



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

## TRANSPORTNÍ SYSTÉMY V ODPADOVÉM HOSPODÁŘSTVÍ

TRANSPORTATION SYSTEMS IN WASTE MANAGEMENT

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marie Koutná

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Gregor

BRNO 2018

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav procesního inženýrství
Studentka:	<b>Marie Koutná</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	<b>Ing. Jiří Gregor</b>
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Transportní systémy v odpadovém hospodářství

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na ústavu procesního inženýrství je vyvíjen velmi silný nástroj pro stanovení ceny za dopravu, která závisí na dopravní vzdálenosti a množství dopravovaných odpadů. Transportní systémy jsou nákladným prvkem odpadového hospodářství. Znalost a ekonomický rozbor transportních systémů je chápán, při posuzování logistiky odpadu, jako strategicky výhodný krok.

### Cíle bakalářské práce:

- Provést základní rešerši systémů pro svoz, odvoz a transport odpadů.
- Stanovení fixní ceny jednotlivých systémů dle odborných publikací a komerčních provozovatelů.
- Závěrečné vyhodnocení systémů dopravy v závislosti na fixní ceně za dopravu.

### Seznam doporučené literatury:

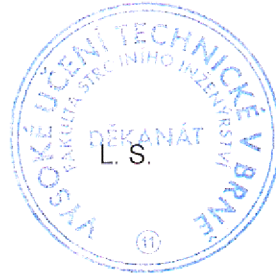
Innofreight Speditions GmbH [online]. [cit. 2016-10-28]. Dostupné z: <http://www.innofreight.com/>

Solid Waste Collection and Transport: Service Delivery Training Module 1 of 4 [online]. In: . 2008, s. 64 [cit. 2016-10-28]. Dostupné z:

<https://asiafoundation.org/resources/pdfs/05SolidWasteCollectionandTransport.pdf>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 27-10-2017



prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.  
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **Abstrakt**

Hlavním cílem práce je zpracování transportního systému v odpadovém hospodářství jako klíčového prvku v oblasti nakládání s odpady. V teoretické části obsahuje řešení týkající se legislativy v odpadovém hospodářství a způsobů sběru, svozu i odvozu komunálního odpadu. V praktické části jsou zvolena komerčně využívaná vozidla a stanoveny náklady na fixní ceny konkrétních systémů. Ze souboru datových podkladů jsou vypočteny průměrné rychlosti v obci a mimo obce. Z výstupních dat z programu stanovujícího cenu dopravy odpadů na základě množství a dopravní vzdálenosti je vyhodnocen vliv jednotlivých faktorů na finální náklady s ohledem na analýzu průměrných rychlostí.

## **Summary**

The aim of the thesis is to elaborate on transport systems in waste management as they represent a key part of the waste management process. Its theoretical part covers legislation in waste management and sorts and systems of household waste collection. In the practical part there are commercially used vehicles chosen out and the fixed costs of their operation determined. Based on operation data, average velocities in an out of urban areas are calculated. As an outcome of a waste transport prices software, the influence of transport distance and waste mass are described, taking the average velocities into account.

## **Klíčová slova**

odpadové hospodářství, logistika, svoz odpadu, odvoz odpadu, odpadová legislativa, náklady na přepravu odpadů

## **Keywords**

waste management, logistics, waste collection, waste transport, waste legislation, waste transport prices

## **Bibliografická citace**

KOUTNÁ, M. *Transportní systémy v odpadovém hospodářství*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 65 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Gregor.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci Transportní systémy v odpadovém hospodářství vedenou Ing. Jiřím Gregorem zpracovala samostatně a uvedla všechnu literaturu a ostatní prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Brně dne 24. května 2018



.....

Marie Koutná

Na tomto místě chci poděkovat Ing. Jiřímu Gregorovi za vedení mé práce a Ing. Radovanu Šomplákovi, Ph.D. za cenné rady ohledně statistického zpracování dat. Dále chci poděkovat své rodině, především babičkám a strýci, za bezmeznou podporu ve studiu. Moje vděčnost patří i mým přátelům, zejména Daně, za veškerou podporu v těžkých časech.

# Obsah

1	Úvod.....	3
2	Motivace.....	5
3	Legislativní úprava odpadového hospodářství.....	7
3.1	Zákon o odpadech.....	7
3.2	Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady.....	8
3.3	Katalog odpadů.....	9
3.4	Vyhláška o technické způsobilosti vozidel.....	9
3.5	AETR.....	10
4	Logistika odpadů.....	12
4.1	Druhy sběru odpadu.....	12
4.2	Typy odpadových nádob.....	13
4.2.1	Přesypné nádoby s vrchním výsypem.....	13
4.2.2	Přesypné nádoby se spodním výsypem.....	13
4.3	Odpadní kontejnery.....	14
4.4	Přeprava odpadů na základě přepravní vzdálenosti.....	15
4.5	Přeprava odpadů na základě dopravního systému.....	16
4.5.1	Praktický příklad sestav svozových automobilů.....	18
4.6	Logistické řetězce.....	21
4.6.1	Svozové systémy – malá svozová technika.....	21
4.6.2	Svozové systémy – střední a velká svozová technika.....	23
4.6.3	Velké odvozové systémy – tahače a jízdní soupravy.....	24
5	Analýza rychlostních limitů.....	26
5.1	Třídění dat.....	26
5.2	Analýza průměrných rychlostí.....	27
5.2.1	Kolmogorovův-Smirnovův test normality.....	27
5.2.2	Centrální limitní věta.....	28
5.2.3	Spearmanův koeficient pořadové korelace.....	30
6	Analýza dopravních cen.....	31
6.1	Softwarová aplikace WTP.....	32
6.2	Analýza výstupních cen.....	33
6.2.1	Malá svozová technika – nákladnost provozu.....	33
6.2.2	Střední a velká svozová technika – nákladnost provozu.....	35
6.2.3	Velké odvozové systémy – nákladnost provozu.....	38
6.3	Porovnání vybraných kapacit svozového vozidla.....	39
7	Srovnání nákladnosti pronájmu a koupě svozového vozidla.....	41

7.1	Vyčíslení nákladů na pronájem vozidel.....	41
8	Závěr.....	43
	Seznam zkratk a symbolů.....	44
	Seznam tabulek .....	45
	Seznam obrázků .....	46
	Použité zdroje a literatura.....	47
	Seznam příloh.....	1

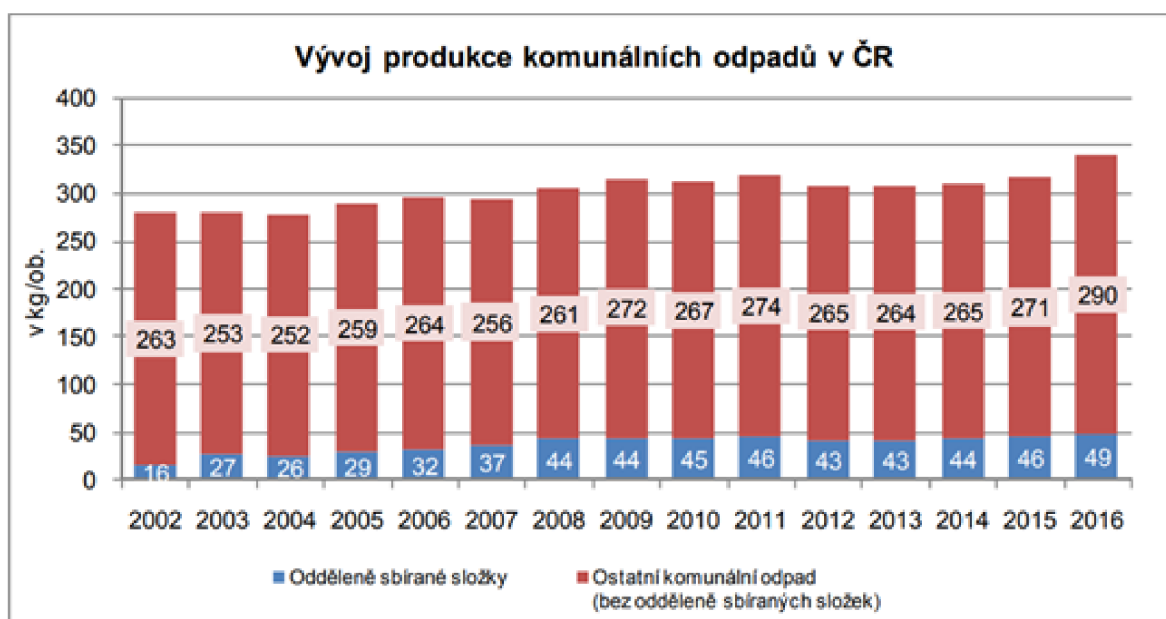


# 1 Úvod

Odpad provází lidské konání od pradávna a s ním i potřeba jej transportovat pomocí nástrojů odpovídajících stupni vývoje lidstva. Pro vysvětlení samotného pojmu odpad uplatníme definici ze Zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů [1]: „Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje, nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.“ Komunálním odpadem (dále jen „KO“), rozumíme: „Veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.“ Práce se zabývá především směsným komunálním odpadem (dále jen „SKO“), tj. zbytkovou směsí netříděných odpadů.

Pokud se zaměříme na historii nakládání s odpady, zjistíme, že v období lovců a sběračů nebylo nakládání s odpadem problematické. Většina kmenů žila kočovným životem v malých skupinách, nenastávaly proto hygienické problémy způsobené množstvím odpadu na jednom místě. Ve starověkém Římě již vznikaly náznaky kanalizace a pracovaly uklízečičky. V 17. století odpad vynášely domovní popelárky s nůsemi, do kterých sbíraly popel a odpad. Na přelomu 19. a 20. století byl obvyklý tzv. třídilný systém, odpad se dělil na popel, zhodnotitelný suchý odpad a potravinové zbytky [2]. I když vznikaly první spalovny, převládalo vyvážení odpadu na skládky na krajích měst a další vývoj zbrzdily světové války. První spalovna na území dnešní ČR vznikla roku 1905 v Brně, byla ovšem během druhé světové války vybombardována [3]. V druhé polovině dvacátého století začalo být zřejmé, že skládkování v terénních prohlubních nedostačuje. Ač jsou dnes systémy odstraňování odpadů sofistikovanější, otázka skládkování zůstává palčivým problémem dodnes.

Od dob většího rozšíření automobilové dopravy až po současnost jsou pro svoz a odvoz odpadů používána přednostně nákladní vozidla. Jejich transportními systémy se zabývá předkládaná práce. Přeprava odpadů, především svoz, je velmi nákladnou složkou odpadového hospodářství. Například ve městě Brně náklady na sběr a svoz netříděného komunálního odpadu činily v roce 2017 přes 237 milionů Kč [4]. Přestože je zřejmá snaha o osvětu obyvatelstva ohledně environmentálních dopadů nadměrné tvorby odpadů, obr. 1 ilustruje, že produkce komunálních odpadů mírně roste.



Obr. 1: Produkce komunálních odpadů v ČR v 21. století [5]

Tématu je proto nutné se nadále věnovat a hledat určitý rovnovážný stav, kdy budou náklady na OH a zároveň dopad na životní prostředí co nejnižší. Tomu napomůže optimalizace dopravních tras a především výběr vhodných dopravních prostředků, které bude jak ekonomicky, tak environmentálně efektivní.

## 2 Motivace

Předkládaná práce si ukládá následující cíle:

- Provést základní rešerši systémů pro svoz a odvoz odpadu.
- Stanovit fixní ceny jednotlivých systémů dle odborných publikací a komerčních provozovatelů.
- Vyhodnotit dopravní systémy v závislosti na fixní ceně za dopravu.

Základním rámcem pro průzkum systémů nakládání s odpady je hierarchie nakládání s odpady (obr. 2) a s ní související strategické cíle plánu odpadového hospodářství ČR (dále jen „POH ČR“) [6], které mají následující znění:

1. „Předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů.
2. Minimalizace nepříznivých účinků vzniku odpadů a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí.
3. Udržitelný rozvoj společnosti a přiblížení se k evropské „recyklační společnosti“.
4. Maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů a přechod na oběhové hospodářství.“



Obr. 2: Hierarchie odpadového hospodářství [7]

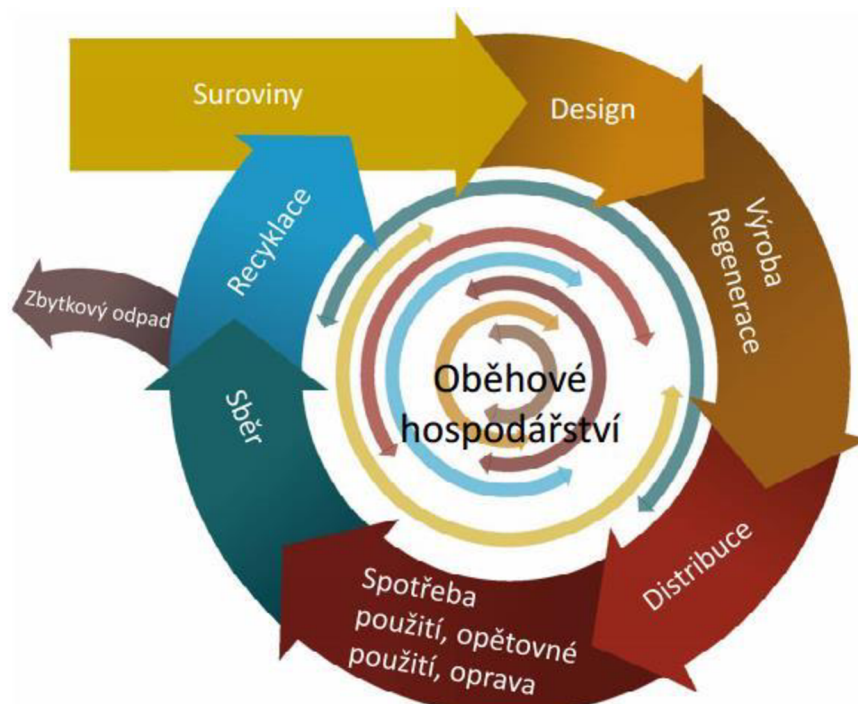
Čím výše se bod hierarchie nachází, tím více je jeho uplatňování žádoucí, a naopak.

Jak je v POH ČR zmíněno, nakládání s odpady by postupem času mělo směřovat k tzv. oběhovému hospodářství, resp. přechod od lineární k cirkulární ekonomice (obr. 3). Principem oběhového hospodářství je snaha o ponechání produktů v systému po co nejdelší dobu, než dojde k jejich odstranění (a tím i opuštění systému). Z hierarchického hlediska se jedná o co nejdelší setrvání na horních stupních pyramidy. Příkladem již praktikovaného oběhového hospodářství může být použití biologicky rozložitelných odpadů jako součásti hnojiv, recyklace keramických izolátorů, které po rozemletí slouží jako abraziva a plniva do tmelů, či recyklace stavební suti a její následné využití při výrobě cementu [8].

V souvislosti se základnou pomyslné lineární hierarchické pyramidy se ČR zavázala k dodržení zákazu skládkování platnému od roku 2024 [9].<sup>1</sup> Je nutné vzít v potaz fakt, že v roce 2016 bylo 44,95 % komunálních odpadů odstraněno skládkováním [10]. Reálná pozice skládkování je proto na vyšší příčce, než je žádoucí. Z výše uvedeného vyplývá značný dopad zákazu

<sup>1</sup> Jedná se o zásadní změnu v celkové hierarchii odpadového hospodářství, proto v současnosti vzniká nový zákon o odpadech.

skládkování na logistické systémy do budoucna. Proto je třeba řešit novou infrastrukturu a změnu systémů přepravy odpadů.



Obr. 3: Schéma oběhového hospodářství [11]

Hlavním krokem k omezení nutnosti skládkování je nejvyšší stupeň pyramidy, tj. předcházení vzniku odpadu a směřování k opětovnému využití. Dalším záměrem je zlepšení separace. Tříděný odpad činil v roce 2016 14 % KO [5], potenciál na zlepšení je např. v efektivnějším třídění kovových a biologicky rozložitelných složek KO.

Dalším intenzivně diskutovaným řešením je stavba nových zařízení na energetické využití odpadů (dále jen „ZEVO“), tedy využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů. V roce 2016 bylo energeticky využito pouhých 12,12 % KO. V současnosti jsou v provozu čtyři ZEVO v Praze, Brně, Liberci a nejnověji v Chotíkově u Plzně. Pro pokrytí potřeb zákazů skládkování je potřeba kapacitu těchto zařízení více než zdvojnásobit ze současných 750 000 tun o dalších 950 000 tun [9]. Dále se plánuje stavba ZEVO v Horních Počaplech u Mělníku. Jeho uvedení do provozu se plánuje na rok 2024 a zařízení má využít 320 tisíc tun odpadu ročně [12].

Data ukazují, že cesta k oběhovému hospodářství je dlouhá a tvorba nových dopravních cest, mj. v souvislosti s budováním ZEVO, je proto jednou z priorit příštích let.

### 3 Legislativní úprava odpadového hospodářství

Legislativní rámec problematiky odpadového hospodářství (dále jen „OH“) je popsán řadou stěžejních zákonů, nařízení a vyhlášek. Mezi nejdůležitější dokumenty OH patří zejména:

- *Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů*, v platném znění [1]; dále jen „Zákon o odpadech“
- *Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady*, v platném znění [13]; dále jen „Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady“
- *Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů* [14]; (dále jen „Katalog odpadů“)

V kontextu předkládané bakalářské práce je nutné se věnovat legislativnímu rámci i z pohledu dopravní problematiky. Z tohoto důvodu bylo potřeba se seznámit s legislativou i v této oblasti. Mezi klíčové dokumenty patří:

- *Vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*, v platném znění [15]; (dále jen „Vyhláška o technické způsobilosti vozidel“)
- *Vyhláška č. 108/1976 Sb., o Evropské dohodě o práci osádek vozidel v mezinárodní silniční dopravě (AETR)* [16]; (dále jen „AETR“)

#### 3.1 Zákon o odpadech

Zákon o odpadech slouží především k vymezení základních pojmů v **odpadovém hospodářství**. **Odpadové hospodářství je na základě zákona o odpadech definováno následovně:** „Činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.“

Zákon o odpadech definuje pojem **odpad** a **komunální odpad** (definovaný již výše v úvodní kap. 1).

Původci odpadů, mezi které se mimo jiné řadí obce, jsou povinni ustanovit vlastní systém nakládání s odpady<sup>2</sup> formou obecně závazné vyhlášky. Obce musejí zajistit místa pro shromažďování KO a jeho separaci. Předpis zároveň opravňuje obce vybírat poplatek za odpady.

**Nakládání s odpady** je dle zákona o odpadech: „...shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů.“ Definice jednotlivých způsobů nakládání s odpady jsou zahrnuty v § 4 popisovaného zákona.

- **Shromažďování** odpadů je: „...krátkodobé soustředování odpadů do shromažďovacích prostředků v místě jejich vzniku před dalším nakládáním s odpady,“
- **Sběr:** „...soustředování odpadů právníkou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání od jiných osob včetně jejich předběžného třídění a předběžného skladování za účelem jejich přepravy do zařízení na zpracování odpadu,“
- **Tříděný sběr:** „...sběr, kdy je tok odpadů oddělen podle druhu, kategorie a charakteru odpadu s cílem usnadnit specifické zpracování,“
- **Využití:** „...činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétnímu účelu“

---

<sup>2</sup> Dle právního předpisu konkrétně systém: „...shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálních odpadů vznikajících na jejím katastrálním území.“

- **Výkup:** „...sběr odpadů v případě, kdy odpady jsou právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání kupovány za sjednanou cenu,“
- **Skladování:** „...přechodné soustředování odpadů v zařízení k tomu určeném po dobu nejvýše 3 let před jejich využitím, nebo 1 roku před jejich odstraněním.“
- **Úprava:** „...každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických, nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za účelem umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování, nebo za účelem snížení jejich objemu, případně snížení jejich nebezpečných vlastností,“
- **Odstranění:** „...činnost, která není využitím odpadů, a to i v případě, že tato činnost má jako druhotný důsledek znovuzískání látek nebo energie.“

Zákon dále určuje 13 způsobů **využití** odpadů pod kódy R 1-R 13. Definiuje také 15 způsobů **odstraňování** odpadů označený písmeny D 1-D 15, přičemž způsob „D 11 Spalování na moři“ je zakázán mezinárodními úmluvami.<sup>3</sup> Využití odpadu má být vždy upřednostňováno před prostým odstraňováním.

### 3.2 Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady

*Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady* popisuje zařízení k využívání, sběru a odstraňování odpadů a podmínky jeho provozu.

Určuje, že zařízení musí především být vybaveno skladovacími prostory a dalšími prostředky pro manipulaci s odpady a zároveň monitorovat potenciální dopad na životní prostředí. Musí monitorovat hmotnost přijímaného odpadu zařízením k tomu určeným. Má disponovat technickým vybavením a přijmout organizační opatření zabraňující přístupu nepovolaných osob.

Zabývá se skladováním odpadů (definovaným v § 4 Zákonu o odpadech): „*Jako sklady odpadů mohou sloužit volné plochy, přístřešky, budovy, podzemní a nadzemní nádrže apod., které splňují technické požadavky kladené na sklady odpadů touto vyhláškou, požadavky stanovené zákonem a zvláštními právními předpisy na ochranu životního prostředí a zdraví lidí, a které byly zřízeny k tomuto účelu v souladu se zvláštními právními předpisy.*“

Klade důraz na vzájemné oddělení odpadu rozdílného druhu, tudíž i na bránění jeho míšení a na úniky do okolního prostředí. Manipulace s odpady musí být snadná a bezpečná. Pro odpady nespĺňující limity,<sup>4</sup> skladované v přímém kontaktu s terénem, je třeba použít těsnění. § 7, odst. 4 upravuje dlouhodobé skladování: „*Sklady, ve kterých jsou skladovány odpady určené k odstranění po dobu delší než 1 rok, a sklady, ve kterých jsou skladovány odpady určené k využití po dobu delší než 3 roky, musí svým technickým zabezpečením odpovídat ve vztahu ke skladovaným odpadům příslušné skupině skládek. Takové skladování se považuje za dlouhodobé.*“ Forma a vzhled skladu nejsou přesně určeny. Pravidla se vztahují i na zařízení ke sběru a výkupu odpadů.

<sup>3</sup> Zákonem určené způsoby využívání a odstraňování odpadů jsou dostupné v příloze 1.

<sup>4</sup> Limity se podrobněji zabývá *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*, v platném znění.

### 3.3 Katalog odpadů

Vyhláška na základě předpisů EU stanovuje:

- a) „Katalog odpadů,
- b) postup pro zařazování odpadu podle Katalogu odpadů a
- c) náležitosti návrhu obecního úřadu obce s rozšířenou působností na zařazení odpadu podle Katalogu odpadů.“

Hlavním účelem vyhlášky je tudíž zařazení **kategorizace odpadu**, z níž vyplývají možnosti dalšího nakládání s daným druhem odpadu.

Odpady se zařazují pod šestimístná čísla, přičemž:

1. dvojčíslí označuje **skupinu** odpadu – na základě odvětví, oboru nebo technologického procesu vzniku odpadu
2. dvojčíslí označuje **podskupinu** odpadů
3. dvojčíslí označuje **druh** odpadu.

Pro zařazení odpadu do příslušné kategorie se nejprve vyhledá „*odpovídající skupina, uvnitř skupiny potom podskupina odpadu. V dané podskupině se vyhledá název druhu odpadu s příslušným katalogovým číslem; při tom se volí co nejurčitější označení odpadu.*“ Pokud se odpad skládá z více složek, přiřazuje se přednostně k takovému druhu odpadů, který je: „*z hlediska škodlivých účinků na člověka a na životní prostředí nejvíce nebezpečný.*“

Odpady se v prvním stupni hierarchie dělí do **dvaceti skupin**. Pro účel práce popíšeme skupinu 20: „*Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru.*“ Jako příklad zavedeme ve skup. 20 podskupinu 03 – ostatní komunální odpady. Šestimístný kód 20 03 01 poté označuje směsný komunální odpad. Podrobnější rozdělení skupin i podskupin a druhů KO je dostupné v příloze 3.

