy, která se natrhá na menší kousky a bude tak tvořit pojivo mezi jednotlivými složkami a zároveň zabraňuje popraskání při vysychání podlahy. V neposlední řadě je zapotřebí také voda. V případě, že máme připravenou správnou konzistenci, můžeme přejít k samotné realizaci dusané podlahy.



Obr. 26: Příprava jílové směsi

Vzniklá hmota se nanáší po částech. Nejprve se připraví latě, mezi které se začne hmota nanášet a postupně udusávat viz obrázek č. 25 a 26. Latě slouží k dodržení konstantní výšky podlahy po celé ploše. Jílová hmota se udusá až do úrovně latě a poté se lat' vyndá a posuneme se na další úsek. Okolí takto prázdného místa po vysunutí lati se rozruší a opět do mezery vloží hmota, která se udusá do požadované výšky tak, aby se vytvořila plocha o rovnoměrné výšce. Tímto způsobem se pokračuje až do konce vyplnění požadované plochy.



Obr. 29: Rozložení vodících latí



Obr. 28: Proces dusání směsi



Obr. 27: Finální vyrovnávací stěrka

K finální vyrovnávací vrstvě je možné použít směs z jílu, vody a jemně proseté hlíny. Vzniklá směs se nanáší pomocí zednických pomůcek v tenké vrstvě a vyrovná tak celkovou plochu viz obrázek č. 26.

4.1.3. Realizace lité podlahy

Příprava podkladu je totožná jako u varianty dusané podlahy. Základem je nejprve urovnat šterk latí a poté ověřit rovinnost pomocí libely. Následně je možné za pomoci dusadla plochu srovnat a zpevnit.

V této variantě hliněných podlah je rozdíl v nanášené hmotě a především v její konzistenci. Konzistence hliněné hmoty je v tekutém stavu, aby se dala tzv. rozlít po povrchu a snadno nanést. Na připravený povrch se opět kladou latě v rozmezí zhruba 0,5 m a mezi ně nanáší připravená hmota. Pomocí kratší latě se poté krouživými pohyby hmota urovná do jednolité plochy. Po vyndání mezilatě se poté doplní prázdný prostor hmotou a vytvoří tak jednotnou plochu. K vyrovnání plochy není potřeba už další vrstva, povrch je rovný už tak díky lité směsi.



Obr. 30: Finální vzhled lité podlahy

4.1.4. Finální úprava povrchu podlahy

Finální úprava povrchů bude řešena nátěrem pomocí lněného oleje. Lněný olej jsou čistě přírodní materiál, který se získává lisováním sušených zralých semen lnu setého za studena. Tento olej je přírodní, jedlý, zcela nezávadný a prodává se dokonce i jako doplněk stravy. Díky jeho zpevňujícím účinkům se používá také na podlahy, dřevěné schody a nábytek. Olej je také možné naředit a to například pomerančovým olejem.

Finální glazura se nanese na celý povrch rovnoměrně v několika vrstvách, obvykle v 6 – 8 vrstvách, a po každé nanesené vrstvě se nechá plocha vyschnout alespoň 1 den a poté se může pokračovat s dalšími vrstvami nátěrů. Po aplikaci všech vrstev je podlaha tvrdá. V případě oprav je možné podlahu zbrusit, náklady na opravu tedy nejsou nijak vysoké.



Obr. 31: Hliněná podlaha s finální vrstvou – lněný olej, ČR [8]

4.1.5. Porovnání variant

Jelikož se jedná o čistě přírodní materiál, lze materiál opět použít v přírodě. Používaná hliněná směs je bez organických látek a z tohoto důvodu ji nelze použít například na zásyp záhonů, není úrodná. Hliněnou směs je tedy možné použít například pro další stavební účely, zejména zásypy. Recyklací hliněného materiálu je dosaženo téměř nulového dopadu životní prostředí. Odpadem je při recyklaci směsi povlaková hydroizolace, která může být porušena a není dobré ji opět použít ke stavebním účelům. Štěrka a hliněnou směs je možné oddělit v recyklačních jednotkách a dále opět využít ke stavebním účelům.

Produkce oxidu uhličitého vzniká při každém dovozu materiálu na stavbu a záleží na vzdálenosti prodejny od staveniště. V případě hliněné podlahy je produkce CO₂ menší než při dovozu materiálu posuzované podlahy. S produkcí oxidu uhličitého má souvislost také dostupnost zdrojů a možné využití zdrojů lokálních, čímž by se omezila i produkce CO₂. Výpočty produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálů na stavbu jsou v následujících tabulkách č. 13 a 14.

Tab. 12: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu hliněné podlahy

produkce CO ₂ při přepravě - hliněná podlahy		provozovna	vzdálenost provozovny [km]	produkce CO ₂ - nákladní vůz [g/km]	celkem produkce CO ₂ [g/km]
5	šterkový podsyp	Kámen Zbraslav	9,6	135,0	1 296,0
<i>Fáze dopravy 1</i>					
2	hliněná směs	na pozemku	0	0,0	0,0
1	liněný olej	DEK Trade Vestec	9,2	135,0	1 242,0
3	pisek	DEK Trade Vestec			
4	jíl	DEK Trade Vestec			
<i>Fáze dopravy 2</i>					
Celkem produkce CO ₂ z přepravy materiálu na stavbu					2 538,0

Tab. 13: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu posuzované podlahy

produkce CO ₂ při přepravě - posuzovaná podlahy		provozovna	vzdálenost provozovny [km]	produkce CO ₂ - nákladní vůz [g/km]	celkem produkce CO ₂ [g/km]
9	hutněný šterkopískový podsyp		9,6	135,0	1 296,0
<i>Fáze dopravy 1</i>					
7	podkladní beton	Betonárka - Kunratice	12	135,0	1 620,0
<i>Fáze dopravy 2</i>					
3	konstrukční PE folie	DEK Trade Vestec	9,2	135,0	1 242,0
5	EPS podlahový	DEK Trade Vestec			
6	povlakový hydroizolace	DEK Trade Vestec			
8	hutněný šterkopískový podsyp	DEK Trade Vestec			
<i>Fáze dopravy 3</i>					
1	keramická dlažba	DEK Trade Vestec	9,2	135,0	1 242,0
2	litý cementový potěr	Betonárka - Kunratice	11,1	135,0	1 498,5
<i>Fáze dopravy 4</i>					
Celkem produkce CO ₂ z přepravy materiálu na stavbu					6 898,5

Součinitel prostupu tepla hliněné podlahy udává hodnotu $U = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$ (doporučená hodnota $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, požadovaná $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$), z tohoto hlediska lze říci, že hliněná podlaha není ekologicky výhodná ve smyslu vytápění prostoru, jelikož součinitel prostupu tepla posuzované podlahy parametry splňuje $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. V našich podmínkách se s hliněnou podlahou často nesetkáváme, hlavním důvodem je podnebí a praktičnost tohoto povrchu. Hliněné podlahy jsou realizovány především ve státech Jižní Ameriky nebo Afriky, kde je teplejší podnebí.

Trvanlivost hliněné podlahy lze odhadnout na pouhých 30 let a podlahy posuzované zhruba na 100 let. Problematika i z tohoto hlediska nastává při případných rekonstrukcích, doplnění materiálu a celkové údržby. V případě,

že posuzovaná podlaha má životnost 100 let a podlaha hliněná pouhých 30 let, je opravdu ekologická případná častá oprava a rekonstrukce?

V případě likvidace podlahy nastává otázka co se všemi materiály a jak je můžeme recyklovat co nejefektivněji. Při likvidaci hliněných podlah je odpadem pouze pojistná hydroizolace, ale zbytek materiálu lze recyklovat a použít opět ke stavebním účelům (hliněnou směs na zásypy k základům). U likvidace posuzované skladby podlah je materiál odvážen na skládku.

Z hlediska životnosti hliněné podlahy lze předpokládat, že se po dobu životnosti posuzované podlahy bude realizovat 3x a tím se také zvýší produkce emisí CO₂ při dopravě materiálu na stavbu. Tepelné ztráty u hliněné podlahy budou větší nejen během její životnosti, ale také ve srovnání s životností posuzované podlahy, kdy by náklady na vytápění a chlazení byly několikanásobně větší. Hliněná směs je jako samotný materiál ekologičtější ve smyslu výroby oproti betonu, ale v celkovém srovnání lze usuzovat dle vybraných hledisek, jako o neekologické variantě oproti podlaze betonové. Celkové srovnání varianty hliněné podlahy a podlahy posuzované dle parametrů je v následující tabulce č. 15.

Tab. 14: Porovnání podlah

zvolené ekologické parametry	hliněná podlaha	posuzovaná podlaha
odpad z materiálů	opětovné využití	skládka/recyklace
produkce CO ₂ z dopravy	2 673 g/km	2 997 g/km
součinitel prostupu tepla	U = 0,82 W/m ² *K	U = 0,17 W/m ² *K
trvanlivost	30 let	100 let
dostupnost zdrojů	pozemek/stavebniny	stavebniny
údržba	broušení/doplnění materiálu	běžná
likvidace po dožití	zvovuvyužití/recyklace	skládka

4.1.6. Cenové porovnání podlah

Náklady na materiál posuzované podlahy jsou mnohonásobně vyšší, než podlahy hliněné, přispívá tomu především čerpání hliněné směsi přímo z místa pozumku. Vzhledem k poměru ceny je varianta hliněné podlahy z ekonomického hlediska výhodnější. Ceny jsou uvažovány pouze za materiál. Cenové porovnání je v následujících tabulkách č. 16 a 17.

