

Vysoká škola logistiky o.p.s.

Recyklace a druhotné využití stavebního
odpadu

(Diplomová práce)



**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

Zadání diplomové práce

studentka

Bc. Martina Zámorská

studijní program
obor

Logistika
Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Recyklace a druhotné využití stavebního odpadu**

Cíl práce:

Zpracovat návrh umístění střediska pro recyklaci stavebního odpadu s využitím lokačně alokační úlohy. Uvést způsoby recyklace a předložit návrhy na využití druhotného stavebního odpadu.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teorie zpětné logistiky; lokačně alokační úlohy
2. Analýza stávajícího stavu produkce stavebního odpadu
3. Návrh na umístění střediska pro recyklaci stavebního odpadu
4. Způsoby recyklace stavebního odpadu
5. Návrhy na využití druhotného stavebního odpadu

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

CEMPÍREK, Václav a kol. Logistická centra. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2010. ISBN 978-80-86530-70-3.

GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

LAMBERT, Douglas M., STOCK, James R. a Lisa M. ELLRAM. Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0504-0.

PERNICA, Petr. Logistika (supply chain management) pro 21. století. Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

30. 10. 2020

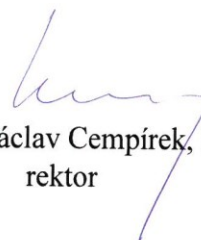
Datum odevzdání diplomové práce:

13. 5. 2021

Přerov 30. 10. 2020



Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení

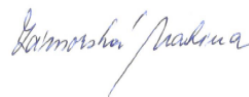
Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracovala samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušila autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byla také seznámena s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat před tím o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s. prorektora pro vzdělávání.

Prohlašuji, že jsem byla poučena o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 13. 5. 2021



.....

podpis

Poděkování

Děkuji panu prof. Ing. Václavu Cempírkovi, Ph.D. a Ing. Michalu Turkovi, Ph.D. za velmi cenné informace a podněty vedoucí k vytvoření této práce. Zároveň děkuji celé VŠLG za možnost studovat tak prestižní obor jako je logistika.

Anotace

Diplomová práce se zabývá recyklací a druhotným využitím stavebního odpadu, vyhodnocuje produkci odpadů v ČR. Navrhuje a vyhodnocuje druhotné využití stavebního odpadu, pomocí lokálně alokačních úloh pak navrhuje umístění recyklačního centra.

Klíčová slova

Stavebnictví, odpady, recyklace, využití odpadu, recyklační středisko, produkce odpadu

Annotation

This thesis deals with recycling and secondary exploitation of the constructive material, evaluates waste production in the C.R. This work suggests and evaluates the secondary usage of the waste with the help of the local allocation tasks and consequently suggests the placing of the recycling centre.

Keywords

key words:engineering, recycling, waste, waste management, recycling centre, waste production.

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 9 |
| 1 Teorie zpětné logistiky | 11 |
| 1.1 Odpad..... | 15 |
| 1.1.1 Základní legislativa..... | 15 |
| 1.1.2 Základní používané pojmy..... | 16 |
| 1.1.3 Zařazení odpadu z hlediska vlivu na životní prostředí | 18 |
| 1.2 Odstranění odpadu a nakládání s nimi | 19 |
| 1.2.1 Skládkování | 19 |
| 1.2.2 Recyklace – recycling..... | 20 |
| 1.2.3 Ostatní nakládání s odpady | 21 |
| 1.3 Lokačně alokační úlohy | 21 |
| 2 Analýza stávajícího stavu produkce stavebního odpadu | 25 |
| 3 Návrh na umístění střediska pro recyklaci stavebního odpadu..... | 31 |
| 3.1 Vstupní údaje pro lokaci recyklačního střediska | 32 |
| 3.2 Výpočet lokace recyklačního střediska..... | 32 |
| 3.3 Lokalizace recyklačního střediska | 34 |
| 3.4 Stavební rozpočet na výstavbu recyklačního střediska..... | 39 |
| 4 Způsob recyklace stavebního odpadu..... | 40 |
| 4.1 Drtiče | 42 |
| 4.1.1 Kuželový drtič..... | 43 |
| 4.1.2 Drtiče čelist'ové..... | 44 |
| 4.1.3 Drtiče válcové a mlýny | 45 |
| 4.1.4 Třídění..... | 47 |
| 4.1.5 Rozdružování | 48 |
| 5 Návrhy na využití druhotného stavebního odpadu | 50 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Závěr | 55 |
| Soupis zdrojů..... | 57 |
| Seznam grafických objektů..... | 60 |
| Seznam zkratk a značek | 62 |
| Seznam příloh..... | 63 |

Úvod

Slovo odpad je v dnešní době velmi zmiňovaná součást našeho života, a to již od narození, a provází nás celým našim životem. Kolik a jaký druh odpadu zanecháme na naší planetě, závisí vždy jen na nás samotných. Svět je přelidněn a naše planeta již nadále neunesetíhu lidského bytí, související s honbou za blahobytem, obklopování se věcmi, které nás po chvíli přestanou bavit, jelikož nesplňují požadavky nejmodernějších technologií, krásné domy, rychlá auta. Ano, tohle všechno, to je po našem použití ODPAD. Již naši předkové přemýšleli, z jakých surovin a materiálů vyrobit dům, loď nebo nářadí na pokácení stromů. Nyní je odpad celosvětový problém.

V souvislosti se stále snižující se čistotou naší planety, jsme i my lidé začali přemýšlet kam s odpadem, jakým způsobem ho zpracovat, jaké vyvinout technologie a technologické postupy pro zpracování odpadů. Tato práce je vedena k tomu, abychom se dokázali zamyslet nad zpracováním a použitím stavebního odpadu jako suroviny, která nemusí končit na skládkách, jež jsou přesyceny, ale podle schválených norem a technologií recyklace, se již budou moci stát součástí nových staveb, moderních vozovek, rychlostních komunikací nebo jen jako surovina, která se stane příměsí materiálů k tomu určených.

Diplomová práce předkládá návrh na umístění střediska pro recyklaci stavebního odpadu s využitím lokačně alokační úlohy, způsoby recyklace a návrhy na využití druhotného stavebního odpadu.

Práce se skládá ze dvou částí, v první části popisuje zpětnou logistiku a možnou metodu implementace do praxe. Dále podrobně popisuje odpad z hlediska členění a vlivu na životní prostředí s možností odstranění odpadu. V teoretické části pak analyzuje stávající stav produkce odpadů s rozdělením na odpady ostatní a nebezpečné, dále produkci odpadů, která se v minulých letech recyklovala v návaznosti na Plán odpadového hospodářství.

V praktické části tato práce vypočítala dle vybrané metody lokaci recyklačního střediska s umístěním v Olomouckém kraji. V neposlední řadě nastiňuje možnosti a způsoby recyklace stavebního odpadu jako jeden z majoritních složek celkové produkce odpadu v České republice. V poslední části praktického bloku navrhuje

využití druhotného stavebního odpadu, potažmo zaciluje na cihelný odpad, který je v dnešní době složkou SDO, která stále v množství zpětného využití neklesá.

Při psaní diplomové práce byly použity dostupné zdroje literatury a taktéž online zdroje, normy a zákony, potřebné k dosažení vytýčených cílů.

1 Teorie zpětné logistiky

Reverzní logistika, označována též jako “reverse-flow logistick” nebo “reverse distribution”, se nejvíce vyvíjela a projevovala v 90. letech. V literaturách jsou zmiňovány dva proudy, které kladly důraz na jiný předmět zájmu a jinou stránku řízení zpětných toků. Část byla zaměřena na zboží vrácené obchodníkům a ta druhá analyzovala vzrůstající ekologický dopad s možností recyklace komunálního a průmyslového odpadu v souvislosti se vzrůstajícími požadavky legislativy.

Reverzní logistika je součástí logistiky, na kterou se dlouho zapomínalo, jsou to toky použitých výrobků, obalů a ostatních materiálů, které směřují od spotřebitele. Touto problematikou se začala zabývat již celá EU a podporuje pomocí grantů výzkum a vývoj v této oblasti. Řada zemí již zakomponovala do své legislativy opatření, která velí recyklaci svých výrobků i obalů. Podniky jsou již nuceny k zodpovědnému chování za výrobek po celý jeho cyklus, od získání surovin, přes výrobu, prodej a likvidaci dle platné legislativy. Materiálový tok má tedy opačný směr než v klasickém zásobovacím řetězci.

Škapa ve své knize definuje zpětnou logistiku a uvádí “*Hlavní náplní reverzní logistiky (neboli zpětné logistiky) je sběr, třídění, demontáž a zpracování použitých výrobků, součástí, vedlejších produktů, nadbytečných zásob a obalového materiálu, kde hlavním cílem je zajisti jejich nové využití, nebo materiálové zhodnocení způsobem, který je šetrný k životnímu prostředí a ekonomicky zajímavý*”. [1, str. 21].

Význam zpětné logistiky

Úspěšnost zavedení zpětné logistiky do podniku můžeme sledovat pomocí vyhodnocení zisku, avšak z hlediska státu, který sleduje i jiné ukazatele, sledujeme zejména snížení produkce skládkování nebo spalování odpadů.

Příčiny rozmachu zpětné logistiky

Ačkoliv je význam zpětné logistiky z hlediska životního prostředí uveden až za zmínkou o zisku podniku, patří tento význam mezi prioritu k zavádění v každém podniku. Ekologické iniciativy vedly k velmi rozsáhlému rozvoji legislativních změn spojených se zpětnou logistikou. Jak tedy můžeme přimět producenty k lepšímu chování ve jménu ekologie? Existují dva typy komunikačních strategií – tahu a tlaku (push a pull).

Strategie PUSH

- Podnětné přijímání zákonů na ochranu životního prostředí,
- Podmínky pro získání finančního úvěru či dotace,
- Ekologická osvěta zaměstnanců,
- Ekologické chování konkurence.

Strategie PULL

- Ekologicky smýšlející spotřebitelé,
- Snaha odběratelů a obchodu,
- Programy subvencí pro ekologické aktivity.

Škapa uvádí: „otázkou, které faktory jsou úspěšnější, zda Push nebo Pull, zkoumá mnoho vědců. Tržní podněty k environmentálním inovacím jsou méně významné“. [1, str. 30]

Zajímavý je vztah k ekologii vzhledem k velikosti podniku a jejich ekologické chování, kdy média si všímají více podniků větších rozměrů a o ty menší tak ztrácejí zájem, jako o minimální vliv na celkový stav životního prostředí.

Reversní logistika, ale není vždy kritickým faktorem úspěšnosti podniku, nýbrž se jedná o oblast oborově velmi specifickou, její významným faktorem je spjat s rozvojem nakupování na dálku – tedy elektronickými obchody. Hlavním mechanismem pro rozvoj reverzní logistiky je však legislativa. [1] Další kapitola nastiňuje metodu, která je založena na strategii výkonnosti podniku nikoliv však jen z finančního hlediska.

Metoda Balanced Scorecard

Metoda MBS byla vyvinuta pro strategické hodnocení výkonnosti firmy z hlediska toku peněz, výkonost firmy však dokáže vyhodnotit i nefinančně. Využívá pro tvorbu obnovu strategie, a balancuje nad potřebami zájmových skupin, jasně a zřetelně vyznačuje cíle podniku. Vyhodnocením se stávají ukazatelé KPI (Key Performance Indicators), je to měřitelný způsob dosahování strategie při udržení principu příčina – následek. Tato metoda je vhodná do zavedení ve **zpětné logistice**, a to správným nastavením logistických procesů. Správným systémem řízení – strategickým prostředím, a soustavou ukazatelů výkonnosti a vzájemné vazby, se tento systém řadí mezi jeden z nejkompexnějších modelů měření výkonnosti. Metodu poprvé definoval Robert S. Kaplan a David P. Norton. Jejich výzkumem ve firmách tak zaznamenali limitovanou schopnost dosáhnout cílů řízením pouhých finančních ukazatelů.



Obr. 1.1 Metoda BSC

Zdroj: [23].

Model systému BSC vytváří strategii podniku, a přenáší tak plány ve skutečnost, pomocí zpětné vazby pak zachovává základní finanční měřítko. Ovšem doplňuje tato o 3 další pohledy, která pak tvoří rámec systému měření výkonnosti.

Nalezení čtyř oblastí měření, které postihují klíčové strategické prostředí podniku tak umožňuje kontrolu všech cílů. Zde uvádí tyto další perspektivy:

- Finanční – zisk, cash flow, výnos kapitálu,
- Zákaznická – počet zákazníků, podíl na trhu, ziskovost zákazníků,
- Interní procesy – doba cyklu, počet neshod, obrátky zásob,
- Učení se a růst – množství školení, počet nových znalostí, nové produkty.

BSC je vhodný nástroj pro řízení z hlediska dlouhodobé strategie tím, že nastavuje měřitelné ukazatele do rovnováhy, měřitelnost ukazatelů mezi výstupy a vstupy jsou tak v rovnováze.

Vytváření BCS modelu – každá metoda musí umět stanovit svoji strategii přes jednotlivé útvary, tento model se vytváří shora dolů, tedy od úrovně strategické jednotky SBU – Strategy Business Unit, přes útvary až po jednotlivce. Pro zavedení BSC musíme učinit základní kroky:

- Vytvoření týmu, který pak bude model řídit,
- Lokaci firemní strategie,
- Určení cílů,
- Kontrolu vztahů (příčina-následek),
- Rozpad cílů po nejnižší složky,
- Grafické znázornění strategie,
- Report cílů do praxe,
- Zpětnou vazbu – analýzy výkonnosti firmy.

Všechny tyto body jsou vytvořeny v rámci týmové práce, která je řízena vrcholným managementem. Vhodným pomocníkem pro implementaci cílů do praxe je grafický model, který přispívá nejen jako komunikátor strategie k pracovníkům, ale hlavně znázorňuje logiku firemní strategie.

Výhody modelu BSC

Přínosem po zavedení této metody je uvědomění si a používání vztahu příčina – následek, všechny kroky jsou úzce propojeny do logistických vazeb a umožňují určení

jasného cíle. Příkladem může být zvýšené povědomí v oblasti realizace zakázek, snižování času realizace a eliminaci vad a neshod. Zkracování času dodávky pak vede ke spokojenému zákazníkovi a zvýšeným odměnám pracovníků.

1.1 Odpad

V legislativě došlo k zásadní změně, Zákon o odpadech číslo 185/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů byl novelizován, a dne 23. 12. 2020 nabyl účinnosti Zákon číslo 541/2020 Sb. Zákon o odpadech. Novela zákona má mimo jiné oddělit právní režimy „standardního odpadu“ a „výrobku s ukončenou životností“.