### 3.4 Vyhláška o technické způsobilosti vozidel

Vzhledem k tomu, že předkládaná práce se věnuje dopravní problematice, je nutné se zabývat legislativní úpravou i v této oblasti. Klíčovým legislativním dokumentem je **Vyhláška o technické způsobilosti vozidel**, která udává technická specifika, tzn. v § 37 hmotnostní (tab. 1) a v § 39 rozměrové (tab. 2) limity vozidel na území ČR.

Počet náprav	Typ vozidla	Největší povolené zatížení [t]
2	vozidlo	18
3	vozidlo	25 (příp. 26 <sup>5</sup> )
4	vozidlo	32
2	přívěs	18
3	přívěs	24
4	přívěs	32
	jízdní souprava	48

Tab. 1: §37, hmotnostní limity vozidel, přívěsů a jízdních souprav

<sup>5</sup> Největší povolená hmotnost je 26 t: „...je-li hnací náprava vybavena dvojitou montáží pneumatik a vzduchovým pérováním nebo pérováním uznaným za rovnocenné, nebo pokud je každá hnací náprava opatřena dvojitou montáží pneumatik a maximální zatížení na nápravu nepřekročí 9,50 t“

V oblasti překročení hmotnostních limitů lze požádat o výjimku: jedná se především o svozovou techniku, která má velmi těžké nástavby a není možné tato zatížení na nápravu standardně dodržet. Přípustné je překročení okamžité hmotnosti o 3 %, jedná se např. o zimní provoz, tj. znečištění (např. blátem, sněhem), tohoto překročení se v praxi často využívá, především u jízdnic souprav.

Typ vozidla	Šířka [m]	Výška [m]	Délka [m]
jednotlivé vozidlo	2,55	4	12
tahač s návěsem	2,55	4 + 2 %	16,5
motorové vozidlo s přívěsem	2,55	4	18,75
traktor s přívěsem (návěsem)	2,55	4	18
souprava se dvěma přívěsy (návěsem a přívěsem)	2,55	4	22

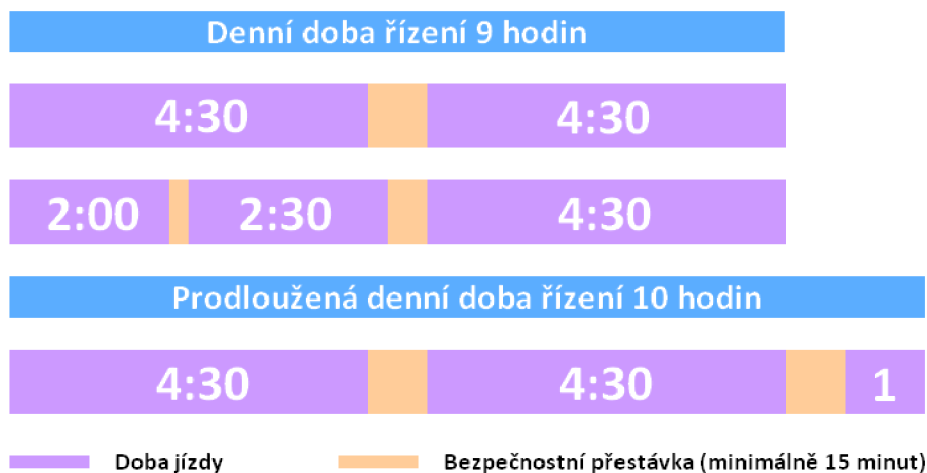
Tab. 2: §39, rozměrové limity silničních vozidel

Pokud parametry vozidla přesahují stanovené hmotnostní, či rozměrové limity, jedná se o tzv. zvláštní užívání komunikace dle zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, v platném znění [17]. Jedná se o českou vyhlášku, tudíž v případě mezinárodní dopravy je nutné vyhodnocovat pro každý stát technická specifika zcela individuálně.

### 3.5 AETR

AETR, tedy **Evropská dohoda o práci osádek vozidel v mezinárodní silniční dopravě** vymezuje podmínky pro profesionální řidiče a zaměstnavatele. K jejímu dodržování se zavazuje 51 evropských a asijských států<sup>6</sup>. Klíčová část dohody se zabývá maximální dobou řízení, délkou a četností povinných přestávek, dobou odpočinku a případy, kdy se lze od těchto limitů odchýlit. Určuje také základní parametry a způsob kontroly dodržování těchto zásad pomocí kontrolního přístroje.

**Denní doba řízení**, tj.: „...celková doba řízení mezi dvěma odpočinky denními nebo jedním odpočinkem denním a jedním odpočinkem týdenním“ činí **9 hodin**, dvakrát týdně může být prodloužena na **10 hodin**. Bezpečnostní přestávku v minimální délce **45 minut** musí řidič započít nejpozději po čtyřech a půl hodinách jízdy. 45minutovou přestávku lze rozdělit na více přestávek, minimálně však 15minutových. Na obr. 4 je zobrazeno několik typických způsobů uplatnění předepsaných zásad.



Obr. 4: Příklady uplatnění zásad pro denní dobu řízení [18]

<sup>6</sup> Seznam států je dostupný v příloze 3.



Po denní době řízení následuje denní **doba odpočinku**. Musí být dlouhá minimálně **11 hodin**, třikrát týdně smí činit **9 hodin**, pokud bude vykompenzována před koncem následujícího týdne. Při nezkráceném odpočinku smí být čerpána až ve třech částech, jestliže jedna z nich trvá alespoň **8 hodin**. Je povoleno ji trávit ve vozidle vybaveném lehátkem. V případě vozidla se dvěma řidiči musí každý z nich odpočívat souvisle **8 hodin** během každých 30 hodin.

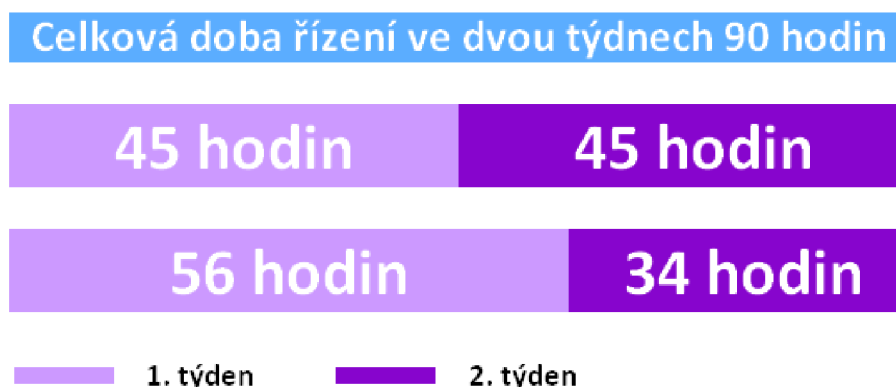
Nejpozději po šesti dnech (denních dobách) řízení musí následovat **týdenní doba odpočinku** ve výši 45 hodin, zkrácená 36 hodin „... v místě obvyklého odstavení vozidla nebo v místě pobytu řidiče“ a 24 hodin na jiných místech. Rozdíl zkrácení je třeba vykompenzovat „před koncem třetího týdne následujícího po dotyčném týdnu.“ [16] Možné je tedy například následující schéma, zapsané v tab. 3.

1.týden	2.týden	3.týden	4.týden
30 h	45 h	24 h	60 h

Tab. 3: Příklad zkrácení týdenní doby odpočinku [19]

Je vidět, že deficit z prvního týdne byl vykompenzován ve čtvrtém týdnu, 30 a 60 hodin odpočinku dohromady dává 90 hodin, což je analogické dvěma nezkráceným 45hodinovým odpočinkům.

**Celková doba řízení** ve dvou po sobě jdoucích týdnech nesmí být vyšší než 90 hodin, což ilustruje obr. 5.



Obr. 5: Příklad uplatnění zásad pro celkovou dobu řízení [18]

## 4 Logistika odpadů

Pro potřeby odpadového hospodářství využijeme následující definici logistiky: „*Logistika je vědní obor, jehož předmětem je plánování, realizace, řízení a kontrola integrovaných toků hmot (včetně biologických objektů), energií a informací v systémech.*“ [20] V případě KO je dodavatel zastoupen domácnostmi, odběrateli jsou firmy zabývající se sběrem, svozem, odvozem a zpracováním odpadu.

### 4.1 Druhy sběru odpadu

V obcích sběr KO obvykle probíhá dvěma, resp. třemi základními způsoby, které se rozdělují podle dostupnosti sběrného místa.

Při *svozovém* sběru jsou sběrné nádoby o objemu 110 l až 1 100 l vzdáleny do zhruba 50 m od bydliště [21]. V praxi se nádoby nacházejí bezprostředně u vchodu do bytového domu, anebo u každého rodinného domu. Jeho specifickou formou je sběr v tzv. systému „door-to-door“, kdy se jednotlivé složky KO v předem určené době odkládají ve svazcích či pytlích na určené místo.

*Donáškový* způsob je takový, kde se ve srovnání se sběrem svozovým nachází nádoba dále od objektu, maximální vzdálenost je 150 m [21]. Z toho vyplývá i potenciálně větší objem nádob, který se pohybuje v rozmezí 1 100-5 000 l. Do donáškového způsobu se řadí i sběr pytlový. Opět lze uplatnit pytlový sběr, který se týká separovaného odpadu, jenž se v určený čas donese k vozidlu, anebo na jiné svozové místo.

*Sběrný* způsob se týká odpadu separovaného, objemného, nebezpečného, bioodpadu apod. Je možné jej považovat za podkategorii donáškového způsobu. Bývá využíván především pro složky KO, kde jsou výše uvedené druhy sběru výrazně neekonomické, tzn. domácnosti jej produkují malé množství a obsluha velkého množství nádob by neúměrně zvyšovala náklady.

O výběru druhu sběru v dané lokalitě rozhoduje řada faktorů, především ekonomická stránka, vyprodukované množství odpadu na vybraném místě nebo dispoziční řešení pro umístění nádob. Donáškový systém má nižší investiční náklady, ovšem je méně dostupný, má nižší výtěžnost a kvalitu složek KO, než způsob odvozový [21]. Odvozový způsob je nejpohodlnější pro občany, avšak ekonomicky, z pohledu svozové firmy, značně nákladný. Výše finanční náročnosti záleží na množství kontejnerů na sběrném hnízdě, nebo adresním bodě. Pro příklad lze uvést rodinné domy, které mají na svém adresním bodě více sběrných nádob (směsný komunální odpad<sup>7</sup>, biologicky rozložitelný odpad a separované složky). V tomto případě nelze obsloužit všechny nádoby během jednoho svozu, ale je nutné na adresní bod zajet vícekrát na základě počtu nádob. Tento fakt prodražuje celkovou ekonomiku svozu a je nutné správně vyhodnotit, kolik nádob a jaký typ sběru a svozu bude ekonomicky efektivní.

Frekvence svozu se výrazně liší podle druhu KO. Směsný KO bývá obvykle svážen dvakrát týdně až jednou za čtrnáct dní. Plast, sklo a papír v rozmezí jednou týdně až jednou měsíčně. Četnost svozu bioodpadu se výrazně liší v různých obcích, často bývá pouze sezónní. Svoz nebezpečného odpadu probíhá obvykle dvakrát ročně a nově se objevuje i svoz kovů.

---

<sup>7</sup> dále jen „SKO“

## 4.2 Typy odpadových nádob

V současnosti se používá velké množství typů odpadových nádob a kontejnerů. Volba vhodného objemu nádoby je zásadní, při nedostačující kapacitě a četnosti svozu hrozí vznik černých skládek, při objemu příliš velkém roste množství odpadu produkovaného domácnostmi.

Nádoby se dělí na *přesypné* (s vrchním a spodním výsypem) a *výměnné* – obvykle velkoobjemové kontejnery.

### 4.2.1 Přesypné nádoby s vrchním výsypem

Pro směsný KO a separovaný odpad, především plasty a papír, bývají obvykle používány následující nádoby (tab. 4), v současnosti dominují nádoby plastové a kovové se postupně vyměňují.

Typ nádoby	Materiál nádoby	Objem nádoby	Směsný odpad	Separovaný odpad
popelnice	kov	110 l	ano	-
popelnice	plast	120 l	-	ano
popelnice	plast	240 l	ano	ano
kontejner	plast	1100 l	ano	ano

Tab. 4: Běžné druhy přesypných nádob s horním výsypem a jejich obvyklé využití [22], [23]

Nádoby o objemu 120 a 240 l existují i ve speciální hnědé variantě s větracími otvory určené pro sběr bioodpadu. Aktuálně lze tyto nádoby vidět v mnoha obcích.

### 4.2.2 Přesypné nádoby se spodním výsypem

Přesypné nádoby se spodním výsypem jsou využívány pro separované složky odpadu, jedná se především o tzv. separační zvony či podzemní kontejnery.

Separací zvony jsou plastové či sklolaminátové nádoby, typově ve variantách 1 100, 1 300, 1 500, 2 000, 2 500 a 3 500 l. Výsyp zvonů se uskutečňuje pomocí vykladače kontejnerů s hydraulickou rukou. S kontejnerem je manipulováno za pomoci pevného jeřábového oka a výsyp je realizován pomocí druhého oka, díky kterému dochází k otevření spodní části kontejneru. Dno je s okem sloužícím k výsypu spojeno dvěma lankami. Při manipulaci ve vzduchu je nutné držet lanku v napnutém stavu pomocí povytažení oka. K dosažení výsypu se poté lanka uvolní, což umožní rozevření dna na dvě poloviny. Existují dva mechanismy rozevření víka: buď z boku, anebo ze středu (obr. 6) nádoby.



Obr. 6: Dno používaného zvonového kontejneru rozevratelné ze středu nádoby [18]

V současné době je na vzestupu využití nádob se spodním výsypem formou kontejnerů zapuštěných pod zemí, tzv. podzemní kontejnery, do kterých je odpad vhazován z malých odpadkových košů, tzv. vhozových šachet (obr. 7). Vyskytují se především v historických centrech měst, aby byl zajištěn dostatečný objem a kontejnery svým vzhledem nenarušovaly ráz historické zástavby. Podzemní kontejnery se taktéž rozevírají, a tím vysypávají, pomocí vozidla s hydraulickou rukou. Investice na vybudování podzemních kontejnerů jsou přibližně 700 tisíc Kč. V případě instalace do historických částí je nutné kalkulovat i s potenciálním přeložením inženýrských sítí, které instalaci podzemních kontejnerů mohou dramaticky navýšit.



Obr. 7: Podzemní kontejnery na separovaný odpad [18]

### 4.3 Odpadní kontejnery

Do kategorie výměnných sběrných prostředků řadíme kontejnery. Kontejnery jsou většinou nevhodné pro sběr smíšeného odpadu s výjimkou nárazového sběru většího množství či objemnějšího KO. Naopak běžně jsou používány pro přepravu odděleně vytríděných složek odpadu.

Nejpoužívanějším typem kontejnerů, vyobrazeném na obr. 9, jsou kontejnery *natahovací*. Jedná se o kontejnery, se kterými se manipuluje pomocí hákového nosiče kontejnerů. Vyznačují se tím, že v zadní části mají pojezdové rolny<sup>8</sup>, které usnadňují manipulaci. Vyskytují se v celé řadě technických specifikací a velikostí. Mohou být nízké, vysoké, otevřené, uzavřené, se sklopnými bočnicemi i bez možnosti sklápět. Bočnice mohou být i vyrobeny ze síťoviny, což zjednodušuje kontrolu nad obsahem kontejneru. Sklopné bočnice usnadňují manipulaci s nákladem. Uzavřené kontejnery jsou vhodné pro přepravu odpadů ohrožených povětrnostními vlivy, tj. papíru a plastu.

<sup>8</sup> Drobná kovová válcová kolečka, díky kterým se kontejner snáz posouvá po zemi.



Obr. 8: Vysoký natahovací kontejner se sklopnými bočnicemi [18]

Druhým nejobvyklejším typem jsou kontejnery tzv. **vanové**, které jsou běžně používané pro separované složky odpadu, obvyklé je využití pro bioodpad. Existují v otevřené variantě i s víky, symetrické i asymetrické. Manipulace s vanovými kontejnery probíhá s pomocí dvouramenného nosiče s řetězem.

Pro přepravu kontejnerů jsou relevantní i kontejnery **nestandardní**, využitelné ve vícefázové přepravě. Výraznými zástupci této kategorie jsou kontejnery společnosti InnoFreight typu WoodTainer (bližší popsány v tab. 5). Jedná se o speciální kontejnery určené pro intermodální (kombinovanou) dopravu.

#### 4.4 Přeprava odpadů na základě přepravní vzdálenosti

KO je nutné přepravit z místa vzniku na místo finálního zpracování. Může docházet i k mezifázovému přeložení, tj. z menšího (objem do 25 m<sup>3</sup>) vozu je odpad přeložen na větší (objem až 90 m<sup>3</sup>) vůz např. na překládací stanici a odtud je přepravován na další zpracování. Přeložení je realizováno na základě ekonomické efektivity celkového dopravního řetězce. Podle počtu článků řetězce dělíme přepravu na jednofázovou, dvoufázovou a vícefázovou.

**Jednofázová** přeprava využívá pouze jeden dopravní prostředek. Jedná se tedy o přepravu **silniční**, typickou pro svoz SKO. Odpad je přímo dopraven na místo odstranění či využití (ZEVO, skládka, recyklační závod, kompostárna a podobně).

U **dvoufázové** a **vícefázové** přepravy, v rozsáhlejších dopravních úlohách, je v první fázi převezen odpad svozovým automobilem na překládací stanici. Účelem překládací stanice je zhutnění odpadu do lisovacích kontejnerů, které je realizované za pomoci stacionárního lisovacího zařízení nebo pouze za pomoci překládky s využitím manipulační techniky do velkoobjemových kontejnerů, nebo velkoobjemových návěsů typu Walkingfloor (bližší popsány v kapitole 4.6.3). Cílem využití překládací stanice (jak s lisovacím zařízením, tak bez něj) je dosažení větších přepravních objemů a tím i dosažení nižších dopravních nákladů. Z překládací stanice je následně odpad přepravován nákladními vozy do dalších fází či přímo do konečných zařízení. V kontextu vícefázové dopravy je nutné neopomenout tzv. intermodální dopravu, která se může skládat z dopravy **železniční**, případně i **lodní** (řiční, námořní).

## 4.5 Přeprava odpadů na základě dopravního systému

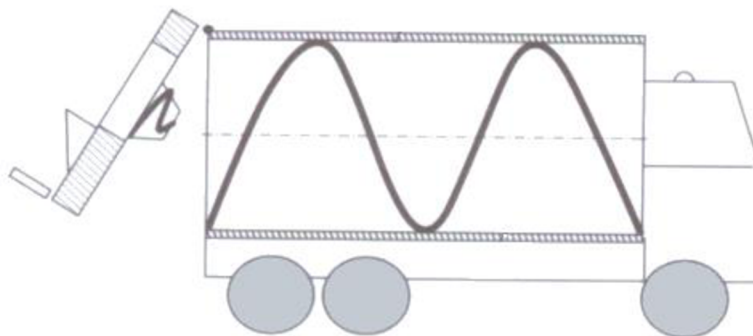
V ČR je odpad standardně přepravován za pomoci silniční dopravy (svozové a odvozové systémy). Železniční doprava odpadů je využívána především v Rakousku a Německu, kde je jedním z hlavních závazků, v rámci vybudování ZEVO, řešit logistiku odpadů za pomoci železnice. Lodní doprava je využívána pro odpadové hospodářství např. v Norsku, Thajsku, Číně, Grónsku, či v Benátkách. Běžně se využívá i doprava intermodální (kombinovaná), např. kombinace silnice a železnice.

Dopravní systémy lze rozdělit následovně:

- Silniční doprava
  - Svozové automobily (obsluha nádob a kontejnerů, typicky pomoci popelářských vozů)
  - Odvozové automobily (typicky odvoz kontejnerů z překládacích stanic do ZEVO)
- Železniční doprava
- Lodní doprava
  - Říční doprava (v ČR problematická, velmi špatná sjízdnost řek)
  - Námořní doprava (především transport odpadu z Evropy na jiné kontinenty)

**Svozové automobily** slouží ke sběru a manipulaci se sběrnými nádobami. Jedná se o nákladní automobily se speciální lisovací nástavbou. Nástavba je tvořena hydraulickým vyklápěčem nádob, nádrží na odpady a lisovacím zařízením. Cílem lisování je co nejefektivněji využít celkový prostor nástavby automobilu. Rozlišujeme dva základní typy lisů:

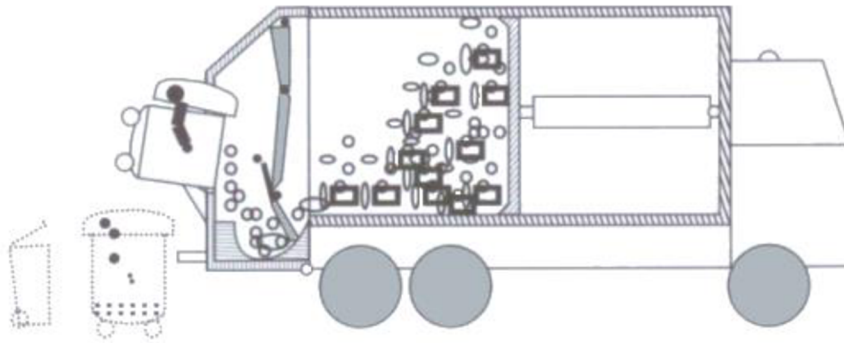
- nástavba s rotačním lisem (obr. 9),
- nástavba s lineárním lisem (obr. 10).



Obr. 9: Vozidlo s rotačním lisem [24]

Vozidla s *rotačním* lisem mají válcovou nádrž, která se otáčí, lopatkami nabírá odpad a následně jej lisuje. Uvnitř nádoby se odpad posouvá pomocí dvouchodé šroubovice. Jsou vhodná pro mokré typy odpadů (bioodpad) a pro odpad z oblastí s vytápěním pevnými palivy. Nástavby s rotačním lisem jsou v porovnání s lineárním lisem těžší a nepotřebují tak výkonné automobily pro lisování.

Vozidla s *lineárním* lisováním mají nádrž kvádrového tvaru. Odpad je lisován hydraulicky pomocí pohyblivé stěny, která nabírá vysypaný odpad a zatlačuje jej proti čelu zásobníku. Nabírání a stlačování odpadu může být jak oddělené, tak spojené. První způsob je vhodný pro odpad z domácností, druhý pro všechny typy odpadů. Vozy jsou využívány pro SKO, papír a plast. Lineární lisy potřebují vyšší výkon automobilů pro kvalitní dolisování odpadu na nástavbě.



Obr. 10: Vozidlo s lineárním lisováním [24]

Svozové automobily musí pracovat v rozdílných urbanistických strukturách – jak na venkově, tak na sídlištích nebo v historických centrech velkých měst, která mohou být problematická z důvodu špatné schopnosti manévrovat vozidla v úzkých ulicích. Z toho důvodu je na trhu velké množství typů nástaveb, které jsou vyhovující pro konkrétní lokality.

**Nosiče kontejnerů** jsou vozidla určená pro odvoz odpadů především ze sběrných dvorů a pro odpad separovaný. Odvoz natahovacích kontejnerů může probíhat výměnou plného kontejneru za prázdný, kdy automobily jsou zcela soběstačné. Pro odvoz bioodpadů je žádoucí, aby vozidlo mělo zařízení k odvodu vody.

Vozidla s hydraulickou rukou se využívají k obsluze nadzemních, zvonových nebo podzemních kontejnerů. Jejich použití je běžné především pro odvoz odpadů z výše (4.2.2) popsaných zvonů.