Tab. 15: Ceny za materiál hliněné podlahy

skladba hliněné podlahy		popis	MJ	množství	JC [Kč]	cena celkem [Kč]
1	lněný olej	finální fáze - glazura, 20 lt	ks	17	689,3	11 718,1
2	hliněná směs	tl. 100 mm (z pozemku)	m ²		0,0	0,0
3	písek	do jílové směsi	m ³	6	8,0	47,8
4	jíl	do jílové směsi	m ³	10	77,0	770,0
5	šterkový podsyp	tl. 100 mm	m ³	16,9	788,0	13 317,2
Celkem cena za materiál						25 853,1

Tab. 16: Ceny za materiál posuzované podlahy

skladba posuzované podlahy		popis	MJ	množství	JC [Kč]	cena celkem [Kč]
1	keramická dlažba	vč. Penetrace, lepicího tmele, spárovací hmoty a soklu	m ²	330,5	312,0	103 116,0
2	cementový potěr	mazanina do tl. 60 mm	m ³	13,2	3 620,0	47 784,0
3	konstrukční PE folie	spoje přelepeny páskou	m ²	365	11,5	4 197,5
5	EPS podlahový	tl. 60 mm	m ³	151,7	177,0	26 850,9
6	povlaková hydroizolace	s parametry proti radonu - střední radon	m ²	224,5	380,0	85 310,0
7	podkladní beton	tl. 100 mm	m ³	24,9	2 690,0	66 981,0
8	hutněný šterkopískový podsyp	tl. 100 mm	m ³	16,9	788,0	13 317,2
Celkem cena za materiál						347 556,6

4.2. Varianta omítky – hliněná omítka

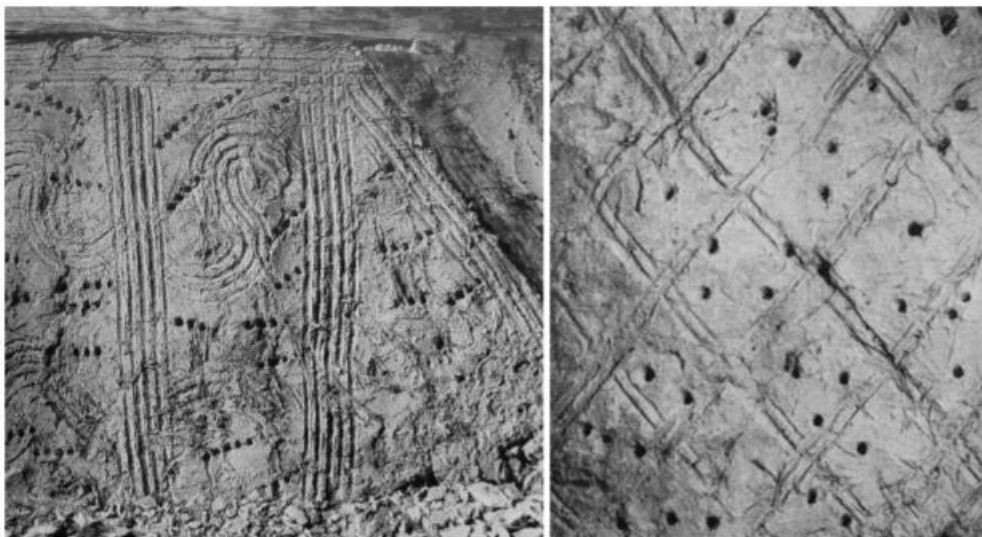
Hliněná omítka je jednou z nejstarších používaných omítek. Lze se s nimi setkat především na stavbách na vesnicích, ale také na stavbách roubených nebo zděných z lomového kamene. Jedná se o směs jílu, písku, prachu, vody a dalších přísad. Existuje mnoho typů hliněných omítek a to závisí především na zrnitosti, složení, druhu podkladu a technologii nanášení a v neposlední řadě na účelu (zda je hliněná omítka navržena do interiéru nebo exteriéru). Hliněná omítka se většinou nanášela ve dvou vrstvách a před začátkem se musel povrch důkladně očistit a zbavit veškerých nečistot. Hlína se nejprve prosívala, aby v ní nebyly větší části nebo hrudky a směs tak byla dobře zpracovatelná. Na obrázku č. 33 je ukázka provedení hliněné omítky v interiéru.



Obr. 32: Hliněná omítka v interiéru ČR [38]

Na tvorbu hliněné malty se nejdříve smísila hlína a voda a poté se přidávaly jemnější vláknité látky (plevy) a písek a veškerá směs se důkladně promíchala. Než povrch pořádně zatvrdl, za pomoci různých zednických pomůcek se omítka zdršňovala, většinou rýhováním nebo děrováním po celém obvodu stěny, aby se následná vrstva jemné omítky lépe uchytila na podkladu a přilnula tak snadno k povrchu. Tento typ úpravy se v severních Čechách ponechával jako finální a většinou se jednalo o dekorování povrchu. Rýhování a dekorování se většinou i kombinovalo a vznikaly tak zajímavé obrazce. [23]

Po těchto úpravách se nanasla druhá vrstva omítky, která měla stejné složení, jako vrstva první. Následující krok se používal také často a ten spočíval v aplikaci tenkého nátěru o poměru 1 dílu vápna ku 1 dílu písku. Poté se už nejednalo o hliněný povrch, ale o vápennou omítku provedenou na hliněné stavbě. Tato metoda se používala především v jižních Čechách, na Hané (obrázek č. 34), nebo na jižním Slovensku. [23]



Obr. 33: Historická omítka ČR [24]

Tento typ omítky lze použít k omítání nejrůznějších materiálů, jako jsou například cihly, pórobeton, nebo betonový panel. V případě kvalitního provedení lze velice dobře akumulovat teplo a chlad. Hliněná omítka dokáže také pohlcovat a uvolňovat vodní páry a fungovat tak jako parozábrana, která propouští z domu a do domu vlhkost. Omítky jsou brány jako zdravé varianty omítání a dokáží vytvářet dobré tepelné i vlhkostní mikroklima a někdy také zastávají estetickou funkci, především v interiéru stavby. [23]

4.2.1. Výběr materiálu

Stejně tak, jako tomu bylo u výběru hlíny na realizaci hliněných podlah, je tomu stejně tak i u výběru hlíny pro realizaci hliněných omítek. Výběr materiálu pro realizaci hliněné omítky je podstatný z hlediska obsahu jílu a procentuální část písku. V případě, že se zpracovává hliněná směs přímo na pozemku situovaného na Praze - Západ, jedná se o půdní typ hnědozem, tedy středně úrodnou půdu s menším obsahem jílu. Při zpracování tohoto materiálu lze opět dodat podíl jílu i písku podle potřeby.

V případě, kdy je zapotřebí přidat více jílu nebo písku, nastává otázka, odkud jíl a písek dovezeme. Vzhledem k minimalizaci dopadů na životní prostředí je nejlepší varianta čerpat produkty přímo z místa staveniště, nebo alespoň z nejkratší možné vzdálenosti je dovézt.

4.2.2. Realizace hliněných omítek – jemnozrnných

Jemné hliněné omítky se aplikují většinou na omítky hrubé, jako finální fáze a nanášejí se v tloušťce 2 – 6 mm v jedné, nebo ve dvou vrstvách. Nejprve je potřeba dostatečně zdrsňit podkladní povrch, aby následná vrstva jemné omítky lépe přilnula k podkladu. Omítku je možné nanášet ručně, nebo strojní omítačkou. Do omítky můžeme aplikovat výztužnou tkaninu, která omezuje tvorbu trhlin a zajišťuje lepší souvrství materiálů. Finální povrch je možné upravit do jakékoliv podoby za použití nejrozličnějších hladítek.

V případě, že se nanese jemná omítka na omítku hrubou, díky vrstvě jemné omítky pak dochází k estetickému vzhledu a naopak podkladní hrubá vrstva se dokáže vypořádat s vlhkostí v interiéru. Lze také aplikovat tenkou vrstvu jemné omítky na jiné podklady než je hrubá omítka a to zejména na takové, u kterých není potřeba vyrovnat povrch omítkou hrubou.

4.2.3. Porovnání variant

Vzhledem k tomu, že se jedná o čistě přírodní materiál, není potřeba materiál složitě recyklovat. Zbylou směs hlíny, vody, plev a písku lze použít opět jako u hliněných podlah například k zásypům a dalším stavebním úpravám, je zcela z ekologických materiálů a není potřeba ji dále recyklovat.

Produkce oxidu uhličitého je v případě hliněné omítky větší z důvodu vzdálenosti prodejny od místa stavby. Posuzovaná omítka byla přivezena z prodejny vzdálené zhruba 10,2 km. Materiál hliněné omítky, respektive písek a jíl, bude dovezen ze stejně vzdálené prodejny. Výpočet produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálů na stavbu je uveden viz následující tabulka č. 18.

Tab. 17: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu omítek

produkce CO ₂ při přepravě - omítka	provozovna	vzdálenost provozovny [km]	produkce CO ₂ - nákladní vůz [g/km]	celkem produkce CO ₂ [g/km]
původní omítka	DEK Trade Vestec	9,2	135,0	1 242,0
hliněná omítka (písek, jíla)	DEK Trade Vestec	9,2	135,0	1 242,0

Trvanlivost hliněné omítky je odhadnuta na 50 let a omítky posuzované zhruba na 70 let. Omítka hliněná není stabilizována žádnými chemickými materiály a její životnost tedy nedosahuje stejné životnosti jako omítka posuzovaná, která není tak náchylná k vnějším podmínkám. Opět s trvanlivostí materiálu souvisí i četnost oprav a údržba, která se týká hliněné omítky mnohem více. V případě likvidace omítek se jedná o stejný postup u obou materiálů a to je odvoz na skládku.