Odpadové hospodářství je však celosvětovým problémem, dlouhodobě diskutovaným masmédií a sociálními sítěmi, a proto musíme i my přijmout odpovědnost za naše činy a dbát na možnost třídění, recyklace a zpětný odběr výrobků. Odpad je součástí každého výrobního procesu, představuje výstupy, které nelze většinou již vrátit do výrobního procesu a stanou se tak odpady na likvidaci. Novela zákona, která se připravovala řadu let, snad splní alespoň z části své očekávání.

1.1.1 Základní legislativa

- Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška ze dne 5. ledna 2021 o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů)
- Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- Nařízení vlády 352/2014 Sb. – o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015-2024
- Zákon č. 183/2006 Sb. – Stavební zákon
- Zákon č. 356/2003 Sb. Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích
- ČSN EN 13437 – Recyklace obalů a obalových materiálů (1/2004)
- ČSN EV 13430 – Obaly – Požadavky na obaly použitelné k recyklaci materiálu

- Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterými se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky.

1.1.2 Základní používané pojmy

- **Stavební demoliční odpad (SDO)** – odpad vznikající při zřizování staveb, při změnách dokončených staveb a odstraňování, zejména pak vytěžená zemina, stavební výrobky materiál.
- **Stavby dopravní infrastruktury** – stavby pozemních komunikací, cest, vodních cest, letišť a s nimi související zařízení.
- **Opětovné použití** – použití části stavebních výrobků a odebraných z původního místa (stavby) při změnách na stavbě, demolicích, použití ke stejnému účelu, ke kterému původně sloužily, a to v případě odpovídajícím požadavkům, bez nutnosti úpravy, tyto se tedy nestávají odpady.
- **Využití odpadů** – jedná se zejména o materiálové využití odpadů, náhradu prvotních surovin.
- **Úprava odpadů** – činnost, která vede ke změně vlastností odpadů, včetně třídění za účelem umožnění přepravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jeho nebezpečných vlastností. U stavebního odpadu se jedná zejména o drcení, třídění.
- **Recyklát ze stavebního a demoličního odpadu** – výstup ze zařízení k úpravě stavebních odpadů, zejména změna velikosti na frakce, zrnitosti na recyklačních linkách, které mohou také uvádět tento výrobek na trh v souladu se zvláštními předpisy.
- **Pověřená osoba** – fyzická nebo právnická osoba pověřená MŽP nebo MZ k hodnocení nebezpečných vlastností, zároveň je oprávněnou osobou k odběru vzorků odpadu pro hodnocení jejich nebezpečných vlastností.
- **Druhotná surovina** – materiály, které mají charakter vedlejšího produktu a přestaly být odpadem, co splnily podmínky a kritéria, pokud jsou stanoveny, materiály získaných z výrobků podléhajícímu zpětnému odběru.

- **Nakládání s odpady** – sběr, přeprava, odstraňování, využití odpadů včetně dozoru nad těmito činnostmi a následná péče o místa odstraněná a včetně činností prováděných obchodníkem nebo zprostředkovatelem.

Odpad §4 Zákona o odpadech č. 541/2020 Sb. „Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit, má se za to, že osoba má úmysl zbavit se movité věci, pokud tuto věc není možno používat k původnímu účelu, v pochybnostech, zda je movitá věc odpadem, rozhoduje krajský úřad na žádost vlastníka této movité věci“ [2, §4]

Každý z nás, se stává tzv. původcem odpadu ve smyslu zákona kdy „Původcem odpadu se rozumí, každý, při jehož činnosti vzniká odpad, právnická nebo podnikající fyzická osoba, která provádí úpravu odpadů nebo jiné činnosti, jejich výsledkem je změna povahy nebo složení odpadu nebo obec od okamžiku, kdy osoba odloží odpad podle §59 a 60 na místo tomu určenému“ [2, §4]

Dle Metodického návodu naplňuje usnesení vlády ČR č. 1080 ze dne 22. 12. 2014, k provedení nařízení vlády č. 352/2014 Sb. O Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024 a je vydán s cílem:

- Omezit množství nebezpečného odpadu vznikající při stavebních úpravách, přístavbách a nástavbách, dále při odstraňování staveb a údržbě staveb,
- Sjednocení postupu při zařazení do kategorií odpadů – NO a O, a u vznikajících stavebních odpadů a demoličních odpadů v souladu s §6 zákona o odpadech a jeho prováděcí předpisy,
- Zabezpečit prvotně zpětné využívání stavebních a demoličních odpadů a vymezit jednoznačně podmínky převážky odpadů do zařízení k jejich využívání,
- Minimalizování rizika při nakládání se stavebním a demoličním odpadem. [3]

1.1.3 Zařazení odpadu z hlediska vlivu na životní prostředí

Při režimu zařazení do kategorií klade každá společnost za cíl vyvarovat se nebezpečným odpadům, o jeho vzniku a zařazení hovoří taktéž zákon o odpadech. Likvidace nebezpečných odpadů je velmi finančně a materiálově náročná.

Základní dělení odpadu:

- **ostatní (O)**,

- **nebezpečné (N)**, zde cituji zákon o odpadech, který uvádí „*Odpad je považován za nebezpečný, pokud vykazuje alespoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v nařízení č. 1357/2014, je uveden ve vyhlášce č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů jako nebezpečný odpad*, postup zjištění vlastností SDO popisuje blíže kapitola 5.

Nebezpečný odpad je tedy ten, který v daných kritériích překračuje limity, u stavebních materiálů se tyto vlastnosti prokazují laboratorními zkouškami certifikovaných laboratoří, vzniká tak výstup ve tvaru zprávy, která přímo ukazuje daná kritéria z odebraného vzorku.

Zařazení odpadu z hlediska základních fyzikálních vlastností

- pevné,
- kapalné,
- plynné,
- směsné,

Zařazení z hlediska původce a následného využití

- odpady nevyužívané,
- odpady nevyužívané nesespecifické,
- odpady zneškodňované,
- odpady komerčně využívané

Dalším dělením odpadů se zabývá vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

V této práci se zaměříme zejména na odpady vznikající ve stavebnictví, dále recyklaci a dalším zpracováním odpadů.

1.2 Odstranění odpadu a nakládání s nimi

1.2.1 Skládkování

Skládkování §37 Zákona o odpadech č. 541/2020, v dnešní době, kdy vznikají černé skládky, mají tyto podmínky o to větší důraz, odstranění vzniku černých skládek je jedním z dalších kroků k vyspělejší společnosti. V zákoně se uvádí že, „*Provozovatel skládky smí provádět odstranění odpadu skládkováním pouze ve skládce, která se nachází na pozemku určeném k tomuto účelu územním rozhodnutím nebo územním souhlasem nebo ve stavbě určené k tomuto účelu využití kolaudačním rozhodnutím, na pozemku evidovaném v katastru nemovitostí s druhem pozemku ostatní plocha a způsobem využití pozemku jako skládka*“. [2, §37]

Zákaz ukládání využitelných odpadů na skládku kdy „*provozovatel skládky nesmí od 1. 1. 2030 na skládku ukládat odpady, jejichž výhřevnost v sušině je vyšší než 6,5 MJ/kg, které je za stávajícího stavu vědeckého a technického pokroku možné účelně recyklovat*“. [2, citace zákona]

Skládka je zemní těleso určené pro skládkování či uložení odpadů, postavená tak aby nezatěžovala životní prostředí a neohrožovala podzemní vody a ovzduší. S ohledem na možné ohrožení lidského zdraví, je skládka umístěna zpravidla mimo obec s příslušnou dopravní obslužností.

Jednou z podmínek na umístění skládky na pozemky jsou hydrogeologické, hydrologické a geotechnické podmínky, které ukládá zákon č. 541/2020 Sb. zákon o odpadech v platném znění. Další podmínkou je těsnění skládky a odplynění skládky dle druhu přijímaných odpadů.

Tři skupiny skládek dle složení odpadů

- S-IO – inertní odpad,
- S-OO – ostatní odpad,
- S-NO – nebezpečný odpad.

V tělese skládky probíhají neustále biochemické procesy, již od místa svozu odpadu až po uložení vznikají na sebe navazující stupně biologického rozpadu. Jednotlivé fáze procesu jsou rozdílné dle stupňů vlhkosti, složení odpadu a přístupem vzduchu. [2]

1.2.2 Recyklace – recycling

Recyklace – slovo recycling vychází z anglického slova recyklace – vrácení do procesu, je to způsob použití technologie zpracování odpadu kdy ve výrobě nezůstává téměř žádný odpad. V souvislosti s trendem uplatnění zásad recyklace vznikají nové recyklační metody, recyklační technologie jsou soubory posloupných procesů a technologických postupů dle koncepce:

VÝROBA – ODPAD – VÝROBA [6]

Historie recyklace v České republice sahá až do roku 1980, kdy se v této době uvažovalo o recyklaci kameniva, avšak zavedení do praxe se podařilo až o 10 let později, tedy začátkem 90. let minulého století. Z pár jednotlivců, kteří byli zapáleni do ekologie, se stal stavební dozor, který předcházal zbytečnému navýšení objemu odpadů ale také jako podnikatelská příležitost, a to díky skutečnosti vzniku cenných druhotných surovin, tato složka se stala neoddelitelnou součástí stavební výroby.

Trhací práce, takto v této době probíhaly demolice, zcela nevhodný postup v případě demolice v zástavbové zóně, procesy odklizení byly pomalé, prašnost vysoká. Rychle se tak do popředí dostávaly nové technologie jako hydraulická kladiva, bourací a hydraulické nůžky, zdály se nejvýhodnější a ekonomicky přijatelnějším řešením.

Důvody pro recyklaci odpadů

- ochrana životního prostředí,
- úspora materiálu,
- ekonomická efektivnost.

Rozdělení recyklace

- přímá – zpětné využití bez úprav,
- nepřímá – přepracování materiálů z odpadu,

Rozdělení recyklace na stupně

- oddělený sběr odpadů,
- dotřídění odpadů,
- zpracování odpadů,
- prodej nových výrobků. [4]

1.2.3 Ostatní nakládání s odpady

- opětovné využití odpadů,
- energetické využití,
- materiálové využití,
- výroba paliv.

1.3 Lokačně alokační úlohy

Lokačně alokačními úlohami nazýváme problém optimálního rozšíření středisek obsluhy. Lokace značí problém s optimálním rozmístěním středisek a alokace pak přiřazení obsluhovaných objektů k těmto střediskům.

Nalezení optimálního umístění jednoho střediska, ze kterého plyne obsluha všech objektů je vcelku jednoduchá. Alokační část je jasně zvolená a k nalezení polohy vedou exaktní algoritmy. Velmi složité je však hledání vhodného umístění více středisek a obsluhy současně, kdy předem nemusí být daný počet, ale může zde vstupovat proměnná, přičemž se hledá tento počet vzhledem k účelu funkce středisek.

Podle tvaru účelové funkce členíme lokační úlohy na dva typy problémů

- hledání centra – takového, který minimalizuje maximální váženou vzdálenost všech obsluhovaných objektů od nejbližšího centra,
- hledání mediánu – tedy takového umístění střediska obsluhy, který minimalizuje součet vážených vzdáleností obsluhovaných objektů od nejbližšího střediska.

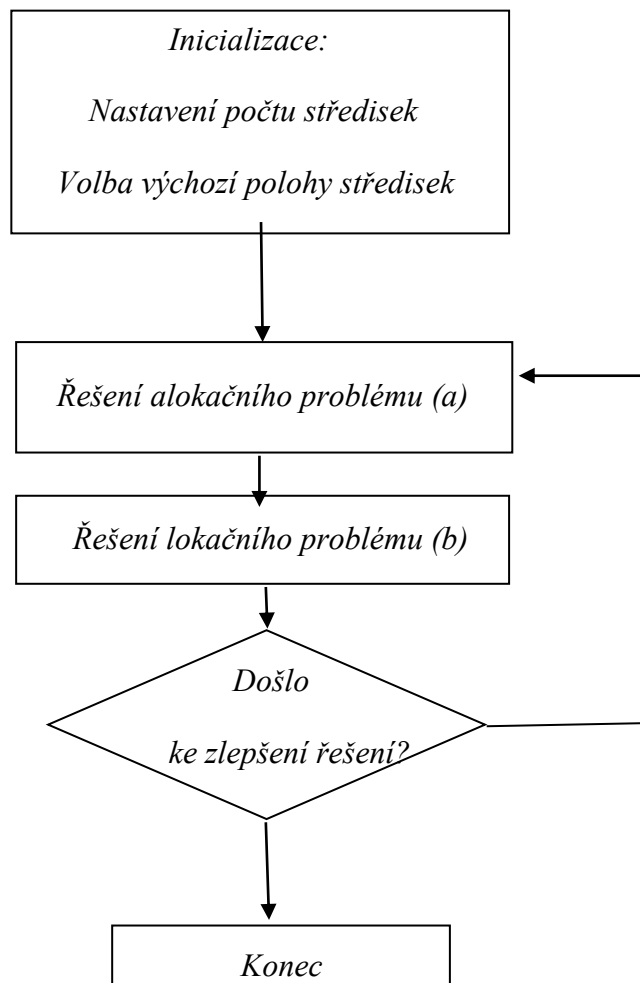
Váhou jednotlivých objektů označíme dle reprezentace důležitosti, počtu požadavků na obsluhu za nějaký čas. U rozmístování p středisek ($p > 1$) též hovoříme o úlohách hledání p -centra a p -mediánu.

Lokační úlohy můžeme též klasifikovat dle dalších hledisek, jako jsou kapacity středisek, dle omezení dle povahy lokačního prostoru, podle kterého je lze také dělit na:

- **úlohy lokace v rovinném prostoru (planar location problems)** – kontinuální prostory, střediska obsluhy je možné umístit kamkoliv v geometrickém prostoru,
- **úlohy alokace na dopravní síti (network location problems)** – využití modelu dopravní sítě, kdy jednodušší je modelace stromu (nikoliv kružnice), v některých typech úloh je přípustné umístění středisek pouze do vrcholu sítě, speciálním typem úlohy je tzv. pokrývací problém, kdy je pro každý obsluhovaný objekt dána maximální vzdálenost do střediska obsluhy, kdy cílem je rozmístění co nejmenší počet středisek na této síti.
- **úlohy diskrétní alokace (discrete location problems)** – zde je dána konečná množina možných umístění středisek obsluhy, řešíme zde jednoznačné podmínky – cena pozemků, dostupnost, blízkost dopravních uzlů, průmyslové zóny atd.
- **postup při řešení úlohy optimálního rozmístění logistických center** – v případě úlohy vhodného rozmístění logistických center se jedná o lokačně alokační problém, ve kterém jde o nalezení vhodného místa pro střediska obsluhy, kdy specifika je, že jednotlivá střediska jsou rovnocenná a objekty tak stejného typu.

