



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

# VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH SUROVINOVÝCH ZDROJŮ VE STAVEBNICTVÍ

THE USE OF ALTERNATIVE SOURCES IN THE BUILDING INDUSTRY

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Dvořák

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. NIKOL ŽIŽKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3656 Městské inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program
<b>Studijní obor</b>	3647R025 Městské inženýrství
<b>Pracoviště</b>	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Jakub Dvořák
<b>Název</b>	Využití alternativních surovinových zdrojů ve stavebnictví
<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2016
<b>Datum odevzdání</b>	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

---

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

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

Ročenky a statistické zprávy Ministerstva životního prostředí ČR, Českého statistického úřadu, European Environment Agency – EEA, České informační agentury životního prostředí – CENIA atd.

Výroční zprávy a sborníky Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice.

Články v odborných časopisech a sbornících.

Relevantní legislativní předpisy a zákony.

Jiná odborná literatura.

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Stavebnictví představuje průmyslové odvětví, které je schopné materiálově využít vznikající odpadní látky. Bakalářská práce bude zaměřena na zpracování souhrnného přehledu o využívání alternativních surovinových zdrojů ve stavebnictví v ČR, státech EU a také dalších zemích.

V bakalářské práci proveďte:

1. Proveďte rešerši tuzemské i zahraniční odborné literatury, využijte statistické ročenky a další ověřené informační zdroje.
  2. Zpracujte souhrnný přehled odpadních materiálů použitelných ve stavebnictví.
  3. Porovnejte skutečné využívání alternativních surovin ve stavebnictví v ČR se situací v členských zemích EU i s dalšími státy.
  4. Získané poznatky zpracujte formou tabulek a grafů.
  5. Uveďte konkrétní stavební výrobky, využívající alternativní suroviny.
- Rozsah práce cca 50 stran včetně příloh.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce je zaměřena na využívání odpadu jako alternativních surovin ve stavebnictví. První část práce se věnuje historickému vývoji odpadového hospodářství, představuje platnou legislativu v České republice v roce 2017 a nastiňuje rozdělení odpadů podle různých kritérií. Získané informace o produkci a nakládání s odpadem jsou zpracovány formou tabulek a grafů. Druhá obsáhlejší část práce využívá teoretické poznatky v oblasti odpadového hospodářství a na základě rozdělení odpadu dle Katalogu odpadů zpracovává přehled odpadních materiálů použitelných ve stavebnictví. Dále jsou popsány možnosti vhodného využití odpadních materiálů při výrobě a uvedeny konkrétní stavební výrobky se svými vlastnostmi.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Odpad, statistika odpadů, druhotné suroviny, recyklace, alternativní zdroje, znovu použití, biologický odpad, odpad z tepelných procesů, stavební a demoliční odpad, komunální odpad

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is focused on the use of waste as alternative raw materials in construction industry. The first part is dedicated to the historical development of waste management, to the valid legislation in the Czech Republic in 2017 and outlines the distribution of waste according to various criteria. The information about waste production and waste management is processed in the form of tables and graphs. The more extensive second part of the thesis uses theoretical knowledge in the field of waste management and on the base of the Waste Separation Catalog is composed a list of waste materials which can be used in construction industry. Further are described the possibilities of suitable waste utilization at production and also mentioned some particular construction products with their features.

## **KEYWORDS**

Waste, waste statistics, secondary raw materials, recycling, alternative sources, reuse, bio-waste, thermal waste, construction and demolition waste, municipal waste

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Jakub Dvořák, *Využití alternativních surovinových zdrojů ve stavebnictví*. Brno, 2017. 68 s.,  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie  
stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10.5. 2017

---

Jakub Dvořák  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Velice rád bych poděkoval vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Nikol Žížkové, Ph.D. za poskytnutí cenných a přínosných rad, které mě motivovaly a výrazně pomohly při mém vlastním tvoření. Děkuji jí také za velkou dávku vstřícnosti a trpělivosti při konzultování mé práce, protože její zkušenosti jsou k nezaplacení.

Dále bych rád poděkoval mé kamarádce Tereze Jirmanové za sdílení zkušeností a za poskytnutí informací týkající se formálních záležitostí práce. Také děkuji kamarádům a spolužákům ze studijní skupiny W4W1, kteří dokončili bakalářské studium roku 2017, za vzájemné sdílení informací vedoucích k úspěšnému vypracování této práce.

Největší dík patří hlavně mým rodičům a další členům rodiny, protože právě oni mi byli psychickou a finanční oporou a díky nim jsem mohl studovat Vysoké učení technické v Brně, fakultu stavební, úspěšně dokončit čtvrtý ročník a napsat tuto práci. Díky díky!

## OBSAH:

1. Úvod.....	1
2. Historie odpadů od počátku lidstva po současnost.....	3
3. Legislativa v odpadovém hospodářství v ČR.....	5
3.1. Historický vývoj legislativy v odpadovém hospodářství.....	5
3.2. Současný stav legislativy v odpadovém hospodářství.....	5
3.3. Zákon č. 185/2001 Sb. – Zákon o odpadech .....	6
3.3.1. Předmět úpravy zákona .....	6
3.3.2. Působnost zákona.....	6
3.3.3. Definice odpadu dle zákona .....	6
3.3.4. Hierarchie způsobů nakládání s odpadem dle zákona.....	7
3.3.4.1. Předcházení vzniku odpadů .....	7
3.3.4.2. Opětovné použití odpadů .....	8
3.3.4.3. Recyklace.....	9
3.3.4.4. Energetické využití odpadu – spalování.....	9
3.3.4.5. Odstranění odpadů skládkováním .....	11
3.4. Zákon č. 100/2001 Sb. – Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí.....	11
4. Rozdělení odpadu .....	12
4.1. Rozdělení odpadu dle původu.....	13
4.1.1. Odpady z průmyslu.....	13
4.1.2. Komunální odpady.....	13
4.1.3. Zemědělské odpady.....	15
4.1.4. Odpady ze zdravotnictví a veterinární péče .....	15
4.1.5. Jaderné odpady .....	16
4.1.6. Ostatní odpady .....	16
4.2. Rozdělení odpadu dle vlastností .....	16
4.2.1. Nebezpečné odpady .....	16
4.2.2. Ostatní odpady .....	17
4.3. Rozdělení dle Katalogu odpadů.....	17
5. Odpady jako druhotné suroviny .....	18
5.1. Hodnocení použitelnosti odpadu ve výrobě.....	19
5.2. Potenciál využití odpadů ve stavebnictví.....	20
6. Souhrnný přehled odpadních materiálů použitelných ve stavebnictví.....	20
6.1. Organické odpady ze zemědělství, lesnictví a ze zpracování dřeva .....	21
6.1.1. Sláma .....	22
6.1.1.1. Slaměné balíky .....	23
6.1.1.2. Drcená foukaná sláma .....	24

6.1.1.3. Slaměné panely .....	25
6.1.1.4. Slaměné doškové střechy .....	26
6.1.2. Konopí.....	26
6.1.2.1. Konopný beton.....	27
6.1.2.2. Konopné tvárnice .....	28
6.1.2.3. Tepelné a zvukové izolace z konopí.....	28
6.1.2.4. Konopné oleje a laky .....	29
6.1.3. Dřevo .....	30
6.1.3.1. Kůrové izolační desky .....	30
6.1.3.2. Aglomerované materiály.....	31
6.1.4. Kukuřice .....	36
6.1.5. Ovčí vlna .....	36
6.1.6. Len.....	37
6.1.7. Rákos.....	38
6.2. Odpady z tepelných procesů .....	38
6.2.1. Popílek .....	40
6.2.1.1. Popílek v ČR .....	41
6.2.1.2. Popílek v USA.....	44
6.2.2. Energosádrovec.....	45
6.2.2.1. Sádrokarton .....	46
6.2.2.2. Anhydrit.....	46
6.2.2.3. Sádrové omítky.....	47
6.2.3. Struska neboli škvára .....	47
6.2.3.1. Škvára na násypy, zásypy, posypy .....	48
6.2.3.2. Škvárobeton.....	48
6.3. Stavební a demoliční odpady.....	49
6.3.1. Betonový recyklát.....	50
6.3.2. Cihelný recyklát .....	51
6.5. Komunální odpady .....	52
6.5.1. Sklo .....	52
6.5.2. Papír .....	53
6.5.3. Plasty.....	54
6.5.4. Textil.....	54
6.5.5. Kovy.....	55
6.5.6. Nábytek .....	55
7. Alternativní způsob recyklace odpadů.....	56
8. Závěr .....	59

9. Seznam použitých zdrojů.....	61
10. Seznam grafů, tabulek, a obrázků.....	67
11. Seznam použitých zkratk.....	68

# 1. Úvod

Zvyšování produkce odpadů se stává čím dál větším globálním problémem. Může za něj naše rychle ekonomicky rozvíjející se společnost, která si klade zvýšené nároky na životní standard a pohodlí. Chtíč překonal rozum, každý by se chtěl mít jako král, žít ve velkých domech, vlastnit více drahých aut, a stále nakupovat a nakupovat. S tímto trendem zvýšené potřeby vlastnit je spjatá zvýšená produkce veškerého odpadu. Důkazem toho chování je fakt, že každý občan České republiky, ať už batole, dospívající, dospělý nebo důchodce, vyprodukoval dle statistik z Českého statistického úřadu za rok 2005 přibližně 290 kg komunálního odpadu a za 10 let se tato produkce zvýšila o 20 kg a nyní přesahuje 310 kg odpadu na hlavu za rok. Navzdory nepříznivým statistickým údajům se Česká republika řadí, společně s Maďarskem, Slovenskem, Polskem, Rumunskem a Srbskem, mezi evropské národy s nejnižší produkcí komunálních odpadů, poloviční oproti Německu nebo Rakousku.

Logika nám říká, že zvýšení produkce komunálních odpadů indikuje zvýšení produkce průmyslových a podnikových odpadů a naopak. Funguje to tak i v praxi. V ČR se v roce 2005 vyprodukovalo 21,74 miliónů tun a v roce 2015 produkce přesáhla 23,2 miliónů tun, nárůst tedy 7 %. Dle dlouhodobých statistik představují průmyslové odpady zhruba 85 % z celkového množství odpadů. Práce se zaměřuje primárně na tuto skupinu odpadů, protože dosahuje velkých objemů a má nejširší škálu materiálů použitelných ve stavebnictví.

Cílů této práce je hned několik. Prvním z nich je představení současné české legislativy týkající se odpadového hospodářství, tedy zákonu č. 185/2001 Sb. - o odpadech a zákonu č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a vysvětlení důležitosti dodržování hierarchie nakládání s odpadem ustanovené v zákoně o odpadech, kdy je nejdůležitější chránit životní prostředí, šetřit nerostné suroviny a energií potřebnou na jejich těžbu. Nejeefektivnější způsob s nejvyšší prioritou je tedy předcházení vzniku odpadů a hned další způsob v pořadí je použití odpadu bez technologického přetvoření ve výrobě. Pokud tyto dvě možnosti nejsou možné, přechází se k technologickému přetvoření odpadu, známé jako recyklaci. K předposlední možnosti, spalování odpadu za účelem energetického využití, by se mělo přistupovat až v krajních případech, kdy pro odpad ani při největší snaze nenalezneme uplatnění. Tou poslední možností nakládání s odpadem je skládkování, které by se nemělo praktikovat vůbec, ale realita je jinde a v současnosti se jedná o nejpoužívanější způsob nakládání s odpadem.

Další cíl práce je vytvoření přehledného souhrnu odpadních materiálů, které slouží jako druhotné suroviny při stavební výrobě. Pomalu se vylepšující procesy recyklace materiálů

otevívají nové možnosti pro využívání stále více odpadních materiálů jako druhotných surovin a tím dochází k postupnému snižování množství spalovaných a skládkovaných materiálu. To má za následek zmírnění negativních dopadů průmyslu na životní prostředí.

Do bakalářské práce jsou vybrány takové druhy odpadů, které jsou jednoduše upravitelné, využitelné, produkují se pravidelně, ve velkém množství a jejich použití nahradí primární suroviny. Jedná se o organické odpady ze zemědělství, lesnictví a ze zpracování dřeva, odpady z tepelných procesů, stavební a demoliční odpady, komunální odpady. Za každým druhem, který je v práci popsán, jsou uvedeny možné stavební výrobky, které lze vyrobit z takto vytříděných a recyklovaných materiálů. Důležitou informací je, že takovéto výrobky z druhotných surovin mohou deklarovat stejnou míru kvality jako výrobky z primárních surovin.

Na celosvětovém trhu existuje mnoho typů ekologičtějších a enviromentálně příznivějších nosných a výplňových konstrukcí, které mají leckdy lepší vlastnosti než konvenčně používané materiály doporučené našimi současnými inženýry. Ta část moderní společnosti, která si zakládá na trvale udržitelném životním stylu, by ráda dodržovala své zásady i při výběru svého domova, a právě proto by bylo vhodné aplikovat moderní znalosti, vědomosti a výpočetní techniku společně s tradičními, lokálně dostupnými, nebo odpadními materiály a poskytnout lidem možnost volby mezi klasickou a alternativní cestou výstavby. Bylo by vhodné rozšířit obzory budoucím investorům staveb a ukázat jim, že alternativní cestou je možné stavět poměrně jednoduše, rychle, levně, funkčně, bez výrazně negativního dopadu na životní prostředí a výsledné stavby jsou atraktivní i po architektonické stránce.

Právě proto je tato bakalářská práce věnovaná tématu o alternativních surovinách použitelných ve stavebnictví. [16]

## 2. Historie odpadů od počátku lidstva po současnost

Od vzniku naší planety zde funguje planetární ekosystém, založený na nepřetržité látkové výměně. Svět fauny a svět flóry si vzájemně vypomáhá a při této spolupráci, při tomto dokonalém, trvale udržitelném koloběhu se vytváří odpad. Pod pojmem odpad si ale nesmíme představit takový odpad, jak ho vnímáme dnes, ve 3. tisíciletí.

Pravěký odpad byl tvořený pouze biologickou hmotou, složenou z odumřelých částí rostlin a částí, nebo celých těl živočichů, které se v průběhu krátké doby kompletně přemění přímo na místě, na kterém byly zanechány svému osudu. Žádný výrazný transport biologického odpadu neprobíhal a rozložené organické zbytky na prvky biogenní a jejich primární sloučeniny ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) sloužily dalším rostlinným druhům k růstu a tvorbě většího množství biomasy, která sloužila jako zdroj potravy a energie pro živočišné druhy. Vše na planetě je v rovnováze do té doby, než evoluce umožnila vývoj člověka moudrého (*Homo sapiens sapiens*).

V pozdní době kamenné, kdy lidé přecházeli od kočovného života k usedlému, se kmeny začaly shlukovat do osad a později vesnic. Koncentrace osob se svými potřebami se zvětšovala a biologického odpadu začalo přibývat. Obyvatelé vesnic začali soustřeďovat odpad do vyhloubených jam vedle svých stavení a ty jsou dnes cenným zdrojem informací pro archeology. Později lidí i odpadu přibývalo a už ho nestačilo pouze zahrabávat vedle domů, ale musel se začít přemisťovat do extravilánu. Společností byla vytvořena potřeba řešit nakládání s odpadem centrálně a tím se začali psát dějiny oboru odpadového hospodářství a bylo vytvořeno a pojmenováno nové pracovní místo – pohodný. Pohodný (název pracovní pozice odvozený od slova „pohodit“) byla osoba, která vyvážela na voze veškerý odpad posbíraný po vesnici až za opevnění, na místo terénních prohlubní. Tato místa ovšem nesloužila jako skládka, ale spíše jako sběrný dvůr, kde mnoho věcí znovu našlo své uplatnění. Nevyužitelný odpad byl povětšinou biologického původu s krátkou dobou rozkladu a proto, i při neustálém zásobování skládky novým odpadem, se její velikost neměnila po staletí. V Aténách, 500 let před naším letopočtem, bylo zavedeno nařízení, že místo pro odkládání odpadu musí být v minimální vzdálenosti 750 m (tehdejší 1 míli) od městských hradeb. Teď už se to k popelnici před domem nezdá tak daleko, že?

Tyto dovednosti, zacházení s odpadem, se postupně vylepšovaly a díky tomu se ve starověkých evropských i asijských městech rozvinul dobře fungující systém odstraňování odpadů, který zahrnoval denní svoz komunálního odpadu, zametání ulic, kropení ulic vodou

kvůli snížení prašnosti a další hygienická opatření. Tehdejší vládcí věděli díky učencům o souvislostech mezi sníženou hygienou a nemocemi (cholera, mor, neštovice, ...).

S rozpadem starověkých říší, stěhováním národů a postupným nástupem středověku se informace o hygieně a nakládání s odpadem vytratily. Veškeré organické zbytky (i exkrementy) se skladovaly na hnojištích, vyhazovaly se z okna ven na ulici, nebo se házely do potůčků, potoků a řek, které zároveň sloužily i jako zdroj pitné vody. Začátkem 6. století se díky tomu stala evropská města zapáchajícími místy plnými nemocí, kterým do 14. století podlehla až třetina populace celé Evropy (25 mil. obyvatel). Až v období pozdního středověku, roku 1348 v Paříži, vědci znovu rozpoznali souvislosti mezi špatnými hygienickými podmínkami a rychlým šířením nemocí a problém s odpadem se musel opět řešit.

Průmyslová revoluce v 19. století přinesla velký zlom v produkci odpadu. Intenzivní urbanizace, koncentrace výroby, zintenzivněná těžba surovin, nově navržené pracovní postupy a s tím vším spojená infrastruktura vyvolaly vlnu znečištění ve všech skupenstvích. Industriálně vytvořené chemické sloučeniny (PVC, PE, atd.) se začaly produkovat ve velkém množství bez plánu likvidace výrobků vyhozených do odpadu. Neohleduplnost fatálně zasáhla široké okolí velkých i menších měst. Neexistovala žádná omezení pro nakládání s odpady. Nezájem zvítězil. Později se ukázalo, že se příroda začíná měnit, umírat. Než začaly platit ochranné emisní limity o odpadech, právní ochrana přírody a nařízení vlád jednotlivých států, uplynula dlouhá doba, za kterou se nespočet míst zničilo natolik, že zůstanou bez lidského zásahu toxická navždy. Ostatní místa se ještě uvědomělým chováním zachránit podaří.

V současné době je ochrana životního prostředí velice prodiskutovávaným tématem. V naší společnosti se stále více rozšiřuje povědomí o „eko-friendly“ rozmyšlení, poptávka postupně mění nabídku a stále více firem se snaží vyrábět nebo nabízet své služby ekologičtější, šetrnější k přírodě a jednoho dne se doufám dočkáme, že lidé začnou plně dodržovat zákon o odpadech a používat zdravý rozum. Až se tak stane, množství vytvářeného odpadu se rapidně sníží a to minimální „nutné“ množství odpadu se bude co největší měrou opravovat a znovu používat, recyklovat, upcyklovat, nebo alespoň co nejšetrněji odstraňovat.

[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]

### 3. Legislativa v odpadovém hospodářství v ČR

Odpadové hospodářství v České republice dnes funguje na základě politiky v oblasti odpadů, nerostných surovin a ochrany životního prostředí vymezené zákony, nařízeními vlády a vyhláškami a metodickými pokyny ministerstev.

#### 3.1. Historický vývoj legislativy v odpadovém hospodářství

*„Prvním právním předpisem, který oblast odpadů souhrnně upravoval, byl u nás zákon č. 238/1991 Sb., o odpadech. Do té doby žádná obecná právní úprava na úseku odpadů neexistovala a usměrňování bylo prováděno především místními vyhláškami. První český zákon o odpadech vykazoval celou řadu nedostatků a byl nahrazen zákonem č. 125/1997 Sb. ve znění zákona č. 167/1998 Sb., zákona č. 350/1999 Sb. a zákona č. 37/2000 Sb. Znění tohoto zákona již bylo doprovázeno řadou vydaných vyhlášek, přičemž mezi základní patřily:*

- *Vyhláška MŽP č. 337/1997 Sb., kterou se stanovil Katalog odpadů*
- *Vyhláška MŽP č. 338/97 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady*
- *Vyhláška MŽP č. 339/97 Sb. o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.“<sup>[1]</sup>*

#### 3.2. Současný stav legislativy v odpadovém hospodářství

Nejdůležitější vykonavatel státní správy v oblasti odpadového hospodářství je stále Ministerstvo životního prostředí, které společně s Ministerstvem zemědělství, krajskými úřady v přenesené působnosti a s Českou inspekcí životního prostředí spravuje oblasti ochrany ovzduší, vod, přírody a krajiny, lesa a půdy.

Dále v oblasti odpadového hospodářství figurují Ministerstvo průmyslu a obchodu, Ministerstvo zdravotnictví, obecní a újezdní úřady, Celní úřady Ministerstva financí, obecní úřady obcí s rozšířenou působností, Česká obchodní inspekce, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Policie České republiky, Ministerstvo obrany a orgány ochrany veřejného zdraví.

Kontrolu dodržování právních předpisů v oblasti odpadového hospodářství zajišťuje Česká inspekce životního prostředí, která může udělit pokutu při porušování předpisů a uložit povinnost provést nápravná opatření.

---

<sup>[1]</sup> FIEDOR, Jiří. *Odpadové hospodářství I: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2573-1.

Nejdůležitější zákony v odpadovém hospodářství jsou zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, více popsán v kapitole 3.3. a zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, více popsán v kapitole 3.4. [3, 7]

### **3.3. Zákon č. 185/2001 Sb. – Zákon o odpadech**

Zákon od odpadech, č. 185/2001 Sb., byl prohlášen v poslanecké sněmovně za platný dne 16. 6. 2001. Účinnosti nabyl 1. 1. 2002 a od té doby byl ještě 46krát novelizován. Nejaktuálnější plné znění je ze dne 1. 1. 2017. [7]

#### **3.3.1. Předmět úpravy zákona**

Zákon o odpadech infiltruje příslušné směrnice Evropské rady společně se směrnicemi a nařízeními Evropského parlamentu do legislativy našeho státu a my se jimi musíme bezpodmínečně řídit. Zákon ukládá práva a povinnosti v oblasti odpadového hospodářství při nakládání a tvorbě odpadu. V úvahu se bere především ochrana lidského zdraví a životního prostředí. Další cíle, kterých má tento zákon dosáhnout, jsou snižování objemu nebezpečných odpadů a zvýšení míry recyklace a znovu využití veškerých odpadů. [7]

#### **3.3.2. Působnost zákona**

Zákon o odpadech se vztahuje na veškerý odpad vytvořený na území ČR, i na odpad z jiných zemí dovážený.