V dnešní době se s hliněnou omítkou můžeme setkat převážně v interiéru a to hlavně z důvodu vlhkého venkovního prostředí. Dostupnost obnovitelných zdrojů je srovnatelná se zdroji používanými na realizaci hliněných podlah. Dle životnosti variant omítek se hliněná omítka nejeví jako ekologická, z důvodu menší trvanlivosti, na druhou stranu je možné odpad z materiálu opět využít ke stavebním účelům. Celkové hodnocení hliněné omítky se jeví jako ekologické řešení. Porovnání variant omítek je v následující tabulce č. 19.

Tab. 18: Porovnání omítek

zvolené ekologické parametry	hliněná omítka	vápenocementová omítka
odpad z materiálů	opětovné využití	skládka
produkce CO ₂ z dopravy	1 377 g/km	1 377 g/km
součinitel prostupu tepla		
trvanlivost	50 let	70 let
dostupnost zdrojů	pozemek/stavebniny	stavebniny
údržba	doplnění materiálu	běžná
likvidace po dožití	skládka	skládka

4.2.4. Cenové porovnání omítek

Z hlediska srovnání cen za materiál je hliněná omítka výhodnější. Pořizovací cena je podstatně nižší než u vápenocementové omítky. Porovnání cen je v následující tabulce č. 20.

Tab. 19: Ceny za materiál omítek

posouzení omítek	popis	MJ	množství	JC [Kč]	cena celkem [Kč]
původní omítka	vnější tenkovrstvá omítka	m ²	150,2	289,0	43 407,8
hliněná omítka					
písek do hliněné směsi		kg	20	85,0	1 700,0
jíl do hliněné směsi		kg	10	120,0	1 200,0
					2 900,0

4.3. Varianta stěny – dřevostavba – roubená stavba

Dřevo se jako stavební materiál využívá již po staletí. Tento stavební materiál je nejen velice estetický, ale jeho vlastnosti se nezměnily, a tak nás dřevo obklopuje v každodenním životě a je to stále velice oblíbený stavební prvek. Není, že je jeho zpracování šetrné k přírodě, na rozdíl od zpracování cihel, plastů atd., ale také je to materiál dostupný, obnovitelný a v neposlední řadě zdravotně nezávadný. Již v 15. století se stavěly roubené stavby a to dokládá fakt o velice dobré životnosti dřeva. Velice často se s dřevěnými, roubenými stavbami, můžeme setkat ve Skandinávii a pobaltských zemích, kde je dřevo velice lehce dostupné. Tento typ staveb se řadí mezi jedny z nejkrásnějších dřevěných stavebních konstrukcí. [24]

Velice často se v posledních letech setkáváme s oblibou výstavby domů ze dřeva. Roubená stavba, lidově řečeno roubenka, je stavěna technikou roubení. Vodorovně kladené dřevěné trámy, které jsou v rozích spojovány tesařskými spoji, pak tvoří nosnou stěnu. Nejčastější druh tesařského spoje je spoj, lidově řečeno, na rybinu. V minulosti byly spáry mezi dřevěnými trámy vyplňovány mechem, nebo slámou a poté byla aplikována jílová hlína opatřena vápenným nátěrem. Trámy se ve většině případů usadily na podezdívku a na povrchu byly konzervovány tzv. volskou krví, což je směs vápenného mléka a hovězí krve. [39] Foto historické roubenky ze 16. Stolen na obrázku č. 35.



Obr. 34: Jeden z nejstarších zachovaných domů, 16. století, ČR [39]

U roubených staveb se nejčastěji používá dřevo z jehličnatých stromů, nejčastěji smrkové, jedle, borovice nebo modřín. Hlavním důvodem v upřednostnění jehličnatých dřevin je doba jejich dorůstání, ta se pohybuje v rozmezí 80 – 100 let, zatímco listnaté dřeviny dorůstají v rozmezí 120 – 150 let. Hlavní rozdíl mezi roubenkou a srubem je ve tvaru dřevěných trámů. Zatímco srub má nosné stěny z kulatiny, roubenka z hranolů viz obrázek č 36 a 37. [39]



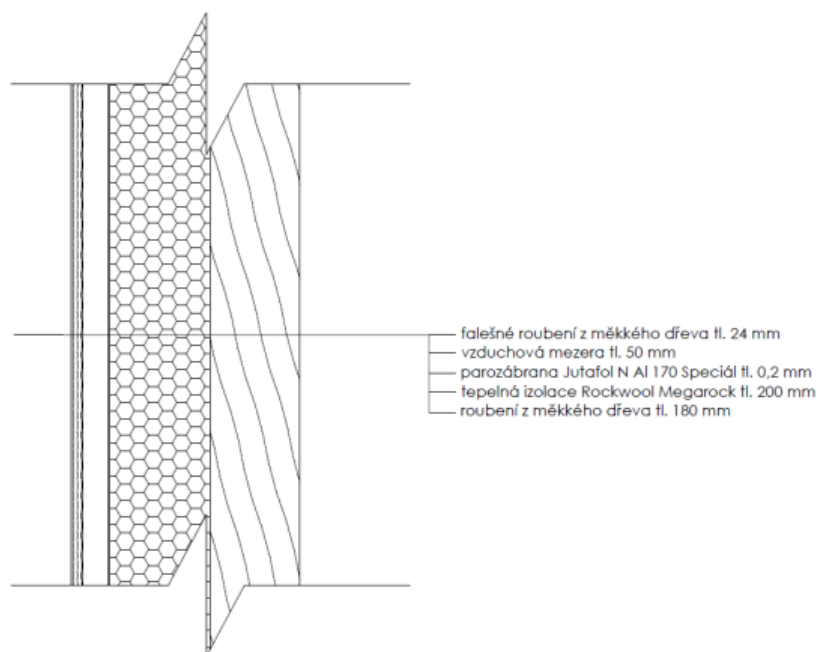
Obr. 35: Roubená stavba [39]



Obr. 36: Srubová stavba [40]

4.3.1. Vlastnosti roubené stavby

Největším problémem u dřevěných konstrukcí je vlhkost. Díky vlhkosti se ve dřevě začínají tvořit dřevokazné procesy a tím se dřevo výrazně oslabí. U roubených staveb je dobré posadit stěny minimálně 20 cm nad terén, dále provést dostatečné přesahy střechy přes nosné zdi a také použít vhodný nátěr dřeva. Pokud se podaří zajistit dobrou ochranu dřevěných konstrukcí proti vlhkosti, lze tak docílit dlouhé životnosti dřeva. Dřevo má zhruba stejnou schopnost akumulovat teplo jako stejný objem betonu a proto je roubená konstrukce poměrně vysoce tepelně akumulací. V porovnání s betonem má dřevo zhruba 10x menší tepelnou vodivost a tím tak lepší tepelně izolační vlastnosti. [24] Na obrázku č. 38 je definována skladba roubené stěny.



Obr. 37: Skladba roubené stěny

4.3.2. Realizace

Roubenky se konstruuji ze čtyřstranně hoblovaného impregnovaného dřeva a to buď čerstvého, předsušeného nebo vysušeného. Trámy řezané z čerstvé kulatiny jsou stoprocentně přírodní, ale je potřeba počítat se sedáním roubených stěn v průběhu vysychání, kroucení trámů a vznikem prasklin. Naopak lepené hranoly už nevysychají a nepraskají, ale obsahují lepidla, která už tolik ekologická z hlediska výparů nejsou. Přírodní hranoly se většinou zpracovávají ručně (hoblováním, tesařské opracování motorovou pilou atd.). Je nutné klást důraz na správné

konstrukční detaily, aby nedocházelo ke zvýšené vlhkosti a dále napadení dřeva škůdci nebo dřevokaznými houbami. Mezi jednotlivými trámy je mezera, která se vyplní přírodní izolací a zakryje lištou nebo tmelem. Roubenky z lepených hranolů se nejčastěji zpracovávají na speciálních výrobních linkách a CNC strojích. Nezbytností je počítat se sedáním celé stavby, které může být až 15- 20 cm u stěny. Je nutné tedy počítat s dilatacemi. Dimenze trámů určuje vzhled roubenky a případnou nutnost dodatečného zateplení stěny. [24]

4.3.3. Porovnání variant

Dřevo je přírodní materiál a v případě odpadu ze dřeva je možné využít zbylé části i mnoha dalšími způsoby, než ke stavebním účelům. Dřevo je řazeno mezi obnovitelné zdroje a je ho možné využít kromě stavebního průmyslu také na výrobu nábytku, výroba dopravních prostředků, nebo palivo. Co se týká ostatních stavebních materiálů používaných na realizaci roubené stěny, odpad z nich už se tak hojně využít nedá, jako ze dřeva a je lepší ho recyklovat. Dostupnost zdrojů na výstavbu roubených staveb, zejména dřevo, je v českých podmínkách zatím stále k dispozici.

Produkce oxidu uhličitého je výrazně nižší u varianty roubené stěny než u stěny posuzované a to v souvislosti s množstvím přepravovaného materiálu. S produkcí oxidu uhličitého má souvislost také dostupnost zdrojů a možné využití lokálních zdrojů. Posouzení produkce CO₂ při dopravě materiálu na stavbu je v následujících tabulkách 21 a 22.

