



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

**VSTUPNÍ DATA PRO OPTIMALIZACI
SVOZOVÝCH TRAS KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ**

INPUT DATA FOR MUNICIPAL WASTE COLLECTION ROUTES OPTIMIZATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marek Kulich

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Pavlas, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav procesního inženýrství
Student:	Bc. Marek Kulich
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Procesní inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Martin Pavlas, Ph.D.
Akademický rok:	2018/19

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 diplomové práce:

Vstupní data pro optimalizaci svozových tras komunálních odpadů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Z pohledu nákladů na celkový zpracovatelský řetězec komunálních odpadů činí jejich sběr, který se provádí svozovými prostředky různých kapacit a technických řešení, významnou položku. V případě separovaných složek (plast, papír, bioodpad, sklo) jako vstupní suroviny pro následné materiálové využití se pak dokonce jedná o operaci nejnákladnější. To platí např. pro plasty, kde je cena násobkem ceny sběru zbytkového materiálově nevyužitelného směsného odpadu. Důležitá je proto optimalizace svozových tras vozidel a jejich kapacit s cílem celkové náklady zefektivněním systému redukovat.

Na Ústavu procesního inženýrství VUT Brno jsou dlouhodobě vyvíjeny algoritmy optimalizace svozových tras na bázi tzv. ARP (Arc routing problem) úlohy. Práce se zaměří na sběr, analýzu a zpracování vstupních dat pro následné optimalizační výpočty pomocí ARP. Problematika bude řešena pro konkrétní geografické území, které disponuje některým ze systému identifikace stavu a naplnění nádob či kontejnerů pro různé typy separovaně sbíraných odpadů. Informace o současných svozových trasách, organizaci sběru, frekvenci poskytování služby a vytížení svozových vozidel mohou poskytnout kvantitativně nové informace o parametrech sbíraných odpadů a jejich produkce v čase.

Tyto informace jsou pak základem pro následné zefektivnění systému s využitím pokročilých optimalizačních nástrojů.

Cíle diplomové práce:

- Seznámení se s problematikou ARP modelů a různými systémy sběru separovaných odpadů.
- Popis v současnosti dostupných metod a řešení identifikace sběrných nádob, stavu jejich naplnění a dalších telemetrických systémů vázících se ke svozu odpadů.
- Sumarizace vstupů pro pokročilé ARP modely a diskuse jejich zajištění.
- Analýza reálných datových sad z vybraného geografického území a jejich využití pro stanovení základních parametrů odpadů, míry využití dostupné infrastruktury a ekonomiky svozu jako celku.

Seznam doporučené literatury:

NEVRLÝ, Vlastimír. Modely a metody pro svozové úlohy. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 48 s. Vedoucí RNDr. Pavel Popela, Ph.D.

HANNAN, M.A., Md. ABDULLA Al Mamun, Aini HUSSAIN, Hassan BASRI, R.A. BEGUM, A review on technologies and their usage in solid waste monitoring and management systems: Issues and challenges, In Waste Management, Volume 43, 2015, Pages 509-523, ISSN 0956-053X, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15004080>

RODRIGUES Susana, Graça MARTINHO, Ana PIRES, Waste collection systems. Part A: a taxonomy, In Journal of Cleaner Production, Volume 113, 2016, Pages 374-387, ISSN 0959-6526, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615018405>

HAVREZ Clémentine, Sophie LEPREUX, Yoann LEBRUN, Sylvain HAUDEGOND, Pierrette ETHUIN, Christophe KOLSKI, A Design Model for Tangible Interaction: Case Study in Waste Sorting, In IFAC Papers On Line, Volume 49, Issue 19, 2016, Pages 373-378, ISSN 2405-8963, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316321851>

GOMES, A.P., M.A. MATOS, I.C. CARVALHO, Separate collection of the biodegradable fraction of MSW: An economic assessment, In Waste Management, Volume 28, Issue 10, 2008, Pages 1711-1719, ISSN 0956-053X, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X07002590>

VOŠTOVÁ, Věra. Logistika odpadového hospodářství. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04426-1.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Cieľom práce je popísať systémy zberu separovaných odpadov ako aj monitorovanie zberu, ktoré zahŕňa identifikáciu nádob, senzory a prenos dát. Dáta sú následne sumarizované a analyzované pre vstup do optimalizačného softwaru, ktorý využíva pokročilé modely ARP. Praktická časť je venovaná analýze reálnych dátových sad. Na vybranom geografickom území budú stanovené parametre odpadu, predstavený plán zvozových trás a ich vyhodnotenie. Využitie miestnej infraštruktúry potom predvedú kartografické znázornenia trás.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Odpad, logistika, odpadové hospodárstvo ARP, identifikačné technológie, komunikačné technológie, dátové sady, analýza, zvozová trasa, zvoz odpadu, plán, monitoring, optimalizačný software

ABSTRACT

The aim of the thesis is to describe the systems of collection of separated waste as well as collection monitoring, which includes identification of containers, sensors and data transfer. The data is then summarized and analyzed for use in the optimization software that uses advanced ARP models. The practical part is devoted to the analysis of real data sets.

On selected geographical area are determined the parameters of waste, the plan of the collection routes and their evaluation. The use of local infrastructure will be then shown by cartographic representations of the routes in the maps.

KEYWORDS

Waste, logistics, waste management, ARP, identification technologies, communication technologies, data sets, data processing, analysis, collection, waste collection, plan, monitoring, optimization software

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KULICH, Marek. *Vstupní data pro optimalizaci svozových tras komunálních odpadů*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/113078>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Martin Pavlas.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu na tému Vstupní data pro optimalizaci svozových tras komunálních odpadů vypracoval samostatne s použitím odbornej literatúry a prameňov, uvedených na zozname, ktorý tvorí prílohu tejto práce.

V Brně dne 24. 05. 2019

Bc. Marek Kulich
autor práce

POĎAKOVANIE

Rád by som sa touto cestou poďakoval Ing. Martinovi Pavlasovi, Ph.D. za vedenie diplomovej práce a Ing. Jiřímu Gregorovi, Ph.D. za jeho cenné rady a vecné pripomienky k práci. Taktiež im patrí vďaka za ich trpezlivosť.

Podakovanie ďalej patrí mojej rodine, ktorá ma plne podporovala po celú dobu štúdia a tiež mojím priateľom za cenné a praktické názory pri tvorbe diplomovej práce.

OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Motivácia.....	13
3	Odpad a jeho zvoz	15
3.1	Legislatíva.....	15
3.2	Základné definície.....	17
3.3	Zloženie komunálneho odpadu	19
3.4	Systémy zberu a zhromažďovania odpadu	21
3.4.1	Metódy podľa technického vybavenia.....	22
3.4.2	Metódy podľa štruktúry sídel (dostupnosti zberného miesta).....	23
3.4.3	Zvoz odpadu	24
4	ARP modely a technológie viažuce sa k zvozu odpadov.....	26
4.1	ARP modely.....	26
4.2	Využívanie technológií k monitoringu zvozu.....	28
4.2.1	Technológie na získavanie informácií o priestore.....	28
4.2.2	Identifikačné technológie	30
4.2.3	Technológie získavanie údajov (dát).....	30
4.2.4	Dátové komunikačné technológie	31
4.2.5	Problémy pri zaisťovaní dát	31
4.3	Smart cities	31
5	Spracovanie reálnych dátových sád	34
5.1	Vstupné dáta z mesta A a ich príprava.....	35
5.2	Vstupné dáta z mesta B a ich príprava.....	36
5.3	Analýza reálnych dátových sád mesta A	41
5.4	Analýza reálnych dátových sád mesta B	51
6	Zvozové trasy	58
6.1	Plán zvozov mesta A.....	58
6.2	Monitoring zvozov mesta A	61
6.2.1	Analýza zvozov vybraného auta.....	63
6.3	Plán zvozov mesta B.....	66
6.4	Monitoring zvozov mesta B.....	67
7	Vyhodnotenie	68
7.1	Vyhodnotenie zvozových trás.....	68
7.2	Kartografické zobrazenie zvozových trás.....	71
7.3	Diskusia výsledkov	72
8	Záver.....	74
	Zoznam použitých zdrojov	76

Zoznam použitých skratiek a symbolov	78
Zoznam príloh.....	79
Prílohy	80

1 Úvod

Už staroveké civilizácie sa zaoberali problematikou odstraňovania odpadov, čím zamedzovali šíreniu v tom čase neliečiteľných, smrteľných chorôb – moru a cholery. Chápali, že čisté ulice im zabezpečia vyššiu životnú úroveň a prosperitu celého mesta. Odpad vynášali do odpadových jám, čo sa dá považovať za počiatok odpadového hospodárstva. Odpadové hospodárstvo je činnosť zameraná na predchádzanie vzniku odpadov, na nakladanie s nimi a následnú starostlivosť o nich a kontrola týchto činností [1].

Vo všeobecnosti odpadom pomenúvame hnutelné veci, o ktoré majiteľ už stratil záujem, stratila sa ich hodnota a človek sa ich chce alebo musí zbaviť [1].

Človek produkuje odpad takmer pri každej činnosti. V roku 2017 bolo v ČR vyprodukovaných 34,5 mil. ton odpadu, z toho komunálny odpad tvoril 5,7 mil. ton [2].

Problematika odpadu je v dnešnej dobe často spomínaná téma a považovaná za jeden z najväčších problémov sveta. Odpadové hospodárstvo je zamerané na obmedzenie a predchádzanie vzniku odpadu a hlavnou prioritou je znižovanie nepriaznivých vplyvov na prírodu a životné prostredie. Tejto ekonomickej disciplíne, ktorá sa zaraďuje do environmentálnej ekonomiky prikladá ľudstvo len posledné desaťročia väčší význam. Začiatkom priemyselňovania nastal rozvoj výroby, ťažby a spotreby, čo súvisí s nárastom produkcie odpadov, znečisťovania, tvorbe skládok a zaťažovania prostredia. To viedlo producentov k minimalizácii odpadov, čiže k triedeniu a opätovnému spracovaniu a použitiu na druhotné suroviny. Taktiež Európska únia prostredníctvom legislatívy zabezpečuje znižovanie skládok a to predovšetkým finančným poplatkom. Nesprávne zaobchádzanie má zlý vplyv na životné prostredie, vedie k narúšaniu ekosystému a to sa odzrkadľuje zlým vplyvom na ľudí.

Smernica Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 o odpadoch zavádza nasledujúce hierarchiu odpadového hospodárstva v poradí priorít (Obr. 1.1) [4]:

- Predchádzanie vzniku (prevencia)
- Úprava pre opätovné použitie
- Recyklácia (materiálové využitie)
- Iné spôsoby využitia (napr. energetické)
- Odstránenie

Ďalší text sa z praktických dôvodov neriadi striktne poradím krokov v uvedenej hierarchii odpadového hospodárstva.

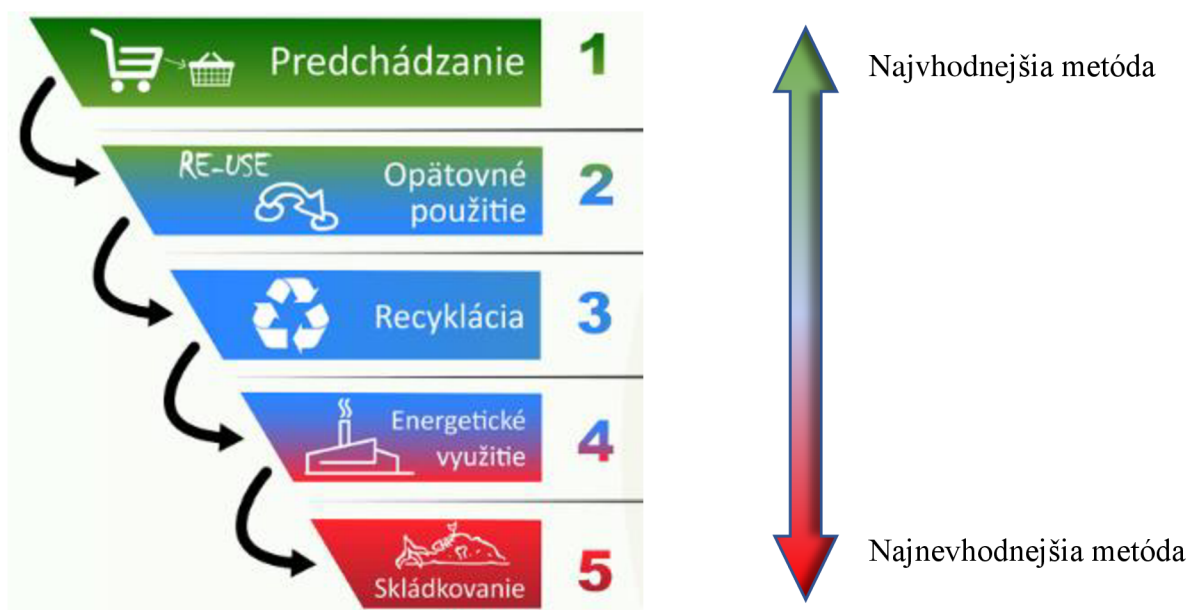
Spôsoby úpravy a zhodnocovania odpadov, tak ako sú definované v uvedenej smernici, na seba bezprostredne nadväzujú a mnohokrát sa aj navzájom prekrývajú [4].

Táto hierarchia, ktorej princíp ostatne nie je úplnou novinkou, pretože sa už skôr začal postupne v odpadovom hospodárstve presadzovať, kladie maximálny dôraz na predchádzanie vzniku odpadu, a to ako vo výrobnjej, tak aj v spotrebnej sfére. Z pohľadu bežného občana to znamená

napr. nakupovať len také množstvo potravín, ktoré môžeme spotrebovať, a tým vylúčiť, aby sa jeho časť nespotrebovala a stala sa odpadom. Ďalej sa kladie dôraz na to, aby všetok vzniknutý odpad mohol prejsť najprv všetkými stupňami využitia (materiálového a energetického), a až zostávajúci nevyužiteľný odpad bol odstránený, napr. uložením na skládku. Pritom až na výnimky, by malo mať materiálové využitie prednosť pred energetickým [4].

Z pohľadu priemyslu odráža táto hierarchia modernú stratégiu odpadového hospodárstva spočívajúcu v postupnom prechode od konceptu **koncových technológií** k orientácii na **vlastnej priemyselnej proces** a prevádzkované technologické zariadenie, a to od počiatkovej fázy vývoja produktu, cez výrobu až po konečnú likvidáciu odpadu, a zahŕňa nasledujúce kroky:

- **Prevenciu**, spočíva vo vhodnom dizajne produktu a procesu, dobrom hospodárení podniku, úprave procesu, lepšom využití suroviny a preventívnej údržbe podniku,
- **Obmedzenie množstva a toxicity**, odpadovú optimalizáciu výrobného procesu, vhodnou náhradou materiálu a úpravou prevádzkových podmienok,
- **Opätovné využitie materiálu**, ktorý by inak bol považovaný za odpad, vývojom nových alebo alternatívnych postupov jeho využitia,
- **Recykláciou** (materiálové využitie) odpadu, ktorý nemožno opätovne využiť,
- **Spracovanie odpadu** s využitím účinných technologických postupov (termických, fyzikálnych a chemických a biologických), s minimalizáciou spotreby energie a bez vytvárania nových odpadových prúdov (napr. Čistiarenské kaly),
- **Konečné odstránenie odpadov**, ktoré nemožno opätovne využiť, recyklovať alebo spracovať environmentálne priaznivé postupy v súlade so zákonnými predpismi [4].



Obr. 1.1 Hierarchia odpadu [3]

- 1) Najvhodnejšou metódou je predchádzanie odpadu, ktoré je možné docieľiť uvedomelým nákupným správaním. V súčasnosti je rozšírený tzv. zero waste concept – koncept nulového odpadu.
- 2) Druhou najvhodnejšou metódou je opätovné použitie, napr. oblečenia alebo zálohovaných obalov.
- 3) Pokiaľ sa už odpad nedá nijak použiť, recykluje sa a následne vznikajú nové výrobky.
- 4) Menej vhodnou metódou z ekologického hľadiska je energetické využitie odpadu, kedy sa odpad spaľuje, pričom sa vyrába teplo a elektrická energia – tzv. Waste to Energy.
- 5) Najmenej vhodnou metódou nakladania s odpadom je jeho skládkovanie, ktoré produkuje skleníkové plyny a odpad zostáva úplne nevyužitý [3]

2 Motivácia

Pre odpadové hospodárstvo je okrem prísnych legislatívnych požiadaviek charakteristická celá rada ďalších okolností. Je to predovšetkým rozsiahla preprava spojená s manipuláciou a skladovaním veľkých objemov látok pri veľkom sortimente materiálov a vysokých nárokov na spoľahlivosť a časovú zladenosť nadväzujúcich procesov. Nedajú sa prehliadnuť ani pomerne veľké rozdiely v prepravných vzdialenostiach, značný počet zdrojov, odberateľov, spracovateľov a v neposlednom rade výkyvy v množstve odpadu v závislosti od sezóny. To všetko zdôrazňuje dôležitosť logistiky v odpadovom hospodárstve [1].

Preprava odpadu zahrňuje jednak dopravu z miesta vzniku (domácnosti) na miesto jeho sústreďovania (napr. stanovište nádob) a jednak aj prepravu odpadu z miesta sústreďovania na miesto odstraňovania (tzv. zvoz odpadu).

Zvozom odpadov sa rozumie činnosť, pri ktorej sa dopravuje z miesta vzniku na miesto spracovania. Z ekonomického hľadiska je zvoz odpadu najnákladnejším článkom systému, pretože náklady na zvoz odpadov tvoria 2–4 násobok nákladov na spracovanie odpadu. Tieto náklady sú spôsobené predovšetkým nižšou životnosťou zariadení a mzdovými nákladmi na zamestnancov [1], [5]. Aj malé skrátenie dĺžky trasy môže viesť k zníženiu spotreby pohonných hmôt a z dlhodobejšieho hľadiska môže dôjsť k značným úsporám nákladov na zvoz. Preto optimalizácia trás hrá významnú rolu v logistike odpadového hospodárstva.

Teoretická časť tejto práce má priblížiť systémy zberu odpadu, ARP modely a technológie zabezpečujúce monitoring zvozu odpadu.

Hlavným ťažiskom práce bude spracovanie reálnych dát z dvoch miest. Dáta sú citlivého charakteru a z tohto dôvodu musia byť výsledky analýz anonymizované. V práci budú označované ako mesto A a mesto B. Mesto A má približne 50 tis. obyvateľov, mesto B má približne 170 tis. obyvateľov. Spracovanie obnáša analýzy parametrov odpadu, rekonštrukciu zvozového plánu, vyhodnotenie monitoringu zvozov zaradených do trás a ich vzájomné porovnanie. Nakoniec budú dáta z mesta A a mesta B navzájom porovnané, pretože sa odlišujú formou i obsahom. Očakáva sa, že sa odlišnosti prejavujú aj v kartografickom vyobrazení ZVOZOV.

Zmyslom tejto diplomovej práce je pripraviť dáta (tzv. preprocessing), ktoré môžu byť použité k optimalizácii zvozu odpadu pomocou nástroja NERUDA Street. Tento software využíva pokročilé ARP modely, na základe ktorých hodnotí efektivitu zvozu odpadu na úrovni jednotlivých ulíc.

Pri optimalizačných výpočtoch sa nepočíta s jednotlivými obslužnými bodmi ale s celým prejazdovým úsekom – hranou. Takým úsekom môže byť napr. ulica ohraničená križovatkami. Tie predstavujú vrcholy, ktoré hrana spája.

Hrana potom obsahuje niekoľko obslužných bodov – kontajnerov. V prípade, že poznáme dobu obsluženia každej nádoby a poznáme množstvo odpadu v nádobe (alebo toto množstvo odhadujeme), tak sa tieto časy resp. množstvo odpadu sčítajú a dostaneme tak dobu potrebnú

na obsluhu celej hrany, prípadne hmotnosť odpadu vyprodukovanú na danej hrane. Podobne sa dá zistiť dĺžka hrany súčtom dĺžok prejazdov medzi nádobami.

Po tomto kroku nasleduje výber typu optimalizácie. Tá sa môže previesť na základe ceny, prejdenej kilometrov alebo času.

Pokiaľ by sa optimalizovalo na základe ceny, je potreba využiť technicko-ekonomický model pre dopravu, ktorým sa nacení jednotlivé úseky – hrany.

Z pohľadu času je optimalizácia veľmi podobná. Je potreba stanoviť ako dlho trvá prejde hrany. Tento čas môže byť upravovaný podľa toho, či je ráno, večer, či je dopravná špička atď. V úvahu sa berie aj zdržanie pri kontajneri, pretože každý má iný obslužný čas.

Z hľadiska praktickej využiteľnosti práca pripravuje a sumarizuje dáta na vstup do optimalizačného software, posudzuje kvalitu a možnosti dátových sád a môže pomôcť aj s výberom typu optimalizácie a vhodných vstupných dát.

3 Odpad a jeho zvoz

Prvá teoretická kapitola priblíži českú legislatívu o odpadoch, vysvetlí základné pojmy týkajúce sa odpadu, popíše zloženie komunálneho odpadu a ku koncu rozdelí systémy zberu a zhromažďovania odpadu a k nim prislúchajúce technické riešenia.

3.1 Legislatíva

Pre efektívne fungovanie spoločnosti, kam zaraďujeme právnické ale i fyzické osoby, je potrebná znalosť predpisov z prostredia odpadového hospodárstva. Zákony a vyhlášky prevzaté z [6].

V tejto kapitole sa nachádza stručný prehľad českej legislatívy týkajúcej sa odpadov.

Presne stanovené zákony a pravidlá pomáhajú k bezchybnému fungovaniu spoločnosti. Oblasť nakladania s odpadmi legislatívne určuje **zákon č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů (novela 45/2019 Sb.)**. Ten postupne prešiel mnohými novelami. Príkladom je **zákon č. 314/2006 Sb.**, ktorý dopĺňa zákon o odpadoch o biologicky rozložiteľné odpady [1]. V súčasnosti je v platnosti jeho 49. novela. V tomto zákone sa stanovujú pravidlá pre predchádzanie vzniku odpadov a pre nakladanie s nimi pri dodržiavaní ochrany ľudského zdravia, životného prostredia, trvalo udržateľného rozvoja. Ďalej sa v ňom stanovujú pravidlá pre zlepšovanie efektívnosti a obmedzovanie nepriaznivých vplyvov pri využívaní prírodných zdrojov v súlade s príslušnými predpismi Európskych spoločenstiev. Okrem toho upravuje práva a povinnosti osôb v odpadovom hospodárstve a pôsobnosť orgánov verejnej správy v odpadovom hospodárstve [6].

Druhým dôležitým zákonom je **zákon č. 477/2001 – Zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech) (novela 149/2017 Sb.)**.

Účelom tohto zákona je chrániť životné prostredie predchádzaním vzniku odpadov z obalov (znižovaním hmotnosti, objemu a škodlivosti obalov a chemických látok v obaloch obsahnutých). Zákon stanovuje práva a povinnosti podnikajúcich právnických a fyzických osôb a pôsobnosť orgánov štátnej správy pri nakladaní s obalmi a uvádzanie obalov na trh alebo do obehu, pri spätnom odbere, pri využití odpadu z obalu. Ďalej stanovuje poplatky a ochranné opatrenia na nápravu a pokuty [1].

Najdôležitejšie vykonávacie predpisy pre nakladanie s odpadmi [4], [6]:

- **Vyhláška č. 93/2016 Sb. o Katalogu odpadů.** Nahradzuje vyhlášku č. 381/2001 Sb. (Katalog odpadů). Vyhláška o Katalogu odpadů stanovuje Katalóg odpadov, postup pre zaraďovanie odpadu podľa Katalógu odpadov a náležitosti návrhu obecného úradu obce s rozšírenou pôsobnosťou na zaradenie odpadu podľa Katalógu odpadov.
- **Vyhláška č. 383/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady (novela 387/2016 Sb., 437/2016 Sb.)**. V tejto vyhláške získame potrebné informácie o náležitostiach žiadosti o súhlas na prevádzkovanie zariadenia na

využívania, odstraňovanie, zberu alebo výkupu odpadov a žiadosť o súhlas na nakladanie s nebezpečnými odpadmi. Ďalej potom technické požiadavky na zariadenia a zoznam odpadov, pri ktorých odbere alebo výkupe je prevádzkovateľ zariadenia na zber alebo výkupe odpadov povinný viesť evidenciu osôb, od ktorých odpady odobral. Popisuje aj podrobnosti nakladania s vybranými odpadmi a spôsob vedenia priebežnej evidencie.

- **Vyhláška č. 237/2002 Sb.** *Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků (novela 353/2005 Sb.).* Pojednáva o zaistení informovanosti predajcu a spotrebiteľa.
- **Vyhláška č. 294/2005 Sb.** *Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (novela 387/2016 Sb.).* Popisuje odstraňovanie odpadov ich ukladaním na skládky, zvláštne požiadavky pri tejto činnosti a technické požiadavky pre využívanie odpadov na povrchu terénu.
- **Vyhláška č. 352/2005 Sb.** *Vyhláška o podrobnostech nakládání s elektrozařizováními a elektroodpady a o bližších podmínkách financování nakládání s nimi (vyhláška o nakládání s elektrozařizováními a elektroodpady) (novela 200/2014 Sb.).* Vyhláška stanoví podrobnosti nakladania s elektrozaariadeniami a elektroodpadmi, podmienky financovania a podrobnosti pri cezhraničnej preprave použitých elektrozaariadení.
- **Vyhláška č. 352/2008 Sb.** *Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady z autovraků, vybranych autovraků, o způsobu vedení jejich evidence a evidence odpadů vznikajících v zařizováních ke sběru a zpracování autovraků a o informačním systému sledování toků vybranych autovraků (o podrobnostech nakládání s autovraky) (novela 270/2015 Sb.).*
- **Vyhláška č. 341/2008 Sb.** *Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady), (novela 437/2016 Sb.).* Stanoví zoznam bioodpadov a požiadavky na ich kvalitu pred vstupom do technológie na materiálové využitie bioodpadov, ďalej stanoví technické požiadavky zariadenia biologického spracovania odpadov.

Okrem legislatívy z oblasti odpadového hospodárstva je nutné spomenúť aj vyhlášky z oblasti dopravy.

- **Vyhláška č. 341/2014 Sb.** *Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích (novela 206/2018 Sb.)* Pojednáva o základných znakoch typu a kategórie vozidiel, schvaľovaní typu, technických skúšobniach, prestavbe cestného vozidla, výbave a o zvláštnych vozidlách.