Netradiční odpady, jako například odpad radioaktivní, vyřazené výbušniny a střelivo, odpadní voda, mrtvá těla zvířat a další nespádají pod zákon o odpadech, ale řídí se jinými právními předpisy. [7]

#### **3.3.3. Definice odpadu dle zákona**

*„Opad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.“ [2]*

Dále se v zákonu píše, že existuje povinnost zbavit se věci ohrožující životní prostředí dle právních předpisů o likvidaci odpadu.

Movitá věc získaná při procesu výroby, považovaná za odpad, začne být označovaná jako vedlejší produkt, pokud ji můžeme ještě využít.

---

<sup>[2]</sup> Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech

Některé odpady přestanou být odpady, když se běžně využívají ke konkrétním účelům, na movitou věc existuje trh a poptávka, jsou splněny technické požadavky a zvláštní právní předpisy a splňuje kritéria Evropských předpisů. Nejčastější využitelný odpad vzniká jako součást výroby. Když jsou pochybnosti, zda je movitá věc odpadem, či nikoliv, rozhoduje krajský úřad na žádost vlastníka nebo z moci úřední. [7]

*„Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s Ministerstvem průmyslu a obchodu může stanovit vyhláškou kritéria upřesňující, kdy movitá věc může být považována za vedlejší produkt a nikoli odpad a kdy odpad přestává být odpadem.“ [3]*

### **3.3.4. Hierarchie způsobů nakládání s odpadem dle zákona**

Ze zákona o odpadech, z paragrafu § 9a, existuje předepsaná základní hierarchie způsobů nakládání s odpady:

1. předcházení vzniku odpadů,
2. opětovné použití odpadů,
3. recyklace odpadů,
4. energetické nebo jiné využití,
5. odstranění odpadů.

Od tohoto pořadí se lze odchýlit, pokud jeho dodržení není z ekonomických, ekologických nebo technologických hledisek možné.

Vedou se spory nad faktem, když movitou věc nezařadíme do režimu „odpad“, ale rovnou do režimu „druhotná surovina“, jedná se o tzv. „předcházení vzniku odpadů“. Ale pokud movitou věc do odpadového režimu zařadíme, začíná se hovořit o „opětovném použití odpadů“. Rozdíl mezi nimi je pouze formální a stejnou movitou věc využitou ke stejnému účelu můžeme nalézt v obou kategoriích. [5, 6]

#### **3.3.4.1. Předcházení vzniku odpadů**

Povinnost vytvořit program, který řeší předcházení produkci odpadu, vychází ze Směrnice Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 o odpadech. V českém stávajícím zákoně č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění, je povinnost vytvoření prevenčního programu zakotvena v § 42, v odst. 2.

---

[3] Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech

Předcházení vzniku odpadů představuje prioritu ve všech právních předpisech v oblasti odpadového hospodářství. Nejaktivnějšími propagátory předcházení vzniku odpadů jsou u nás ekologické organizace, které svoji pozornost zaměřují zejména na obyvatele a jejich komunální odpad, který v roce 2015 tvořil pouze 14 % z celkového množství odpadu. Je s podivem, že jejich terčem nejsou velké korporátní firmy a jejich podnikové odpady, které představují největší část z vyprodukovaných odpadů v České republice (23,2 miliónů tun všech podnikových odpadů za rok 2015).

Lehce znepokojivou zprávou je, že i přes zákonné opatření ohledně předcházení vzniku odpadů, produkce našeho komunálního i podnikového odpadu stoupá. [5, 8, 9, 7]

### 3.3.4.2. Opětovné použití odpadů

Tento způsob nakládání s odpady je zákonnou hierarchií předřazen recyklaci z logického důvodu. Využívá totiž již vyrobené věci bez výrazného energeticky náročného zpracování materiálu. Spadá sem používání odpadu jako druhotné suroviny v původní, nebo lehce upravené formě, šetrné rozebírání výrobků za účelem využít co nejvíce nepoškozených a funkčních částí ke stejnému účelu, k jakému sloužily, nebo odborné opravení zařízení a znovu uvedení do provozu.

Evropané mají zájem o repasované a opravené zboží, například o elektroniku, nábytek a textil. Dokazuje to analytická zpráva Evropské komise – „*Attitudes of Europeans towards resource efficiency*“ z roku 2011, kdy celkově odpovědělo 68 % dotázaných ze vzorku 27 tisíc lidí, že by si takovéto produkty zakoupilo. V České republice opět trochu zaostáváme a výrobky z druhé ruky by si zakoupilo pouze 30 % z dotazovaných.

I demolici domu je možné provést šetrně. Konstrukci lze odborně rozebrat po částech a zachovalé kusy využít na stavbě jiné. Například radiátory, dřevěné podlahy, střešní krytiny, obklady nebo výplně otvorů. Demoliční četa ovšem nebere žádné ohledy a přitom by stačilo vynaložit pouze malé úsilí k výraznému zmenšení produkce odpadů, snížení intenzity těžby nerostných i obnovitelných surovin a snížení vstupní energie určené na přepracování surového materiálu na výrobky. Z budov postavených do roku 1900 lze upotřebit až 80 % komponentů, protože tehdejší spoje byly většinou šroubovatelné, nebo rozebíratelné. Moderní přístupy provádění pevných nerozebíratelných spojů se tedy v budoucnu při demolicích ukáží pravděpodobně jako problémové. Proto se nyní začínají testovat prototypy demontovatelných budov a jeden z prvních je budova PROJECT XX v nizozemském Delftu.

S rozumným přístupem by se mohl otevřít nový tržní prostor a nový druh podnikání v oblasti znovu používání stavebních dílů. Německé sdružení bauteilnetz – Deutschland vidí v recyklování velký potenciál. Jejich současná projekční činnost se zaměřuje na výstavbu domů využívajících stavebních materiálů a dílů z druhé ruky. Nevýhodou takového jednání je prodloužení doby demolice a nutnost znovupoužitelný materiál někde skladovat. [10, 11, 24]

### 3.3.4.3. Recyklace

Princip recyklace je velice jednoduchý. Spočívá v cyklickém zpracování separovaného odpadu za použití přidané energie a recyklačních technologií zpět na materiály, které znovu poslouží ve stejném, nebo naprosto odlišném výrobním procesu. Důvodů, proč recyklovat, je nespočet. Těmi nejzákladnějšími jsou ochrana životního prostředí, ekonomická efektivnost, šetření přírodními surovinovými zdroji a samotná likvidace odpadu. Dnes už existují technologie na recyklaci téměř každého materiálu. Nejnovější „hi-technologie“ se soustřeďují hlavně na získání cenných kovů z elektronického odpadu. Ovšem ty nejzatíženější recyklační linky jsou v oboru stavebnictví, které za rok 2015 vytvořily téměř 4,9 miliónů tun druhotných surovin.

Efektivita recyklace zajisté záleží na konzumentech a na jejich vůli se na procesu podílet. Tato práce se zaměřuje především na způsob materiálového používání odpadu jako alternativních surovin ve stavebnictví. Proto se detailnějšímu popisu zdrojů recyklovatelných materiálů, technologiím a výrobkům z odpadu budu věnovat až na následujících stranách. [17, 25]

### 3.3.4.4. Energetické využití odpadu – spalování

*„Energetické využívání odpadů znamená využití uvolněné tepelné energie ze spalování odpadu k výrobě tepelné a elektrické energie.“<sup>[4]</sup>*

Spalování odpadu splňuje oba znaky, charakteristické pro využití odpadu:

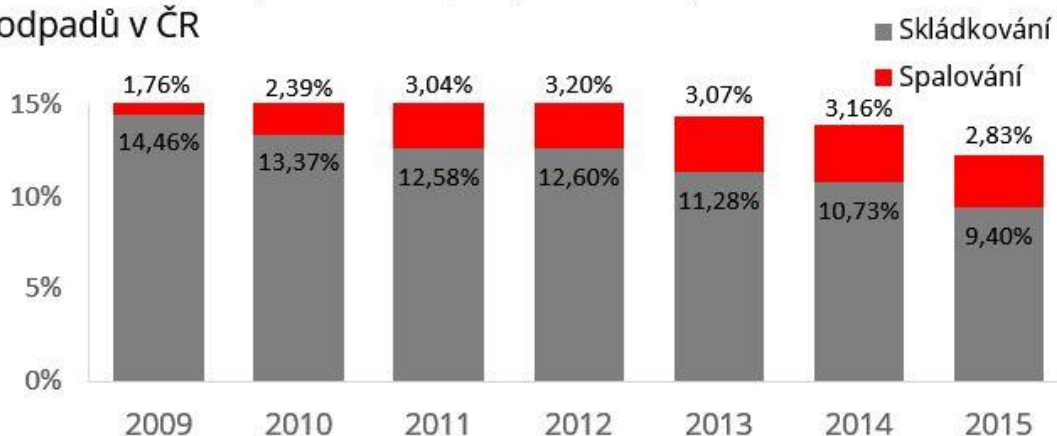
1. odpad slouží užitečnému účelu (výroba tepla a elektrické energie),
2. odpad nahrazuje jiné materiály, zde fosilní paliva, která by jinak byla použita ke konkrétnímu účelu, tj. výrobě tepla a elektřiny.

---

<sup>[4]</sup> Energetické využití odpadu. Sako.cz [online]. Brno [cit. 2013]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/79/energeticke-vyuzivani-odpadu/>

Vše je podmíněno vysokou účinností energetického procesu, vypočítanou dle vzorce pro energetickou účinnost, stanoveného v zákonu o odpadech v příloze č. 12. Rozšíření energetického využívání odpadu brání hned několik bariér. Významné z nich jsou omezení vyplývající z legislativních regulací, vysoké investiční náklady a nedostatečná připravenost investora i veřejné správy na plnění vzniklých povinností. Poměr spalovaných a skládkovaných odpadů v ČR v letech 2009 – 2015 můžeme zjistit z grafu č. 1.

### Skládkované a spalované odpady z celkové produkce odpadů v ČR

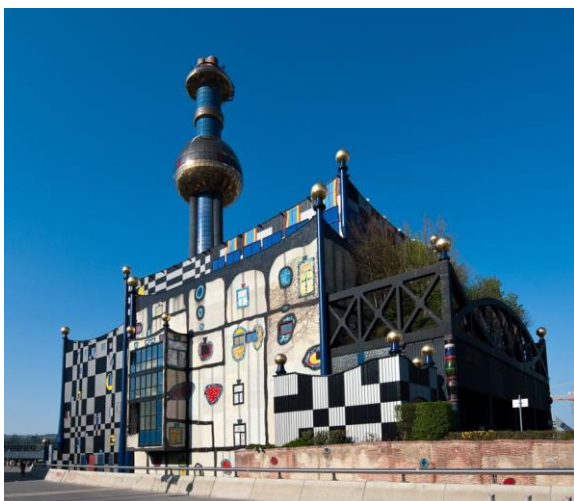


Graf č. 1 - Skládkované a spalované odpady z celkové produkce odpadů v ČR

První spalovna Waste to Energy (WtE) byla postavena teprve před 143 lety v roce 1874 v britském Notinghamu. Tato technologie je tedy naprostý nováček ve způsobech nakládání s odpady, kdežto skládkování je způsob používaný od počátku nejstarších civilizací. Spalování je ale mnohem efektivnější. Prioritním cílem je získání tepelné energie pro výrobu energie elektrické, dále se sníží objem odpadu alespoň o 90 %, odstranění proběhne v krátkém čase s dostatečnou dekontaminací odpadů od virů a bakterií. Navíc jsou spalovny pod stálou kontrolou, takže je znečištění životního prostředí minimalizováno. Ve Švýcarsku je dokonce zákaz skládkování a veškerý nerecyklovatelný odpad se spaluje. Téměř úplnému vyloučení skládkování ze způsobů nakládání s odpady se blíží evropské státy jako Rakousko, Německo, Belgie, Dánsko, Švédsko, Norsko a Nizozemí.

Na následující straně na obrázku č.1 si můžeme prohlédnout zajímavou WtE spalovnu odpadů Spittelau, postavenou na severním okraji vídeňské čtvrti Alsergrund. Navrhnul jí rakouský architekt Friedensreich Regentag Dunkelbunt Hundertwasser a dokázal tím, že i spalovna odpadů se může stát architektonickým dílem spojující tři zdánlivě neslučitelné elementy – odpad, energii a umění. V Japonsku se stavba od Hundertwassera zalíbila, a proto

mu nabídli spolupráci při zpracování návrhu spalovny odpadů v Osace. Vzhled výsledné stavby si můžeme prohlédnout na obrázku č. 2. [5, 13, 14, 16, 75]



Obrázek č. 1 – spalovna odpadů Spittelau – Vídeň    Obrázek č. 2 – spalovna odpadů Maishima – Osaka

### **3.3.4.5. Odstranění odpadů skládkováním**

Díky jednoduché proveditelnosti a minimálním nákladům je skládkování celosvětově nejpopulárnější způsob odstranění odpadů a investoři mu dávají přednost před spalováním. Jak můžeme vidět z grafu č. 1, rozdíl je obrovský. Je to zapříčiněno tím, že energetické využití odpadu je investičně mnohem nákladnější, oproti skládkování. Skládkováním se v ČR v roce 2015 odstranilo 3,516 miliónů tun odpadu, což představuje 9,40 % z celkového množství produkce 26,946 miliónů tun odpadu. [16, 17]

## **3.4. Zákon č. 100/2001 Sb. – Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí**

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí byl prohlášen za platný 20. 3. 2001 a účinnosti nabyl 1. 1. 2002.

Procesy EIA (Environmental Impact Assessment) a SEA (Strategic Environmental Assessment), jak se posuzováním vlivů na životní prostředí řekne ve zkratce, vyhodnocují komplexní vliv nových záměrů a koncepcí na životní prostředí a mají hlavní slovo při povolování plánovaných záměrů.

#### **EIA-** Environmental Impact Assessment

Smyslem zákona o posuzování vlivů na životní prostředí je zajistit, aby žádný čin neměl lokální negativní následky na životní prostředí. V příloze č. 1 tohoto zákona najdeme jaké objekty, činnosti a technologie podléhají EIA posouzení. Záměry jsou následně rozděleny do dvou kategorií podle velikosti provedení na záměry „vždy podléhající posouzení“ a na záměry „vyžadující zjišťovací řízení“. Existuje webová stránka [www.cenia.cz/eia](http://www.cenia.cz/eia), která slouží jako veřejně přístupný informační systém, ve kterém najdeme kompletní evidenci posuzovaných záměrů.

Na vyhodnocení záměrů v oblasti odpadového hospodářství se klade velký důraz a na povolení skládkování odpadu a na povolení materiálového a energetického využívání odpadu se vyžaduje minimálně zjišťovací řízení. Tuto povinnost uveřejnění ukládá sám zákon č. 100/2001 Sb. Bez povolení EIA nesmí příslušný úřad (většinou stavební) záměr povolit.

#### **SEA-** Strategic Environmental Assessment

Tato část zákona upravuje posuzování vlivů na životní prostředí v celostátním, krajském a regionálním měřítku. Stejně jako EIA má i SEA svou část na webové stránce [www.cenia.cz/sea](http://www.cenia.cz/sea), kde nalezneme kompletní evidenci záznamů o posuzovaných záměrech na území ČR v rámci SEA.

[18, 19, 20, 21, 22]

## **4. Rozdělení odpadu**

Odpad můžeme rozdělit podle mnoha kritérií a jeho výběr závisí na organici vyhodnocující sesbíraná data. Odpadem se může stát jakákoliv věc ležící ve vašem dosahu i mimo něj, cokoliv, co bylo pozměněno námi a našimi technologiemi, jednoduše řečeno vše. Lze tudíž konstatovat, že různorodost materiálů a tím pádem i množství rozdělovacích kritérií je značné.

Níže v textu budou zmíněny kategorie rozdělené dle původu a dle vlastností. Každé rozdělení má svůj význam při vytváření komplexních statistik.

Pro hlavní obsah této práce bylo vhodně zvoleno rozdělení odpadů dle Katalogu odpadů, které je praktické, logické a vycházející z našeho zákona o odpadech. [6, 23]

## 4.1. Rozdělení odpadu dle původu

Veškerý odpad pochází buď z výrobní, nebo spotřební činnosti. Do výroby můžeme zařadit odpady z průmyslu, zemědělství a jaderné odpady, spotřební odpad tvoří hlavně odpad komunální, odpady ze zdravotnické péče a ostatní nezařazené odpady. [6, 23]

### 4.1.1. Odpady z průmyslu

Odpady z průmyslu jsou výsledkem průmyslové produkce. Do této skupiny lze zařadit odpady ze stavebních činností, strojírenské výroby, těžebního průmyslu a mnoha dalších průmyslných oborů. Do této kategorie odpadů patří také ochranné prostředky (filtry) k odsíření nebo snížení emisí a odpady z těchto zařízení pocházející (energósádrovec, elektrárenský popílek a další). Za rok 2015 se vyprodukovalo celkem přes 23 miliónů tun podnikového odpadu z oboru zemědělství, lesnictví, rybářství, těžby a dobývání, zpracovatelského průmyslu, energetiky, čištění odpadních vod, dopravního a stavebního.

Právě v oboru stavebním je produkce odpadů nejvyšší, představuje přibližně 65 % z podnikových odpadů, to je 45 – 50 % ze všech vytvořených odpadů na území ČR. Některé druhy odpadů se mohou vhodně použít jako alternativní suroviny v oboru stavebním a jsou hlavním předmětem této práce. Rozdělují se do skupin na základě vyhlášky č. 93/2016, o Katalogu odpadů a detailněji se jim bude práce věnovat v kapitole č. 6. [2, 5, 6, 7]

### 4.1.2. Komunální odpady

Jedná se o odpady vytvořené činnostmi domácností a malých živnostníků na území obcí. Tento tuhý komunální odpad (municipal solid waste – MSW) tvořil v roce 2015 v České republice 12,4 % z celkové produkce odpadů. Jednalo se o 3,3 mil. tun, tedy o 310 kg na osobu za rok. [16, 23]

Komunální odpad se dělí na:

- vytříditelný,
- směsný,
- nebezpečný,
- BRKO – biologicky rozložitelný komunální odpad,
- objemný odpad.

Z publikace na internetových stránkách organizace worldbank.org, „What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management“, vydána roku 2012, díky dostupným datům o produkci odpadu z celého světa, bylo zjištěno, že nejvíce komunálního odpadu na osobu připadá z malých ostrovních států třetího světa v Latinské Americe, například Trinidad & Tobago (5 256 kg/osobu/rok), Barbados (1 733 kg/osobu/rok). Takto výrazná produkce je nejspíše ovlivněna velkými chybami ve statistice, který jsou způsobeny například špatným zařazením odpadů nebo chybějícími údaji. Dále kvůli rozdílným právním nařízením a nízkého počtu stálých obyvatel, na které připadá veškerý odpad způsobený také rozvinutým turismem. Nicméně problémy s odpadem vznikají právě kvůli nepřipravenosti a lhostejnosti zákonodárců, nízké informovanosti o správném nakládání s odpady a celkovou povahou místních obyvatel. Další příklad můžeme najít na asijském ostrově Srí Lanka, na kterou připadá produkce 1 861 kg/osobu/rok.

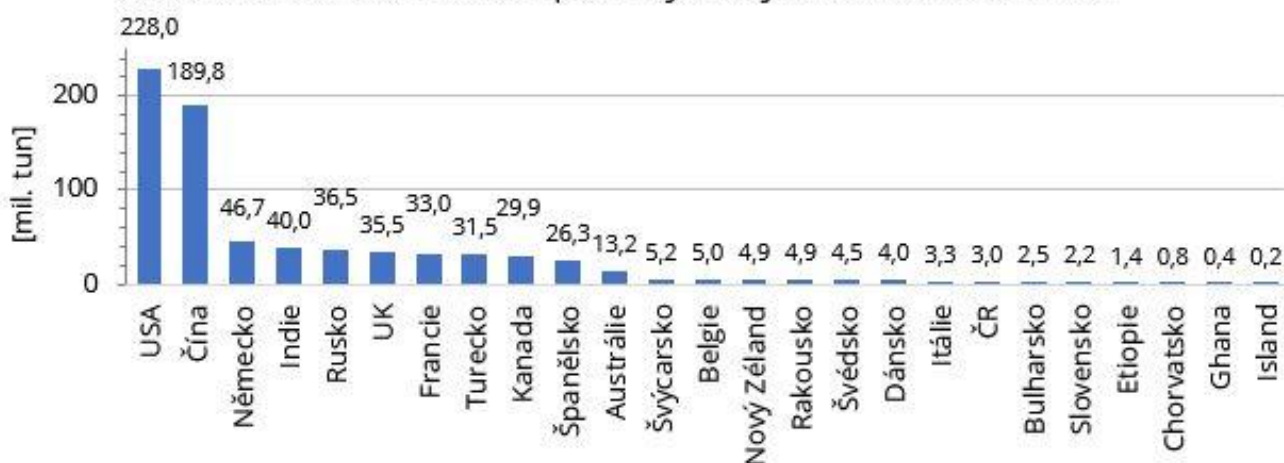
Tyto případy vysoké produkce odpadu jsou paradoxem v celkové statistice produkce odpadů. Celosvětový trend je takový, že čím vyšší je hodnota HDP, tím vyšší je produkce komunálního odpadu připadající na jednoho obyvatele. Můžeme se o tom přesvědčit na grafu č. 2.

Celkové množství vyprodukovaného odpadu se zajisté odvíjí od počtu obyvatel, ale závisí i na výrazných rozdílech v produkci odpadu na jednoho obyvatele. Na grafu č. 3 můžeme vidět celkovou produkci komunálních tuhých odpadů ve vybraných státech světa. [6, 16, 17, 23, 24, 27]



Graf č. 2 – Produkce komunálních odpadů vybraných států za rok 2012

## Produkce komunálního odpadu vybraných států za rok 2012



Graf č. 3 -Produkce komunálního odpadu vybraných států za rok 2012

Do komunálního odpadu směsného se počítá také vyhozené spotřební zboží ze supermarketů. Díky Brněnským organizacím Free Food a Food not Bombs máme alespoň trochu představu o skutečném stavu produkce supermarketového odpadu a pomocí sdílených informací se společný odhad pohybuje okolo 400 tun vyhozeného jídla ve městě Brně za rok. Teď si tuto situaci představme v různých měřítkách v každém městě Jihomoravského kraje, České republiky, Evropy.