Další metody k nalezení exaktního řešení lokačně alokační úlohy je střídavá lokace a alokace ALA, její podstatou je střídání dvou kroků

- a. vyřešit úlohu vhodné alokace obsluhovaných objektů ke střediskům, kdy poloha středisek je známá,
- b. vyřešit úlohu optimální lokace středisek obsluhy, přičemž atrakční obvody středisek jsou určeny.



Obr. 1.2 Metoda střídavé lokace

Zdroj: [5].

Obrázek znázorňuje provedení kroků optimální lokace. Střídání těchto kroků vede ke vhodnému řešení, avšak řešení závisí na volbě umístění středisek obsluhy, proto je vhodné řešit úlohu několikrát s různými počátečními hodnotami souřadnic středisek.

Lokační úlohy lze dělit určením dalších parametrů, dle tvaru účelové funkce:

- Pokrývací problémy (Covering problems) – zde je každému obsluhovanému objektu dána max. vzdálenost od střediska obsluhy, parametrem však nemusí být nutně vzdálenost, ale například čas. Cílem je minimalizovat náklady na pokrytí všech distribučních vrcholů celé množiny.

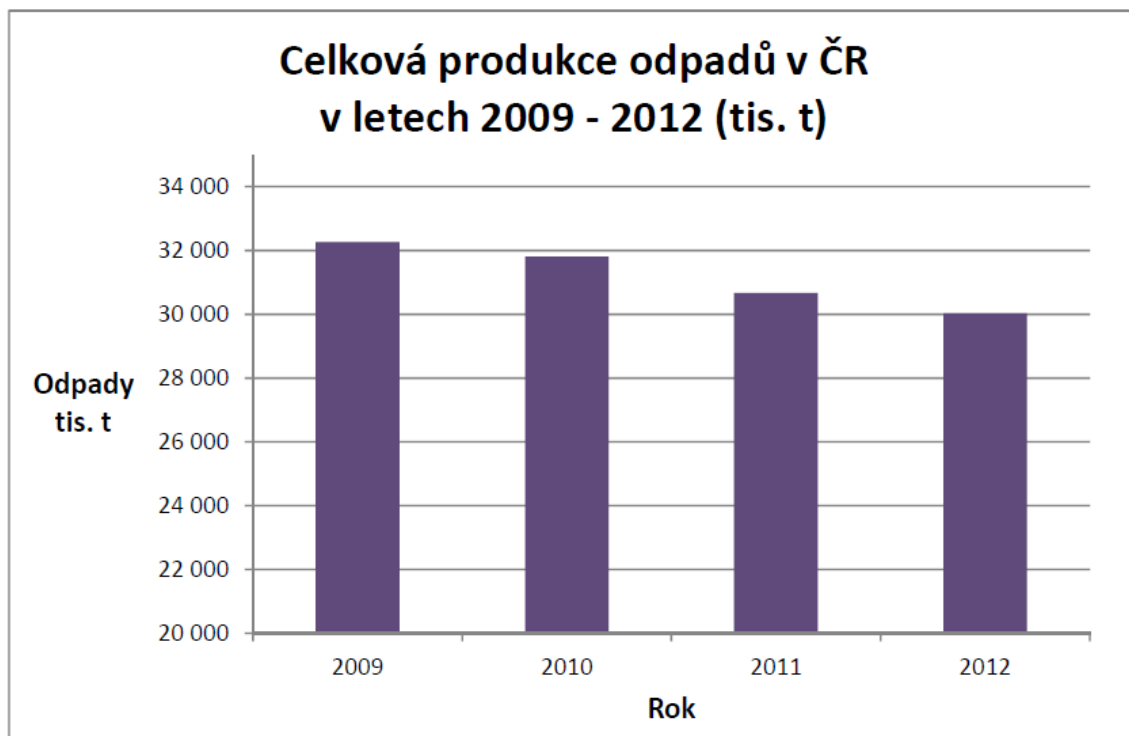
- Problémy lokace mediánu (median location problems) – tyto jsou v logistice nejvíce používané, každý objekt dostane váhové hodnocení, váha může představovat například důležitost objektu nebo objem požadavků na obslužnost. Cílem je nalézt umístění střediska, které splňuje požadavek na minimální součet vážených vzdáleností obsluhovaného objektu od nejbližšího střediska. Příkladem je umístění skladu nebo logistického centra.
- Problémy lokace centra – cílem této lokace je nalézt umístění centra, které minimalizuje maximální vzdálenost ke každému obsluhovanému objektu, příkladem je lokace hasičské stanice nebo nemocnice.
- Úlohy diskrétní lokace (discrete location problems) – v těchto úlohách je již dána množina všech navrhovaných umístění středisek obsluhy, které se vybírá jak přijatelná. Zde jsou však řešeny praktické problémy, ze kterých se následně vybere nejvhodnější umístění, výsledné řešení úloh zde může být stanoveno vícekritériální analýzou, představitelem problému diskrétní lokace je například Warehouse location problém, který lze řešit pomocí softwaru na lineární programování.

Prostorová lokalizace využívaná v logistice například při lokalizaci skladů, center je celá škála. Výběr metody vždy záleží na modelu rozhodování. Některé metody byly popsány v této kapitole. Dalším řešením lokačních úloh se zabývá obor diskrétní matematiky – oblast teorie grafů. V kapitole 3 Návrh na umístění recyklačního střediska byla využita metoda diskrétní, která se zdá být nevhodnější pro tuto práci s řešením problému lokalizace.

2 Analýza stávajícího stavu produkce stavebního odpadu

Mezi nejdůležitější dokumenty v oblasti životního prostředí a s tím souvisejícího nakládání s odpady patří bezesporu dokument Plán odpadového hospodářství 2015-2024, který byl vydán a schválen Ministerstvem životního prostředí. Tento dokument řeší strategii České republiky v oblasti nakládání s odpady s plánem na 10 let dopředu a bude měněn při každé legislativní změně. [14]

Plán byl zpracován v souladu s principy udržitelného zdroje a řeší taktéž skládkování a využívání odpadů jako druhotných surovin. Struktura POH se řídí § 41 a § 42 zákona o odpadech a souvisejícími předpisy, včetně prováděcích předpisů a platnými předpisy Evropské unie a metodickým návodem Evropské komise pro sestavení plánu, vydán byl v červnu 2012. Hlavním datovým zdrojem POH byla databáze informačního systému odpadového hospodářství ISOH, který shromažďuje veškeré informace o odpadech v ČR, dalším datovým zdrojem byly analýzy autorizované obalové společnosti EKO-KOM a.s. POH využíval aktivně data z let 2009-2012, a dle analýzy a trendu tak nastavil nové plány na dalších 10 let. [14]



Obr. 2.1 Celková produkce odpadů v ČR v letech 2009-2012 v tis. t

Zdroj: [14]

Dle obrázku 2.1. je zřejmý klesající trend v produkci odpadů. V roce 2009 bylo v ČR vyprodukováno 32 tis. tun odpadu naproti tomu v roce 2012 pak 30 tis. tun odpadu.

V následující tabulce uvádím celkovou produkci odpadů rozdělenou na využívání a odstraňování v letech 2017-2019. Data z roku 2020 nejsou ještě Českým statistickým úřadem zveřejněna. Celkový vliv produkce odpadů ovlivňuje také plnění POH.

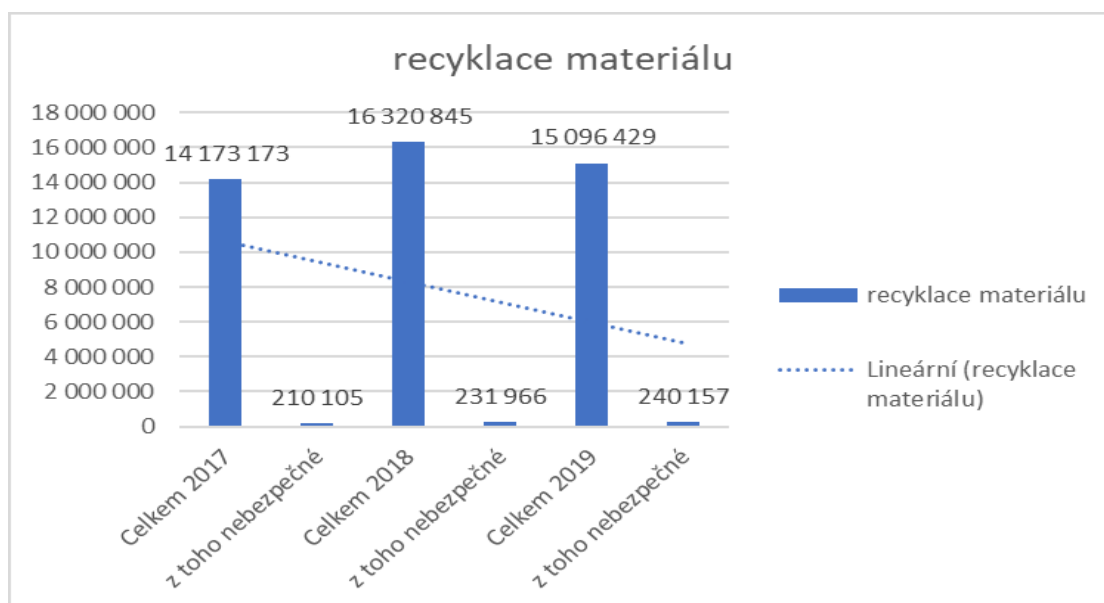
| | Celkem 2017 | z toho nebezpečné | Celkem 2018 | z toho nebezpečné | Celkem 2019 | z toho nebezpečné |
|---------------------------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| Nakládání s odpady celkem | 30 119 982 | 568 066 | 33 844 895 | 615 894 | 32 513 572 | 671 727 |
| v tom: | | | | | | |
| využívání | 26 805 199 | 249 951 | 30 213 858 | 265 173 | 28 836 177 | 282 423 |
| z toho: | | | | | | |
| energetické využití | 1 235 790 | 39 798 | 1 200 655 | 33 160 | 1 295 190 | 42 316 |
| recyklace materiálu | 14 173 173 | 210 105 | 16 320 845 | 231 966 | 15 096 429 | 240 157 |
| kompostování | 887 786 | x | 892 998 | x | 954 711 | x |
| zasypávání | 10 502 387 | x | 11 795 559 | x | 11 486 362 | x |
| odstraňování | 3 314 783 | 318 115 | 3 631 036 | 350 721 | 3 677 395 | 389 204 |
| v tom: | | | | | | |
| spalování (bez energetického využití) | 89 994 | 83 698 | 93 557 | 87 273 | 90 268 | 84 024 |
| skládkování | 3 224 789 | 234 417 | 3 537 479 | 263 448 | 3 587 127 | 305 179 |

Obr. 2.2 Statistika vývoje odpadů v letech 2017-2019 v tunách

Zdroj: vlastní zpracování podle [11].

Statistika uvádí, dle dostupných informací, že v roce 2017 bylo vyprodukováno 30 119 982 tun odpadu, naproti tomu v roce 2018 byla produkce navýšena na 33 844 895 tun, v roce 2019 již tato čísla postupně klesají až na 32 513 572 tun odpadu

za rok. Naproti tomu energetické využití odpadu uvádí postupně zvyšování, taktéž recyklace materiálu. Musíme však poukázat na to, že POH má jasně dané cíle, a to zvýšení recyklace komunálních odpadů v roce 2025 na 55 %, v roce 2030 na 60 % a v roce 2035 na 65 %. Ve skládkování si za cíle klade pak v oblasti skládkování – v roce 2030 zákaz skládkování využitelných odpadů a snížení hranice skládkování KO na úroveň 10 % KO. Energetické využití v roce 2035 uvádí nejvýše 25 %, pokud však bude skládkování nižší, než 10 % může být energetické využití úměrně vyšší. [14]



Obr. 2.3 Recyklace materiálu v letech 2017-2019

Zdroj: vlastní zpracování podle [11].

Recyklace materiálu je ve stavebnictví velmi podstatná složka služby, jak obrázek 2.3 uvádí tak v roce 2017 byl poměr recyklovaného odpadu 1,4 %, v roce 2018 se poměr nezměnil, avšak v roce 2019 je již na vzestupu a dosahuje úrovně 1,6 % z celkového vyprodukovaného odpadu.

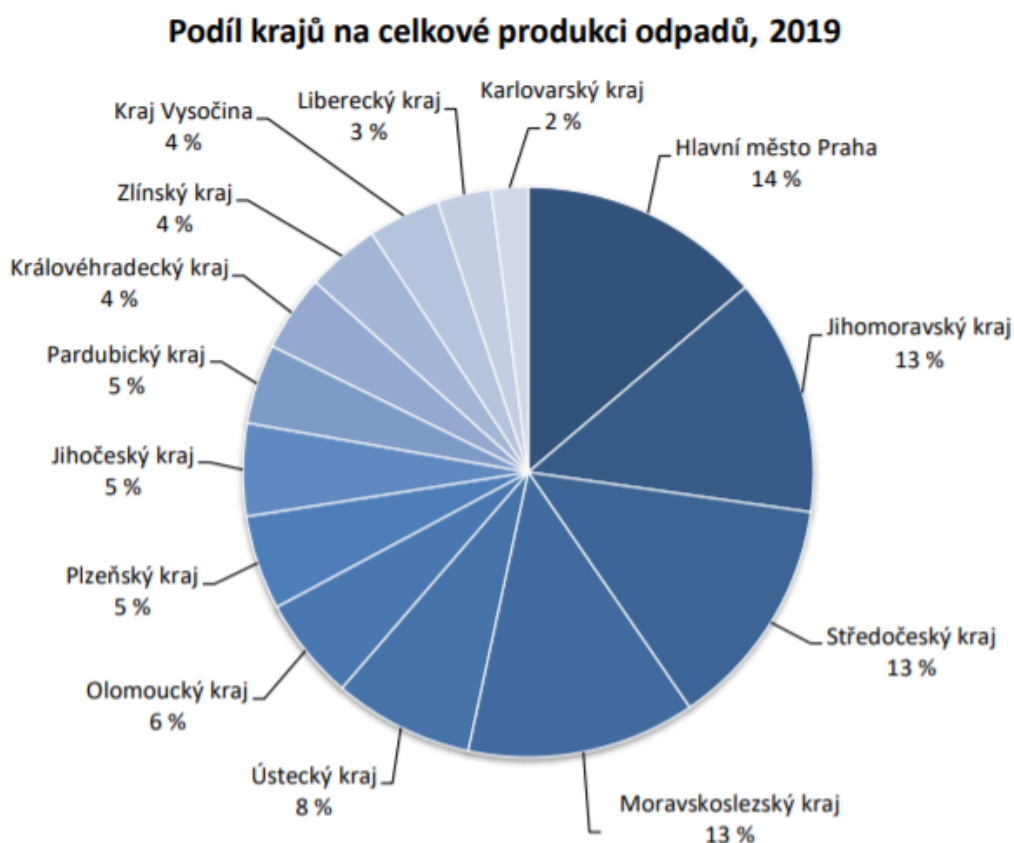
Cílem POH v oblasti stavebních a demoličních odpadů bylo zvýšit do roku 2020 míru přípravy k opětovnému využití a míru recyklace těchto odpadů nejméně na 70 % hmotnosti. Další možností je materiálové využití do zásypů, kdy mají být materiály nahrazeny v souladu s legislativou odpadem katalogového čísla 17 05 04 – zemina a kamení. Cíl vychází ze směrnice EP a rady 2008/98/ES o odpadech.