Tab. 20: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu roubené stěny

produkce CO ₂ při přepravě - roubená stěna		provozovna	vzdálenost provozovny [km]	produkce CO ₂ - nákladní vůz [g/km]	celkem produkce CO ₂ [g/km]
1	falešné roubení z měkkého dřeva	Pila Jílové U Prahy	9,1	135,0	1 228,5
6	latě	Pila Jílové U Prahy			
5	roubení z měkkého dřeva	Pila Jílové U Prahy			
<i>Fáze dopravy 1</i>					
3	parozábrana	DEK Trade Vestec	9,2	135,0	1 242,0
4	tepelná izolace	DEK Trade Vestec			
<i>Fáze dopravy 2</i>					
Celkem produkce CO ₂ z přepravy materiálu na stavbu					2 470,5

Tab. 21: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu posuzované stěny

produkce CO ₂ při přepravě - posuzovaná stěna		provozovna	vzdálenost provozovny [km]	produkce CO ₂ - nákladní vůz [g/km]	celkem produkce CO ₂ [g/km]
3	zdivo	DEK Trade Vestec	9,2	135,0	1 242,0
<i>Fáze dopravy 1</i>					
2	vnější zateplení	DEK Trade Vestec	9,2	135,0	1 242,0
<i>Fáze dopravy 2</i>					
4	vnitřní omítka	stavebniny Stavmat Vestec	10,2	135,0	1 377,0
5	vnitřní malba včetně penetrace	stavebniny Stavmat Vestec			
1	vnější tenkovrstvá omítka	stavebniny Stavmat Vestec			
<i>Fáze dopravy 3</i>					
Celkem produkce CO₂ z přepravy materiálu na stavbu					3 861,0

Součinitel prostupu tepla roubené stěny udává hodnotu $U = 0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (doporučená hodnota $U = 0,25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, požadovaná $U = 0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), roubená stěny teda plně vyhovuje požadavkům na součinitel prostupu tepla. Posuzovaná stěna má součinitel prostupu tepla $U = 0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Parametr hodnot je téměř stejný, ale posuzovaná stěna z cihel má přesto výsledek lepší. V České republice se s roubenou stavbou lze setkat relativně často. Roubené stavby mají bohatou historii a i dnes se řadí mezi oblíbené stavby horských oblastí a vesniček.

Trvanlivost roubené stěny lze odhadnout na 100 let, což je také odhad trvanlivosti posuzované stěny, to dokládá i fakt, že první roubené stavby se na území České republiky objevovaly již v době raného středověku. Životnost staveb má také souvislost s jejich údržbou, kdyby se roubené stavby měly opravovat stejným způsobem jako v minulosti. V případě likvidace roubenky je možné opět využít dřevěné roubení na další stavební a jiné účely a zbylé materiály je možné recyklovat popřípadě vyhodit na skládku.

Vzhledem k součiniteli prostupu tepla se varianta roubené stěny jeví jako více ekologická. Náklady na vytápění a chlazení nejsou takové, jako u stěny posuzované, kde je větší součinitel prostupu tepla způsoben především skladbou stěny, respektive tloušťkou zdícího prvku a tepelné izolace. S ohledem na posuzované parametry se varianta roubené stěny jeví jako více ekologická jak z pohledu prostupu tepla konstrukcí, tak produkcí emisí CO₂ při přepravě materiálu. Srovnání parametrů roubené a posuzované stěny je v následující tabulce č. 23.

Tab. 22: Posouzení stěn

zvolené ekologické parametry	roubená stěna	zděná stěna
odpad z materiálů	opětovné použití/skládka/recyklace	recyklace/skládka
produkce CO2 z dopravy	2 470,5 g/km	3 861 g/km
součinitel prostupu tepla	0,15 W/m ² *K	U = 0,30 W/m ² *K
trvanlivost	100 let	100 let
dostupnost zdrojů	stavebniny	stavebniny
údržba	nátěry dřeva	oprava omítky
likvidace po dožití	skládka/recyklace	skládka/recyklace

4.3.4. Cenové porovnání stěn

Náklady na materiál posuzované stěny jsou dvojnásobně vyšší, než stěny roubené. I tento fakt přispívá k volbě realizace stěny roubené, která je nejen více ekologická, ale také z ekonomického hlediska levnější. Ceny jsou uvažovány pouze za materiál. Cenové porovnání je v následujících tabulkách 24 a 25.

Tab. 23: Ceny za materiál roubené stěny

skladba roubené stěny		popis	MJ	množství	JC [Kč]	cena celkem [Kč]
1	falešné roubení z měkkého dřeva	tl. 24 mm	m ³	4,5	3 500,0	15 771,0
2	vzduchová mezera	tl. 50 mm			0,0	0,0
3	parozábrana	Jutafol N AI 170 Speciál tl. 0,2 mm	m ²	150,2	48,3	7 254,7
4	tepelná izolace	Rockwool Megarock tl. 200 mm	m ²	150,2	294,3	44 203,9
5	roubení z měkkého dřeva	tl. 180 mm	m ³	27,04	6 200,0	167 648,0
Celkem cena za materiál						234 877,5

Tab. 24: Ceny za materiál posuzované stěny

skladba posuzované stěny		popis	MJ	množství	JC [Kč]	cena celkem [Kč]
1	vnější tenkovrstvá omítka	probarvená	m ²	150,2	289,0	43 407,8
2	vnější zateplení	vč. Polystyrenu tl. 100 mm	m ²	185,1	177,2	32 799,7
3	zdivo	zdivo jednovrstvé z cihle broušených tl. 440 mm	m ²	127,07	1 460,0	185 522,2
4	vnitřní omítka	tl. 20 mm	m ²	636,2	223,0	141 872,6
5	vnitřní malba včetně penetrace	vnitřní vápenný nátěr	m ²	980,4	41,2	40 392,5
Celkem cena za materiál						443 994,8

4.4. Varianta zateplení – izolace z technického konopí

Konopí, jako stavební materiál, má v Evropě velikou tradici. Tento druh izolace je ekologický, přírodní a lze ho kompostovat. Konopí může během 1 sezony vyrůst až do výšky 5 metrů a právě proto patří mezi obnovitelné zdroje. Ve stavebním průmyslu se využívá konopí seté, které se používá k výrobě tepelně – izolačních rohoží. Konopné vlákno je houževnaté a díky tomu jsou izolace pružné a při každém stlačení se vrátí do původního stavu. Izolace z technického konopí mají dobré tepelně izolační a zvukově izolační vlastnosti. [25] Na obrázku č. 39 je výroba tepelné izolace.



Obr. 38: Výroba izolace z konopí [32]

Výroba tohoto druhu izolací není energeticky náročná a díky tomu je šetrná k přírodě. Při výrobě rohoží se nejprve zpracuje konopí na vlákno, to je poté impregnováno roztokem sody a následně smícháno s pojivem. Pojivo se může lišit dle výrobce, ale většinou se jedná o kukuřičný škrob, nebo umělé pojivové vlákno. V poslední fázi je materiál tepelně zpracován a nařezán na požadované rozměry podle požadavků odběratele [23]. Konopné izolace se používají k zateplení střech, podlah, zdí i stropů. V následující tabulce č. 26 jsou uvedeny druhy izolací včetně parametrů. Třída hořlavosti E označuje takové materiály, které dokážou odolávat malým plamenům po dobu krátkého časového intervalu bez většího rozšíření plamene. Třída hořlavosti A označuje materiály, které jsou schopny odolávat menším plamenům a zároveň při požáru nepodporují zvětšování ohně.

Tab. 25: Druhy tepelných izolací

typ izolace	cena/m ²	tl.	objemová hmotnost	reakce na oheň	součinitel tepelné vodivosti
fasádní polystyren - EPS 70 F	248,12 Kč	100 mm	13,5 - 18 kg/m ³	E	0,039 W/mK
minerální vata - Isover UNI	447,78 Kč	100 mm	40 kg/m ³	A	0,035 W/mK
dřevovláknitá izolace - Steico Therm	453,39 Kč	100 mm	160 kg/m ³	E	0,040 W/mK
konopná izolace - Klima Hanf	365,31 Kč	100 mm	60 kg/m ³	E	0,040 W/mK

Jednou z nejdůležitějších vlastností tepelné izolace je její tepelná vodivost, respektive součinitel tepelné vodivosti. Pro srovnání, nejlepší hodnotu součinitele tepelné vodivosti mají polyuretanové izolace $\lambda = 0,02 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, zatímco hodnota izolace z technického konopí je v rozmezí $\lambda = 0,040$ až $\lambda = 0,042 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, což je řadí mezi nejlepší běžné tepelně izolační varianty. [23]

Součinitel prostupu tepla U udává, kolik tepla unikne konstrukcí na ploše 1 m². Dle normy je doporučená hodnota součinitele prostupu tepla 0,2 W/(m²·K). Objemová hmotnost této izolace se pohybuje v rozmezí 35 – 100 kg/m³. [23]

Izolace z technického konopí jsou díky obsahu bílkovin odolné vůči škůdcům, jako jsou třeba moly nebo drobní hlodavci. Třída hořlavosti této varianty je E, což udává, že je materiál dobře hořlavý. Z tohoto důvodu jsou pro zlepšení ohnivzdornosti k vláknům přidávány tzv. „retardéry“ (uhlíčitán sodný, jedlá soda). Při realizaci izolace z technického konopí nedochází k podráždění pokožky, ani vdechnutí nežádoucích částic, zhotovení je čisté a bezprašné. [23]



Obr. 40: Rohož konopné izolace



Obr. 39: Role konopné izolace

4.4.1. Realizace

Základem je mít dobře zpracovaný projekt a v něm vyznačenou polohu distančních prvků. Již před zahájením realizace je potřeba určit druh hmoždinek a správně naměřit rozměry podle podkladu a váhy fasády. Pomocí plánu pak lze velice dobře přenést rozměry na podklad. Poté se mohou začít vrtat otvory pro distanční držáky. Držák a distanční hmoždinka se narovnajjí a napevno přišroubují. Připevní se nosiče profilů a nosné latě. Postup realizace na následujících obrázcích 44, 45 a 46.