### 4.1.3. Zemědělské odpady

Do kategorie zemědělských odpadů spadá biologicky rozložitelný odpad z rostlinné a živočišné výroby společně s agrochemickým odpadem. Produkce těchto odpadů se v ČR každým rokem snižuje o zhruba 5 %, v roce 2015 dosáhla hodnoty pouze 104 tisíc tun. Velký vliv na úbytek odpadu má fakt, že zemědělský odpad je využíván způsoby, ze kterých mají užitek všichni. Většina odpadu je organického původu a ten se dále rozděluje na:

- přímo materiálově využitý
- materiálově využitý po úpravě biologickými procesy

Většina odpadu se navrátí do živého koloběhu látkových výměn a poskytne živiny pro rostlinné i živočišné organismy. [6, 16, 23]

### 4.1.4. Odpady ze zdravotnictví a veterinární péče

V ČR se za rok 2015 vyprodukovalo 843 tisíc tun (76 kg/osobu/rok) zdravotnického odpadu, jehož obsah může být infekční. Pokud nebyl odpad příslušně dekontaminován, je povinnost

nakládat s ním ve zvláštním režimu pro nebezpečný odpad a odstraňovat ho ve speciálních spalovnách. Existují metodická doporučení pro nakládání s odpady ze zdravotnictví, které vydalo Ministerstvo životního prostředí v roce 2009. I tady platí stejný celosvětový trend, tedy že více ekonomicky rozvinutá společnost produkuje více zdravotnického odpadu připadajícího na jednoho obyvatele. [6, 16, 23]

#### **4.1.5. Jaderné odpady**

Jaderné odpady jsou samostatnou skupinou odpadů a pro nakládání s nimi existuje samostatná právní norma, tzv. atomový zákon. Dodržování pravidel o nakládání s jaderným odpadem kontroluje Státní úřad pro jadernou bezpečnost.

Roční produkce nízko a středně radioaktivního odpadu se v ČR pohybuje okolo 450 tun. Tento typ odpadu vzniká z provozu jaderných elektráren, ale také z provozu zdravotnických radiologických zařízení a z vědecké činnosti Ústavu jaderného výzkumu v Řeži u Prahy, kde je zároveň i Centrum pro nakládání s radioaktivními odpady.

Produkce vysokoaktivního jaderného odpadu, tedy vyhořelého paliva z našich dvou jaderných elektráren, Temelín a Dukovany je zhruba 100 tun ročně.

Celosvětová roční produkce HLW (High-Level radioactive Waste) přesahuje 12 000 tun. [5, 6, 7, 23, 27, 28, 29, 30]

#### **4.1.6. Ostatní odpady**

Do této kategorie spadají všechny nezařazené odpady, například odpady vzniklé z rozebírání elektroodpadů a elektrozařízení, odpady z čištění odpadních vod (kaly) a obalové materiály. [23]

### **4.2. Rozdělení odpadu dle vlastností**

Odpad řadíme do dvou skupin, nebezpečné odpady a ostatní odpady. Do které skupiny odpad zařadíme záleží na množství faktorů, například míra rizika převozu, zpracování, vyluhování nebezpečných látek, nebo stupeň ohrožení lidského zdraví. [6, 23]

#### **4.2.1. Nebezpečné odpady**

Charakteristika nebezpečných vlastností odpadů a kritéria, podle kterých se tyto vlastnosti posuzují, jsou stanoveny v předpisu Evropské unie (Nařízení komise (EU) č. 1357/2014 ze dne 18. 12. 2014). Vyhláška MŽP a MZ č.93/2016 o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů

upřesňuje obsah evropských předpisů. Stačí, aby předmět splňoval jednu z nebezpečných vlastností, nebo byl uveden v katalogu nebezpečných odpadů a už se s ním musí náležitě nakládat. Takovými odpady, které by mohly způsobit nějaké riziko, jsou například zářivky, veškeré baterie, stará léčiva a chemické látky jako barvy, rozpouštědla a další. [7, 23, 31, 32]

#### 4.2.2. Ostatní odpady

Tyto odpady nemají nebezpečné vlastnosti a do této kategorie spadá každý rok okolo 95 % z vyprodukovaného odpadu, ať už podnikového, nebo komunálního. Na sloupcovém grafu č. 4 můžeme vidět celkové množství vyprodukovaného odpadu, které je rozdělené do dvou kategorií, a to na odpad nebezpečný a odpad ostatní. Graf znázorňuje produkci odpadů v České republice v letech 2009 – 2015. [16, 17]



Graf č. 4 - Podíl produkce ostatního a nebezpečného odpadu v ČR

#### 4.3. Rozdělení dle Katalogu odpadů

Povinnost vytvořit Katalog odpadů vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES ze dne 19. 11. 2008 o odpadech a z rozhodnutí komise 2014/955/EU. V naší legislativě je Katalog odpadů zakotven v příloze prováděcího právního předpisu Ministerstva pro životní prostředí, ve vyhlášce č. 93/2016. Vyhláška obsahuje nejen kompletní katalog s odpady, ale také stanovuje postup pro zařazování odpadu a stanovuje obsah a náležitosti

návrhu, který podává obecní úřad s rozšířenou působností, na zařazení odpadu při jeho nejednoznačné identifikaci. [7, 33]

V praxi odpad rozděluje do kategorií sám původce odpadu, nebo oprávněná osoba.

Značení v Katalogu odpadů je společné pro celou Evropskou unii. Kód odpadu obsahuje šestimístné katalogové číslo a pokud se jedná o odpad nebezpečný, ukončí se kód značkou „N“ nebo „\*“. [23, 31]

## 5. Odpady jako druhotné suroviny

První zmínka o používání odpadu jako druhotné suroviny je z roku 1031 z Japonska, kde byla povinnost recyklovat veškerý použitý papír. My ovšem pojem druhotná surovina nemáme zákonem definovaný dodnes a v zákonu o odpadech, č. 185/2001 Sb., § 4 písmeno t), se hovoří pouze o materiálovém využitím odpadů, které zahrnuje recyklaci a jiné použití materiálu ke stejným, nebo rozdílným účelům vyjma bezprostředního získání energie.

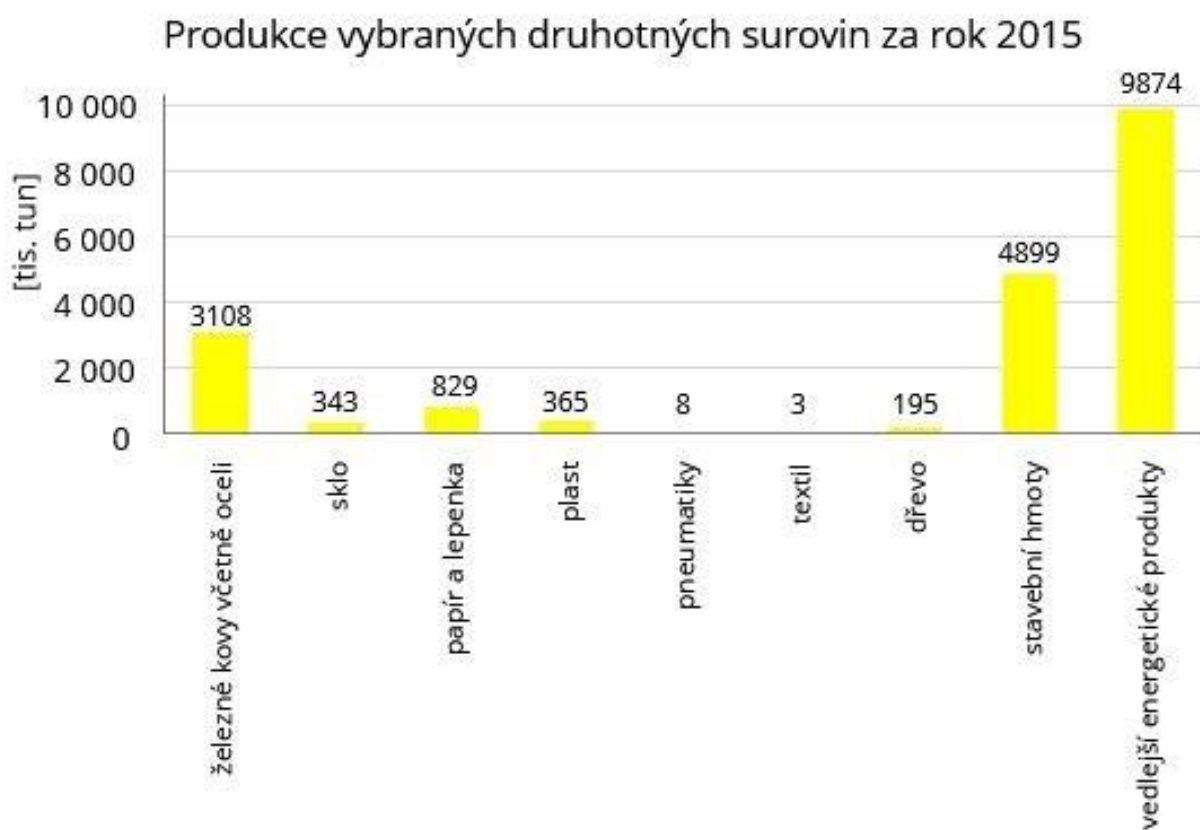
Druhotné suroviny vznikají lidskou činností jako vedlejší produkty výroby nebo vznikají úmyslným tříděním a recyklací. Lze je použít do procesu výroby jako náhradu za primární suroviny, ale podle správní praxe je realita o druhotných surovinách trochu jiná a v definiční části v ustanovení § 3, s přihlédnutím na přílohu č. 1 ze zákona o odpadech, je v této fázi odpadem téměř vše. Dosloužilé výrobky, vedlejší produkty i vytríděný materiál bude stále v zákonném režimu pro odpad, pokud při hodnocení podle Katalogu odpadů neuspějeme s tvrzením, že pro danou věc existuje její materiálové uplatnění a že nemám úmysl ani povinnost se věci zbavit.

Mít druhotnou surovinu v režimu pro odpad neznamena, že se použitelná surovina musí bez užitku zlikvidovat například skládkováním. Využít jí lze, ale v zákoně bohužel chybí cesta, jak mohou suroviny tento systém zmocňovacích ustanovení a předpisů jednoduše a bez zbytečného papírování opustit a setřást ze sebe povinnosti pro nakládání s nimi v režimu odpadů. „Legalizování“ odpadu, kterým se z něj stane materiál se standartním režimem probíhá pod působností jiných předpisů. Většinou pod předpisy pro kvalitu použitých surovin, a pro jejich potřebu je nutnost provádět laboratorní testy.

Některé druhy odpadů jsou tříděny a recyklovány samotnými tvůrci odpadů, bez dotací, bez nařízení, dobrovolně. Splňují totiž předpoklady pro ekonomickou výhodnost a cíl podnikatelů – zvýšení výnosu z výroby díky sníženým nákladům, v těchto případech se jedná o snížení nákladů za primární suroviny. V takových průmyslových odvětvích, ve kterých není výhodné odpad znovu používat, musí stát přispívat finanční částkou nebo jakýmsi

zvýhodněním, aby subjekty odpad znovu používaly jako druhotnou surovinu, protože bez podpory by nebyla recyklace efektivní. Když je vynaloženo větší množství energie pro zpracování a následné používání druhotných surovin, než je vynaloženo při používání primárních surovin, tak je využívání finančně nevýhodné.

Další informace o nakládání s druhotnými surovinami jako novými zdroji surovin pro výrobu v zákonu uvedeny nejsou, a proto živnostníci i podnikatelé hledají co nejméně nezákonné cesty, jak by mohli druhotnou surovinu využívat i přes její právní označení – odpad. Na grafu č. 5 se můžeme přesvědčit, že bez ohledu na překážky kladené zákonem jsou odpady jako druhotné suroviny využívány v dostatečné míře. Graf č. 5 ukazuje produkci vybraných surovin za rok 2015 v České republice. [5, 6, 7, 16, 34]



Graf č. 5 – Produkce vybraných druhotných surovin za rok 2015

## 5.1. Hodnocení použitelnosti odpadu ve výrobě

Jedná-li se o jednoduše použitelný odpadní materiál bez nebezpečných vlastností, nechá se zpracovat autorizovanou zkušební laboratoří odborný posudek o tom, že materiál je po stránce složení bezpečný a vyhovuje podmínkám stanovených pro výrobu. Existence

dokladu dokazuje, že je odpad hoden použití ve výrobním procesu a bude dosahovat stejné kvality jako surovina prvotní. Bohužel, z konstrukce zákona vychází fakt, že i posouzený materiál by měl stále spadat do režimu odpadů.

Aby se materiál mohl použít ve stavebnictví, musí striktně splňovat požární parametry dle Evropských a českých legislativních požadavků – ČSN EN 13501-2, ČSN 73 0802 a ČSN 73 0804 – Základní požadavky z hlediska požární bezpečnosti stavebních konstrukcí, výrobků a materiálů. Dále musí splňovat veškeré podmínky stanovené vyhláškou č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby a dodržovat stavební zákon č. 183/2006 Sb., § 156 – Požadavky na stavby a zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky. [7, 8]

## **5.2. Potenciál využití odpadů ve stavebnictví**

Ze statistiky „Výroba vybraných výrobků v průmyslu – 2015“ z Českého statistického úřadu vyplývá, že stavební průmysl pracuje s obrovským množstvím materiálu, co se do hmotnosti i objemu týče. Má tedy obrovský potenciál a je velice vhodným oborem, ve kterém by bylo možné upotřebit velké množství odpadů jako stavební suroviny. Rozmanitost použitelnosti odpadů ve stavebnictví se stále zvětšuje, vznikají nové projekty na přepracování odpadních surovin na stavební materiály a v blízké budoucnosti se s přispěním zákona zajistí další nárůst a očekává se i brzká změna legislativy, která by měla zjednodušit nakládání s odpady jako s druhotnými surovinami. [16, 25, 26]

## **6. Souhrnný přehled odpadních materiálů použitelných ve stavebnictví**

V tabulce č. 1 na následující straně je uveden výňatek z Katalogu odpadů. Tabulka obsahuje souhrnný přehled průmyslových a komunálních odpadních materiálů použitelných ve stavebnictví. Do tabulky byly vybrány takové odpady, které lze přepracovat na výrobky a produkce těchto druhů odpadů je dostatečná, aby bylo možné provádět recyklaci v ustáleném procesu materiálového využívání. [31]

Tabulka č. 1 – Souhrnný přehled odpadních materiálů použitelných ve stavebnictví

<b>02</b>	<b>Odpady ze zemědělství, lesnictví, výroby a zpracování potravin</b>
<b>02 01</b>	<b>Odpady ze zemědělství</b>
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 07	Odpady z lesnictví
<b>03</b>	<b>Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky</b>
<b>10</b>	<b>Odpady z tepelných procesů</b>
<b>10 01</b>	<b>Odpady z elektráren a jiných spalovacích zařízení</b>
10 01 01	Škvára, struska a kotelní prach
10 01 02	Popílek ze spalování uhlí
10 01 05	Pevné reakční produkty na bázi vápníku z odsiřování spalin
<b>17</b>	<b>Stavební a demoliční odpad</b>
<b>17 01</b>	<b>Beton, cihly, tašky a keramika</b>
17 01 01	Beton
17 01 02	Cihly
17 01 03	Tašky a keramika
<b>17 02</b>	<b>Dřevo, sklo a plasty</b>
17 02 01	Dřevo
17 02 02	Sklo
17 02 03	Plasty
17 02 04*	Sklo, plasty a dřevo obsahující nebezpečné látky nebo nebezpečnými látkami znečištěné
<b>17 03</b>	<b>Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu</b>
<b>17 04</b>	<b>Kovy</b>
<b>17 05</b>	<b>Zemina, kamení, vytěžená jalová hornina a hlušina</b>
<b>17 06</b>	<b>Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu</b>
<b>17 08</b>	<b>Stavební materiál na bázi sádry</b>
<b>17 09</b>	<b>Jiné stavební a demoliční odpady</b>
<b>20</b>	<b>Komunální odpady včetně složek odděleného sběru</b>
<b>20 01</b>	<b>Složky z odděleného sběru</b>
20 01 01	Papír a lepenka
20 01 02	Sklo
20 01 10	Oděvy
20 01 11	Textilní materiály

### 6.1. Organické odpady ze zemědělství, lesnictví a ze zpracování dřeva

Tyto dvě skupiny odpadů pod číslem 02 a 03 byly zařazeny pro popisné a statistické účely do jedné kategorie, protože je spojuje jedna vlastnost, a to, že jsou biologického původu. Rostlinné i živočišné, oba druhy lze využít ve stavebnictví.

Pod kategorií označenou číslem 02 se řadí velice cenné suroviny. Jsou jimi především odpady ze zpracování obilovin (pšeničná, žitná, ječmenná a ovesná sláma), konopí (konopné pazdeří),

odpady z lesnictví (odřezky, štěpka, piliny, větve atd.) a odpady z živočišné výroby (kravská mrva, ovčí vlna).

Pod kategorií 03 jsou zařazeny také organické odpady vláknitého původu, pocházející ovšem z výrobního stupně zpracování dřevní hmoty, jako je výroba desek, nábytku, celulózy, papíru a dalších podobných produktů. [1, 2, 6]

### **6.1.1. Sláma**

Sláma se používala ve stavebnictví od pradávných časů, s nástupem zděných konstrukcí se od jejího používání upustilo, ale permakulturní, ekologická a rádoby udržitelná společnost si domy ze slámy, konkrétně ze slaměných balíků, opět nechává postavit, nebo dokonce vlastnoručně a za pomoci přátel staví. Velkou výhodou slaměných konstrukcí je vytvoření příjemnějšího klimatu, zmenšení ekologické stopy a ulehčení pozdější demolice. Tyto výhody slámo-dřevěných konstrukcí naštěstí neupadly v zapomnění, a i dnes je vlastnit „slamák“ přáním mnoha rodin. Na domy se slaměnými stěnami se běžně vydávají stavební povolení i hypotéky. Navíc je sláma vhodný stavební materiál pro jakékoliv typy objektů, vyjma těch veřejně financovaných.

V České republice není možnost postavit samonosné slaměné konstrukce na rozdíl od Kanady a Austrálie, kde samonosných slamáků stojí tisíce. Naše legislativa nedovoluje a dům musí mít vždy jinou kostru s nosnou funkcí, například ze dřeva. V ČR je slámu možno použít pouze jako výplň konstrukcí s tepelně a akusticky izolačními vlastnostmi.

Slámu tvoří hlavně celulóza a je-li ve zdech chráněna před vlhkostí a sluncem, vydrží stovky let. Důležité je tedy utěsnění konstrukce proti vodě a vlhkosti. Pro škůdce není sláma atraktivní, protože v ní chybí jimi vyhledávaná potrava – zrní.

V roce 2015 se v ČR vysely obiloviny na ploše 1 411 000 ha a díky průměrné produkci slámy  $3,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  se jí vyprodukovalo přibližně 5,28 milionů tun. Sláma se používá buď jako podestýlka pod hospodářská zvířata nebo se biologickými procesy upraví a slouží k příležitostnému přikrmování. Dnešní živočišná výroba, díky chovu bez podestýlky, nepotřebuje tolik slámy jako dřív, a proto se sláma v současnosti z velké části zaorává. Bez negativních následků na úrodnost půdy lze použít až 50 % celkové produkce slámy v jiném průmyslu než v zemědělství. Například v energetickém průmyslu a spalováním z ní vyrobit elektřinu.

Mnohem vhodněji však slámu můžeme použít ve stavebnictví jako tepelnou izolaci a výplň stěn, a tím uspořit mnohem více energie, než by byla vyrobena jejím spalováním.

Do uspořenéých zdrojů bychom mohli počítat i virtuální energii, která by byla spotřebovaná na těžbu, zpracování a výrobu stavebních materiálů, místo kterých použijeme slámu.

Databáze domů na stránce ekologického sdružení veronica.cz obsahuje seznam 50 staveb slaměných domů v České republice se základními informacemi o stavbě, konstrukci, průběhu stavby a lokalitě. Dále pak kontakt na majitele, rok realizace a informace o možnostech návštěvy. Lze se domnívat, že počet slaměných domů postavených na našem území je daleko vyšší, jenom majitelé o svém skvostu taktně mlčí. Snad jedinou nevýhodou slámy je její sezónní dostupnost, tedy pouze v době žní.

Sláma i další přírodní materiály mají velký potenciál v moderním stavitelství, ale pro typického českého investora bude stále nejdůležitějším kritériem cena materiálu. I když přesně toto hraje slámě do karet, protože pořizovací cena slámy je velice nízká, ale nelze stanovit přesně, protože to záleží na samotném zemědělci. Určitě existuje možnost si slámu obstarat zdarma, ale obvyklá cena slámy se pohybuje od 150 – 350,- Kč za velký kulatý balík o průměru 120 cm a 10 – 50,- Kč za menší hranatý balík o rozměrech 40 x 50 x 60 cm, ale více záleží na dohodě investora s místními zemědělci. [16, 35, 36, 37]

### **6.1.1.1. Slaměné balíky**

Historie balíkového stavitelství začala na počátku 19. století s vynálezem balíkovacího stroje a od té doby postupuje historií vcelku nenápadně až do současnosti, kde si pár podnikatelů všimlo poptávky po přírodních stavbách a chopili se příležitosti ke komerčnímu stavění domů ze slaměných balíků. Je velká škoda že se musí znovu vědecky objevovat to, co bylo pro dřívější generace jednoduché a samozřejmé.

Ideální slaměné balíky na stavbu jsou o rozměrech 400 x 500 x 600 mm s objemovou hmotností  $90 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , kde součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Tato hodnota byla stanovena zkouškami ve výzkumném institutu FIW v Mnichově.

Metodika hodnocení takovýchto konstrukcí není jednotná, některé instituty provádí výzkum na omítnutých stěnách, jiné na neomítnutých, a proto jsou výsledky velice různorodé dle použitých materiálů. I pozice stébel má vliv na výsledky zkoušek. Lepších výsledků tepelné vodivosti dosahuje konstrukce, když jsou stébla kolmo na směr tepelného toku. Stejně tak uložené balíky jsou ideálnější i z hlediska akustického útlumu. John Glassford provedl v roce 1999 test na průměrný zvukový útlum hlínou omítnuté slaměné stěny při zvukových frekvencích 200 – 18 000 Hz. Celkový zvukový útlum činil 43 – 49 dB.

Na jeden slaměný dům o zastavěné ploše  $150 \text{ m}^2$  a tloušťce stěny 500 mm se spotřebuje na zateplení podlahy, stěn i sedlové střechy asi 1 350 ks balíků, to je přibližně  $162 \text{ m}^3$ . Při roční

produkci 2,64 miliónů tun přebytečné slámy bychom mohli postavit ročně 148 000 slaměných domů a tím šetřit vyčerpatelné nerostné suroviny při výrobě konvenčních stavebních materiálů jako jsou cihly, cement, beton, vápno a další.