Zásady ve sféře stavebních odpadů

- regulovat vznik stavebních a demoličních odpadů, s ohledem na životní prostředí,
- maximálně možné využití stavebních odpadů a recyklátů z těchto odpadů.[14]

Odpadová data z roku 2019 hovoří o tom, že v předešlém roce pokleslo celkové množství odpadů, a naopak rostlo jejich materiálové využití. Přes 46 % komunálního odpadu však stále končí na skládkách, což představuje velkou zátěž na životní prostředí.

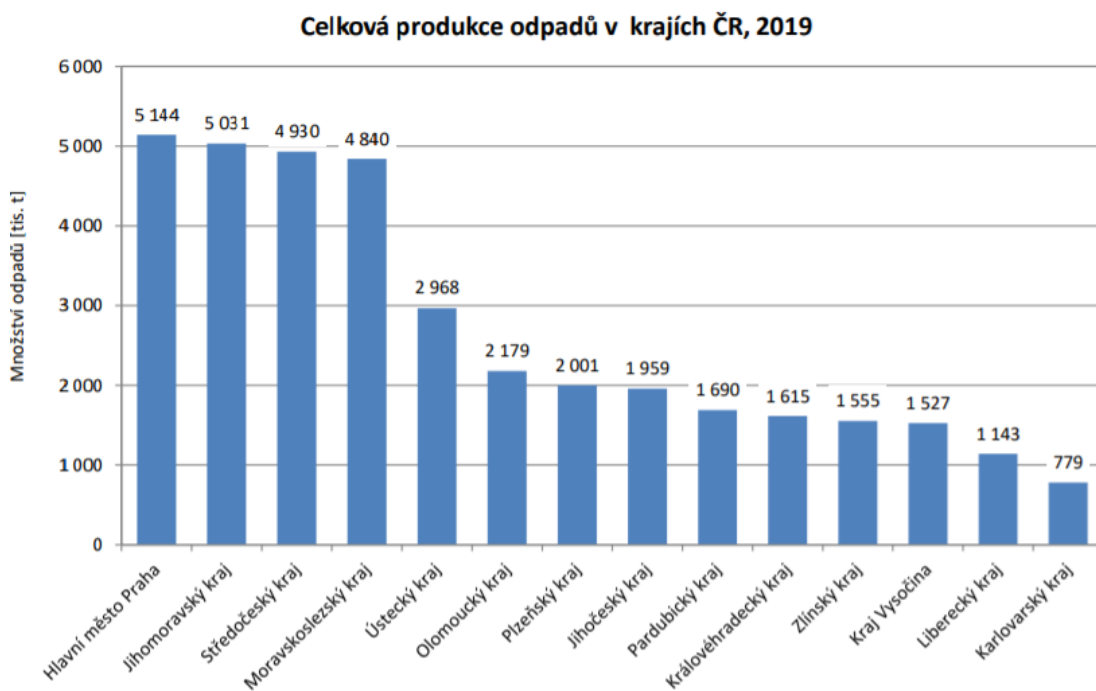
Celkově ČR skládkuje stále více odpadů, než je průměr za EU, který byl v roce 2018 téměř 24 %. Podíl komunálního odpadu na celkové produkci tvořil v následujícím roce 15,7 %, tzn., že obyvatelé v roce 2019 vyprodukovali 5,9 milionů tun, každý občan tedy v průměru vyprodukuje 551 kg komunálního odpadu. V roce 2019 bylo v ČR z komunálního odpadu využito 41 % materiálově a 12 % energeticky.



Obr. 2.4 Podíl krajů na celkové produkci odpadů 2019

Zdroj: [17].

V tabulce 2.4 je znázorněn procentuální podíl na vzniku komunálního odpadu dle krajů, jednoznačně ukazuje, že Praha dosahuje hodnot 14 % oproti Karlovarskému a Libereckému kraji, kde jsou k třídění odpadu přívětivější. Vliv na množství odpadu má bezesporu hustota obyvatelstva a turismus. Následující tabulka uvádí množství odpadů v krajích v roce 2019 na tis. tun.



Obr. 2.5 Celková produkce odpadů v krajích ČR, 2019

Zdroj: [17].

Množství v tunách přesně ukazuje, jak který kraj produkuje odpady v tis. t. Praha je jednoznačným vítězem v produkci celkového odpadu. Porovnáme-li však celkovou produkci nebezpečného odpadu v témže roce, zjistíme, že vítězem v této kategorii je Moravskoslezský kraj s 324 t. Dále Středočeský kraj s 264 tis. t, Hlavní město Praha dominuje na 4. příčce se 168 tis. t a v nejnižších pozicích se nachází Karlovarský kraj s 51 tis. t a Olomoucký kraj s 58 tis. t z celkových 1 759 tis. t za rok, na obyvatele to dělá v roce 2019 165 t. [17]

Tab. 2.1 Produkce odpadů dle kódů odpadu v letech 2017-2019

| Kód odpadu | Popis odpadu | Rok 2017 | Rok 2018 | Rok 2019 |
|-------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| 170 101 | Beton | 1 839 756 | 2 320 717 | 1 987 225 |
| 170 102 | Cihly | 896 836 | 779 375 | 788 003 |
| 170 103 | Tašky a keramické výrobky | 14 890 | 17 043 | 19 851 |
| 170 107 | Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek | 1 657 475 | 2 219 506 | 2 166 900 |
| 170 201 | Dřevo | 50 253 | 53 167 | 50 254 |
| 170 301 N | Asfaltové směsi obsahující dehet | 8 935 | 15 958 | 10 926 |
| 170 405 | Železo a ocel | 2 643 937 | 2 640 689 | 2 504 121 |
| 170 504 | Zemina a kamení | 10839 887 | 13106 605 | 13404 406 |

Zdroj: [11].

Tabulka 2.1 uvádí data statistického úřadu, a to produkci odpadů dle kódů, uvedené kódy jsou nejčastěji používané v rámci stavební výroby a demolic, tato produkce obsahuje zásadní část celkové produkce odpadů. Zde je opět nastíněno jak malou rychlostí a nejistotou produkce stavebního odpadu klesá. Cihla, beton a směsi odpadů jsou doposud v malé míře recyklovány, jak uvádí obr. 2.3 Recyklace materiálů má klesající tendenci velmi malou, oproti tomu asfaltové směsi, hojně používané jako druhotný odpad snižují svoje množství na skládkách rychleji. U železa a oceli jde o výnosovou položku části stavby, tyto materiály s kódem 170 405 jsou vykupovány ve sběrnách kovového odpadu, ale taktéž zařazovány dle kódu a jsou předmětem ročního hlášení dle IČP provozovny.

3 Návrh na umístění střediska pro recyklaci stavebního odpadu

Praktická část diplomové práce je zaměřena na návrh a umístění střediska pro recyklaci stavebního odpadu. Pro tento cíl jsem si vybrala kraj Olomoucký. Pro určení metody lokace střediska recyklace jsem použila metodu těžiště, kdy si v Olomouckém kraji zvolím 10 nejvzdálenějších bodů a objem odpadu v Olomouckém kraji.



Obr. 3.1 Mapa olomouckého kraje

Zdroj: [18].

3.1 Vstupní údaje pro lokaci recyklačního střediska

Před lokalizací recyklačního střediska jsem zjistila GPS souřadnice jednotlivých míst odvozu a určila množství odpadu v jednotlivých místech odvozu.

Tab. 3.1 Vstupní údaje pro lokalizaci

| Místo | Souřadnice x | Souřadnice y | Množství odpadu (t/rok) | Počet obyvatel |
|---------------|--------------|---------------|-------------------------|----------------|
| | | | 2 138 910 | |
| Bystřice p. H | 49,39 | 17,67 | 209 219,36 | 8 144,00 |
| H. Štěpánov | 49,54 | 16,79 | 21 939,26 | 854,00 |
| Javorník | 50,39 | 17,00 | 71 932,00 | 2 800,00 |
| Kojetín | 49,35 | 17,30 | 156 143,82 | 6 078,00 |
| Loučná n. D | 50,07 | 17,08 | 39 177,25 | 1 525,00 |
| Mikulovice | 50,29 | 17,32 | 64 250,69 | 2 501,00 |
| Přerov | 49,45 | 17,45 | 1 101 355,99 | 42 871,00 |
| Vidnava | 50,37 | 17,18 | 32 523,54 | 1 266,00 |
| Zábřeh | 49,88 | 16,87 | 345 684,64 | 13 456,00 |
| Zlaté Hory | 50,26 | 17,39 | 96 683,45 | 3 748,00 |
| Celkem | 498,99 | 172,05 | 2 138 910,00 | 83 243,00 |
| | | Koef. na os/t | 25,69 | |

Zdroj: vlastní zpracování.

3.2 Výpočet lokace recyklačního střediska

K výpočtu souřadnic recyklačního střediska jsem využila Metodu těžiště, která je založena na provázání velikosti přepravovaného množství a umístění jednotlivých lokalit.

Tab. 3.2 Výpočet lokace recyklačního střediska

| Místo | x_j | y_j | q_j | $x_j \cdot q_j$ | $y_j \cdot q_j$ |
|---------------|--------|--------|--------------|-----------------|-----------------|
| Bystřice p. H | 49,39 | 17,67 | 209 219,36 | 10 333 344,19 | 3 696 906,09 |
| H.Štěpánov | 49,54 | 16,79 | 21 939,26 | 1 086 870,94 | 368 360,18 |
| Javorník | 50,39 | 17,00 | 71 932,00 | 3 624 653,48 | 1 222 844,00 |
| Kojetín | 49,35 | 17,30 | 156 143,82 | 7 705 697,52 | 2 701 288,09 |
| Loučná n.D | 50,07 | 17,08 | 39 177,25 | 1 961 604,91 | 669 147,43 |
| Mikulovice | 50,29 | 17,32 | 64 250,69 | 3 231 167,20 | 1 112 821,95 |
| Přerov | 49,45 | 17,45 | 1 101 355,99 | 54 462 053,71 | 19 218 662,03 |
| Vidnava | 50,37 | 17,18 | 32 523,54 | 1 638 210,71 | 558 754,42 |
| Zábřeh | 49,88 | 16,87 | 345 684,64 | 17 242 749,84 | 5 831 699,88 |
| Zlaté Hory | 50,26 | 17,39 | 96 683,45 | 4 859 310,20 | 1 681 325,20 |
| Celkem | 498,99 | 172,05 | 2 138 910,00 | 106 145 662,69 | 37 061 809,25 |

Zdroj: vlastní zpracování.

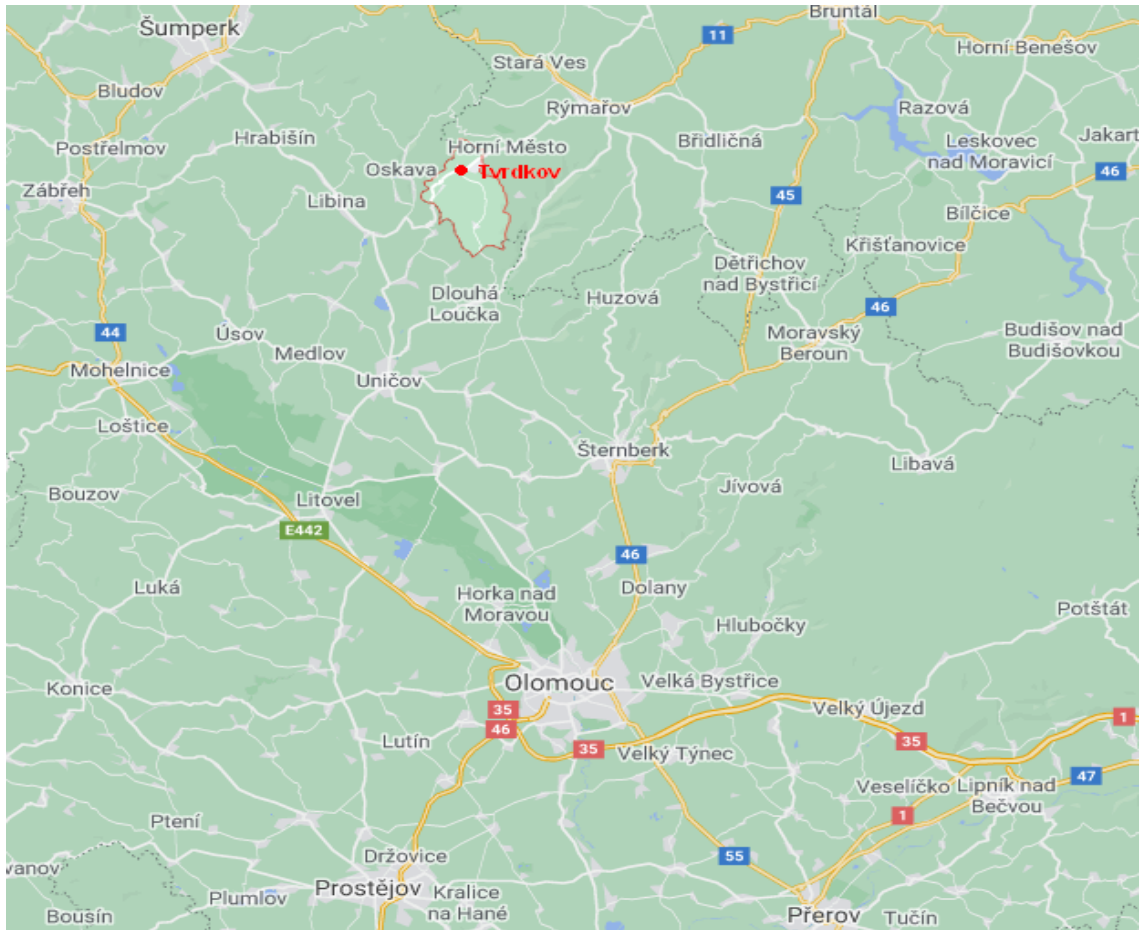
Výpočet lokace recyklačního střediska

$$X = \frac{\sum_{j=1}^{10} x_j \cdot q_j}{\sum_{j=1}^{10} x_j} = \frac{10\,333\,344,19 + 1\,086\,870,94 + \dots + 4\,859\,310,20}{49,39 + 49,54 + \dots + 50,26} = \frac{106\,145\,662,69}{498,99} = 49,63$$

$$Y = \frac{\sum_{j=1}^{10} y_j \cdot q_j}{\sum_{j=1}^{10} y_j} = \frac{3\,696\,906,09 + 368\,360,18 + \dots + 1\,681\,325,20}{17,67 + 16,79 + \dots + 17,39} = \frac{37\,061\,809,25}{172,05} = 17,33$$

3.3 Lokalizace recyklačního střediska

Na základě výpočtu bude recyklační středisko umístěno do lokality s GPS souřadnicemi $x=49,63$ a $y=17,33$, která podle mapových podkladů odpovídá obci Tvrdkov nebo po přihlédnutí k dalším reálným požadavkům jeho okolí, např. městu Rýmařov.