Najväčšie povolené hmotnosti cestných vozidiel boli čerpané z **vyhlášky č. 209/2018 Sb.** – *Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel*, ktorou sa stanovujú limitné hodnoty zaťaženia vozidiel a tieto hodnoty budú ďalej použité vo výpočtoch. Citované sú podstatné pasáže z vyhlášky:

§ 2

Základní pojmy

Pro účely této vyhlášky se rozumí:

a) dvojnápravou motorového nebo přípojného vozidla dvě za sebou umístěné nápravy, jejichž středy jsou od sebe vzdáleny méně než 1,8 m,

b) trojnápravou motorového vozidla tři za sebou umístěné nápravy, jejichž součet dílčích rozvorů činí nejvýše 2,8 m,

Limitné hodnoty

§ 5

Největší povolené hmotnosti silničních vozidel, zvláštních vozidel a jejich rozdělení na nápravy

(2) Hodnoty hmotností vozidel a jízdních souprav včetně nákladu, jejichž překročení ohrožuje bezpečnost provozu na pozemních komunikacích nebo stav pozemní komunikace, činí

a) u motorových vozidel se dvěma nápravami - 18,00 t,

b) u motorových vozidel se dvěma nápravami, jedná-li se o vozidlo kategorie M3 - 19,50 t,

c) u motorových vozidel se třemi nápravami - 25,00 t,

d) u motorových vozidel se třemi nápravami, 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 - 26,00 t.

Nadmerná preprava, kedy sú prekročené najvyššie prípustné hmotnostné hodnoty môže byť dôvodom opotrebovania ciest a následne k ich ničeniu kvôli preťažovaniu. Pri prekračovaní najvyšších povolených hmotností dochádza k opotrebovaniu ciest a k zvyšovaniu rizika dopravnej nehody ako dôsledok dlhšej brzdnéj dráhy. Preto ak chceme predísť nehodám alebo poškodeniu ciest, či vozidla je dôležité dodržiavať limitné hodnoty.

3.2 Základné definície

Základné definície prevzaté z [1], [4]:

- **Odpad** je každá hnuiteľná vec, ktorej sa osoba zbavuje alebo má úmysel alebo povinnosť sa jej zbaviť.
- **Komunálny odpad** je všetok odpad vznikajúci na území obce pri činnosti fyzických osôb a ktorý je uvedený ako komunálny vo vykonávacom právnom predpise

s výnimkou odpadov vznikajúcich u právnických osôb alebo fyzických osôb oprávnených k podnikaniu.

- **Zmesový komunálny odpad (ZKO)** je odpad, ktorý zostáva po oddelení využiteľných zložiek a nebezpečných zložiek komunálnych odpadov.
- **Nebezpečný odpad** je odpad uvedený v Zozname nebezpečných odpadov a akýkoľvek iný odpad vykazujúci jednu alebo viac nebezpečných vlastností uvedených v Zákone o odpadoch.
- **Biologicky rozložiteľný odpad (BRO)** je akýkoľvek odpad schopný anaeróbneho alebo aeróbneho rozkladu. Jedná sa najmä odpady poľnohospodárske, lesnícke, potravinárske, papierenské, zo spracovania dreva, kože, textilného priemyslu, patria sem aj biologicky rozložiteľné odpady komunálne vrátane odpadov z verejnej zelene.
- **Odpadové hospodárstvo** je činnosť zameraná na predchádzanie vzniku odpadov, na nakladanie s odpadmi a následnou starostlivosťou o miesto, kde sú odpady trvale uložené a kontrola týchto činností.
- **Nakladanie s odpadmi** je ich zhromažďovanie, sústredenie, zber, výkup, triedenie, preprava a doprava, skladovanie, úprava, využívanie a odstraňovanie.
- **Pôvodca odpadov** je právnická osoba, ktorej pri činnosti vznikajú odpady alebo fyzická osoba oprávnená k podnikaniu, ktorej pri činnosti vznikajú odpady. Pre komunálne odpady na území obce, ktoré majú pôvod u fyzických osôb sa za pôvodcu považuje obec. Obec sa stane pôvodcom odpadov v okamžiku, kedy fyzická osoba odloží odpady na mieste k tomu určenom. Obec sa súčasne stáva vlastníkom týchto odpadov.
- **Mobilné zariadenie (k zberu alebo výkupu odpadov)** je zberový prostriedok schopný samostatného pohybu a splňujúci požiadavky na zariadenie k zberu alebo k výkupu odpadov stanovené zákonom a vyhláškou a zvláštnymi právnymi (dopravnými) predpismi (*vyhláška č. 383/2001 Sb.*).
- **Výkup odpadov** je zber odpadov prípade, keď odpady sú právnickou osobou alebo fyzickou osobou oprávnenou k podnikaniu kupované za zjednanú cenu.
- **Zhromažďovanie odpadov** je krátkodobé sústredovanie odpadov do zhromažďovacích prostriedkov v mieste ich vzniku pred ďalším nakladaním s odpadmi.
- **Zber odpadov** je sústredovanie odpadov právnickou osobou alebo fyzickou osobou oprávnenou k podnikaniu od iných subjektov za účelom ich predania k ďalšiemu využitiu alebo odstránenia.
- **Skladovanie odpadov** je prechodné uloženie odpadov, ktoré boli sústredené (zhromaždené, zozbierané, vykúpené), do zariadenia k tomu určeného a ich ponechania v ňom.

- **Odstraňovanie odpadov** sú činnosti uvedené v prílohe č. 4 k *Zákonu o odpadoch*
- **Opätovné použitie** je použitie vecí (výrobku, materiálu) k pôvodnému účelu bez jeho prepracovania (úpravy), výrobok sa nestáva odpadom.
- **Triedenie** je oddeľovanie jednotlivých druhov odpadu podľa rovnakého zloženia, vlastností a kategórie podľa katalógu odpadov.
- **Recyklácia odpadov** je akýkoľvek spôsob využitia odpadov, ktorým je odpad znovu spracovaný na výrobky, materiály alebo látky pre pôvodné alebo iné účely ich použitia avšak nie pre energetické využitie, použitie ako palivo či ako zásypový materiál.
- **Skládka odpadov** je zariadenie určené k odstraňovaniu odpadov ich trvalým uložením na zemi alebo do zeme.

3.3 Zloženie komunálneho odpadu

Podkapitola stručne popisuje odpadové komodity, ktoré sa vyskytujú v tejto práci (sklo, papier, plast) a ďalšie zložky komunálneho odpadu a nakladanie s nimi. Popis komodít prevzatý z [7], ak nie je uvedené inak.

- **Sklo** – homogénna priehľadná alebo priehľadná beztvárna látka, ktorá vzniká vychladnutím taveniny, najčastejšie kremičitanovej. Sklo patrí medzi druhotné suroviny, ktoré sú dlhodobo dobre recyklovateľné. Farebné sklo sa vyhadzuje do zeleného kontajneru, do bieleho patrí číre sklo.
- **Papier** – tenký, hladký materiál vyrábaný zhutnením vlákna. Papier alebo lepenka patria medzi dobre recyklovateľné komodity. Na zhromažďovanie sa používajú modré kontajnery. Z kombinovaných obalov, ktoré obsahujú v najväčšom zastúpení papier poznáme Tetrapaky (nápojový kartón). Sú to viacvrstvé tepelne upravované obaly. Recykláciou je z nich je potom možné vyrábať plnohodnotné výrobky (tetrapakové dosky, vratné obaly a pod.). Nápojové obaly sa ale zbierajú spolu s plastami v žltej nádobe (ak je to povolené), v prípade, že je pre ne vyhradená samostatná nádoba, býva oranžovej farby.
- **Plasty** – označujú syntetické alebo polysyntetické polymerizačné produkty, ktoré sa skladajú z organických kondenzačných alebo prísadových polymérov a obsahujú aj iné látky podľa požadovaných vlastností. Plasty sú recyklovateľné v obmedzenej miere. Najbežnejšie plasty, ktoré sa recyklujú sú nápojové PET fľaše. Na zhromažďovanie plastov sú určené žlté nádoby.
- **Kovy** – hlavný podiel z kovov v obaloch má hliník. Po separácii sa rôznymi metódami (avšak najčastejšie lisovaním) spracováva a využíva ako druhotná surovina pri výrobe. Kovy sú dobre recyklovateľné.

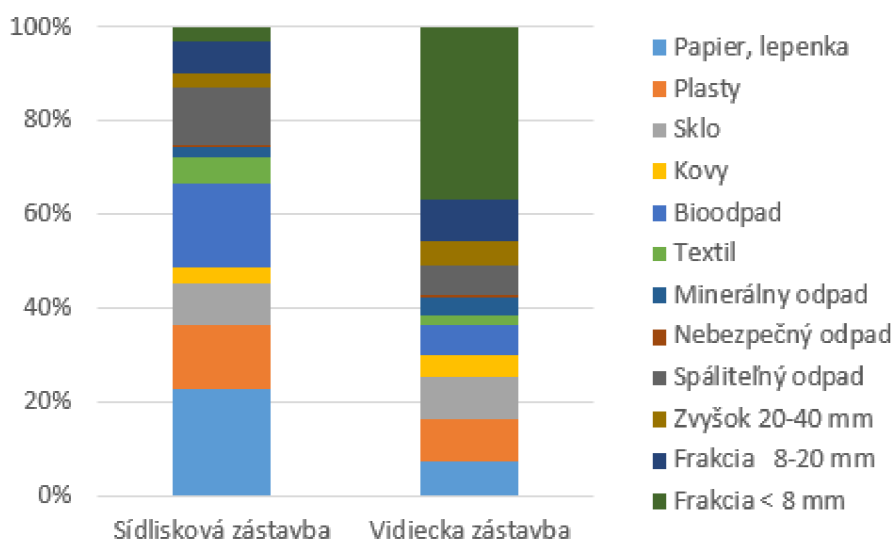
- **Biologický rozložiteľný komunálny odpad (BRKO)** – podmnožina biologicky rozložiteľného odpadu (BRO), ide teda o BRO z komunálneho odpadu (*vyhláška č. 383/2001 Sb.*). Patria sem potraviny, odpad zo zelene, kompost [1]. Najstaršou metódou zhodnocovania biologicky rozložiteľného odpadu je kompostovanie, ktorého výsledkom je vznik prírodného hnojiva [7]. Nádoby bývajú najčastejšie hnedej farby.
- **Šatstvo** – patria sem napr. spodná bielizeň, svetre, nohavice, tričká, košele, vetrovky a stávajú sa odpadom či je, alebo nie je opotrebované. Existujú možnosti ako správne nakladať so šatstvom pred tým než sa stane nepotrebnou vecou, čiže odpadom. Napr. second-hand, pretvorenie starých kusov oblečenia na nové (Re-Use) a pod.
- **Žiarivky a iný odpad obsahujúci ortuť** – do tejto kategórie patria aj výbojky v rôznom prevedení a tiež ortuťové teplomery. Sú to komodity, ktoré sa zaraďujú medzi nebezpečný odpad a preto je veľmi dôležité správne zaobchádzanie po ukončení ich funkčnosti (životnosti). Predstavujú 1 % z celkového množstva komunálneho odpadu.
- **Zariadenia, ktoré obsahujú chlór-fluórované uhl'ovodíky** – patria sem staré chladničky a mrazničky predstavujúce komodity, ktoré k svojej funkcii používajú freón. Freón patrí medzi chlór-fluórované uhl'ovodíky a jeho únikom do ovzdušia dochádza k poškodzovaniu ozónovej vrstvy.
- **Batérie a akumulátory** – svojím zložením a použitými materiálmi patria medzi nebezpečný odpad. Obsahujú olovo a nepatria do zbernej nádoby a je možné ich ekologicky spracovať.
- **Elektrické a elektronické zariadenia** – taktiež ide o zariadenia, ktoré patria medzi nebezpečný odpad a preto, keď sa stanú odpadom je dôležité s nimi správne nakladať.
- **Drobný stavebný odpad** – vzniká pri stavebných prácach. Radí sa medzi inertný odpad v prípade, že nie je znehodnotený chemikáliami či nebezpečnými látkami tak, že by došlo k významným fyzikálnym, chemickým a biologickým premenám. Takýto odpad sa dá znova spracovať a používať napr. pri stavebných prácach.
- **Objemný odpad** – inak nazývaný aj veľkoobjemový obsahuje veci, ktoré majú veľké rozmery. Patrí sem nábytok, okná, kreslá, radiátory a pod., ktoré je možné ekologicky spracovať.

Zloženie komunálneho odpadu závisí od štruktúry osídlenia. Hmotnostné zastúpenia jednotlivých látkových skupín rozdelených podľa zástavby udáva Tab. 3.1.

Tab. 3.1 Zloženie komunálneho odpadu v rôznych zástavbách [% hmot.] [8]

	Sídlisková zástavba	Vidiecka zástavba
Papier, lepenka	22,7	7,6
Plasty	13,8	9
Sklo	8,7	8,9
Kovy	3,4	4,5
Biodpad	18,2	6,3
Textil	5,6	2,2
Minerálny odpad	1,9	4
Nebezpečný odpad	0,5	0,5
Spáliteľný odpad	12,4	6,2
Zvyšok 20-40 mm	3,1	5
Frakcia 8-20 mm	6,6	8,9
Frakcia < 8 mm	3,1	36,9

Po vynesení hodnôt do grafu (Obr. 3.1) vidno veľký rozdiel v zastúpení frakcie < 8 mm. Sídlisková zástavba je charakteristická centrálnym vykurovaním bytov, pri ktorom nevznikajú pevné odpady. V prímestskej alebo vidieckej zástavbe je vykurovanie bytov sprevádzané vznikom pevných odpadov. Frakcia < 8 mm je teda tvorená z väčšej časti popolom z dreva či uhlia a bude závislá na ročnom období [1].



Obr. 3.1 Zloženie komunálneho odpadu v rôznych zástavbách [% hmot.]

3.4 Systémy zberu a zhromažďovania odpadu

Pri zbere odpadov sa používajú rôzne systémy. Tie vychádzajú z hustoty osídlenia, topografie územia, spôsobu dopravy a množstva a druhu odpadov. Práve množstvo, zloženie a druh odpadu je hlavnou požiadavkou pre určenie vyžadovanej kapacity systému, zvlášť pri separovanom zbere. Výber systému by nemal vyplývať len z ekonomických predpokladov, ale tiež by sa mal brať do úvahy vplyv na životné prostredie [5].

3.4.1 Metódy podľa technického vybavenia

Nádobový zber

Nádobový zber je v súčasnosti najrozšírenejším systémom a to aj navzdory negatívnym vplyvom na okolie, akými je znížená estetickosť okolia a hlučnosť [5]. Základom je viacnásobné použitie nádob (Obr. 3.2) [1].

Podľa objemu môže ísť o nádoby:

- malé (do 120 l)
- stredné (od 120 – 1100 l)
- veľké (nad 1100 l).



Obr. 3.2 Zberné nádoby na sklo, papier a plast [9]

Vrecový zber

Zložky KO sú v domácnostiach zbierané do farebne odlišených vriec (Obr. 3.3) (plastové, papierové, jutové) s objemom od 40 do 120 litrov, ktoré občania odnášajú v deň zvozu odnášajú pred svoj dom alebo na určené miesto v obci [1].



Obr. 3.3 Vrecia na zložky KO [9]

Beznádobový zber

Jednotlivé zložky KO (v praxi je to najčastejšie papier) sú zhromažďované v domácnostiach a v dopredu známom čase sú ponechané na určenom mieste (bytové domy) alebo pred domom (v zástavbe rodinných domov). Takto zhromaždené zložky KO sú odvezené k ďalšiemu spracovaniu ešte v deň zberu [1].

Výhody a nevýhody rôznych metód zberu podľa technického vybavenia (Tab. 3.2)

Tab. 3.2 Výhody a nevýhody rôznych metód zberu podľa technického vybavenia [1]

	Výhody	Nevýhody
Nádobový zber	<ul style="list-style-type: none">• Občanmi akceptovaný spôsob• Možnosť voľby veľkosti nádob pre rôzne zástavby	<ul style="list-style-type: none">• Vysoké investičné náklady• Nevyhnutnosť starostlivej voľby stanovišť nádob
Vrecový zber	<ul style="list-style-type: none">• Nižšie investičné náklady• Operatívnosť nasadenia	<ul style="list-style-type: none">• Obťažné umiestňovanie vriec v domácnostiach• Možnosť znečistenia komunikácií
Beznádobový zber	<ul style="list-style-type: none">• Nízke investičné náklady• Výtlačnosť zrovnateľná s nádobovým zberom	<ul style="list-style-type: none">• Nevyhnutná trvalá informovanosť obyvateľstva• Možnosť znečisťovania okolia

3.4.2 Metódy podľa štruktúry sídel (dostupnosti zberného miesta)

V praxi sa používajú dve metódy odlišujúce sa donáškovou vzdialenosťou (vzdialenosť medzi stanovišťom nádob a miestom bydliska občana). Oba spôsoby sa odlišujú aj počtom nádob. Jedná sa o systém zberu donáškový a odvozový. Podkapitola spracovaná z [1].

Donáškový

Pri donáškovom zbere musí občan odnieť vytriedené zložky komunálneho odpadu na určené miesto, vybavené farebne rozlíšenými nádobami o objeme 660–3200 litrov. Do zástavby rodinných domov je vhodnejšie použiť kontajner o objeme 2000 l. Donášková vzdialenosť stanovišť by nemala presiahnuť 150 m. Podľa objemu sa volí interval odvozu jednotlivých komodít.

Odvozový

Odvozový zber charakterizuje krátka vzdialenosť farebne odlišených zberných nádob o objeme 40–1100 l. Vzdialenosť by nemala presahovať 50 m. V ČR sa odvozový spôsob zberu používa pre ZKO a BRKO. Nádoby bývajú umiestnené pred vchodmi do bytových domov alebo pred bránami rodinných domov. Odvozovým zberom môže byť aj vrecový zber, pokiaľ občania odkladajú vrecia v bezprostrednej blízkosti domov.

Výhody a nevýhody rôznych metód zberu podľa štruktúry sídel (Tab. 3.3)

Tab. 3.3 Výhody a nevýhody rôznych metód zberu podľa štruktúry sídel [1]

	Výhody	Nevýhody
Donáškový zber	<ul style="list-style-type: none">• Nižšie investičné náklady• Pre občanov známy a akceptovaný spôsob• Nízke náklady na zaobstaranie nádob	<ul style="list-style-type: none">• Horšia dostupnosť pre občanov• Nižšia výťažnosť a kvalita zložiek KO
Odvozový zber	<ul style="list-style-type: none">• Najväčšia akceptovateľnosť občanmi• Vyššia výťažnosť a kvalita zložiek KO	<ul style="list-style-type: none">• Vysoké investičné náklady spojené s počtom pristavených nádob

3.4.3 Zvoz odpadu

Zberné vozidlá a ich konštrukcie prešli vývojom od najjednoduchších nekrytých vozov cez čiastočne upravené vozidlá s možnosťou zakrytia odpadov až po dokonalé konštrukcie, ktoré sa používajú v súčasnosti. Úpravy konštrukcie sa zamerali predovšetkým na zmechanizovanie namáhavej fyzickej práce pri manipulácii s nádobami a na maximálne využitie možností zberných vozidiel [5].

Pre dopravu KO sa používajú rôzne, konštrukciou prispôbené automobily. Rozdeľujú sa do troch skupín [1]:

- **Zvozové odpadkové automobily** – odvážajú odpadky zhromažďované v odpadkových nádobách, ktoré sú normalizované
- **Nosiče prepravníkov** – odvážajú odpadky zhromažďované v odpadkových prepravníkoch
- **Prepravné odpadkové automobily** – pre diaľkovú prepravu odpadu z prekladacích staníc

Zvozové odpadkové automobily

Nadstavba zvozových automobilov pozostáva z nádrže na odpadky, stlačacieho zariadenia a vyklápača nádob [1].

Stlačacie zariadenie slúži k zhutneniu odpadkov, aby bola nosnosť automobilu čo najlepšie využitá. Používajú sa dva spôsoby – rotačné a lineárne stlačovanie.

Oba základné typy sa líšia výkonnosťnými parametrami. U vozidiel s rotačným stlačovaním je počet obslužených 110 litrových nádob 200–300. Priemerná doba nakládky je 0,5 minúty a počet obyvateľov zvozovej oblasti je 9 až 12 tisíc. Vozidlá s lineárnym stlačovaním pojmu 80–100 nádob s objemom 1100 litrov, s priemernou dobou výsypania jednej nádoby 1 až 1,5 minúty a obslužia zvozovú oblasť s 30 až 35 tisíc obyvateľmi. [1]

Rotačné stlačovanie spočíva v tom, že valcová časť na odpadky sa otáča okolo svojej osi. Lopatky umiestnené v zadnej časti naberajú a zatlačujú odpad do nádoby, kde je ďalej posúvaný dvojchodovou šróbovicou. Ukážka vozidla je na Obr. 3.4. Vysypanie odpadu prebieha pri obrátenom chode otáčania nádrže a doba pre vysypanie je až 10 minút [1].



Obr. 3.4 Nadstavba vozidla s rotačným lisom [19]

Nadstavby s lineárnym stlačovaním majú nádrž obdĺžnikového prierezu. Predná stena je tvorená posuvnou doskou a v zadnej časti je uzatvárateľné veko s lisovacím zariadením, ktoré jednak naberá odpad z násypnej vane a potom podáva a zatlačuje do nádrže proti tlaku prednej steny. Vozidlá s takýmto stlačovaním sa používajú najmä na zvoz KO a na zber separovaných zložiek KO (papier a plast). Vozidlo nie je vhodné na zvoz skla, pretože v nádrži dochádza k jeho drveniu [1].

Nosiče prepravíkov

Niektoré z nich odvážajú odpad výmenným spôsobom, tzn., že privezú prázdny kontajner a odvezú naplnený. Iná varianta odvozu spočíva v odvoze odpadu presypaním do kontajneru, ktorý je pripevnený na podvozku vozidla. Jedná sa najmä o odvoz odpadu z tzv. zvonov obsahujúcich separovaný odpad – sklo, ale aj papier či plast [1].

Prepravné odpadkové automobily

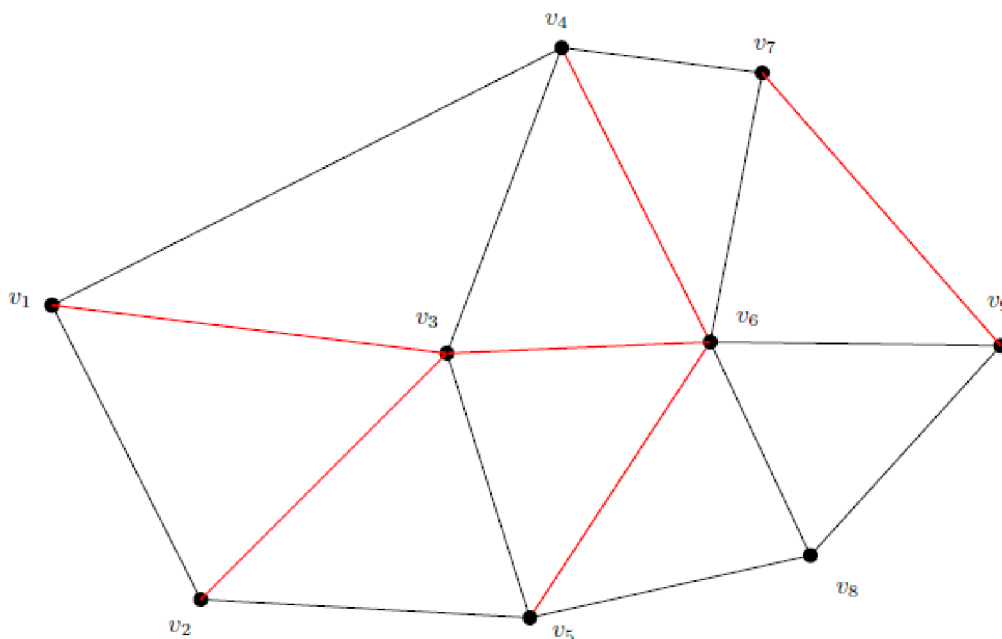
System využívá menšie zberné vozidlá, ktoré odvážajú separovaný zber zo zberných nádob a zhromažďujú ich vo veľkoobjemových kontajneroch o objeme 20 m³. Špeciálne zvozové súpravy následne môžu odvážať súčasne až 3 tieto kontajnery do spracovateľských objektov či na skládky [1].

4 ARP modely a technológie viažuce sa k zvozu odpadov

V tejto teoretickej kapitole je vysvetlené, čo sú to ARP modely, aké technológie sa využívajú pri získavaní vstupných dát a potenciál ich využitia.

4.1 ARP modely

Arc routing problem (ARP) je zovšeobecnením CPP (Chinese Postman Problem - Problém čínskeho poštára) a patrí do neho mnoho ďalších problémov. Jeho cieľom je rozhodnúť o najlacnejšom prejazde podmnožinou hrán daného grafu s možnosťou ďalších obmedzení. ARP sa vyskytuje v mnohých oblastiach Distribution Management a po dlhú dobu je objektom záujmu matematikov a vedcov z operačného výskumu. Medzi praktické uplatnenie tohto problému patria poštové služby, údržba ciest (odstraňovanie snehu, sypanie soľou), plánovanie trás školských autobusov alebo zvoz odpadu, čím sa budeme zaoberať v tejto práci. Možnou modifikáciou CPP je tzv. Rural Postman Problem (RPP), kde sú tiež hrany, ktoré nie je nutné prejsť a slúžia teda len pre prejazdy (Obr. 4.1). Tento problém patrí medzi najrozšírejšie aplikácie ARP.



Obr. 4.1 Sieť predstavujúca RPP

Ďalším problémom spadajúcim pod ARP je Windy Postman Problem (WPP). Tu záleží na smere odkiaľ na hranu prideme, čo je premietnuté v priestorových nákladoch.

Inou modifikáciou CPP je hierarchické CPP, kde je definovaná relácia prednosti na A , potom teda poradie, v ktorom sú hrany prechádzané, musia túto vlastnosť spĺňať. Na riešenie tohto problému sa často využíva dynamické programovanie.

Všetky tieto ARP môžu byť uvažované ako na orientovanom, tak na neorientovanom grafe. Ďalším rozšírením je Capacitated Arc Routing Problem (CARP), kde hrany majú nezáporný dopyt alebo váhu. Uvažujeme vozový park K o m vozidlách s rovnakou kapacitou Q . Tieto vozidlá sú umiestnené vo vozovni, odkiaľ vykonávajú svoje výjazdy. CARP sa potom snaží nájsť minimálne náklady za dopravu a to tak, aby celkový náklad vozidiel po prejení všetkých zadaných hrán neprekročil Q . Úloha je uvažovaná na grafe o n vrcholoch, tvoriaci množinu V . Množinu všetkých vrcholov, okrem vozovne (index 0) označíme V^0 . Vysvetlenie premenných je v Tab. 4.1.