Obr. 41: připevnění latí [26]

Nosné latě se vyrovnají a díky tomu mohou být nerovnosti fasády plošně sjednoceny. Rohože konopné izolace jsou již předem nařezané z výroby. Postupně se upevňují mezi latě. První vrstva izolace se upevní za nosné latě a druhá vrstva se zarazí mezi latě. Na takto připravenou stěnu může být nanesena omítka nebo dřevo.



Obr. 42: Kladení druhé vrstvy izolace mezi latě [26]

4.4.2. Porovnání variant

Izolace z technického konopí je přírodní a ekologický materiál. Odpad z tohoto materiálu lze bez jakýchkoliv problémů i kompostovat nebo recyklovat. V případě, že při realizaci zbyde nějaký materiál, lze ho použít na výplně některých mezer, nebo jím zateplit jinou budovu. Konopí, jako hlavní materiál na výrobu izolace z technického konopí, během jedné sezony může dorůst až do výšky 5 metrů a z tohoto důvodu se řadí mezi obnovitelné zdroje. Dostupnost tohoto materiálu je tedy velká.



Obr. 43: Příprava SDK povrchu k nanesení omítky [26]

Produkce oxidu uhličitého při dovozu materiálu na stavbu záleží na vzdálenosti prodejny od stavby. V případě izolace z technického konopí se produkce nijak výrazně neliší. Srovnání produkce CO₂ je v následující tabulce č. 27.

Tab. 26: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu izolace

produkce CO ₂ při přepravě - izolace	provozovna	vzdálenost provozovny [km]	produkce CO ₂ - nákladní vůz [g/km]	celkem produkce CO ₂ [g/km]
tepelná izolace EPS	DEK Trade Vestec	9,2	135,0	1242,0
izolace z technického konopí	stavebniny Stavmat Vestec	10,2	135,0	1 377,0

Trvanlivost izolace z technického konopí lze odhadnout na 80 let, zatímco trvanlivost posuzované izolace se odhaduje na 100 let. Není to až takový rozdíl mezi trvanlivostí těchto dvou materiálů, ale izolace EPS má trvanlivost větší, než konopná izolace. Konopná izolace má široké využití nejen na zateplení obvodových stěn,

ale i střešní izolace mezi krokve a pod krokve, kročejová izolace těžkých plovoucích podlah, izolace stropů a podhledů jak tepelné, tak akustické. Jelikož se jedná o čistě přírodní materiál. V případě demolice stavby je nejlepší varianta konopnou izolaci recyklovat v recyklační lince.

Vzhledem k téměř totožné produkci emisí oxidu uhličitého jsou z toho hlediska oba materiály ekologické. S přihlédnutím na nejdůležitější parametr tepelných izolací, součinitel prostupu tepla, je izolace EPS více ekologická z důvodu menší vodivosti tepla konstrukcí. Životnost konopné izolace je také horší, než izolace EPS a díky těmto jevům se izolace z technického konopí jeví jako méně ekologická. Porovnání parametrů izolace z technického konopí a posuzované izolace je v následující tabulce č. 28.

Tab. 27: Posouzení izolací

zvolené ekologické parametry	konopná izolace	izolace EPS
odpad z materiálů	recyklace	recyklace
produkce CO ₂ z dopravy	1 242 g/km	1 377 g/km
součinitel prostupu tepla	2,83 W/m ² *K	2,35 W/m ² *K
trvanlivost	80 let	100 let
dostupnost zdrojů	stavebniny	stavebniny
údržba		
likvidace po dožití	recyklace	recyklace/skládka

4.4.3. Cenové porovnání izolací

Z hlediska srovnání cen materiálů je izolace z technického konopí také méně ekonomicky výhodná a v souvislosti s posuzovanými parametry neekologická. Pořizovací cena materiálu je podstatně vyšší než u izolace EPS. Porovnání cen je v následující tabulce č. 29.

Tab. 28: Ceny za materiál izolace

posouzení izolace	popis	MJ	množství	JC [Kč]	cena celkem [Kč]
tepelná izolace současná	deska EPS 100	m ²	185,1	177,2	32 799,7
izolace z technického konopí	canabest plus tl. 100 mm	m ²	185,1	290,0	53 679,0

4.5. Varianta střechy – zelená střecha

Z technologického hlediska jsou zelené střechy jedny z nejnáročnějších na realizaci. Trend do České republiky začíná pomalu pronikat ze zahraničí. Zelené střechy jsou také velice dobrým estetickým prvkem stavby a v letních měsících vrstva rostlin dokáže shora ochladit budovu, dále chrání před kroupami a klimatickými jevy. Největší důraz u zelených střech je nutné klást na hydroizolaci a souvrství, které zabrání prorůstání kořínků rostlin do systému konstrukce. [27]

Díky vegetační vrstvě mají rostliny vhodné podmínky pro jejich růst a také dostatek vody, kterou vegetační vrstva dokáže pohltit. Velikou část vody dokáže vrstva absorbovat a zbytek pak odtéká pryč díky drenážní vrstvě. Aby nedocházelo k propouštění jemných částic z vegetační vrstvy do vrstvy drenážní, je potřeba v souvrství nezapomenout na vrstvu filtrační, která zabraňuje pronikání drobnějších částí. Díky drenážní vrstvě se hromadí přebytečná voda v dutinách a zbytek nepotřebné vody je odváděn mimo střechu. Dále má drenážní vrstva také funkci hydroizolace, která brání pronikání vody a prorůstání kořenů do struktury skladby. [27] Na obrázku č. 48 je foto nejstarší střešní zahrady v ČR.



Obr. 44: Nejstarší střešní zahrada v ČR – Lipník nad Bečvou [30]

U zelených střech je velice důležité brát ohled na případný sesuv materiálu při velikých srážkách. Zelené střechy je možné realizovat i s téměř nulovým spádem, což je výhodné k akumulaci vody. U plochých střech, sklon těchto střech je v rozmezí 0°- 5°, je však riziko prosakování vody konstrukcí a proto se musí dbát na kvalitní provedení drenážní vrstvy. Šikmé střechy, se sklonem do 45°, jsou také vhodné k realizaci zelených střech, ale v některých případech je lepší střechu opatřit zábranou proti sesuvu substrátu. Zelené střechy je také možné realizovat u strmých střech, ale je potřeba provést individuální opatření proti sesuvu dle konkrétního případu. [27]

4.5.1. Vlastnosti

Zelené střechy dokáží chránit budovu před teplotními jevy, což je dokázáno na faktu, kdy může dosáhnout rozdíl teplot v běžném letním měsíci až 40°C. Kladnou vlastností zelených střech je zadržení dešťové vody, tím také výrazně odlehčí kanalizaci a díky zachycené vodě a odpařování z listů také zvlhčují vnější prostředí. Zelené střechy výrazně zvlhčují mikroklima a také zlepšují ochranu proti hluku, nebo také zvládnou vázat prach. Při přívalových deštích díky vegetační vrstvě zelené střechy nedochází k přehlcení dešťové kanalizace, nebo vsakovacího zařízení, jelikož vrstva je schopna zachytit potřebné množství vody. [28]

Vegetační střechy dělíme na extenzivní, polointenzivní a intenzivní. Tyto druhy se rozlišují nejen podle druhů porostů, ale také dle způsobu údržby viz následující tabulka č. 30 a obrázek č. 49.

Tab. 29: Druhy zelených střech [27]

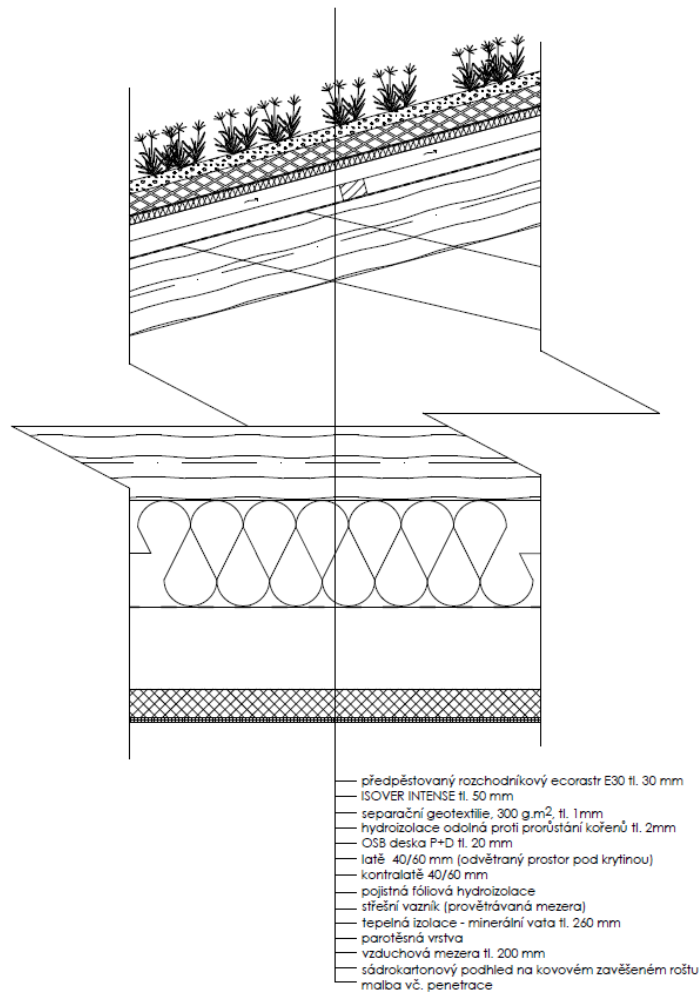
druh střechy	porost	údržba	tl. zeminy	hmotnost
<i>extenzivní</i>	sukulenty, bezúdržbové traviny, trvalky, mechy, malé bonsaje	zavlažování přirozeným způsobem	40 - 250 mm	80 - 450 kg/m ²
<i>polointenzivní</i>	trávy, trvalky, keříky, malé stromky	hnojení, sekání, zalévání	120 - 1250 mm	220 - 2250 kg/m ²
<i>intenzivní</i>	tráva, květiny, keře, střední a velké stromy	hnojení, sekání, stříhání, zalévání	120 - 2000 mm	220 - 3600 kg/m ²