Obr. 3.2 Mapový podklad pro vyznačení lokality recyklačního střediska

Zdroj: vlastní zpracování.

Provozem a podmínkami vzniku recyklačních středisek se zabývá dokument EIA dle požadavků Ministerstva životního prostředí, postup je závazný a při projektování nezbytný.

Práce v tomto případě popisuje potřebné zajištění a požadavky pro projektování recyklačního střediska, které jsme si lokalizovali.

Úkolem recyklačních středisek je obvykle upravit přijatý stavební materiál pro další využití.

Recyklační středisko je tvořeno: přejímkou materiálu včetně kontroly, plochou pro umístění materiálu před samotným zpracováním, recyklační plochou, plochou třídící a skládkou hotových produktů.

Přejímka je prováděna na základě vážního lístku, vhodné je umístění váhy v recyklačním středisku. Ve středisku musí být přejímány pouze separované odpady dle katalogu odpadů druh O. Materiály jsou umísťovány podle fyzikálních vlastností na mezideponie dle provozního řádu. Mezideponie prašných materiálů je třeba zastřešit, veškerá mezideponie by měla být na zpevněné ploše.

Rozmístění materiálu k recyklaci je řízeno pracovníkem, uložení tak řídí během celého dne lidský zdroj.

Recyklační plocha – zpevněná plocha se zaplňuje materiálem k recyklaci, vlastní recyklace se provádí při nahromadění určitého množství navezeného materiálu a rozmístění. Stabilní recyklační linka nebo mobilní recyklační zařízení je páteří celého střediska. Základním vybavením recyklační linky je drtič a třídíč na naftový pohon. Výkon drtiče 50 t/hod a výše, výkon třídíče je přizpůsoben výkonem drtiče tak aby nevznikaly prostoje. Recyklační plocha je zabezpečena proti úniku ropných látek (dieselagregáty drtiče a třídíče, ostatních)

Plocha ke třídění – třídíč je umístěn vedle drtiče, není podmínkou, vzhledem k manipulaci však vhodné umístění sníží náklady na manipulaci. Od třídíče je dalším strojem odvážen recyklát na expediční skládku, nebo skládku nevyužitelných materiálů.

Skládky hotových produktů – pro zpracování je materiál vytříděn a odvezen uložen pro další odběr. Nevyužitý materiál lze též použít do železničního svršku. Nakládku opět zajišťuje distribuční nakladač. Zabezpečení skládek je obdobné jako u předchozích ploch.

Recyklační středisko dle platné legislativy

- **Z hlediska zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší**, v platném znění nařízení vlády č. 615/2006 Sb. o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší. Bod 3.6. Kamenolomy a zpracování kamene, ušlechtilá kamenická výroba, těžba, úprava a zpracování kameniva – recyklační linky stavebních hmot – technologické linky pro zpracování kamene, přípravu stavebních hmot a betonu a recyklační linky o projektovaném výkonu vyšším než 25 m³/den, se řadí do střední kategorie a mají technickou podmínku dle zákona – Vnášení TZL do ovzduší je třeba snižovat a vyloučit v maximální míře, která je prakticky dosažitelná na všech místech a při operacích kde dochází k emisím TZL do ovzduší a s ohledem na technické možnosti používat vodní clony, skrápění, odprašovací nebo mlžící zařízení.
- **Z hlediska zákona o odpadech č. 541/2020 Sb. o odpadech** – vlastnosti recyklátu musí odpovídat vyhlášce č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky, dále pak vyhlášce 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady, pokud výsledný produkt není deklarován jako výrobek.
- **Z hlediska radioaktivity hovoří Zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizující záření**, ve znění pozdějších předpisů. Zejména pak související vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně upravují i podmínky pro ozáření přírodních zdrojů. Požadavky na stavební materiály jsou dány v §96 vyhlášky č. 307/2002 Sb. V praxi to znamená, že provozovatel recyklačního střediska si musí vyžádat od dodavatelů laboratorní výsledky dle platné normy ještě před návozem materiálu pro recyklaci. Povinnost kontroly přísluší dodavateli surovin, uživatel musí být pouze informován, jaké parametry má dodávaný materiál splňovat. Kontrola je nutná provádět minimálně jedno za 5 let dle vyhlášky.

Recyklační středisko podle jednotlivých složek životního prostředí

Hlavní problémy

- Emise škodlivin do ovzduší.
- Emise hluku.

Emise škodlivin do ovzduší

- Z provozu recyklační linky – emise tuhých znečišťujících látek z vlastního drcení a třídění,
- Emise TZL, SO₂, NO_x, CO – z naftových motorů,
- Emise s ostatních použitých strojů a vozidel přemísťující materiál po středisku,
- Sekundární prašnost – TZL – průjezdy techniky areálem, prašnost na skládce,
- Doprava po obslužných komunikacích – jedná se o nákladní dopravu zajišťující import a export materiálu do střediska.

Vyčíslení emisí do ovzduší lze provést z provozu recyklační linky, podle koeficientu uvedených v příloze Vyhlášky MŽP č. 356/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Z naftových motorů strojů a vozidel – z provozních hodin a potřeby nafty za hodinu. Sekundární prašnost je velmi těžké vyčíslit, je zde možnost požádat místní hygienickou stanici. Doprava po obslužných komunikacích lze vyčíslit dle emisních faktorů již v projektu celého recyklačního střediska, odhad frekvence, projektová kapacita, četnost.

Opatření z hlediska emisí

- Drcení a třídění – linka musí být vybavena zařízením pro eliminaci tuhých znečišťujících látek minimálně mlžením,
- Dieselagregáty – zabránit prostojům – chod bez výkonu,
- Sekundární prašnost – v případě suchého počasí zajistit zkrápění ploch, včetně skládek,
- Zajistit mlžení prašných skládek.

Součástí projektu by měla být v každém případě rozptylová studie z hlediska:

Emise hluku

- Z provozu linky – drtiče, třídiče včetně pohonů – měření akustickými měřicími přístroji k tomu určených,
- Z provozu ostatní techniky – z akustických parametrů jednotlivých strojů,

- Z provozu na obslužných komunikacích – podle platných emisních faktorů,

Opatření ke snížení emisí hluku

- Práce prováděná v pracovní dobu – dle provozního řádu, v případě blízkosti obydlí provádět práce mimo svátky a dny pracovního klidu,
- Použití hlukových tlumičů, pokud je to technicky možné,
- Vybudování protihlukových bariér – stěn,
- Pravidelné měření akustické situace v prostoru podle požadavků orgánů ochrany veřejného zdraví.

Součástí projektu by měla být akustická studie včetně studie hluku a vibrací ostatních komunikací.

Voda – zabezpečení dostatečného přísunu vody pro mlžení recyklační linky, skládek, voda pro kropení ostatních ploch.

Odpadní vody – recyklační linky třídí téměř bez výjimek za sucha, a to i v případě SDO.

Dešťové vody – doporučuje se výstavba zpevněných ploch s tím, že dešťová voda bude zachycena lapákem písku a lapolem. Pokud se v areálu bude vyskytovat sklad na pohonné hmoty, musí být sklad zajištěn záchytnými vanami, zpracován havarijný plán pro případ úniku závadných látek dle vyhlášky MŽP č. 450/2005 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

Nakládání s odpady – základní zásady

- Důsledná přejímka s doložením laboratorních zkoušek,
- Separace nevhodných odpadů,
- Zjištěné NO vrátit dodavateli nebo zajistit uložení na skládku NO.

Produkty třídění – kontrola vlastností produkovaných materiálů a dodržování vyhlášky MŽP č. 294/2005 Sb. a dodržování platného provozního plánu.

Lze tedy konstatovat, že pokud budou veškerá opatření dle platné legislativy dodržena, bude středisko vhodně lokalizováno a nebudou překračovány emisní normy, bude toto středisko plně využito. [20]

3.4 Stavební rozpočet na výstavbu recyklačního střediska

Tab. 3.3 Souhrnný nákladový rozpočet

| Souhrnný přehled nákladů stavby (rozpočtové náklady): | |
|--|-------------------|
| OB 1 Recyklační středisko | |
| nákup pozemku | 5 000 000 |
| zpevněná plocha | 2 000 000 |
| požárně bezpečnostní řešení (součást stavebního řešení) | 500 000 |
| elektroinstalace | 1 100 000 |
| odvodnění plochy | 1 000 000 |
| plynovod | 1 000 000 |
| vodoinstalace | 500 000 |
| příjezdové komunikace | 1 500 000 |
| oplocení pozemku | 500 000 |
| váhy pro nákladní vozidla | 5 000 000 |
| drtící jednotka s třídačem (RESTA OH3 1050x1000) | 10 000 000 |
| nakladač pro zásobování drtiče | 4 500 000 |
| nakladač pro nakládku a úpravu recyklovaného materiálu | 3 500 000 |
| | |
| D 01 - součet | 36 100 000 |
| Projekt | 200 000 |
| Studie | 100 000 |

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce uvádím pouze odhady nákladů na vybudování recyklačního střediska, výše nákladu se odráží na velikosti a prodejních cenách jak ploch, tak i mechanizace potřebného k zajištění chodu celého střediska. Před samotnou výstavbou je však nutné vypracovat dokumentaci potřebná povolení a také studie, které uvádím na str. 33–37.

Jednou z alternativ obsluhy recyklačního střediska mohou být pásové dopravníky recyklačního materiálu, které mohou zásobovat recyklační středisko. Vzhledem k objemu recyklovaného materiálu, je vhodné pořídit více recyklačních jednotek, aby se zvýšil objem produkce recyklátu.

4 Způsob recyklace stavebního odpadu

K nejstarším technologiím v oboru recyklace se řadí zejména zhodnocování papíru, skla, textilních látek a kovů. V dnešní době mají prim zejména plasty, pryže a pneumatiky. V České republice v poslední době vznikají podniky na zpracování biomasy jako energetickou surovinu, zajímavou surovinou se staly i kaly, které mají využití jak materiálové, tak energetické.

V době ekonomického růstu, výstavby nových objektů, dálnic a investování do nemovitostí po celém světě vznikají stavební odpady, součást demolic i zpracování jako druhotných surovin, jsou tyto odpady nejvíce zmiňovány v průmyslu.

Zpracování těchto odpadů spočívá především v třídění, drcení a materiálovém využití zpět do stavby. Zejména demoliční odpad obsahuje stavební suť, kovový odpad, dřevo i sklo. Tyto složky se dále třídí a zpracovávají pro další využití, složky, které nelze využít končí na skládkách odpadů.

Stavební odpady vyseparované a vhodně zpracované se používají zpět do zásypů při výstavbě komunikací, cihly, podrcené na moučku se vhodně použijí jako příměs. Skleněné zbytky pak do skelné vaty a dřevo jako podpůrný materiál při zpevňování zdiva, opěrné patky a bednění.

Zcela specifické odpady vznikají zejména při rekonstrukci vozovek, kdy se asfaltový (živičný) povrch vyfrézuje z vozovky, a zpětně za použití technologií použije jako druhotný materiál zpět.

Obecně lze vyhodnotit velmi významné faktory ovlivňující recyklaci SDO, a to z mnoha hledisek jako jsou, ekonomika, ekologie, stáří odpadu, prostředek pro vznik odpadu, použitá technologie, druhy odpadu, lokace vzniku odpadu, dojezdové vzdálenosti na skládku, do recyklačního závodu, vzniklé suroviny. Z hlediska využitelnosti pak odpady na recyklovatelné, s obsahem NO a jiných nevhodných druhů.

Výhodností recyklace je udržitelnost neobnovitelných zdrojů, ochrana životního prostředí, šetření energie, ovzduší, snížení prašnosti při výrobě, naopak neurčitá kvalita recyklovaného materiálu a životnost těchto recyklátů.

Recyklaci SDO můžeme rozdělit dle:

- Druhu recyklovaného materiálu.
- Typu zakázky.
- Použitých strojních prostředků.

V následující tabulce jsou vyjmenovány materiály, které mají v SDO největší zastoupení, ale taktéž mají překážky spojené s přeměnou na druhotné stavební suroviny využívané pro stavbu a možné způsoby recyklace.

Tab. 4.1 Rizika recyklace a možné využití recyklovaných surovin z SDO

| Druh SDO | Překážka k využití recyklátu | Možnosti využití recyklátu |
|--|--|--|
| Betony z podlah a základových desek | - Mnohonásobné třídění pro odseparování zemin | - Podsypy - Obsypy - Násypy |
| Konstrukční betony | - Dokonalá separace výztuže a ostatních látek, velké množství, nízká cena přírodních surovin | - Materiál pro výrobu betonových směsí, jemnozrnné složky jako suroviny pro alternativní pojiva |
| Betonové kaly – výplachy z mixu | - Víceřadé složení - Kontaminace NO | - Nyní skládkujeme - Po vysušení možnost přidat do betonového odpadu - Vstupní surovina betonu |
| Zdící prvky | - Separace malby, omítek, ruční demolice | - Opětovné využití jako stavební část |
| Cihla plná – pálená – recyklát z cihel | - Vícesložkové vlastnosti, obsahující směsi při zpracování | - Podklad pod desku RD - Obsypy instalací |
| Cihelný prach | - Vícesložkové vlastnosti | - Antuka na sportoviště (tenis), plnivo do betonu |

| | | |
|-------------|---|---|
| Papír | - Kontaminace při separaci | - Recyklace plná |
| Dřevo | - nutnost ruční demontáže, škůdci, dřevokaz | - použití celého dřevěného prvku - využití jako energetická surovina |
| Ploché sklo | - dostatečné oddělení od ostatních materiálů jako jsou dřevěné rámy, plasty | - surovina, 100% recyklovatelná - plnění do betonu |

Zdroj: vlastní zpracování podle [15].