V tejto úlohe potom môžeme definovať binárne premenné x_{ijk} , ktoré sú rovné 1, ak je hrana (i, j) prejdená vozidlom k . Ďalej binárne premenné y_{ijk} , ktoré sú rovné 1, ak je hrana (i, j) obslužená vozidlom k . Pripomeňme, že všetky hrany s dopytom $d_{ij} > 0$ musia byť obslužené, ale ostatné hrany môžu byť taktiež prejdené. Formulácia úlohy je potom spísaná na nasledujúcom rovníciach:

$$\min \sum_{k \in K} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V: i \neq j} c_{ij} x_{ijk} \quad (4.1)$$

$$\sum_{j \in V: i \neq j} x_{jik} - \sum_{j \in V: i \neq j} x_{ijk} = 0, \quad i \in V, k \in K, \quad (4.2)$$

$$\sum_{k \in K} (y_{ijk} + y_{jik}) = \begin{cases} 0 & \text{ak } d_{ij} = 0 \\ 1 & \text{ak } d_{ij} > 0 \end{cases}, \quad i, j \in V: i \neq j, \quad (4.3)$$

$$x_{ijk} \geq y_{ijk}, \quad i, j \in V: i \neq j, k \in K, \quad (4.4)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V: i \neq j} d_{ij} y_{ijk} \leq Q, \quad \forall k \in K, \quad (4.5)$$

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijk} &\leq |S| - 1 + n^2 u_k^S \\ \sum_{i \in S} \sum_{j \notin S} x_{ijk} &\geq 1 - w_p^S \\ u_k^S + w_k^S &\leq 1 \\ u_k^S, w_k^S &\in \{0,1\} \end{aligned} \right\} S \subset V^0: S \neq \emptyset, \forall k \in K, \quad (4.6)$$

$$x_{ijk}, y_{ijk} \in \{0,1\}, \quad \forall i, j \in V, k \in K \quad (4.7)$$

Tab. 4.1 Vysvetlenie premenných

S	množina všetkých scenárov	Q_k	kapacita k-teho vozidla
M	množina spracovateľských	q_i	dopyt i-teho zákazníka je
K	vozový park	c_{ij}	náklady na cestu od zákazníka i k zákazníkovi j
n	vrcholy grafu	d_{ij}	čas prejazdu medzi zákazníkom i a j je
m	počet vozidiel	x_{ijk}	binárna premenná
V	množina všetkých vrcholov	y_{ijk}	binárna premenná
V⁰	množina všetkých vrcholov (s indexom 0)	u_k^S	binárna premenná
Q	kapacita vozidla	u_k^S	binárna premenná
t	čas, v kt. je miesto navštívené		

Rovnica (4.1) potom teda minimalizuje celkové náklady za dopravu pre všetky vozidlá. Rovnica (4.2) zabezpečuje zachovanie a nadväznosti tokov pre každé vozidlo. V (4.3) indikujeme podľa d_{ij} , ktoré hrany musia byť obslužené. Obmedzenie (4.4) popisuje vzťah medzi premennými tak, že ak obsluhujeme nejakú hranu, tak cez ňu musíme aj prejsť tým istým vozidlom. Neprekročenie kapacity nákladom vozidla zaručuje (4.5). Rovnice (4.6) zamedzujú tvorenie nedovolených podtrás s využitím pomocných binárnych premenných u_k^S a w_k^S . A nakoniec v (4.7) definujeme premenné ako binárne.

Pri veľkých vzdialenostiach medzi hranami v porovnaní s ich dĺžkou sa tento problém transformuje na VRP, a preto je využitie ARP vhodné predovšetkým pre mestskú a prímestskú infraštruktúru.

Významným rozšírením z hľadiska praktického využitia je doplnenie CARP o ďalšie prívlastok, a to Periodic. Tu sa potom plánovanie trás rozšíri na daný časový horizont (viac dní), s tým, že pre každú hranu s dopytom je zadaná frekvencia, s akou ju musíme v časovom horizonte navštíviť. Z praktických aplikácií vyplýva ešte ďalšie obmedzenie, ktoré navyše určuje rozostupy medzi jednotlivými návštevami. Toto obmedzenie zamedzuje situácii, že by sa napr. odpad zväzal dva dni po sebe a vo zvyšku týždňa už nie, čo v odpadovom hospodárstve nedáva zmysel. Podkapitola 4.1 bola čerpaná z [10].

4.2 Využívanie technológií k monitoringu zvozu

V tejto podkapitole sa venuje priestor technológiám snímajúcim polohu vozidla, spôsobmi identifikácie nádob, snímania údajov a následnému prenosu do počítača. Spomenuté sú aj obvyklé problémy pri zaisťovaní dát. Celá podkapitola čerpaná z [11].

4.2.1 Technológie na získavanie informácií o priestore

Priestorové technológie sú najviac využívanými informačnými a komunikačnými technológiami v environmentálnom modelovaní, pretože priestorová analýza je dôležitým

prvkom mnohých environmentálnych štúdií. Tieto technológie efektívne spracovávajú priestorové informácie a umožňujú platformám integrovať rôzne modely, rozhrania a tiež podsystemy.

Priestorové technológie sú klasifikované v troch hlavných typoch: Geografické informačné systémy (GIS), Družicový navigačné systémy (GPS¹) a diaľkové snímanie (RS²). Hlavnými funkciami tohto typu technológie je snímanie, ukladanie, analyzovanie a mapovanie priestorových dát. Obsahom priestorového dátového setu môžu byť dáta, priestorová topológia, rastre, vlastnosti a dokonca aj sieťové dátové sety. S vývojom moderných priestorových technológií v súčasnosti vznikli nové nástroje a príležitosti využitia tejto techniky v mnohých oblastiach.

1. Geografické informačné systémy (GIS)

GIS, jedna z najsofistikovanejších priestorových technológií je počítačový informačný systém ktorý je schopný zbierať, uschovať, manažovať, integrovať, manipulovať, analyzovať a zobrazovať priestorové dáta inak známe ako geopriestorové, alebo geograficky odkazované dáta. Väčšinou sú tieto dáta aranžované do tematických vrstiev formovaním digitálnych máp. Použitie GIS v kombinácii s ostatnými priestorovými a komunikačnými technológiami slúži k záznamu, komunikácii a analýze priestorových dát pre plánovanie a dizajnovanie rôznych aplikácií. Je úspešne používaná v aplikáciách ako SWM³ (nakladanie s pevnými odpadmi), plánovanie mestských služieb, manažmente presunu zdrojov, lesníctve, prevencii prírodných katastrof, geológii a v mnohých aspektoch environmentálneho modelovania.

2. Geografický navigačný systém (GPS)

GPS je globálny navigačný a lokalizačný systém založený na konštelácii viacerých satelitov na obežnej dráhe. GPS je široko používaný systém pre mnoho civilných aplikácií aj napriek tomu, že pôvodne bol vytvorený a využívaný pre vojenské účely. Použitie GPS v kombinácii s ostatnými priestorovými technológiami, hlavne s GIS pomáha sledovať zberačské vozy a kontajnery v sledovanej oblasti a tiež pomáha sledovať čas zberu odpadu. Je efektívne využívaná s mnohými SWM systémami aby potvrdzovali plynulé plnenie aktivít, pričom pomáhajú znižovať náklady a úspešne manažovať vozidlá a zamestnancov.

3. Diaľkové snímače (RS)

Diaľkové snímače ukazujú na modernizované využitie leteckých technológií pre registrovanie a klasifikovanie objektov na zemskom povrchu z diaľkovej platformy prostredníctvom šírenia signálu ako napríklad elektromagnetické žiarenie zo satelitov alebo lietadiel. Nazbierané elektromagnetické žiarenie je potom spracovávané do digitálneho obrazu, ktorý môže byť prevrstvený s ďalšími priestorovými dátami. Zvyčajne zväzok RS prístrojov obsahuje senzory, nástroje pre prenos dát, nástroje pre spracovávanie obrazu spolu s funkčnou platformou.

¹ z angl. Global Positioning System

² z angl. Remote Sensing

³ z angl. Solid Waste Management

4.2.2 Identifikačné technológie

V posledných dekádach výskumníci a organizácie zapojené do SWM preskúmali rôzne typy technológií, ktoré vylepšujú výkon a efektivitu odpadového manažmentu a automatizujú zbieranie odpadu z kontajnerov. Aby vyriešili problémy s manuálnym zberom dát, mnoho výskumníkov študovalo možnosti implementovania pokročilých SWM systémov, ktoré sú postavené na báze identifikačných technológií. Rozšírením identifikačných technológií ako napríklad čiarové kódy a RFID⁴ (identifikácia na rádiových frekvenciách) technológie prinieslo novú silu pre SWM systémy.

1. Čiarový kód

Čiarový kód je médium pre elektronickú výmenu dát, ktoré obsahuje strojom čitateľnú dichromatickú značku, ktorá kóduje informáciu pre objektové označovanie používaním geometrických systémov. Normálne je čiarový kód ľahko spoznatelný ako kombinácia čiernych a bielych zvislých čiar.

2. Identifikácia podľa rádiových frekvencií (RFID)

RFID je technológia automatického zberu dát, ktorá používa frekvencie rádiových signálov cez indukívne a spätno-rozptyľové párovanie pre presun informácie medzi vysielateľom a prijímačom, aby bol objekt unikátne identifikovaný. Je to všeobecná terminológia pre používanie technológií, ktoré sú založené na báze rádiových vln a používané k automatickej identifikácii alebo sledovaniu objektov, majetku alebo ľudí.

4.2.3 Technológie získavanie údajov (dát)

S výstupom a rapídny vývojom technológií pre získavanie dát, manuálna akvizícia dát bola substituovaná automatickým zberom dát kvôli jej vysokej výkonnosti, lacnejšími dlhodobými operačnými nákladmi a samozrejme nižším potrebným počtom pracovnej sily. Využívaním týchto pokročilých technológií môže byť získavanie dát zrýchlené sledovaním a vnímaním zameraných objektov efektívne a kvantitatívne. Tieto informačné a komunikačné technológie sú kľúčové pre použitie kedy získavanie real-time dát. Podľa typu aktivít v aplikáciách SWM sú dve kategórie – senzory a imaging.

1. Senzory

Bežné praktiky, ktoré zahŕňajú získavanie vzorky a jej následné poslanie do laboratória pre experiment sú veľmi časovo náročné. Pre zrýchlenie tohto procesu sú najvhodnejšou technológiou technológia senzorov. Senzor je zariadenie, ktoré vníma a meria vlastnosti reálneho sveta, ako fyzické kvantily alebo chemické vlastnosti a premieňa ich do signálov, ktoré môžu byť priamo sledované alebo prenesené na iné zariadenie.

⁴ z angl. Radio Frequency Identification

2. *Technológia Imaging*

Imaging je pojem, ktorý zahŕňa vnímanie, snímanie, uloženie, manipulovanie a zobrazovanie digitálneho obrazu syntetizovaním obrazových senzorov a digitálneho spracovania. Spracovávanie digitálneho obrazu, ktorý bol zachytený kamerou alebo iným prístrojom na snímanie obrazu.

4.2.4 **Dátové komunikačné technológie**

Pred vstupom moderných komunikačných technológií a predtým, než bol internet samozrejmosťou bola komunikácia dát zabezpečovaná cez floppy disky, CD-ROM-y alebo iné lokálne SCADA⁵ (dispečerské riadenie a zber dát) systémy. Rapídny vývoj komunikačných technológií s obrovským rozsahom internetu priniesol príležitosti presúvať dáta instantne z odľahlých miest. Medzi spôsoby bezdrôtovej komunikácie dát patrí napríklad GSM/GPRS, VHFR pre komunikáciu na dlhú vzdialenosť a Wi-Fi, ZigBee a Bluetooth pre krátku vzdialenosť.

4.2.5 **Problémy pri zaistovaní dát**

- *Čiastočný systémový dizajn*
- *Nedostatok dát*
- *Príliš nákladná sieťová štruktúra*
- *Nedostatok real-timeových informácií o statuse kontajnerov*
- *Opomenutie pridania segregácie odpadu*
- *Absencia dynamického plánovania a trasy*
- *Nezáujem o dopad na životné prostredie*

4.3 **Smart cities**

K problematike ARP je žiaduce spomenúť aj Smart City, koncept, ktorý využíva informačné a komunikačné technológie okrem iného aj k monitoringu zvozu, následnej analýze a optimalizácii pomocou software využívajúceho ARP modely. Výsledkom je efektívnejší a sofistikovanejší zvoz odpadu.

Inteligentné mesto (Smart City, SC) je jedným z konceptov uplatnenia princípov udržateľného rozvoja do organizácie mesta, ktorý sa opiera o využitie moderných technológií s cieľom zlepšiť kvalitu života a zefektívniť správu vecí verejných (Obr. 4.2). Najširšie uplatnenie tento koncept nachádza v oblasti energetiky a ďalej potom v oblasti dopravy, ktoré možno efektívnejšie riešiť nasadením vhodných informačných a komunikačných technológií (ICT). Koncept Smart City však nezahŕňa iba dve vyššie uvedené oblasti, možno ho aplikovať aj na ďalšie, napr. vodné hospodárstvo, **odpadové hospodárstvo**, e-government či krízové riadenie [13].

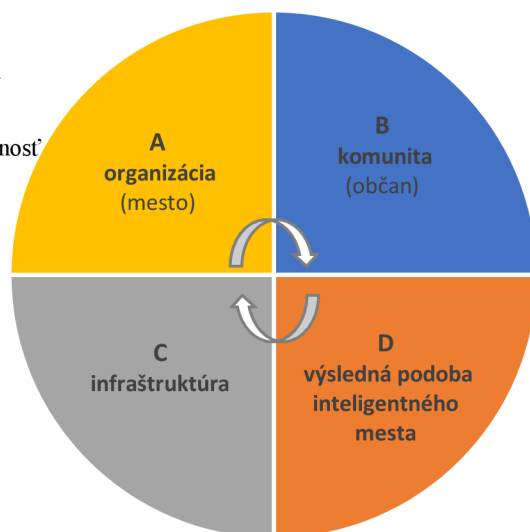
⁵ z angl. Supervisory Control And Data Acquisition

MESTO

1. Politický záväzok, Vízia inteligentného mesta
2. Organizácia a zodpovednosť
3. Stratégie a Akčný plán
4. Spolupráca a dlhodobí partneri

TECHNOLÓGIE

9. Plošné pokrytie
10. Viacúčelové riešenie
11. Integrované riešenie
12. Otvorené riešenie



OBČAN

5. Aktivuje a prepája
6. Vytvára komunity a dáva priestor k sebarozvoju
7. Zdieľa: ekonomika zdieľanie
8. Kultivuje verejný priestor

INTELIGENTNÉ MESTO

13. Kvalita života: mesto digitálne, otvorené a kooperatívne
14. Kvalita života: mesto čisté a zdravé
15. Kvalita života: mesto ekonomicky zaujímavé
16. Brand: mesto so skvelou povestou

Obr. 4.2 Schéma charakteru inteligentného mesta so 16 hierarchicky usporiadanými komponentmi [12]

Prínos tohto konceptu [12]:

- zvýšenie kvality života, zníženie energetickej náročnosti, úspory mandátnych nákladov či zvýšenie efektivity riadenia
- riešenie problematických tém v mestách
- vzájomné prepojenie, harmonizácia a synergia

Informačné a komunikačné technológie (ICT) v inteligentnom meste [13]

Identifikácia

Základným predpokladom fungujúceho inteligentného mesta na technologickej úrovni je identifikácia, tj. množina senzorov, ktoré detekujú javy a stavy rôznych mestských systémov. Spadajú sem detekčné systémy v oblasti dopravy (dopravy v pohybe, dopravy v pokoji, verejnej dopravy, cyklistickej dopravy a peších), v oblasti produktovodov (rozvody vodovodnej siete, elektrické siete, plynovody), v oblasti odpadov (detektory naplnenosti kontajnerov), životného prostredia (detektory hluku, imisií), kamerové systémy a ďalšie.

Komunikácia

Namerané javy a stavy, dodané sietí detektorov, je potrebné odovzdať k centrálnemu spracovaniu a vyhodnoteniu. Pre rôzne systémy sú vhodné rôzne komunikačné technológie (rádiové siete, mobilné siete, optické siete) podľa potreby množstva, kvality a frekvencie prenášaných dát

Informácie

Centrálne spracovanie dát z rôznorodých systémov je pre budúci rozvoj inteligentného mesta a jeho tempo kľúčové. Štandardizovaná komunikácia a dáta napomáhajú dáta publikovať otvoreným spôsobom (open data), čo otvára možnosti širšej aplikácie. Ideálnym prípadom je zriadenie jednej mestskej dátové platformy, odkiaľ môžu rôzne webové a mobilné aplikácie čerpať surová či predspracovaná dáta.

Aplikácie

Namerané dáta odovzdané rôznymi komunikačnými sieťami k centrálnej publikácii alebo na spracovanie do formy informácií významne pomáhajú reagovať na vyskytnuté neblahé javy rôznych systémov mesta, optimalizovať ich prevádzku na základe mnohých vstupných kritérií a poskytovať previazané informácie občanom s cieľom ovplyvniť ich správanie

Kroky k priblíženiu sa ku konceptu Smart Cities týkajúce sa odpadu [13]

- Mesto prevádzkuje ekodvory, na ktorých je dovezený odpad triedený a funkčné veci sú dávané späť do obehu prostredníctvom blších trhov.
- Využitie spaľovanie komunálneho odpadu na produkciu tepla pri zachovaní hierarchie nakladania s odpadom.
- Celoplošný monitoring vozidiel zvozu odpadu a detekcia naplnenosti zberných kontajnerov s cieľom sledovať množstvo vytriedeného odpadu (minimálne na úrovni mikroregiónu, štatutárneho mesta).

Program pre inteligentný zvoz odpadu [13]

Cieľ 1: Zníženie celkového rozsahu netriedeného odpadu

Cieľ 2: Zníženie rozsahu čiernych skládok

Cieľ 3: Zníženie nákladov na jednotku odpadu (tonu)

Cieľ 4: Vytvoriť podmienky pre flexibilné (spravodlivejší) systém spolplatnenia

5 Spracovanie reálnych dátových sád

Prvé dve podkapitoly sa venujú sumarizácii dát a diskutujú o patričných úkonoch pri ich zaistení. Popisujú teda, aké dáta boli k dispozícii, ako boli pripravené na analýzy, aké problémy sa počas príprav vyskytli a ako boli vyriešené.

Ďalšie dve podkapitoly sa už venujú analýzam pripravených dát a stanoveniu parametrov odpadu.

K spracovaniu bol využitý software Excel 2016 od Microsoftu z dôvodu dostupnosti (študentská licencia) a z dôvodu známeho prostredia (predchádzajúce používanie).

V čase vypracovávania analýz mala byť práca v anglickom jazyku a preto bol jazyk Excelu nastavený na angličtinu, čo sa prejavilo na automaticky generovaných hlavičkách niektorých tabuliek.

Kontingenčná tabuľka

Kontingenčná tabuľka je tabuľka, ktorá sa používa na prehľadné zhrnutie vzájomného vzťahu dvoch (alebo viacerých) štatistických znakov a bude veľakrát využívaná pri analýzách dát. Skladá sa zo 4 častí (Obr. 5.1). Riadky kontingenčnej tabuľky zodpovedajú možným hodnotám prvého znaku, stĺpce možným hodnotám druhého znaku. V príslušnej bunke kontingenčnej tabuľky je zvyčajne počet prípadov, kedy zároveň mal prvý znak hodnotu zodpovedajúcu príslušnému riadku a druhý znak hodnotu zodpovedajúcu príslušnému stĺpcu [14], [15]. Štatistický znak sa bude v ďalších častiach uvádzať ako atribút zvozu.



Obr. 5.1 Štruktúra kontingenčnej tabuľky

Makrá

Zložitejšie úlohy nebolo možné spracovať ručne, preto na ich prevedenie bolo využité tvorenie makier v prostredí Visual Basic for Applications (VBA), ktoré výrazne uľahčilo a teda aj urýchlilo prácu.

Makro je postupnosť príkazov, ktoré sa dajú opakovane využiť. Používateľ následne môže spustiť makro jedným krokom, a vyvaruje sa tak opätovnému a zdĺhavému zadávaniu jednotlivých pokynov.

5.1 Vstupné dáta z mesta A a ich príprava

Z mesta A boli k dispozícii dve sady dát z rokov 2015 a 2016. Dataset z roku 2015 je kompletný, obsahuje 58586 záznamov, avšak v dátach z roku 2016 chýbajú posledné 3 mesiace v roku a obsahuje len 41889 záznamov. Tento nedostatok je nutné brať v úvahu napr. pri porovnávaní sumy hmotnosti odpadu za jednotlivé roky.

Dáta boli zbierané diskkrétne – jeden záznam v tabuľke (jeden riadok) predstavuje jeden výsyp nádoby. Stĺpce predstavujú rôzne atribúty zaznamenané počas výsypu. Tab. 5.1 tvorí zoznam dôležitých atribút.

Tab. 5.1 Zoznam dôležitých atribút z dát o zvoze odpadu mesta A

kodSvoz	identifikátor zvozu
hmotnostSvoz	celková hmotnosť odpadu vo vozidle na konci zvozu
SPZSvoz	ŠPZ vozidla, ktoré zvažalo odpad (anonymizované, tzn. pre prácu sú použité ID vozidla A1–A11)
stvrzenkaSvoz	kód, ktorý identifikuje váženie vozidla po dokončení zvozu
rokSvoz	rok, v ktorom prebehol zvoz
mesicSvoz	mesiac, v ktorom prebehol zvoz
denSvoz	deň, v ktorom prebehol zvoz
KodNadoby	identifikátor nádoby
naplneniNadoby	na koľko percent bola nádoba naplnená pri jej výsype (25 %, 50 %, 75 %, 100 %, 125 %, 150 %, 200 %)
casSejmutiNadoby	presný čas a dátum výsypu nádoby
OcekObjem	objem nádoby, resp. objem odpadu ak by bola nádoba 100 % plná
SkutObjem	objem odpadu (odvíja sa od údajov naplneniNadoby a OcekObjem)
hmotnostOdpadu	hmotnosť odpadu v nádobe
znakKomodita	skratka komodity (PAP – papier, PLNK – plast a nápojový kartón, SKC – sklo číre, SKS – sklo zmesové)
nazevKomodita	celý názov komodity, viď predošlý riadok
nazevTypNadoby	udáva, o aký typ nádoby sa jedná kontajner s horným/ spodným/ iným spôsobom výsypu alebo kontajner individuálny/ podzemný
znakTypNadoby	skratka typu nádoby
kodHnizdo	identifikátor skupiny nádob (hniezda)
kodHnizdo2	slovné pomenovanie hniezda
popisek	doplňková informácia o lokácii
UliceHnizdo	ulica, kde sa hniezdo nachádza
popisCisHnizdo	popisné číslo hniezda (ak nejaké je)
orientCisHnizdo	orientačné číslo hniezda (ak nejaké je)
den	slovné pomenovanie dňa (Pondelok – Nedel'a), vygenerované z údajov casSejmutiNadoby

Postup práce

Postupovalo sa od ľahších až triviálnych úloh k tým komplikovanejším. Na datasetoch sa postupne previedlo niekoľko analýz, pri ktorých sa zvyčajne využívala funkcia Kontingenčná tabuľka (angl. Pivot table). Do oblasti riadkov a taktiež do oblasti stĺpcov sa vložil vhodný znak (atribút) a do oblasti dát sa vložila skúmaná hodnota (napr. suma hmotností alebo počet zvozov) tak, aby sa docielilo požadovaného výsledku.

Príklad zhotovenia kont. tabuľky pre zistenie produkcie odpadu, rozdelenú podľa dní a komodít: Do oblasti riadkov sa vložil znak *denSvoz*, prípadne aj *mesicSvoz*, do oblasti stĺpcov sa vložil *nazevKomodita* a do oblasti dát SUM *hmotnostOdpadu*.

Z počiatku sa prevádzali jednotné analýzy pre celý rok – rozlišujúc roky 2015 a 2016. Pri ďalších analýzach sa zachádzalo viac do hĺbky a bolo potrebné rozlišovať aj jednotlivé komodity a preto pri skombinovaní s rokmi vzniklo až 8 samostatných analýz.

Skratky jednotlivých komodít boli podľa situácie doplnené číslom 15 (rok 2015) alebo číslom 16 (rok 2016). Príklady: PAP15, PLNK16.

5.2 Vstupné dáta z mesta B a ich príprava

Dáta boli na rozdiel od dát z mesta A rozdelené podľa obsahu do viacerých súborov. Obsahom informácií boli podobné, no obsahovali navyše dáta pozostávajúce z GPS logov v samostatnom súbore. GPS poloha vozidla sa zaznamenávala pri zapnutom motore vozidla každých 10 sekúnd. Pri vypnutom motore každých 10 minút. Vďaka nainštalovanému akcelerometru, ktorý reaguje na odchýlky od rovnomerného priamočiareho pohybu, mohli byť 10 sekundové logy obohatené o ďalšie záznamy GPS polohy, čo má za následok zvýšenú presnosť záznamu pozície vozidla počas jazdy. Ak akcelerometer zaznamenal zmenu smeru jazdy, zvýšila sa frekvencia z 1 záznamu za 10 sekúnd na 2–10 záznamov za 10 sekúnd. Významom zvýšenej frekvencie záznamu je, že pri grafickom zobrazení dráhy bude na mape vykreslený jeho reálny pohyb s vyššou presnosťou.

Dokumenty (súbory), do ktorých boli rozdelené dáta spolu s hlavnými atribútmi (Tab. 5.2, Tab. 5.3, Tab. 5.4, Tab. 5.5)

- **OnlineData** (rozdelený na 12 súborov; 1 súbor za mesiac)
 - každý dokument obsahoval GPS logy z jedného mesiaca, približne 600 000

Tab. 5.2 Zoznam dôležitých atribút z dokumentu *OnlineData*

ID_ONLINE_DATA	ID GPS logu
Date	dátum spolu s presným časom
Latitude	zemepisná šírka
Longitude	zemepisná dĺžka
ID_VEHICLE	identifikačné číslo vozidla (7, 21, 9)
DurationSeconds	prejdený čas od predošlého logu
MetersMoved	prejdené metre od predošlého logu
Ignition	udáva či beží motor (TRUE / FALSE)
Revs	aktuálne otáčky motora
SpeedGPS	priemerná rýchlosť vozidla spočítaná z prejdenej vzdialenosti vychádzajúcej z GPS polohy a z času medzi 2 logmi
OdometerFMS	stav počítadla celkových prejdených kilometrov

- **CollectionSummary**

- dokument obsahoval údaje o počte obslužených nádob na trase počet nádob, ktoré sa mali podľa plánu obslúžiť.

Tab. 5.3 Zoznam dôležitých atribút z dokumentu *CollectionSummary*

ID_COLLECTION	ID zvozu
CollectionName	meno zvozu (napr. 12/01/P/01/Po)
CollectionDate	dátum zvozu
PLA_ID_DISTRICT	ID rajónu podľa plánu
TotalServedContainers	počet obslužených kontajnerov daného zvozu
TotalContainers	počet obslužených kontajnerov daného zvozu podľa plánu
StartedParkingRealTime	začiatok zvozu
FinishedParkingRealTime	koniec zvozu

- **WeightingProtocols**

- dokument obsahoval údaj hmotnosť zvozu

Tab. 5.4 Zoznam dôležitých atribút z dokumentu *WeightingProtocols*

ID_COLLECTION	ID zvozu
CollectionDate	dátum zvozu
PLA_ID_DISTRICT	ID rajónu podľa plánu
TrashWeightInKg	hmotnosť zvozu [kg]
ID_VEHICLE	ID vozidla

- **Containers + ServingTime**

- dokument obsahoval časy konkrétnych výsypov nádob a ich objemy

Tab. 5.5 Zoznam dôležitých atribút z dokumentu *Containers + ServingTime*

ID_COLLECTION	ID zvozu
CollectionDate	dátum zvozu
PLA_ID_DISTRICT	ID rajónu podľa plánu
Started	dátum a čas začiatku obsluhy nádoby
Finished	dátum a čas konca obsluhy nádoby
VolumeInLiters	objem nádoby v litroch
PLA_ID_CONTAINER	identifikátor nádoby
ID_COLLECTION_PLACE_ORIGINAL	identifikátor stanovišťa podľa plánu

Vo vyššie spomenutých dokumentoch boli záznamy z celého roku 2017 a záznamy z časti roku 2018. Rozhodlo sa pracovať ďalej iba s kompletným rokom – s dátami z roku 2017.