**Odvozové automobily** slouží k dálkové přepravě odpadů z překládacích stanic např. do zařízení EVO. Využívají se především na dopravu na krajské, či celostátní úrovni. Legislativně (Vyhláškou o technické způsobilosti vozidel) je jejich maximální hmotnost omezena na 48 t, výška na 4 m, šířka na 2,55 m a délka na 22 m. [15]

Příkladem využívaného systému je tzv. systém *MSTS*<sup>9</sup>. Separovaný odpad je nejdříve svážen malými vozidly a následně přeložen do kontejnerů o objemu 20 m<sup>3</sup>. Odvoz poté probíhá silničními odvozovými soupravami, které pojmu až tři kontejnery zároveň.

**Železniční přeprava** není ovlivněna silničním provozem. Riziko nehod je výrazně nižší než u přepravy automobilové. Problematická může být obsazenost dopravních cest a nutnost objednat využití dopravní sítě. Nosnost vagónů může dosáhnout až 90 t (22,5 t na nápravu) [25], celková teoretická přepravní kapacita je podstatně vyšší. Přeprava KO je praktikována pomocí kontejnerů, jejichž konstrukce by měla umožňovat jak silniční, tak i železniční přepravu. V současnosti jsou preferovány dva následující způsoby železniční přepravy:

- *ACTS*<sup>10</sup> je systém, k jehož využití není třeba speciálního překladiště. S odvalovacími kontejnery s přivařeným manipulačním okem se pohybuje pomocí hydraulické ruky nákladního automobilu. Na vagónech jsou speciální ližiny, které se mohou otáčet v horizontálním směru, čímž usnadňují nakládání.

<sup>9</sup> Multi Service Transport System (vícefázový přepravní systém)

<sup>10</sup> Abrollcontainer Transportsystem (přepravní systém natahovacích kontejnerů)



Obr. 11: Systém ACTS [26]

- Systém *Innofreight* [27] a speciální kontejnery řady WoodTainer umožňují snadnou a rychlou manipulaci pomocí vysokozdvížných vozíků. Kontejnery se nakládají na běžné železniční vagóny. Je určen i pro těžké materiály. Kontejner umožňuje rotační vyklápění a rychlý výsyp.

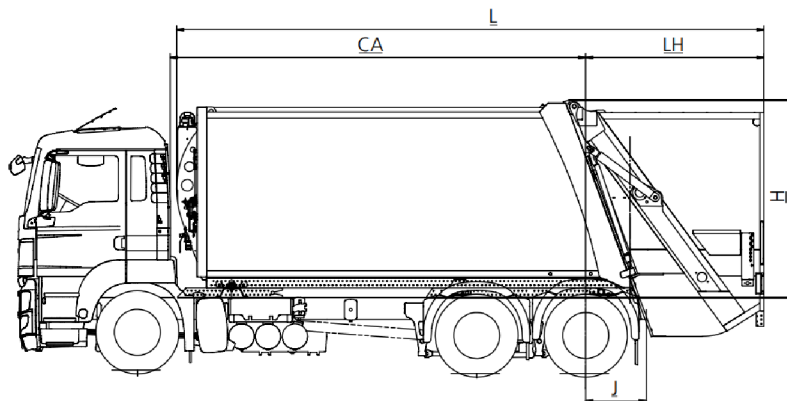
Typ kontejneru WoodTainer	Objem [m <sup>3</sup> ]	Výška [mm]	Šířka [mm]	Délka [mm]	Hmotnost kontejneru [t]	Nosnost [t]
XS	24	2 900	2 900	3 353	2,1	25
XL	38	2 438	2 900	6 096	2,7	23
XXL	45	2 900	2 900	6 096	2,9	23

Tab. 5: Parametry kontejnerů *Innofreight* WoodTainer [27]

#### 4.5.1 Praktický příklad sestav svozových automobilů

Pro ukázkou parametrů vozidlových sestav svozových automobilů využijeme nástaveb Variopress od firmy Faun [28]. Lisy této firmy jsou dostupné v široké škále velikostí od malých, určených pro dvounápravová vozidla, až pro velké.

Na obr. 12 a v tab. 6 je k dispozici přehled parametrů nabízených nástaveb.



Obr. 12: Rozměry nástaveb, CA – celková délka bez výsypníku, L – délka nástavby, H – výška nástavby [28]



Objem kontejneru	Výška vozidla	Celková délka bez výsypníku	Hmotnost sestavy	Užité zatížení
[m <sup>3</sup> ]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg]
7	2 650	6 500	5 500	2 000
10	3 500	6 900	10 977	4 023
12	3 500	7 200	11 133	3 867
14	3 500	7 400	11 211	3 789
16	3 500	8 100	11 823	6 177
22	3 500	9 050	14 234	11 766
24	3 500	9 270	14 354	11 646
29	3 500	10 300	16 462	15 538

Tab. 6: Příklad typů svozových nástaveb [28]

Rozsahem svého užitého zatížení nástavby pokrývají prakticky celé rozmezí zákonných limitů. Zároveň poskytují i nestandardně malé nástavby.

Vozidla jsou vhodná jak pro svoz SKO, tak i pro separované odpady. Nástavby disponují systémem optimalizovaného stlačení v závislosti na typu a struktuře odpadu a lisování lze i zcela vypnout. Integrovaný indikátor hmotnosti FAUN – ActiFit Air kontroluje stav nakládky vozu a zastavuje stlačování při dosažení hraničních hodnot. V nabídce je i ekologická verze, s hybridním pohonem diesel-elektrika, snižující hlukové emise, emise CO<sub>2</sub> a s úsporou paliva až 33 %.

Pro podrobnější příklad čtyř vozidlových sestav byly vybrány (tab. 7) nástavby o objemech 7, 16, 22 a 24 m<sup>3</sup> (obr. 14). Nejmenší vozidlo s nástavbou o 7 m<sup>3</sup>, znázorněné na obr. 14, je pro svou úzkost dobře manévrovatelné. Zbývá tři vozidla jsou rozměrově typická pro skupinu vozidel s lineárním liselem.

Nástavba		007	516	522	524
Objem zásobníku	[m <sup>3</sup> ]	7	16	22	24
Hmotnost (vč. pomocného rámu)	[kg]	2 500	5 558	6 234	6 354
Délka	[mm]	4 320	5 742	7 042	7 272
Šířka	[mm]	2 000	2 550	2 550	2 550
Výška	[mm]	1 750	2 443	2 443	2 443
<b>Příklad sestavy vozidla</b>					
Výška (nenaložené vozidlo, rám 1000 mm)	[mm]	2 650	3 500	3 500	3 500
Výška při vyklápění	[mm]	3 900	5 600	5 600	5 600
Celková délka bez výsypníku	[mm]	6 500	7 700	9 050	9 270
Zadní převis nástavby	[mm]	1 770	2 234	2 184	2 484
Pohotovostní hmotnost vozidla <sup>11</sup>	[kg]	5 500	13 058	14 234	14 354
Užitečné zatížení	[kg]	2 000	4 942	11 766	11 646

Tab. 7: Vybrané sestavy vozidel s lineárním liselem s nástavbami Faun Variopress [28]

<sup>11</sup> Pohotovostní hmotností rozumíme hmotnost nenaloženého vozidla se všemi provozními kapalinami. Užité zatížení označuje ze zákonné normy vycházející hmotnost posádky, pomocných zařízení a nákladu.



*Obr. 13: Faun Variopress 007 na vozidle Mitsubishi [29]*

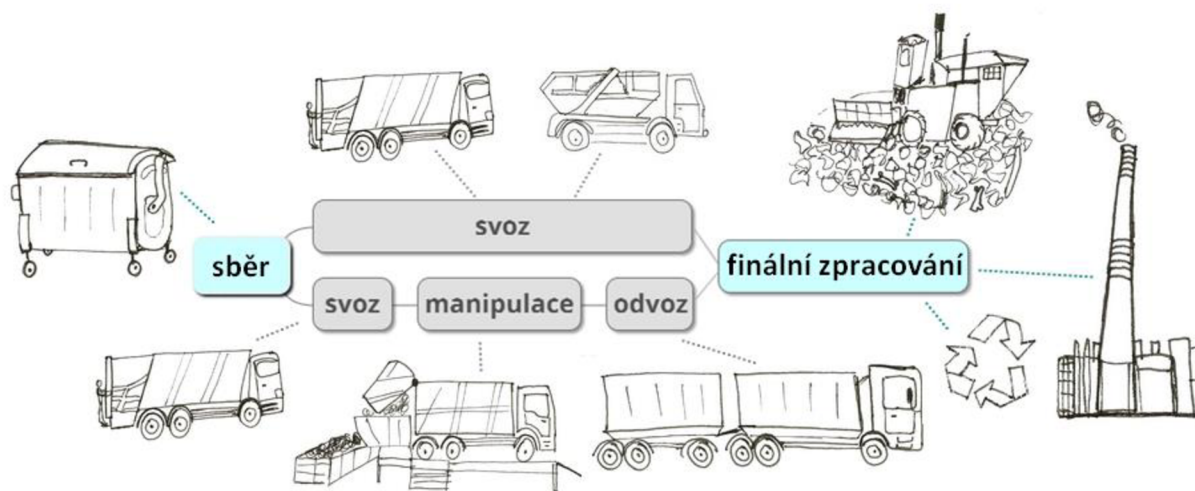


*Obr. 14: Faun Variopress 524 na vozidle Mercedes-Benz [30]*

## 4.6 Logistické řetězce

Logistický řetězec můžeme obecně chápat jako: „*Posloupnost činností, které jsou nutné k dosažení konečného efektu,*“ [31] v případě KO tedy cestu od původce (domácností) k jeho zneškodnění.

V odpadovém hospodářství jsou logistické řetězce (obr. 15) uskutečňovány **svozovými a odvozovými vozidly a manipulačními mezičlánky** (překládka). Každý článek musí plnit nějakou funkci, jinak je zbytečný a je vhodné jej vynechat. Řetězec je také možné uskutečnit čistě pomocí svozových vozidel, tzn. přímým svozem odpadu na místo odstranění či využití. Preference první, či druhé varianty závisí na celkových nákladech, které se odvíjí od vzdálenosti zařízení pro finální zpracování odpadu, na jeho množství, použitém vozidle, případně na environmentálním dopadu apod.



Obr. 15: Schéma logistických řetězců v odpadovém hospodářství [18]

Vozidla realizující logistické řetězce budou uvedena na několika příkladech. Údaje o hmotnosti odpadu se mohou odlišovat od uvedených v závislosti na sypané hmotnosti odpadu. Sypaná hmotnost odpadu závisí na jeho skladbě, která se v případě SKO může lišit především v závislosti na lokalitě (sídlíštní, venkovská, či kombinovaná zástavba). Obecně lze charakterizovat volně ložený odpad v intervalu 150-250 kg/m<sup>3</sup>.

### 4.6.1 Svozové systémy – malá svozová technika

Jedná se o nákladní svozová vozidla malých rozměrů, z nichž vyplývá i nízká nosnost. Jako příklady nejmenších svozových vozidel byla vybrána tři vozidla. Jejich přesné parametry jsou vypsány v tab. 8.

Všechna vozidla jsou dvounápravová, nejvyšší zákonem povolené zatížení je proto 18 t. Rozměry jsou ohraničeny 12 m délkou, 4 m výškou a 2,55 m šířkou. Reálně těchto rozměrů zdaleka nedosahují, z čehož plyne jejich využití, které je vhodné především v historických centrech měst z důvodu bezproblémové manévrovatelnosti v úzkých ulicích. Dále se uplatní v odlehlých svozových oblastech s nízkou produkcí odpadů a nízkou hustotou osídlení.

První z nich, **Multicar FUMO**, je multifunkční vozidlo běžně používané napříč různými odvětvími. Lze je jednoduše užívat nejen pro svoz odpadu, čímž lze při vhodném plánování zajistit jeho neustálou vytíženost<sup>12</sup>. Zvolena byla varianta se sklápěcím kontejnerem. Jeho

<sup>12</sup> Například v zahradnictví, jako sypač, může být dovybaveno pluhem, cisternou apod.

velkou výhodou je snadná údržba a možnost provést množství individuálních úprav. Vozidlo je z trojice zvolených aut výrazně nejužší (1 620 mm), užší i než většina běžných osobních aut, díky čemuž zvládá provoz i na omezeném prostoru.

Druhým vozidlem je **IVECO Daily** s nástavbou Farid Micro L (obr. 16), vybavené lineárním lisem s objemem nástavby 5 m<sup>3</sup>. I přes své menší rozměry je schopno pojmout odpad o vyšší hmotnosti. Nástavba Farid Micro L je vhodná pro standardní nádoby (120 a 240 l) i pro menší kontejnery (1 100 l). Vyklápět lze i celou nástavbu a tím odpad snadno a rychle vyložit, resp. přeložit.



Obr. 16: IVECO Daily Farid Micro L [32]

Třetí vozidlo, **Renault Mascott**, je vybaveno natahovacím kontejnerem bez možnosti lisování. Z vybraných vozidel dosahuje největších rozměrů, přesto je relativně snadno manévrovatelné. Výhodou vozidla bez lisovacího systému mohou být nižší pořizovací náklady i náklady na údržbu. Vhodný je například pro svoz většího množství KO shromážděného na jednom místě do předpřipraveného kontejneru.

Typ vozidla		MULTICAR M30 Fumo	IVECO Daily	RENAULT Mascott 160.65
Výška vozidla	[mm]	2 190	2 644	2 750
Šířka vozidla	[mm]	1 620	2 016	2 300
Délka vozidla	[mm]	5 160	5 716	6 124
Typ zařízení	[-]	sklápěcí kontejner	Farid Micro L	kontejner Abroll
Systém lisování	[-]	-	lineární	-
Lisovací poměr	[-]	-	1:3	-
Pohotovostní hmotnost	[t]	2,99	2,52	2,89
Užitková hmotnost <sup>13</sup>	[t]	2,41	3,72	3,61
Způsob nakládky	[-]	naložení kontejneru	hydraulický vyklápěč	natažení kontejneru
Objem kontejneru	[m <sup>3</sup> ]	5	5	5,7
Hustota odpadu	[ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ]	200	300	200
Hmotnost odpadu	[t]	1	1,5	1,14

Tab. 8: Parametry malých svozových vozidel [33], [34], [35], [36], [37]

<sup>13</sup> **Pohotovostní hmotnost** je hmotnost kompletně vybaveného vozidla s předepsanou výbavou náradím a s plnou zásobou provozních hmot; **užitková hmotnost** je hmotnost nákladu, osob a pomocného nebo pracovního zařízení přechodně i nepevně připojeného [52]. **Celková hmotnost** = pohotovostní hm. + užitková hm.

#### 4.6.2 Svozové systémy – střední a velká svozová technika

Středně velkou a velkou svozovou techniku lze charakterizovat jako techniku hojně zastoupenou v OH. Tato vozidla jsou vhodná pro velkou část městské i venkovské zástavby. Ze čtyř zvolených vozidel jsou dvě dvounápravová (střední) a dvě třinápravová (velká). Pro dvounápravy platí stejné limity jako u malé svozové techniky (hmotnost 18 t, 12 m délky, 4 m výšky a 2,55 m šířky). Pro třinápravová vozidla je nejvyšší povolené zatížení 26 tun a rozměrové limity zůstávají stejné jako u dvounáprav.

Prvním zvoleným vozidlem je ramenový nosič kontejnerů **MB Atego 1224** (obr. 17), který má nejmenší rozměry z vybraných vozů (tab. 9). Konkrétně se jedná o nosič **vanových kontejnerů**, které bývají často užívány například pro svoz bioodpadu, případně demoličního, stavebního a velkoobjemového odpadu.



Obr. 17: Nosič vanových kontejnerů MERCEDES-BENZ Atego [34]

Druhým dvounápravovým vozidlem je typické svozové vozidlo **MAN 18.255 L-KO**. Vozidlo disponuje **lineárním lisem** HALLER X2 M15 s potenciálem dosáhnout lisovacího poměru až 1:6. Menší, dvounápravová, KUKA vozidla se často používají pro svoz separovaného odpadu.

Prvním z dvojice třinápravových vozidel je **Mercedes-Benz Axor 2528** se systémem **rotačního lisování** Faun Rotopress 522, jehož nástavba má objem 24 m<sup>3</sup>. Tento druh nástaveb je vhodný pro mokré typy odpadů a technologicky je méně komplikovaný a s nižšími nároky na výkon, než systém lineárního lisování.

Posledním, největším ze čtveřice vybraných vozidel, je **Mercedes-Benz Actros 2532** (obr. 18) s nástavbou s **lineárním lisem** Faun Variopress 524 o objemu 24 m<sup>3</sup>. Zvolené vozidlo je svými parametry jedním z nejtypičtějších svozových vozidel, velmi běžné pro svoz SKO.



Obr. 18: MERCEDES-BENZ Axor s nástavbou Faun Rotopress 522 [34]

Typ vozidla		MB <sup>14</sup> Atego 1224	MAN 18.255 L-KO	MB Axor 2528	MB Actros 2532
Počet náprav	[-]	2	2	3	3
Výška vozidla	[mm]	2 650	3 500	3 445	3 513
Šířka vozidla	[mm]	2 321	2 500	2 490	2 500
Délka vozidla	[mm]	7 065	8 200	9 260	9 472
Typ zařízení	[-]	vanový kontejner	HALLER X2 M15	Faun Rotopress 522	Faun Variopress 524
Systém lisování	[-]	-	lineární	rotační	lineární
Lisovací poměr	[-]	-	1:6	1:6	1:6
Pohotovostní hmotnost	[t]	11,99	11,42	13,25	14,35
Užitková hmotnost	[t]	6,01	6,58	12,75	11,65
Způsob nakládky	[-]	naložení kontejneru	hydraulický vyklápěč	hydraulický vyklápěč	hydraulický vyklápěč
Objem kontejneru	[m <sup>3</sup> ]	10	16	22	24
Hustota odpadu	[ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ]	250	450	450	450
Hmotnost odpadu	[t]	2,5	6,58	9,9	10,8

Tab. 9: Parametry středně velkých svozových vozidel [34], [28], [38], [39]

#### 4.6.3 Velké odvozové systémy – tahače a jízdní soupravy

Kategorie velkých vozidel je vhodná především pro odvoz velkých objemů odpadů z překládacích stanic. Pro budoucí zpracování byly zvoleny dvě velkoobjemové jízdní soupravy, jejichž parametry jsou vypsány v tab. 10. Pro jízdní soupravy platí hmotnostní limit 48 t. Soupravy tahače s návěsem nesmí překročit rozměry (délka x šířka x výška) 16,55 x 4 x 2,55 m, souprava s návěsem a přívěsem 22 x 4 x 2,55 m.

První vozidlo je tahač s návěsem a přívěsem vybavený dvěma natahovacími lisovacími kontejnery o objemu 30 m<sup>3</sup>. Na základě vybraného typu automobilu – hákový nosič kontejnerů, je vůz zcela soběstačný a bez další manipulační techniky dokáže naložit i vyložit oba kontejnery

<sup>14</sup> Zkratka MB označuje značku Mercedes-Benz.

jak z vlastního podvozku, tak z přívěsu. Jedná se o ekonomicky zajímavé řešení pro překládací stanice s lisovacím zařízením.

Další variantou pro odvoz nelisovaného odpadu je návěs se systémem „Walkingfloor“, neboli pohyblivá podlaha. Funguje na principu vzájemně se posouvající struktury lišt, která usnadňuje a urychluje nakládku a vykládku vozidla (obr. 19). Objem kontejneru je 90 m<sup>3</sup>. Systém byl vytvořen pro efektivní přepravu paletových a sypkých zásilek. V případě odpadu, či jiných sypkých materiálů (TAP, štěpka, brikety a další) je nutné pro naložení využít manipulační techniku, např. přední nakladač s velkoobjemovou lžící. Vykládka je realizovaná již samovolně.

Typ vozidla		Jízdní souprava s přívěsem		Tahač s návěsem Legras Walkingfloor	
		tahač 3	přívěs 3	tahač 3	návěs 3
Počet náprav					
Výška vozidla	[mm]	3 730		3 730	
Šířka vozidla	[mm]	2 490		2 490	
Délka vozidla	[mm]	17 425		16 770	
Typ zařízení	[-]	2x lisovací kontejner Abroll		Legras Walkingfloor	
Systém lisování	[-]	-		-	
Lisovací poměr	[-]	-		-	
Pohotovostní hmotnost	[t]	21,35		15,88	
Užitková hmotnost	[t]	26,65		32,12	
Způsob nakládky	[-]	natažení kontejneru		systém Walkingfloor	
Objem kontejneru	[m <sup>3</sup> ]	2 x 30		90	
Hustota odpadu	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	400		200	
Hmotnost odpadu	[t]	24		18	

Tab. 10: Parametry velkých odvozových vozidel a jízdních souprav [34], [40]



Obr. 19: Legras Walkingfloor [41]

## 5 Analýza rychlostních limitů

Podstatnou součástí vyhodnocení svozových a odvozových nákladů je analýza pohybu vozidel uvnitř a vně obce a zjištění, jakých rychlostí lze za běžného provozu dosáhnout. K vyhodnocení průměrných rychlostí v obci i mimo ni byla použita rozsáhlá data přepravní společnosti<sup>15</sup> zabývající se především dodávkovou přepravou (tab. 11)

Analýza rychlostních limitů probíhala ve dvou hlavních etapách:

1. třídění dat,
2. analýza průměrných rychlostí.

### 5.1 Třídění dat

K vyhodnocení průměrných rychlostí v obci i mimo ni byla použita rozsáhlá data přepravní společnosti zabývající se především dodávkovou přepravou. Do analýzy byly zahrnuty knihy jízd třiceti vozidel. Řádově se jednalo o statisíce řádků, převládala data ze Zlínského, Olomouckého, Jihomoravského kraje a z Vysočiny. Soubor dále obsahoval data z celé ČR, částečně ze Slovenska, Polska a Rakouska. Pro zpracování rozsáhlých datových sad byl využit software MS Excel. Při zpracování dat byly odděleny chybné hodnoty, tedy řádky s prázdnými buňkami a se shodnou startovací i cílovou adresou. Dále byly vyfiltrovány záporné a extrémně vysoké hodnoty rychlostí, aby neovlivňovaly výsledné analýzy.

Původní data nebyla jednotná ve způsobu označení startovních a cílových pozic. V některých případech zahrnovala pouze název ulice bez uvedení obce a v některých případech kompletní adresu. Pro účely analýzy byly názvy obcí odděleny do samotné buňky. Lokace, u kterých byla uvedena pouze ulice, byly v případech, kde to bylo možné, ručně nahrazena jménem obce. Data s nejasnou lokací byla zcela eliminována.

Dále byly odfiltrovány názvy obcí od ostatních dat o poloze a porovnány startovní a cílové pozice vozidel a tím rozlišen pohyb vozidel v obcích a mimo obce.