Důkazem o existenci staveb ze slaměných balíků jsou obrázky č. 3 a 4. [38, 39, 42]



Obrázek č. 3 – slaměný dům u Velkých Losin



Obrázek č. 4 – kruhový slaměný dům v Rapoticích

### 6.11.2. Drcená foukaná sláma

O vlastnostech drcené slámy se vedly pouze dohady, až Ing. Jiří Teslík z Ostravské technické univerzity roku 2013 zahájil výzkum tohoto perspektivního materiálu a výsledky tříletého disertačního výzkumu foukané drcené slámy jako tepelné izolace zpracoval do spisu s názvem „Výzkum vlastností drcené slámy využitelné ve stavebnictví“. Pan inženýr Teslík, ve spolupráci se zkušebními laboratořemi na VUT FAST, dokázal, že se drcená sláma svými izolačními vlastnostmi řadí mezi kvalitní tepelné izolace srovnatelné s ostatními přírodními materiály a její použití je vhodné. Díky nehomogenitě testovaných vzorků součinitel tepelné vodivosti dosahoval hodnot v rozmezí  $\lambda = 0,044 - 0,057 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  při objemových hmotnostech  $90 - 110 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Ostravskou certifikovanou laboratoří TZUS byl stanoven průměrný součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  na  $0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Testy požární odolnosti byly pro všechny překvapením. Obecně panuje přesvědčení, že sláma a konstrukce slámu obsahující mají malou požární odolnost, protože volně pohozená sláma se zapálí a shoří ihned. Plamínek má dost paliva, prostoru a kyslíku a může se rychle rozšířit. To vše je pravda, ale když je sláma stlačená, ve formě foukané izolace, její požární odolnost EI se výrazně zvýší. I když sláma spadá do skupiny DP3 – hořlavý materiál, má požární odolnost 90 minut bez jakýchkoliv přídatných látek zamezující hoření. Z přírodních materiálů má stejnou nebo lepší třídu požární odolnosti pouze foukaná

celulóza, která je z výroby impregnována retardéry hoření a ovčí vlna, která má teplotu samovznícení až okolo 560 – 600 °C.

U foukaných izolací jsou důležité další vlastnosti: sesedavost a vzduchová neprůzvučnost. V testu vzduchové neprůzvučnosti naměřené hodnoty splnily normové požadavky, ale zato sesedavost drčené slámy se ukázala jako slabá stránka, protože až objemová hmotnost  $110 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  zaručila, že sláma nebude sesedat, což je v porovnání s ostatními foukanými izolacemi o 40 % vyšší objemová hmotnost při stejných izolačních vlastnostech. Normově není stanovena žádná hranice, ale vyšší hmotnost izolace bude zajisté znamenat i vyšší náklady na nosnou konstrukci stavby.

Sláma dosahuje oproti průmyslově vyráběné minerální vatě ( $\lambda = 0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) o 25 % horší tepelně izolační vlastnosti, ale výběr tepelné izolace by měl brát v úvahu i jiná kritéria, jako je například dopad na životní prostředí a životní cyklus materiálů – LCA (Life Cycle Assessment). Dalším kritériem, které by se mělo vzít do úvahy, je faktor difúzního odporu materiálů, který má přímý vliv na kondenzaci vodních par. U drčené slámy se faktor difúzního odporu  $\mu$  dosud nestanovil, ale odhaduje se od 1,5 – 2,5.

Nad kritériem měrné tepelné kapacity materiálu  $C [\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$ , která ovlivňuje fázový posun teplotního kmitu  $\psi$  [hod.], je velice dobré důkladněji popřemýšlet. Izolace z minerální vaty ( $C = 840 - 1150 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) při tloušťce 30 cm má fázový posun 1 – 3 hodiny a v letních měsících dojde velice rychle k přehřátí interiéru, kdežto 30 cm izolace z foukané drčené slámy s tepelnou kapacitou  $C = 1700 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  má fázový posun až 5 hodin. S pomocí těžké hliněné omítky se dosáhne dostatečného prodloužení fázového posunu prostupu tepla konstrukcí. [39, 40]

### 6.1.1.3. Slaměné panely

Dle informací z firmy Ekodesky Stramit s.r.o jsou jejich panely vyráběny lisováním obilné slámy za vysokého tlaku a teploty bez použití jakýchkoliv aditiv. Slaměné jádro se polepí recyklovaným kartonem, aby se zamezilo odírání a lámání panelu. Veškeré materiály používané ve výrobě jsou čistě ekologické a pocházejí z obnovitelných zdrojů.

Standardní tloušťka vyráběných panelů je 60 mm. Hmotnost panelu o standardních rozměrech 2 600 x 1 200 x 60 mm při objemové hmotnosti  $338 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  se pohybuje okolo 74 kg (max.  $27,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  není vyšší než  $0,113 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a hodnota neprůzvučnosti je v průměru 27 dB. Vhodné použití je jako samonosné příčky, nebo se panely můžou zakrýt pochůzné střechy.

Cena takových panelů se pohybuje od 330 – 400,- Kč/m<sup>2</sup>. V České republice vyrábí podobné slaměné panely další firma, EKOPANELY SERVIS s.r.o. z Přelouče, a jejich desky mají vlastnosti téměř totožné s panely z firmy Stramit s.r.o.

Další firmou působící na českém trhu se slaměnými eko-panely je firma SLAMAFLEX. Ta se odlišuje od konkurence tím, že nosnou konstrukci panelu tvoří dřevěná kostra z trámků a OSB desek, která je slámou vycpaná a není ničím krytá. Ovšem cena těchto krabiček vycpaných slámou je zbytečně vysoká, 2 000,- Kč/m<sup>2</sup>. [41]

#### **6.1.1.4. Slaměné doškové střechy**

v České republice jsou slaměné střechy raritou a provádí se spíše na historických objektech, nebo na objektech sloužících k rekreaci. Našlo se i pár nadšenců, kteří nedají na svou slaměnou střechu dopustit. V severním Německu jsou došky běžnou krytinou dodnes. Na správné fungování je potřeba dlouhých a pevných stébel, ale takové obilí se v ČR v agrárním průmyslu již nepěstuje pro malou efektivnost při poměru zrno ku slámě. Pouze drobní zemědělci by mohli vyhovět a vypěstovat obilí se stébly, která budou vyhovovat požadavkům na slaměnou střechu. Na 1 m<sup>2</sup> slaměné střechy se spotřebuje přibližně 20 kg slámy (cca 0,3 m<sup>3</sup>). [43]

#### **6.1.2. Konopí**

Konopí seté (*Cannabis Sativa L.*) přišlo do Evropy nejspíše z oblasti střední Asie, ale je tomu už tak dávno, že o přesném původu máme pouze domněnky. Botanikové do roku 2010 publikovali 11 druhů nebo variant rodu konopí, ale v základu jsou druhy jenom tři. *Cannabis ruderalis*, konopí rumištní, které je velice malého vzrůstu. Roste totiž v chladných severských a vysokohorských podmínkách a také je nezávislé na sluneční periodě, takže dozrává po dosažení určitého věku. *Cannabis indica*, konopí indické, využíváno díky velkému množství CBD jako léčebná odrůda a *Cannabis sativa*, konopí seté, které dorůstá až 5,5 m výšky a poskytuje nejkvalitnější a nejdelší vlákna, nejvíce pazdeří a semen pro další zpracování. Všechny odrůdy *Cannabis* jsou zároveň absolutně nenáročné a lze je považovat za plevel. Při růstu ani po zpracování není náchylné na plísňe a nemusí se nijak chemicky ošetřovat.

Nejstarší archeologický nález dokazující využívání konopí pochází z roku 9 000 před naším letopočtem. Je jím kus konopno-hedvábné látky z Tchaj-Wanu. Dalšími důkazy o hojném používání konopí jsou egyptské hieroglyfy zobrazující konopnou sklizeň a následné zpracování. Že i v České republice má pěstování a využívání konopí svou tradici dokazují první konopné látky staré 5 000 let z Mohelnice.

Rostoucí konopí také odpuzuje škůdce, jako jsou mandelinky, bělásci a mšice, takže je vhodné na zahradě pár rostlin mít a uchránit tak sklizeň ovoce, zeleniny a bylinek. I léčebné účinky konopných mastí, obkladů, výluhů, tinktur a konopných semen byly používány odjakživa, ale dokázány mnoha vědeckými studiemi byly teprve nedávno.

Navíc je pěstování konopí ekonomicky velice výhodné, protože se rostlina postupně zpracuje a využije celá. Vymláčené semeno, ze kterého lze lehce vylisovat olej používaný v potravinářství i v průmyslu. Zbylé stonky, ze kterých se v tírnách získá konopné vlákno a jako odpad zbyde konopné pazdeří, které souží jako důležitý materiál ve stavebnictví. [39, 44, 47, 48]

### 6.1.2.1. Konopný beton

Konopný beton se nazývá betonem neprávem, protože jeho pojivová složka není cement, ale hašené vápno (například Tradical® PF 70, nebo Baumit – NHL 3,5). Plnivo je především z mineralizovaného konopného pazdeří a může se přidat i drcená sláma a písek. Směsi se dají různě upravovat, materiálově modifikovat, upravit pohledové vlastnosti pigmentem, upravit konzistenci podle místa použití a další. HempCrete, jak se konopnému betonu odborně říká, je komplexní difuzně otevřený stavební izolační materiál. Nemůže plnit nosnou funkci, protože jeho pevnost v tlaku se pohybuje v rozmezí  $f_c = 1,5 - 2,1$  MPa, takže nosná konstrukce musí být z jiného materiálu a směs slouží jako výplň s tepelně izolačními vlastnostmi. Velmi dobře spolupůsobí HempCrete se dřevěným skeletem.

V České republice má ochrannou známku na konopný beton firma HempCrete a Tradical® Hemcrete® a na webových stránkách firmy se nachází oficiální charakteristika materiálu Hemcrete®.

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  se při 10 °C pohybuje  $\pm 5$  % okolo hodnoty  $0,0697 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Objemovou hmotností  $\rho$  od 330 do 1 000  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  se řadí mezi lehké stavební materiály v porovnání s klasickým betonem, který má objemovou hmotnost  $\rho$  přibližně 2 200  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . I přes nízkou hmotnost disponuje konopný beton velkou měrnou tepelnou kapacitou  $C = 1\,550 - 1\,700 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , která zaručí dostatečný fázový posun prostupu tepla v letních měsících.

Součinitel prostupu tepla  $U$  při tloušťce stěny 300 mm dosahuje hodnoty  $0,27 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Dle ČSN 73 0540-2:2011 je minimální požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce  $0,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ , takže i 300 mm stěna splňuje požadovaný standard. Stěna tloušťky 500 mm má součinitel prostupu tepla konstrukcí  $U = 0,165 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ , což dosahuje normou doporučených hodnot pro standard pasivních budov.

Požární odolnost konopného betonu je v souladu s BS EN 13501-1: 2007 + A1: 2009 (ČSN EN ISO 1182 nebo ČSN EN ISO 1716) a HempCrete se řadí do třídy reakce na oheň A1, tedy nehořlavý materiál.

Příjemným bonusem je fakt, že vápenné pojivo společně s konopným pazdeřím díky odebíranému CO<sub>2</sub> ze vzduchu pomalu karbonatuje zpět na vápenec. Tím se vytvoří příjemné vnitřní klima s koncentrací CO<sub>2</sub> nepřevyšující limity a konstrukce domu postupem času zvýší svou prostorovou tuhost. Když se dům stane nepotřebným, lze ho jednoduše demolovat, protože stěny je možno rozřezat a použít na jiné stavbě, nebo rozemlít na drobnější části a nastavit jimi čerstvý konopný beton. [49, 50]

### **6.1.2.2. Konopné tvárnice**

Konopných tvárníc na evropském trhu existuje několik druhů, ale základem je vždy konopné pazdeří. Pojiva jsou již různá, například jílové tvárnice obsahují 75 % jílu a 25 % pazdeří. Dalšími pojivy jsou cement, přírodní i umělé pryskyřice a nejčastěji používané vápno. Vlastnosti hotové stěny z tvárníc jsou stejné jako ze sypaného konopného betonu, ale odpadá budování bednění a stavba postupuje rychleji, protože se nemusí čekat 1 – 2 dny, až beton trochu vytvrdne a bednění bude možné posunout. Vlastnosti konopných tvárníc se odvíjí od vlastností pojiva a poměru pojiva ku pazdeří. Ale obecně lze říci, že tvárnice o šířce 30 cm mají velice podobné vlastnosti jako 30 cm široká monolitická stěna z HempCrete. [49, 50]

### **6.1.2.3. Tepelné a zvukové izolace z konopí**

Izolace jsou vyrobeny hlavně z konopného pazdeří a konopných vláken. Příměsí tvoří 3 – 15 % pojivových bikomponentních vláken a 1 – 3 % roztoku solí. Na českém trhu existuje mnoho výrobců konopných izolací a každý má odlišnou recepturu svých produktů.

Oblast použití těchto izolací je velice široká, stejné jako u minerálních a skelných vat, ovšem konopná izolace je v několika parametrech daleko výhodnější a ekologičtější náhradou. Konopím se dají zaizolovat podlahy, stropy, vnější i vnitřní stěny. Kusy izolace se umísťují vždy do roštů a následně se provádí záklop z prken nebo desek. Velice efektivní použití je v přírodních stavbách, nebo ve stavbách na bázi dřeva, protože oba tyto materiály, jak konopí, tak dřevo, jsou difuzně otevřené a pracují s přebytečnou nebo nedostatečnou vlhkostí vzduchu.

Konopná izolace se dodává v rohožích a rolích různých velikostí, dle potřeby stavebníka. Montáž je snadná, protože materiál je měkký, lehce upravitelný nožem nebo pilkou a příjemný na dotek. Kvůli velké hořlavosti se desky namočí do roztoku solí, aby byly zajištěny jejich samozhášivé vlastnosti. Jinak je konopí běžně řazeno do hořlavostní třídy B2 – normálně hořlavé a do třídy reakce na oheň – E – hořlavé při styku s plamenem. Konopná izolace disponuje součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda$  až  $0,042 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , měrnou tepelnou kapacitou přibližně  $C = 1\,650 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , objemovou hmotností  $\rho = 25 - 100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a fázovým posunem průniku tepla 9,5 hodiny.

Výrobou takovýchto izolací se zabývá například německá firma Hock Holding GmbH & Co. KG, která produkuje výrobky známé v České republice pod názvem TERMO – KONOPÍ®. Dalším výrobcem je Claygar s.r.o. se svými konopnými rohožemi HEMP Light a deskami NAPOROWall.

Cena konopných desek se už dlouho drží na stejné hranici. Samozřejmě záleží na tloušťce rohože, od 40 mm za 116,- Kč/m<sup>2</sup> po tloušťku 180 mm za 522,- Kč/m<sup>2</sup>. Při stejné míře zateplení je cena konopné izolace i s montáží o 10 – 20 % vyšší než cena minerálních izolací.

Pazdeří se používá také do desek Empa®, které jsou vyrobeny z lněného a konopného pazdeří s příměsí textilního odpadu s asfaltovou emulzí a cihlářskou hlínou jako pojivem. Tyto desky mají objemovou hmotnost  $\rho = 210 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje v rozmezí  $\lambda = 0,054$  až  $0,076 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Desky jsou však velice nasákavé, pojmu až 380 % své hmotnosti a slouží především jako tepelná a zvuková izolace stěn, příček a podlah.

Další druh konopných pevných izolačních desek jsou desky pouze z pazdeří pojeny močovino-formaldehydovým lepidlem typu Umacol C. Tyto desky jsou šetrnější k životnímu prostředí a dosahují stejných parametrů jako desky Empa®. [39, 44, 45, 46]

#### **6.1.2.4. Konopné oleje a laky**

Konopný olej je znám už od dob Kolumbových, kdy byly konopným olejem natírány lodě, aby se zmírnily agresivní účinky slané vody na dřevo. Dnes se z konopného oleje vyrábí nespočet produktů. Například napouštěcí konopný olej a konopný lazurovací lak NATUROL v různých barvách od české domácí firmy HEMP PRODUCTION s.r.o., průmyslový mazací konopný olej, barvy na kov i dřevo a mnoho dalších produktů na bázi olejů a laků použitelných ve stavebnictví. Olej se získává lisováním konopných semen za tepla nebo za studena a používá se i v kulinářství jako zdroj Omega 3 a 6 mastných kyselin a jako zdroj vzácných esenciálních látek. [52]

### 6.1.3. Dřevo

V průmyslové dřevozpracující oblasti vzniká značné množství pevného dřevního odpadu. Přibližně 44 % z celého objemu dřevní hmoty tvoří odřezky, piliny a ostatní odpad zahrnující listí, jehličí a kůru. Možnosti použití takového odpadu závisí na vlastnostech dřevité hmoty a metodě opracování. Nejběžněji těžené druhy stromů jsou u nás smrk, borovice, dub a buk. „Kvalifikovaný odhad vycházející z dlouhodobých statistik udává, že na 100 kg vytěženého užitkového dřeva zůstává 78 kg dřevního odpadu, který zahrnuje větve, vrcholky stromů a kmeny slabší než 7 cm, listovou zeleň, kůru, prořez a pařezy. Kmen tvoří 60 – 65 % dřevní hmoty, při těžbě cca 7 mil. m<sup>3</sup>, pak přibližně 4 mil. m<sup>3</sup> tvoří teoreticky velký zdroj obnovitelné a ekologické energie.“<sup>[5]</sup>

Dřevní odpad může být použit nejen jako palivo pro výrobu elektrické a tepelné energie, ale hlavně je vhodný materiál pro použití v průmyslu, především ve stavebním při výrobě dřevovláknitých a dřevotřískových desek a dých. Další využití dřevního odpadu je při výrobě lepenky, papíru, celulózy, krmiv a bio-paliv.

Při výrobě desek vzniká další odpad nebo zmetky, které lze následně bezzbytku recyklovat. Bohužel se místo toho ještě nevyužívá na 100 % a stále ještě ve 25 % dochází ke spalování dřevní hmoty. Až když pro dřevěný znehodnocený odpad nebude vhodnější použití, smí se přejít ke spalování. Toto nakládání s odpadem by mělo být podle hierarchie to poslední možné použití dřevité hmoty.

Během následujících desetiletí se očekává nárůst používání rychle rostoucích obnovitelných dřevin, jako jsou topoly, vrby a paulovnie. Monokulturní pěstování těchto plodin může mít devastující účinky na lokální ekosystém.

Každá dřevní hmota obsahuje tři základní složky, jsou jimi celulóza, hemicelulóza a lignin. „Průměrné elementární složení dřeva je tvořeno 49,3 % uhlíku, 6,3 % vodíku a 44,2 % kyslíku, vztaženo na sušinu.“<sup>[6]</sup> [1, 6, 16, 53]

#### 6.1.3.1. Kůrové izolační desky

Vyrábějí se z kůry jehličnatých dřevin s příměsí 30 % pilin, třísek a vláken jako drenážní přísady. Po přidání několika chemických látek pro zvýšení pružnosti, odolnosti proti vlhku a snížení tvrdosti se lisuje na průběžném válcovém lisu. Vysušené desky se používají

---

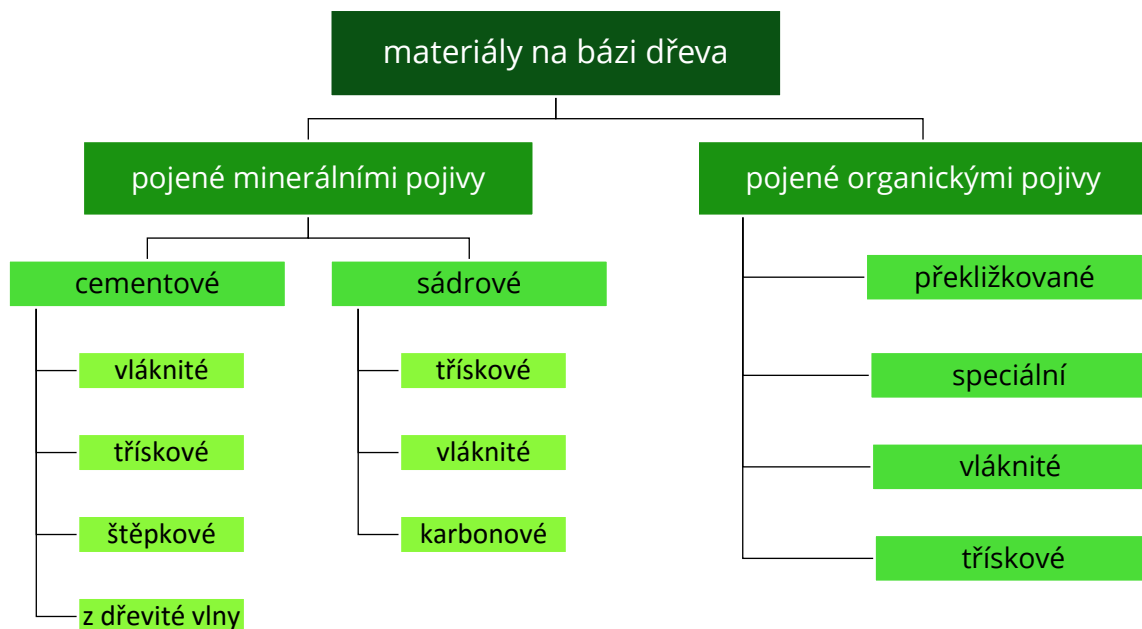
<sup>[5, 6]</sup> KRENÍKOVÁ, Věra. Odpady a druhotné suroviny I. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-869-9.

k tepelné i zvukové izolaci obvodových stěn, střech a podlah, kde desky fungují jako kročejová izolace. Hustota desek  $\rho$  se pohybuje od 360 do 380 kg·m<sup>-3</sup>, a součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,0293 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Pevnost v ohybu byla stanovena na  $\sigma = 0,8 \text{ MPa}$ . Desky se dodávají ve formátu 1 200 x 600 mm o tloušťce 20 mm, takže je nutno položit více vrstev. [39, 53]

### 6.1.3.2. Aglomerované materiály

Tyto materiály jsou vyrobené spojením drobných třísek, vláken a hoblin pomocí pojiva a tlaku. Nejznámějším zástupcem takových materiálů je dřevotřísková deska pro truhlářské účely nebo OSB deska pro účely stavební. Na trhu se pohybuje velké množství firem s nejrůznějšími druhy aglomerovaných materiálů, které lze rozdělit podle druhu pojiva, zda bylo použito organické nebo minerální, následně pak použitou dřevní hmotou, přísadami a způsobu konstrukce desky. Na grafu č. 6 je stručné rozdělení aglomerovaných materiálů a na internetové stránce <http://europanel.org> v sekci „products & producers“ se nachází výčet téměř všech deskových produktů a jejich výrobců, rozdělené podle států s interaktivní mapou.