Pre pohodlnejšiu prácu, bolo potrebné tieto dokumenty pospájať do jedného celku tak, aby výsledný tvar bol podobný dokumentu s dátami z mesta A – tzn. každý záznam o obslúžení nádoby bude obsahovať aj údaje akými sú: hmotnosť zvozu, počet obslúžených nádob a ID vozidla, ktorými dokument *Containers + ServingTime* nedisponuje.

Ako spoločný (prepojovací) parameter bolo použité ID zvozu a za pomoci makier sa v niekoľkých krokoch podarilo dokumenty spojiť.

Prvým problémom, ktorý sa vyskytol, bolo, že dokument *WeightingProtocols*, kde sa nachádzali dáta z mestských častí 552 a 606, neobsahoval v porovnaní s *CollectionSummary* rovnaký počet záznamov. Zatiaľ čo v *CollectionSummary* bolo 277 záznamov pre mestskú časť 552, vo *WeightingProtocols* ich bolo iba 10 (chýbalo teda asi 96,4 %). Počty záznamov z mestskej časti 606 sa v oboch dokumentoch zhodovali a preto bolo rozhodnuté pracovať iba s touto časťou. Záznamov z tejto časti bolo celkom 211.

Ďalším problémom bolo, že vo *WeightingProtocols* sa nachádzalo 5 duplicitných záznamov (asi 2,4 %). V týchto záznamoch bola hodnota ID zvoz rovnaká, líšili sa len hmotnosti zvozu. Priemerná hodnota hmotnosti zvozu nasvedčovala, že by sa tieto duplicity mali zlúčiť, miesto ponechania len jednej z nich. Následkom zlúčenia sa však už nezhodoval počet záznamov vo *WeightingProtocols* s počtom záznamov v *CollectionSummary* (206 vs. 211) a z dôvodu úplnej previazanosti dokumentov muselo byť prevyšujúcich 5 záznamov odstránených.

Obr. 5.2 vyobrazuje duplicitné hodnoty ID zvozu v dokumente *WeightingProtocols*, ďalej im odpovedajúce ID zvozu v *CollectionSummary* (označené rovnakou farbou) a následne neoznačené ID zvozov, ktorých záznamy boli z *CollectionSummary* odstránené. Spojené dva dokumenty boli pripravené na pripojenie tretieho s názvom *Containers + ServingTime*. Prepojenie prebehlo obdobne, pomocou makra cez atribút ID zvoz (*ID_COLLECTION*).

Collection Summary	Weighting Protocol
15052	
	19488
19488	19488
	19836
19836	19836
20046	
	20127
20127	20127
	21815
21815	21815
	21895
21895	21895
25291	
25454	
25749	

Obr. 5.2 Rozdiely v záznamoch

Posledným zostávajúcim krokom bolo pridať GPS súradnice ku každej z obslužených nádob. K doplneniu súradníc sa použilo makro, ktorého úlohou bolo v dokumente *OnlineData* nájsť presný čas zhodujúci sa s časom začiatku obsluhy nádoby (atribút *Started*). Ak sa takýto pár našiel, GPS súradnice sa skopirovali z *OnlineData* do poskladaného a v tejto chvíli už kompletného dokumentu. Záznam v *Containers + ServingTime* mal vždy svoj pár v *OnlineData*. Časová hodnota začiatku obsluhy nádoby sa v oboch dokumentoch zhodovala a preto aj napriek obrovskému množstvu záznamov GPS polohy sa dalo jednoznačne vybrať práve ten log, ktorý obsahoval polohu vozidla počas výsypu nádoby.

Dokument *OnlineData* s GPS logmi je určený k samostatnému použitiu a preto nebolo nutné prepojiť ho s ostatnými dokumentami. Dokument však obsahoval záznamy o polohe všetkých vozidiel počas zvozu odpadu z celého mesta. Pre pohodlnejšiu prácu bolo vhodné odstrániť nepotrebné záznamy. Tieto záznamy poskytovateľ dát pravdepodobne nedokázal odfiltrovať, pretože chýbali kľúčové atribúty, akými sú identifikátor zvozu (*ID_COLLECTION*) a rajón (*PLA_ID_DISTRICT*).

V prvom kroku sa postupne z každého súboru *OnlineData* vo formáte .csv importovali dáta do nového súboru vo formáte .xlsx, a to tak, že sa ponechali len záznamy, kedy bol zapnutý motor vozidla a súčasne platilo, že záznamy pochádzajú z vozidiel, ktoré podľa dokumentu *WeightingProtocols* zväžali odpad v danom mesiaci.

Tab. 5.6 zobrazuje počet odfiltrovaných záznamov počas importovania v prvom kroku.

Tab. 5.6 Redukcia počtu záznamov po 1. kroku

Mesiac	Pôvodne	Po odfiltrovaní	Redukcia [%]
1	643 563	92 297	-85,658
2	819 394	128 705	-84,293
3	642 008	167 845	-73,856
4	306 676	81 467	-73,435
5	535 247	97 673	-81,752
6	357 125	91 233	-74,453
7	590 175	184 239	-68,782
8	494 339	105 396	-78,679
9	845 684	181 351	-78,556
10	633 273	89 933	-85,799
11	697 349	114 517	-83,578
12	885 104	98 048	-88,922
Spolu	7 449 937	1 432 704	-80,769

Po prvom kroku zmizlo 80,77 % záznamov, počet sa zredukoval z 7 449 937 na 1 432 704.

Z dôvodu kompletného odstránenia nepotrebných záznamov bolo nutné previesť ešte jeden krok, pretože po prvom kroku dokument *OnlineData* obsahoval aj záznamy z ostatných mestských častí.

Vysvetlenie: Záznamy *WeightingProtocols* ukazujú že napr. za mesiac január pochádzajú zvozy odpadu v mestskej časti 606 len od vozidla s ID 7. Táto mestská časť sa pri importovaní v kroku jedna nedala nastaviť a to znamená, že prvým krokom filtrovania prešli všetky záznamy vozidla s ID 7 – aj tie z iných mestských častí než z časti 606.

V druhom kroku sa muselo doplniť chýbajúce ID zvozu pre záznamy (logy) v dokumente *OnlineData*, aby sa následne podľa tohto parametru dali odfiltrovať zvyšné nepotrebné záznamy.

Priradenie ID zvozu prebehlo za pomoci makra, ktoré bolo napísané tak, aby v každom jednom zázname dokumentu *OnlineData* porovnávalo parameter dňa zvozu s parametrom dňa zvozu vo *WeightingProtocols*, rovnako porovnávalo aj parametre atribútu ID vozidla v oboch dokumentoch a pokiaľ sa zhodovali parametre dňa zvozu a súčasne aj parametre ID vozidla, bolo ID zvozu z *WeightingProtocols* doplnené do *OnlineData*. V prípade, že sa nezhodoval nejaký z parametrov, bolo doplnené do ID zvozu číslo nula.

Proces bolo podľa správnosti možné previesť iba za predpokladu, že jedno auto zvažalo v danej mestskej časti maximálne 1 krát denne. Tento fakt bol overený v dokumente *WeightingProtocols*.

Ešte pred spustením makra sa z dôvodu praktickosti zoskupili mesiace 1–6 a mesiace 7–12 do dvoch súborov. 1 432 704 záznamov, ktoré zostali po prvom kroku sa v druhom kroku zredukovalo na 718 548 záznamov, čo predstavuje približne 50 % redukciu, ako môžeme vidieť v Tab. 5.7 a v porovnaní s pôvodným počtom surových dát to predstavuje až 90,36 % redukciu (Tab. 5.8).

Tab. 5.7 Redukcia počtu záznamov po 2. kroku

Mesiac	Pôvodne	Po odfiltrovaní	Redukcia dát [%]
1-6	659 220	348 955	-47,065
7-12	773 484	369 593	-52,217
Spolu	1 432 704	718 548	-49,847

Tab. 5.8 Redukcia počtu záznamov po oboch krokoch

Mesiac	Pôvodne	Po odfiltrovaní	Redukcia dát [%]
1-12	7 449 937	718 548	-90,355

Po druhom kroku máme nielen odfiltrované nepotrebné dáta ale každý záznam pozície vozidla má aj priradené ID zvozu.

5.3 Analýza reálnych dátových sád mesta A

Stanovenie počtu zvozových áut a ich podielu na zvozech

Počet zvozových áut ako jeden zo základných parametrov zvozu odpadu sa stanovil jednoducho. Do kontingenčnej tabuľky sa vložil znak *SPZSvoz* a zobrazili sa v riadkoch ŠPZ vozidiel. Po pridaní napr. kódu zvozu do oblasti dát sme získali doplnkovú informáciu – počet záznamov pre dané vozidlo, tzn. počet obslužených nádob.

Rovnako ako názvy miest, museli byť anonymizované aj ŠPZ vozidiel z mesta A. Dostali označenie A1–A11. Identifikačné čísla vozidiel mesta B zostali bez zmeny.

Jeden záznam neobsahoval údaj *SPZSvoz* a preto sa javí ako prázdna (blank) položka a nie je braná v úvahu. V roku 2015 sa používalo 9 rôznych zvozových áut (Tab. 5.10) , v roku 2016 to bolo 10 rôznych áut (Tab. 5.9), aj keď je diskutabilné, či zahrnúť aj autá s takmer nulovým počtom obslužených nádob (1 nádoba, resp. 4 nádoby).

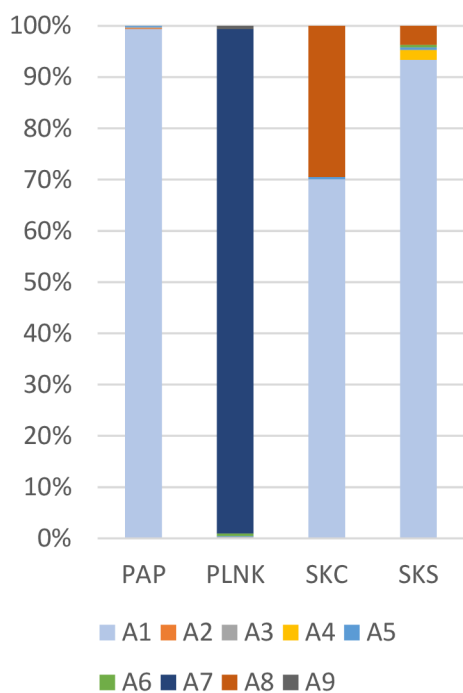
Tab. 5.10 Počet zvozových áut 2015

ID vozidla	Počet nádob
	1
A1	24 671
A2	68
A3	104
A4	34
A5	104
A6	132
A7	24 696
A8	612
A9	164
Celkom	50 586

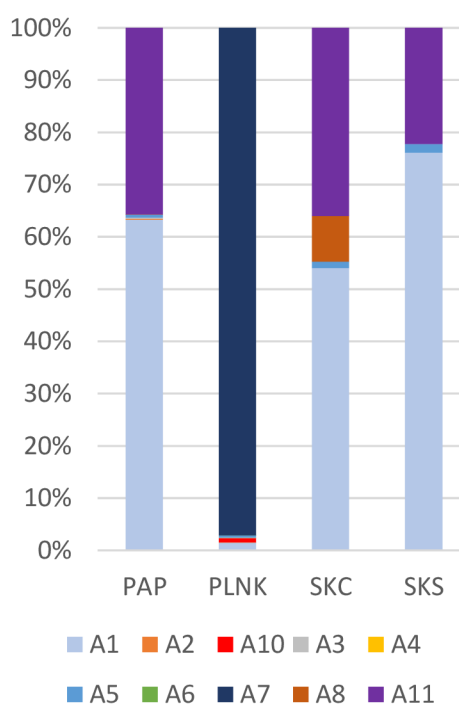
Tab. 5.9 Počet zvozových áut 2016

ID vozidla	Počet nádob
A1	13 366
A2	44
A10	163
A3	71
A4	1
A5	232
A6	4
A7	20 675
A8	146
A11	7 187
Celkom	41 889

Prevažnú väčšinu zvozov pokrývali 2–3 autá, ktorých percentuálny podiel na zvozoch jednotlivých komodít je zobrazený na Obr. 5.5 za rok 2015 a na Obr. 5.4 za rok 2016.



Obr. 5.5 Percentuálne zastúpenie áut na zvozoch 2015

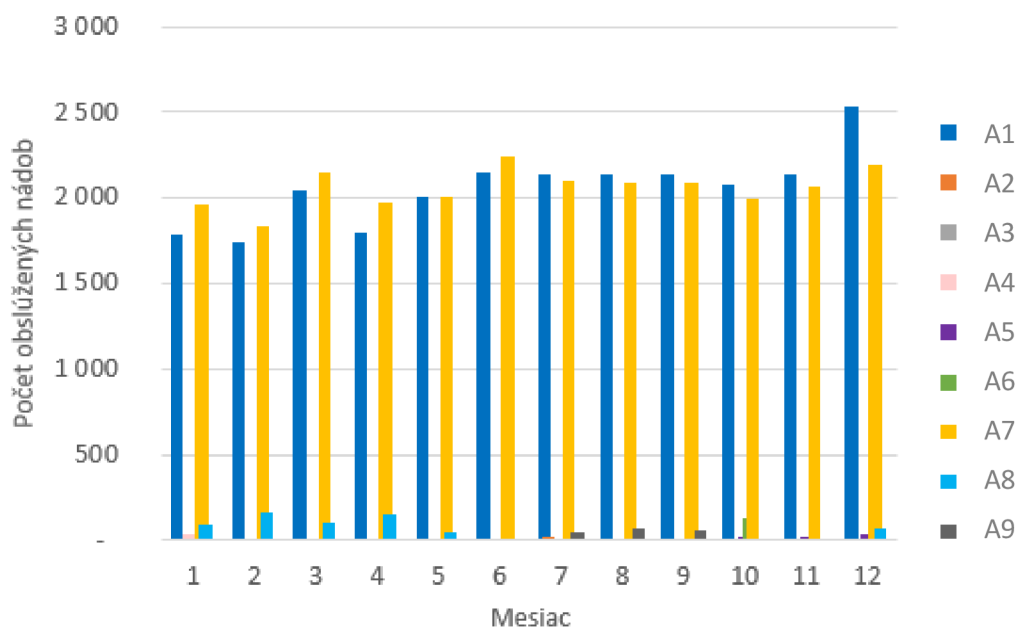


Obr. 5.4 Percentuálne zastúpenie áut na zvozoch 2016

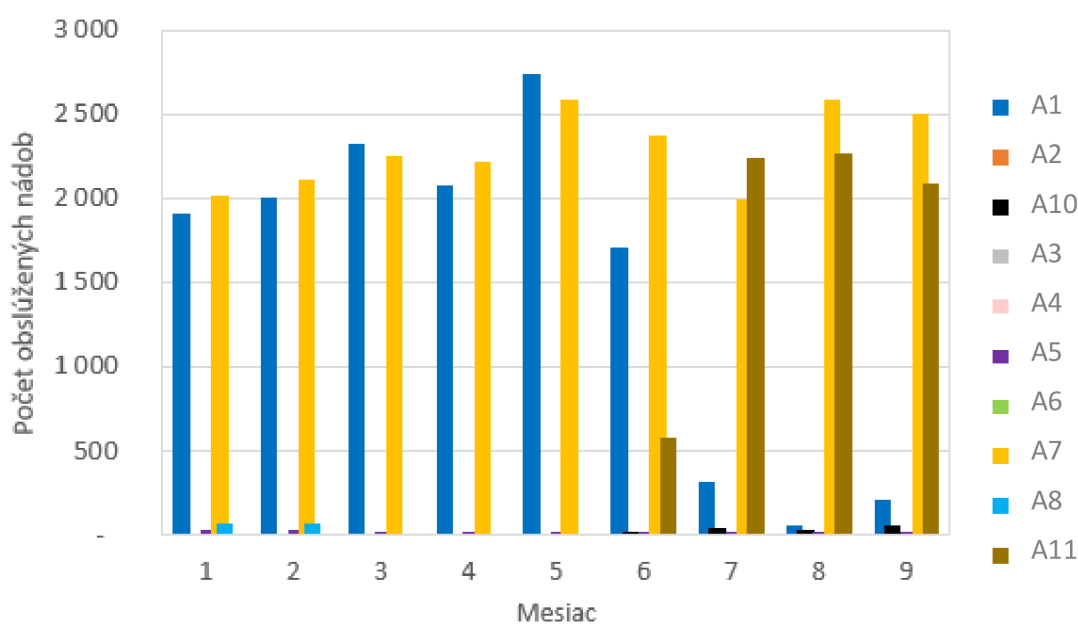
Frekvencia zvozov

- Na mesačnej báze

Frekvencia zvozu podľa počtu obslužených nádob pripadajúcich na dané vozidlo z pohľadu celého roku je na Obr. 5.6 (rok 2015) a na Obr. 5.7 (rok 2016). Na konci roka 2015 sa vyskytol značný nárast v 12. mesiaci od vozidla A1, ktoré zväžalo papier. Prispeli k tomu pravdepodobne Vianoce, počas ktorých je zvýšená produkcia papierového odpadu. V roku 2016 bolo v 6. mesiaci čiastočne nahradené vozidlo A1 vozidlom A11 a od 7. mesiaca bolo nahradené takmer úplne.



Obr. 5.6 Frekvencia zvozu komodít na mesačnej báze (2015)

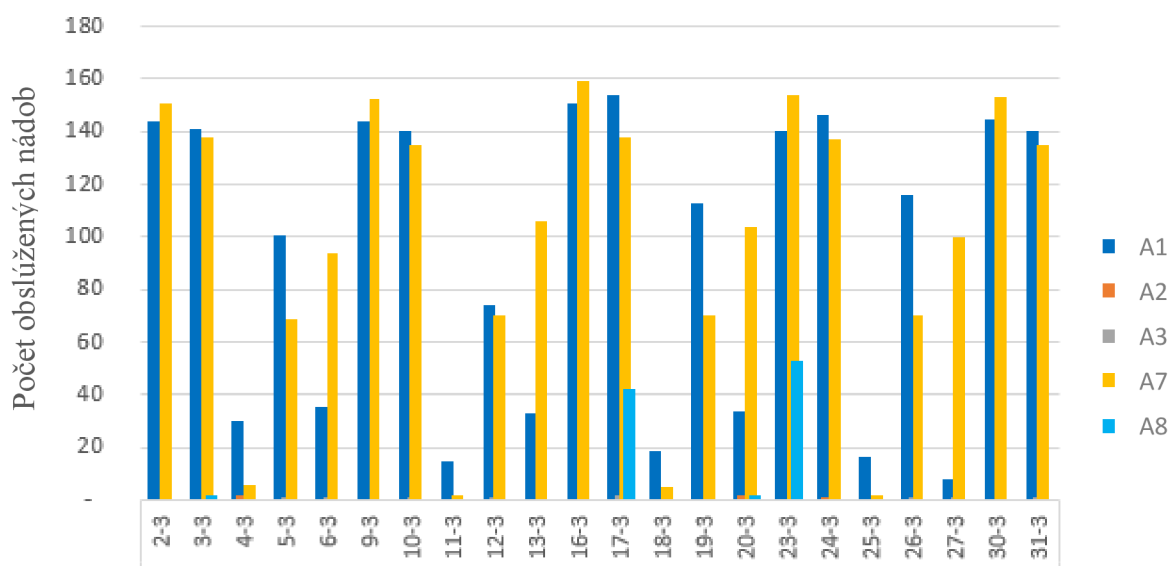


Obr. 5.7 Frekvencia zvozu komodít na mesačnej báze (2016)

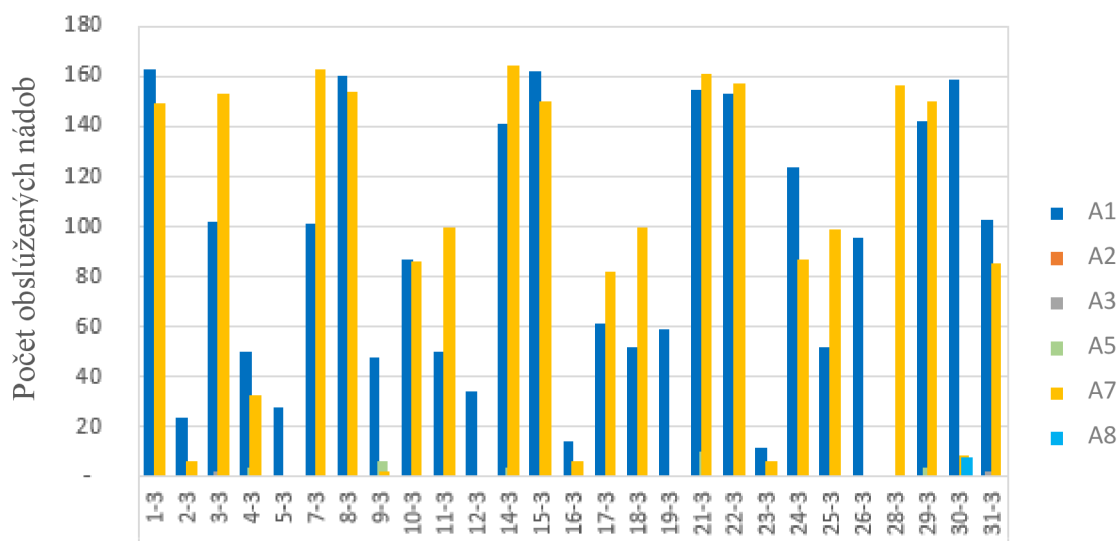
- Na dennej báze

Na Obr. 5.8 a Obr. 5.9 je graf znázorňujúci frekvenciu zvozu (obslúženie nádob) na dennej báze v časovom úseku jeden mesiac (marec). Na ose x sú jednotlivé dni vo formáte dátumu [dd-mm], kedy prebiehal zvoz a na ose y je počet výsypov nádob v danom dni, ktoré sú ďalej rozlíšené farebne podľa vozidla.

Je možné vidieť periodicky opakujúci sa vzor – najviac výsypov prebehlo na začiatku pracovného týždňa (pondelok a utorok), najmenej výsypov prebehlo v strede pracovného týždňa (streda) a stredne veľa výsypov koncom týždňa (štvrtok a piatok). Opäť je zreteľná dominancia dvoch vozidiel.



Obr. 5.8 Frekvencia zvozu odpadu na dennej báze (2015)



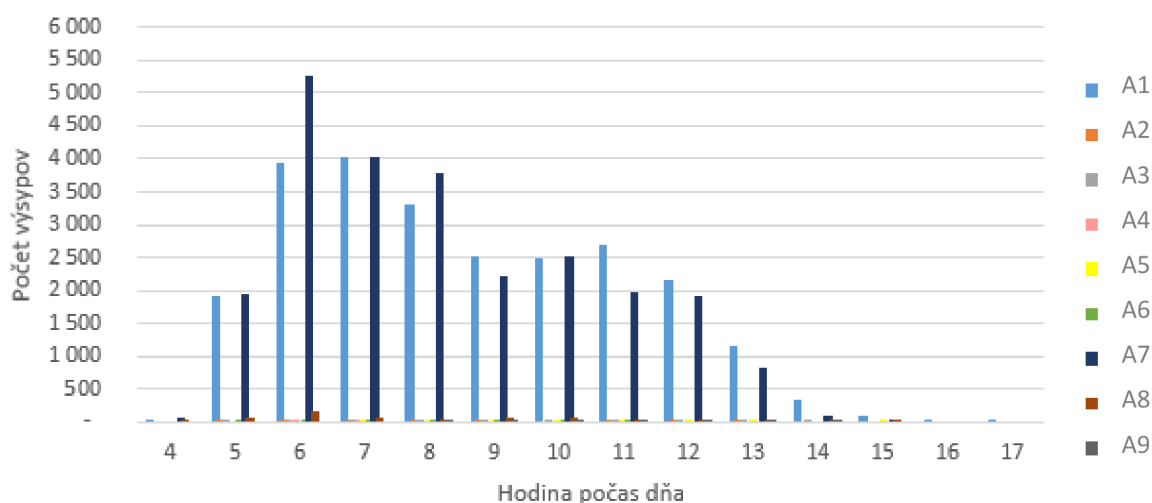
Obr. 5.9 Frekvencia zvozu odpadu na dennej báze (2016)

- Na hodinovej báze

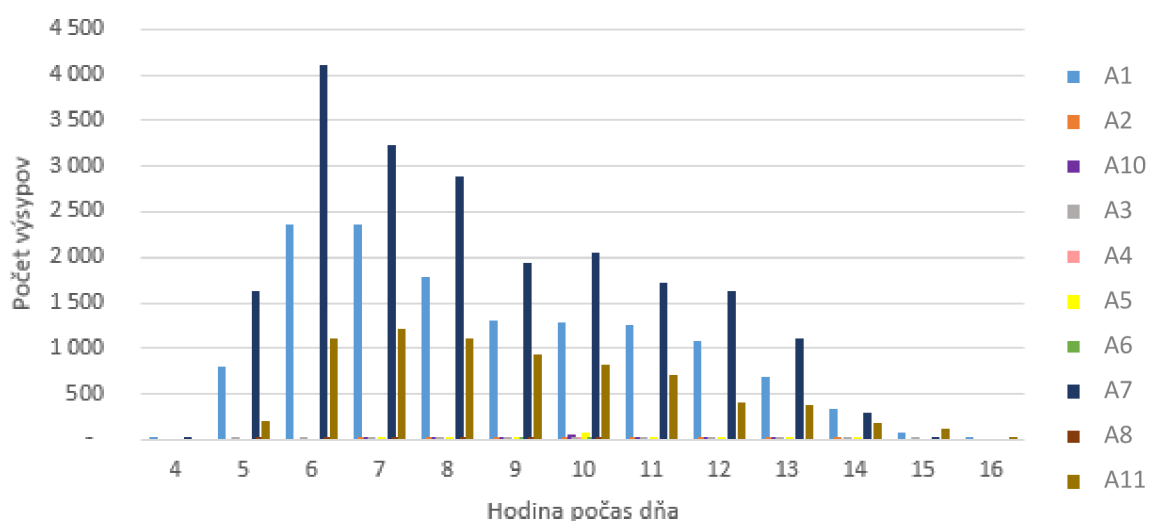
Analýza je podobná tej predošlej, avšak na časovej ose (osa x) sú hodiny, počas ktorých prebiehal zvoz v rámci celého roka. Na Obr. 5.10 a Obr. 5.11 je vidno, že najviac výsypov sa realizuje okolo 6. hodiny ráno.