Vozidlo	Datum	Od	Začátek	Do	Konec	Doba jízdy [min]	Celkem [km]	Průměrná rychlost [km/h]
BRQ03	09.11.2015	11:49	Brno	11:52	Brno	2,25	0,64	16
BRQ03	09.11.2015	11:57	Brno	12:01	Brno	4,03	1,61	23
BRQ03	09.11.2015	12:02	Brno	12:07	Brno	4,75	1,63	20
BRQ03	09.11.2015	12:08	Brno	12:14	Brno	6,52	1,71	15
BRQ03	09.11.2015	12:18	Brno	12:20	Brno	2,20	1,23	33
BRQ03	09.11.2015	12:25	Brno	12:30	Brno	4,85	2,39	29

Tab. 11: Příklad formátu zpracovávaných dat

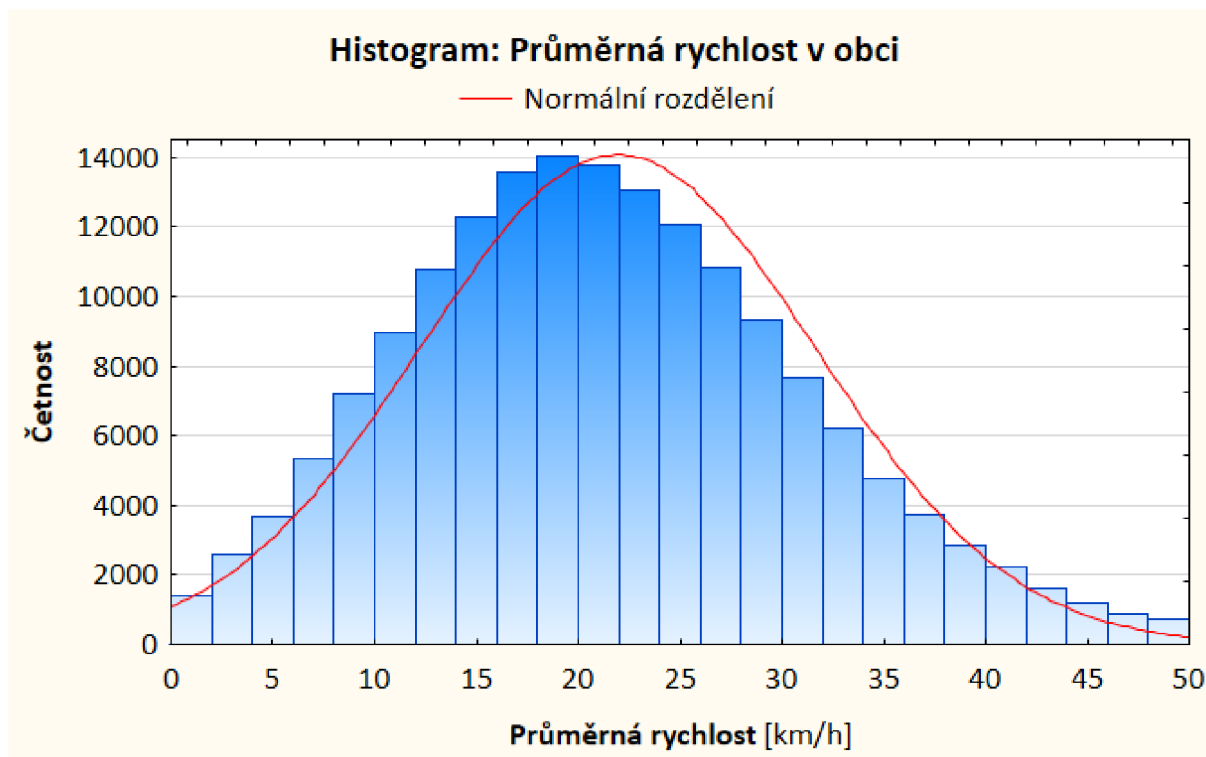
Po protřídění bylo k dispozici 170 882 řádků s údaji o pohybu v obcích a 74 990 řádků pohybu mimo obce oproti původním 360 tisícům. Došlo tedy k odstranění více než sta tisíc řádků, což ukazuje na důležitost kroku třídění z hlediska přesnosti výsledné analýzy.

<sup>15</sup>Společnost ani datové sady nebudou zveřejněny.



## 5.2 Analýza průměrných rychlostí

Pomocí statistického softwaru STATISTICA [42] byl vypracován histogram průměrných rychlostí. Z grafu (obr. 20) je zřejmé, že histogram připomíná svým charakterem normální rozdělení.



Obr. 20: Histogram rychlostí v obci

### 5.2.1 Kolmogorovův-Smirnovův test normality

Softwarem byl pro provoz v obci i mimo obec proveden Kolmogorovův-Smirnovův test (K-S test) normality (tab. 12), který testuje tvar rozdělení naměřené veličiny vůči vybrané teoretické funkci, tedy rozdělení normálnímu.

Získanou hodnotu do K-S testu vyhodnocujeme následujícím způsobem: „*Nulovou hypotézu zamítáme na hladině významnosti  $\alpha$ , když  $D_n \geq D_n(\alpha)$ , kde  $D_n(\alpha)$  je tabelovaná kritická hodnota. Pro  $n \geq 30$  lze  $D_n(\alpha)$  aproximovat výrazem:*

$$\sqrt{\frac{1}{2n} \ln\left(\frac{2}{\alpha}\right)}, \quad [43] \text{ kde} \quad (1)$$

$\alpha$  je hladina významnosti,

$n$  je počet pozorování.

Vztah pro výpočet testové statistiky  $D_n$  je následující:

$$D_n = \sup_{-\infty < x < \infty} |F_n(x) - \phi_T(x)|, \quad [43] \text{ kde} \quad (2)$$

$F_n(x)$  označuje výběrovou distribuční funkci,  $\phi_T(x)$  distribuční funkci normálního rozdělení.

Výsledkem výpočtu jsou tyto hodnoty prezentované v tab. 12.

	n	$\alpha$	$D_n$	$D_n(\alpha)$	$D_n \geq D_n(\alpha)$
<b>Město</b>	170883	0,05	0,04646	0,0032854	ano
<b>Mimo město</b>	74990	0,05	0,02542	0,0049594	ano

Tab. 12: Výsledek K-S testu provozu v obci a mimo obec

V případě městského i mimoměstského provozu tedy zamítáme hypotézu o normálním rozdělení.

Analogickým postupem byl vyhodnocený i provoz ve vybraných obcích, které byly v datech zastoupeny relevantním množstvím údajů (tab. 13). Byl proveden K-S test normality při  $\alpha = 0,05$ .

Obec	n	$D_n$	$D_n(\alpha)$	$D_n \geq D_n(\alpha)$
<b>Brno</b>	41 698	0,06183	0,00665	ano
<b>Olomouc</b>	32 463	0,03218	0,00754	ano
<b>Zlín</b>	16 231	0,05230	0,01066	ano
<b>Jihlava</b>	1 654	0,64280	0,03339	ano
<b>Přerov</b>	3 170	0,05209	0,02412	ano
<b>Znojmo</b>	2 426	0,03807	0,02757	ano
<b>Kroměříž</b>	1 869	0,06221	0,03141	ano
<b>Šumperk</b>	2 710	0,04088	0,02609	ano
<b>Krnov</b>	1 332	0,03816	0,03721	ano
<b>Havlíčkův Brod</b>	319	0,09154	0,07604	ano
<b>Bruntál</b>	464	0,10617	0,06305	ano
<b>Uherský Brod</b>	1 000	0,07975	0,04295	ano
<b>Rožnov pod Radhoštěm</b>	3 508	0,03755	0,02293	ano
<b>Zábřeh</b>	260	0,08253	0,08423	ne
<b>Holešov</b>	521	0,03695	0,05950	ne

Tab. 13: K-S test normality pro vybrané obce

Ve většině případů byla hypotéza o normalitě zamítnuta. Na hladině významnosti 0,05 nelze hypotézu o normalitě vyvrátit v případě obcí Zábřeh a Holešov.

## 5.2.2 Centrální limitní věta

Pro vyhodnocení středních hodnot průměrných rychlostí využijeme Centrální limitní věty v následujícím znění: „Podstatou centrální limitní věty (zkráceně CLV) je tvrzení, že náhodná veličina  $X$ , která vznikla jako součet velkého počtu vzájemně nezávislých náhodných veličin  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , má za velmi obecných podmínek přibližně normální rozdělení.“ [44]

V praxi tedy na základě CLV můžeme aplikovat intervalový odhad střední hodnoty  $\mu$  podle Studentova rozdělení.

Tvar intervalového odhadu Studentova rozdělení je:

$$\bar{X} - \frac{s}{\sqrt{n}} t_{1-\frac{\alpha}{2}} \leq \mu \leq \bar{X} + \frac{s}{\sqrt{n}} t_{1-\frac{\alpha}{2}}, \text{ kde} \quad (3)$$

$\bar{X}$  označuje průměr naměřených hodnot,  $s$  výběrovou směrodatnou odchylku,  $n$  počet pozorování,  $t_{1-\frac{\alpha}{2}}$  kritickou hodnotu Studentova t rozdělení na hladině významnosti  $\alpha$ ,  $\mu$  střední hodnotu.

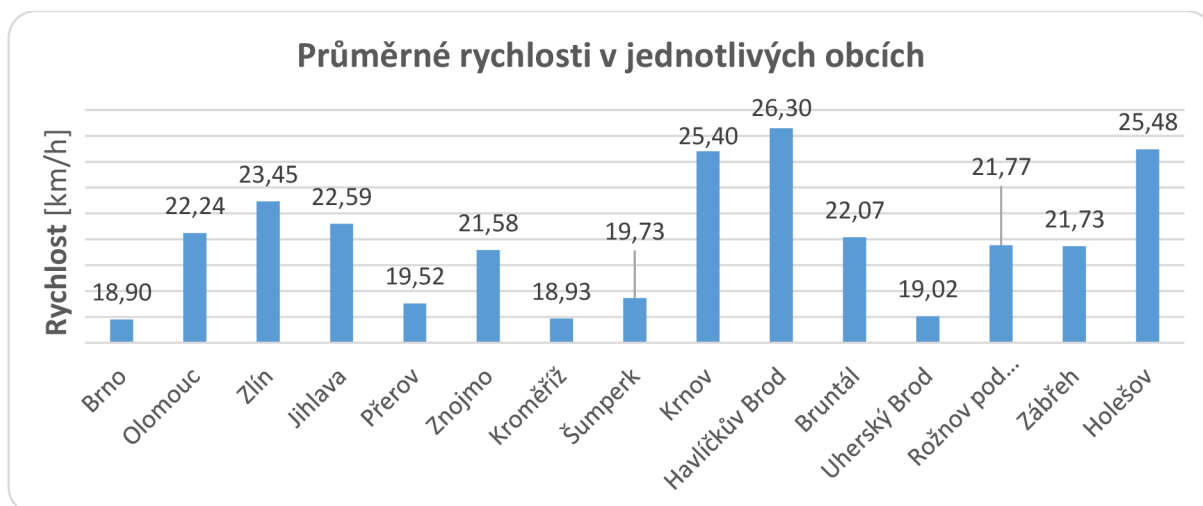
Bylo zjištěno, že střední hodnota na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  leží pro provoz v obci v intervalu  $\langle 21,87; 22,00 \rangle$  a pro mimoměstský provoz v intervalu  $\langle 41,73; 41,87 \rangle$ . Průměrná rychlost je pro provoz v obci rovna **21,94 km/h** a mimo obec **41,8 km/h**.

Intervalový odhad byl proveden i pro ujeté rychlosti a vzdálenosti v jednotlivých městech (tab. 14).

Obec	Počet obyvatel <sup>16</sup>	Minimum průměrné rychlosti [km/h] <sup>17</sup>	Maximum průměrné rychlosti [km/h] <sup>18</sup>	Průměr průměrné rychlosti [km/h]	Minimum ujeté vzdálenosti [km] <sup>17</sup>	Maximum ujeté vzdálenosti [km] <sup>18</sup>	Průměrná ujetá vzdálenost [km]
Brno	379 527	18,81	18,98	18,90	8,67	8,84	8,75
Olomouc	100 494	22,14	22,34	22,24	9,49	9,54	9,51
Zlín	74 947	23,32	23,59	23,45	8,92	9,03	8,98
Jihlava	50 724	22,12	23,07	22,59	9,68	10,02	9,85
Přerov	43 565	19,27	19,76	19,52	6,93	7,15	7,04
Znojmo	33 719	21,20	21,95	21,58	9,24	9,45	9,35
Kroměříž	28 897	18,59	19,28	18,93	7,56	7,77	7,67
Šumperk	26 151	19,45	20,01	19,73	7,34	7,49	7,42
Krnov	23 595	24,86	25,94	25,40	9,92	10,28	10,10
Havl. Brod	23 101	25,08	27,52	26,30	10,82	11,43	11,12
Bruntál	16 495	21,31	22,84	22,07	8,23	8,56	8,40
Uherský Brod	16 522	18,60	19,44	19,02	6,72	6,95	6,84
Rožnov p. R.	16 469	21,53	22,00	21,77	6,96	7,04	7,00
Zábřeh	13 666	20,83	22,63	21,73	7,16	7,68	7,42
Holešov	11 626	24,61	26,34	25,48	9,89	10,30	10,09

Tab. 14: Průměrné ujeté rychlosti a vzdálenosti ve vybraných obcích

Pro lepší ilustraci průměrných rychlostí byly výsledky analýzy znázorněny i pomocí sloupcového grafu (obr. 21). Je zřejmé, že průměrné rychlosti v jednotlivých obcích se liší. Nejvyšší průměrné rychlosti dosahovala vozidla v Havlíčkově Brodě, nejnižší v Brně.



Obr. 21: Průměrné rychlosti ve vybraných obcích

<sup>16</sup> Čerpáno z dat Českého statistického úřadu [51].

<sup>17</sup> Minimum intervalového odhadu.

<sup>18</sup> Maximum intervalového odhadu.

### 5.2.3 Spearmanův koeficient pořadové korelace

Dalším cílem je zjistit, zda ujetá vzdálenost koreluje s průměrnou rychlostí vozidel, případně nalézt v datech další korelace. Pro výpočet není možné použít Pearsonův korelační koeficient, který vyžaduje: „*Normální rozdělení obou náhodných proměnných  $X$  a  $Y$  (tzv. dvounormální rozdělení)*“, [45] neboť rozdělení četností ujetých vzdáleností ani vzdáleně normální rozdělení nepřipomíná (příloha 4).

Využijeme proto softwaru STATISTICA k výpočtu Spearmanova koeficientu pořadové korelace: „*Jde o neparametrickou metodu, která využívá při výpočtu pořadí hodnot sledovaných veličin, nevyžaduje tedy normalitu dat. Výhodou je, že lze tuto metodu použít pro popis jakékoliv závislosti – lineární i nelineární. Spearmanův korelační koeficient, jehož teoretickou hodnotu značíme „ $r_{Sp}$ “, používáme nejčastěji pro měření síly vztahu u takových veličin, kdy nemůžeme předpokládat linearitu očekávaného vztahu nebo normální rozdělení sledovaných proměnných  $X$  a  $Y$ .*“ [46]

Dle analýzy je Spearmanův koeficient  $r_{Sp}$  pro vztah průměrné **ujeté vzdálenosti** a **celkové průměrné rychlosti** ve městě roven **0,74**. Jedná se o poměrně vysokou hodnotu,<sup>19</sup> mezi veličinami tedy existuje jistý korelační vztah. Pravděpodobným zdůvodněním je, že při vyšší ujeté vzdálenosti je pro vozidla výhodné se napojit na větší komunikace oddělené od pěšího provozu. Jedná se o silnice s menším množstvím semaforů, křižovatek a nutnosti zastavit vozidlo, průměrná rychlost tedy roste.

Další statisticky významná korelace nebyla nalezena. Vliv velikosti (počtu obyvatel) obce na průměrnou rychlost nebyl prokázán. Zřejmě hrají podstatnější roli faktory jako urbanistická struktura, či terén a dopravní omezení v obytných částech obcí.

---

<sup>19</sup> Vzhledem k přímé korelaci, kdy  $r_{Sp}=1$ . Čím blíže je výsledek analýzy nule, tím méně je korelační závislost významná; čím blíže je hodnotě jedna, tím je naopak významnější.

## 6 Analýza dopravních cen

Pro analýzu dopravních cen bylo třeba vyhodnotit ekonomické parametry vozidel a vyčíslit jejich fixní a variabilní náklady (tab. 15). Fixní náklady jsou náklady tzv. odpisové, tedy náklady, které je nutné zaplatit za automobil i za předpokladu, že není v provozu. Variabilní náklady jsou provozní náklady a byly vyhodnoceny na základě 1 km.

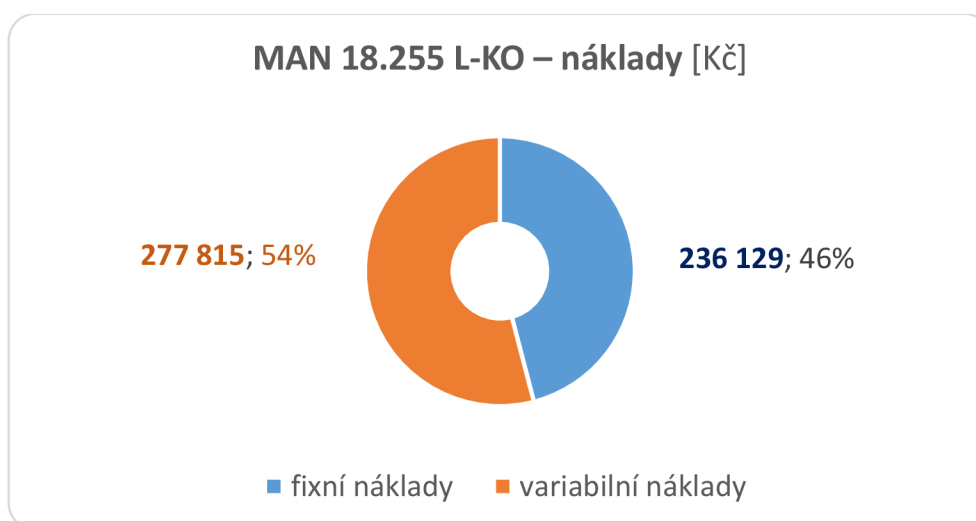
Pro odhad nákladů bylo vycházeno z několika zdrojů. Prvním byly údaje o nákladech čtyř KUKA vozů používaných svozovou společností v jednom okresním městě. Jednotlivé položky několikaletého provozu bylo třeba roztřídit na **fixní** a **variabilní náklady**. Jako kategorie fixních nákladů, tedy nákladů nezávislých na ujeté vzdálenosti, byly vybrány následující položky:

- pořizovací hodnota,
- mzdy,
- pojistné,
- technické prohlídky,
- opravy (servis),
- náhradní díly (výbava),
- žárovky,
- kapaliny
- a ostatní.

K variabilním nákladům, tzn. nákladům závislým na ujeté vzdálenosti, patří:

- pohonné hmoty,
- aditiva,
- mýtné,
- olej,
- pneumatiky
- a služby.

Pro budoucí výpočty byly hlavním zdrojem především náklady fixní. Obr. 22 znázorňuje vztah fixních a variabilních nákladů pro dvounápravové svozové vozidlo. Podrobnější grafy jsou dostupné v příloze 5.



Obr. 22: Poměr fixních a variabilních nákladů pro dvounápravové vozidlo MAN

Dalším zdrojem relevantních informací byly konzultace s odborníkem z oboru dispečinku a spedice. Třetím, velmi podstatným zdrojem, byla data z průzkumu internetových obchodů a autobazarů<sup>20</sup>.

Taktéž byly poptány pořizovací ceny všech malých a středních vozidel. Výrobci a prodejci na poptávku nereagovali, případně data odmítli poskytnout z důvodu obchodního tajemství. Bylo tedy nutné přistoupit ke kvalifikovanému odhadu, který byl založen na dostupných údajích o pořizovacích cenách KUKA vozů, na analýze bazarů a odhadu pomocí roční ztráty hodnoty a odborných konzultacích. Po průzkumu trhu bylo dosaženo následujících nákladů:

Typ vozidla	Způsob nakládky	Typ zařízení	Požizovací cena [Kč]	Fixní náklady [Kč/rok]	Variabilní náklady [Kč/km]
MULTICAR M30 Fumo	naložení kontejneru	sklápěcí kontejner	930 000	588 250	10,50
IVECO Daily	hydraulický vyklápěč	Farid Micro L	2 032 175	1 014 022	10,43
RENAULT Mascott 160.65	naložení kontejneru	kontejner Abroll	930 000	588 250	13,98
MB Atego 1224 K	naložení kontejneru	-	1 500 000	719 500	24,00
MAN 18.255 L-KO	hydraulický vyklápěč	HALLER X2 M15	2 657 000	1 440 175	33,98
MB Axor 2528	hydraulický vyklápěč	FAUN Rotopress 522	2 000 000	1 358 000	31,86
MB Actros 2532	hydraulický vyklápěč	FAUN Variopress 524	2 000 000	1 358 000	31,98

Tab. 15: Náklady na vytipovaná vozidla

Hodnoty byly použity jako vstupní parametry analýz. Detailnější vyčíslení nákladů použitých jako vstup je k dispozici v příloze 6.

Vstupní data pro náklady u vozidel velkých rozměrů<sup>21</sup> byla vyhodnocena odlišně, byla použita interní data z Ústavu procesního inženýrství.

## 6.1 Softwarová aplikace WTP

K analýze nákladů byl využit nástroj WTP (Waste Transport Prices<sup>22</sup>) vyvíjený na Ústavu procesního inženýrství [47]. Software umožňuje výpočet dopravní ceny v oblasti komplexních dopravních řetězců, respektive pouze vybraný článek řetězce. Systém zohledňuje podstatné parametry, kterými jsou kapacita automobilu, ekonomika, či jiné klíčové parametry spojené s fungováním a provozem.

Výstupem analýzy (obr. 23) byly pro každé vozidlo celkové **náklady na provoz** v jednotkách Kč/km.t a Kč/t. Dalšími výstupními parametry byla **vytíženost**, která označuje teoretickou minimální vytíženost vozidla na základě přepravovaného množství a ujeté vzdálenosti. Poslední sloupec „vozový park“ určuje **počet vozidel**, který je nutný pro obsluhu dané cesty při zadaném nákladu, trase a povolené délce pracovní doby.

<sup>20</sup> Především se jednalo o bazary Autoline [34] a Automarket [50].

<sup>21</sup> Vozidlo DAF XF105 s návěsem Schmitz Cargobull SCF 24 G i s návěsem Legras Walkingfloor.

<sup>22</sup> V překladu „ceny přepravy odpadu“.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2	<i>MAN 18.255 L-KO</i>					<i>Multicar M30 Fumo</i>				
3	<b>kapacita</b>	<b>vzdalenost</b>	<b>Cena</b>	<b>Cena</b>	<b>Vytiženost</b>	<b>Vozový park</b>	<b>Cena</b>	<b>Cena</b>	<b>Vytiženost</b>	<b>Vozový park</b>
4	t/rok	km - tam i zpět	Kč/km.t	Kč/t	%/rok	ks	Kč/km.t	Kč/t	%/rok	ks
5	1 000	1	716,5003	1433,0006	0,029230769	1	304,625	609,25	0,15224359	1
6	1 000	2	361,4565	1445,8262	0,035384615	1	157,5625	630,25	0,184294872	1
7	1 000	3	243,1086	1458,6518	0,041538462	1	108,5417	651,25	0,216346154	1
8	1 000	4	183,9347	1471,4774	0,047692308	1	84,0312	672,25	0,248397436	1
9	1 000	5	148,4303	1484,303	0,053846154	1	69,325	693,25	0,280448718	1
10	1 000	6	124,7607	1497,1286	0,06	1	59,5208	714,25	0,3125	1
11	1 000	7	107,8539	1509,9542	0,066153846	1	52,5179	735,25	0,344551282	1
12	1 000	8	95,1737	1522,7798	0,072307692	1	47,2656	756,25	0,376602564	1
13	1 000	9	85,3114	1535,6054	0,078461538	1	43,1806	777,25	0,408653846	1
14	1 000	10	77,4215	1548,431	0,084615385	1	39,9125	798,25	0,440705128	1
15	1 000	11	70,9662	1561,2566	0,090769231	1	37,2386	819,25	0,47275641	1
16	1 000	12	65,5868	1574,0822	0,096923077	1	35,0104	840,25	0,504807692	1
17	1 000	13	61,0349	1586,9078	0,103076923	1	33,125	861,25	0,536858974	1

Obr. 23: Výstup krokově generovaných výpočtů pomocí nástroje WTP

## 6.2 Analýza výstupních cen

Cenová analýza byla krokově generovaná (po 1 kt) pro kapacitu od 1 kt do 100 kt za rok odstupňovaných po tisících a pro ujetou vzdálenost svozové trasy 1-30 km (tzn. maximální cyklus je dlouhý 60 km) odstupňovanou po jednotkách kilometrů. Každá analýza byly provedena pro výše popsané svozové automobily – celkově došlo k vyčíslení devíti automobilů. Výsledky byly poskytnuty pro čtyři průměrné rychlosti: 10; 21,9; 30 a 41,8 km/h, tj. z analýzy získaná rychlost v obci, mimo obec a další dvě rychlosti tak, aby byly přibližně v intervalu 10 km/h. Pro posuzování **svozové techniky** byly vybrány rychlosti **10** a **21,9** km/h, protože se technika pohybuje především v obcích.