Z uvedené tabulky vyplývá možnost vysoké využitelnosti SDO, stavební odpady, pokud mají technologicky propracované vytřídění, mají vysokou škálu využitelnosti. Na samotném využití nebo recyklaci pak záleží zpracování použitá technologie, kterou si popíšeme v následující kapitole.

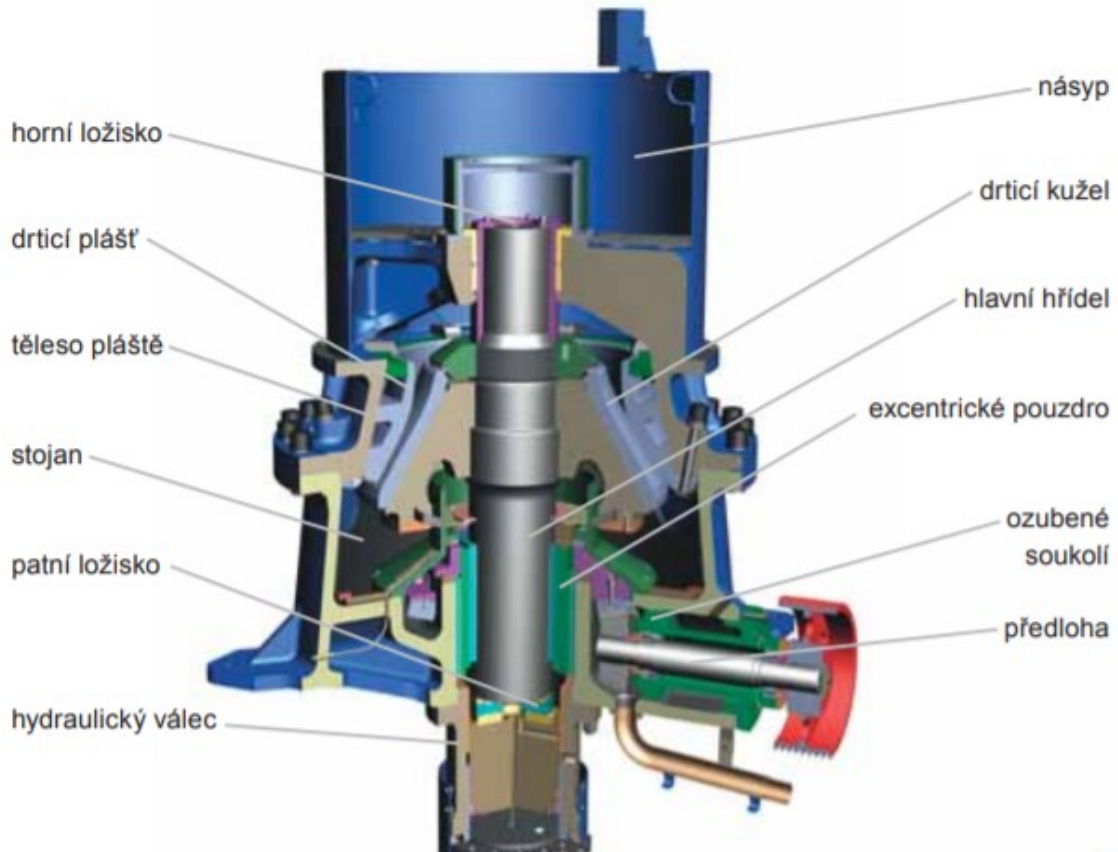
4.1 Drtiče

Drtiče mají neodmyslitelné místo v samotném zpracování odpadu, různorodé požadavky a podmínky průmyslových závodů vedly k výrobě mimořádného množství různých typů drtičů.

Pro výrobu kvalitního recyklátu je nutné požití drtiče současně i třídiče vzniklého materiálu, popřípadě i odlučovače. K separaci odpadů při třídění se nedílnou součástí staly také magnety na železo, které jsou schopny separovat a vyzískat železné prvky nejenom z železobetonových konstrukcí. V současné době je na trhu pro potřeby recyklace nejméně 70 drtičů, přičemž odrazové a jednovzpěrné čelist'ové drtiče mají rovnoměrné zastoupení. Kuželové drtiče se pak využívají méně a mají význam pro specifické potřeby recyklace kameniva v kolejišti, viz obr. 4.1.

4.1.1 Kuželový drtič

Hlavními charakteristikami kuželových drtičů jsou vysoká spolehlivost, nízké nákladovost, vysoký stupeň zdrobnění, snadná údržba a jednoduchá obsluha, snadné vyprázdnění drtícího prostoru, vysoká kvalita konečného produktu.



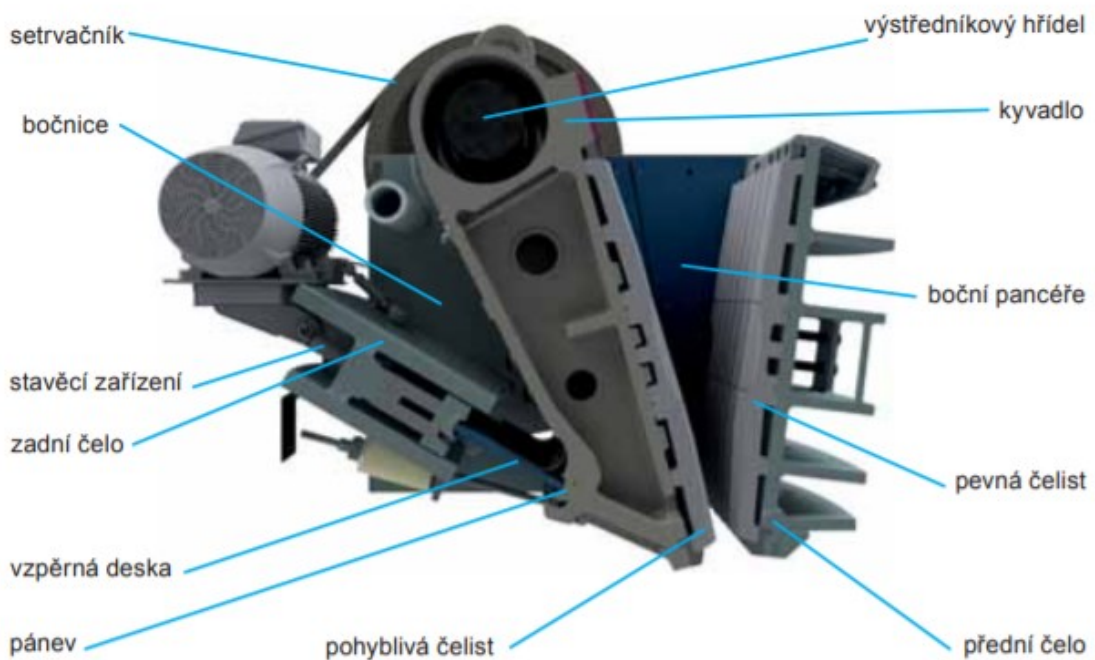
Obr. 4.1 Kuželový drtič KDC

Zdroj: [16].

4.1.2 Drtiče čelist'ové

V čelist'ovém drtiči se suroviny rozmačkají a lámou mezi dvěma čelistmi, z nichž jedna je pohyblivá a druhá je pevně ukotvena na rámu drtiče, výjimečně se setkáváme s pohyblivostí obou čelistí drtiče.

Čelist'ové drtiče se využívají na střední a hrubé drcení velmi tvrdých materiálů, mezi nejpoužívanější patří dvouvzpěrné a méně pak jednovzpěrné čelist'ové drtiče.



Obr. 4.2 Jednovzpěrné čelist'ové drtiče DCJ

Zdroj:[16].

Čelist'ové drtiče mají bezesporu taktěž mnoho kladných provozních vlastností především pak vysokou provozní spolehlivost, nízké náklady na provoz, optimální geometrické plnění drtícího prostoru, robustní konstrukce. Vstupní otvory těchto drtičů se pohybují mezi 500 x 300 mm až 2 000 x 1 500 mm. Optimální prostor pak dává možnost drcení všech druhů kameniva, stavebních materiálů – železobetonu, stavební sutě i asfaltové kry.



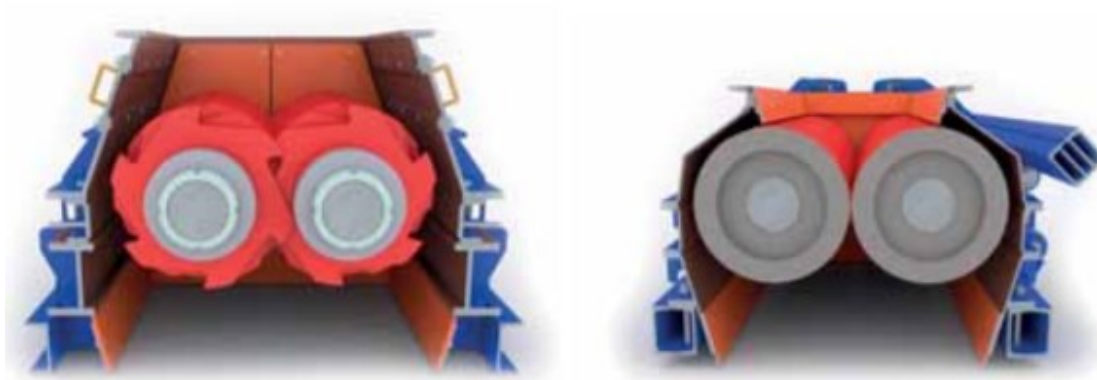
Obr. 4.3 Drtiče dvouvzpěrné čelistové DCD

Zdroj: [16].

Drtiče dvouvzpěrné mají obdobné vlastnosti jako jednovzpěrné, v současné době jsou k dispozici výkonné drtiče, které zpracují i tvrdé materiály. Konstrukce těchto strojů tak umožňuje drcení abrazivních a extrémně tvrdých materiálů.

4.1.3 Drtiče válcové a mlýny

Válcové drtiče jsou určeny ke zdrobňování materiálů rozmačkáním působením tlaku mezi dvěma válci, které se otáčejí proti sobě, drtící prostory jsou uzpůsobeny požadavkům na výsledný produkt – velikost zrna. Tyto drtiče mohou zpracovávat materiál až do 150° C. Tyto systémy slouží k mletí vápence, cementu, strusky a dalších materiálů určených pro stavební průmysl. Jejich hlavní provozní vlastnosti jsou – robustní konstrukce, vysoká spolehlivost, velký rozsah drtící štěrbin a nenáročná údržba.

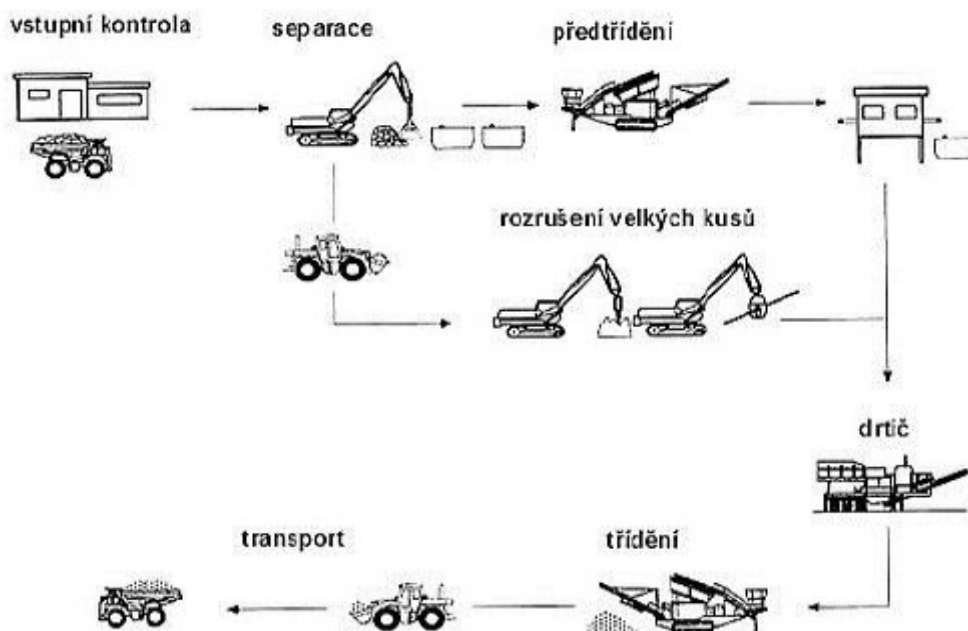


Obr. 4.4 Řez drtičem válcovým

Zdroj: [16].

Nevýhodou válcových drtičů je, že stupeň rozpojování je závislý na průměru obou válců. Drtiče jsou vždy konstruovány jako jednoúčelové pro určitý druh materiálu.

Mezi další používané drtiče patří valivé drtiče a mlýny, které patří do skupiny zdobňovací, materiál je namáhán mezi dvěma vzájemně odvalujícími plochami a mlecí drahou, která je prstencová, dále dělíme tyto drtiče na tíhové, odstředivé a s vnější silou.



Obr. 4.5 Koloběh výroby recyklátu

Zdroj: [21].

4.1.4 Třídění

Mezi dalšími možnostmi zpracování stavebního odpadu patří bezesporu třídění, účelem třídění je rozdělovat materiál podle velikosti. Ve většině případů je obsahem SDO více složek, které musíme roztrždit, máme-li složky A a B, sítem s menším zrnem tak propadá materiál A, a na druhém sítu zůstává materiál B. Ke třídění používáme síta nebo rošty. Způsoby třídění v následující tabulce dělíme na mechanické, hydraulické a pneumatické.

Tab. 4.2 Způsoby třídění

| Druh třídění | Princip třídění | | Druhy zařízení | |
|--------------------|---|--|--|---|
| Mechanické | geometricky rozdílné rozměry zrn | | roštové tříděče | pevné rošty, pohyblivé rošty, výkyvné rošty, pásové rošty |
| | | | sít'ové tříděče | se stejnoměrným pohybem síta (válnové, kuželové, hranolovité) |
| Hydraulické | rozdílná sedimentační rychlost ve vodě | oddělování zrn podle soupádnosti | hřeblové a šroubovicové tříděče, tříděče se vzestupným vodním proudem, protiproudové tříděče | |
| | | spolupůsobení hydrocyklóny odstředivé síly | | |
| Pneumatické | rozdílná sedimentační rychlost ve vzduchu | | vibrační odprašovací tříděče, pulsační odprašovací tříděče | |

Zdroj: [6].