Obr. 45: Extenzivní – intenzivní – polointenzivní zelená střecha, ČR [28]

4.5.2. Realizace

U zelené střechy byla zvolena hydroizolace odolná proti prorůstání kořenů, proto nemusí být použita dodatečná kořenu-odolná fólie. Je nutné dbát na správné provedení detailů připojení hydroizolace. Těsnost spojů je vhodné ověřit zátopovou zkouškou. Ochranná geotextilie chrání hydroizolaci proti poškození hlavně během montáže. Minerální vlna částečně slouží jako náhrada substrátu, protože do ní mohou rostliny snadno zakořenit. Mezi jednotlivé vrstvy minerální vlny se vkládají zpomalovače z pásů hydroizolace, aby voda neodtékala ze střechy příliš rychle. V tomto případě je zvolena vzdálenost mezi zpomalovači 400mm. Byl použit rozchodníkový ecorastr, který se již v ploše nekotví a je odolný proti vodní erozi. Na následujícím obrázku č. 50 je navržená skladba zelené střechy.



Obr. 46: Skladba zelené střechy

4.5.3. Porovnání variant

Odpad z materiálů zelených střech, zejména dřevěný krov, lze využít pro další stavební či jiné účely. Zbylé materiály jako jsou pojistné hydroizolace, nebo izolace teplené je možné recyklovat.

Produkce oxidu uhličitého je u posuzované střechy výrazně vyšší z důvodu dodávky krovu od vzdáleného dodavatele, kde byla celková cena krovu levnější i s dopravou. Dle výpočtů produkce emisí oxidu uhličitého se jeví současná varianta valbové střechy jako méně ekologická z důvodu dovozu vazníku ze vzdálenější provozovny, která i přes vzdálenost stavby od provozovny byla ekonomicky výhodnější, než dovoz z provozovny v Čechách. Srovnání produkce CO₂ je v následujících tabulkách č. 31 a 32.

Tab. 31: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu zelené střechy

produkce CO ₂ při přepravě - extenzivní zelená střecha	Provozovna	vzdálenost provozovny [km]	produkce CO ₂ - nákladní vůz [g/km]	celkem produkce CO ₂ [g/km]
12 zesílený vazník	stavebniny Dobříš	38,4	135,0	5 184,0
<i>Fáze dopravy 1</i>				
5 deska OSB	DEK Trade Vestec	10,2	135,0	1 377,0
8 dřevěný hranol	DEK Trade Vestec			
11 smrkové palubky	DEK Trade Vestec			
<i>Fáze dopravy 2</i>				
3 separační geotextilie	DEK Trade Vestec	10,2	135,0	1 377,0
4 hydroizolace - zabraňuje prorůstání kořínků	DEK Trade Vestec			
7 difuzní folie	DEK Trade Vestec			
9 tepelná izolace - ISOVER	DEK Trade Vestec			
10 ISOVER VARIO XTRASAFE	DEK Trade Vestec			
<i>Fáze dopravy 3</i>				
1 DEK rozhodníková rohož	DEK Trade Vestec	10,2	135,0	1 377,0
2 extenzivní substrát DEK	DEK Trade Vestec			
<i>Fáze dopravy 4</i>				
Celkem produkce CO ₂ z přepravy materiálu na stavbu				9 315,0

Tab. 30: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu posuzované střechy

produkce CO ₂ při přepravě - posuzovaná střecha	provozovna	vzdálenost provozovny [km]	produkce CO ₂ - nákladní vůz [g/km]	celkem produkce CO ₂ [g/km]
9 dřevěný vazník	stavebniny Hodonín	269,3	135	36 355,5
<i>Fáze dopravy 1</i>				
3 kontralatě	Dřevořádky výrobky Karban - Barrandov	22,0	135,0	2 970,0
2 latě	Dřevořádky výrobky Karban - Barrandov			
<i>Fáze dopravy 2</i>				
6 minerální vata	DEK Trade Vestec	10,2	135,0	1 377,0
7 parotěsná vrstva	DEK Trade Vestec			
4 pojistná hydroizolace	DEK Trade Vestec			
1 plechová střešní krytina	DEK Trade Vestec			
8 SDK + profily SDK	DEK Trade Vestec			
<i>Fáze dopravy 3</i>				
Celkem produkce CO ₂ z přepravy materiálu na stavbu				40 702,5

Součinitel prostupu tepla zelené střechy udává hodnotu $U = 0,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (doporučená hodnota $U = 0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, požadovaná $U = 0,30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$), součinitel prostupu tepla posuzované střechy udává hodnotu $U = 0,13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Hodnoty střech se nijak neliší a z tohoto hlediska je možné tvrdit, že obě varianty jsou výhodné. V České republice se zelenou střechou setkáváme stále častěji a hlavním důvodem je její praktičnost. Zelené střechy zohledňují výhody ochrany střešní izolace před klimatickými změnami, mechanickým poškozením a UV zářením. Zelené střechy umožňují zadržování srážkových vod a mají také estetické účely. Náklady na vytápění a chlazení budou ve výsledku stejné jako u střechy posuzované v důsledku téměř stejné tepelné vodivosti obou střech.

Životnost zelené střechy je 70 let, oproti tomu životnost střechy posuzované, která má plechovou krytinu, je 100 let. Se zmíněnou životností souvisí i údržba, kterou je u zelené střechy nutnost provádět častěji, než u střechy posuzované a to zejména čištění svodů a zalévání rozchodníkové rohože.

Vzhledem k posuzovaným parametrům se zelená střecha jeví jako méně ekologická. Produkce emisí oxidu uhličitého je podstatně nižší, ale oproti tomu součinitel prostupu tepla je u obou variant srovnatelný. Životnost střechy je nižší a tato varianta je také mnohem náročnější na údržbu. Srovnání parametrů střech je v následující tabulce č. 33.

Tab. 32: Posouzení střech

zvolené ekologické parametry	zelená střecha	posuzovaná střecha
odpad z materiálů	recyklace/skládka	recyklace/skládka
produkce CO ₂ z dopravy	9 531 g/km	40 702,5 g/km
součinitel prostupu tepla	0,12 W/m ² *K	U = 0,13 W/m ² *K
trvanlivost	70 let	100 let
dostupnost zdrojů	stavebniny	stavebniny
údržba	vyčištění nečistot/čištění svodů/zavlažování	čištění svodů
likvidace po dožití	recyklace	recyklace

4.5.4. Cenové porovnání střech

Náklady na materiál posuzované střechy jsou mnohonásobně nižší, než střechy zelené, přispívá tomu především cena rozchodníkové rohože zelené střechy a zesílený vazník. Rozchodníková rohož tvoří zhruba polovinu celkových nákladů na materiál zelené střechy. Ceny jsou uvažovány pouze za materiál. Cenové porovnání je v následujících tabulkách č. 34 a 35.

Tab. 33: Ceny za materiál posuzované střechy

skladba posuzované střechy	popis	MJ	množství	JC [Kč]	cena celkem [Kč]	
1	plechová střešní krytina	pozinkovaný plech s organickým povlakem	m ²	317,6	484,0	153 718,4
2	latě	odvětrávaný prostor pod krytinou	m ³	2,09	5 180,0	10 826,2
3	kontralatě		m ³	1,93	5 180,0	9 997,4
4	pojistná hydroizolace	folie podstřešní difuzní tl. 2 mm	m ²	317,6	45,3	14 387,3
5	střešní vazník	provětrávaná mezera	m ²	241,4	673,3	162 534,6
6	minerální vata	tepelná izolace tl. 260 mm	m ²	165,09	240,7	39 737,2
7	parotěsná vrstva	folie podstřešní parotěsná role 1,5 x 50 m	m ²	280,6	26,3	7 379,8
8	vzduchová mezera	možnost rozvodu instalací			0,0	0,0
9	SDK + profily SDK	podhled na kovovém závěsném roštu	m ²	181,91	762,0	138 615,4
	Celkem cena za materiál					537 196,3

Tab. 34: Ceny za materiál zelené střechy

skladba <u>extenzivní zelené střechy</u>		popis	MJ	množství	JC [Kč]	cena celkem [Kč]
1	DEK rozchodníková rohož	předpěstovaná vegetační rohož	m ²	317,6	2 340,0	743 184,0
2	extenzivní substrát DEK	substrát pro suchomilné rostliny, tl. 100 mm	m ²	317,6	189,2	60 074,0
3	separační geotextilie	hydroizolace proti mechanickému poškození	m ²	317,6	13,3	4 224,1
4	hydroizolace - zabraňuje prorůstání kořínků	zabraňuje prorůstání kořínků a prostupu vody do kce	m ²	317,6	300,0	95 280,0
5	deska OSB	rovný podklad pro HI tl. 20 mm	m ²	317,6	393,0	124 816,8
6	provětrávací mezera	vzduchová mezera			0,0	0,0
7	difuzní folie	Dekten Pro - zajišťuje propouštění vodních par z kce, zabraňuje průniku vody do kce	m ²	317,6	82,0	26 043,2
8	dřevěný hranol	řezivo jehličnaté hranol jakost I	m	70,2	561,6	39 424,3
9	tepelná izolace - ISOVER	deska EPS 100 pro trvalé zatížení v tlaku tl. 200 mm	m ²	317,6	294,0	93 374,4
10	ISOVER VARIO XTRASAFE	parozábrana	m ²	317,6	80,0	25 408,0
11	smrkové palubky	podhledová část krovu	m ²	317,6	400,0	127 040,0
12	zesílený vazník	nosná konstrukce	m ²	241,4	1 250,6	301 894,8
Celkem cena za materiál						1 640 763,7