U **odvozové techniky**, u které převládá dálniční provoz, byly zvoleny vyšší rychlosti, a to **41,8** a **60** km/h. Kapacita byla analogicky krokově odstupňovaná, tentokrát po 2,5 kt v rozsahu 2,5-100 kt, odvozové trasy byly vybrány 2-450 km.

Nejprve byly srovnány náklady na jednotlivá vozidla pomocí 3D grafů vytvořených v softwaru STATISTICA. Trojdimenzionální grafy zobrazují závislost celkových nákladů na kilometr na kapacitě (hmotnosti odpadu převezeného za rok) a vzdálenosti, kterou vozidlo ujede v jednom cyklu.

Druhým typem prováděné analýzy bylo vyobrazení závislosti nákladů na ujeté vzdálenosti pro vybrané kapacity (tzn. řezy 3D grafy ve vybraných bodech).

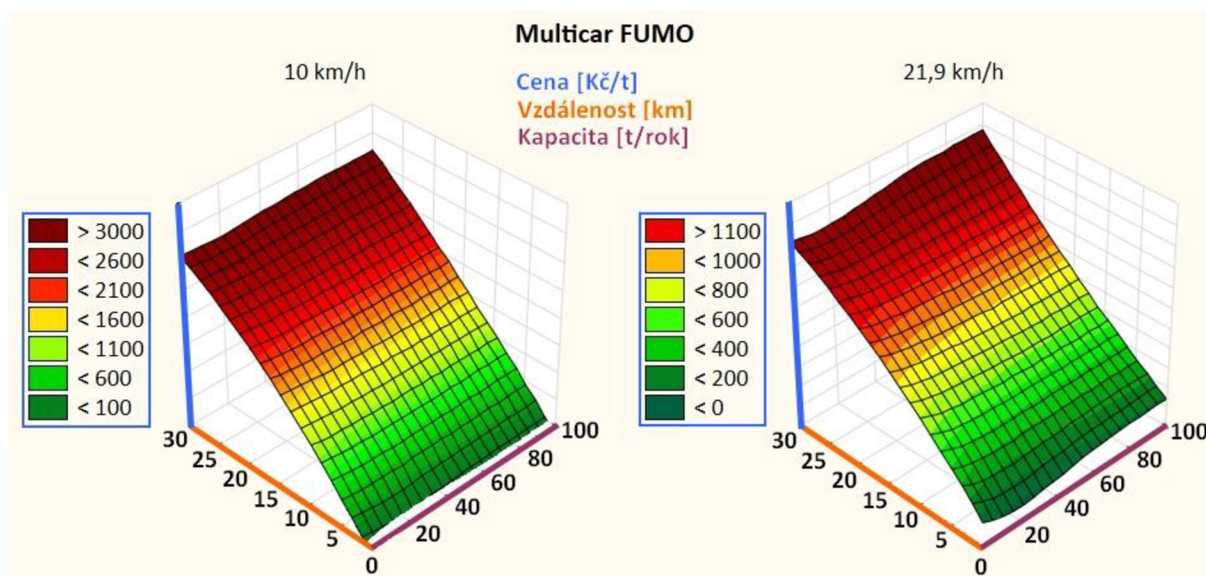
### 6.2.1 Malá svozová technika – nákladnost provozu

V kategorii malých vozidel byla posuzována trojice vozidel (tab. 16).

Typ vozidla		MULTICAR M30 Fumo	IVECO Daily	RENAULT Mascott 160.65
Objem kontejneru	[m <sup>3</sup> ]	5	5	5,7
Hmotnost odpadu	[t]	1	1,5	1,14

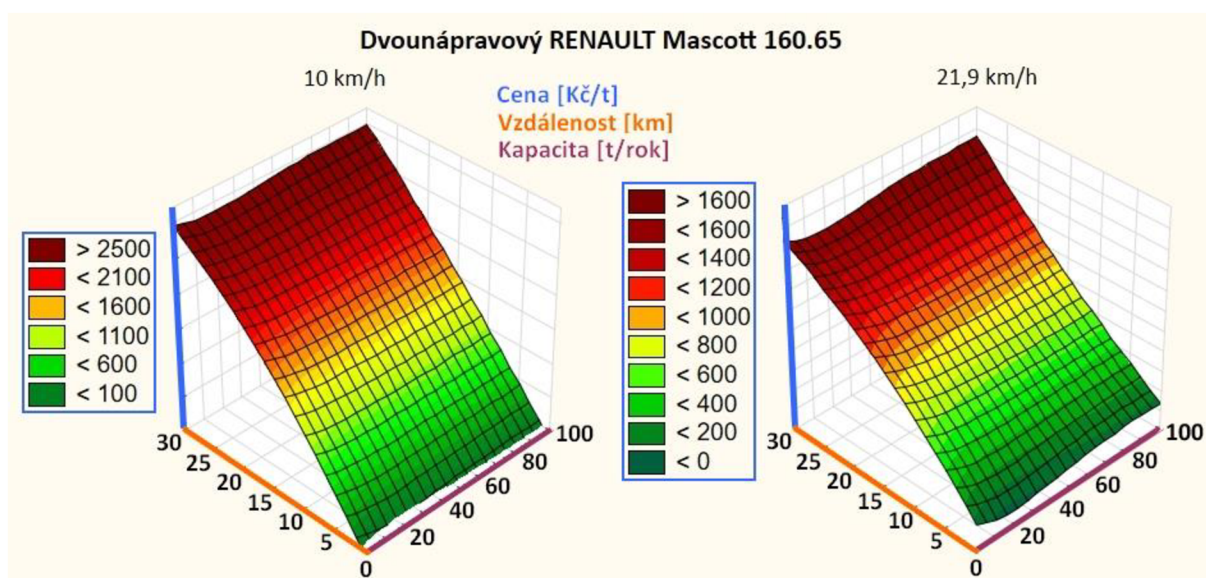
Tab. 16: Rekapitulace malé svozové techniky

Nákladnost provozu vozidel RENAULT Mascott (obr. 24) a MULTICAR Fumo (obr. 25) vykazuje podobný trend i hodnoty ve velké části posuzovaných kapacit a vzdáleností. Výsledek koresponduje s podobnými charakteristikami vozidel.



Obr. 24: Multicar Fumo – náklady

Maximální hodnota nákladů, které vozidlo Multicar při rychlosti 10 km/h dosahuje, je 2 983 Kč/t, při rychlosti 21,9 km/h jsou nejvyšší náklady 1 806 Kč/t.

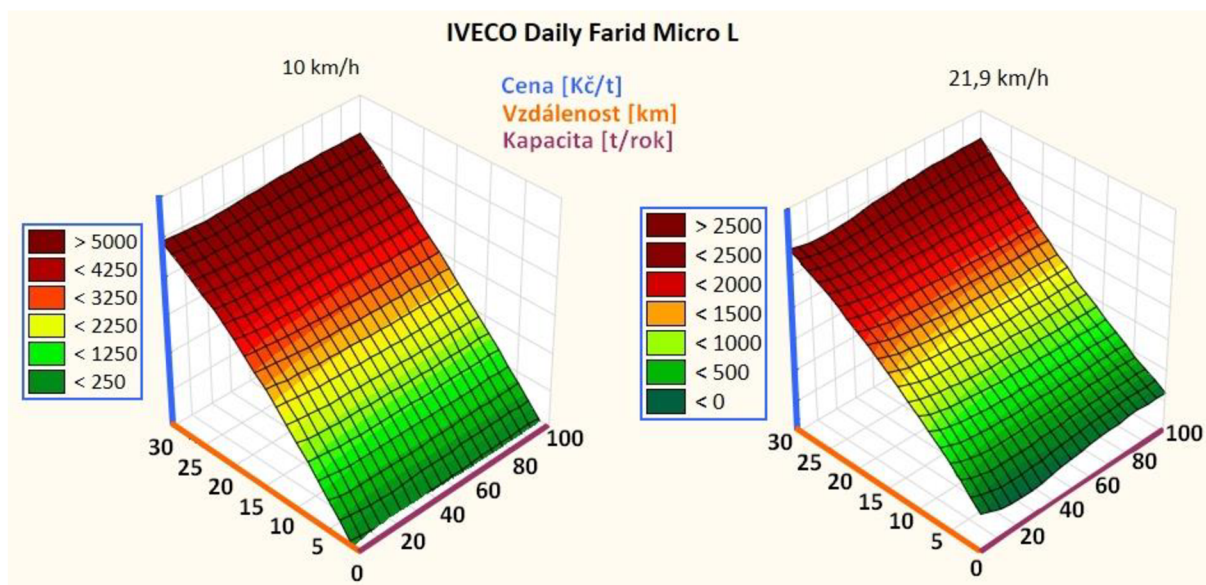


Obr. 25: Renault Mascott – náklady

Nejvyšší náklady, kterých vozidlo Renault při rychlosti 10 km/h dosahuje, je 3 089 Kč/t, při rychlosti 21,9 km/h jsou maximální náklady 1 912 Kč/t. Obě auta dosahují maximálních nákladů při nízkých přepravních kapacitách, kdy nejsou využívána adekvátně svému potenciálu.

Jednoznačně **nejnákladněji** vychází provoz vozidla IVECO Daily (obr. 26) Nejvyšší náklady jsou 4 862 Kč/t, což je zapříčiněné vyšší pořizovací cenou i servisními náklady. Rozdíl není vykompenzován ani tím, že vozidlo je jako jediné v této kategorii vybaveno lineárním lisem a převeze potenciálně větší množství odpadu.





Obr. 26: Iveco Daily – náklady

U malých svozových systémů je trend růstu nákladů poměrně rovnoměrný, parametr kapacity nemá velký vliv na růst, či pokles nákladů, pokud se nepohybujeme v okrajových (především nízkých) hodnotách. Zvýšení přepravní rychlosti má zásadní pozitivní vliv na pokles nákladů. Je to zapříčiněno tím, že při vyšších rychlostech je možné přepravit více odpadů, případně zbývá více času na alternativní využití vozu.

Další společnou charakteristikou všech vozidel je, že **při vyšších ujetých vzdálenostech náklady výrazně rostou**, což je způsobeno nízkou svozovou rychlostí. Tento jev lze zdůvodnit nižší kapacitou vozidel, která se používají pro obsluhu špatně přístupných lokací. Malá vozidla je tedy vhodné využívat pouze v případě obsluhy velmi krátkých tras, anebo v případě nutnosti, tj. v místech, kde větší vozidla neprojedou nebo je potřeba obsloužit velmi malé nádoby. Také je žádoucí a ekonomicky efektivní do řetězce včas zařadit článek překládky. K výsypu do větších vozidel jsou dobře uzpůsobena vozidla s nástavbami Farid Micro. Snadnost obsluhy ale pravděpodobně nevykompenzuje zvýšené náklady oproti druhým vytipovaným vozidlům.

## 6.2.2 Střední a velká svozová technika – nákladnost provozu

Mezi střední a velká vozidla byla vybrána čtveřice vozidel (tab. 17).

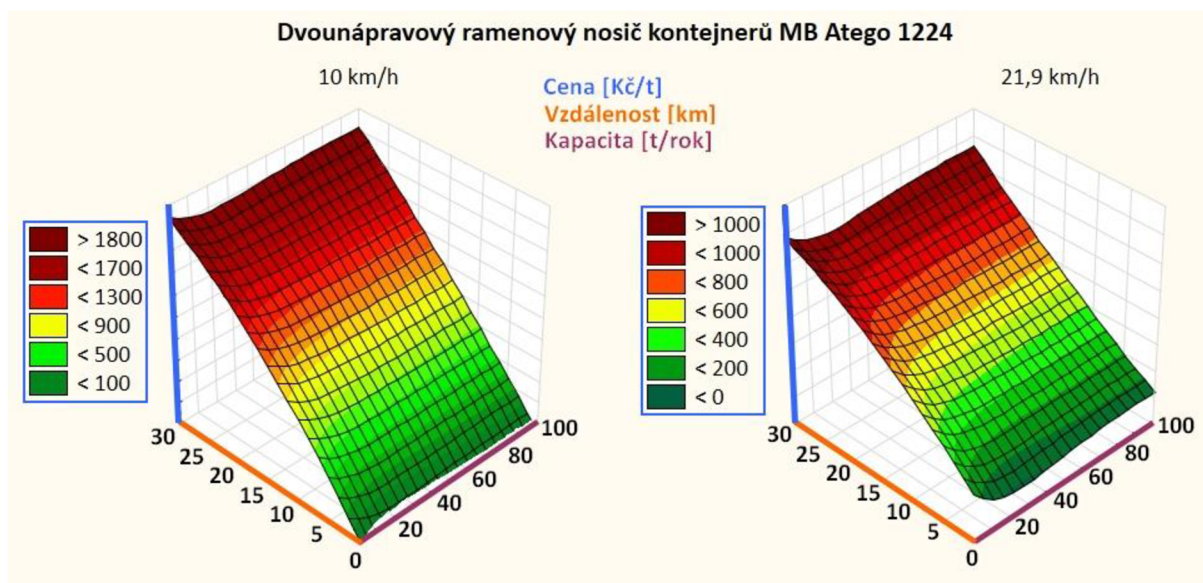
Typ vozidla	MB Atego 1224	MAN 18.255 L-KO	MB Axor 2528	MB Actros 2532
Objem kontejneru [m <sup>3</sup> ]	10	16	22	24
Hmotnost odpadu [t]	2,5	6,58	9,9	10,8

Tab. 17: Rekapitulace střední a velké svozové techniky

U čtveřice středně velkých vozidel jsou výsledky více různorodé nežli u vozidel malých.

Ač ramenný nosič kontejnerů MB Atego (obr. 27) svými rozměry a hmotností patří jednoznačně do kategorie vozidel středně velkých, kapacita vanového kontejneru jej řadí spíše mezi vozidla malých rozměrů. Oproti malým svozovým systémům je zřejmý méně patrný rozdíl nákladů při zvýšení rychlosti<sup>23</sup>. Náklady výrazně vzrostou při delší vzdálenosti než u malých vozidel, celkový vzhled grafu je však velmi podobný na trojici předešlých vozidel.

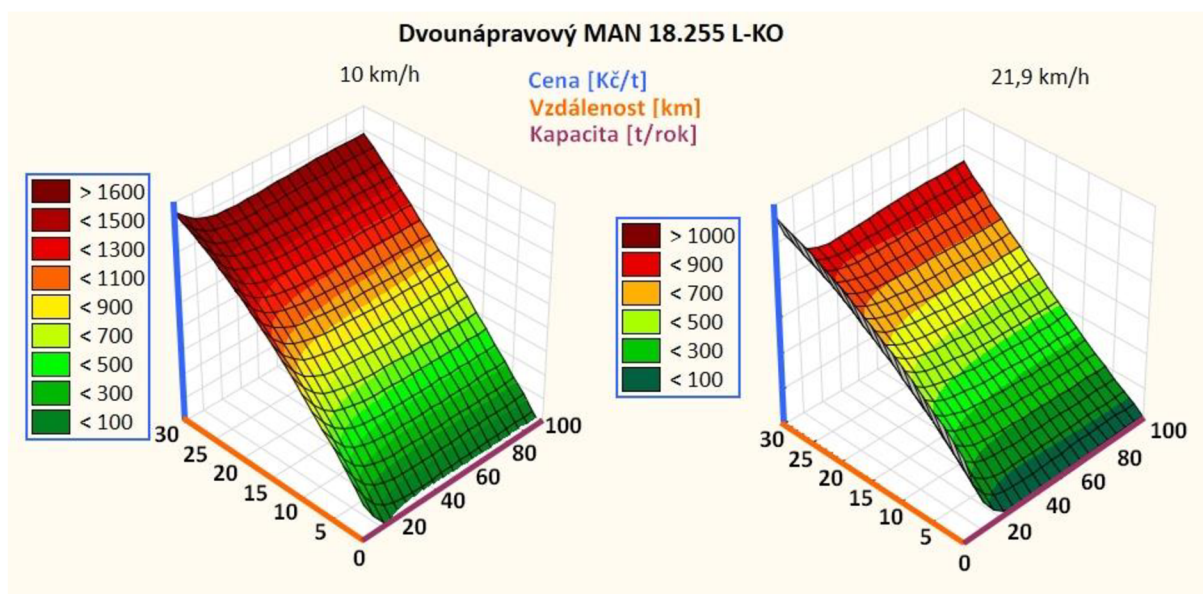
<sup>23</sup> Maximální náklady při rychlosti 10 km/h jsou 2015 Kč/t a při rychlosti 21,9 km/h 1295 Kč/t.



*Obr. 27: MB Atego – náklady*

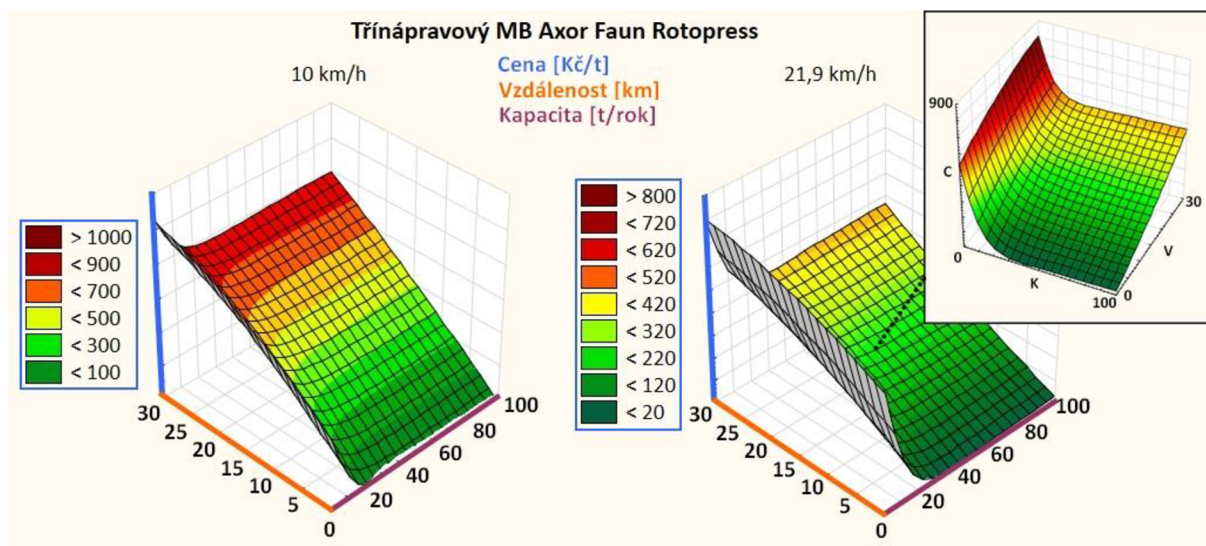
Charakteristika zbývajících tří vozidel vybavených lisovacím systémem se od malých vozidel výrazně liší. U všech je zřejmý strmý pokles nákladů při zvyšování hmotnosti přepravovaného odpadu – do určitého bodu zlomu, po němž následuje ustálení. Příčinou je nedostatečná vytíženost vozidel při přepravě nízkých kapacit.

V případě druhého dvounápravového vozidla MAN 18.255 L-KO (obr. 28) se již charakter grafu mění a je zřejmé, že pro ekonomicky výhodný provoz je nutné dosáhnout jisté minimální přepravované kapacity. Při nízkých objemech náklady rostou. I zde má zvýšení rychlosti výrazný vliv na snížení nákladů, ale není už tak zásadní jako u malých vozidel.



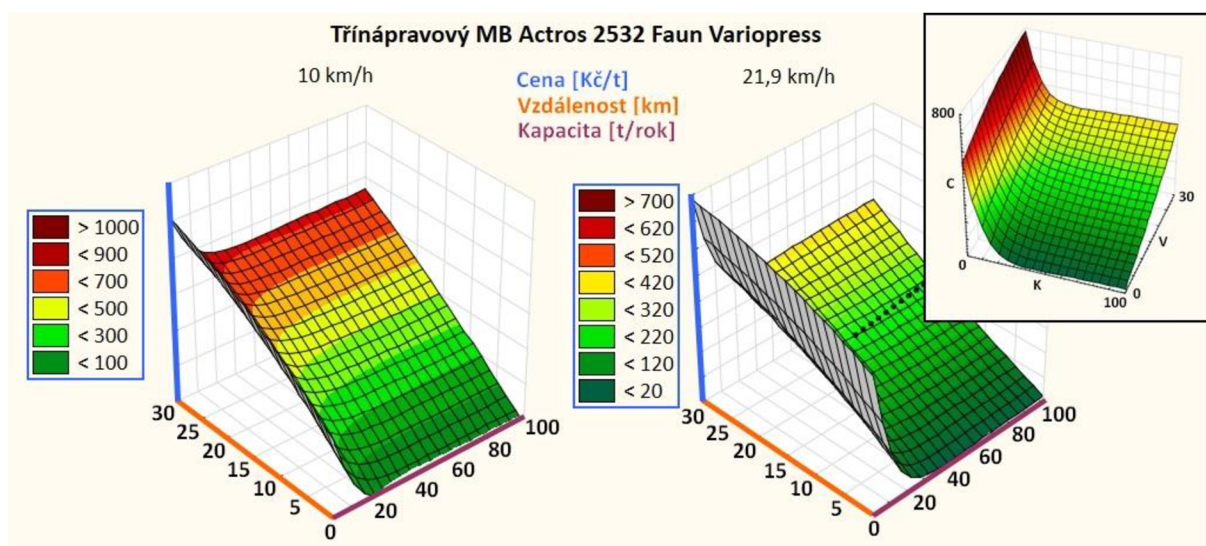
*Obr. 28: MAN 18.225 L-KO – náklady*

Vliv přepravované kapacity je ještě významnější u dvojice třínápravových vozů (obr. 29, obr. 30). Při městské rychlosti 21,9 km/h náklady pod zlomovou kapacitou dosahují i více než dvojnásobku hodnot po dosažení bodu zlomu (ten se v obou případech pohybuje kolem 30 kt).



Obr. 29: MB Axor – náklady

Lze říct, že grafy provozu jak vozidla s rotačním systémem lisování (Rotopress), tak se systémem lineárního lisování si jsou velmi podobné a v extrémních hodnotách se liší zanedbatelně. Provoz vozidla MB Axor je celkově nepatrně nákladnější.



Obr. 30: MB Actros – náklady

Náklady na třínápravová auta jsou obecně nižší, než na dvounápravová. Pravděpodobným vysvětlením jsou jejich vyšší užité hmotnosti. Díky nim lze dosáhnout vyšších kapacit při vstupních nákladech, které se oproti dvounápravovým vozům zásadně neliší.

Z výše uvedeného vyplývá, že jako výhodnější varianta vychází volba vozidel s většími kapacitami. Pokud jsou využívána pro přepravu 30 000 tun a více odpadu ročně, náklady jsou jednoznačně nejnižší, pohybují se v řádech stovek korun. U velmi nízkých vzdáleností (přibližně do 3 km) lze dosáhnout nákladů kolem 100 Kč/t, při krajně vysokých vzdálenostech (kolem 30 km) se náklady na tunu blíží tisícikoruně.