Tabulka popisuje 3 druhy třídění, kdy principy třídění jsou zásadně rozdílné, u mechanického třídění, které používáme na třídění geometricky rozdílných materiálů. Využíváme pevné rošty a sít'ové tříděče, naproti tomu hydraulické třídění se používá na rozdílné rozměry vstupního materiálu.

Vibrační tříděče se odlišují od výše uvedených druhů tím, že mají několikanásobně vyšší počet výkyvů (vibrací). Počet vibrací kolísá od 1 000 do 3 000 za minutu.

4.1.5 Rozdružování

Rozdružování odpadů se používá u zpracování odpadu ze stavební činnosti, účelem je oddělování materiálů s rozdílnými vlastnostmi – hustota, smáčivost, elektrické nebo elektromagnetické vlastnosti, čím rozdílnější je materiál, tím snazší je rozdružování jednotlivých surovin. Při rozdružování dostáváme kromě požadované suroviny (koncentrátu) také druhé složky (jaloviny), a několik druhů chudších nebo bohatších meziproduktů. V následující tabulce je rozdělen tento druh zpracování odpadu. [6]

Tab. 4.3 Rozdružovací metody

| Postup rozdružování | Dílčí dělení |
|--|--|
| Gravitační (na základě různé skutečné hodnoty) | Rozdružování v těžkých kapalinách, ve vodě, pneumtické rozdružování. |
| Magnetické (na základě rozdílné mag. susceptibility) | Slabě magnetické rozdružování za sucha i za mokra. |
| Elektrické (na základě rozdílné el. vodivosti složek) | Rozdružování s různým uspořádáním elektrického pole. |
| Flotace (na základě rozdílných povrchových vlastností zrn. | Pěnová flotace, aglomerační flotace, elektro flotace |

Zdroj: vlastní zpracování podle [6].

Gravitační rozdružování v kapalném prostředí též dělíme na tři základní skupiny:

- rozdružování v těžkých suspenzích,
- rozdružování v proudu vody,
- rozdružování v tekoucí vodě.

Tato metoda se nevyužívá ve stavební a podobné činnosti.

Magnetické rozdružování se naopak často objevuje zejména ve stavební výrobě, konkrétně při demolicích, kdy částečný podíl SDO je právě železo. Na stavební stroje je

zpravidla připevňuje magnet, jako přídavné zařízení a ten zachycuje železné předměty přímo v místě stavby, odpadá tak logistika dopravy, kdy je například bubnový magnet třeba s manipulační technikou dopravit na místo stavby a pak postupně odvážet separované materiály.



Obr. 4.6 Magnet

Zdroj: vlastní zpracování.

Tento magnet je vhodný na zavěšení jako přídavné zařízení stroje nebo jeřábu. Za dodržení bezpečnostních podmínek na stavbě pak účinně selektuje z odpadu kovové prvky, které pak nakládá na nákladní vozidla přímo na staveništi.

5 Návrhy na využití druhotného stavebního odpadu

V oblasti využití druhotného stavebního odpadu z demolic, je třeba zmínit, že demoliční odpad zpravidla mívá velké množství složek, které je nutné separovat, pro využití každé složky odpadu je vhodné mít předem určené místo – mezideponii, kde již zmíněný demoliční materiál zůstává pro další zpracování.

Aby bylo vyloučeno, že drcený materiál neobsahuje nebezpečné složky, které by znemožnily využití odpadu, je nutné postupovat dle platné legislativy Zákona 541/2020 Sb. Zákona o odpadech a vyhlášky č. 294/2005 Sb. ve znění vyhl. č. 61/2010, 93/2013 a 387/2016 Sb. – odpad ke skládkování – výluh II a. Tyto laboratorní zkoušky provádí pouze akreditovaná laboratoř, která přímo na místě odebere vzorek a odpad podrobí zkoušce. Příloha č.1 Laboratorní zkoušky.

Po testování laboratoří a vyloučení výskytu nežádoucích složek, je třeba materiál recyklovat. Pokud se nebezpečná vlastnost HP 14 Ekotoxický posuzuje provedením této zkoušky, pak podmínky jsou dané – pokud dojde k překročení limitních hodnot uvedených v tabulce 5.1 alespoň pro jeden zkušební organismus, pak je vzorek nevhodný ke skládkování.

Tab. 5.1 Požadavky na výsledky zkoušek eko toxicity

| Zkušební organismus | Doba působení | Limitní hodnoty |
|---------------------|---------------------|---|
| Bakterie | 15 minut a 30 minut | Neprokáže se ve zkoušce inhibice světelné emise bakterií větší než 50 % při expozici 15 minut ani při 30 minutách |
| Perloočka | 48 hodin | Procento imobilizace perlooček nesmí ve zkoušce přesáhnout 50 % |
| Řasa | 72 hodin | Neprokáže se ve zkoušce inhibice nebo stimulace růstu řas větší než 50 % ve srovnání s kontrolou |

| | | |
|-------|-----------|--|
| Salát | 120 hodin | Neprokáže se ve zkoušce inhibice nebo stimulace růstu kořene salátu větší než 50 % ve srovnání s kontrolou |
|-------|-----------|--|

Zdroj: vlastní zpracování podle [22].

Zkoušky dle tabulky 5.1 jsou prováděny s vodným výluhem pevného odpadu nebo kapalným odpadem. Koncentrace zkoušeného vzorku pevného odpadu činí 10 % hm. Vzorku, tj. 100 g sušiny odpadu + 900 g sušiny umělé půdy.

Diplomová práce se zaměřuje na využití druhotného odpadu z cihly. Cihla je stavebním materiálem velmi rozšířeným, a tak po demolicích vzniká velké množství tohoto odpadu, jak uvádí tab. 2.1, tento materiál nám z hlediska skládkování velmi zatěžuje skládky.

Cihelný recyklát je třeba zpracovávat za studena bez použití emulzí, výroba recyklátu pak probíhá ve třech fázích – přetřídění, drcení, třídění. Drcení probíhá pomocí recyklační linky, drtících čelistových nebo odrazových drtičů. V poslední řadě se roztřídí podle požadované zrnitosti do tří 0 - 8 mm, 8 - 32 mm, 32 - 85 mm nebo 0 - 63 mm.

Recyklační linky jsou nákladné na převoz, navíc je zapotřebí dopravit na místo recyklace další stroj – nakladač, který by zásoboval tento materiál do recyklační linky, a vozidlo na odběr recyklátu zpod linky, v neposlední řadě početnou obsluhu několika strojů.

V dnešní době, kdy se stavební společnosti zaměřily více na zpětnou logistiku a taktéž na finanční toky společnosti, tak přemýšlí nad úsporami a náhradou stroje a lidské síly na stavbě.

Pro tyto potřeby zamezení vícenákladů byl do stavební výroby vhodně navržen a zaveden nový mechanismus – drtící lopata. Tato lopata se upne přímo na stroj, který již provedl demolici a pomocí lopaty nabírá cihlu, drtí ji na příslušnou frakci a separuje od ostatních materiálů.



Obr. 5.1 Lopata Ecomeca

Zdroj: vlastní zpracování.

Požítí cihelného recyklátu

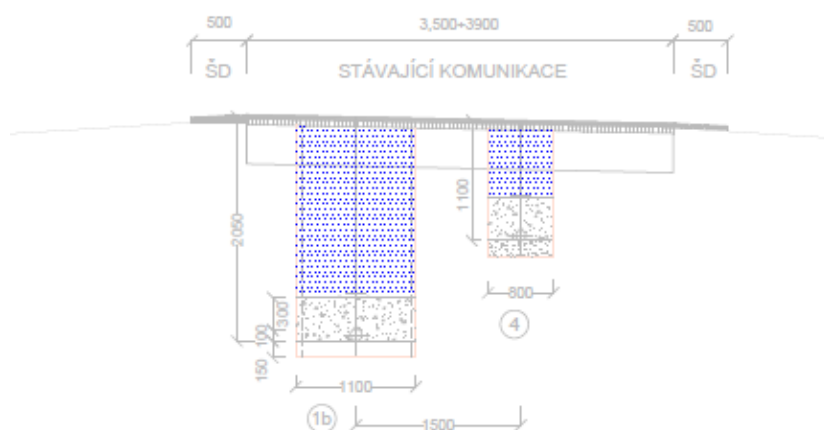
Cihelný recyklát do vel. 0 – 63 mm je možné použít do zásypů po výkopech inženýrských sítí, ideálně v místě, kde se pod vozovku provádí vápenná stabilizace. Dle informací od autorizovaného technika, je toto použití možné. Nesmí však zasahovat do konstrukčních vrstev, které se nad výkopy a uložení inženýrských sítí velmi často provádí – viz Příloha A – Příčné řezy. Tento výkres je součástí dokumentace při výstavbě inženýrských sítí v obci Dolní Újezd, na výkrese jsem vyznačila možnost využití tohoto materiálu. Při realizaci tak zhotovitel do těchto vrstev uloží cca 250 tun cihelného recyklátu.

Dalším vhodným využitím cihelného recyklátu je omezené vzhledem k jeho struktuře.

Takto zabudovaný recyklát uspoří doposud upřednostňovaný kámen o velikosti 0 - 63 mm, který se dodává přímo z lomu, přírodní suroviny však dochází, je třeba využívat zpětný tok odpadu a zamezit tak ukládání na skládku. Další využití je jako příměs do betonu při zpevňovacích pracích nebo jako kamenivo do betonů nižších tříd. Při

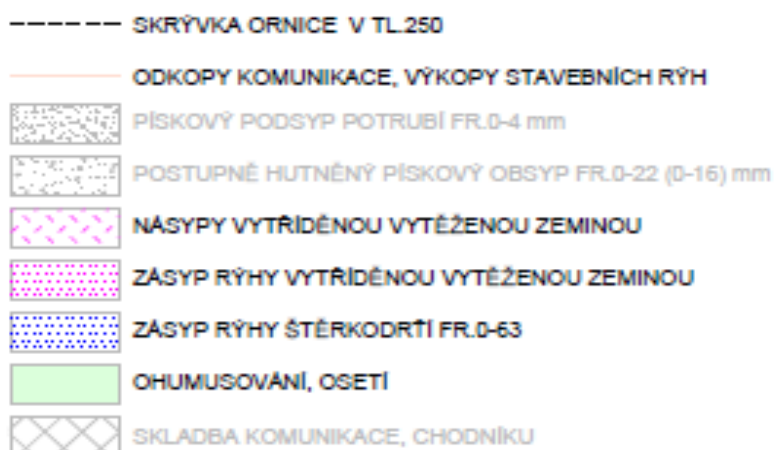
dokonalé separaci nežádoucích materiálů je možné použít zpět do výroby nepálených lisovaných cihel menších rozměrů. Výroba cihel z recyklátu by měla při stavbě domu být státem podporována, následně by se zamezilo zbytečným skládkováním. Při výstavbě takto zmíněným postupem, je určitě vhodné přemýšlet také nad recyklačním poplatkem přímo závislým na nové výstavbě. Již při nákupu stavebního materiálu musí být zřejmé, jakým způsobem bude každý materiál likvidován, jaká je přibližná životnost výstavby.

ŘEZ 2-2'



Obr. 5.2 Příčný řez

Zdroj: interní zdroj.



Obr. 5.3 Legenda výkresu

Zdroj: interní zdroj.

Obrázek 5.2 Příčný řez, který jsem celý uvedla i do přílohy diplomové práce popisuje vrstvy a složení vozovky. Do modře označené vrstvy – zásyp rýhy šterkodrtí, je vhodné použití cihelného recyklátu. Obrázek 5.3 pak popisuje legendu pro orientaci výkresu.

Závěr

Tato diplomová práce se zaměřila na recyklaci a využití druhotného odpadu jako budoucího materiálu, který je nutné používat dál, nikoliv skládkovat. V teoretické části popisuje odpad z hlediska legislativy a zařazuje odpad z hlediska vlivu na životní prostředí, popisuje tak recyklaci jako jednu z mnoha cest, jak zlepšit životní prostředí a pomocí zpětné logistiky nastavit systémy řízení tak aby metody, které jsou implementovány ve společnostech, byly efektivně využity. V rámci teorie se zaměřuje na zpětnou logistiku jako nástroj k dosažení cílů.

Odpady, které produkuje člověk při každodenní činnosti, jsou čerpány ze zdrojů, které ovšem nejsou nevyčerpatelné, již dnes se potýkáme s nedostatkem některých nerostných surovin. V rámci procesu recyklace v teoretické části nastiňuji možnosti využití mnoha způsobů zpracování odpadu a zpětné využití do staveb. V dnešní době je výstavba, vzhledem k narůstající populaci velmi významným komponentem, ovšem stavební pozemky jsou nedostatkovým zbožím, tím se ubíráme cestou demolic a nových staveb na těchto pozemcích.

Teorie taktéž analyzuje trend produkce odpadů a z dostupných statistických údajů, z nichž je patrný pomalý pokrok při zpětném využití odpadu. Stavební demoliční odpad je materiál s vysokým potenciálem využití, zde je nutno podotknout, že jeho zpracování a manipulace je stále finančně náročná, avšak z pohledu novelizace zákona o odpadech v návaznosti na plán odpadového hospodářství je zásadní surovinou jak stavební, tak energetickou, tato práce podrobně poukazuje na jednotlivý vývoj.

V praktické části se tato práce zaměřila na lokaci recyklačního střediska, kdy použitím lokačně alokačních úloh dokázala vypočítat vhodné umístění nového střediska, hrubým rozpočtem představuje finanční náročnost této výstavby. Z mnoha hledisek je výstavba recyklačního střediska zásahem do dopravní infrastruktury a změny užívání, avšak výsledným efektem hovoří jednoznačně kladně pro životní prostředí, zastavení skládkování a význam má také pro uchování dědictví pro naše děti.

V poslední části diplomové práce, se zaměřením na již zmiňovaný stavební odpad, a tím je cihelný recyklát. Tento stavební odpad je velmi málo používanou součástí druhotného využití pro jeho náročnost na separaci, možnosti využití jsou v mnoha směrech

nemožné, naopak při bližším zkoumání využití však mohou posloužit jako materiál, který snižuje náročnost stavby.

Použitím nových technologií se můžeme přesvědčit o tom, že recyklace má velký význam pro lidstvo, čisté životní prostředí je neodmyslitelnou součástí lidského života.

Podstatou strategie ve výrobě tak je využití všech zbytkových surovin a zamezení ztrát, pomocí technologií jako recyklace, maloodpadové technologie a bezodpadové technologie tak hovoříme o čisté technologii, která se stala vizí v novodobém zpracování surovin a materiálů.