5. Závěr

Ekologie je velice široký pojem, na který je možné nahlížet z různých úhlů pohledu. Jinak tomu není ani u ekologie ve stavebnictví, která sebou nese mnoho témat od výroby stavebních materiálů, až po stavební a demoliční odpady, které negativně ovlivňují životní prostředí. Ve Spojených státech se na výstavbu typických dřevostaveb kácí lesy v Amazonii, zatímco v Číně převládají stavby z betonu. Problém ekologie ve stavebnictví nelze v současné době vyřešit. Objevují se zde proto snahy, jak současnou environmentální situaci dnešního světa alespoň minimalizovat a to použitím přírodních materiálů v co největší možné míře. V této diplomové práci byly porovnávány konstrukce podlahy, stěny a střechy z běžných materiálů s materiály ekologickými (hliněná podlaha, hliněná omítka, roubená stěna, izolace z technického konopí a zelená střecha) z hlediska součinitele prostupu tepla, možností využití odpadu při výstavbě, dopravy materiálu na stavbu a životnosti konstrukcí.

U varianty podlahy se hliněná směs jeví jako daleko ekologičtější, ale ve skutečnosti takovou konstrukcí uniká daleko větší teplo než podlahou klasickou a tudíž jsou pak náklady na vytápění a chlazení podstatně vyšší. S přihlédnutím na cenové porovnání materiálů je hliněná podlaha sice levnější, ale také více náchylná k mechanickému poškození a v souvislosti se součinitelem prostupu tepla se jeví jako neekologická. Použité materiály jako takové k realizaci hliněné podlahy jsou ekologické, ale ve výsledku konstrukce podlahy ekologická není v našich klimatických podmínkách.

Varianta omítky je vzhledem k emisím CO₂ z dopravy ekologická, ale v celkové době životnosti nikoliv. Hliněná omítka je mnohem více náchylná k vnějšímu prostředí způsobujícím poškození a náklady na její opravu jsou vyšší díky četnosti oprav. Materiál na realizaci hliněné omítky je levnější v porovnání s omítkou vápenocementovou. Vzhledem k životnosti těchto materiálů a potřebných oprav hliněná omítka ekologická není.

Varianta roubené stěny je v podstatě srovnatelně ekologicky náročná, co se týká součinitele prostupu tepla a životnosti konstrukce. Cena za materiál na realizaci roubené stěny je zhruba o polovinu levnější než materiál na realizaci zděné posuzované stěny. Životnost obou konstrukcí je srovnatelná společně

s prostupem tepla konstrukcí. Vzhledem k materiálovým skladbám těchto variant je roubená stěna ekologičtější už z důvodu pozdější likvidace, kdy se dřevo dá opět využít pro stavební účely.

Izolace z technického konopí má v porovnání se současným typem izolace horší vlastnosti. Prostup tepla izolací z technického konopí je větší než u izolace EPS a to zvyšuje náklady na vytápění a chlazení. Životnost tohoto typu je také menší než u polystyrenové izolace. Konopná izolace je sama o sobě ekologický materiál, který je relativně rychle obnovitelný. Cenová stránka tohoto materiálu je však o necelou polovinu dražší než izolace z polystyrenu a produkce CO₂ při dopravě materiálu je opět vyšší. S ohledem na posuzované parametry se materiál izolace z technického konopí nejeví jako ekologický.

Poslední varianta, varianta zelené střechy, je z pohledu produkce oxidu uhličitého mnohem více zatěžující pro životní prostředí, ale ve výsledném celku napomáhá zvlhčovat ovzduší v blízkém okolí a zadržovat vodu. Zelená střecha, respektive materiál pro realizaci této střechy, je zhruba dvakrát tak dražší než materiál střechy posuzované. Hodnoty součinitele prostupu tepla těchto dvou konstrukcí jsou srovnatelné, ale životnost zelené střechy nedosahuje životnosti střechy posuzované. Vzhledem k životnosti této skladby konstrukce střechy a údržbě se zelená střecha jeví jako méně ekologická varianta.

Pohled na ekologii je ve většině případů sporný a najdou se vždy jak odpůrci, tak i příznivci v této problematice. Ve výsledku je na uvážení každého, který materiál použije k realizaci jednotlivých konstrukcí stavby, a které variantě věnuje přednost. Z hlediska výstavby jsou zvolené alternativní materiály dobrou volbou ve smyslu dopadu na životní prostředí, je však nutné myslet i na fázi užívání a samotné likvidace staveb. Z dlouhodobého hlediska se osvědčily v současnosti běžně používané materiály.

Použitá literatura a zdroje

- [1] Role životního prostředí a „zelené filosofie“ ve stavebnictví. VW WACHAL a.s. – Stavíme, budujeme, rekonstruujeme [online]. Copyright © 2019 [cit. 21.11.2019]. Dostupné z: <https://www.wachal.cz/role-zivotniho-prostredi-a-zelene-filosofie-ve-stavebnictvi/>
- [2] BERGE, Bjørn. The ecology of building materials. 2nd ed. Oxford: Architectural Press, 2009. ISBN 978-1-85617-537-1.
- [3] GRAHAM, Peter. Building ecology: first principles for a sustainable built environment. Oxford: Blackwell Science, 2003. ISBN 0-632-06413-7.
- [4] SEDMIDUBSKÝ, David. Základy chemie pro bakaláře. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011. ISBN 978-80-7080-790-3.
- [5] Emise CO₂ z aut: fakta a čísla (infografika) | Zpravodajství | Evropský parlament. [online]. Copyright ©AP Images [cit. 26.12.2019]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika>
- [6] atmospheric carbon dioxide. zero-carbon-climate-change-solution-index [online]. Dostupné z: http://www.onlyzerocarbon.org/co2_emissions.html
- [7] STAVEBNÍ ODPAD | TŘÍDĚNÍODPADU.CZ. Odpady | tříděníodpadu.cz [online]. Copyright © 2007 [cit. 29.12.2019]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/stavebni-odpad>
- [8] 400 Bad Request. Softwarové nástroje TST FAST VUT v Brně [online]. Dostupné z: http://tstsw.cz/stavebni_stroj/predmet-bw03/prednaska-11#recyklace-beton%C5%AF
- [9] Zpracování | Cihlový recyklát. Cihlový recyklát [online]. Copyright © 2012 [cit. 02.01.2020]. Dostupné z: <http://cihlovyrecyklat.cz/zpracovani.html>
- [10] Průkaz energetické náročnosti budov | MPO. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. Copyright © Copyright 2005 [cit. 02.01.2020]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/prukaz-energeticke-narocnosti-budov/prukaz-energeticke-narocnosti-budov--119528/>

- [11] BREEAM a LEED – Certifikace z hlediska udržitelného rozvoje | atelier-dek.cz. Specializované služby ve stavebnictví | atelier-dek.cz [online]. Copyright © DEK, a.s. [cit. 31.12.2019]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/breeam-leed-%E2%80%93-certifikace-z-hlediska-udrzitelneho-rozvoje-528>
- [12] BIM bude povinný u nadlimitních zakázek od roku 2022 | Z+i. Z+i [online]. Dostupné z: <http://zpravy.ckait.cz/vydani/2017-05/bim-bude-povinny-u-nadlimitnich-zakazek/>
- [13] Produkce stavebních odpadů v ČR a možnosti jejich využití (I) | Odpady. Odpady | Odpady [online]. Dostupné z: <https://www.odpady-online.cz/produkce-stavebnich-odpadu-v-cr-a-moznosti-jejich-vyuziti-i/>
- [14] EUR-Lex - 32017R2400 - EN - EUR-Lex. EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/2400/oj>
- [15] Waste Management in the United States - Statistics & Facts | Statista. • Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. Dostupné z: <https://www.statista.com/topics/2630/waste-management-in-the-united-states/>
- [16] Global cement production top countries 2018 | Statista. • Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [online]. Copyright © Statista 2019 [cit. 27.12.2019]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/>
- [17] Odpady v Indii | Odpady. Odpady | Odpady [online]. Dostupné z: <https://www.odpady-online.cz/odpady-v-indii/>
- [18] Couches De Sol, Diagramme D'éducation Particules, Sable, Humus Et Pierres Minérales, Argile, Calibre Pour Des Bannières, Pages Vec Illustration de Vecteur - Illustration du géologique, bedrock: 103704800. Photographie de stock de haute résolution : Téléchargez des images de stock libres de droits. [online]. Copyright © 2000 [cit. 15.12.2019]. Dostupné z: <https://fr.dreamstime.com/couches-sol-diagramme-d-%C3%A9ducation-particules-sable-humus-pierres-min%C3%A9raux-argile-calibre-des-banni%C3%A8res-pages-vec-illustration-vecteur-image103704800>