Vyťaženejšie vozidlá zvyčajne stíhajú absolvovať 2 trasy denne. Prvá zvozová trasa daného dňa začínala väčšinou okolo 5:30–6:00, potom okolo 9:00 sa mnohé zvozové trasy končili a nasledovala prestávka (výsyp auta). Po prestávke začala ďalšia zvozová trasa a frekvencia zvozov zasa stúpila okolo 10:30.

V grafe sa tieto špičky prejavujú ako dve lokálne maximá viditeľné na oboch obrázkoch.



Obr. 5.10 Frekvencia zvozu odpadu na hodinovej báze (2015)



Obr. 5.11 Frekvencia zvozu odpadu na hodinovej báze (2016)

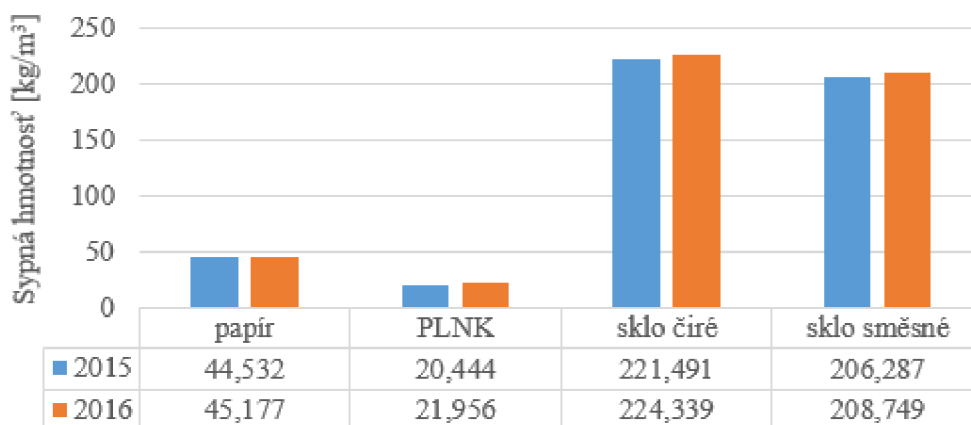
Sypná hmotnosť

Sypná hmotnosť je hmotnosť podielu tuhého paliva delená objemom nádoby, ktorá je týmto podielom naplnená za presne stanovených podmienok [16].

Jednotka sypnej hmotnosti je kg/m^3 . Sypná hmotnosť pre danú komoditu je potom priemer všetkých sypných hmotností.

Obr. 5.12 nám utvára predstavu o tom, koľko váži meter kubický jednotlivých komodít. Pre papier je to $\sim 45 \text{ kg/m}^3$, PLNK (plast v zmesi s nápojovým kartónom) – odpad, ktorý je sám o sebe ľahký, pozostávajúci častokrát z nestlačených fliaš má skutočne nízku sypnú hmotnosť – a to $\sim 21 \text{ kg/m}^3$, pre sklo číre je to $\sim 222 \text{ kg/m}^3$, a pre sklo zmesové $\sim 207 \text{ kg/m}^3$.

Rozdiel v sypných hmotnostiach skla by mohol byť spôsobený tým, že číre sklo pochádzajúce zo zavaranín bežne obsahuje neskonsumovaný obsah alebo zvyšnú vodu. Presné hodnoty sú uvedené v tabuľke na obrázku.

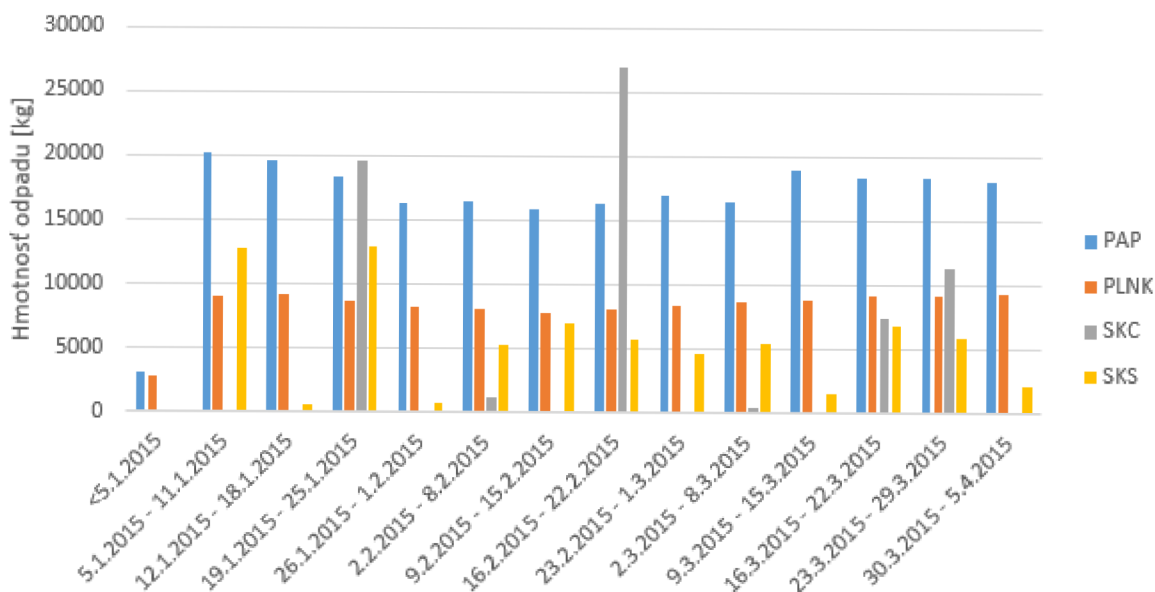


Obr. 5.12 Priemerná sypná hmotnosť komodít

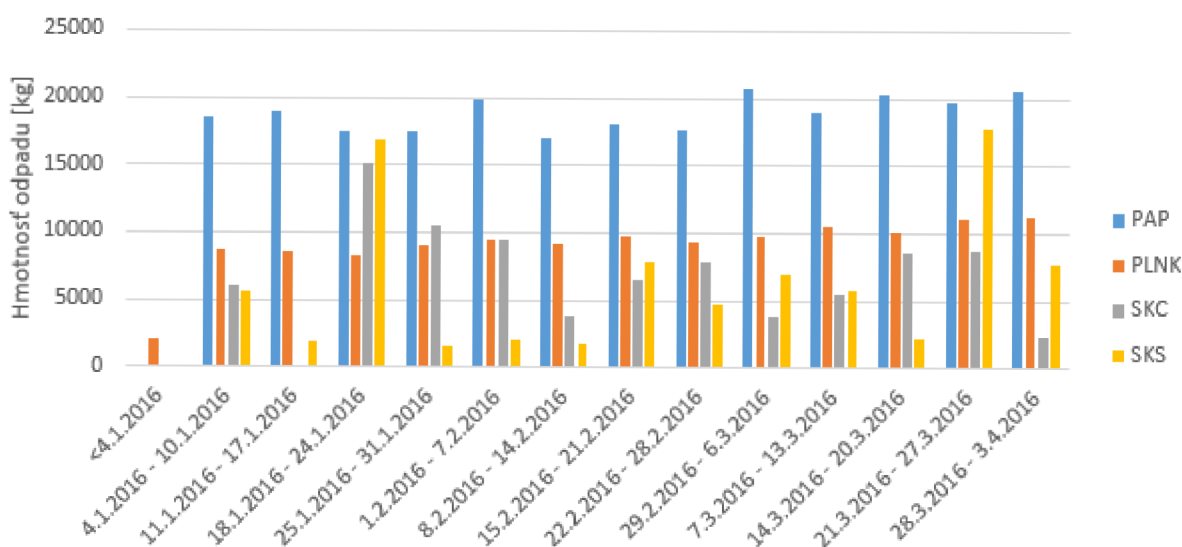
Produkcia odpadov na týždennej báze

Na Obr. 5.13 a Obr. 5.14 je vyobrazené množstvo zvezeného odpadu za kalendárny týždeň. Na ose x sú dni zoskupené podľa kalendára pre daný rok (pondelok – nedeľa). Na ose y je množstvo zvezeného odpadu v kilogramoch. Stĺpce rozdeľujú odpad na jednotlivé komodity.

Pre lepšiu čitateľnosť je vyobrazený len prvý kvartál rokov 2015 a 2016. Papier a plasty vykazujú stabilné hodnoty z dôvodu častého zvozu. Hodnoty skla už sú rôznorodejšie z dôvodu výrazne nižšieho počtu nádob a nižšej frekvencie zvozu odpadu. Niektoré nádoby na sklo boli obsluhované každý druhý alebo tretí týždeň a preto niektoré týždne vykazujú nízku hmotnosť a iné zasa po nahromadení odpadu vysokú hmotnosť. (Obr. 5.13 a Obr. 5.14).

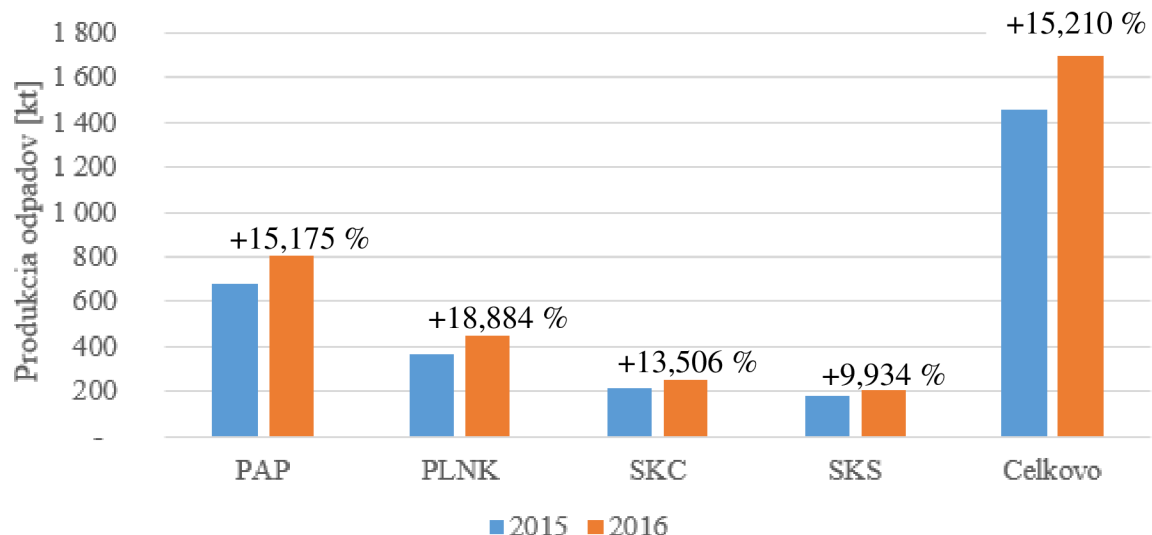


Obr. 5.13 Produkcia odpadov na týždennej báze (2015)



Obr. 5.14 Produkcia odpadov na týždennej báze (2016)

Obr. 5.15 zobrazuje nárast produkcie odpadu v meste A za roky 2015 a 2016. Z dôvodu adekvátneho porovnania bola sčítaná hmotnosť odpadu za prvých 9 mesiacov od každého roku. Všetky odpadové komodity zaznamenali nárast v hmotnosti, čo prispelo k celkovému nárastu o 15,21 %.



Obr. 5.15 Produkcia odpadov (2015 a 2016)

Priemerná vyťaženosť vozidla

Pri určovaní vyťaženia vozidla bolo potrebné poznať jeho nosnosť. Nosnosť vychádzala z legislatívy, ktorá stanovuje najvyššiu povolenú hmotnosť vozidla v závislosti od počtu náprav. Pre zjednodušenie výpočtov bolo určené, že vozidlá s dvomi nápravami budú mať nosnosť 5 ton a vozidlá s tromi nápravami budú mať nosnosť 9 ton. Príklad obdobného prevedenia vozidiel ukazuje Obr. 5.16.

Informácie o počte náprav a z toho plynúcej nosnosti nájdeme v Tab. 5.11.

Tab. 5.11 Nosnosť a objem nákladného priestoru vozidiel

ID vozidla	Popis	Počet náprav	Model vozidla	Objem nákl. priestoru [m ³]	Nosnosť [t]
A1	smetiarske auto 15 m ³	2	Mercedes Axor	15	5
A2	nosič kont. do objemu 12 m ³	2	Mercedes Atego	12	5
A3	nosič kont. do objemu 12 m ³	2	Mercedes Atego	12	5
A4	smetiarske auto 16 m ³	2	Mercedes Axor	16	5
A5	nosič kont. do objemu 20 m ³	2	Mercedes Axor	20	5
A6	smetiarske auto 20 m ³	3	Mercedes Actros	20	9
A7	smetiarske auto 16 m ³	2	Mercedes Axor	16	5
A8	smetiarske auto 15 m ³	2	Mercedes Axor	15	5
A11	smetiarske auto 20 m ³	3	Scania	20	9
A10	smetiarske auto - koše 4 m ³	2	Mitsubishi Fuso	4	2,6 ⁶
A9	skriňová dodávka	2	Ford Transit	5,7 ⁷	1,1 ⁸

⁶ dohľadane z [17]

⁷ dohľadane z [18]

⁸ dohľadane z [18]

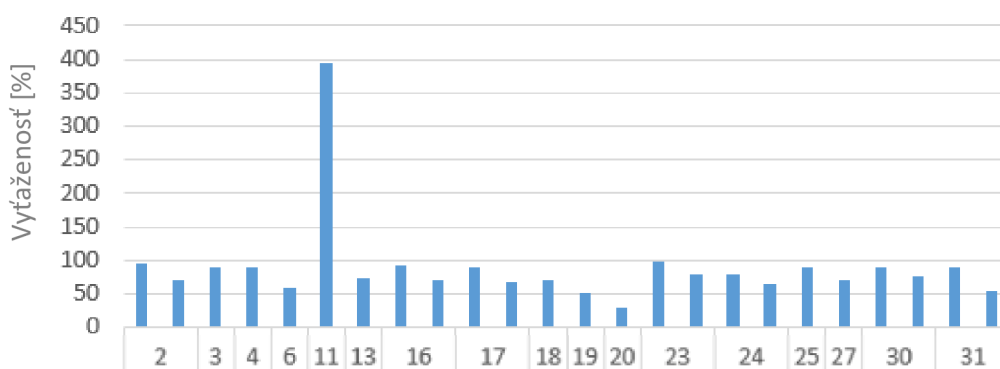


Obr. 5.16 Zvozové vozidlo dvojnápravové (Mercedes Axor) a zvozové vozidlo trojnápravové (Mercedes Actros)

Do kontingenčnej tabuľky bol zavedený vzorec (5.1), ktorým sa určila vyťaženosť pre každý jeden zvoz ako podiel nosnosti a hmotnosti zvozu (hmotnosť odpadu vo vozidle po dokončení zvozu).

$$\text{vyťaženosť [\%]} = \frac{\text{hmotnosťSvoz [kg]}}{\text{nosnosť [kg]}} \cdot 100 [\%] \quad (5.1)$$

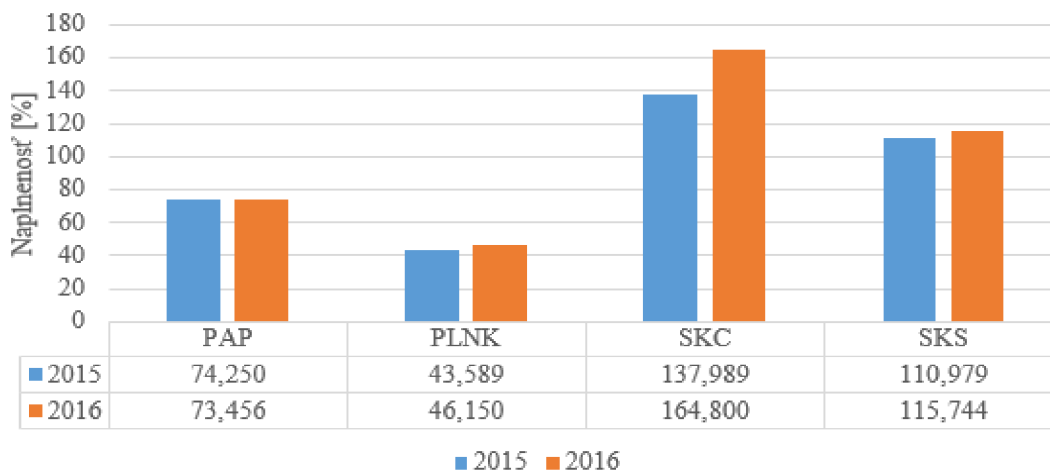
Počas tejto analýzy sa objavil prvý krát problém tzv. viacdňového zvozu, ktorý bude bližšie popísaný pri pláne zvozových trás mesta A. Obr. 5.17 zobrazuje ukážku vyťaženosť vozidla A1, zvažujúce papier. Na ose x sú dni z tretieho mesiaca roku 2015. Všetky zvozy dosahujú hodnoty vyťaženosť pod 100 %, čo znamená, že vozidlo počas mesiaca nebolo preťažované s výnimkou jedného zvozu z dňa 11.3.2015, kde vyťaženosť dosahuje takmer 400 %. Je to spôsobené tým, že sa pod jeden kód zvozu zapísali až tri zvozy (9.–11.3.2015). Dokazuje to aj údaj *stvrzenkaSvoz* – „54416+9.3.+10.3.“ Vozidlo bolo okrem iného počas každého z týchto troch dní, preťažované o približne 30 %.



Obr. 5.17 Vyťaženosť vybraného vozidla [%]

K priemernej vyťaženosť sa pristupovalo tak, že sa od každej odpadovej komodity vybralo jedno vozidlo (to, ktoré malo najväčší podiel na zvozoch danej komodity), v kontingenčnej tabuľke sa dopočítali vyťaženosť vozidla za každý zvoz a z nich sa následne spravil priemer. Pre papier, sklo číre a sklo zmesové sa vybralo vozidlo s ID A1, pre plasty vozidlo s ID A7. Platí pre oba roky 2015 aj 2016. Výsledky sú znázornené na Obr. 5.18. Počas zvozu papiera

bola hmotnostná kapacita vozidla využitá relatívne primerane. Vozidlo síce nebolo preplňované ale na druhú stranu, nebola celkom využitá ani jeho kapacita. Hmotnostná kapacita vozidla pri zvozech plastov v zmesi s nápojový kartónom nebola využitá ani z polovica aj napriek lisovaniu odpadu počas zvozu. Naopak, sklo číre aj sklo zmesové z dôvodu vysokej sypnej hmotnosti preťažovalo vozidlo počas zvozu.



Obr. 5.18 Celková priemerná vyťaženosť

Ukážka analyzovaného zvozu

Vybraný bol prvý zvoz v z roku 2015, ktorý bol analyzovaný a do Tab. 5.12 boli vypísané priemerné hodnoty parametrov tohto zvozu.

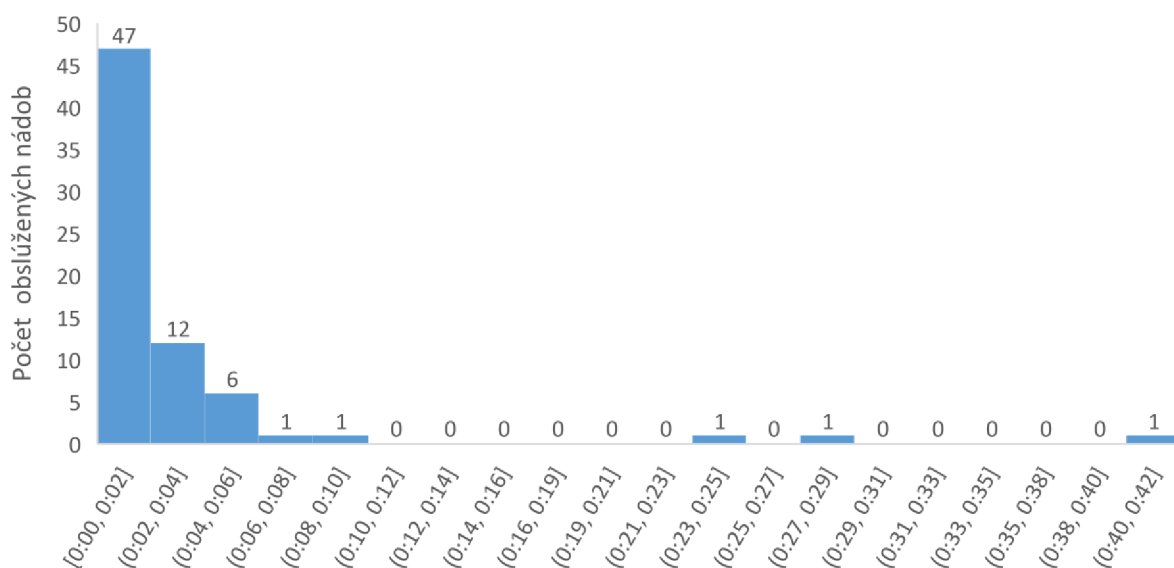
Tab. 5.12 Základné parametre ukážkového zvozu mesta A

ID vozidla	A7	Priemerná hmot. odpadu na nádobu [kg]	17,740
komodita	PLNK	Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu [kg]	660,490
hmotnosťSvoz [kg]	1920	Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu [%]	34,401
Počet obslužených nádob	71	Celkový čas zvozu [hh:mm:ss]	3:59:48
Hmot. odpadu [kg]	1 259,510	Priemerný medzičas [hh:mm:ss]	0:03:26

Rozdiel tvorí odpad zo súkromných objektov, ktorý nemohol byť zverejnený, avšak je započítaný v celkovej hmotnosti po dokončení zvozu (*hmotnosťSvoz*). Jedná sa o tzv. živnostenský zvoz (napr. reštaurácie).

Ako sa neskôr v kapitole Vyhodnotenie ukáže, parametre tohto zvozu sú primerané. Tzn. nízka hmotnosť odpadu odpovedá danej komodite. Čas zvozu odpovedá počtu nádob a taktiež rozdiel v hmotnostiach dosahuje tiež bežných hodnôt.

Termínom medzičas bol pomenovaný čas medzi začiatkom výsypu jednej nádoby a začiatkom výsypu druhej nádoby. Počet medzičasov zo zvozu rozdelených do časových intervalov znázorňuje histogram na Obr. 5.19 a ich percentuálne zastúpenie udáva Tab. 5.13.



Obr. 5.19 Trvanie medzičasu [h:mm]

Tab. 5.13 Percentuálne zastúpenie medzičasov v časových intervaloch

Časový interval [min]	Počet	Zastúpenie [%]
0–2	47	67,1
2–4	12	17,1
4–6	6	8,6
>6	5	7,1

5.4 Analýza reálnych dátových sád mesta B

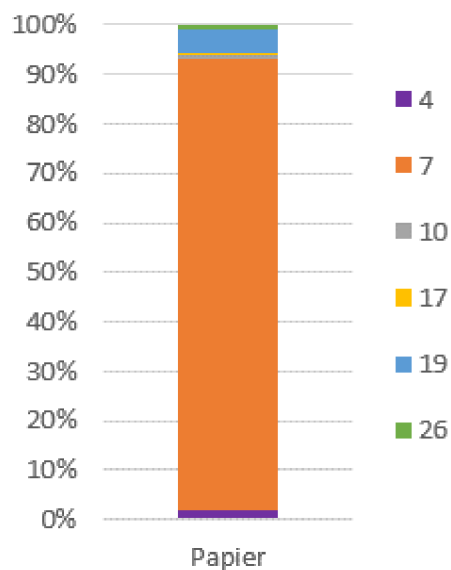
Dáta z obsluhy nádob obsahovali na rozdiel od dát z mesta A aj informáciu o čase začiatku a konca obsluhy a tak bolo možné určiť okrem medzičasu aj čas na samotnú obsluhu nádoby (Trvanie výsypu) a čas prejazdu medzi nádobami (Trvanie prejazdu). Všetky nasledujúce analýzy sa týkajú len mestskej časti 606 a len komodity papier.

Stanovenie počtu zvozových aut a ich podiel na zvozoch (Tab. 5.14)

Počas zvozov v mestskej časti mesta B s označením 606 bolo počas roka 2017 vo funkcii celkom 6 rôznych vozidiel pričom jedno z nich malo dominanciu až ~90 % (Obr. 5.20).

Tab. 5.14 Počet zvozových áut mesta B

ID_VEHICLE	Count of ID_COLLECTION
4	525
7	23286
10	145
17	165
19	1244
26	170

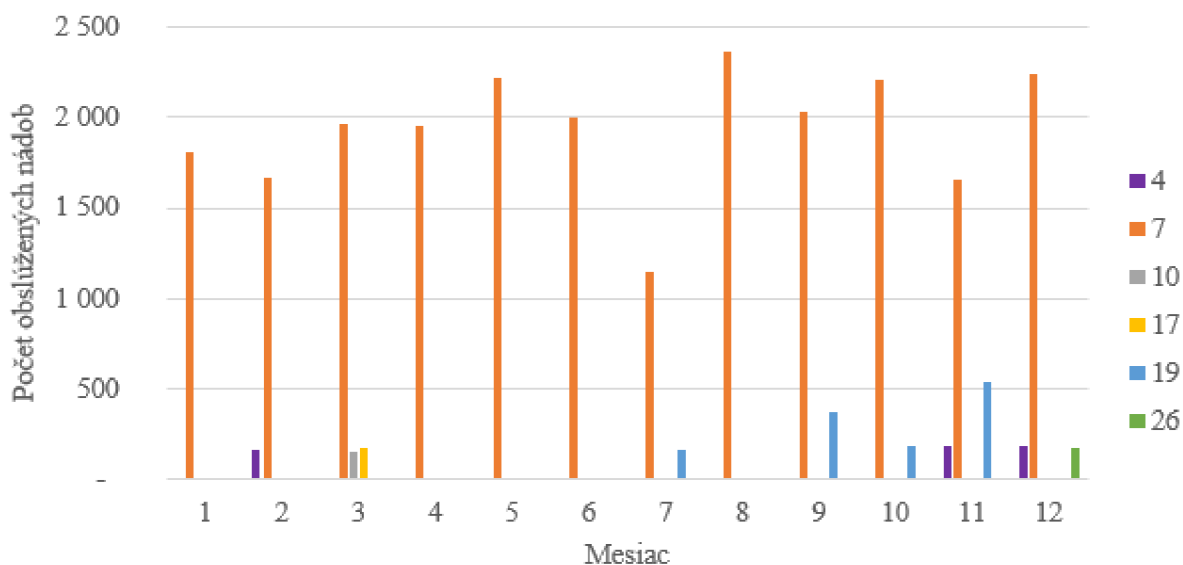


Obr. 5.20 Percentuálny podiel áut na zvozoch

Frekvencia zvozov

- Na mesačnej báze

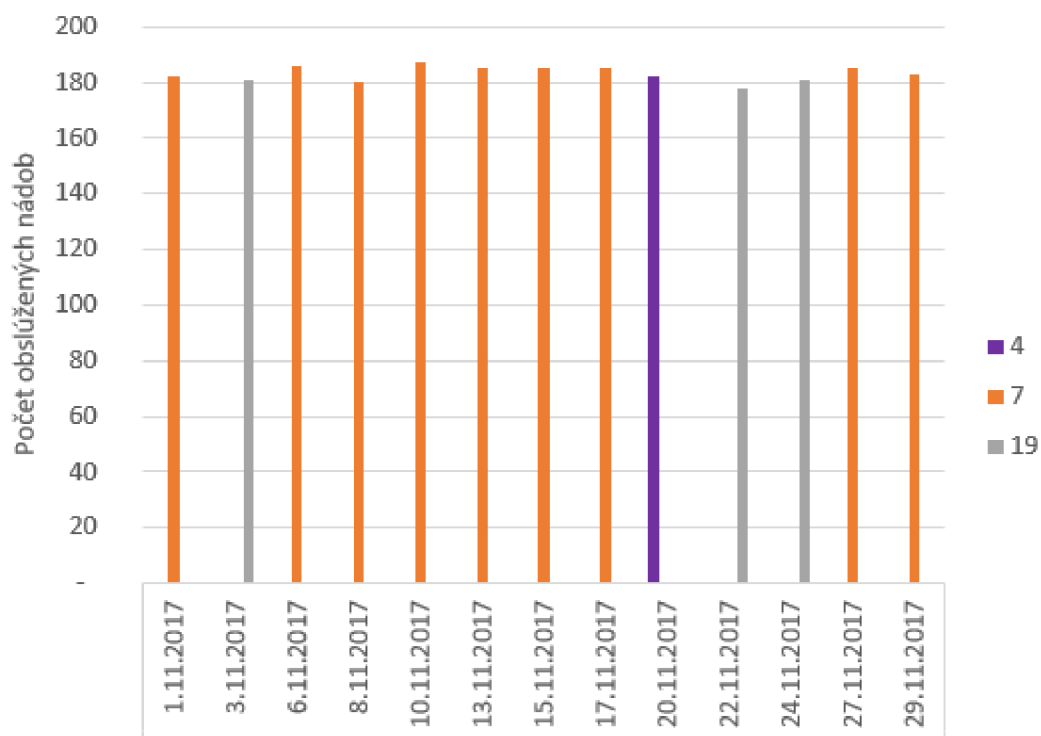
Obr. 5.21 znázorňuje podiel vozidiel na počte obslužených nádob za daný mesiac.