## 6.2.3 Velké odvozové systémy – nákladnost provozu

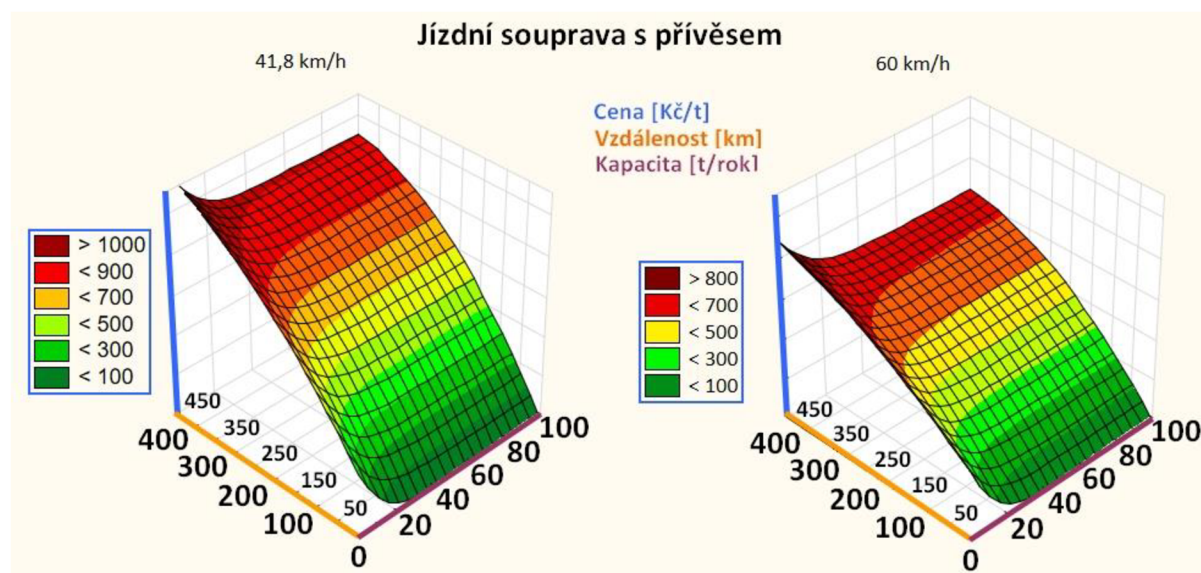
Specifickou kategorií, u které byl rozsah vyhodnocovaných hodnot odlišný (popsáno v kap. 4.6.3, rozsah kapacit 2,5-100 kt, vzdáleností 2-450 km) jsou systémy odvozové. Jejich kapacitní charakteristiky popisuje tab. 18.

Typ vozidla	Jízdní souprava s přívěsem	Tahač s návěsem Legras Walkingfloor
Objem kontejneru [m <sup>3</sup> ]	2 x 30	90
Hmotnost odpadu [t]	24	18

Tab. 18: Velké odvozové systémy – rekapitulace

Jízdní souprava s přívěsem je určena pro přepravu lisovaného odpadu, tahač se systémem Walkingfloor pro odpad nelisovaný.

Analýza ukázala, že při vyšší rychlosti je nákladnost provozu soupravy s návěsem a přívěsem (obr. 31) nižší.

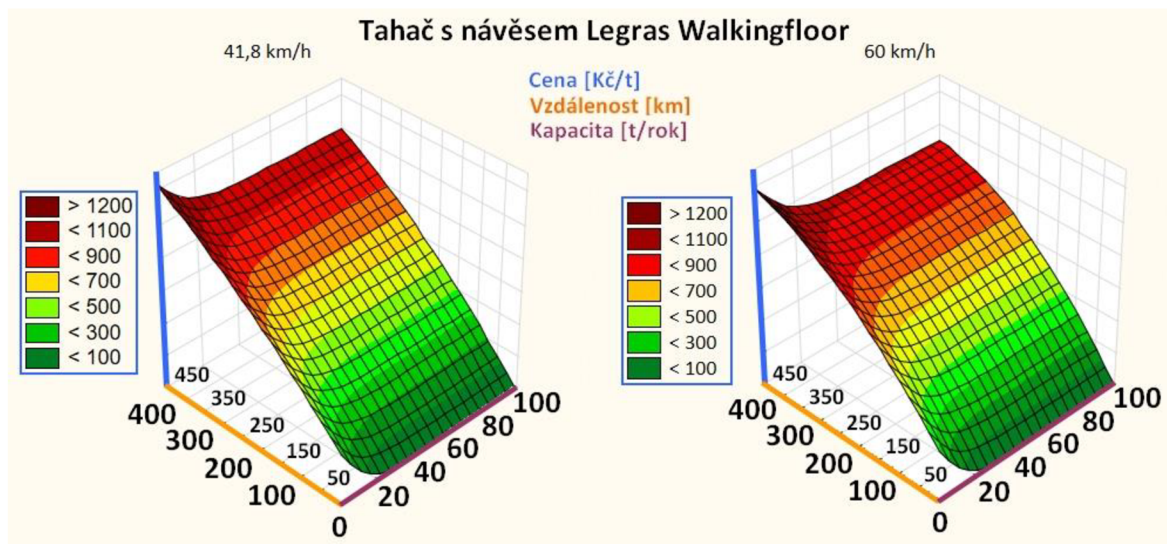


Obr. 31: Tahač s návěsem a přívěsem – náklady

I v případě použití nástavby Walkingfloor (obr. 32) dochází k poklesu nákladů při vyšší průměrné rychlosti, avšak rozdíl je méně znatelný, než u první soupravy. Provoz systému Walkingfloor je mírně nákladnější. Příčinou je menší hustota odpadu v něm převážena – je určena na nelisovaný odpad. Ve volbě první či druhé varianty odvozového systému hraje hlavní roli typ odpadu a s ním spojený komfort naložení na vozidlo.

Náklady na velké odvozové systémy jsou díky vysokým kapacitám při srovnatelných vzdálenostech výrazně nižší, než u vozidel svozových (např. při vzdálenosti 30 km mnohdy nižší než 100 Kč/t). Opět platí, že je nutné dosáhnout určité minimální kapacity, aby nákladovost byla ustálenější. Pozitivní vliv na pokles ceny má i větší odvozová vzdálenost. V případě velmi dlouhých vzdáleností však nelze kalkulovat pouze s cenou přepravy. V potaz je třeba vzít např. i environmentální dopad a časové hledisko.

Je vidět, že na delších trasách je vždy na místě do řetězce začlenit překládku. Samozřejmě je nutné uvažovat i náklady spojené s provozem překládací stanice.



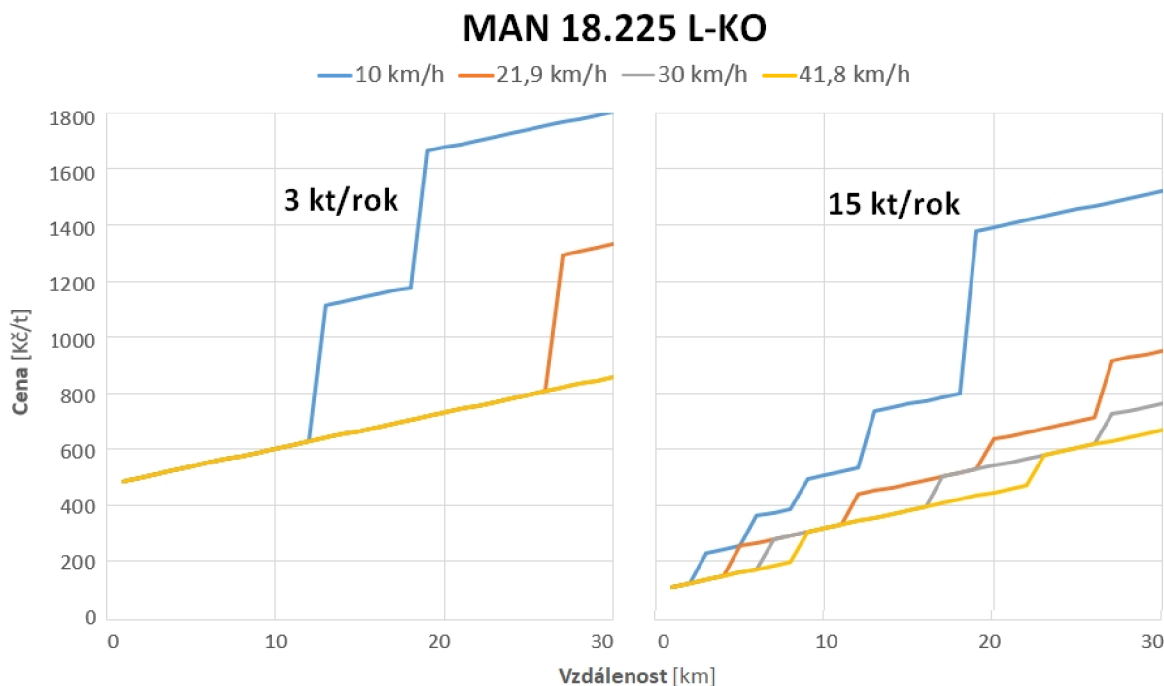
Obr. 32: Tahač s návěsem Legras Walkingfloor – náklady

### 6.3 Porovnání vybraných kapacit svozového vozidla

Dalším krokem bylo vytipování několika kapacit a porovnání nákladů na jednotlivá vozidla při všech vyhodnocovaných rychlostech. Z důvodu obsáhlosti dat i přímé souvislosti s předchozím typem bude analýza ilustrována pouze na vozidle **MAN 18.255 L-KO** (dvounápravový KUKA vůz).

Pro pokrytí různorodých situací byly pro graf vybrány kapacity 3, 15, 30 a 40 kt.

Graf (obr. 33) ukazuje, že náklady při nízké (3 kt) roční kapacitě náklady pro většinu rychlostí splývají<sup>24</sup> a rychlosti nemají na náklady téměř žádný vliv. Klíčovým parametrem je přepravované množství odpadu. Průběh je prakticky lineární.

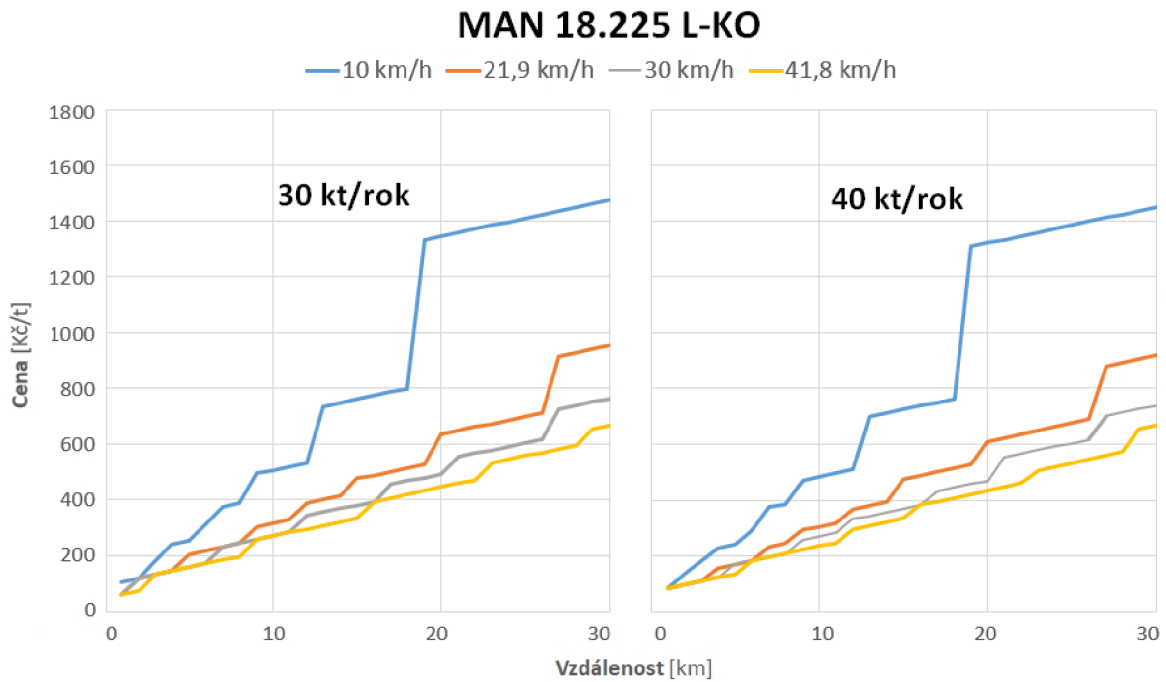


Obr. 33: MAN 18.255 L-KO, náklady při vybraných kapacitách

<sup>24</sup> Při rychlosti 30 a 41,8 km/h v grafu splývají zcela, hodnoty z WTP jsou pro všechny vzdálenosti shodné.

Skokové změny nákladů nastávají ve chvíli, kdy je nutné rozšířit vozový park na základě obslužné trasy a přepravované kapacity, tzn. kdy není z časového hlediska již reálné svozovou trasu obsloužit daným počtem vozidel a je nutné rozšířit vozový park.

Oproti tomu při vyšších kapacitách, 15, 30, 40 a kt (obr. 33, obr. 34), je průběh nákladů v závislosti na ročním množství převezeného odpadu téměř stejný a na náklady má zásadní vliv pouze průměrná rychlost. Lze konstatovat, že velmi nízké rychlosti a malá vytíženost vozidla jsou z hlediska nákladů nevýhodné a je nutné relevantně využívat vozový park. Velmi důležité je zmínit, že svoz patří k nejnákladnějším parametrům v komplexním dopravní řetězci.



Obr. 34: MAN 18.255 L-KO, náklady při vybraných kapacitách

## 7 Srovnání nákladnosti pronájmu a koupě svozového vozidla

Kapitola se zabývá porovnáním nákladnosti pronájmu vozidla a jeho vlastnictví. Lze předpokládat, že koupě vozidla bude ve většině případů výhodnější. Aby autopůjčovny měly zisk, musí být jejich cenová politika nastavena výše. Přesto analýza potenciálně může, především v krajních hodnotách, poskytnout zajímavé výsledky a ilustrovat, jak velké jsou rozdíly nákladnosti při různých přepravních kapacitách a rychlostech.

### 7.1 Vyčíslení nákladů na pronájem vozidel

Ceny pronájmů byly stanoveny podle nabídky ročních nájmu společnosti Elkoplast (tab. 19) [48]. K jednotlivým nabízeným vozidlům byla vybrána vozidla s podobnými charakteristikami z kapitoly 4.6.

Pronajímané vozidlo <sup>25</sup>	Roční nájem s DPH [Kč]	Podobné vozidlo z kap. 4.6.2
IVECO Stralis, Schörling, vyklapěč Zoeller 22,5 m <sup>3</sup>	1 469 125	MB Actros 2532
IVECO Stralis, Schörling, vyklapěč Schneider 22,5 m <sup>3</sup>	1 469 125	
Renault Premium, Hüfferman, UVK 1124 21 m <sup>3</sup>	1 469 125	MB Axor 2528
MB Atego, Geesink 22 m <sup>3</sup>	1 469 125	
Iveco Eurocargo ML 100 E18/P, Eurogitano 10 m <sup>3</sup>	1 385 175	MB Atego 1224

Tab. 19: Roční náklady na pronajímaná vozidla

Náklady na pronájem byly převedeny do shodných jednotek s výstupy z analýz WTP. Toho bylo dosaženo vynásobením nákladů z analýzy WTP kapacitou, tedy převedením z jednotky Kč/t na Kč. Hodnota ročního nájmu byla vynásobena položkou „počet vozidel“, aby byly srovnávány ceny pro stejně velké vozové parky. K ceně nájmu byly připočteny režijní náklady, variabilní náklady a mzdy řidičů i obsluhy.

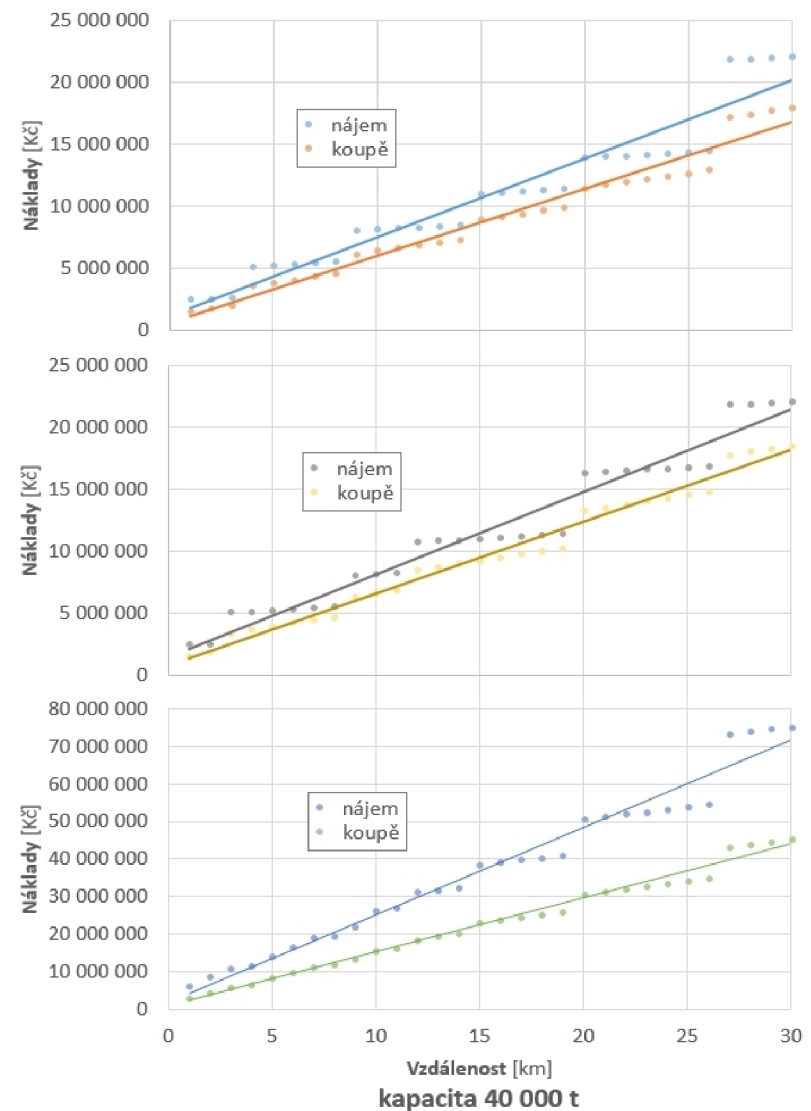
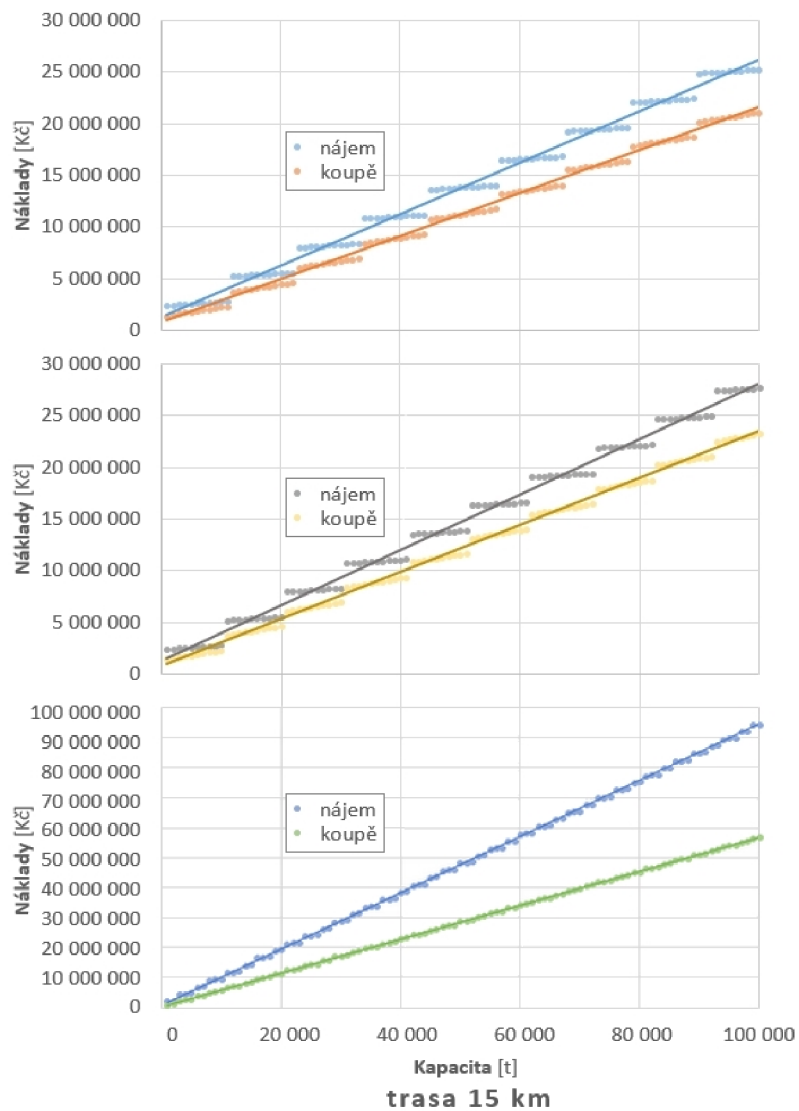
Náklady pro průměrnou městskou rychlost 21,9 km/h byly vyhodnoceny a srovnány pro všechna tři vozidla při zvolené svozové vzdálenosti 15 km a přepravní kapacitě 40 kt. Pro ilustraci výsledků v této kapitole byly zvolena vzdálenost **15 kilometrů** a kapacita **40 000 tun** (obr. 35).

Obecný trend je jednoznačný a shodný pro všechny svozové systémy. Podle modelu je při libovolné kapacitě i ujeté vzdálenosti nájem dražší než koupě vlastního vozidla. Spojnice trendu<sup>26</sup> se protínají vždy v záporných, tedy irelevantních hodnotách. Liší se jen míra úspory na základě směrnice přímk. Je zřejmé, že rozdíl cen nákupu a pronájmu vozidla je u obou vozidel se systémem lisování (Actros, Axor) podobný. V případě ramenového nosiče kontejnerů MB Atego je koupě mnohem výhodnější, než u KUKA vozidel. Kvůli jeho nižší kapacitě by bylo nutné pronajímat více aut<sup>27</sup>, než v případě lisovacích systémů, čímž je způsoben radikální růst nákladů a s každým dalším pronajatým vozidlem se rozdíl nákladnosti prohlubuje.

<sup>25</sup> Více informací o pronajímaných vozidlech je dostupných na stránkách společnosti Elkoplast [48].

<sup>26</sup> Charakter modelu je lineární. Průsečík spojnic trendu je místem, kdy se nájem stává ekonomicky výhodnějším, než je koupě vozidla.

<sup>27</sup> Nutnost pronájmů (i koupě) většího množství aut je ilustrována větším množstvím pomyslných schodů v grafu (obr. 34) než u dvojice KUKA vozů. Skokový nárůst nákladů nastává vždy při navýšení počtu vozidel.



Obr. 35: Srovnání nákladů na koupi a pronájem vozidel



## 8 Závěr

Předkládaná bakalářská práce na téma „Transportní systémy v odpadovém hospodářství“ měla vytyčeno několik cílů:

1. Provést základní rešerši systémů pro svoz a odvoz odpadu.
2. Stanovit fixní ceny jednotlivých systémů dle odborných publikací a komerčních provozovatelů.
3. Vyhodnotit dopravní systémy v závislosti na fixní ceně za dopravu.

Práci lze rozdělit do dvou hlavních částí, a to na část teoretickou a praktickou.

V **teoretické části** práce byl zpracován první cíl – základní pohled na odpadové hospodářství včetně legislativního rámce. Kap. 4 přináší obecný přehled o nakládání s odpadem, zaměřuje se na rozdělení způsobů svozu odpadu a typy odpadových nádob. Rozlišuje vozidla svozová, která obsluhují domácnosti, a vozidla odvozová, určená k přepravě většího množství odpadu z překládacích stanic. Zmiňuje se i o multimodální přepravě. Představuje vybraná malá a středně velká vozidla pro analýzy svozu odpadů a dvě vozidlové sestavy pro odvoz.

V **praktické části** byl zpracován druhý a třetí cíl práce.

Z rozsáhlého souboru dat byla analyzována průměrná rychlost vozidel v obci a mimo obec. V obci je její hodnota 21,94 km/h, vně obce 41,8 km/h (kap. 5.2).