#### Rozdělení aglomerovaných materiálů na bázi dřeva



Graf č.6 - Rozdělení aglomerovaných materiálů na bázi dřeva

## Desky pojené organickými pojivy

Jako pojivo v aglomerátech slouží například epoxidové pryskyřice, polyuretanové směsi a močovino-melaminformaldehydové lepidla.

## Waferboards

Jedná se o lisované desky z plochých třísek lepenými polyuretanovými směsmi.

První Waferboardy, které se začaly vyrábět v Kanadě v roce 1963, měly třísky rozloženy neuspořádaně, o 13 let později bylo zjištěno, že Waferboardy dosahují větších pevností, když se v nich třísky směrově uspořádají a ještě ten stejný rok 1976 byly patentovány třívrstvé desky z plochých orientovaných třísek – OSB (Oriented Strand Boards). Díky horším vlastnostem se Waferboardy více nerozšířily a místo nich se zahájila velkovýroba OSB. [54, 56, 57]

## Desky z orientovaných třísek – OSB

Obě krycí vrstvy mají třísky rovnoběžně, ovšem prostřední vrstva je pootočená o 90° a tvoří křížovou vazbu jako překližky nebo dýhy. Kvůli tomu, že jsou vrstvy jenom tři, je důležité při používání OSB desek zohlednit a využít příznivých vlastností pevnějšího směru desek.

Na výrobu takových desek se mohou použít jakékoliv dřeviny s hustotou mezi 350 – 700 kg·m<sup>-3</sup>. V Evropě se zpracovávají převážně jehličnany – smrky a borovice. V Severní Americe používají na výrobu OSB desek spíše rychle rostoucí dřeviny, jako jsou topoly, borovice vejmutovky nebo břízy. Při výrobě OSB je výhodou, že i z málo kvalitní vstupní suroviny lze vyrobit velice kvalitní produkt.

Dle ČSN EN 300 Jsou klasifikovány čtyři typy OSB desek:

- OSB/1 – Desky pro všeobecné účely v suchém prostředí, pro vnitřní vybavení včetně nábytku.
- OSB/2 – Nosné desky pro použití v suchém prostředí.
- OSB/3 – Nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí.
- OSB/4 – Zvláště zatížitelné nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí.

Cena OSB desky je o 25 % nižší než cena překližky. Cena nejběžněji používané OSB/3, PD, tloušťky 18 mm, nebroušené, se pohybuje okolo 160 Kč/m<sup>2</sup>, ceny ostatních typů a velikostí se mohou pohybovat od 80 do 350 Kč/m<sup>2</sup>. Objemová hmotnost OSB se pohybuje okolo

$600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  se udává  $0,13 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a měrná tepelná kapacita  $C$  dosahuje hodnot  $1\,500 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . [54, 56, 57]

## Multifunkční desky

Tyto desky představují variantu k OSB deskám, ovšem se stejnou pevností v obou směrech. Jedná se o jednovrstvé třískové desky, kde je zvýšený podíl jemných třísek a pojiva, které je většinou na bázi močovino-melaminformaldehydových lepidel. Tyto desky jsou někdy označovány jako multifunkční panely (MFP) nebo jako Quality Strand Board (QSB). Nejčastěji se používají jako konstrukční desky na podlahy a výrobu nábytku. Díky jednoduché technologii výroby jsou desky i přes vyšší podíl lepidla levnější než OSB, jejich cena se pohybuje dle tloušťky okolo 70 – 260 Kč/m<sup>2</sup>. [54, 56, 57]

## Dřevotřískové desky – DTD

Zavedením výroby dřevotřískových desek, koncem čtyřicátých let minulého století, se otevřela nová možnost používat různorodý dřevní odpad jinak než za energetickými účely. První linka na výrobu dřevotřískových desek z listnaté dřeviny – buku se otevřela v Československu ve firmě Bučina už v roce 1949. A od té doby se všichni výrobci snaží z ekonomických důvodů nakoupit nebo jinak získat co nejlevnější vstupní suroviny, jako jsou piliny, hnědá štěpka, pilařské odřezky, těžební zbytky z prořezávek a probírek, třísky z obrábění dřeva nebo použité dřevo jako jsou palety, staré krovky, dřevěné obaly, ale i starý nábytek. Kvalitu desek neohrozí ani přítomnost kůry a proto se v dřevozpracujícím průmyslu využívají druhotné suroviny na výrobu DTD přednostně. Dřevotřísky jsou dle ČSN EN 312 rozděleny do kategorií dle kvality zpracování.

Výrobní proces zahrnuje výrobu a úpravu třísek, nanášení lepidla a lisování. Uvnitř desky jsou větší třísky zajišťující pevnost a na povrchu jsou třísky drobnější zajišťující homogenitu. Jako pojivo slouží močovinoformaldehydové lepidlo a všechny desky vyrobené v ČR vyhovují mezinárodním normám na únik volného formaldehydu.

Cena surových desek se pohybuje v rozmezí cca 60 – 300 Kč/m<sup>2</sup>, podle tloušťky a povrchové úpravy. Na českém trhu figuruje řada výrobců, například Egger, Kronospan, Thermopal, Glunz a mnoho dalších.

Objemová hmotnost je při tloušťce desky 18 mm okolo  $670 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , ale velice záleží na výrobci, ale obecně platí že čím má deska větší tloušťku, tím má menší objemovou hmotnost. Úbytek nebo nárůst je zhruba 2 % na 1 mm tloušťky, ale hodnota není směrodatná, protože výsledky

měření objemové hmotnosti desek firmy DDL – dřevozpracující družstvo Lukavec, dosahovaly velkých odchylek. Tepelná vodivost  $\lambda$  je  $0,11 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a tepelná kapacita  $C$  dosahuje hodnot těsně pod  $1500 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Dle hořlavosti je dřevotříska řadí do třídy B2 – normálně hořlavé. [54, 56, 57]

## **Dřevovláknité desky – DVD**

Desky jsou vyrobeny z rozvlákněné štěrky na lignocelulózové vlákna a za tepla nebo s použitím syntetického pojiva lisovány. Podle míry slisování se desky dělí na měkké, polotvrdé a tvrdé. Různé mohou být i tloušťky desek a úprava jejich povrchu. Měkké desky s objemovou hmotností okolo  $250 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  se dnes začínají opět znovu používat jako kvalitní difuzně otevřená tepelná i zvuková izolace. Nejlepší vstupní surovinou je kvalitní štěrka z odkorněných jehličnanů a proto se na výrobu těchto desek zřídka kdy používá odpadní dřevo. Proces výroby dřevovláknitých desek za mokra je velice náročný na spotřebu vody a energie a dřevovláknité desky vyráběny za sucha potřebují lepidlo a další přídatné látky. [54, 56, 57]

## **Desky pojené minerálními pojivy**

Tyto aglomerované materiály byly vyráběny jako první, již ve 30. letech 19. století, a využívaly jako pojivo cement nebo sádro. Dřevěné třísky slouží především jako nosná zpevňující prostorová síť. Desky jsou velice tvrdé a těžké, ovšem vlhku odolné a nehořlavé.

Nespornou výhodou těchto druhů desek je možnost použití kalamitního odpadového dřeva a také odpadních surovin z energetického průmyslu ve formě popílků a energosádrovců zpracovaných do minerálních pojiv. Materiálům vyrobených z odpadů energetického průmyslu bude věnována celá kapitola č. 6.2. [54]

## **Desky z dřevité vlny a cementu**

První výrobce těchto desek byla firma Heraklit a podle ní se deskám říká dodnes. Dřevitá vlna jsou krátké, tenké, chloridem vápenatým mineralizované štěrky ze smrkového dřeva, které se obalí cementovou kaší a vrství do dřevěných rámců, ve kterých se následně slisují a nechají 21 – 28 dní vysušit a dozrát.

Tento druh desek, i když je pojen cementem, dosahuje poměrně nízké objemové hmotnosti,  $\rho = 350 - 550 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , která je způsobena vysokým množstvím vzduchových dutin. Používá se na stavbu lehkých nenosných příček a pro zlepšení tepelných a zvukových vlastností

současných staveb. Díky hrubému povrchu mají omítky dobrou přídržnost k deskám Heraklit. [54, 57]

### **Cementoštěpkové desky**

Desky z velkých, účelově vyrobených, třísek a cementu zalisované ve formách. Objemové hmotnosti nabývají od 500 do 800 kg·m<sup>-3</sup>. Tyto desky naleznou své uplatnění při stavbě ztraceného bednění v systémech zvaných Durisol a Velox nebo při rychlé výstavbě montovaných stěn a příček. [54]

### **Cementotřískové desky**

Desky jsou tvořeny z 60 % drobnými třískami s délkou do 25 mm a šířkou do 0,3 mm, z 25 % cementu, 10 % tvoří voda a zbytek mineralizující přísady. Výroba je obdobná jako u DTD, jenom tyto cementové se musí nechat 3 týdny vytvrdnout. Objemová hmotnost cementotřískových desek se pohybuje okolo 1 250 kg·m<sup>-3</sup> a součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,35 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Největším evropským výrobcem takových desek je právě moravská firma CETRIS z Hranic. Tyto desky lze použít na konstrukci podhledů i podlah v půdních nástavbách, na konstrukce příček, stěn a protipožárních zábran. Díky nenasákavosti, nehořlavosti a odolnosti proti plísni je škála použití těchto desek skutečně široká. [54, 57, 58]

### **Cementovláknité desky**

Pro výrobu těchto desek se používají celulózová vlákna, syntetická vlákna (polypropylen), minerální plniva, perlit i vodní sklo. Jako celulózová vlákna může posloužit i vhodný druh sběrného papíru. Výstupem je téměř homogenní deska s dobrými akusticky i tepelně izolačními vlastnostmi. Je zároveň nehořlavá, voděodolná, mrazuvzdorná, hygienicky nezávadná s výbornou opracovatelností a přilnavostí barev. Kvůli těmto vlastnostem se desky hojně používají na odvětrávané fasády budov, protipožární konstrukce, obklady vnitřních stěn a stropů, protihlukové stěny nebo jako ztracené bednění. Díky jemné struktuře a velkému podílu cementu dosahuje objemová hmotnost cementovláknitých desek hodnoty  $\rho = 1\,350 - 1\,700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a ostatní hodnoty jsou shodné s jinými deskami na bázi dřeva a cementu. [54, 57, 59]

## Sádrovláknité desky

Na jejich výrobu se používají dřevní vlákna, ale častěji vlákna získaná ze starého papíru. Navíc jsou vlákna pojena sádrou, takže jejich výroba je poměrně ekologická a jako plnivo i pojivo se mohou použít odpadní suroviny. Vlákna jsou v celém průřezu desky rovnoměrně rozprostřena a tvoří homogenní strukturu. Nesmíme si je plést se sádrokartonovými deskami, které mají sádrové jádro papírem pouze obaleno. Objemová hmotnost těchto desek se pohybuje okolo  $\rho = 1\,200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,32 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a jejich tepelná kapacita  $C = 1\,100 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Vhodné je použití na interiérovou montáž příček, stropních konstrukcí nebo podhledů. Desky jsou hodně nasákové a použití v exteriéru se vůbec nedoporučuje. [54, 60]

### 6.1.4. Kukuřice

Kukuřice se v našich podmínkách pěstuje výhradně jako krmivo pro dobytek a sklízí se řezačkou kompletně celá. Vhodnou sklizní a úpravou stonků kukuřice pěstované na zrno se umožní použití stonků ve stavebnictví.

## Likusové desky

Likusová deska se vyrábí tak, že jsou stonky kukuřice neřezány na krátké kousky a vyskládány do rámu na styl včelích pláství. Rám je tvořený z jehličnatého řeziva a překrývá ho tvrdá vláknitá deska nebo dýha. Celá sendvičová konstrukce se slepí a slisuje. Objemová hmotnost desky  $\rho$  je  $350 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a dodává se ve velikostech  $1\,000 \times 2\,000$  ( $3\,000$ ) mm o tloušťce 45 – 55 mm. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,088 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Pro tyto desky je nejvhodnější použití na dočasných stavbách, garážích, halách, zahradních domcích, příčkách, stropech, do dveřních křídel nebo jako bednění. [39, 57]

### 6.1.5. Ovčí vlna

Poptávka po ovčí vlně, co by materiálu pro textilní průmysl, klesla celosvětově za posledních 20 let o 67 %, ovšem poptávka po ovčím mase stoupá. Tím na trhu vzniká velké množství vlny, která je nevyužita a stává se teoreticky odpadem. Z jedné ovce lze vyprodukovat 2 – 5 kg vlny ročně. V roce 2014 žilo na celém světě přes 1 195 miliónů stádově chovaných ovcí, z toho 90 % převážně kvůli masu. V České republice se počet ovcí v roce 2014 pohyboval okolo 225 tisíc a vlna z nich se ve velké míře spalovala nebo kompostovala.

Ovčí vlna je tvořena trvale pružnými bílkovinnými keratinovými vlákny, která jsou schopna pohltit vlhkost až na 35 % své hmotnosti, zadržet ji a při změně vlhkosti v interiéru ji následně uvolnit. Má také výborné tepelně i zvukově izolační, na vlhkosti nezávislé vlastnosti, které jsou lidmi využívány po tisíciletí, ovce od jejich evoluce. Objemovou hmotnost surové ovčí vlny nelze stanovit jednoznačně, protože velice záleží na míře stlačení a množství dutin, ale pohybuje se od 12,5 až 25 kg·m<sup>-3</sup>. Tím pádem se součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  pohybuje od 0,035 do 0,045 W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>, ale jednoznačně se jedná o velice lehký materiál vhodný jako výplň nepravidelných dutin v konstrukci, protože vlna je přirozeně pružná a při šikové manipulaci vyplní celý prostor rovnoměrně. Ovčí vlna je také nejhůře zapalitelný materiál ze všech organických izolačních látek a řadí se do třídy hořlavosti B2.

Protože je ovčí vlny nadbytek a má výborné fyzikální i mechanické vlastnosti, je ideálním stavebním materiálem nezátěžující životní prostředí. Její výroba je energeticky zanedbatelná oproti užtku, který přináší. Chov ovcí na strmějších svazích je součástí rázu české krajiny a díky tomu je jistota, že se ovce v naší oblasti budou chovat i nadále a tím se zajistí dostatek kvalitního materiálu pro výrobu stavebních izolací s velmi dlouhou životností. Ideální použití ovčí vlny jako izolace je v obytných budovách, jako jsou dřevostavby, sruby, přírodní stavby ze slámy a hlíny nebo památkově chráněné budovy. Zaizolovat vlnou lze také trubní rozvody TZB.

Česká firma INSOWOOL nebo Rakouská ISOLENA mají na úpravě a prodeji ovčího rouna založený podnikatelský plán. Lze pořídit volnou vlnu, ale také vlněné izolační pásy v různých tloušťkách. Cena se pohybuje od 120,- Kč/m<sup>2</sup> při tloušťce 3 cm, až do 470,- Kč/m<sup>2</sup> při tloušťce 12 cm.

Na rozdíl od minerálních izolací, vyráběných z křemenného písku nebo čediče, jejichž odstranění a recyklace jsou velice energeticky náročné, lze vlněnou izolaci odstranit kompostováním za vzniku pozitivní externality – obohacení půdy živinami. [39, 61, 62, 63]

## 6.1.6. Len

Jedná se o původní českou plodinu pěstovanou na vlákno, ze které po zpracování zůstává lněné pazdeří. Ten je velice vhodnou surovinou na výrobu izolačních lněných plstí, desek anebo se používá jako foukaná izolace. Součinitel tepelné vodivosti izolace ze lnu  $\lambda$  je 0,037 W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> a hodnota měrné tepelné kapacity  $C = 1\,550\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Len má výrazně lepší zvukově izolační vlastnosti oproti minerálním izolacím. Díky hořlavosti lnu je nutné ho impregnovat sloučeninami amoniaku, boraxu nebo vodního skla a kvůli lámavosti se musí přidat i vyztužovací polyesterová vlákna.

Na našem území se prodává lněná izolace pod názvy Termolen, Heraflax nebo Isoflachs s cenou okolo 100,- Kč/m<sup>2</sup> při tloušťce 40 mm. [38, 39]

### 6.1.7. Rákos

Jedná se o travu dorůstající 1 až 4 m a stejně jako ostatní zemědělské plodiny našel i rákos uplatnění ve stavebnictví. Svázaný rákos do rohoží lze použít jako podklad pod omítku, střešní krytinu pro dobové objekty, okrasné ploty, stínící prvky, nebo se z rákosu vyrábějí tepelně izolační desky. Objemová hmotnost suchého rákosu  $\rho$  se pohybuje od 140 do 180 kg·m<sup>-3</sup>. Tepelná vodivost se pohybuje v rozmezí  $\lambda = 0,04$  až  $0,06 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . [38, 39]

## 6.2. Odpady z tepelných procesů

*„Spalováním energetických surovin, nerostů, jako je rašelina, lignit, hnědé uhlí, černé uhlí a antracit, za účelem získávání energií, tepelné, elektrické, vzniká značné množství odpadů. Průmysl energetiky je jedním z největších producentů odpadů. Tepelné elektrárny, teplárny a kotelny produkují tuhé odpady, které souvisejí s tepelným procesem nebo s čištěním spalin.“<sup>[7]</sup>*

Jedná se o:

- popílek z elektrostatických a mechanických odlučovačů,
- škváru a strusku ze spalování uhlí, která spolu s popílkem tvoří popel,
- energosádrovec, což je produkt mokré vápencové vypírky spalin.

Uhlí po sobě zanechá přibližně 25 – 30 % původního objemu přeměněného na škváru, popel a popílek. Celková produkce těchto komodit se v České republice v roce 2015 pohybovala na hranici 14,6 miliónů tun.

---

<sup>[7]</sup> KRENÍKOVÁ, Věra. Odpady a druhotné suroviny II. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-871-2.

Tabulka č. 2- Využitelné odpady z tepelných procesů dle Katalogu odpadu

Číslo odpadu	Název odpadu	Kategorie*
<b>10</b>	<b>Odpady z tepelných procesů</b>	
10 01	<b>Odpady z elektráren a jiných spalovacích procesů</b>	
10 01 01	Škvára, struska a kotelní prach	O
10 01 02	Popílek ze spalování uhlí	O
10 01 03	Popílek ze spalování neošetřeného dřeva	O
10 01 04	Popílek a kotelní prach ze spalování ropy	N
10 01 05	Tuhé reakční produkty na bázi vápnicku z odsiřování spalin	O

\* O-ostatní odpad

N-nebezpečný odpad

Výpis využitelných odpadů z tepelných procesů, tedy odpadů pocházejících z čištění a odsiřování spalin rozdělených dle Katalogu odpadu si můžeme prohlédnout výše v tabulce č. 2. Jejich vlastnosti jsou určovány hlavně spalovanou surovinou, použitou technologií a typem spalovacího zařízení. Na tyto odpady jsou kladeny přísné ekologické požadavky, aby nedošlo k ohrožení okolí při dalším zpracování těchto materiálů. V současné době jsou tyto odpady označovány jako VEP – vedlejší energetické produkty a jejich využívání je legislativně možné dvěma cestami – odpadní a látkovou.

Nakládáním s VEP v režimu odpadů se na producenta vztahují ustanovení ze zákona o odpadech, včetně všech prováděcích vyhlášek.

Při nakládání s VEP látkovou cestou je nutno dodržet nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006, o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek a o zřízení Evropské agentury pro chemické látky. Ve zkratce se toto nařízení nazývá REACH (Registrace, Evaluace a Autorizace Chemických látek). Dle tohoto nařízení se posuzuje ekotoxicita, obsah škodlivin ve vodném výluhu, obsah škodlivin v sušině a hmotnostní aktivita přírodních radionuklidů.

V dnešní době se VEP ukládají na odkalištích nebo úložišťích pro budoucí využití a nebo jsou přímo z topenišť transportují a zařazují do výroby, kde nahrazují primární suroviny a šetří tím životní prostředí, přírodní nerostné suroviny (kamenivo, sádrovce, slínek, vápence, jíly, atd.) a energií, která by se spotřebovala na těžbu primárních surovin a na odstranění nebo zajištění odpadu. Využívání VEP se sebou nenese žádná výrazná negativa, ovšem jejich kolísavá produkce mezi zimním a letním obdobím může působit mírné problémy.

Dále neexistuje jednoznačná legislativa o využívání VEP, která by si neodporovala. Nedostatečná informovanost o ekonomických a ekologických přínosech z využívání VEP ve výrobě navazuje na nedostatečnou důslednost producentů a odběratelů při nakládání s VEP, a proto jsou sesbíraná data ze statistik o produkci a využívání VEP zavádějící. V České republice je však bez pochyb největším producentem VEP energetická skupina ČEZ. Spalováním hnědého, černého uhlí a lignitu, koksu a dalších fosilních paliv vytvoří přes 8 miliónu tun VEP ročně.

Použití jednotlivých složek VEP je ve stavebnictví často provázané, takže existuje mnoho výrobků, při jejichž výrobě se uplatňuje více odpadních surovin najednou. Příkladem můžou být například:

- umělé hydraulické vápno,
- lehké betony,
- portlandský cement,
- popíлкоportlandské cementy,
- struskopopílkové maltoviny,
- koncentrované popílkové samotuhnoucí suspenze,
- modifikované popílkové suspenze,
- suché maltové směsi.

V České republice je povinnost hodnotit vlastnosti odpadu a splňovat vyhláškou MŽP č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů a vyhláškou č. 294/2005 Sb. Ekologická závadnost popelů, popílků, strusky, škváry a dalších odpadů ze spalovacích procesů stanovené limity pro nutnost nakládat s odpadem jako s nebezpečným, protože VEP mohou obsahovat velké množství toxických látek a těžkých kovů způsobující zdravotní problémy. [16, 31, 64, 65, 66, 67, 68, 80, 83]

## 6.2.1. Popílek

Elektrárenský popílek je produkt vznikající při spalování mletého antracitu a černého a hnědého uhlí. Získává se elektrostatickým nebo mechanickým odlučováním prachových částic ze spalin vycházejících z topenišť a spalovacích zařízení. Vzniká buď vysokoteplotním nebo fluidním spalováním.