Soupis zdrojů

- [1] ŠKAPA, Radoslav. *Reverzní logistika*. Brno: Masarykova univerzita, 2005. ISBN 80-210-3848-9.
- [2] Zákon o odpadech. *Zákony pro lidi: Zákon o odpadech* [online]. [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>
- [3] Ministerstvo životního prostředí: Metodický návod pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi [online]. Praha, 2018, 8/2018 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/metodika_stavebni_odpady
- [4] BEŇO, Zdeněk. *Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů* [online]. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011 [cit. 2021-03-13]. ISBN 978-80-214-4240-5.
- [5] CEMPÍREK, Václav. *Logistická centra*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2010. ISBN 978-80-86530-70-3.
- [6] ČUJAN, Zdeněk. *Zpětná logistika*. Přerov: Vysoká škola logistiky, 2015 ISBN 978-80-87179-34-5.
- [7] GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [8] PERNICA, Petr. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management)*. 1. díl, Praha: Radix, 2005. ISBN 80-860-3159-4.
- [9] PERNICA, Petr. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management)*. 2. díl, Praha: Radix, 2005. ISBN 80-860-3159-4.
- [10] PERNICA, Petr. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management)*. 3. díl, Praha: Radix, 2005. ISBN 80-860-3159-4.
- [11] Produkce, využití a odstranění odpadů: za období 2019. *Český statistický úřad* [online]. Praha, 2021, 2/2021 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2019>
- [12] ČSN EN 13437 *Recyklace obalů a obalových materiálů: Kritéria recyklačních metod*. Český normalizační institut. Praha: Český normalizační institut, 2004.

- [13] ČSN EN 13430 *Obaly – požadavky na obaly využitelné k recyklaci materiálu*. Český normalizační institut. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [14] Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015-2024. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha, 2014, 11/2014 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr
- [15] *Recykling 2018: Možnost a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin* [online]. 2018. VUT Brno: Tribun EU s.r.o., Brno, 2018 [cit. 2021-03-13]. ISBN 978-80-214-5602-0. Dostupné z: ISBN 978-80-214-5602-0
- [16] PSP Engineering: produkty. *PSPENG.com* [online]. [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <http://www.pspeng.com/cz/celistove-drtice/detail/jednovzperne-celistove-drtice-dcj/>
- [17] Ministerstvo životního prostředí: OODP-Produkce_kraje_2019-20201119.pdf. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2019 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20201124-odpadova-data-2019_OODP-Produkce_kraje_2019-20201119.pdf
- [18] Mapy.cz. Mapa Olomouckého kraje [online]. Seznam.cz. [cit. 2021-03-21].
- [19] LAMBERT, Douglas M. a Lisa M. ELLRAM. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Praha: Computer Press, 2000. Business books (Computer Press). ISBN isbn80-7226-221-1.
- [20] *EIA IPPC SEA: Recyklace stavebních a demoličních odpadů v procesu EIA*. XII.. Praha: Vydává Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s CENIA, 2007. ISSN tištěná verze 1801-6901*Mk ČR E 7678.
- [21] *Recyklační střediska obrázků* [online] [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://www.google.com>
- [22] Vyhláška ze dne 5. ledna 2021: o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů). *Ministerstvo životního prostředí: Platná legislativa* [online]. Praha, 2021, 5. 1. 2021 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocume>

[nt.xsp?documentId=26B2B93E9CCDE5B0C125865B002C4914&action=open](https://www.vlastnicesta.cz/metody/balanced-scorecard/nt.xsp?documentId=26B2B93E9CCDE5B0C125865B002C4914&action=open)
Document

- [23] Vlastní cesta CZ: Poradenský portál Management/Leadership. *Vlastní cesta CZ* [online]. on-line [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.vlastnicesta.cz/metody/balanced-scorecard/>

Seznam grafických objektů

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obr. 1.1 Metoda BSC | 13 |
| Obr. 1.2 Metoda střídavé lokace | 23 |
| Obr. 2.1 Celková produkce odpadů v ČR v letech 2009-2012 v tis. t | 25 |
| Obr. 2.2 Statistika vývoje odpadů v letech 2017-2019 v tunách | 26 |
| Obr. 2.3 Recyklace materiálu v letech 2017-2019..... | 27 |
| Obr. 2.4 Podíl krajů na celkové produkci odpadů 2019 | 28 |
| Obr. 2.5 Celková produkce odpadů v krajích ČR, 2019..... | 29 |
| Obr. 3.1 Mapa olomouckého kraje | 31 |
| Obr. 3.2 Mapový podklad pro vyznačení lokality recyklačního střediska | 34 |
| Obr. 4.1 Kuželový drtič KDC | 43 |
| Obr. 4.2 Jednovzpěrné čelist'ové drtiče DCJ | 44 |
| Obr. 4.3 Drtiče dvouvzpěrné čelist'ové DCD | 45 |
| Obr. 4.4 Řez drtičem válcovým | 46 |
| Obr. 4.5 Koloběh výroby recyklátu | 46 |
| Obr. 4.6 Magnet | 49 |
| Obr. 5.1 Lopata Ecomeca | 52 |
| Obr. 5.2 Příčný řez | 53 |
| Obr. 5.3 Legenda výkresu..... | 53 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tab. 2.1 Produkce odpadů dle kódů odpadu v letech 2017-2019..... | 30 |
| Tab. 3.1 Vstupní údaje pro lokalizaci | 32 |
| Tab. 3.2 Výpočet lokace recyklačního střediska | 33 |
| Tab. 3.3 Souhrnný nákladový rozpočet | 39 |
| Tab. 4.1 Rizika recyklace a možné využití recyklovaných surovin z SDO..... | 41 |
| Tab. 4.2 Způsoby třídění..... | 47 |
| Tab. 4.3 Rozdružovací metody | 48 |
| Tab. 5.1 Požadavky na výsledky zkoušek eko toxicity | 50 |

Seznam zkratek a značek

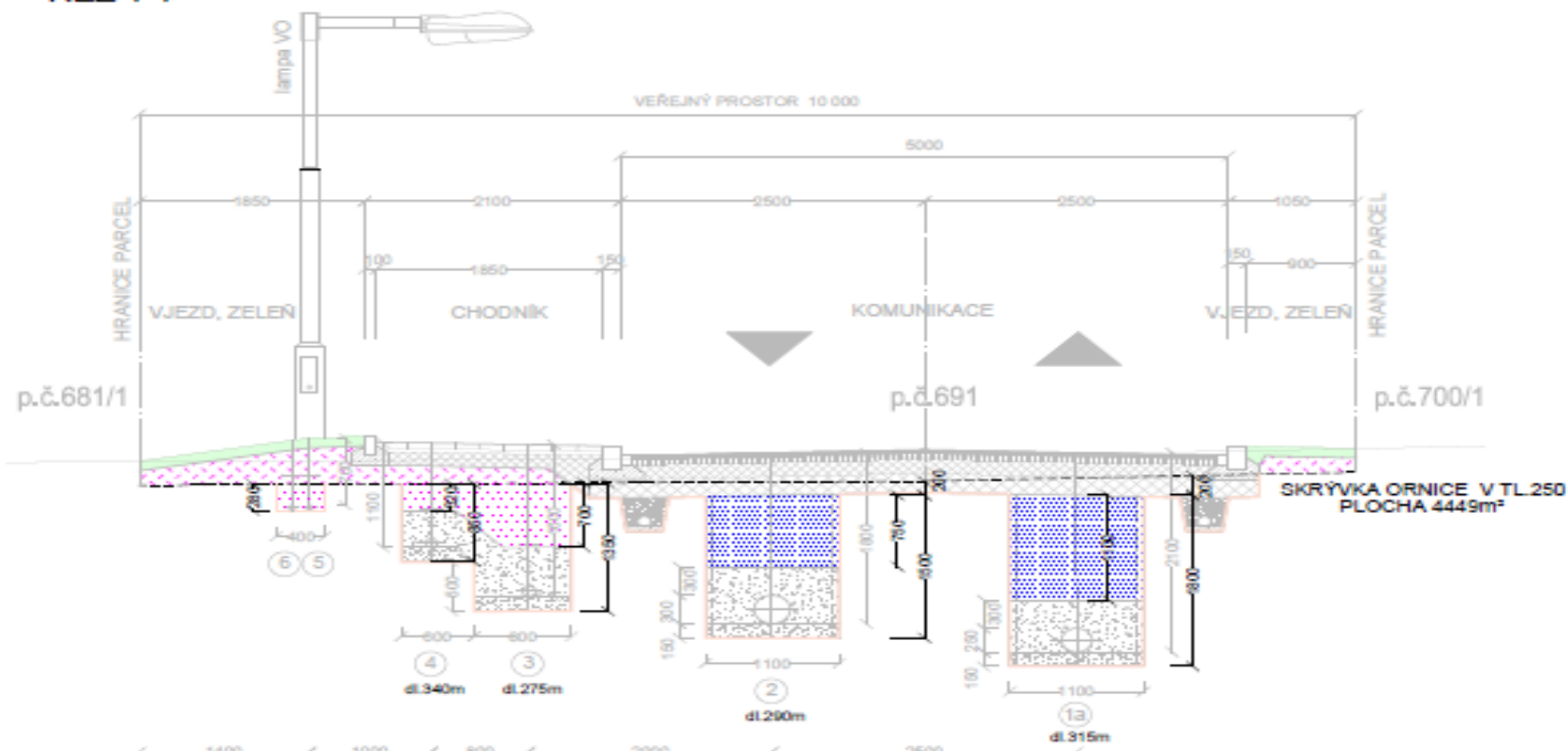
| | |
|-----|---|
| BSM | Metoda Balanced Scorecard |
| KO | Komunální odpad |
| KPI | Key Performance indicator (klíčový ukazatel výkonnosti) |
| NO | Nebezpečný odpad |
| O | Ostatní odpad |
| POH | Plán odpadového hospodářství |
| RD | Rodinný dům |
| SBU | Strategy Business Unit (strategická obchodní jednotka) |
| SDO | Stavební demoliční odpad |
| TZL | Tuhé znečišťující látky |

Seznam příloh

Příloha A Příčný řez

Příloha B Lokační výpočet návrhu na umístění střediska pro recyklaci odpadů

PŘÍČNÉ ŘEZY
ŘEZ 1-1'



Příloha B

Lokalizace nejvzdálenějších míst Olomouckého kraje dle GPS souřadnic.
Propočet množství odpadu na osobu dle počtu obyvatel.

| Místo | Souřadnice x | Souřadnice y | Množství odpadu (t/rok) | Počet obyvatel |
|---------------|--------------|---------------|-------------------------|----------------|
| | | | 2 138 910 | |
| Bystřice p. H | 49,39 | 17,67 | 209 219,36 | 8 144,00 |
| H.Štěpánov | 49,54 | 16,79 | 21 939,26 | 854,00 |
| Javorník | 50,39 | 17,00 | 71 932,00 | 2 800,00 |
| Kojetín | 49,35 | 17,30 | 156 143,82 | 6 078,00 |
| Loučná n.D | 50,07 | 17,08 | 39 177,25 | 1 525,00 |
| Mikulovice | 50,29 | 17,32 | 64 250,69 | 2 501,00 |
| Přerov | 49,45 | 17,45 | 1 101 355,99 | 42 871,00 |
| Vidnava | 50,37 | 17,18 | 32 523,54 | 1 266,00 |
| Zábřeh | 49,88 | 16,87 | 345 684,64 | 13 456,00 |
| Zlaté Hory | 50,26 | 17,39 | 96 683,45 | 3 748,00 |
| Celkem | 498,99 | 172,05 | 2 138 910,00 | 83 243,00 |
| | | koef na os./t | 25,69 | |

| Výpočet souřadnice | |
|--------------------|-------|
| X | 49,63 |
| Y | 17,33 |

Výpočet lokalizace recyklačního střediska

| Místo | x _j | y _j | q _j | x _j *q _j | y _j *q _j |
|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Bystřice p. H | 49,39 | 17,67 | 209 219,36 | 10 333 344,19 | 3 696 906,09 |
| H.Štěpánov | 49,54 | 16,79 | 21 939,26 | 1 086 870,94 | 368 360,18 |
| Javorník | 50,39 | 17,00 | 71 932,00 | 3 624 653,48 | 1 222 844,00 |
| Kojetín | 49,35 | 17,30 | 156 143,82 | 7 705 697,52 | 2 701 288,09 |
| Loučná n.D | 50,07 | 17,08 | 39 177,25 | 1 961 604,91 | 669 147,43 |
| Mikulovice | 50,29 | 17,32 | 64 250,69 | 3 231 167,20 | 1 112 821,95 |
| Přerov | 49,45 | 17,45 | 1 101 355,99 | 54 462 053,71 | 19 218 662,03 |
| Vidnava | 50,37 | 17,18 | 32 523,54 | 1 638 210,71 | 558 754,42 |
| Zábřeh | 49,88 | 16,87 | 345 684,64 | 17 242 749,84 | 5 831 699,88 |
| Zlaté Hory | 50,26 | 17,39 | 96 683,45 | 4 859 310,20 | 1 681 325,20 |
| Celkem | 498,99 | 172,05 | 2 138 910,00 | 106 145 662,69 | 37 061 809,25 |

$$X = \frac{\sum_{j=1}^{10} x_j \cdot q_j}{\sum_{j=1}^{10} q_j} = \frac{10\,333\,344,19 + 1\,086\,870,94 + \dots + 4\,859\,310,20}{49,39 + 49,54 + \dots + 50,26} = \frac{106\,145\,662,69}{498,99} = 49,63$$

$$Y = \frac{\sum_{j=1}^{10} y_j \cdot q_j}{\sum_{j=1}^{10} q_j} = \frac{3\,696\,906,09 + 368\,360,18 + \dots + 1\,681\,325,20}{17,67 + 16,79 + \dots + 17,39} = \frac{37\,061\,809,25}{172,05} = 17,33$$

| | |
|--------------------|--|
| Autor (vypracoval) | Bc. Zámorská Martina |
| Název BP | Recyklace a druhotné využití stavebního odpadu |
| Studijní obor | LRVP |
| Rok obhajoby BP | 2021 |
| Počet stran | 56 |
| Počet příloh | 2 |
| Vedoucí BP | Prof. Ing. Václav Cempírek, PhD. |
| Anotace | Diplomová práce se zabývá recyklací a druhotným využitím stavebního odpadu, vyhodnocuje produkci odpadů v ČR. Navrhuje a vyhodnocuje druhotné využití stavebního odpadu, pomocí lokačně alokačních úloh pak navrhuje umístění recyklačního centra. |
| Klíčová slova | Stavebnictví, odpady, recyklace, využití odpadu, recyklační středisko, produkce odpadu |
| Místo uložení | ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově |
| Signatura | |