Obr. 5.21 Frekvencia zvozov na mesačnej báze

- Na dennej báze

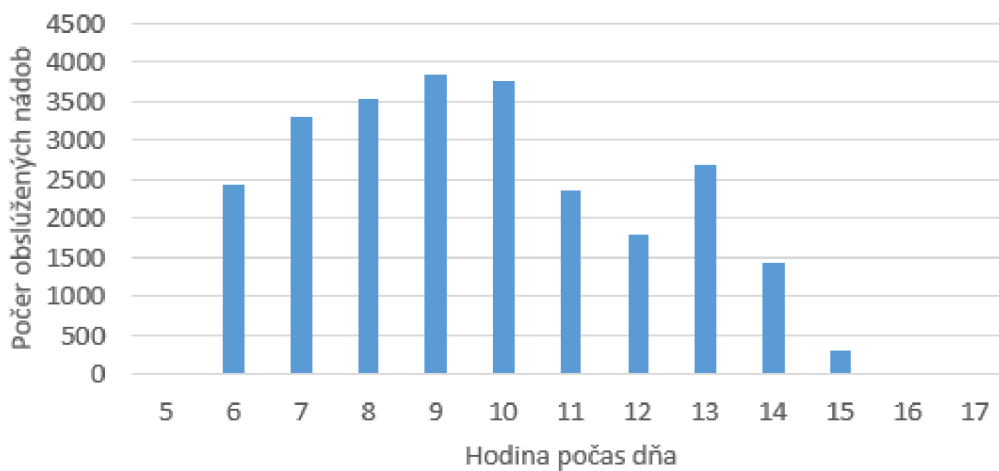
Na názornú ukážku bol zámerne zvolený 11. mesiac, pretože bolo pri výkone zvozu použitých viac vozidiel, ale Obr. 5.22 znázorňuje, že každé z nich obslúžilo približne rovnaký počet zberných nádob.



Obr. 5.22 Frekvencia zvozov za 11. mesiac

- Na hodinovej báze

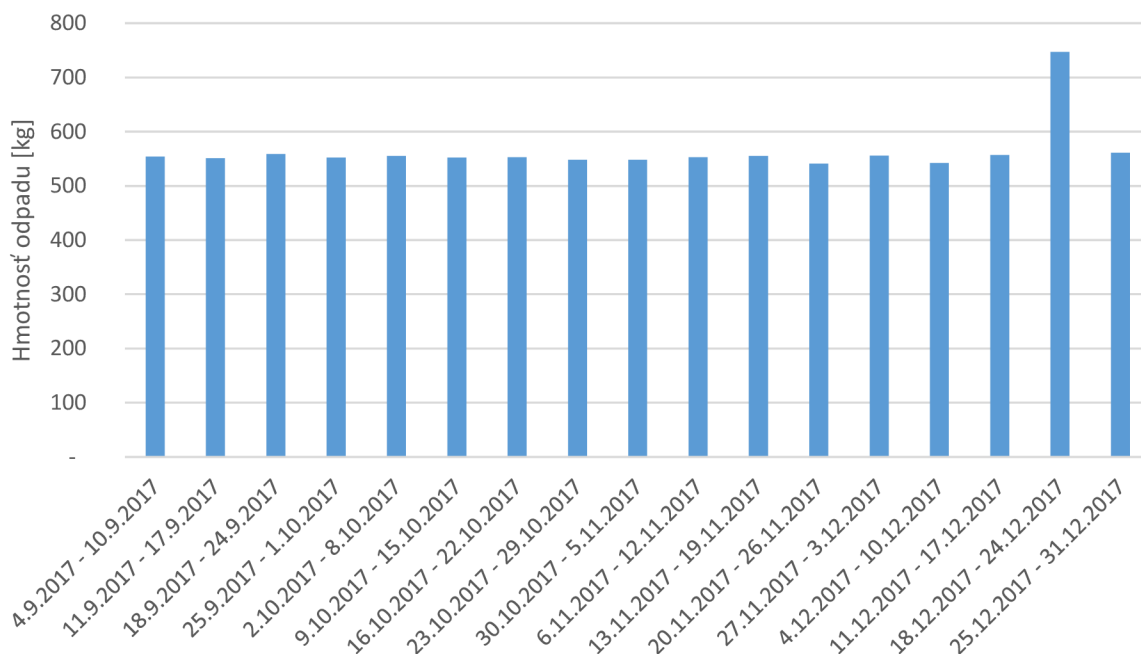
V grafickom znázornení (Obr. 5.23) obsluženia nádob sa prejavil opäť vzor podobný tomu z mesta A. Rozpoznateľné sú dve lokálne maximá.



Obr. 5.23 Frekvencia zvozov na hodinovej báze (mesto B)

Produkcia odpadov na týždennej báze

Do tejto analýzy boli vybrané týždne z posledného kvartálu roka. Priebeh produkcie odpadov je veľmi stabilný až na týždeň, kedy prebehli vianočné sviatky a produkcia papierového odpadu vzrástla (Obr. 5.24).



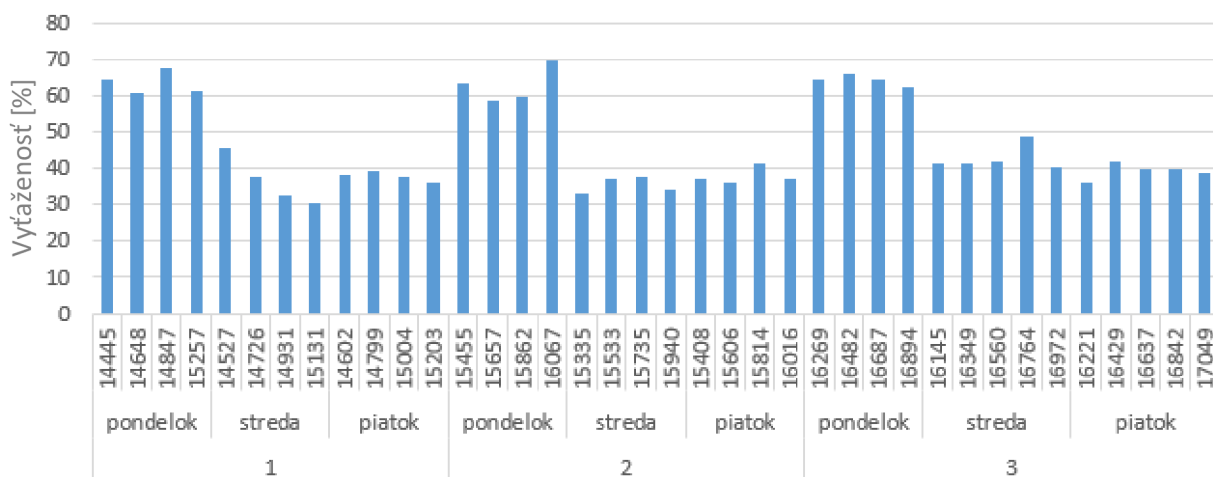
Obr. 5.24 Hmotnosť odpadu na týždňovej báze

Vyt'áženosť vozidiel

Z dôvodu lepšej čitateľnosti grafu (Obr. 5.25), boli vybrané len prvé 3 mesiace. Jednotlivé zvozy boli na ose x rozdelené do mesiacov (1, 2, 3) a do dní v týždni (pondelok, streda, piatok). V pondelok boli vozidlá najvyt'áženejšie a tento jav sa pravidelne opakoval.

Uvažovalo sa vozidlo s nosnosťou 5 t. Priemerná vyt'áženosť vozidiel v pondelky počas prvých 3 mesiacov bola 63,46 %. V stredu a piatok boli vozidlá približne rovnako vyt'ážené – počas prvých 3 mesiacov bola priemerná vyt'áženosť pre stredu 38,61 % a pre piatok 38,48 %.

Tento rozdiel vo vyt'ážení prikladám fakt, že pred stredajším a piatkovým zvozom je 1 nezvozový deň, pričom pred pondelkovým zvozom sú 2 dni bez zvozu (Sobota, Nedeľa). Predpokladá sa aj to, že väčšina ľudí upratuje a vynáša svoj odpad do zberných nádob cez víkend.



Obr. 5.25 Vyťaženosť vozidiel (mesto B)

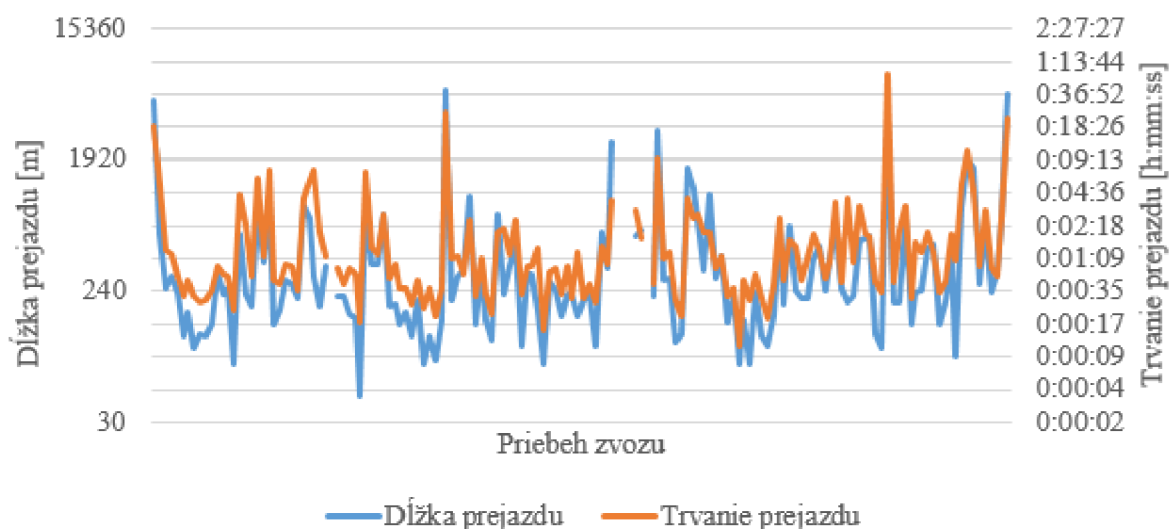
Ukážka analyzovaného zvozu

Nasledujúci zvoz bol analyzovaný na základe jednotlivých obslužných bodov – tzn. pri každom z nich bol známy čas, stav najazdených kilometrov vozidla a taktiež dodatočne aj pozícia vozidla počas celého zvozu. Tá bola zaznamenávaná v krátkych intervaloch a vďaka nej bolo možné vyhotoviť kartografické vyobrazenie zvozu.

Tab. 5.15 Základné parametre ukážkového zvozu mesta B

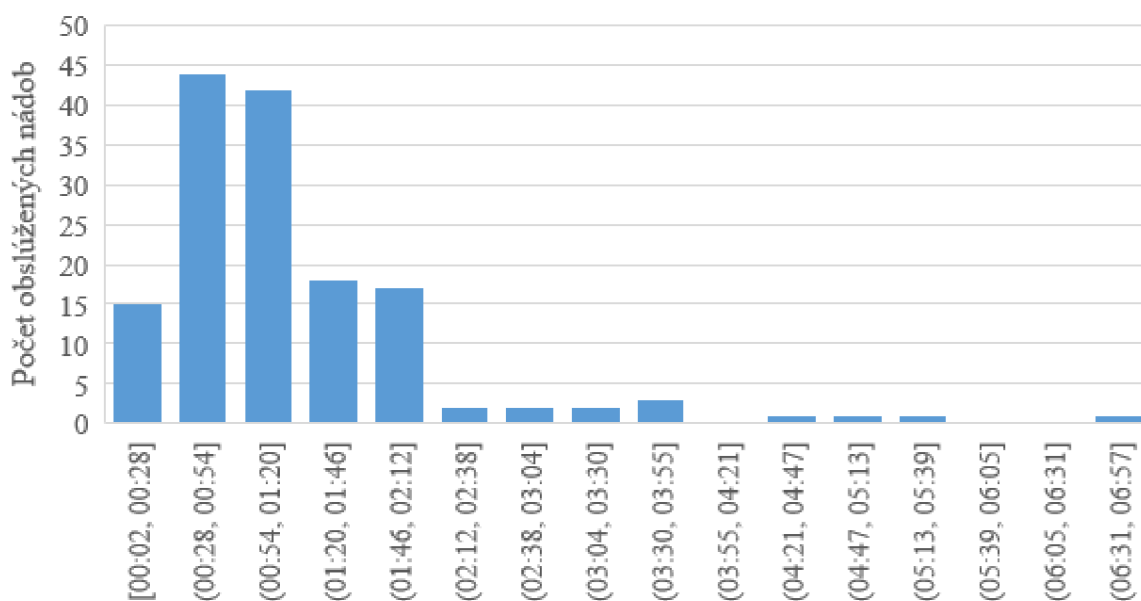
ID_COLLECTION	14445	Celkový čas zvozu [hh:mm:ss]	9:05:11
CollectionDate	2.1.2017	Celková vzdialenosť [km]	74,71
TrashWeightInKg	5770	SUM Trvanie výsypu [hh:mm:ss]	3:14:35
ID_VEHICLE	7	SUM Trvanie prejazdu [hh:mm:ss]	5:37:16
TotalServedContainers	151	AVERAGE Trvanie výsypu [hh:mm:ss]	0:02:16
TotalContainers	188	AVERAGE Trvanie prejazdu [hh:mm:ss]	0:02:16
Reálny počet	149	AVERAGE Medzičas [hh:mm:ss]	0:03:23

Obr. 5.26 znázorňuje závislosť trvania prejazdu medzi dvoma nádobami na vzdialenosti medzi nimi. Osa x predstavuje nádoby obslužené v priebehu zvozu. Primárna a sekundárna osa y používa logaritmickú škálu. Vynechané miesta v krivkách sú výsypy nádob, ktoré boli vedľa seba vzdialenosť medzi nimi aj čas prejazdu od jednej k druhej je nulový.



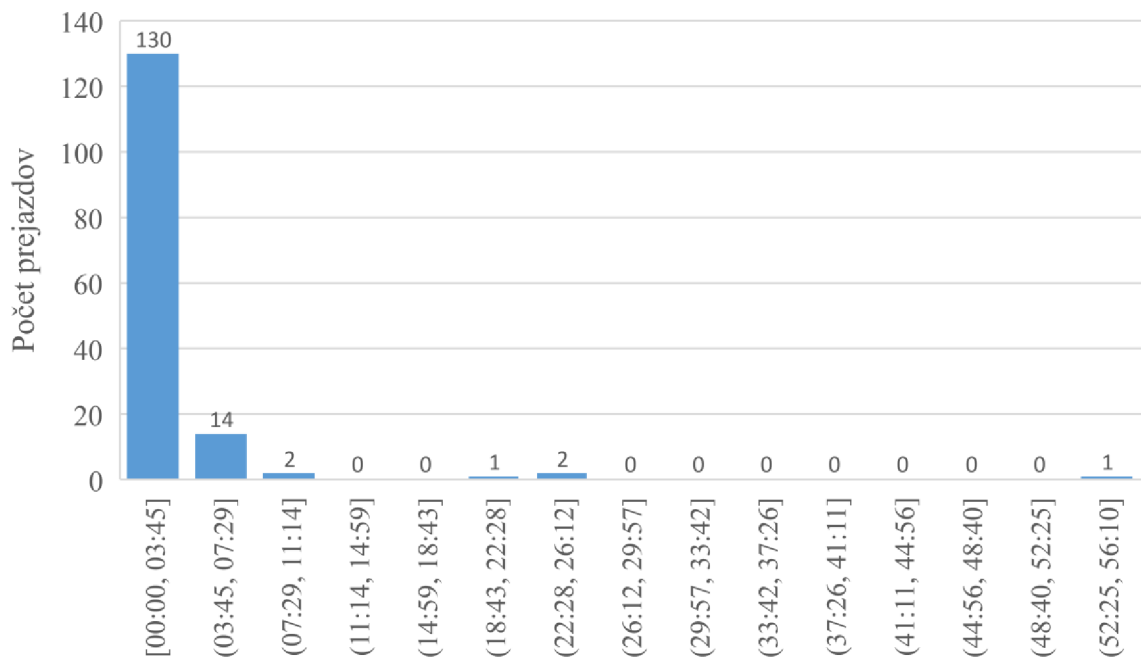
Obr. 5.26 Prejazdy počas zvozu 14445 (mesto B)

Histogram na Obr. 5.27 rozdeľuje trvanie výsypu podľa časových intervalov. Osa x predstavuje časové intervaly [mm:ss], osa y zasa počet obslužených nádob v danom intervale. Realizácie väčšiny výsypov (57,7 %) trvali 28–80 sekúnd.



Obr. 5.27 Trvanie výsypu [mm:ss]

Histogram na Obr. 5.28 znázorňuje trvanie prejazdu medzi nádobami. Trvanie je rozdelené do časových intervalov (osa x). Osa y potom udáva počet prejazdov spadajúcich do intervalu.

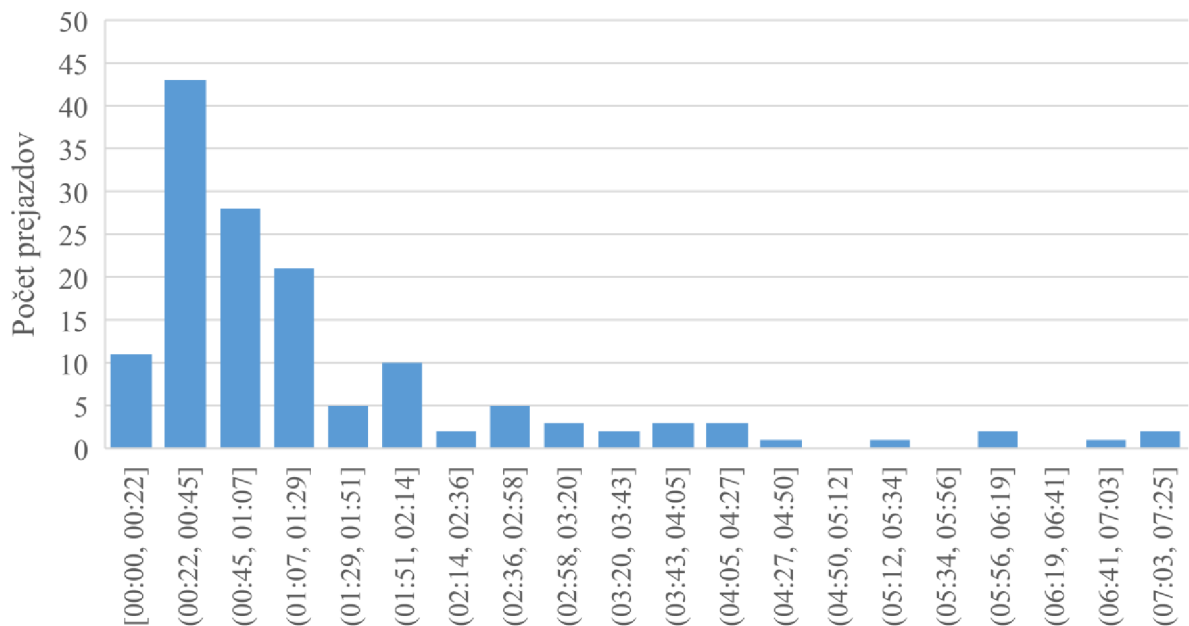


Obr. 5.28 Trvanie prejazdu [mm:ss]

Jeden z prejazdov trval vyše 56 minút a spôsobil, že ostatné prejazdy sú v histograme nerovnomerne rozložené. Trvanie tohto prejazdu bolo spôsobené dlhšou vzdialenosťou (3,6 km) a taktiež možnými komplikáciami na zvoze, či obednou pauzou.

Z dôvodu lepšieho znázornenia rozdelenia do intervalov bol zhotovený ďalší histogram (Obr. 5.29) do ktorého vstupovali len prejazdy s trvaním do 07:29 [mm:ss].

Teraz je interval najväčšieho počtu prejazdov užší – najviac prejazdov medzi nádobami bolo vykonaných v časovom intervale 22–45 sekúnd.



Obr. 5.29 Orezané intervaly histogramu trvania prejazdu [mm:ss]

6 Zvozoové trasy

Kapitola rozoberá zvozoové trasy do väčších detailov. Najskôr predstaví plán, ktorý udáva ako sa zväžal odpad a podľa ktorého prebiehali zvozy a následne sa bude venovať monitoringu zvozov a jeho vyhodnoteniu.

6.1 Plán zvozov mesta A

Dodané dáta neobsahovali plán zvozu, na rozdiel od podkladov z mesta B, avšak tento plán bolo možné odsledovať a následne zhotoviť na základe dodaných dát za pomoci kontingenčnej tabuľky. Frekvencia výsypov nádob bola veľmi rôznorodá a preto pripadalo v úvahu ako najvhodnejšie riešenie rozdeliť trasy podľa dní.

Postup práce s kont. tabuľkou

Do oblasti riadkov boli umiestnené znaky: *mesicSvoz, denSvoz, kodSvoz*

Do oblasti filtrov: *NazevKomodita, den*

Do oblasti stĺpcov: *NazevHnizdo, kodNadoby*

V oblasti dát sa následne zobrazilo, ktoré nádoby sa vyskytli (obslúžili) v jednotlivých zvozocho. Zoskupenie týchto zvozov sa potom označilo ako trasa.

V prípade, že prebiehal pre danú komoditu jeden zvoz za deň bola selekcia jednoduchá – postačovali vhodne nastavené filtre a atribút kód zvozu. Zvozy boli medzi sebou porovnávané a sledovalo sa, ktoré hniezda (príp. konkrétne nádoby) sa vyskytli na zvoze. Na základe podobnosti výskytu obslužených nádob boli jednotlivé zvozy za pomoci kontingenčnej tabuľky potriedené do trás ako možno vidieť na nasledujúcom príklade (Obr. 6.1).

V prípade, že prebiehali dva zvozy denne, bolo nutné pripraviť dve kont. tabuľky (v rovnakej konfigurácii ako je popísaná vyššie) a v prvej tabuľke manuálne vyselektovať zvozy patriace do jednej trasy a v druhej kont. tabuľke zasa ponechať len zvozy patriace do druhej trasy.

Pri vyhotovení tejto analýzy došlo k druhému stretnutiu sa s problémom, kedy sa parametre *DenSvoz* a *CasSejmutiNadoby* nezhodujú. Parameter *CasSejmutiNadoby* obsahuje informáciu o dátume a presnom čase výsypu nádoby. Z toho údaju je možné vytvoriť 3 nové atribúty: *CasSejmutiNadoby (Day)*, *CasSejmutiNadoby (Month)* a *CasSejmutiNadoby (Hour)*.

To znamená, že pri dvojdňovom zvoze majú záznamy s jedným parametrom *denSvoz* dva rôzne parametre *CasSejmutiNadoby (Day)*. Údaj *DenSvoz* sa zaznamenával až pri ukončení zvozovej trasy - ak trasa trvala 2 dni, je to deň druhý, kedy sa vozidlo vážilo. Ak jeden zvoz trval 2 dni, rovnaký údaj *hmotnostSvoz* sa uloží aj do ďalšieho dňa. Preto sa nepoužíval atribút *CasSejmutiNadoby (day)*, ale *DenSvoz*.

Obr. 6.1 Ukážka selekcie zvozov

Papier (PAP)

Odsledované trasy dostali svoje pomenovania vo formáte:

Trasa [Poradové číslo] [Skratka typu odpadu][posledné dvojčísle roku] (Tab. 6.1)

Pod každú trasu spadá približne 52 zvozov.

Tab. 6.1 Trasy pre zvoz papiera

	2015	2016
Pondelok	Trasa 1 PAP15	Trasa 1 PAP16
	Trasa 2 PAP15	Trasa 2 PAP16
	Trasa 3 PAP15	Trasa 3 PAP16
Utorok	Trasa 4 PAP15	Trasa 4 PAP16
	Trasa 5 PAP15	Trasa 5 PAP16
Streda	Trasa 6 PAP15	Trasa 6 PAP16
Štvrtok	Trasa 7 PAP15	Trasa 7 PAP16
Piatok		Trasa 8 PAP16
Sobota		

Okrem trás v Tab. 6.1 boli identifikované trasy s počtom 1–3 nádoby. Sú to výsypy so samostatným kódom zvozu.

Najobťažnejšou časťou bolo rozhodnúť do ktorej trasy zvoz patrí v prípade, že začal v jeden deň a skončil v nasledujúci deň. V takom prípade bolo podľa záznamov napr. 1/3 nádob na trase obslužená v stredu a zvyšné 2/3 vo štvrtok.

Plast v zmesi s nápojovým kartónom (PLNK)

Plán zvozu PLNK (Tab. 6.2) má podobnú štruktúru ako plán zvozu papiera v roku 2015 bolo na pláne 7 trás za týždeň (Po, Ut – 2 trasy denne), v roku 2016 bolo naplánovaných 8 trás týždenne (Po, Ut, St – dve trasy denne).

Zvozy sa vyskytli aj v sobotu ale vzhľadom na ich nízky počet (6 zvozov) netvorila samostatnú trasu.