Popílek má strukturu kulového písčitého prachu s průměrnou velikostí částic v rozmezí 0,001 – 0,2 mm. Velikosti částic a samozřejmě také proměnlivé chemické, mineralogické

a granulometrické složení záleží na kvalitě paliva, typu spalovacího zařízení, jemnosti namletí a na způsobu odlučování popílku ze spalin (elektrostatické nebo mechanické). Popílek také vykazuje vysokou sesedavost, sorpční vlastnost, kapilární vzlínavost a mnohdy je k nerozeznání od cementu. Dle kvality spalované hmoty je složení popílků velice proměnlivé, ale jeho mineralogický základ je tvořen amorfní fází  $\text{SiO}_2$ , a krystalickou fází křemene, mulitu, vápna, hematitu, magnetitu, galenitu a dalšími minerály.

### 6.2.1.1. Popílek v ČR

Pojem popílek je řešen hned v několika normách, ovšem v každé odlišně.

Jeho definice se nachází v těchto normách:

*ČSN 07 7001 – Popelové hospodářství. Základní požadavky*

- popílek je směs strusky nebo škváry a popílku, vznikající při jejich soustředování z výpustí technologického spalovacího zařízení před společným odsunem

*ČSN 07 7002 – Likvidace tuhých zbytků po spalování uhlí*

- popílek je složka tuhých zbytků po spalování uhlí unášená spalinami z ohniště.

*ČSN 72 2071– Popílek pro stavební účely – Společná ustanovení, požadavky a metody zkoušení*

- popílek je produkt vzniklý vysokopecním spalováním. Jemný prášek, převážně z kulovitých, sklovitých částic, které vznikají při spalování uhlí, mající pucolánové vlastnosti.

## Vysokoteplotní a fluidní popílek

Popílků můžeme rozdělit podle typu procesu spalování na vysokoteplotní a fluidní, a podle chemického složení na základě ČSN EN 197 – 1 – Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití na křemičité a vápenaté. Obecně lze říci, že z vysokoteplotního spalování vznikají především popílků křemičité a z fluidního vápenaté, ale rozhodně to není pravidlem.

Vysokoteplotní popílků vznikají spalováním uhlí při teplotách mezi 1200 a 1700 °C v práškovém ohništi a díky nižšímu obsahu CaO se klasifikují jako křemičité. Tento druh

popílku je jemný prášek složen převážně z kulových částic (cenosfér, plerosfér) s vysokou pucolánovou aktivitou. Obsahují zejména aktivní  $\text{SiO}_2$  a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a vznikají především vysokoteplotním spalováním antracitu, černého uhlí nebo jejich extraktů, ale není výjimkou že i z hnědého uhlí zůstává popílek s výbornými pucolánovými vlastnostmi, jako mají popílky z uhlí černého. (Pucolánová vlastnost je definována jako reakce oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ) a hlinitého ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) z popílku s hydroxidem vápenatým  $\text{Ca(OH)}_2$  za vzniku kalciumsilikátových a kalciumaluminátových hydratačních produktů, které zvyšují pevnostní charakteristiky a stávají se pojivem (hydrogely se sorpčními vlastnostmi).

Vysokoteplotní spalování vyžaduje dodatečné odsiřování spalin za vzniku síranu vápenatého (energósádrovce). Vysokými teplotami je dosaženo rozložení karbonátů na málo reaktivní oxidy vápenaté, tzv. mrtvé vápno a použití těchto popílků je vhodné ve stavebnictví jako příměs do betonových směsí.

Fluidní spalování je mnohem účinnější než vysokoteplotní, a proto mnoho tepelných elektráren k tomuto typu spalování přechází. Fluidní popílek vzniká především při spalování práškového uhlí ve vznosu za teploty okolo  $850\text{ }^\circ\text{C}$ , které je se sorbentem (drceným vápencem) vháněno do spalovacího prostoru. Tyto popílky obsahují méně aktivního  $\text{SiO}_2$  a  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ale vyšší obsah oxidu vápenatého ( $\text{CaO}$ ) a oxidu sírového ( $\text{SO}_3$ ), takže se projeví jejich pojivové vlastnosti už při smíchání s vodou. Krystalickou fází tvoří mineralogické novotvary jako je anhydrit  $\text{CaSO}_4$ , portlandit  $\text{Ca(OH)}_2$ , sádrovec  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , kalcit  $\text{CaCO}_3$  a další. Morfologie zrn je ostrohranná a málo kdy nalezneme kulovou částici. Použití tohoto popílku do betonu přestává být vhodné, protože tuhne nedefinovatelně a nesplňuje většinu normou požadovaných technických a chemických kritérií pro použití popílku do betonu.

Níže v tabulce č. 3 nalezneme normami hodnocené požadované vlastnosti a složení, od kterého se odvíjí jeho použití. Popílky spadající do první skupiny jsou popílky do betonu a stavebních směsí hodnocené dle ČSN EN 450 – Popílek do betonu, ČSN 72 2071 – Popílek pro stavební účely a ČSN EN 12620 – Kamenivo do betonu. Využívání popílku na zemní práce ze druhé skupiny se řídí normou ČSN 73 6133– Navrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. [66, 67, 68, 77, 83]

Tabulka č. 3 – Normové hodnoty limitující použití popílku

Normami požadované vlastnosti závislé na určení použití	Popílek jako příměs 1. skupiny – ČSN EN 450, ČSN 72 2071	Popílek jako kamenivo 2. skupiny – ČSN 73 6133
Ztráta žíháním	max. 5,0 % hm.	–
Obsah SO <sub>2</sub>	max. 3,0 % hm.	max. 3,0 % hm.
Obsah volného CaO	max. 1,0 % hm.	–
Obsah celkového CaO	–	max. 2,5 % hm.
Obsah aktivního SiO <sub>2</sub>	25 % hm.	–
Obsah SiO <sub>2</sub>	–	min. 40 % hm.
Obsah Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	min 1,5 % hm.
Hmotnostní radioaktivita	max. 200 Bq·kg <sup>-1</sup>	max. 200 Bq·kg <sup>-1</sup>

## Skladování popílků v ČR

Popílky ze spalovacích zařízení se můžou splavovat vodní cestou do odkališť, kam se nyní ukládají milióny tun jednodruhového energetického odpadu a představují obrovské zdroje materiálu pro další použití v průmyslu. Druhou možností uložení popílků jsou suchá jednodruhová úložiště – haldy, kde se vedle popílků skladují i produkty z čištění a odsíření spalin. Po odležení se mohou haldy se často překryjí zeminou, ozelení a plocha zastavěná skládkou se opět navrátí. Tímto jednáním ovšem přicházíme o milióny tun využitelných surovin. [66, 67]

## Využívání popílků v ČR

I přes výborné vlastnosti popílků, které by mohly být využity při výrobě stavebních materiálů se popílky využívají z 85 % při výrobě stabilizátorů a aglomerátů, které se používají pro důlní sanace, revitalizace krajiny, nebo jako náplně do filtrů v čistírnách odpadních vod. Popílky se také používají v zemědělství jako absorbér těžkých kovů ze zeminy, protože z půdy do sebe naváže těžké kovy a zpět je neuvolňuje. Další použití v zemědělství je při vysoušení močálů, bažin, nebo jako meliorační substrát.

Velice výhodné je však zpracování elektrárenského popílku v oboru stavebním.

Možnosti použití popílku první skupiny jako příměs ve stavebních hmotách:

- plnivo do stavebních cementových hmot a malt (lehčený šedý pórobeton), kde se postupně stává pojivem a zvětšuje celkovou pevnost materiálu,
- plnivo do asfaltu, asfaltobetonu a živičných směsí,

- hlavní surovinou při výrobě umělého kameniva (Lytag, Agloporit, Ardelite, Cinispor),
- ostřívo keramických a cihlářských výrobků,
- součást do suchých omítkových a zdících směsí,
- surovinou při výrobě dlaždic,
- pojivo a plnivo tepelně izolačního materiálu, jako jsou například arbolitové desky (směs sádry, portlandského cementu, popílku a dřevěného odpadu),
- součást kompozitu z expandovaného popílku a polyuretanu,
- výroba hydrofobizovaného popílku s příměsí mazutu nebo asfaltu používaného jako hydroizolace střešních konstrukcí, tepelných sítí nebo základových konstrukcí proti zemní vlhkosti.

Možnosti použití popílku při zemních pracích především na:

- budování hutněných násypů, zásypů a obsypů,
- stabilizace vrstev pod podklady vozovek a přistávacích ploch,
- stabilizaci základových půd.

Nejčastější a velice vhodné použití popílků je do tekutějších čerpaných směsí betonu, který se používá na budování masivních konstrukcí, například základových, podzemních, opěrných stěn, hrází a podobně. Uvádí se, že při použití 50 kg popílku dojde k úspoře 20 kg cementu na 1 m<sup>3</sup> betonu.

Další vhodné použití popílku je při výrobě zdících nebo omítkových malt, u kterých je možno vyměnit popílek za cement v množství dosahující až 65 % původní hmotnosti cementu.

Popílkem lze také nahradit část portlandského slínku při výrobě portlandského cementu. Výsledným produktem je tzv. portlandský popílkový cement (CEM II/A, B – V a CEM II/A, B – W), portlandský směsný cement (CEM II/A, B – M) nebo pucolánový cement (CEM IV/A, B). Stavební hmoty s přídavkem popílku mají také nižší objemovou hmotnost, nižší koeficient teplotní roztažnosti a zároveň přidání popílku do směsi lehce snižuje spotřebu vody a množství uvolněného tepla.

[66, 67, 68, 77]

### 6.2.1.2. Popílek v USA

Dle U.S. Resource Conservation and Recovery Act, americké agentury ochrany životního prostředí, nespadá popílek do nebezpečných odpadů. Tuncer Edil, který se zabývá studiem znovu užívání VEP na americké univerzitě ve Wisconsinu, říká, že je využívání popílku důležité,

protože ušetří místo na skládkách a zpomalí těžbu přírodních zdrojů nerostných surovin. Jeho používání povede k úspoře primárních energií spotřebovaných na jejich nákladnou těžbu, transport a zpracování.

S celosvětovým nárůstem spotřeby uhlí začala stoupat i produkce elektrárenského popílku. Američané v roce 2000 vedli výzkum pod vedením stavebního inženýra Obada Kayaliho a zjistili, že se z 600 miliónů tun elektrárenského popílku využívá pouze 9 % a zbylých 91 % je skládkováno a navěky zatraceno. Na tento podnět si Kayali s kolegy nechal patentovat techniku přeměny popílku v produkt zvaný Flash™. Tento sypký materiál je vyráběn zahříváním popílku, dokud nezkrystalizuje. Flash se poté smíchá s pískem, vodou a portlandským cementem a vznikne beton s pevností v tlaku zvětšenou po 90 dnech o 25 %. Díky popílku je beton také o 21 % lehčí než běžný beton. Všechny tyto výhody budou mít za následek hojnější využívání popílku a vznikne tím několik pozitivních externalit, jako je používání méně cementu, návrh subtilnějších betonových konstrukcí a prefabrikátů o vysokých pevnostech, úspora energií potřebných na transport a manipulaci s materiálem, snížení produkce skleníkových plynů spojených s výrobou cementu.

Druhý jejich patent spočívá v zahřívání směsi popílku, vody a plastifikátoru. Tímto procesem se vyrobí popelné cihly a jiné stavební materiály, jejichž výroba je o třetinu méně energeticky náročná oproti výrobě klasických cihel. [65]

## 6.2.2. Energosádrovec

Emise značného množství oxidu siřičitého ze spalování hnědého a černého uhlí vedly v řadě vyspělých zemí k vývoji metod odsiřování spalin. První metody uvažovaly s rozptýlením spalin po okolí výstavbou vysokých komínů. Brzy se ale objevily problémy se zvyšující se koncentrací SO<sub>2</sub> a kyselými dešti. Stále zvyšující se poptávka po elektrické energii zapříčila další růst tepelných elektráren a hrozila celosvětová ekologická katastrofa. Naštěstí se na tento sirný problém vynalezlo v 70. letech účinné řešení. Začal se hromadně uplatňovat systém odsiřování spalin suchou a mokrou vápencovou vypírkou. Z hromadného zavedení odsiřování zůstalo vysoké množství netoxického VEP zvaného energosádrovec a nastaly problémy jiného charakteru – problémy s jeho využitím a ukládáním. Ročně se odsiřováním spalin z českých topenišť získá přibližně 75 000 tun energosádrovce.

Po chemické stránce se jedná o téměř čistý (95 – 98 %) hydratovaný síran vápenatý – CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O. Jeho konzistence připomíná jemný prášek se sypnou hmotností od 950 – 1050 kg·m<sup>-3</sup> a vlhkostí 6 – 10 %. Energosádrovec je kvalitnější náhradou za přírodní těžené sádrovce, u kterých se čistota pohybuje pouze okolo 70 % a zbytek tvoří různorodé

příměsí. Na území České republiky se nachází málo kvalitní přírodní sádrovce ve velmi malém množství. Jediné těžené ložisko sádrovce se nachází u Kobeřic na Opavsku, takže produkce odpadního energosádrovce a jeho následné použití ve výrobě se ukázalo jako velice výhodné řešení.

Po krátkém výzkumu se začal energosádrovec uplatňovat při výrobě sádry, sádrokartonových desek, omítkových směsí, stabilizátů, cementu a aktivátorů tvrdnutí pórobetonu. [65, 67, 68]

### **6.2.2.1. Sádrokarton**

Sádrokartonové desky jsou tenké panely ze sádrové hmoty lisované mezi dva silné papíry. Sádrovou hmotu tvoří hemi-hydrát ve formě síranu vápenatého ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ) společně se surovým sádrovcem ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ). Do této směsi se přidávají vlákna z papíru nebo ze skla, plastifikátory, pěnidla a další přísady. Různými aditivy se různě vylepší jejich vlastnosti, například přidáním silikonu se zvýší odolnost proti vodě a vlhkosti. Sádrokartonové desky se používají po celém světě na výstavbu vnitřních přiček, stropů, podhledů a na celou řadu dalších nenosných konstrukcí. Šroubují se samořeznými šrouby do tenkostěnných hliníkových CD profilů a po zaspárování, lehkém přebroušení a penetraci se může hned vymalovat.

Výhodou sádrokartonových konstrukcí je rychlost a jednoduchost jejich montáže. Desky jsou za použití mírné síly poměrně dobře ručně tvarovatelné. Když potřebujeme upravit formát, stačí naříznout zalamovacím nožem a desku v tom místě za asistence úhelníku přesně zlomit. Zároveň jsou desky velice pevné a dle předpokladů budou mít i velice dlouhou životnost.

Desky se prodávají v tloušťkách od 9,5 do 20 mm, ale ten nejběžnější formát má tloušťku 12,5 mm. Součinitel tepelné vodivosti desek se pohybuje okolo hodnoty  $\lambda = 0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , faktor difuzního odporu 6 – 10 a měrná tepelná kapacita  $1\,060 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Na evropském trhu působí hned několik výrobců, například český RIGIPS a Knauf, nebo francouzský Lafarge. [57, 64, 66]

### **6.2.2.2. Anhydrit**

Anhydrit je produkt ze sádry stále častěji používaný na lité samonivelační tenkovrstvé podlahy s dopředu vloženým podlahovým topením (klasickým i odporovým). Anhydrit lépe vede teplo než beton, což je pro krycí vrstvu tohoto druhu vytápění výhodné a má také

minimální teplotní roztažnost, proto není nutnost provádění dilatačních spár. Aplikace je rychlá, nenáročná a podlaha je při dobrých klimatických podmínkách pochozí již druhý den po vylití. Vhodná je především do suchých prostor obytných nebo skladovacích místností. Naprosto nevhodné je použití anhydritové podlahy v prádelnách, v okolí bazénů nebo v exteriéru.

Provádění podlahy je zahájeno pokládkou izolantu, separačních fólií s montáží obvodových dilatačních pásek, pokládkou podlahového topení a zalití andyhrítovou směsí s objemovou hmotností okolo  $2\ 200\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 1,2\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Pevnost v tlaku je udávána minimálně 20 MPa a pevnost v ohybu minimálně 5 MPa. [57, 72]

### 6.2.2.3. Sádrové omítky

Sádrové omítky se v České republice používají teprve krátce, protože je v České republice absence sádrovcových ložisek a nedostatek materiálu. Po hromadném začátku odsiřování elektráren se situace změnila, přírodní sádrovec byl nahrazen VEP – energosádrovcem, a tak se sádrové omítky rozšířily i v české zemi.

Sádrové omítky mají výjimečné vlastnosti. Jsou difuzně otevřené, akumulují teplo, dokáží pracovat s vlhkostí v místnostech, jsou odolnější proti praskání oproti klasickým jádrovým omítkám, mají výbornou přídržnost k většině materiálů a menší savost finálních nátěrů. Objemová hmotnost takových omítek se pohybuje okolo  $950\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,32\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Sádrovým omítkám se říká také tenkovrstvé. Je to díky tomu, že se nanáší v jediné vrstvě o tloušťce pouze 3 – 15 mm. Kvůli tomu musí být zajištěná vysoká rovinnost podkladu, který se pro sjednocenou vysychavost omítky raději penetruje. Nanášet se může klasicky, nebo strojním nástřikem. Finální dotvoření omítky se provádí filcováním či gletováním, které zajistí maximální hladkost povrchu. Nevýhodou je omezení použití v trvale vlhkých prostorách, kde sádrové omítky ztrácejí svou pevnost a tvoří se poruchy. [73, 78]

### 6.2.3. Struska neboli škvára

Struska neboli škvára, je hrubozrnný ostrohranný materiál obsahující převážně oxid křemičitý a vzniklý průmyslovou činností ze spalovacích procesů.

Strusky jsou dvojího typu, první z metalurgického zpracování kovů a druhé ze spalování tuhých paliv. Tato práce se zabývá pouze těmi ze spalování tuhých paliv. Tento druh strusek je přezdívaný jako stavební škvára, protože jsou běžně využívány v oboru stavebnictví po

mnoho let na násypy zemních těles pozemních komunikací, zásypy o obsypy opěrných konstrukcí, liniových staveb inženýrských sítí nebo jako ostřivo při výrobě cihlářských pálených výrobků. Škvára nahrazuje přírodní těžené kamenivo a zvláště v silničním stavitelství je po škváře velká poptávka. Běžně se ze škváry vyrábí i různé druhy škvárových betonů, které jsou použity jako výplň, izolace, nosný prvek, nebo k výrobě tvárníc a stavebních dílů.

Škvára se ovšem nemůže používat ihned po vybrání z popeliště. Musí se nechat uležet alespoň půl roku na nekrytých odvalech nebo skládkách, kde se vyplaví rozpustné sírany a chloridy. I když je míra vyluhovatelnosti v souladu s vyhláškou č. 294/2005 Sb., měl by se brát velký zřetel na účinky vyplavovaných rozpuštěných látek na okolní prostředí.

Objemová hmotnost škváry se pohybuje okolo  $830 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Údaje jsou z revize konané 5. 2. 2010 v Opatovické elektrárně. [64]

### **6.2.3.1. Škvára na násypy, zásypy, posypy**

Škvára se odebírá z výsypek kotlů a splavuje se vodou do sedimentačních nádrží, kde se nechá odvodnit na vlhkost 15 – 45 % a poté se s ní nakládá jako s přírodním kamenivem. Normy, které upravují budování a úpravu sypných konstrukcí, zřizovaných na povrchu terénu, nebo konstrukcí vyplňujících prostory pod úrovní terénu jsou ČSN 72 1006, 73 3050, a 73 6133 a technický předpis TP 93. Odleželou škváru také lze využít jako posypový protiskluzový materiál na zledovatělé plochy. [74]

### **6.2.3.2. Škvárobeton**

Se škvárobetony přichází i určité riziko výskytu radonu v objektech. Protože veškeré stavební materiály vyrobené z popílku, škváry a strusky vždy obsahují menší či větší množství uranu a tedy i rádia, ze kterého se uvolňuje radon, projevující se vyšší úrovní nebezpečného gama záření v domě. Ve středočeském závodě Prefa – Hýskov u Berouna se vyráběl škvárobeton, škvárobetonové panely a tvárnice, do kterého se přidávala škvára pocházející z elektrárny v Rynholci. Později se ukázalo, že škvára je zdrojem radonu a jeho koncentrace v objektech dosahovala až  $4\,000 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Z těchto panelů byly postaveny převážně místní rodinné a panelové domy pro mladé rodiny.

Dnešní škvárobeton ze škváry z Chvaletické elektrárny nevykazuje zvýšené radioaktivní záření, protože veškerá použitá škvára prochází důkladnou výstupní kontrolou a opouští závod pouze pokud splňuje maximální přípustné koncentrace záření.

Škvárobeton má objemovou hmotnost od 1 500 – 1 800 kg·m<sup>-3</sup>, součinitel tepelné vodivosti je  $\lambda = 0,74 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a pevnost v tlaku se pohybuje okolo 5,5 MPa. [57, 74]

### **6.3. Stavební a demoliční odpady**

Stavební a demoliční odpady (SDO) vznikají při různých stavebních činnostech. Při budování, rekonstruování, nebo odstraňování staveb se v roce 2015 vyprodukovalo přibližně 15,5 miliónů tun stavebního odpadu, z toho bylo 1,2 % (137 tisíc tun) odpadu nebezpečného. Objem stavebních odpadů představoval v tom roce 57,6 % z celkové produkce odpadů. Někomu se to může zdát obrovské číslo, ale při faktu, že se 80 % bezpečného stavebního odpadu znovu použije, zůstane 3,1 milionů tun odpadu, který je potřeba odstranit, například energetickým spalováním, nebo nejhorší variantou, skládkováním. Údaje jsou bohužel velice nepřesné, protože je problém přesně určit a evidovat recyklované množství materiálu, zvláště pak při evidenci množství zeminy.

Ministerstvo životního prostředí má v oblasti znovu používání stavebních odpadů jasný plán. Nutnost pořízení plánu, stejně jako nutnost pořízení Katalogu odpadů, vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech.

Plán má do roku 2025 zajistit, aby se veškerý stavební odpad minimálně ze 70 % recykloval a znovu materiálově využil jako druhotná surovina při výrobě. Na zabezpečení přednostního využívání stavebních a demoličních odpadů se vydal v roce 2008, za spoluúčasti dotčených ministerstev Metodický návod odboru odpadů pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi. Pomocí tohoto návodu bychom měli odpad jednodušeji zařadit do své kategorie a poté s odpadem příslušným způsobem nakládat.