Dále byly stanoveny vstupní ekonomické a technické parametry vybraných vozidel a určeny provozní náklady. Náklady byly vyhodnoceny na základě analyzované průměrné rychlosti pomocí nástroje WTP (kap. 6), díky kterému byla získána variabilní cena za dopravu. Byly analyzovány svozové i odvozové automobily. Menší svozová vozidla vycházejí v porovnání s častěji využívanými KUKA vozy nákladněji, a je vhodné je využívat jen v místech, kde vozidla větších rozměrů neprojedou. Byl prokázán zásadní negativní vliv nízké průměrné rychlosti na nákladnost provozu, a je proto důležité správně navrhnout trasy i časy průjezdu (svozové dny a hodiny). Z analýzy odvozových systémů vyplynulo, že nasazení odvozových vozidel je značně ekonomicky výhodnější.

Na základě dostupných dat o cenách pronájmů vozidel a výsledků analýz WTP je zjevné, že v naprosté většině případů je výhodnější vlastní koupě vozidla (kap. 7). Pouze pokud je nutné využívat odpadové vozidlo krátkodobě či nárazově, je vhodné zvážit pronájem.

Další rozvoj a prohloubení výsledků analýzy nákladů je možný ve dvou oblastech:

- Zpřesnění údajů o vstupních nákladech na provoz jednotlivých vozidel, ze kterého vyloučí větší diferenciaci výsledků nákladů a celkové zpřesnění nákladů provozu.
- Detailnější analýzy s využitím nástroje WTP, rozšíření o další typy vozidel a testování většího objemu dat i jejich systematické vyhodnocení.

Také je možný podrobnější průzkum průměrných rychlostí v obcích a mimo ně:

- Posouzení jiných ukazatelů, než je počet obyvatel – například reliéfu obce, její rozlohy, resp. hustoty osídlení a dalších parametrů.
- Zajímavá data by také mohlo přinést srovnání se souborem pohybu vozidel, která nejsou řízena dispečinkem. U těchto vozidel by nedošlo k eliminaci špiček, jak nastalo u vozidel přepravní společnosti, jejíž data byla vyhodnocována v práci. Tím by se rozšířilo množství informací, které lze brát v potaz při plánování tras odpadových vozidel.

# Seznam zkratek a symbolů

## Seznam zkratek

Zkratka	Význam	Poznámka
KO	komunální odpad	
ČR	Česká republika	
POH	Plán odpadového hospodářství	
(Z)EVO	(zařízení na) energetické využívání odpadů	
OH	odpadové hospodářství	
EU	Evropská unie	
AETR	Accord européen sûr les transports routiers	Evropská dohoda o silniční přepravě
SKO	směsný komunální odpad	
MSTS	Multi Service Transport System	vícefázový přepravní systém
ACTS	Abrollcontainer Transportsystem	přepravní systém natahovacích kontejnerů
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý	
MB	Mercedes-Benz	
K-S test	Kolmogorovův–Smirnovův test	
CLV	Centrální limitní věta	
Havl. Brod	Havlíčkův Brod	
Rožnov p. R.	Rožnov pod Radhoštěm	
KUKA	akronym firmy Keller und Knappich Augsburg	dnes označuje svozový vůz
WTP	Waste Transport Prices	ceny přepravy odpadu
3D	trojrozměrný, trojdimenzionální	

## Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
$D_n$	[-]	testová statistika (1)
$D_n(\alpha)$	[-]	tabelovaná kritická hodnota (1)
$\alpha$	[-]	hladina významnosti (1)
$n$	[-]	počet pozorování (1), (3)
$F_n(x)$	[-]	výběrová distribuční funkce (2)
$\Phi_T(x)$	[-]	distribuční funkce normálního rozložení (2)
$\bar{X}$	[km/h] <sup>28</sup>	průměr naměřených hodnot (3)
$s$	[km/h] <sup>28</sup>	výběrová směrodatná odchylka (3)
$t_{1-\frac{\alpha}{2}}$	[-]	kritická hodnota Studentova t rozdělení na hladině významnosti $\alpha$ (3)
$r_{Sp}$	[-]	Spearmanův koeficient pořadové korelace

<sup>28</sup> Platí pouze pro analýzu prezentovanou v práci, jednotka se mění na základě jednotky analyzovaného pozorování.

## Seznam tabulek

Tab. 1: §37, hmotnostní limity vozidel, přívěsů a jízdních souprav .....	9
Tab. 2: §39, rozměrové limity silničních vozidel.....	10
Tab. 3: Příklad zkrácení týdenní doby odpočinku [19].....	11
Tab. 4: Běžné druhy přesypných nádob s horním výsypem a jejich obvyklé využití [22], [23] .....	13
Tab. 5: Parametry kontejnerů Innofreight WoodTainer [27] .....	18
Tab. 6: Příklad typů svozových nástaveb [28] .....	19
Tab. 7: Vybrané sestavy vozidel s lineárním lisem s nástavbami Faun Variopress [28].....	19
Tab. 8: Parametry malých svozových vozidel [33], [34], [35], [36], [37] .....	22
Tab. 9: Parametry středně velkých svozových vozidel [34], [28], [38], [39] .....	24
Tab. 10: Parametry velkých odvozových vozidel a jízdních souprav [34], [40] .....	25
Tab. 11: Příklad formátu zpracovávaných dat .....	26
Tab. 12: Výsledek K-S testu provozu v obci a mimo obec .....	28
Tab. 13: K-S test normality pro vybrané obce .....	28
Tab. 14: Průměrné ujeté rychlosti a vzdálenosti ve vybraných obcích .....	29
Tab. 15: Náklady na vytipovaná vozidla.....	32
Tab. 16: Rekapitulace malé svozové techniky .....	33
Tab. 17: Rekapitulace střední a velké svozové techniky .....	35
Tab. 18: Velké odvozové systémy – rekapitulace.....	38
Tab. 19: Roční náklady na pronajímaná vozidla.....	41

## Seznam obrázků

Obr. 1: Produkce komunálních odpadů v ČR v 21. století [5] .....	3
Obr. 2: Hierarchie odpadového hospodářství [7] .....	5
Obr. 3: Schéma oběhového hospodářství [11] .....	6
Obr. 4: Příklady uplatnění zásad pro denní dobu řízení [18] .....	10
Obr. 5: Příklady uplatnění zásad pro celkovou dobu řízení [18] .....	11
Obr. 6: Dno používaného zvonového kontejneru rozevíratelné ze středu nádoby [18] .....	13
Obr. 7: Podzemní kontejnery na separovaný odpad [18] .....	14
Obr. 8: Vysoký natahovací kontejner se sklopnými bočnicemi [18] .....	15
Obr. 9: Vozidlo s rotačním lisem [24].....	16
Obr. 10: Vozidlo s lineárním lisováním [24] .....	17
Obr. 11: Systém ACTS [26].....	18
Obr. 12: Rozměry nástaveb, CA – celková délka bez výsypníku, L – délka nástavby, H – výška nástavby [28] .....	18
Obr. 13: Faun Variopress 007 na vozidle Mitsubishi [29].....	20
Obr. 14: Faun Variopress 524 na vozidle Mercedes-Benz [30].....	20
Obr. 15: Schéma logistických řetězců v odpadovém hospodářství [18] .....	21
Obr. 16: IVECO Daily Farid Micro L [32] .....	22
Obr. 17: Nosič vanových kontejnerů MERCEDES-BENZ Atego [34].....	23
Obr. 18: MERCEDES-BENZ Axor s nástavbou Faun Rotopress 522 [34].....	24
Obr. 19: Legras Walkingfloor [41] .....	25
Obr. 20: Histogram rychlostí v obci.....	27
Obr. 21: Průměrné rychlosti ve vybraných obcích.....	29
Obr. 22: Poměr fixních a variabilních nákladů pro dvounápravové vozidlo MAN.....	31
Obr. 23: Výstup krokově generovaných výpočtů pomocí nástroje WTP .....	33
Obr. 24: Multicar Fumo – náklady.....	34
Obr. 25: Renault Mascott – náklady.....	34
Obr. 26: Iveco Daily – náklady .....	35
Obr. 27: MB Atego – náklady .....	36
Obr. 28: MAN 18.225 L-KO – náklady .....	36
Obr. 29: MB Axor – náklady .....	37
Obr. 30: MB Actros – náklady .....	37
Obr. 31: Tahač s návěsem a přívěsem – náklady .....	38
Obr. 32: Tahač s návěsem Legras Walkingfloor – náklady .....	39
Obr. 33: MAN 18.255 L-KO, náklady při vybraných kapacitách.....	39
Obr. 34: MAN 18.255 L-KO, náklady při vybraných kapacitách.....	40
Obr. 34: Srovnání nákladů na koupi a pronájem vozidel .....	42

## Použité zdroje a literatura

- [1] *Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.*, Platné znění. Praha: Sběrka zákonů České republiky, ročník 2001, číslo 185.
- [2] HISTORIE A STRUKTURA ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ. *RECETOX EDUCATION: Inovace a rozšíření výuky zaměřené na problematiku životního prostředí na PřF MU* [online]. Brno: Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://www.recetox-education.cz/res/obory/ENV009.pdf>
- [3] PRVNÍ SPALOVNA ODPADŮ BYLA V BRNĚ. *Odpad je energie* [online]. Praha: STEO, 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://www.odpadjeenergie.cz/historie/prvni-spalovna-odpadu-byla-v-brne>
- [4] Jaká je výše poplatku. *Brno - oficiální web statutárního města Brna* [online]. Brno: Statutární město Brno, 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://www.brno.cz/sprava-mesta/magistrat-mesta-brna/usek-rozvoje-mesta/odbor-zivotniho-prostredi/oddeleni-spravy-poplatku-za-komunalni-odpad/mistni-poplatek-za-provoz-systemu-nakladani-s-komunalnim-odpadem/jaka-je-vyse-poplatku/>
- [5] Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin v roce 2016. *Český statistický úřad* [online]. Praha: ČSÚ, 2016 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/66641868/280029-17.pdf/c3c7a63e-9f68-40a9-a147-5494067ea7d9?version=1.2>
- [6] Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2014 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh\\_cr\\_prislusne\\_dokumenty/\\$FILE/OODP-POH\\_CR\\_2015\\_2024\\_schvalena\\_verze\\_20150113.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/$FILE/OODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf)
- [7] Odpady v Jihlavě. REFERENDUM JIHLAVA [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.referendumjihlava.cz/odpady-v-jihlave/>
- [8] *Příklady dobré praxe při uplatňování principů oběhového hospodářství v České republice*. Praha, 2016. ISBN 978-80-7212-608-8.
- [9] Co je ZEVO. *Skupina ČEZ* [online]. Praha: ČEZ, 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html>
- [10] Soustava indikátorů OH - ohlašovací rok 2016 (finální data). *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: MŽP, 2017 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/indikatory\\_odpadoveho\\_hospodarstvi\\_2016/\\$FILE/OODP-Indikatory\\_OH\\_2016\\_final-20171012.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/indikatory_odpadoveho_hospodarstvi_2016/$FILE/OODP-Indikatory_OH_2016_final-20171012.pdf)
- [11] MAZÁK, Michal. Oběhové hospodářství jako koncept. *Euroskop* [online]. Praha: Euroskop, ©2005-2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/9047/27204/clanek/obehove-hospodarstvi-a-ceska-republika/>
- [12] Zařízení pro energetické využití odpadu v lokalitě Mělník - ZEVO Mělník: *Dokumentace záměru* [online]. Horní Počaply: ČEZ, 2017 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: [https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX01aUDQ3NI9kb2t1bWVudGFjZURPQ18xMzg0MTQ1Njg5Mjg3MTg0NjYxLnBkZg/MZP476\\_dokumentace.pdf](https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX01aUDQ3NI9kb2t1bWVudGFjZURPQ18xMzg0MTQ1Njg5Mjg3MTg0NjYxLnBkZg/MZP476_dokumentace.pdf)
- [13] *Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.*, Platné znění. Praha: Sběrka zákonů České republiky, ročník 2001, číslo 383.
- [14] *Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů.* Praha: Sběrka zákonů České republiky, ročník 2016, číslo 93.

- [15] *Vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.*, Platné znění. Praha: Sbírka zákonů České republiky, ročník 2014, číslo 341.
- [16] *Vyhláška č. 108/1976 Sb., o Evropské dohodě o práci osádek vozidel v mezinárodní silniční dopravě (AETR).*, Praha: Sbírka zákonů České republiky, ročník 1976, číslo 108
- [17] *Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.*, Platné znění. Praha: Sbírka zákonů České republiky, ročník 1997, číslo 13.
- [18] Vlastní zpracování, či fotografie autorky.
- [19] Nařízení č.561. *KAMIONACI.COM*, [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://kamionaci.com/?clanek=narizeni-c-561>
- [20] RADA, Václav. *CW-057 LOGISTIKA: 3. přednáška, Logistika – věda - vztahy.* Vybrané texty k přednáškám [online]. Brno: Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb, 2017 [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/tst/rada.v/logist/w-cw13-lo-pr3.ppt>
- [21] VOŠTOVÁ, Věra. *Logistika odpadového hospodářství.* Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04426-1
- [22] ŠTEFL, Milan. Prodej popelnic a kontejnerů. *SAKO* [online]. Brno, 2013 [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/189/prodej-a-pronajem-popelnic-a-kontejneru/>
- [23] Odpadkové koše [online]. Praha: AAO, 2010 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.odpadkove-kose.com/>
- [24] B. Stejskal, „*Mobilní prostředky a systémy přepravy KO, systémy nakládání s KO,*“ Mendelova univerzita v Brně, Brno, 2009.
- [25] Držitelé vozů dobrovolně zvyšují jejich bezpečnost. *Dopravní noviny.* Praha: České dopravní vydavatelství, 2014, (3/2014). ISSN 1210-1141
- [26] PRIWO. ACTS-Verladung. *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/ACTS\\_\(p%C5%99epravn%C3%AD\\_syst%C3%A9m\)#/media/File:ACTS3.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/ACTS_(p%C5%99epravn%C3%AD_syst%C3%A9m)#/media/File:ACTS3.jpg)
- [27] Systém Innofreight: Typy kontejnerů. *ČD Logistics a.s.* [online]. [cit. 2017-11-14]. Dostupné z: <http://www.cdlogistics.cz/system-innofreight/typy-kontejneru-20>
- [28] Variopress: Nová generace. *Croy s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://www.croy.cz/wp-content/uploads/2011/05/croy-variopress-prospekt.pdf>
- [29] Мусоросовоз Faun Variopress 007 (Фаун Вариопресс 007). Цена 4 518 790 руб. Купить в Москве. *Официальный сайт Федерального отраслевого журнала АграрникЪ* [online]. Орел, ©2010-2018 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: [http://agrarnik.ru/\\_files/u13412/207b18.jpg](http://agrarnik.ru/_files/u13412/207b18.jpg)
- [30] Bazár. *REDOX s.r.o.* [online]. Lučenec [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.redox.sk/--5-378-man-faun-variopress-516>
- [31] L. Tvrdoň, „Strategie řízení logistických řetězců,“ *Verlag Dashöfer* [online]. [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/33/co-je-logisticky-retezec-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ehizgoz3iHbp7tKfsn1-fwU/>
- [32] IVECO DAILY 65 C17 na svoz kom. odpadu. *Bazos.cz - inzerce, inzeráty, bazar* [online]. 2018 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://auto.bazos.cz/inzerat/87293476/IVECO-DAILY-65-C17-na-svoz-kom-odpadu.php>

- [33] Multicar M30 Fumo Tipper, 4x4. *Manipulační technika Solnice, Vysokozdvížený vozík, Komunální technika* [online]. Solnice: CS Technologies, 2018 [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <http://www.autosas.cz/produkty-multicar-m30-fumo-tipper-4x4-detail-1679>
- [34] *Autoline Česko - prodej užitkové techniky, náhradních dílů a příslušenství* [online]. Sharjah: Linemedia FZC, 2018 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://autoline.cz/>
- [35] FARID Micro L. Castlereagh Motors: Vehicle Maintenance in Ireland [online]. Dunfermline: HEIL FARID European Company Limited, 2014 [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: <http://castlereaghmotors.ie/assets/pdfs/Micro%20L%204pp%20May14.pdf>
- [36] Daily 55S17W 4x4 Chassis Cab: Technical Specification. *Brands* [online]. Turin: IVECO, 2010 [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: [https://www.iveco.com/bulgaria/collections/technical\\_sheets/Documents/ECODaily\\_4x4\\_Euro\\_5\\_EEV/55S17W\\_Chassis\\_Cab\\_Euro\\_5\\_EEV.pdf](https://www.iveco.com/bulgaria/collections/technical_sheets/Documents/ECODaily_4x4_Euro_5_EEV/55S17W_Chassis_Cab_Euro_5_EEV.pdf)
- [37] Kontejner ABROLL 4500x2300x550 mm - 5,7 m<sup>3</sup>. *MEVA-TEC s.r.o. - zabývající se výrobou nádob na odpad, skladování, vybavení měst a obcí a další* [online]. Roudnice nad Labem [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <https://www.mevatec.cz/Kontejner-ABROLL-4500x2300x550-mm-5-7-m3-d2512.htm>
- [38] ROTOPRESS. *Faun.com* [online]. Osterholz-Scharmbeck: KIRCHHOFF Gruppe, 2014 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://www.faun.com/en/products/refuse-vehicles/rear-loaders/rotopress/>
- [39] Porovnanie nadstavieb na zvoz odpadu. *ODPADY-PORTAL.SK* [online]. 2017 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://www.odpady-portal.sk/Dokument/103801/porovnanie-nadstavieb-na-zvoz-odpadu.aspx>
- [40] Kontejner ABROLL - 6500x2300x2440 mm - 36,9 m<sup>3</sup>. *MEVA-TEC s.r.o. - zabývající se výrobou nádob na odpad, skladování, vybavení měst a obcí a další* [online]. Roudnice nad Labem [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <https://www.mevatec.cz/Kontejner-ABROLL-6500x2300x2440-mm-36-9-m3-d2531.htm>
- [41] LEGRAS FMA návěs s posuvnou podlahou (Walkingfloor) - BOČNÍ OTVÍRÁNÍ - NOVÝ. *Borkovec Truck* [online]. Milevsko [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <http://www.borkovec-truck.cz/stranka/329916-legras-fma-naves-s-posuvnou-podlahou-walkingfloor-bocni-otvirani-novy/>
- [42] TIBCO Software Inc. *STATISTICA 12* [software]. Dostupné z: <https://www.tibco.com/resources/product-download/tibco-statistica-trial-download-windows>
- [43] M. Budíková, „BUDÍKOVÁ, Marie. Úvod do testování hypotéz.: Testy hypotéz o normálním rozložení. *Informační systém Masarykovy univerzity* [online]. Brno, 2009, 12.3.2009 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1431/jaro2009/M6130/um/7457761/prednaska4.pdf>
- [44] PAVLÍKOVÁ, Markéta. Analýza dat v R: 4. Centrální limitní věta, testování hypotéz. *Biostatisticka.cz* [online]. Praha [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <http://www.biostatisticka.cz/wp-content/seminar/Motol-lekce4.pdf>
- [45] BEDÁŇOVÁ, Iveta. Lineární korelační závislost. *Statistika a výpočetní technika* [online]. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn5/linearni.htm>

- [46] BEDÁŇOVÁ, Iveta. Nelineární korelační závislost. *Statistika a výpočetní technika* [online]. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn5/nelinear.htm>
- [47] GREGOR, Jiří. *Waste Transport Prices: Uživatelský manuál pro software*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství, 2016. 23 s.
- [48] Nabídka pronájmu svozových aut. *Elkoplast* [online]. Zlín [cit. 2018-04-27]. Dostupné z: <https://www.elkoplast.cz/media/userfiles/download/Nabidka-pronajmu-svozovych-aut.pdf>
- [49] 21. European Agreement concerning the Work of Crews of Vehicles Engaged in International Road Transport (AETR). *United Nations Treaty Collection* [online]. Geneva, 1970 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREAT>
- [50] *Automarket* [online]. Holubice u Brna: AUTOMARKET TRUCKS, 2018 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <http://www.automarket.cz/>
- [51] Počet obyvatel v obcích - k 1.1.2018. *Český statistický úřad* [online]. ČSÚ, 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-see2a5tx8j>
- [52] SAJDL, Jan. *Autolexicon.net: Celková hmotnost* [online]. ©2018 [cit. 2018-05-10]. ISSN ISSN 1804-2554. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/celkova-hmotnost/>



## Seznam příloh

Příloha 1 – Způsoby využívání a odstraňování odpadů definované v Příloze č. 3 k zákonu č. 185/2001 Sb.....	I
Příloha 2 – Katalog odpadů, Příloha k vyhlášce č. 93/2016 Sb. ....	III
Příloha 3 – Členské státy AETR .....	V
Příloha 4 – Doplnující grafy k analýze rychlostních limitů .....	VI
Příloha 5 – Fixní a variabilní náklady vozidla MAN 18.255 L-KO .....	VII
Příloha 6 – Vstupní náklady vozidel .....	VIII

## **Příloha 1 – Způsoby využívání a odstraňování odpadů definované v Příloze č. 3 k zákonu č. 185/2001 Sb.**

### **Způsoby využívání odpadů**

- R 1 Využití odpadu způsobem obdobným jako paliva, nebo jiným způsobem k výrobě energie
- R 2 Zpětné získávání nebo regenerace rozpouštědel
- R 3 Recyklace, nebo zpětné získávání organických látek, které se nepoužívají jako rozpouštědla (včetně kompostování a dalších biologických transformačních procesů)
- R 4 Recyklace nebo zpětné získávání kovů a sloučenin kovů
- R 5 Recyklace nebo zpětné získávání ostatních anorganických materiálů
- R 6 Regenerace kyselin nebo zásad
- R 7 Zpětné získávání látek používaných ke snižování znečištění
- R 8 Zpětné získávání složek katalyzátorů
- R 9 Rafinace olejů nebo jiný způsob opětovného použití olejů
- R 10 Aplikace do půdy, která je přínosem pro zemědělství, nebo zlepšuje ekologii
- R 11 Využití odpadů získaných některým ze způsobů uvedených pod označením R 1 až R 10
- R 12 Úprava odpadů před využitím některým ze způsobů uvedených pod označením R 1 až R 11
- R 13 Skladování odpadů před využitím některým ze způsobů uvedených pod označením R 1 až R 12 (s výjimkou dočasného skladování v místě vzniku před sběrem)

### *Poznámky*

K bodu R 3 - Zahrnuje rovněž zplyňování a pyrolýzu v případě, že jsou produkovány složky využívány jako chemické látky.

K bodu R 5 - Zahrnuje čištění zemin umožňující jejich nové využití a recyklaci anorganických stavebních materiálů.

K bodu R 12 - Pokud není k dispozici jiný vhodný kód R, může tento postup zahrnovat předběžné činnosti předcházející využití včetně předzpracování, jako například demontáž, třídění, rozměňování, lisování, peletizace, sušení, drcení, kondicionování, přebalení, oddělování, míšení nebo směšování, před použitím některého ze způsobů označených R1 až R11.

K bodu R 13 - Dočasným skladováním se rozumí předběžné skladování.

Příloha č. 4 k zákonu č. 185/2001 Sb.

### **Způsoby odstraňování odpadů**

- D 1 Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (například skládkování)
- D 2 Úprava půdními procesy (například biologický rozklad kapalných odpadů nebo kalů v půdě)
- D 3 Hlubinná injektáž (například injektáž čerpatelných odpadů do vrtů, solných komor nebo prostor přírodního původu)
- D 4 Ukládání do povrchových nádrží (například vypouštění kapalných odpadů nebo kalů do prohlubní, vodních nádrží nebo lagun)
- D 5 Ukládání do speciálně technicky provedených skládek (například ukládání do utěsněných oddělených prostor, které jsou uzavřeny a izolovány navzájem i od vnějšího prostředí)
- D 6 Vypouštění do vodních těles s výjimkou moří a oceánů
- D 7 Vypouštění do moří a oceánů, včetně ukládání na mořské dno
- D 8 Biologická úprava jinde v této příloze nespécifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým ze způsobů uvedených pod označením D 1 až D 12

D 9 Fyzikálně-chemická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým ze způsobů uvedených pod označením D 1 až D 12 (například odpařování, sušení, kalcinace)

D 10 Spalování na pevnině

D 11 Spalování na moři

D 12 Trvalé uložení (například ukládání v kontejnerech do dolů)

D 13 Míšení nebo směšování před odstraněním některým ze způsobů uvedených pod označením D 1 až D 12

D 14 Přebalení před odstraněním některým ze způsobů uvedených pod označením D 1 až D 13

D 15 Skladování před odstraněním některým ze způsobů uvedených pod označením D 1 až D 14 (s výjimkou dočasných skladování v místě vzniku před sběrem)

#### *Poznámky*

K bodu D 11 - Tento způsob je zakázán právními předpisy EU a mezinárodními úmluvami.