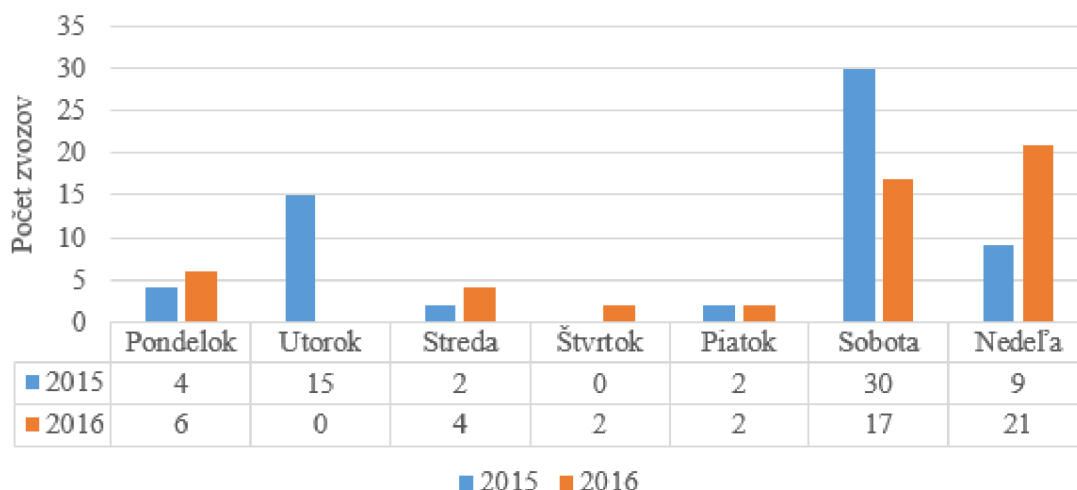
Tab. 6.2 Trasy pre zvoz plastu

	2015	2016
Pondelok	Trasa 1 PLNK15	Trasa 1 PLNK16
	Trasa 2 PLNK15	Trasa 2 PLNK16
Utorok	Trasa 3 PLNK15	Trasa 3 PLNK16
	Trasa 4 PLNK15	Trasa 4 PLNK16
Streda	Trasa 5 PLNK15	Trasa 5 PLNK16
		Trasa 6 PLNK16
Štvrtok	Trasa 6 PLNK15	Trasa 7 PLNK16
Piatok	Trasa 7 PLNK15	Trasa 8 PLNK16

K vyššie spomenutým trasám boli uvedené doplnkové trasy s názvami Koše PLNK15 a Koše PLNK 16. Zvozy týchto trás pozostávajú z 120 litrových smetných košov. Konkrétne za rok 2015 to bolo 22 zvozov s maximálnym počtom košov. Zvážalo sa výlučne pondelky a piatky. 13. Za rok 2016 to bolo 13 zvozov, ktoré prebehli len v sobotu.

Číre sklo (SKC)

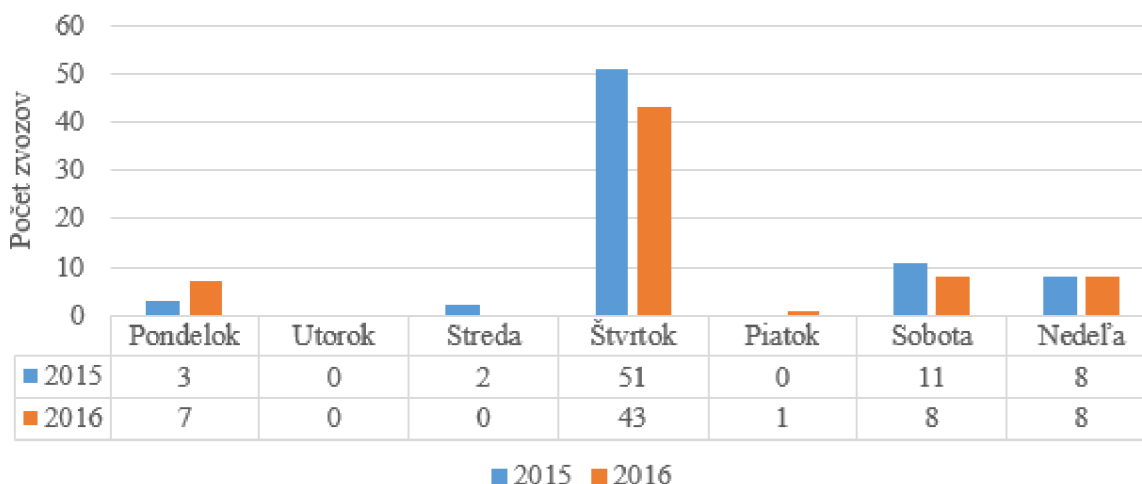
Z dôvodu nízkeho počtu zvozov číreho skla nebolo možné jednoznačne identifikovať trasy, avšak najviac zvozov prebehlo počas víkendu – v sobotu a nedeľu. V roku 2015 to bola hlavne sobota, v roku 2016 zasa viedla nedeľa. Grafické vyobrazenie spolu s tabuľkou sa nachádza na Obr. 6.3.



Obr. 6.3 Počet zvozov číreho skla

Zmesové sklo (SKS)

Podobne ako pri čírom skle, tak aj zvoz zmiešaného skla nebolo možné zaradiť do trás. Rozdielom však je, že majoritná časť zvozov (66 %) prebehla vo štvrtok, berúc do úvahy oba roky (Obr. 6.4). Nevidno medziročný trend, počet zvozov jedného roku kopíruje počet zvozov druhého roku. Zjednodušene sa dá povedať, že zmesové sklo sa zvažalo hlavne vo štvrtok a číre sklo počas víkendu.



Obr. 6.4 Počet zvozov zmesového skla

6.2 Monitoring zvozov mesta A

Podkapitola sa zameria na spracovanie dát z monitoringu zvozu. Bude teda rozoberať do väčšieho detailu trasy, ktoré boli identifikované v podkapitole 6.1.

Počas identifikácie zvozových trás sa okrem samotného plánu trás zistilo aj to, ktoré konkrétne zvozy (identifikované parametrom *kodSvoz*) patrili k danej trase. Pomocou makra tak boli z dát odfiltrované a vypísané žiadané údaje o každom zvoze. Na každú trasu prislúchala jedna tabuľka, takže vzniklo približne 40 tabuliek. Každá z nich pozostávala z ~50 riadkov (zvozy) a 13 stĺpcov (parametre zvozu). Tabuľky sú teda naozaj rozsiahle a z dôvodu praktickosti nie sú uvedené celé ale iba priemerné hodnoty za stĺpce. To znamená, že napr. počet nádob na Trase 1 je vlastne priemerná hodnota počtu nádob za všetky zvozy spadajúce pod túto trasu. Tieto priemerné hodnoty teda vlastne predstavujú parametre trasy.

Vysvetlenie pojmov v tabuľke:

Trvanie zvozu – vypočítal sa ako rozdiel časov prvého a posledného výsypu nádoby

Počet nádob – počet obslužených nádob počas zvozu

Priemerný čas na nádobu – čas získaný ako podiel trvania zvozu a počtu nádob

Hmotnosť zvozu – hodnota z *hmotnostSvoz*

Vyt'azenosť – vyjadruje koľko percent hmotnostnej kapacity vozidla tvorí hmotnosť zvozu

Hmotnosť odpadu – suma hmotností odpadu od každého výsypu nádoby

Priem. hmot. odpadu na nádobu – hmotnosť odpadu podelená počtom nádob

Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu – hmotnosť odpadu odpočítaná od hmotnosti zvozu

Reálna vyťaženosť – vyťaženosť upravená koeficientom k_r

Počet dvojdných zvozov – koľko zvozov obsahovala trasa, ktoré prebiehali počas 2 dní

Reálna vyťaženosť

Odpad sa lisuje v zbernom vozidle už počas zvozu pre zvýšenie objemovej kapacity nákladného priestoru. Niektoré druhy odpadov sú aj po stlačení stále ľahké. Takýmto prípadom sú plasty spolu s nápojovým kartónom. Aj napriek lisovaniu, nie je hmotnosť takéhoto odpadu natoľko vysoká aby dosiahla hodnotu nosnosti vozidla, pričom vozidlo môže byť z hľadiska objemu už plné. Reálna vyťaženosť teda z časti súvisí s objemovou kapacitou vozidla, aj keď len pomocou koeficientu upravuje vyťaženosť vychádzajúcu z hmotnostnej kapacity.

Koeficient bol zvolený tak, aby vyrovnal rozdiely medzi vyťaženosťou vozidla počas zvozu papiera a vyťaženosťou vozidla počas zvozu plastov a zároveň sa vyťaženosť priblížila k hodnote 100 %. Hodnoty koeficientu k_r upravujúceho vyťaženosť rôznych odpadových komodít nájdeme v Tab. 6.3.

Tab. 6.3 Koeficient reálnej vyťaženosťi pre rôzne komodity

	PAP	PLNK	SKC	SKS
k_r	0,95	0,65	1	1

Reálna vyťaženosť sa potom získa ako podiel vyťaženosťi a koeficientu k_r .

Pre sklo (číre aj zmesové) zostáva koeficient pre reálnu vyťaženosť $k_r = 1$, čiže je rovnaká ako tá pôvodná.

Do spoločnej tabuľky pre analýzu parametrov všetkých trás boli zahrnuté už spomenuté trasy pre zvoz papiera a plastu, avšak z dôvodu príliš malého počtu zvozov číreho aj zmesového skla boli vypracované len parametre zvozových dní, počas ktorých prebehol vyšší počet zvozov a to konkrétne:

- Sklo číre – Utorok, Sobota, Nedeľa
- Sklo zmesové – Pondelok, Sobota, Nedeľa

V tabuľke sa nachádzajú aj doplnkové trasy Koše PLNK15 a Koše PLNK16, ako vhodné príklady trasy s nízkym počtom nádob.

Tabuľka je uvedená ako príloha T1 a jej vyhodnotenie sa nachádza v nasledujúcej kapitole 7.

Okrem parametrov trás bola spracovaná analýza nádob na trase. Spočívala v tom, že sa vypísali všetky nádoby na trase zväzvané aspoň 12 krát ročne, tzn. aspoň raz mesačne. Potom sa s týmito nádobami porovnali nádoby konkrétneho zvozu (porovnanie na základe *kodNadoby*) a vypočítala sa zhoda [%] (Tab. 6.4 a Tab. 6.5). Z percentuálnej zhody nádob každého zvozu sa potom spravil priemer pre celú trasu. Výsledky sú v tabuľke. Bohužiaľ, zavážili dvojdňové

zvozy ktoré niekedy viac, niekedy menej ovplyvnili celkový priemer. Avšak vysoká zhoda nádob potvrdzuje, že boli zvozy spolu s nádobami správne roztriedené do trás.

Tab. 6.4 Percentuálna zhoda nádob zvozu s trasou PAP

	2015	Zhoda nádob [%]	2016	Zhoda nádob [%]
Pondelok	Trasa 1 PAP15	91,666	Trasa 1 PAP16	92,587
	Trasa 2 PAP15	89,230	Trasa 2 PAP16	63,158
Utorok	Trasa 3 PAP15	94,340	Trasa 3 PAP16	77,214
	Trasa 4 PAP15	89,365	Trasa 4 PAP16	85,745
Streda	Trasa 5 PAP15	79,877	Trasa 5 PAP16	58,760
Štvrtok	Trasa 6 PAP15	72,465	Trasa 6 PAP16	72,449
Piatok	Trasa 7 PAP15	70,967	Trasa 7 PAP16	85,187

Tab. 6.5 Percentuálna zhoda nádob zvozu s trasou PLNK

	2015	Zhoda nádob [%]	2016	Zhoda nádob [%]
Pondelok	Trasa 1 PLNK15	98,411	Trasa 1 PLNK16	97,033
	Trasa 2 PLNK15	93,267	Trasa 2 PLNK16	95,674
Utorok	Trasa 3 PLNK15	98,504	Trasa 3 PLNK16	97,897
	Trasa 4 PLNK15	98,388	Trasa 4 PLNK16	98,812
Streda	Trasa 5 PLNK15	84,292	Trasa 5 PLNK16	94,103
			Trasa 6 PLNK16	97,284
Štvrtok	Trasa 6 PAPI5	97,305	Trasa 7 PLNK16	96,277
Piatok	Trasa 7 PLNK15	98,069	Trasa 8 PLNK16	97,377

6.2.1 Analýza zvozov vybraného auta

Do analýzy bolo vybrané vozidlo, ktoré bolo v službe celých 12 mesiacov a zároveň má aspoň 90 % podielu na zvozoch komodity. Analýza z hľadiska jedného vozidla bola spracovaná 2 krát – pre vozidlo s najväčším podielom zvozov na komodite papier a pre vozidlo s najväčším podielom zvozov na komodite zmesové sklo.

Parametre zvozov jedného vozidla v priebehu roku boli stanovené nasledovne:

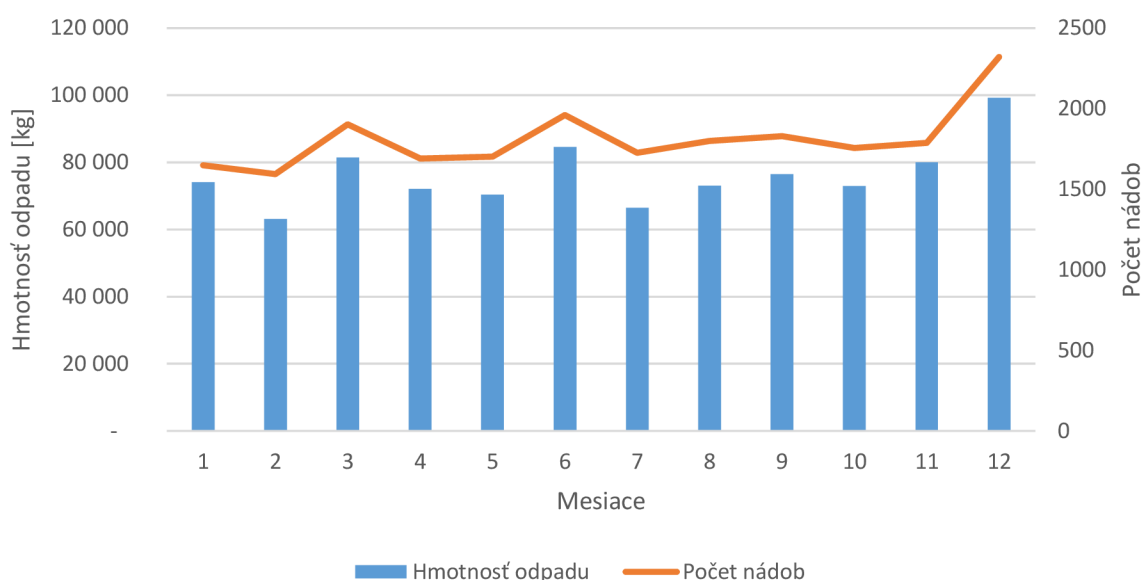
Stĺpec Hmotnosť odpadu udáva sumu *hmotnosťOdpadu* za časové obdobie mesiac alebo týždeň. Z hmotností za mesiac či týždeň sa vypočítal priemer, z ktorého sa dopočítali odchýlky hmotnostné aj percentuálne.

Stĺpec počet nádob vyjadruje sumu nádob za dané časové obdobie, z ktorých sa rovnako vypočítal priemer a odchýlky v kusoch i v percentách. Posledný stĺpec udáva priemernú hmotnosť odpadu na nádobu za dané obdobie.

Komodita papier

- Na mesačnej báze

Na Obr. 6.5 jasne vidíme závislosť hmotnosti odpadu na počte dní v mesiaci. Január 31 dní, február 28 dní, marec opäť 31 dní atď. Dlhšie mesiace zahŕňali opakovane viac odpadu, než mesiace kratšie. Hmotnosť odpadu je výrazne vyššia za mesiac december, pravdepodobne kvôli Vianociam. Počet nádob a hmotnosť odpadu spolu korelujú. Obslužených bolo približne 1800 nádob mesačne, konkrétne hodnoty sú v tabuľke. Tabuľka k obrázku je k dispozícii v prílohe TO1.



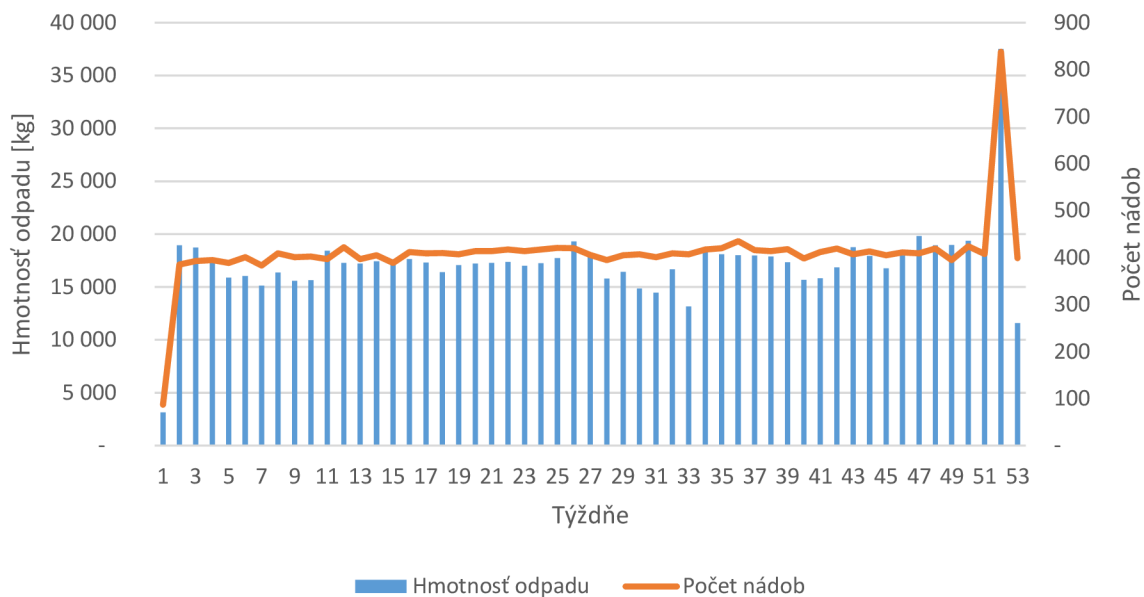
Obr. 6.5 Hmotnosť odpadu a počet nádob podľa mesiacov (PAP)

- Na týždennej báze

Obr. 6.6 znázorňuje taktiež hmotnosť odpadu a počet nádob na zvozoch jedného auta, avšak podrobnejšie – podľa týždňov. V letnom období bol zaznamenaný mierny prepad v hmotnosti odpadu pri nezmenenom počte nádob, takže ich naplnenosť bola nižšia.

Na obrázku je už detailnejšie vidieť, čo spôsobilo výrazný nárast v poslednom mesiaci – bol to práve posledný ucelený týždeň v ktorom prebehli vianočné sviatky a prudko stúpila produkcia papierového odpadu.

Tabuľka k obrázku je k dispozícii v prílohe TO2. Suma a priemer v rámci týždňov boli v tabuľke počítané len z ucelených kalendárnych týždňov (7 dní).

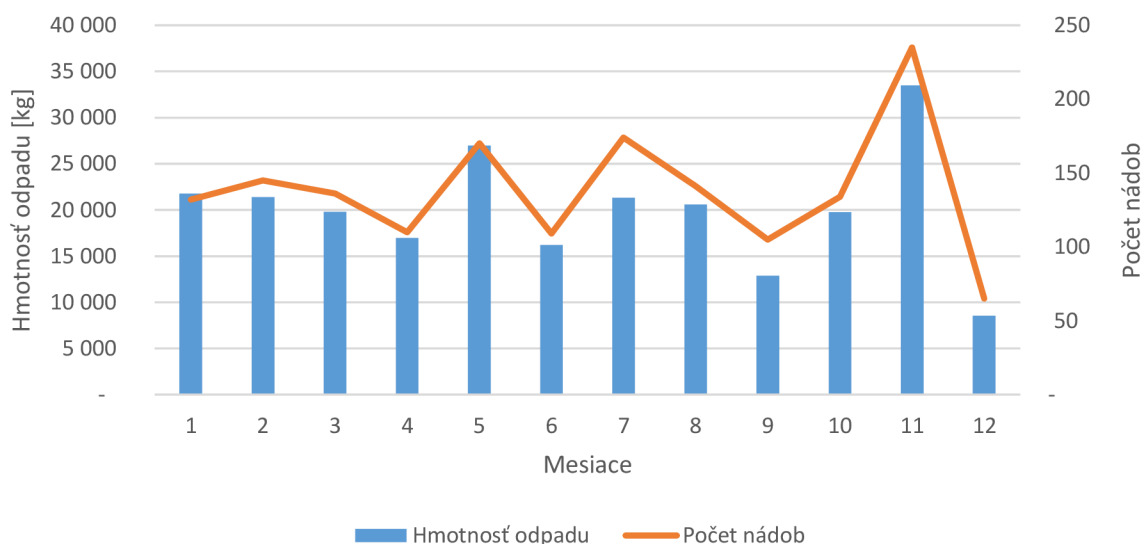


Obr. 6.6 Hmotnosť odpadu a počet nádob podľa týždňov (PAP)

Komodita sklo zmesové

- Na mesačnej báze

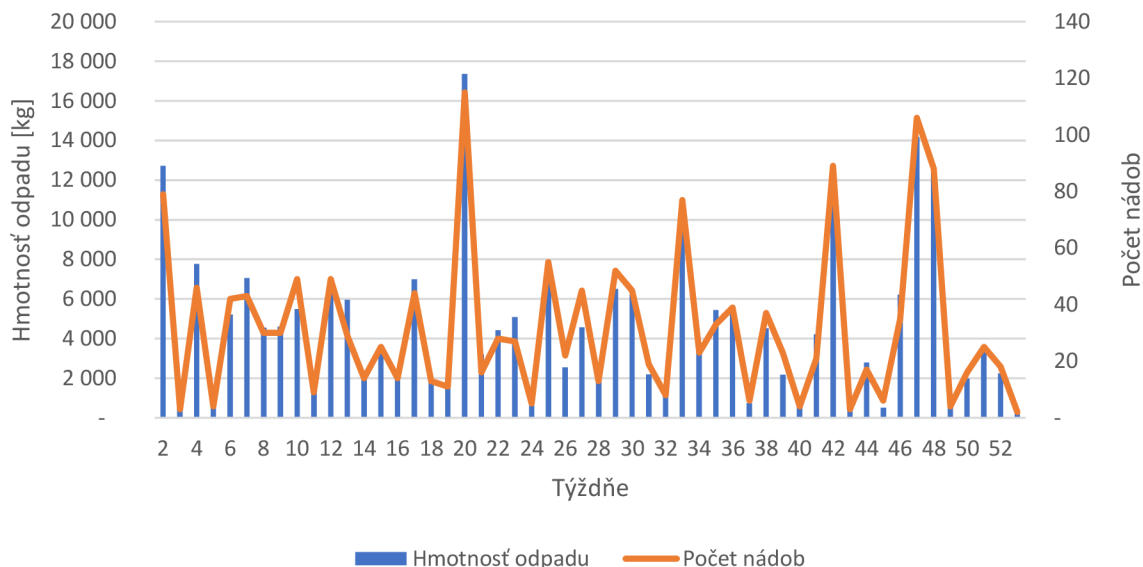
Priebeh grafu na Obr. 6.7 vykazuje väčšie výkyvy v hmotnosti zväžaného skla. Čím to bolo spôsobené, ukáže analýza na týždennej báze. Hmotnosť odpadu koreluje s počtom nádob. Obslužených bolo len 65–235 nádob mesačne, avšak hmotnosť odpadu nadobúdala hodnoty približne 20 t mesačne. Tabuľka k obrázku je v prílohe TO3.



Obr. 6.7 Hmotnosť odpadu a počet nádob podľa mesiacov (SKS)

- Na týždennej báze

Krivka vyjadrujúca počet nádob cyklicky rastie a klesá približne každé dva týždne. Výkyvy sú spôsobené nižšou frekvenciou zvozov niektorých nádob, pretože trvá dlhšie, kým sa sklo nazbiera a je následne zväžané. Lokálne maximá sa vyskytujú približne každý druhý týždeň (Obr. 6.8). Frekvencia zvozov teda závisí od druhu odpadu. Tabuľka je v prílohe TO4.



Obr. 6.8 Hmotnosť odpadu a počet nádob podľa týždňov (SKS)

6.3 Plán zvozov mesta B

Plán zvozu odpadu pre mesto B bol rozpísaný v priloženom súbore a vyzerá nasledovne:

- Oblasť 606: Pondelok, Streda, Piatok.

Zvozy zoskupené do týchto dní dostali podľa nich pomenovanie trasy. Jedná sa v princípe o jednu trasu ale pre zachovanie koncepcie trás z mesta A, bude táto trasa v ďalšom texte rozdelená teoreticky na 3 trasy podľa zvozových dní (Tab. 6.6). Vďaka tomu bude možné porovnať ako sa menil zvoz a produkcia odpadu v priebehu týždňa.

Tab. 6.6 Trasy mesto B

Pondelok	Trasa Pondelok
Streda	Trasa Streda
Piatok	Trasa Piatok

Väčšina nádob v tejto oblasti bola obsluhovaná 3 krát týždenne a zväžanou komoditou bol papier.

- Oblasť 552: Pondelok, Utorok, Streda, Piatok

V oblasti 552 sa zväžal zmesový komunálny odpad. Analýzy sa týkajú iba mestskej časti 606, pretože z mestskej časti 552 chýbala majoritná časť dát a preto už nebude ďalej rozoberaná.

6.4 Monitoring zvozov mesta B

Jedna zo skvelých vlastností monitoringu z mesta B bola, že neobsahoval žiadne dvojdňové zvozy. Takže počet dvojdňových zvozov bol vždy nula a vyhodnotenie zvozov nebolo nijak skreslené. Počty zvozov v jednotlivé dni počas roku 2017 boli:

Pondelok – 49

Streda – 50

Piatok – 50

Výsledky monitoringu z mesta B sú sa nachádzajú spoločne s výsledkami monitoringu z mesta A v priloženej tabuľke T1.

7 Vyhodnotenie

Posledná kapitola sa venuje porovnaniu parametrov trás, ktoré sú sprevádzané aj grafickým znázornením výsledkov. V druhej časti je pripravené vyobrazenie reálnych zvozových trás na mape. Nakoniec sa diskutuje o identifikácii trás, ich vyhodnotení a o faktoroch vplývajúcich na zvoz odpadu.

7.1 Vyhodnotenie zvozových trás

V prvom rade je nutné spomenúť, že vplyv dvojdňového zvozu na výsledky nie je vôbec zanedbateľný. Práve naopak, dôsledkom nich sa skreslili niektoré výsledky tak veľmi, že je možné ich označiť za nepresné. Vyhodnotenie parametrov trás má podobu porovnávania a popisovania rozdielov podľa sledovaných vlastností, prepojenie medzi nimi a ich vzájomný vplyv.