### **ARSM – Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v ČR**

Tato asociace je dobrovolné, nevládní, neziskové, občanské sdružení právnických a fyzických osob, které řeší v České republice problematiku recyklace inertních stavebních a demoličních odpadů po právní i technické stránce. Základním účelem sdružení je podporovat zvýšení zájmu o využívání stavebních a demoličních recyklátů a spolupráce na normotvorném procesu v oblasti recyklace SDO.

V tabulce č. 4 se nachází seznam odpadů považovaných za stavební a demoliční odpad vhodný k úpravě (recyklaci). Kompletní seznam stavebních a demoličních odpadů si můžeme prohlédnout ve vyhlášce č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů. [1, 16, 64]

Tabulka č. 4 – Využitelný stavební a demoliční odpad zařazený do skupin dle Katalogu odpadů

17 01 01	Beton
17 01 02	Cihly
17 01 03	Tašky a keramické výrobky
17 01 07	Směsi betonu, cihel, tašek a keramiky neuvedené pod číslem 17 01 06
17 02 02	Sklo
17 03 02	Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17 03 01
17 05 04	Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03
17 05 08	Štěrka ze železničního svršku neuvedený pod číslem 17 05 07
17 08 02	Stavební materiály na bázi sádry neuvedené pod číslem 17 08 01
17 09 04	Směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod čísly 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03

Obecně se má za to, že se veškerý demoliční odpad nadrtí na malé kousky, roztřídí a dále použije ve stavební výrobě. To ale není pravidlem, každý materiál je různý a specifickými způsoby manipulace a úpravy jej můžeme vhodně recyklovat a tím poslouží ještě lépe ke snížení vstupních nákladů. Velice důležité je recykláty precizně třídít a oddělovat jednotlivé složky co nejdříve. [64]

Stavební recykláty lze uplatnit v oborech:

- silniční a dopravní stavitelství,
- pozemní stavitelství,
- vodní stavby,
- zakládání staveb,
- zemní práce.

Stavební recykláty ve výrobcích:

- maltoviny,
- betony,
- cementové směsi,
- umělé lehké kamenivo,
- cihlářské výrobky,
- speciální stavební hmoty.

### 6.3.1. Betonový recyklát

Betonový recyklát se v silničním a dopravním stavitelství používá na podkladní vrstvy vozovek stmelovaných cementem, ochranné vrstvy silničních komunikací, na nevázané dopravní cesty,

pražcové podloží a na násypy. Jeho další použití je například jako podsyp pod podkladové vrstvy základových desek, na obsypy a zemní práce, a především jako plnivo do betonů. Jeho výroba se provádí na mobilních, semi-mobilních, nebo stacionárních recyklačních linkách na stavební odpad, kde vstupní surovinou je betonový demoliční odpad. Nejprve proběhne vizuální kontrola odpadu, pokud vyhoví, začne se přemisťovat do recyklačního zařízení. Zde probíhá separace kovových částí magnetickými separátory, drcení odrazovými, čelistovými nebo kuželovými drtiči a následné třídění na frakce. Kvalita betonového recyklátu závisí na kvalitě betonu pocházejícího z demolovaných objektů.

Použití betonového recyklátu je zakotveno i v českých normách, například v:

- ČSN 73 6121 – Hutněné asfaltové vrstvy,
- ČSN 73 6122 – Lité asfalty,
- ČSN 73 6123 – Cementobetonové kryty vozovek,
- ČSN 73 6124 – Kamenivo stmelené hydraulickým pojivem,
- ČSN 73 6125 – Stabilizované podklady,
- ČSN 73 6126 – Nestmelené vrstvy.

## **Beton s přídavkem betonového recyklátu**

Betonový recyklát má oproti přírodnímu kamenivu odlišné vlastnosti, a proto i betony z betonového recyklátu mají oproti betonům klasickým vlastnosti odlišné. Obecně lze říci, že použitím betonového recyklátu do betonových směsí se negativně ovlivní jejich konzistence, a pro zachování ideální tekutosti je nezbytné zvýšit dávku vody. Negativně jsou ovlivněny i další charakteristiky ztvrdlého betonu, například pevnost v tlaku se sníží o 10 – 15 % a modul pružnosti o 15 – 20 %. Dále dochází ke zvýšení součinitele teplotní roztažnosti betonu o 20 – 40 %. [79]

### **6.3.2. Cihelný recyklát**

Cihelného odpadu se dle statistik z databází ISOH a ARMS v roce 2015 vyprodukovalo přes 333 tisíc tun. Nadrčením cihel na různé velikosti zrn a roztříděním do frakcí získáme cihelný recyklát, který se využívá ve stavebnictví jako plnivo do cihlobetonů, drenážních betonů, cihelných malt, vibrolisovaných tvárnic a dalších prefabrikovaných prvků. Z výsledků zkoušky Los Angeles, kde otluk cihelného recyklátu dosahoval hodnot 70 – 80 %, vyplývá, že je jeho použití do konstrukčních vrstev nevhodné. Výroba cihelného recyklátu probíhá na stejném

principu jako výroba recyklátu betonového, a i tady platí závislost kvality recyklátu na kvalitě vstupních surovin. [79, 81]

## **Cihlobeton**

Směs tvoří cihelný střep s velikostí zrna do 4 mm smíchaný s hydraulickým nebo vzdušným vápnem. Místo něj lze použít cement, nebo pojiva zkombinovat a namíchat vápenocementovou maltu. Pevnost takových zatuhlých směsí se pohybuje od 1 do 10 MPa, zaleží hlavně na druhu použitého pojiva.

Cihlobeton se používá při vyzdívání skeletových konstrukcí, při výrobě tvárníc a prefabrikovaných prvků, jako stmelovací vrstva vozovek, nebo při výrobě speciálních lisovaných cihel ze směsi cihelného recyklátu frakce 0 – 16 mm a hlíny.

## **6.5. Komunální odpady**

Statistika celosvětové produkce komunálních odpadů je detailněji popsána v oddílu 4.1.2. této práce. Tato část 6.5. se věnuje využitelným druhům komunálních odpadů a detailněji zde bude popsána jejich možná recyklace a následná aplikace ve stavebnictví. V této kapitole se práce zaměřuje především na tříděný tuhý recyklovatelný komunální odpad, který tvoří papír, sklo, plasty, kovy, dřevo, textil a ostatní odpad. Tyto druhy odpadů představovaly 25 % z celkového objemu komunálních odpadů vytvořených za rok 2015, jedná se přibližně o 793 tisíc tun materiálu, který dostal další šanci.

### **6.5.1. Sklo**

Recyklace skla přetavením nemění jeho vlastnosti, takže ji lze provádět opakovaně a nový výrobek má tytéž vlastnosti jako vstupní střep. Existuje způsob výroby skla, kde střep tvoří 100 % vstupních surovin. Recyklace je jediný rozumný způsob nakládáním s tímto druhem odpadu, protože sklo nemá žádné energetické využití a skládkování je nákladné na zajištění. V roce 2015 bylo v ČR vytríděno a recyklováno 343 575 tun skleněných střepů.

Sklo představuje významný prvek ve stavebnictví, který je běžně používán v interiéru i v exteriéru. Nejčastějším využitím takto přetaveného skla je při výrobě skleněných tabulí, které poslouží jako výplně oken, dveří a moderních architektonických prvků, například skleněných schodišť, podlah, zábradlí, stěn a prosklených fasád.

Existuje ale i několik zvláštních způsobů recyklace skla, například výroba sklokrystalických desek, které mají stejné vlastnosti, jako má sklo čiré. Jedná se o nadrcené skleněné střepty

zalisované při velké teplotě do kompaktní desky, na jejímž povrchu lze rozeznat materiálovou strukturu skleněných střepeň.

Dalším netradičním způsobem, který přišel na český trh kolem roku 2010, je pěnové sklo. Tento materiál připomíná přírodní pemzu, ale vyrábí se z nadrcených střepeň na velikost do 0,5 mm, které se smíchají s regulátory tavicího procesu a nakypřujícími přísadami. Kontrolovaným výpalem při teplotách od 400 – 900 °C s nakypřujícím efektem se vytvoří vysoce porézní materiál s póry rovnoměrně rozloženými, takže představuje kvalitní tepelně izolační materiál s dostatečnou pevností.

Tyto metody recyklace ovšem potřebují další vstupní energií a technologie, které střepeň uskladní, převezou, podrtí, přetaví, lisují, tvarují, atd. a výhodnost použití druhotné suroviny klesá. Michael Reynolds však přišel s revolučním a naprosto odlišným způsobem recyklace nejen obalového nezálohovaného skla. Nízkonákladové recyklaci komunálních odpadů se práce věnuje podrobněji v kapitole č. 7. [69]

## 6.5.2. Papír

Papír je používán jako obalový materiál, nosič informací, materiál na výrobu nábytku, lehkých stěn nebo třeba obuvi. Používá se v průmyslu i domácnostech, kancelářích, obchodech, v civilizovaném světě nalezneme papír zkrátka všude kolem nás.

Dnes se papír vyrábí především z buničitých vláken jehličnatých a listnatých dřevin spojovaných tmely, plnidly, a dalšími přísadami. V České republice se vyseparovalo za rok 2015 přes 121 tisíc tun papírového odpadu, který posloužil jako druhotná surovina. [16, 69]

### Tepelná izolace z papíru

Papír lze rozvláknit na celulózová vlákna, smíchat s přísadami zabraňující vzplanutí a hoření a tuto kyprou směs použít jako tepelnou a zvukovou izolaci montovaných dřevěných konstrukcí. Aplikace se provádí čtyřmi způsoby: sypáním, foukáním, stříkáním a montováním celulózových desek. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,035 - 0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a měrná tepelná kapacita  $C = 1\,907 \text{ J}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Cena takového druhu izolace se pohybuje okolo 1 200,- Kč/m<sup>3</sup>. [57, 64]

### Další využití papíru ve stavebnictví

Celulózová vlákna jsou také běžně používána jako přísada do asfaltových směsí nebo nosný prvek stříkaných hydroizolací. Uplatnění naleznou i v konstrukčních vrstvách s funkcí

separační, ztraceného bednění, nebo jsou z vláken lisovány konstrukce přepravných a obalových prostředků.

Novinkou je využívání recyklovaného papíru pro výrobu experimentálních nosných konstrukcí, jejich myšlenka je založena na principech alternativního stavitelství. Z recyklovaného papíru lze také vytvořit voštiny. Jedná se o papírovou konstrukci připomínající včelí plástve vloženou do stěn, podlah i nábytku.

Flexibuild systém je nové nekonvenční řešení výstavby montovaných domů využívající zvláštní druh papíru. Jedná se o sendvičové panely s materiálově různou nosnou konstrukcí, která je vyplněna slisovanými nápojovými kartony v tloušťkách 10 mm nebo 15 mm. Druhou vrstvu sendvičové konstrukce tvoří pěnový polystyren v tloušťce od 80 mm do 160 mm. Objemová hmotnost panelu se pohybuje okolo  $750 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . [64, 70]

### 6.5.3. Plasty

To, že lze plasty recyklovat, znají děti ze základní školy. Že se vyhozená láhev podrtí, nataví a vyrobí se z ní lahev nová. Málo kdo už ví, že stavebnictví je obor nejvíce využívající materiály z plastu. Přibližně 20 % z celkového objemu používaného materiálu tvoří plasty.

Recyklované plasty se používají ve stavebnictví při výrobě tepelných izolací na bázi polystyrenů, rozvodů všech inženýrských sítí, oken a dveří, plastových podlah do interiérů i exteriérů, různých tmelících pěn, krytin, svislých konstrukcí a mnoho dalších. Toto využití plastů je tak obsáhlé, že by bylo na samostatnou práci týkající se použití plastů jako druhotné suroviny ve stavebnictví. V roce 2015 se v České republice vytřídilo 118 tisíc tun plastů. [16, 69]

### 6.5.4. Textil

Nad recyklací textilu visí několik otazníků. Snad v každém městě je kontejner na použitý textil, který má na sobě charitativní slogany. Bohužel dochází v mnohých případech k tomu, že se vhozený textil roztřídí a s tím použitelným se obchoduje mezi vlastníky kontejnerů a second-handly. Tím pádem kontejnery neslouží svému účelu, protože oblečení se nedostane ke skutečně strádajícím a zdarma.

Lidé se tento způsob vyhazování textilního odpadu naučili rychle využívat a za rok 2015 bylo vysbíráno 3 362 tun textilu. Příčina velkého množství vyhozeného textilu pramení z masivního vlivu reklam na občany, kteří na jejich popud zběsile nakupují zbytečně velké množství nepotřebného oblečení.

Více vhodné by bylo do takových kontejnerů vyhazovat veškerý textil bez ohledu na kvalitu a materiál, především proto, aby mohl být v co největší míře znovu použit nebo recyklován a nevyhazován do smíšeného komunálního odpadu kde je společně s ním spalován nebo skládkován.

Existují způsoby, jak lze již nenositelný textil využít účelněji a efektivněji, například při výrobě akustických a tepelných kročejových izolací, které obsahují 85 % bavlněných vláken a 15 % bikomponentních polyesterových vláken. Objemová hmotnost těchto spečených koberců je okolo  $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,032 - 0,038 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a dynamická tuhost pouze  $5,5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{-1}$ , což zajistí výborné akusticky izolační vlastnosti plovoucích podlah. [16, 69, 71]

### **6.5.5. Kovy**

Recyklace kovů je samozřejmostí a téměř všechny ocelové konstrukce obsahují část recyklovaného materiálu. Ten ocelárny získávají od občanů například zpětným výkupem ve sběrných dvorech nebo dobrovolnickou činností místních organizací, jako jsou hasiči, fotbalové kluby atd., které provádí ve většině menších měst svoz kovového odpadu dům od domu. Těmito způsoby se za rok 2015 získalo 29 857 tun kovového odpadu, který byl přetaven a uveden zpět do výroby. [16, 69]

### **6.5.6. Nábytek**

I starý nábytek, který dosloužil, lze využít ve stavebnictví několika způsoby. Můžeme ho brát jako dřevěný odpad a tím bude spadat do části 6.1.3. této práce. Nebo lze využít použít nábytkové desky na konstrukce bednění, ztraceného bednění do základů, nebo na konstrukce jednoduchých staveb, jako jsou kůlny, chlívky, dřevníky a různé vesnické provizorní přístavby. Konstrukční použití nábytkových desek se bohužel nedá aplikovat ve velkém měřítku, protože dostupnost takového odpadu se vyskytuje nepravidelně, po malých dávkách v každém místě s koncentrací osob. Pouze domácí kutilové a svépomocní stavitelé mohou využít rozebraný nábytek takto účelně. Ještě účelnější a efektivnější nakládání se starým nábytkem je jeho repase. Zašlý a poškozený, ovšem stále kvalitní a účel splňující, nábytek z masivního dřeva se v současné době opravuje a repasuje stále častěji a začíná tvořit součásti moderních interiérů.

## 7. Alternativní způsob recyklace odpadů

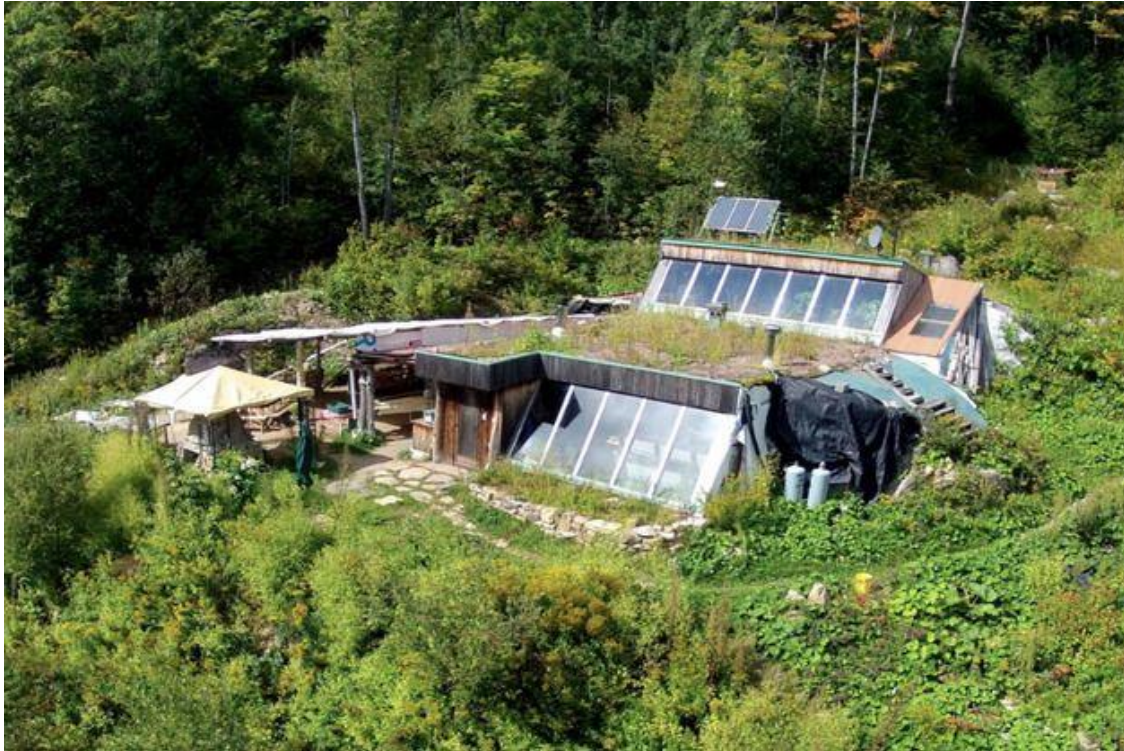
Nejvýhodnější recyklací se stane taková, která do procesu nebude potřebovat žádnou další vstupní energii. To je téměř vyloučené, protože vždy bude potřeba k recyklaci vynaložit jisté úsilí, a právě cestě nejmenšího odporu se věnuje architekt Michael Reynolds již 47 let. Navrhuje a stále se snaží vylepšit koncepty budov, které využívají jako stavební materiál odpadní suroviny bez přetvoření a úpravy. Pneumatiky, plechovky, skleněné láhve, a další odpadní materiál může nalézt uplatnění při svépomocné výstavbě tohoto typu domu, zvaného Earthship („zemělod“).

### Earthship

Jedná se o ostrovní budovu, která umožní plnou soběstačnost uživateli žijícímu uvnitř. Michael Reynolds společně se studenty z celého světa intenzivně řeší vývoj a přizpůsobují návrhy různým klimatickým podmínkám tak, aby bylo možné postavit tuto biokulturní budovu na každém místě planety.

Michaelem Reynoldsem bylo navrženo a několika stovkami postavených prototypů prokázáno, že budova a její technologie opravdu dokáží zachytit a pracovat s dešťovou vodou, zachytit dopadající tepelnou energii ze slunečního záření a uchovat ji ve svých stěnách z pneumatik s masivní hliněnou nebo cementovou omítkou. Prostory v domě a promyšlené hospodaření s odpadní vodou umožní s trochou šikovnosti potravinovou soběstačnost a s technologiemi jako jsou solární panely nebo větrné turbíny se vytvoří potřebná elektrická energie nezávisle na veřejné elektrické síti. Budova využívá základní fyzikální principy a aby byl obyvatel spokojený, musí se je naučit využívat ku prospěchu. Pro většinu lidí velmi těžko představitelný vzhled budovy vidíme na obrázcích č. 5 a 6 na následující straně a základní schéma Earthship je znázorněno na obrázku č. 7.

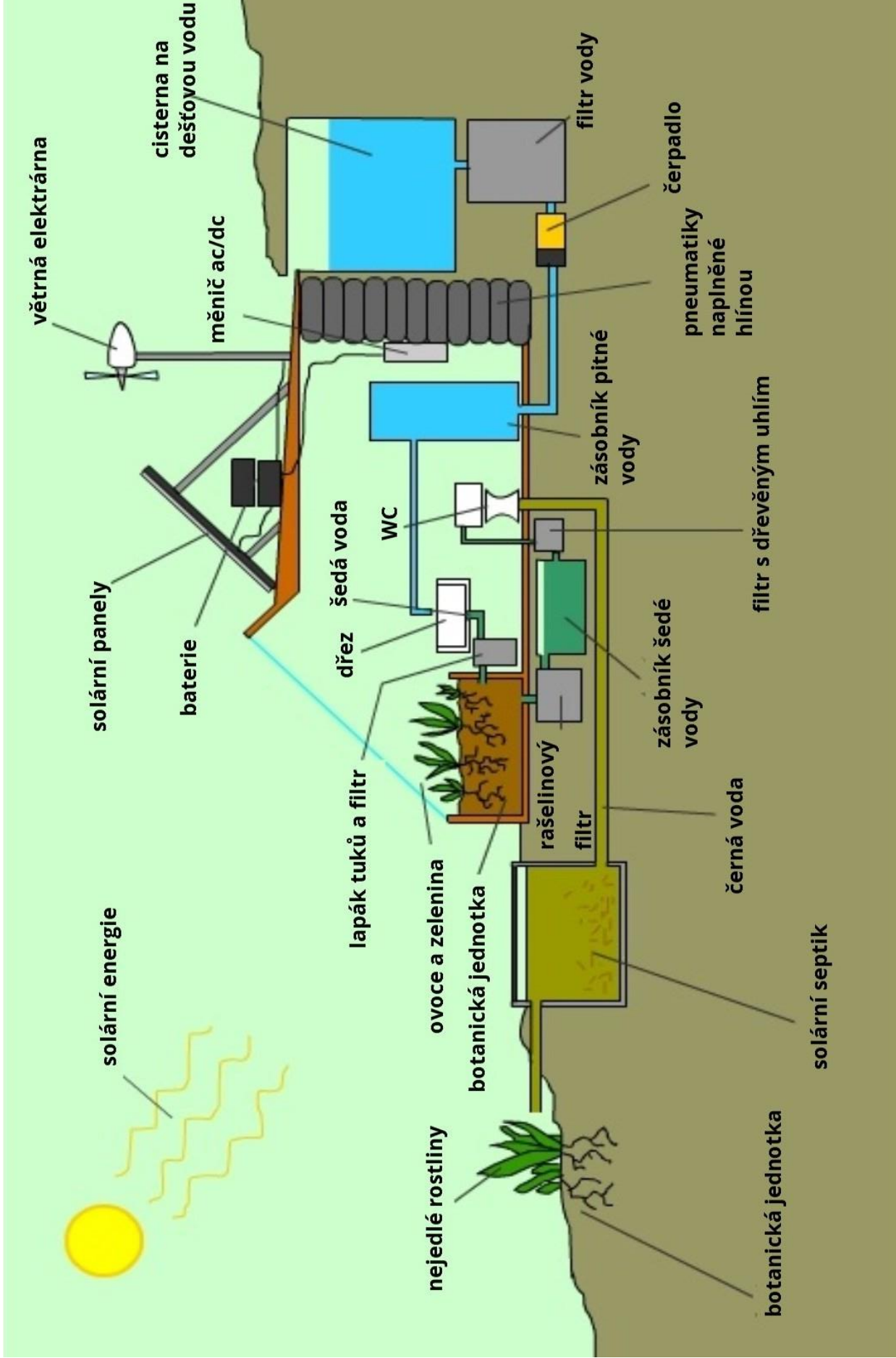
Michael Reynolds rozhodně není sám, kdo v zemělodích vidí budoucnost, protože právě tento typ domů zajistí bezpečí při náhlých katastrofách technologického i přírodního rázu, například výpadku proudu, vyčerpání zásob fosilních paliv, změně klimatu a dalších. Projekt Earthship bioculture funguje na všech světadílech a díky jeho účastníkům bylo postaveno více než 1 000 budov na celém světě. V České republice se již několik takových zemělodí také postavilo. Nejznámější z nich je Zemělod® Zeměnka®, která se proslavila jako první experimentální stavbou tohoto typu ve střední Evropě. Díky filmovému a divadelnímu herci Jaroslavovi Duškovi a spolku Zemělod' se pomalu rozšiřuje i povědomí o soběstačné životní cestě. [82, 83]



Obrázek č. 5 – Earthship v Kanadě



Obrázek č. 6 – Earthship ve Zwolle, Nizozemí



Obrázek č. 7 – Schéma Earthship

## 8. Závěr

V úvodu této práce byl zmíněn vývoj v oblasti nakládání s odpadem od dávných časů, přes středověk, až po představení současné legislativy ČR v oblasti odpadového hospodářství. Z uvedených informací vyplývá, že má Česká republika společně s Evropskou unií svou legislativou dobře nakročeno k úspěšnému zvýšení podílu využívaných odpadů jako druhotných surovin, což přispěje k omezení skládkování odpadu. Nyní už záleží na jednotlivých státech a samotných producentech komunálního i průmyslového odpadu, jak se ke všem zákonům, vyhláškám a nařízením postaví a do jaké míry je budou respektovat a dodržovat hierarchii pro nakládání s odpady.