K bodu D 13 - Pokud není k dispozici jiný vhodný kód D, může tento postup zahrnovat předběžné činnosti předcházející odstranění, včetně předzpracování, jako například třídění, rozměňování, lisování, peletizace, sušení, drcení, kondicionování nebo oddělování před použitím některého ze způsobů označených D1 až D12.

K bodu D 15 - Dočasným skladováním se rozumí předběžné skladování.

## Příloha 2 – Katalog odpadů, Příloha k vyhlášce č. 93/2016 Sb.

Skupina	Název
1	Odpady z geologického průzkumu, těžby, úpravy a dalšího fyzikálního a chemického zpracování nerostů a kamene
2	Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství, lesnictví a z výroby a zpracování potravin
3	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky
4	Odpady z kožedělného, kožesnického a textilního průmyslu
5	Odpady ze zpracování ropy, čištění zemního plynu a z pyrolytického zpracování uhlí
6	Odpady z anorganických chemických procesů
7	Odpady z organických chemických procesů
8	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání nátěrových hmot (barev, laků a smaltů), lepidel, těsnících materiálů a tiskařských barev
9	Odpady z fotografického průmyslu
10	Odpady z tepelných procesů
11	Odpady z chemických povrchových úprav, z povrchových úprav kovů a jiných materiálů a z hydrometalurgie neželezných kovů
12	Odpady z tváření a z fyzikální a mechanické úpravy povrchu kovů a plastů
13	Odpady olejů a odpady kapalných paliv (kromě jedlých olejů a odpadů uvedených ve skupinách 05 a 12)
14	Odpady organických rozpouštědel, chladiv a hnacích médií (kromě odpadů uvedených ve skupinách 07 a 08)
15	Odpadní obaly, absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
16	Odpady v tomto katalogu jinak neurčené
17	Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)
18	Odpady ze zdravotní nebo veterinární péče a /nebo z výzkumu s nimi souvisejícího (s výjimkou kuchyňských odpadů a odpadů ze stravovacích zařízení, které bezprostředně nesouvisejí se zdravotní péčí)
19	Odpady ze zařízení na zpracování (využívání a odstraňování) odpadu, z čistíren odpadních vod pro čištění těchto vod mimo místo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely
20	Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru

*Tab P. 1 Skupiny katalogu odpadů [14]*

<b>20</b>	<b>KOMUNÁLNÍ ODPADY (ODPADY Z DOMÁCNOSTÍ A PODOBNÉ ŽIVNOSTENSKÉ, PRŮMYSLOVÉ ODPADY A ODPADY Z ÚŘADŮ), VČETNĚ SLOŽEK Z ODDĚLENÉHO SBĚRU</b>
<b>20 01</b>	<b>Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)</b>
20 01 01	Papír a lepenka
20 01 02	Sklo
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 10	Oděvy
20 01 11	Textilní materiály
20 01 13*	Rozpouštědla
20 01 14*	Kyseliny
20 01 15*	Zásady
20 01 17*	Fotochemikálie
20 01 19*	Pesticidy
20 01 21*	Zářivky a jiný odpad obsahující rtuť
20 01 23*	Vyřazená zařízení obsahující chlorofluoruhlodíky
20 01 25	Jedlý olej a tuk
20 01 26*	Olej a tuk neuvedený pod číslem 20 01 25
20 01 27*	Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice obsahující nebezpečné látky
20 01 28	Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice neuvedené pod číslem 20 01 27
20 01 29*	Detergenty obsahující nebezpečné látky
20 01 30	Detergenty neuvedené pod číslem 20 01 29
20 01 31*	Nepoužitelná cytostatika
20 01 32*	Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 20 01 31
20 01 33*	Baterie a akumulátory, zařazené pod čísla 16 06 01, 16 06 02 nebo pod číslem 16 06 03 a netříděné baterie a akumulátory obsahující tyto baterie
20 01 34	Baterie a akumulátory neuvedené pod číslem 20 01 33
20 01 35*	Vyřazené elektrické a elektronické zařízení obsahující nebezpečné látky neuvedené pod čísly 20 01 21 a 20 01 23
20 01 36	Vyřazené elektrické a elektronické zařízení neuvedené pod čísly 20 01 21, 20 01 23 a 20 01 35
20 01 37*	Dřevo obsahující nebezpečné látky
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37
20 01 39	Plasty
20 01 40	Kovy
20 01 41	Odpady z čištění komínů
20 01 99	Další frakce jinak blíže neurčené
<b>20 02</b>	<b>Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)</b>
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad
20 02 02	Zemina a kameny
20 02 03	Jiný biologicky nerozložitelný odpad
<b>20 03</b>	<b>Ostatní komunální odpady</b>
20 03 01	Směsný komunální odpad
20 03 02	Odpad z tržišť
20 03 03	Uliční smetky
20 03 04	Kal ze septiků a žump
20 03 06	Odpad z čištění kanalizace
20 03 07	Objemný odpad
20 03 99	Komunální odpady jinak blíže neurčené

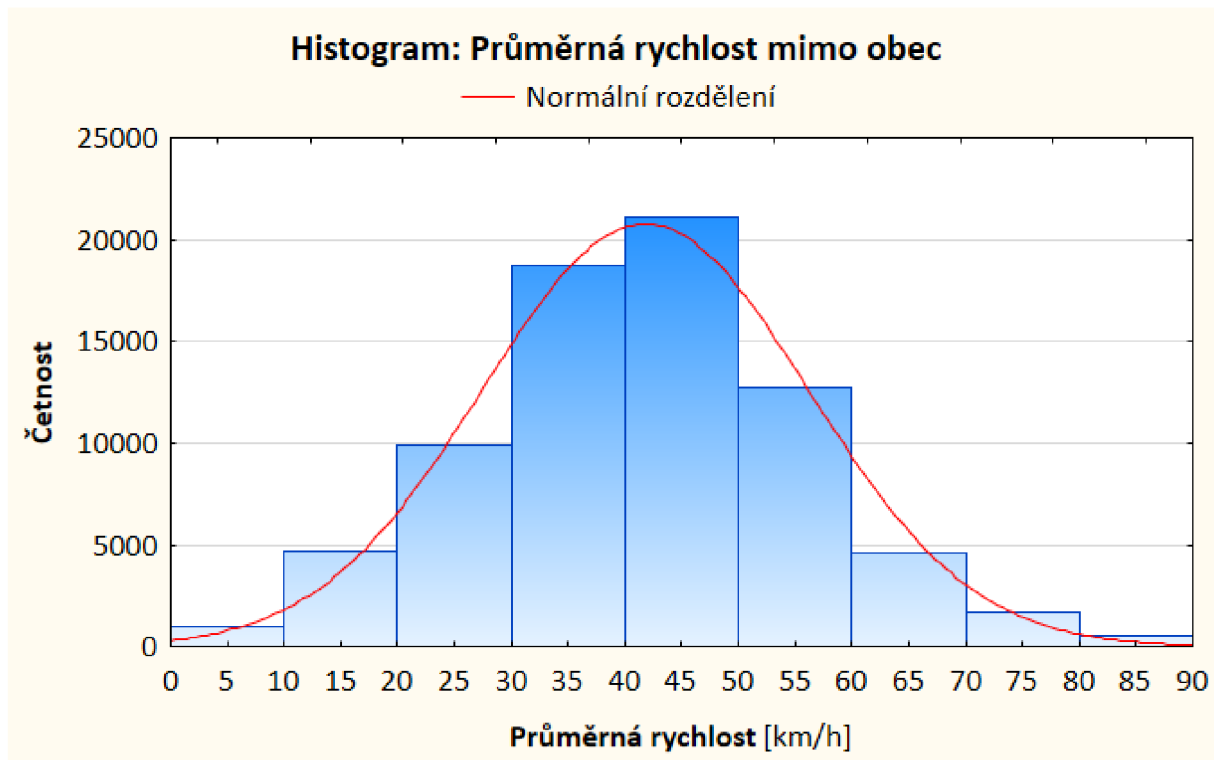
Tab P. 2 Podskupiny a druhy skupiny 20 (Symbol „\*“ označuje nebezpečné odpady) [14]

### Příloha 3 – Členské státy AETR

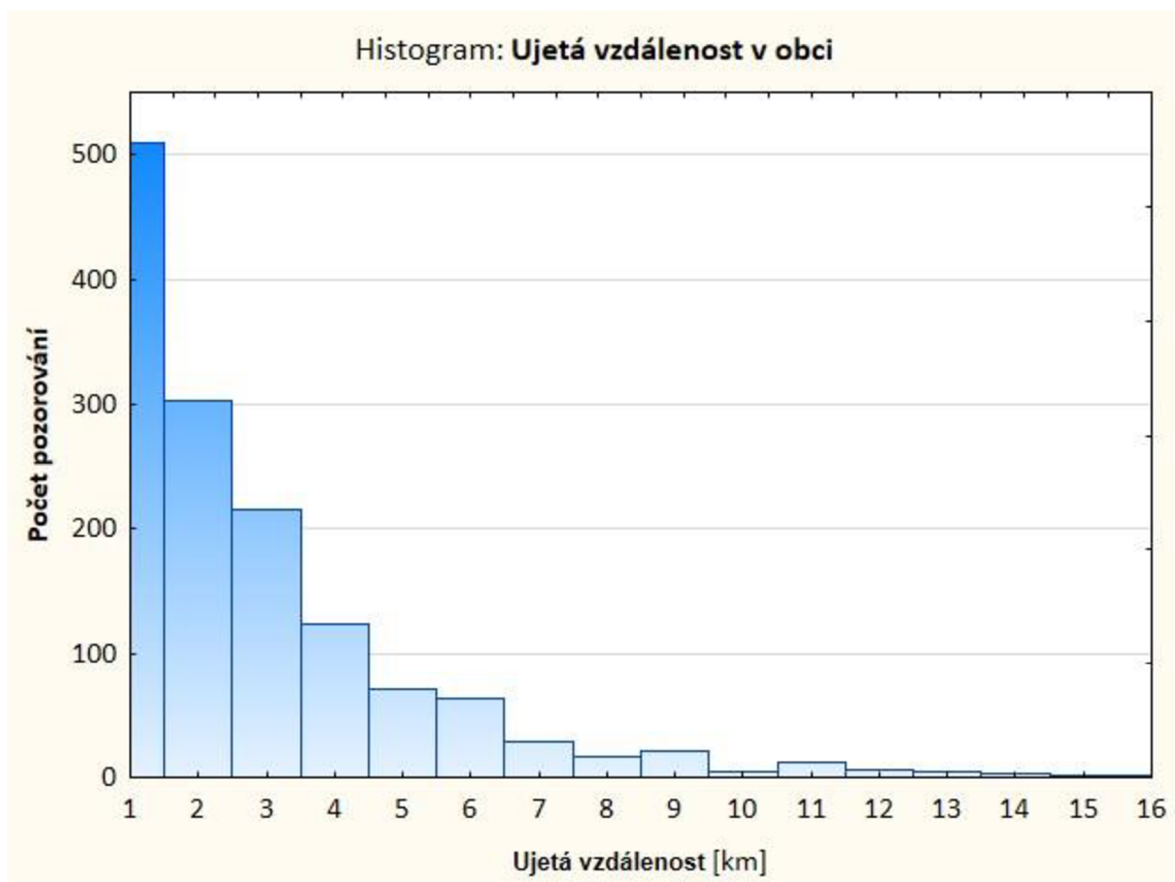
Členský stát	Ratifikace	Členský stát	Ratifikace
Albánie	2 006	Lucembursko	1 997
Andorra	1 997	Malta	2 004
Arménie	2 006	Monako	2 008
Rakousko	1 975	Černá Hora	2 006
Ázerbájdžán	1 996	Nizozemsko	1 997
Bělorusko	1 993	Norsko	1 971
Belgie	1 997	Polsko	1 992
Bosna a Hercegovina	1 994	Portugalsko	1 973
Bulharsko	1 995	Moldavsko	1 993
Chorvatsko	1 992	Rumunsko	1 994
Kypr	2 003	Rusko	1 978
Česká republika	1 993	San Marino	2 007
Dánsko	1 997	Srbsko	2 001
Estonsko	1 993	Slovensko	1 993
Finsko	1 999	Slovinsko	1 993
Francie	1 978	Španělsko	1 973
Gruzie	2 011	Švédsko	1 973
Německo	1 975	Švýcarsko	2 000
Řecko	1 974	Tádžikistán	2 011
Maďarsko	1 999	Makedonie	1 999
Irsko	1 979	Turecko	2 001
Itálie	1 978	Turkmenistán	1 996
Kazachstán	1 995	Ukrajina	2 006
Lotyšsko	1 994	Spojené království	1 978
Lichtenštejnsko	1 996	Uzbekistán	1 998
Litva	1 998		

Tab P. 3 – Členské státy AETR [48]

## Příloha 4 – Doplnující grafy k analýze rychlostních limitů

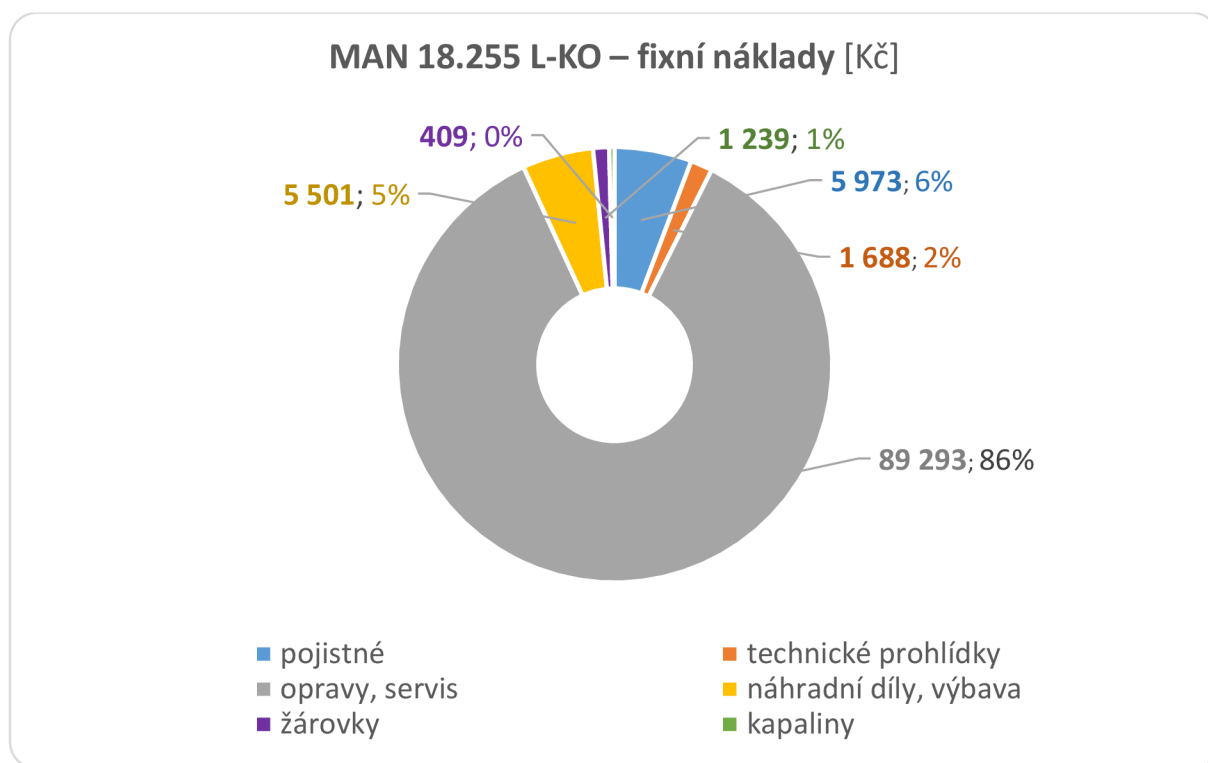


Obr. P. 1 Histogram průměrných rychlostí mimo obec

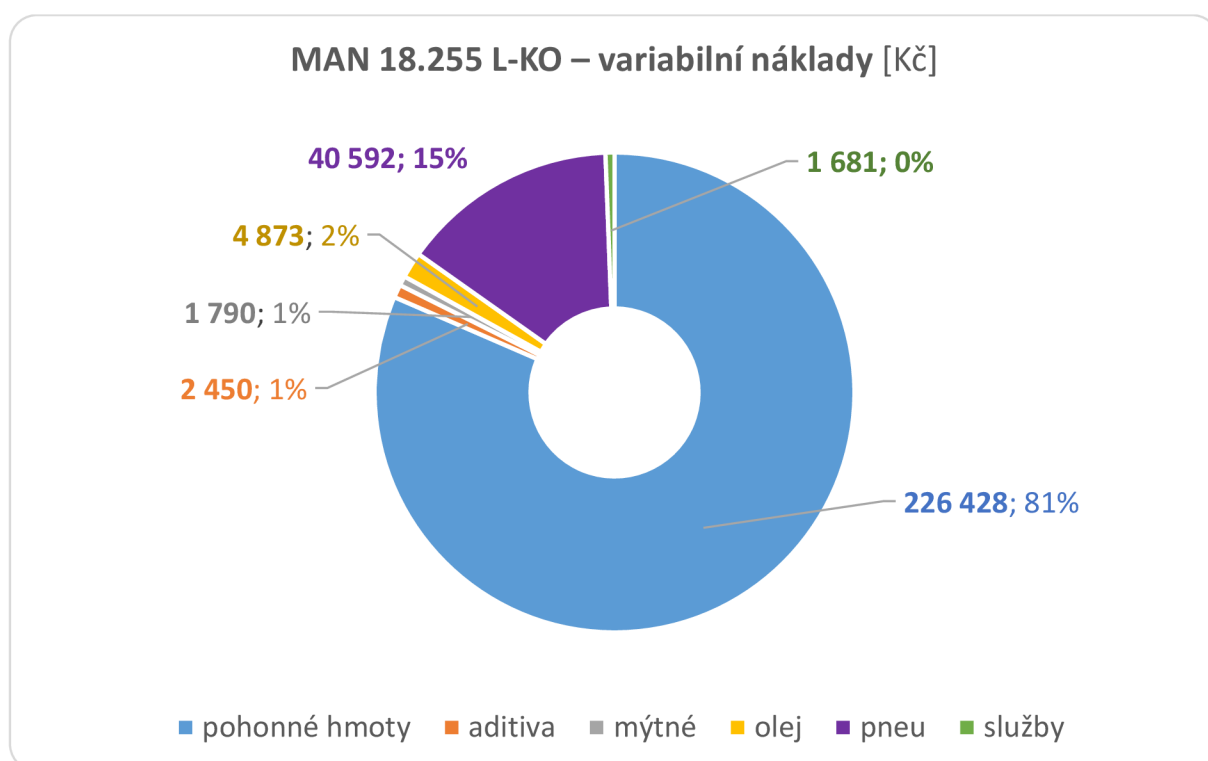


Obr. P. 2: Histogram vzdáleností ujetých v obci

## Příloha 5 – Fixní a variabilní náklady vozidla MAN 18.255 L-KO



Obr. P. 3: Vyhodnocené fixní náklady



Obr. P. 4: Vyhodnocené variabilní náklady



## Příloha 6 – Vstupní náklady vozidel

Typ vozidla	MULTICAR M30 Fumo	IVECO Daily	RENAULT Mascott 160.65	MB Atego 1224 K	MAN 18.255 L-KO	MB Axor 2528	MB Actros 2532	
Počet náprav	[-]	2	2	2	2	3	3	
Výška vozidla	[mm]	2 190	2 644	2 750	2 650	3 445	3 513	
Šířka vozidla	[mm]	1 620	2 016	2 300	2 321	2 490	2 500	
Délka vozidla	[mm]	5 160	5 716	6 124	7 065	8 200	9 472	
Výška vozidla včetně lisovacího zařízení	[mm]	2 190	2 644	2 750	2 650	3 445	3 513	
Typ lisu/kontejneru	[-]	sklápěcí kontejner	Farid Micro L	kontejner Abroll	vanový	HALLER X-2 M-15	Faun Rotopress 522	Faun Variopress 524
Systém lisování	[-]	-	lineární	-	-	rotační	lineární	
Lisovací poměr	[-]	-	1:3	-	-	1:6	1:6	1:6
Pohotovostní hmotnost vozidla	[t]	2,99	2,52	2,89	11,99	11,42	13,25	14,35
Užitková hmotnost vozidla	[t]	2,41	3,72	3,61	6,01	6,58	12,75	11,65
Způsob nakládky odpadu/kontejneru	[-]	naložení kontejneru	hydraulický vyklápěč	natažení kontejneru	naložení kontejneru	hydraulický vyklápěč	hydraulický vyklápěč	hydraulický vyklápěč
Objem kontejneru	[m3]	5	5	5,7	10	16	22	24
Hustota odpadu	[kg/m3]	200	300	200	250	450	450	450
Hmotnost odpadu	[t]	1	1,5	1,14	2,5	6,58	9,9	10,8
Pořizovací cena vozu	[Kč]	930 000	2 032 175	930 000	1 500 000	2 657 400	2 000 000	2 000 000
Náklady na vůz	[Kč/rok]	50 000	80 000	50 000	100 000	150 000	150 000	150 000
Typ pneumatik	[-]	225/75 R16	195/75 R16	215/75 R16	265/70 R 19.5	295/80 R22.5	315/70 R22.5	315/80 R22.5
Pneumatiky 1 ks	[Kč]	3 000	2 000	2 000	5 000	6 000	12 000	15 000
Počet pneumatik auto	[ks]	4	4	6	6	8	8	8
Investice do pneumatik (sada)	[Kč]	12 000	8 000	12 000	30 000		96 000	120 000
Životnost pneumatik	[km]	60 000	60 000	150 000	150 000	150 000	200 000	200 000
Cena 1 km – přepočít na pneumatiky	[Kč/km]	0,2	0,1	0,1	0,2	0,6	0,5	0,6
Správní režie vozu	[Kč/rok]	10 000	10 000	10 000	15 000	20 000	20 000	20 000
Provozní režie vozu	[Kč/rok]	10 000	10 000	10 000	15 000	20 000	20 000	20 000
Řidič	[Kč/měs.]	33 500	33 500	33 500	33 500	33 500	33 500	33 500
Obsluha	[Kč/měs.]	21 500	21 500	21 500	21 500	21 500	21 500	21 500
Počet řidičů	[-]	1	1	1	1	1	1	1
Počet obsluhy	[-]	0	1	0	0	2	2	2
Náklady na zaměstnance	[Kč/rok]	402 000	660 000	402 000	402 000	918 000	918 000	918 000
Nafta	[Kč/l]	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Spotřeba paliva	[l/100 km]	20	20	30	60	75	75	75
Palivo - 1 km	[Kč/1 km]	6,00	6,00	9,00	18,00	22,50	22,50	22,50
Olej	[%/PHM]	5 %	5 %	10 %	10 %	15 %	15 %	15 %
Olej	[Kč/1 km]	0,30	0,30	0,90	1,80	3,38	3,38	3,38
Mýtné	[Kč/1 km]	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	5,00	5,00
Opotřebení vozu	[Kč/1 km]	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Životnost vozu	[rok]	8	8	8	8	8	8	8
Fixní náklady	[Kč/rok]	588 250	1 014 022	588 250	719 500	1 440 175	1 358 000	1 358 000
Variabilní náklady	[Kč/km]	10,50	10,43	13,98	24,00	33,98	31,86	31,98

Tab. P 5: Vstupní parametry pro vyčíslení nákladů na provoz vozidel. Červeně jsou označeny hlavní měnitelné parametry