- [19] Vše pro Váš dům, byt, zahradu, hobby i bydlení, on-line stavby, katalog firem - homepage | VSEPROVADUM.cz [online]. Copyright © [cit. 15.12.2019]. Dostupné z: https://www.vseprovasdum.cz/data/i314_835.jpg
- [20] Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright ©2 [cit. 12.12.2019]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/\\$FILE/OOOPK-Stredocesky_%20kraj%20a%20Praha-20131128.gif](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/$FILE/OOOPK-Stredocesky_%20kraj%20a%20Praha-20131128.gif)
- [21] Sběrný EKODVŮR Beroun - AVE. AVE CZ odpadové hospodářství s. r. o. - oficiální web společnosti [online]. Copyright © 2019 AVE CZ odpadové hospodářství, s. r. o. [cit. 16.12.2019]. Dostupné z: <https://www.ave.cz/cs/stredocesky-kraj/sberny-ekodvur-beroun>
- [22] Recyklační středisko Zájezd. Recyklační středisko Zájezd [online]. Dostupné z: <http://www.recyklacezajezd.cz/cenik.html>
- [23] CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.
- [24] ŠKABRADA, Jiří. Konstrukce historických staveb. Praha: Argo, 2003. ISBN 80-7203-548-7.
- [25] Tepelná izolace z technického konopí – pohled z hlediska stavební fyziky | ASB Portal. ASB-portal.cz | odborný portál | architektura, stavebnictví, byznys [online]. Copyright © JAGA GROUP, s. r. o. Všechna práva vyhrazena [cit. 03.01.2020]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zatepleni/tepelnaiolace-ztechnickeho-konopi-pohled-zhlediska-stavebni-fyziky>
- [26] Zateplení fasády | E-shop Přírodní Stavba. Přírodní stavba, EKO a BIO materiály [online]. Dostupné z: <https://www.prirodnistavba.cz/zatepleni-fasady/>
- [27] Zelené střechy historie a jejich význam - stavebnikomunita.cz. stavebnikomunita.cz - Pro všechny kteří projektují nebo chtějí lépe bydlet [online]. Copyright © 2019 [cit. 18.12.2019]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/zelene-strechy-historie-a-jejich-vyznam>
- [28] Zelená střecha roku | Zelená střecha roku. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2019 parkroku.cz [cit. 18.12.2019]. Dostupné z: <http://www.zelenastrecharoku.cz/cs/menu/soutezni-dila/>

- [29] Building information modelling Copyright © [online]. Dostupné z: <https://www.wsp.com/en-KR/services/building-information-modelling-bim>
- [30] Earth Floor – Diamond Mountain Buddhist Community | The Canelo Project. The Canelo Project | Connecting people, culture and nature [online]. Copyright © 2011 The Canelo Project. All rights reserved. [cit. 18.12.2019]. Dostupné z: <http://www.caneloproject.com/earth-floor-diamond-mountain-buddhist-community/>
- [31] File:Waste generation by economic activities and households, EU-28, 2016 (%).png - Statistics Explained. European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache [online]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Waste_generation_by_economic_activities_and_households,_EU-28,_2016_\(%25\).png&oldid=413561](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Waste_generation_by_economic_activities_and_households,_EU-28,_2016_(%25).png&oldid=413561)
- [32] European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache [online]. Copyright © [cit. 16.12.2019]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/1183.pdf>
- [33] Architectural Revival: Sustainable Rammed Earth House in Spain. Decoist - architecture and modern design [online]. Copyright © 2009 [cit. 15.12.2019]. Dostupné z: <https://www.decoist.com/modern-rammed-earth-house-sustainable-design/>
- [34] Český statistický úřad – statistika životního prostředí. [online]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-parametry&pvo=ZPR09&pvokc=&sp=A&katalog=30842&z=T>
- [35] Podlahy z hlíny. hliněná omítka-zdravé bydlení [online]. Dostupné z: <https://www.hlinaproductum.cz/hlinene/hlinene-podlahy/#!>
- [36] Co je pasivní dům? - Pasivnidomy.cz. Centrum pasivního domu - Pasivnidomy.cz [online]. Copyright © 2006 [cit. 15.12.2019]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [37] Udržitelný rozvoj - Ministerstvo životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © 2008 [cit. 15.12.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj

- [38] Hliněné omítky svépomocí - jak na to | Nazeleno.cz. Nazeleno.cz - Chytrá řešení pro každého [online]. Copyright © 2018 [cit. 04.01.2020]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/stavebni-material/hlinene-omitky-svepomoci-jak-na-to.aspx>
- [39] PEŠTA, Jan. Rekonstrukce roubených staveb. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-3239-8.
- [40] Ing. Jiří Pavelka - projekty staveb Nový Jičín / Katalog / Detail / srub Oznice . Ing. Jiří Pavelka - projekty staveb Nový Jičín / Úvod / [online]. Dostupné z: <http://www.pavelka-projekty.com/?menu=katalog%20rd&cat=16&id=6>

Seznam obrázků

Obr. 1: Realizace obvodových stěn ze slámy [2].....	10
Obr. 2: Produkce CO ₂ v dopravě (2016) – Evropská unie [5].....	12
Obr. 3: Stavba realizovaná z přírodních materiálů – ČR [18].....	15
Obr. 4: Mobilní recyklační linka [8]	16
Obr. 5: Proces recyklace pomocí stacionární linky [9]	17
Obr. 6: Ukázka projektu v BIM [29].....	20
Obr. 7: Rozdělení odpadu v EU za rok 2016 [31].....	25
Obr. 8: Rozdělení stavebního odpadu dle materiálů – USA [15]	27
Obr. 9: Dřevěná škola postavena z masivu a vytápěna kamny – Norsko [2].....	31
Obr. 10: Vrstvy půdy [18].....	32
Obr. 11: Výroba pálených cihel [19].....	33
Obr. 12: Stavba z jílové směsi – Španělsko [33]	34
Obr. 13: Tradiční stavba z jílové směsi – Jemen [3].....	35
Obr. 14: Mapa půdního složení Hl. m. Prahy a Středočeského kraje [20].....	37
Obr. 15: Pohled východní	39
Obr. 16: Pohled jižní	39
Obr. 17: Skladba podlahy.....	39
Obr. 18: Skladba střechy	40
Obr. 19: Skladba stěny	40
Obr. 21: Hliněná podlaha – ČR [35]	42
Obr. 22: Hliněná podlaha – USA [37]	43
Obr. 23: Skladba hliněné podlahy.....	44
Obr. 24: Dusání štěrku pomocí dusadla	45
Obr. 25: Kontrola rovinnosti podkladu pomocí libely	45
Obr. 26: Příprava povrchu za pomoci latě	45
Obr. 27: Příprava jílové směsi.....	46
Obr. 28: Finální vyrovnávací stěrka.....	47
Obr. 29: Proces dusání směsi	47
Obr. 30: Rozložení vodících latí	47
Obr. 31: Finální vzhled lité podlahy	48
Obr. 32: Hliněná podlaha s finální vrstvou – lněný olej, ČR [8]	49
Obr. 33: Hliněná omítka v interiéru ČR [38]	53

Obr. 34: Historická omítka ČR [24].....	54
Obr. 35: Jeden z nejstarších zachovaných domů, 16. století, ČR [39].....	58
Obr. 37: Roubená stavba [39]	58
Obr. 36: Srubová stavba [40]	58
Obr. 38: Skladba roubené stěny	59
Obr. 39: Výroba izolace z konopí [32].....	63
Obr. 43: Role konopné izolace.....	64
Obr. 42: Rohož konopné izolace.....	64
Obr. 44: připevnění latí [26].....	65
Obr. 45: Kladení druhé vrstvy izolace mezi latě [26]	65
Obr. 46: Příprava SDK povrchu k nanesení omítky [26].....	66
Obr. 48: Nejstarší střešní zahrada v ČR – Lipník nad Bečvou [30].....	68
Obr. 49: Extenzivní – intenzivní – polointenzivní zelená střecha, ČR [28]	70
Obr. 50: Skladba zelené střechy.....	71

Seznam tabulek

Tab. 1: Oblasti hodnocení systémů BREEAM a LEED pro novostavbu [11].....	19
Tab. 2: Přehled typů budov a srovnání potřeby tepla k jejich vytápění [13]	21
Tab. 3: Přehled růstu stavebních zakázek v ČR [14]	21
Tab. 4: Produkce odpadu v ČR [34].....	22
Tab. 5: Nakládání s odpady v ČR [17].....	23
Tab. 6: Ceník skládky odpadů – Beroun [29]	23
Tab. 7: Členění odpadu za rok 2016 – EU [14]	26
Tab. 8: Produkce cementu ve světě.....	28
Tab. 9: Vzdálenosti provozoven vč. produkcí emisí z dopravy na stavbu / 1 jízda...	37
Tab. 10: Ceny odpadů – skládka Beroun [21]	38
Tab. 11: Ceník pronájmu recyklačních strojů – středisko Zájezd [22]	38
Tab. 13: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu hliněné podlahy	50
Tab. 14: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu posuzované podlahy	50
Tab. 15: Porovnání podlah	51
Tab. 16: Ceny za materiál hliněné podlahy.....	52
Tab. 17: Ceny za materiál posuzované podlahy.....	52
Tab. 18: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu omítek	56
Tab. 19: Porovnání omítek	56
Tab. 20: Ceny za materiál omítek	57
Tab. 21: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu roubené stěny	60
Tab. 22: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu posuzované stěny	61
Tab. 23: Posouzení stěn.....	62
Tab. 24: Ceny za materiál roubené stěny	62
Tab. 25: Ceny za materiál posuzované stěny	62
Tab. 26: Druhy tepelných izolací	64
Tab. 27: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu izolace	66
Tab. 28: Posouzení izolací	67
Tab. 29: Ceny za materiál izolace	67
Tab. 30: Druhy zelených střech [27].....	69
Tab. 31: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu posuzované střechy	72
Tab. 32: Produkce oxidu uhličitého při přepravě materiálu zelené střechy	72
Tab. 33: Posouzení střech	73

Tab. 34: Ceny za materiál posuzované střechy	73
Tab. 35: Ceny za materiál zelené střechy.....	74