Dalším cílem této práce bylo sestavit přehled využitelných odpadních surovin ve stavebnictví, pro jehož základ bylo použito rozdělení potencionálních surovin dle Katalogu odpadů, jehož povinnost vychází ze zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. a vyhlášky o Katalogu odpadů č. 93/2016 Sb. Odpady byly rozděleny na odpady biologické, z tepelných procesů, stavební, demoliční a komunální.

Z biologických odpadů se práce nejvíce věnuje slámě, konopí a dřevěnému odpadu, protože se těchto odpadů se produkuje významné množství, v pravidelných časových intervalech v přibližně stejném objemu, a jejich použití ve stavebnictví je s ohledem na ekologická hlediska žádoucí. Tento druh odpadu se největší měrou používá jako tepelný izolant, protože slaměné, konopné a aglomerované výrobky obecně nedosahují takových pevností a nemohou se stát nosnou konstrukcí. Z biologických odpadů je v práci dále zmíněna kukuřice, len, rákos a ovčí vlna.

Další kategorie druhotných surovin se v Katalogu odpadů nachází pod číslem 10 a v práci je nazývána „odpady z tepelných procesů“. Tyto odpady jsou označovány jako vedlejší energetické produkty a jedná se zejména o popílek, škváru a energosádrovec. Tyto odpady se využívají v USA velkou měrou především při výrobě cementových směsí a výrobků, ale česká a evropská legislativa v této oblasti velice pokulhává, a proto se VEP využívají v Evropě největší měrou na důlní sanace.

Následující kategorií odpadů jsou v této bakalářské práci odpady stavební a demoliční, které se v Katalogu odpadů nacházejí pod číslem 17. Ročně představují přibližně 55 % ze všech vytvořených odpadů na území České republiky, a proto je zvýšený zájem o materiálové využívání právě těchto surovin na místě. Plán MŽP má do roku 2025 zajistit, aby se veškerý stavební odpad využíval minimálně ze 70 % materiálovou cestou a Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů má za úkol napomáhat dodržení tohoto plánu.

Poslední prací zmíněná kategorie jsou tříděné odpady komunální (sklo, papír, plasty, textil, kovy, nábytek). Tyto odpady lze recyklovat cestou klasickou nebo alternativní. Klasická recyklace přepracovává jednodruhový odpad zpět na materiál, ze kterého vzniknou nové produkty. Alternativní recyklace představuje používání odpadu na výstavbu bez materiálového přetvoření, takže celé pneumatiky, plechovky, skleněné láhve a další odpadní materiál může nalézt uplatnění při svépomocné výstavbě domů typu Earthship. Principy této budovy jsou popsány v poslední kapitole této práce.

Vzhledem k celosvětově narůstajícímu trendu třídění a využívání odpadu jako druhotných surovin by bylo velice vhodné na tuto situaci připravit všechny generace ve všech zemích světa, zejména ty mladší, a tak zařadit do studijních plánů více předmětů zabývajících se problematikou životního prostředí, protože právě na současné a budoucí studenty spadá povinnost vyřešit vzniklé problémy způsobené současným nedbalým nakládáním s odpadem při jeho likvidaci. Tato práce by tedy mohla posloužit jako úvod do problematiky týkající se nakládání s odpadem, jeho recyklace, používání druhotných surovin a jejich zpracování na výrobky ve stavebnictví.

## 9. Seznam použitých zdrojů

- [1] FIEDOR, Jiří. Odpadové hospodářství I: učební text. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2573-1
- [2] VLČEK, Jozef a Jiří FIEDOR. Průmyslové odpady: strusky z výroby železa a oceli. Ostrava: ECOFER, 2015. Tech-link : moduly pro oblast dalšího vzdělávání. ISBN 978-80-260-7775
- [3] Upcyklace. [online]. 2015, dostupné z: <http://www.assmann.cz/blog-upcyklace-detail-51>
- [4] Historie a struktura odpadového hospodářství, dostupné z <http://www.recetox-education.cz/res/obory/ENV009.pdf>
- [5] BOTULA, Jiří. Odpady z těžby a zpracování surovin. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3319-4.
- [6] KRENÍKOVÁ, Věra. Odpady a druhotné suroviny I. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-869-9.
- [7] Zákon č. 185/2001 Sb., Zákon o odpadech
- [8] Kizlink J.: Nakládání s odpady, Fakulta chemická VUT, Brno 2012 (formát A4, 306 ss), ISBN 978-80-214-4413-3
- [9] Směrnice Evropského Parlamentu a Rady č. 98/2008
- [10] Analytická zpráva Evropské komise – „Attitudes of Europeans towards resource efficiency“ z roku 2011 dostupná z [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/flash/fl\\_316\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_316_en.pdf)
- [11] záznam z konference o předcházení vzniku odpadů 2016, Ing. Ondřej Procházka, CSc. České ekologické manažerské centrum, z. s. (CEMC)
- [12] L. Šimková, P. Tluka: Projekt CERREC: Staré věci, nové použití, skvělá budoucnost. Odpadové fórum 9/2012, s. 14 – 15
- [13] *Energetické využití odpadu*. Sako.cz [online]. Brno [cit. 2013]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/79/energeticke-vyuzivani-odpadu/>
- [14] *Energetické využití odpadů: odpad je nevyčerpatelný zdroj energie* : [tematická informační příručka]. Praha: České ekologické manažerské centrum, 2010. ISBN 978-80-85990-15-7.
- [15] LEHR, Jay H., Jack KEELEY a Thomas B. KINGERY. Alternative energy and shale gas encyclopedia. Hoboken, NJ: Wiley, 2016. Wiley series on energy. ISBN 978-0-470-89441-5
- [16] Český statistický úřad - Produkce, využití a odstranění odpadů – 2015, <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2015>

- [17] Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2015 dostupná z <http://issar.cenia.cz>
- [18] *Skládky odpadů* [online]. Dostupné z <http://www.geomat.cz/skladky-odpadu/40>
- [19] *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*
- [20] *Zákon č. 100/2001 Sb., Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí*
- [21] Informační systém EIA – Cenia, [https://portal.cenia.cz/eiasea/view/eia100\\_cr](https://portal.cenia.cz/eiasea/view/eia100_cr)
- [22] stránky Ministerstva Životního prostředí mzp.cz, posuzování vlivů záměrů na životní prostředí (EIA, SEA)
- [23] Multimediální ročenka životního prostředí dostupná z <http://vitejtenazemi.cz/cenia/>
- [24] *Municipial Solid Waste*, dostupné z <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/sector/solid-waste>
- [25] *Před demolicí „odstrojit“*. [publ. 27.11.2014], článek z internetového zpravodaje [ekolist.cz](http://ekolist.cz)
- [26] "The truth about recycling". The Economist. June 7, 2007, <http://www.economist.com/node/9249262>
- [27] WHAT A WASTE, A Global Review of Solid Waste Management, 2012, dostupné z [http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What\\_a\\_Waste2012\\_Final.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf)
- [28] Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste operations, dostupné z <http://ec.europa.eu/eurostat>
- [29] Radioactive Waste Management, (Updated March 2017), Světová jaderná organizace, <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx>
- [30] Zákon č. 263/2016 Sb., Atomový zákon
- [31] Vyhláška č. 93/2016 Sb. Vyhláška o Katalogu odpadů
- [32] Nařízení Komise (EU) č.1357/2014
- [33] Směrnice Evropského parlamentu a rady (ES) č. 98/2008, o odpadech a o zrušení některých směrnic
- [34] ŘÍHA, Milan a Pavel CHALOUPKA. Ochrana životního prostředí. Vyd. 2. Praha: Námořní akademie České republiky, 2010. ISBN 978-80-87103-30-2.
- [35] ABRHAM, Z., ANDERT, D., SLADKÝ, V.: Energetické využití pevné biomasy. Praha : VÚZT, 2006, č. 7, s. 59, ISBN 80-86884-19-8

- [36] Organická hnojiva ostatní, produkce slámy, [publ. 5/2013]  
[http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=1543&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1543&typ=html)
- [37] Databáze slaměných domů uveřejněných na stránce  
<http://www.veronica.cz/databaze-slamenych-domu>
- [38] MÁRTON, Jan. Stavby ze slaměných balíků: slaměné izolace v nízkoenergetických a pasivních domech, návrh staveb šetrných k životnímu prostředí, hliněné omítky, ozeleněné střechy. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Liberec: J. Márton, 2014. ISBN 978-80-260-5713-0.
- [39] CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2009, 268 s. ISBN 978-80-247-2532-1
- [40] Ing. Petr Kurečka , Ing. Jiří Teslík , Ing. Daniela Štaffenová Ph.D.. Stanovení hodnoty součinitele tepelné vodivosti drcené slámy. 40. vědecká konference ústavov a kateder pozemných stavieb Slovenskej a Českej republiky: zborník príspevkov : Hotel \*\*\* Marlene, Oščadnica, 19.-21.9.2016, ArchKru, 2016, s. 80-86, ISBN 978-80-972576-0-6
- [41] Přírodní stavba, EKologické a přírodní materiály pro stavbu: EKOPANEL - slaměný lisovaný panel [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://www.prirodnistavba.cz/ekopanel-slameny-lisovany-panel-3426.html>
- [42] Picas – prodej, výroba a vývoj hliněných omítek, e-shop na webové stránce  
<http://www.picas.cz/venkovni-hlinene-omitky/>
- [43] Ing. Libor Matějka, Ph.D.: Pozemní stavitelství III – Šikmé a strmé střechy – modul M01, VUT Brno, FAST, Ústav pozemního stavitelství, studijní opora. Brno, 2005.
- [44] Legalizace: free magazín pro konopnou kulturu. Praha: Legal Publishing, 2010-. ISSN 1804-9818.
- [45] Thermo-Hanf ® Premium, Technisches Datenblatt, vydáno 01/2007, [www.thermo-hanf.de](http://www.thermo-hanf.de)
- [46] Ceník konopné izolace od firmy Canabest s.r.o., [konopna-izolace.cz/obchod/cenik/](http://konopna-izolace.cz/obchod/cenik/)
- [47] TRČKA, Jan Vít. KONOPÍ V ČESKÉ A MORAVSKÉ LIDOVÉ KULTUŘE. *Legalizace*. Praha, 2012, 1(8), 2s.
- [48] BENNET, Chris. *Cannabis in the Ancient World: The Forbidden Medicine* [online pdf]. 2011 [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: <https://thecannabus.files.wordpress.com/2011/08/cannabis-in-the-ancient-world.pdf>
- [49] Internetové stránky dodavatele komplexních služeb v oblasti práce s konopným betonem, <http://www.konopny-beton.cz/produkty/20-konopny-beton>
- [50] VONDRA, Nicol. Konopí ve stavebnictví [online]. [cit. 2016-01-20]. Dostupné z:

- <http://www.ekostavivo.cz/konopi-ve-stavebnictvi/>
- [51] Hemp Brick, internetový obchod s konopnými tvárnici, <http://www.hemp-technologies.com/page15/styled-19/page89.html>
- [52] internetový obchod s konopnými produkty, <http://www.konopnyshop.cz/konopny-olej-se-vyuziva-v-barvach-i-cistidlech.html>
- [53] RICHTER, Jiří. *Nové typy lehkých kompozitních materiálů na bázi dřeva: Bakalářská práce*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Dr. Jaroslav Hrázský.
- [54] BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. *Materiály na bázi dřeva*. Praha, 2012. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE.
- [55] BESEDOVÁ, Jana. *Analýza vývoje cen dřevotřískových a dřevovláknitých desek*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Dalibor Šafařík.
- [56] Katalog firmy Dřevozpracující družstvo Lukavec-dřevotřískové desky s fyzikálními vlastnostmi <http://www.ddl.cz/produkty-a-sluzby/drevotriskove-desky-lukapol.html>
- [57] Tabulky s fyzikálními vlastnostmi materiálů, dostupné na [http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068\\_katalog.html](http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html)
- [58] Fyzikální vlastnosti desek CETRIS [http://www.pzservis.cz/izol\\_projektanti2/cidem/cetrizaklvlast.htm](http://www.pzservis.cz/izol_projektanti2/cidem/cetrizaklvlast.htm)
- [59] Informace o dřevovláknitých deskách od firmy CEMVIN, <http://www.cemvin.eu>
- [60] Informace o sádrovláknitých deskách od firmy Fermacell, <http://www.fermacell.cz/sadrovlaknite-desky-fermacell.php>
- [61] Statistika chovu ovcí [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=1040&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1040&typ=html)
- [62] FAOSTAT-Food and Agriculture Organization of the United Nations- celosvětové data a statistiky, <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- [63] HOLLAN, Jan. Stavební izolace z ovčí vlny. *Ekologický institut Veronica* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.veronica.cz/stavebni-izolace-z-ovci-vlny>
- [64] KRENÍKOVÁ, Věra. *Odpady a druhotné suroviny II*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-871-2.
- [65] TENENBAUM, Davin. Recycling: Building on Fly Ash Waste. In: *Environ Health Perspect* [online]. 2007 [cit. 2017-04-10], <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1797871/>
- [66] Asociace pro využití energetických procesů, <http://www.asvep.cz>

- [67] SEVERA, Tomáš a Jiří FRÁNA. Rekultivace a využití elektrárenských popílků. České Budějovice, 2011. Závěrečná práce. Jihočeská univerzita.
- [68] ADLOVÁ, R. Umíme využívat popílký ve stavební výrobě?. Praha: Ústav stavebních informací. 1986.
- [69] BEŇO, Zdeněk. Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011. ISBN 978-80-214-4240-5.
- [70] HOMOLKA, Radomír. Otevřený stavební systém Flexibuild. Stavebnictví [online]. Brno, 2010, [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/otevreny-stavebni-system-flexibuild\\_N3320](http://www.casopisstavebnictvi.cz/otevreny-stavebni-system-flexibuild_N3320)
- [71] ZACH, Jiří a Jitka HROUDOVÁ. Možnosti využití izolačních materiálů na bázi odpadních textilních vláken v podlahách. VUT Brno [online]. Brno, 2011 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/podlahy/8009-moznosti-vyuziti-izolacnich-materialu-na-bazi-odpadnich-textilnich-vlaken-v-podlahach>
- [72] informace o anhydritové podlaze z firemních katalogů dostupné na <http://anhydrit-podlaha.cz>
- [73] Technický list sádrové omítky Knauf dostupný na <http://www.knauf.cz/file/1689-mp-75.pdf>
- [74] Revizní zpráva z Chvaletické elektrárny o výstupní škváře <http://www.eophoka.cz/storage/certifikaty/pn1002.pdf>
- [75] Hundertwasserov Meisterstück: spalovna odpadov Spittelau, Viedeň. Archiportal.sk [online]. Bratislava, 2013 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.archiportal.sk/2013/04/21/hundertwasserov-meisterstck-spalovna-odpadov-spittelau-vieden/>
- [76] ZÁRUBOVÁ, Renata. Certifikace neharmonizovaných stavebních výrobků. In: POPÍLKÝ ve stavebnictví 2013: Sborník přednášek. Brno: NOVOPRESS, 2013, s. 21. ISBN 978-80-87342-17-6.
- [77] BENSCHIEDT, N. a Rudolf HELA. Příručka Popílek v betonu: základy výroby a použití. Hostivice: ČEZ Energetické produkty vydává pro ASVEP, 2013. ISBN 978-80-260-4226-6.
- [78] Výroba sádrokartonových desek - reportáž ze závodu, dostupné na <http://profi.rigips.cz/jak-se-rodí-deska/>
- [79] Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice, <http://www.arism.cz/recyklaty.php>

- [80] Webové stránky organizace pro registraci, evaluaci a autorizaci chemických látek – REACH, <http://www.reach.cz>
- [81] Cihelný recyklát. *Recyklace Procházka s.r.o.* [online]. Brno [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: [http://www.cihlovyrecyklat.cz/cihelny\\_recyklat.html](http://www.cihlovyrecyklat.cz/cihelny_recyklat.html)
- [82] Evropské centrum Zemělod: Zeměnka®. *Zemělod'* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.zemelod.cz/>
- [83] BAYER, Petr. *VLIV POPÍLKU NA VLASTNOSTI CEMENTOVÝCH MALT* [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/30278815.pdf>. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. PAVEL ŠILER, Ph.D.

## 10. Seznam grafů, tabulek, a obrázků

Graf č. 1 - Skládkované a spalované odpady z celkové produkce odpadů v ČR, vypracováno dle informací z [czso.cz](http://czso.cz), nakládání s odpady v letech 2009-2015, [16]

Graf č. 2 - Produkce komunálních odpadů vybraných států za rok 2012, vypracováno dle WHAT A WASTE, A Global Review of Solid Waste Management, 2012, [27]

Graf č. 3 - Produkce komunálního odpadu vybraných států za rok 2012, vypracováno dle WHAT A WASTE, A Global Review of Solid Waste Management, 2012, [27]

Graf č. 4 - Podíl produkce ostatního a nebezpečného odpadu v ČR, vypracováno dle informací z [czso.cz](http://czso.cz), nakládání s odpady v letech 2009-2015, [16]

Graf č. 5 - Produkce vybraných druhotných surovin za rok 2015, vypracováno dle informací z [czso.cz](http://czso.cz), nakládání s odpady v letech 2009-2015, [16]

Graf č. 6 - Rozdělení aglomerovaných materiálů na bázi dřeva, vypracováno dle BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. Materiály na bázi dřeva. Praha, 2012. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE, [54]

Tabulka č. 1 – Souhrnný přehled odpadních materiálů použitelných ve stavebnictví, vypracováno dle Katalogu odpadů z vyhlášky č. 93/2016 Sb.

Tabulka č. 2 – Využitelné odpady z tepelných procesů dle Katalogu odpadu, vypracováno dle Katalogu odpadů z vyhlášky č. 93/2016 Sb.

Tabulka č. 3 – Normové hodnoty limitující použití popílku vypracováno dle ČSN 73 3052 – Násypy, zásypy a obsypy z popela a popílku, ČSN EN 450 – Popílek do betonu, ČSN 72 2071 – Popílek pro stavební účely

Tabulka č. 4 – Využitelný stavební a demoliční odpad zařazený do skupin dle Katalogu odpadů

Obrázek č. 1 – spalovna odpadů Spittelau – Vídeň, <http://www.archiportal.sk/2013/04/21/hundertwasserov-meisterstck-spalovna-odpadov-spittelau-vieden/>

Obrázek č. 2 – spalovna odpadů Maishima – Osaka, <http://www.archiportal.sk/2013/04/21/hundertwasserov-meisterstck-spalovna-odpadov-spittelau-vieden/>

Obrázek č. 3 – slaměný dům u Velkých Losin <http://static.panoramio.com/photos/original/67938064.jpg>

Obrázek č. 4 – kruhový slaměný dům v Rapoticích, <http://www.veronica.cz/spolecne/fotoalba/000272/veronica-hostetin-000272-003244.jpg>

Obrázek č. 5 – Earthship v Kanadě, <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/d8/80/0e/d8800efbe74742052cb780592d246cb7.jpg>

Obrázek č. 6 – Earthship ve Zwolle, Nizozemí, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bd/Earthship\\_Zwolle.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bd/Earthship_Zwolle.jpg)

Obrázek č. 7 – schéma Earthship, <https://raw.githubusercontent.com/nicolasfauchereau/earthship/master/images/earthship1.jpg>

## 11. Seznam použitých zkratk

BRKO – biologicky rozložitelný komunální odpad

ČIŽP – Česká inspekce životního prostředí

DVD – Dřevovláknité desky

EIA – Environmental Impact Assessment

FF – Free Food-Brněnská organizace bojující hlavně proti plýtvání jídlem

HLW – High-Level radioactive Waste – vysoce radioaktivní odpad

LCA – Life Cycle Assesement

MDF – medium density fiberboard

MZ – Ministerstvo zdravotnictví

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

PE – polyethylen

PVC – polyvinylchlorid

REACH – organizace pro registraci, evaluaci a autorizaci chemických látek

SDK – sádrokarton

SDO – stavební a demoliční odpady

SEA – Strategic Environmental Assessment

TZB – technické zařízení budov

VEP – vedlejší energetický produkt

WTE – Waste to Energy – způsob nakládání s odpadem, kdy se z odpadu získá energie jeho spálením

ŽP – životní prostředí