Počet dvojdňových zvozov (príloha O11)

Zvozy, ktoré začali v jeden deň a boli dokončené deň nasledujúci znemožňovali ich jednoznačné zaradenie pod trasu a to sa prejavilo hlavne na trvaní zvozu a s tým súvisiaci priemerný čas na obsluhu jednej nádoby. Takéto zvozy trvajúce dva dni sa vyskytli prevažne medzi zvozmi papiera a čiastočne aj medzi zvozmi plastu. Trasy SKS15 obsahujú len 1 dvojdňový zvoz a jeho vplyv na výsledky je zanedbateľný. Vo všetkých prípadoch (PAP15, PAP16, PLNK15, PLNK16) ich frekvencia rastie ku koncu týždňa. Obzvlášť štvrtková trasa 6 PAP15 a piatková trasa 7 PAP15 obsahujú polovicu takých zvozov. Práve pri týchto dvoch trasách bolo najobťažnejšie rozhodnúť, ktorej z nich zvozy patria. Niektoré sa neodlišovali počtom nádob od jednodňových zvozov, iné zasa akoby spájali obe trasy dohromady.

Trvanie zvozu (príloha O1)

V rámci mesta A sa všeobecne dá povedať, že čím viac dvojdňových zvozov na trase, tým dlhšie trvala. Z tých trás, ktoré boli minimálne alebo vôbec ovplyvnené, trvali dlhšie tie trasy, ktoré boli na začiatku týždňa a dosahovali časy trvania 3–5 hodín, čo umožňovalo stihnúť dve trasy denne – dlhšiu a kratšiu, prípadne dve podobne dlhé. Berme do úvahy trasy 1–5 PLNK15 a trasy 1–7 PLNK16. Trasa 1 a 2 PLNK15 – obe prebehli v pondelok, prvá je dlhšia (5 h a 10 min), druhá je kratšia (2 h 24 min) a dohromady tak vyplňajú čas pracovnej doby. Totožná situácia nastala aj v utorok na trasách 3 a 4 PLNK15, kedy prvá z nich trvala priemerne 4 h a 16 min, druhá trvala 3 h a 15 min, čo opäť v súčte dáva čas pracovnej doby. Podobne Trasa 1 a 2 PLNK16 a Trasa 3 a 4 PLNK16. Pre porovnanie trasy skla číreho trvali (čiže zvozy priemerne trvali) ~2–3 hodiny, konkrétne pre rok 2015 od 2 h 12 min do 2 h 20 min a rok 2016 zaznamenal nárast v trvaní zvozov – od 2 h 39 min do 2 h 50 min. Trasa SKC16 Pondelok má priemerné trvanie len 4 sekundy, pretože sa na trase nachádzali 2–3 nádoby a boli hneď pri sebe. Obslužiť koše s plastovým odpadom trvalo krátky čas, pretože ich bolo na trase len zopár. Dostávame sa k mestu B, kde zvoz bol naplánovaný tak, aby zabral celý deň. Síce sa jedná

o jednu a tú istú trasu ale je teoreticky rozdelená na tri, čo nám umožňuje porovnať zvoz odpadu v priebehu týždňa. Trasa Pondelok a Trasa Streda, obe trvali približne 8,5 hodiny. Trasa Piatok trvala 7 h 41 minút. Tento rozdiel sa prisudzuje k faktu, že v pondelok bolo viac odpadu než v piatok, čo naozaj potvrdzuje obrázok v prílohe O4. Pri väčšom množstve odpadu je manipulácia s nádobami pomalšia a taktiež presun vozidla trvá o trochu dlhšie.

Počet nádob (príloha O2)

Počet naplánovaných nádob k obsluhu počas týždňa dosť variuje. Na pondelky spadajú trasy s vyšším počtom nádob (Trasa 1 PAP16, Trasa 1 PLNK15, Trasa 1 PLNK16). Počet nádob sa pohybuje priemerne od 100 do 120 nádob na zvoz. Stredajšie trasy sú naopak obvykle teoreticky najkratšie, čo sa počtu nádob týka. Sú to trasy s poradovým číslom 5, zastrešujúce zvozy PAP i PLNK za oba roky. Obsahovali aspoň podľa výsledkov najmenej nádob, avšak je to spôsobené tým, že väčšina z nich kvôli živnostenským (súkromným) objektom zostala skrytá, čo dokazuje aj veľký podiel hmotnosti odpadu z takýchto nádob na hmotnosti zvozu (príloha O9). Štvrtkové zvozy PLNK15 z prímestskej časti sa presunuli na stredú a utvorili tak novú trasu v stredú (Trasa 6 PLNK16).

Štvrtkové a piatkové trasy neboli až tak výrazne ovplyvnené dvojdňovými zvozmi ako v prípade trvania zvozu. Ak by boli – tzn. ak by bol výrazne vyšší počet nádob v tieto dni, znamenalo, by to, že sa štvrtkové a piatkové zvozy viackrát spájali dohromady. U skla je počet nádob na trasách nižší – priemerne do 40 nádob pre zvoz číreho skla a do 30 nádob pre zvoz zmesového (farebného) skla. Priemerný počet nádob na zvozoch pre výsyp košov v roku 2015 bol 8 a v roku 2016 zaznamenal počet košov nárast na priemerne 12,5 koša za zvoz. Pravdepodobne boli pridané koše na plastový odpad na lokality verejných priestranstiev, kde bola zaznamenaná nedostatočná kapacita (parameter *naplnenosť* nad 100 %).

Trasy, resp. trasa v meste B pozostávala z vysokého počtu nádob (~169 nádob za zvoz), od ktorého sa odvíjal aj dlhý čas zvozu.

Priemerný čas na nádobu (príloha O3)

Pre pripomenutie – je to celkový čas zvozu podelený počtom nádob, nejedná sa o čas na obsluhu nádoby. V celkovom čase (trvanie zvozu) je teda započítaný čas prejazdu medzi nádobami aj čas, ktorý bol potrebný na ich obsluhu. Táto charakteristická vlastnosť trasy nevyjadruje len to, ako rýchlo jazdili pracovníci medzi nádobami alebo ako šikovní boli pri ich obsluhu. Vyjadruje predovšetkým rozostavenie nádob v teréne. Tzn. ich vzdialenosti medzi sebou a z toho predpokladateľnú lokáciu – centrum alebo okrajové časti mesta. Nádoby v centre sú bližšie k sebe, niekedy dokonca vedľa seba a tak prejazd bude kratší. Okrajové časti mesta s redšou zástavbou majú menší počet nádob s väčšími vzdialenosťami medzi nimi a prejazd bude trvať dlhšie.

Práve trasy 5 (PAP aj PLNK, 15 aj 16) majú mimoriadne dlhý priemerný čas na nádobu, čiastočne preto, že sa jedná o viac okrajové časti. Hlavným dôvodom takto vysokých časov pri spomínaných trasách je, že z reálneho počtu nádob na trase je zaznamenaná len ich malá časť. Zvyšok tvoria súkromné objekty (príloha O9). Aj zvozy skla vykazujú vyšší priemerný čas na nádobu, niektoré až ~10 min. Môže to byť spôsobené všeobecne nižším počtom nádob (redšie

rozostavenie), ale aj skrytými nádobami, ktorých podiel na hmotnosti zvozu je približne 40–50 %. Trasy z mesta B mali vždy veľmi nízky pomer trvania zvozu a počtu nádob.

Hmotnosť zvozu (príloha O4)

Tento parameter zvozu bol obsiahnutý v obdržaných dátach a nie je tak výrazne ovplyvňovaný dvojdňovým zvozom. Po spriemerovaní zvozov dostávame priemernú hmotnosť zvozu na jednotlivých trasách. Výsledky splnili očakávania – pondelkové zvozy papiera a plastu dosahujú vždy v priemere najvyššiu hmotnosť. Všeobecne v rámci mesta A má papierový odpad na konci zvozu vyššiu hmotnosť než plastový odpad a zvozy skla dosahujú ~2 krát vyšších hmotností, než zvozy papiera.

Vyťaženosť (príloha O5)

Keďže sa tento parameter odvíja od hmotnosti zvozu, tak opäť, v pondelky boli vozidlá viac vyťažené. Vozidlo zväžajúce papier bolo primerane zaťažované a okrem pondelkovej trasy mesta B neboli vozidlá nikdy preťažované. Na zvozoch ľahkého plastu sa vyťaženosť pohybuje okolo 30–60 %. Vozidlá na zvozoch skla boli pravidelne preťažované a na trase SKC16 bolo povolené zaťaženie prekročené až 1,5 krát. Vyťaženosť pri zvoze košov bola prakticky nulová.

Hmotnosť odpadu (príloha O6)

Keďže parameter hmotnosť odpadu pozostáva len z odpadu od fyzických osôb, je tento parameter na rozdiel od hmotnosti zvozu oveľa premenlivejší.

Priem. hmot. odpadu na nádobu (príloha O7)

Tento parameter nebol ovplyvnený ani dvojdňovým zvozom a ani živnostenským zvozom a preto výsledky v jednotlivých skupinách trás nemajú veľké výkyvy. Priemerné hmotnosti papiera v meste A sa pohybovali približne od 36 kg do 54 kg na nádobu. V meste B to bolo podstatne menej – približne 22–34 kg na nádobu. Priemerné hmotnosti na nádobu sa v závislosti od trasy pohybovali od ~17 kg na nádobu do ~25 kg na nádobu. U skla vážil priemerne odpad v jednej nádobe (opäť podľa trás) od 147 kg do 274 kg bez ohľadu na druh skla.

Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu (príloha O8 a O9)

Najväčšie rozdiely medzi týmito dvoma parametrami vykazovali trasy s číslom 5 (PAP15, PAP16, PLNK15 i PLNK16), ktoré sú vidno už na vyobrazení s jednotkou [kg] ale pri pohľade na vyobrazenie s percentuálnym podielom, je to až neuveriteľných ~73–95 %. Tento rozdiel má súvislosť s tým, koľko ktorých nádob je na trase naplánovaných (bytové vs. súkromné objekty).

Reálna vyťaženosť (príloha O10)

Reálna vyťaženosť, ktorá upravuje predovšetkým vyťaženosť vozidla na zvozoch plastového odpadu, znižuje rozdiely medzi vyťaženosťou na zvozoch papiera a vyťaženosťou na zvozoch plastu. A vyťaženosť na zvozoch oboch druhov komodít približuje viac k vyťaženosť na zvozoch skla, ktorá zostala nezmenená.

7.2 Kartografické zobrazenie zvozových trás

K záveru vyhodnotenia boli pripravené kartografické výstupy z vybraných trás pre obe mestá za použitia software ArcGIS – geografického informačného systému, ktorý je určený na prácu s priestorovými dátami.

Do ArcGIS-u vstupovali x-ové a y-ové súradnice pozície nádob a vozidla.

Mesto A

V meste A sa ako ukážkový príklad použila trasa zo zvozu papiera za rok 2015. Jedná sa konkrétne o trasu 3 PAP15 Bolo vyobrazených teda celkom 7 trás a to tak, že od každej trasy bol vybraný jeden zvoz.

Zvoz predstavujúci trasu bol vybraný krátkym úsudkom – zvolil sa zvoz, ktorý sa počtom nádob blížil k priemeru, neobsahoval nádoby z iných dní a obsahoval čo najviac nádob so známou lokáciou.

Aj napriek snahe vybrať zvoz, ktorý by čo najlepšie spĺňal všetky kritéria, vybraný zvoz obsahoval určitý počet nádob bez známej lokácie, ako možno vidno v Tab. 7.1. Vyobrazenie nájdeme v prílohe M1.

Tab. 7.1 Chýbajúce nádoby na mape

Trasa 3 PAP15	
Celkový počet nádob	87
Počet nádob bez lokácie	13
Podiel nádob bez lokácie [%]	14,943

Mesto B

Na rozdiel od mesta A, v dátach z mesta B sme mali k dispozícii polohy všetkých nádob, avšak len v prípade, že sa nachádzali v dokumente *Containers + ServingTime*. Dáta z oblasti 606 obsahovali pozície všetkých nádob na zvozoch. Údaje pre pozícia vozidla sa potom čerpali zo súboru *OnlineData*. Vybraná trasa Pondelok z mesta B obsahovala presne 149 záznamov o pozícii nádob a 4504 záznamov o pozícii vozidla.

Pri vykreslení trasy vozidla bola počiatočným bodom poloha vozidla od naštartovania motoru pred výjazdom z depa a koncovým bodom poloha vozidla po návrate do depa a vypnutí motoru. Vyobrazenú trasu nájdeme v prílohe M2. Keďže sa jednalo o zvoz papiera, koncovkou je zberné stredisko.

7.3 Diskusia výsledkov

Podkapitola obsahuje niekoľko postrehov, ktoré neboli spomenuté priamo pri vyhodnocovaní.

O identifikácii trás

Pravdou je, že niektoré nádoby boli obsluhované 2 krát, prípadne aj 3 krát za týždeň. Avšak to automaticky neznamená, že by sa jedna trasa mala opakovať 2–3 krát týždenne. Bolo totiž sledované, že napr. polovica nádob zvozu z trasy 7 PAP15 sa zhoduje s polovicou nádob zvozu z trasy 3 PAP15 a druhá polovica nádob zvozu z trasy 7 PAP15 sa zhoduje s polovicou nádob zvozu z trasy 4 PAP. Okrem toho je počet obslužených nádob na zvozoch dosť rozmanitý. Príkladom môže byť štvrtková trasa 6 PAP15. Zvozy v tento deň dosahujú počet obslužených nádob od cca 10 do 105.

Nedá sa teda tvrdiť, že sa niekoľkokrát týždenne opakuje tá istá skupina nádob ako tomu bolo v prípade nádob z mesta B, kedy sa v podstate to isté zoskupenie nádob podľa plánu opakuje 3 krát týždenne. Vtedy sa dá jednoznačne hovoriť o jednej trase prebiehajúcej 3 dni týždni.

Z dôvodu tejto nekonzistencie obslužených nádob z mesta A bolo zvolené zaradovanie zvozov do trás podľa dní v týždni.

O vyhodnotení trás

Dvojdnový zvoz predstavoval problém, ktorý komplikoval identifikovanie trás a skresľoval výsledky. Výsledky ovplyvnené dvojdnovými zvozmi je nutné brať s rezervou. Prečo sa to dialo práve koncom týždňa (príloha O11) je diskutabilné. Mohlo to byť z dôvodu, že nestíhali a dokončovali zvoz v ďalší deň. Ďalším dôvodom mohol byť presný opak – zvozy, ktoré mali podľa plánu nastať v piatok si zamestnanci „nabehli“ už vo štvrtok, aby mohli skôr skončiť v práci. Analyzované zvozy z mesta B neboli nikdy rozložené na dva dni.

Nosnosť vozidla bola zvolená a preto vyťaženosť nemusí celkom odpovedať skutočnosti.

Medziročný rozdiel v trasách nastal v Stredú, kedy na zvoze komodity PLNK pribudla krátka trasa, ktorej hlavnou úlohou bolo obslužiť zopár nádob v príľahlých obciach. Odpad v týchto prímestských častiach bol zväzovaný v roky 2015 striedavo v stredú a vo štvrtok, v roku 2016 sa však štvrtkové zvozy presunuli na stredú a utvorili tak novú krátku trasu. V meste A sa teda okrem čiastočne upraveného vozového parku aj trochu pozmenil plán trás.

Grafy produkcie odpadových komodít plast a papier mali pomerne konštantný priebeh s menšími odchýlkami, ktoré boli spôsobené sezónou, sviatkami alebo dĺžkou mesiaca. Grafy produkcie skla vykazovali pravidelný cyklus, približne každý druhý týždeň sa nahromadilo viac odpadu z dôvodu nižšej frekvencie zvozu.

Trasy mesta B trvali ~8 h, takže zaberali celú pracovnú dobu, v meste A trvali ~4 h, takže sa častokrát stihli 2 zvozy za deň.

Z priemerného času na výsyp jednej nádoby sa dá odhadnúť rozostavenie nádob v teréne počas zvozu. Nádoby v širšom centre mesta sú bližšie k sebe, niekedy dokonca vedľa seba a tak prejazd medzi nimi bude trvať kratšie. Okrajové časti mesta a priľahlé obce s redšou zástavbou majú menší počet nádob s väčšími vzdialenosťami medzi nimi a prejazd bude trvať dlhšie.

Zaujímavé je porovnanie Trasy 4 PAP15 s Trasou Streda z mesta B. Hmotnosti zvozu sú približne rovnaké, u Trasy 4 PAP tvorilo ~500 kg hmotnosti odpadu živnostenský odpad, čo je asi len 11 % a taktiež dvojdňový zvoz veľmi neskresľuje výsledky. Trasy sú teda naozaj dosť podobné ale predsa sa líšia jedným parametrom. Je ním počet nádob. A keďže sa podobajú ešte v parametri priemerný čas na nádobu, dá sa vyvodiť záver, že nádoby v meste B obsahovali menej odpadu a teda boli buď menšie alebo menej naplnené (túto úvahu podkladá aj príloha O7).

O faktoroch ovplyvňujúcich zvoz odpadu

Problém preťažovania áut – v niektoré časti roka je vyššia produkcia odpadov a vzhľadom na to, že musia jazdiť podľa plán, nevyhnú sa situácii kedy dôjde k preťaženiu vozidla. Preťažovanie áut veľmi závisí na komoditách. Pri papieri sa to stáva občas, pri plaste je to zriedkavé a pri skle sa to stáva bežne. Plasty predstavujú častokrát pri zvozech problém a to obzvlášť v lete, kedy je veľká produkcia PET fliaš. Sú totiž ľahké ale objemné. Vďaka vratným skleneným fľašiam nenastávajú počas roka extrémne výkyvy.

Zvoz odpadu je ovplyvňovaný aj poveternostnými podmienkami, prístupom k zberným nádobám, druhom zvažanej komodity, topografiou územia (vzdialenosť prepravy) a hustotou obyvateľstva [5].

8 Záver

Diplomová práca nám na začiatku teoretickej časti približuje najdôležitejšie české zákony a vyhlášky týkajúce sa legislatívy odpadového hospodárstva. Pokračuje definíciami, ktoré súvisia s tematikou práce a popisuje aj zloženie zmesového komunálneho odpadu, ďalej sa zaoberá systémami jeho zberu podľa technického vybavenia a podľa štruktúry sídiel. Samostatná kapitola je venovaná popisu ARP modelov a technológiám používaných pri zbere a prenose dát zo zvozu odpadu, teda pri jeho monitoringu. Vhodne pripravené dáta môžu byť vyhodnotené v rámci analýz alebo použité ako vstupné dáta pre optimalizačný software, ktorý využíva práve spomínané ARP modely. Informačné a komunikačné technológie používané pri zvoze odpadu a následná optimalizácia trás sú jedným z prvkov inteligentného mesta.

Praktická časť začala prípravou dát na analýzy. Neupravené dáta, ktoré boli obdržané sa museli najprv pripraviť, aby mohli byť analyzované. Dáta z mesta A nepotrebovali žiadnu úpravu, až na pridanie atribútu *Den*. Príprava dát z mesta B bola oveľa komplikovanejšia. Zaujímavou časťou prípravy bola redukcia dát, takým spôsobom aby zostali len potrebné záznamy. Pracovať s takým množstvom dát bolo pomerne časovo náročné. Avšak zdĺhavá práca s odstránením nepotrebných dát mala svoje opodstatnenie. Vďaka nej sa zmestili záznamy polohy vozidla z celého roku rozdelené do niekoľkých súborov na jednu kartu v Exceli.

Tá je limitovaná na 1 milión riadkov. Okrem toho klesla veľkosť dát z ~1,29 GB na ~90 MB. Z problémov, ktoré sa pri spracovaní surových dát vyskytli, môžeme usudzovať, že dáta, aj napriek tomu ako kvalitné sa spočiatku zdali, mali svoje nedostatky a to nielen v neúplnosti dodaných dát. Konkrétne súbor *OnlineData* postrádal kľúčové atribúty akými sú identifikátor zvozu (*ID_COLLECTION*) a rajón (*PLA_ID_DISTRICT*). Toto sa dá považovať za nedostatok, a bolo by vhodné ho do budúcnosti odstrániť – tzn. doplniť *OnlineData* o tieto atribúty. Výrazne by to zjednodušilo prepojenie dát a ich filtrovanie.

Analýzy sa skladali najprv zo stanovenia parametrov odpadu z pohľadu komodít a z pohľadu áut za rôzne časové jednotky (hodina, deň, mesiac, rok). Analyzovala sa produkcia odpadu, sypná hmotnosť, frekvencia zvozov i vyťaženosť vozidiel. K tejto praktickej časti bola pridaná ešte ukážka analýzy jedného zvozu odpadu.

Nasledujúca kapitola Zvozové trasy odhaľuje najprv plán zvozov a potom sa venuje vyhodnoteniu dát z ich monitoringu. Parametre boli stanovené pre každý jeden zvoz a museli byť spriemerované z dôvodu obrovského množstva výsledkov. Priemerné výsledky sa podarilo dostať do jednej tabuľky (pre trasy z oboch miest) a doplnené boli aj grafickým znázornením. V ďalšej časti tejto kapitoly boli prevedené analýzy zvozov vybraného vozidla. Vybrané boli dve vozidlá – prvé malo najväčší podiel na zvozoch papiera, druhé malo najväčší podiel na zvozoch zmesového skla. Analýzy oboch vozidiel boli vyobrazené graficky na mesačnej i týždennej báze.

Na záver praktickej časti bola kartograficky vyobrazená miera využitia dostupnej infraštruktúry za pomoci softvéru ArcGIS na reálnych mapách analyzovaného územia.

Tie najväčšie rozdiely v datasetoch z mesta A a mesta B môžeme vidieť na mapách – zo zvozu z mesta A sa dali vykresliť len obslužené nádoby (u mnohých pozícia nebola známa, ale to sa dá vnímať ako odstrániteľný problém), zatiaľ čo zo zvozu z mesta B sa dala premietnuť na mapu presná trajektória vozidla spolu s obsluženými nádobami. Vykreslené body na mape mesta A by sa síce dali pospájať ale vzniknutá trajektória by neodpovedala reálnemu pohybu vozidla.

Ďalej sú vidno rozdiely pri analýze jedného zvozu. Kým z monitoringu zvozov odpadu mesta A sa dá zistiť medzičas obsluhy nádob, tzn. čas medzi začiatkom obsluhy jednej nádoby a začiatkom obsluhy druhej nádoby, tak z dát monitoringu zvozov mesta B sa dajú zistiť popri medzičasoch aj časy na samotnú obsluhu nádoby a časy presunu medzi dvoma nádobami. Okrem spomenutých časových úsekov je možné zistiť aj vzdialenosť prejazdu medzi dvoma nádobami, čo z dát mesta A nebolo možné stanoviť. Práve tieto údaje sú kľúčové pre optimalizáciu pomocou ARP modelov.

Drobným nedostatkom dát z mesta B je absencia údaju o naplnenosti jednotlivých nádob a z toho plynúca nemožnosť dopočítania hmotnosti odpadu nachádzajúceho sa v nich a dopočítania sypnej hmotnosti. Ak by bola známa hmotnosť odpadu v nádobách, dala by sa zistiť aj hmotnosť skrytého odpadu zo súkromných objektov (ak sa počas zvozu vyskytli).

Potenciál rozvoja dát by mohol byť práve v spomenutých nedostatkoch. Do zvozových vozidiel mesta A by mohol byť nainštalovaný GPS systém, ktorý bude získavať a ukladať údaje o polohe vozidla v čase a do mesta B by bol vhodný systém, ktorý bude zaznamenávať naplnenie nádob.

So stúpajúcou kvalitou dát stúpa aj náročnosť ich zozbierania a následného spracovania ale ako sa ukázalo, výhody sofistikovanejšieho systému mesta B prevažujú nad týmto negatívom.


Možnosť pokračovania v analýzach by bola vo vypracovaní ďalších parametrov odpadu, pretože sa dá spraviť množstvo analýz na rôzne spôsoby – podľa komodity, vozidla, dňa, mesiaca, roku, z pohľadu 1 vozidla, z pohľadu 1 trasy, z pohľadu 1 zvozu atď. Zaujímavou analýzou by bolo vyhodnotenie trvania prejazdov pomocou ArcGIS-u a porovnanie s reálnymi záznamami zo zvozu odpadu.

Zoznam použitých zdrojov

- [1] VOŠTOVÁ, Věra. *Logistika odpadového hospodářství*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04426-1.
- [2] *Produkce a nakládání s odpady v roce 2017* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/produkce_nakladani_odpady_2017/\\$FILE/OOD_P-Produkce_a_nakladani_2017-20181003.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/produkce_nakladani_odpady_2017/$FILE/OOD_P-Produkce_a_nakladani_2017-20181003.pdf)
- [3] *NATUR-PACK: Čo je to hierarchia odpadu?* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://www.naturpack.sk/sluzby/verejnost/o-triedeni/co-je-to-hierarchia-odpadu/>
- [4] KURASŤ, Mečislav. *Odpady a jejich zpracování*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2014. ISBN 978-80-86832-80-7. Monografie.
- [5] ČERMÁK, Oskár. *ODPADOVÉ HOSPODÁRSTVO: Spôsoby zberu a odstraňovania odpadov*. STU, Bratislava, Vazovova 5: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2007, 106 s. ISBN 978-80-227-2662-7. Dostupné také z: <http://www.svf.stuba.sk>
- [6] *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz>
- [7] Komodity. *Separuj odpad* [online]. 2008 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://www.separujodpad.sk/index.php/obcan/komodity.html>
- [8] *Skladba: Ukazatele skladby domovního odpadu* [online]. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, 2003 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://www.komunalniodpad.eu/?str=skladba>
- [9] *Systém zberu odpadu* [online]. Martin: Brantner Fatra, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://www.brantnerfatra.sk/sk/nasa-firma/odpady/system-zberu-odpadu>
- [10] NEVRLÝ, Vlastimír. *Modely a metody pro svozové úlohy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 48 s. Vedoucí RNDr. Pavel Popela, Ph.D.
- [11] HANNAN, M.A., Md. ABDULLA Al Mamun, Aini HUSSAIN, Hassan BASRI, R.A. BEGUM, A review on technologies and their usage in solid waste monitoring and management systems: Issues and challenges, In *Waste Management*, Volume 43, 2015, Pages 509-523, ISSN 0956-053X, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15004080>

- [12] *Koncept Smart Cities: Základní informace o konceptu Smart Cities* [online]. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.mmr.cz/cs/Temp/Smart-Cities/Koncept-Smart-Cities>
- [13] *Metodika Konceptu inteligentních měst: Projekt TB930MMR001* [online]. Brno: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2015 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://www.dotaceeu.cz/getmedia/9c597c78-8651-43a8-8d94-bc9f19da74c5/TB930MMR001_Metodika-konceptu-Inteligentnich-mest-2015.pdf
- [14] *Kontingenční tabulka* [online]. Prešov: Prešovská univerzita v Prešove - Fakulta humanitných a prírodných vied, 2018 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://www.fhvp.unipo.sk/cvt/statistika/stbasic7.htm>
- [15] *Teoretický úvod Kontingenční tabulky a grafy Microsoft Excel* [online]. Brno: Pavel Lasák, 2014 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://office.lasakovi.com/excel/kontingencni-tabulka/teoreticky-uvod-kontingencni-tabulky-excel/>
- [16] ČSN EN 15357 - Tuhá alternativní paliva - Terminologie, definice a popis: 3.10 sypná hmotnost [online]. [cit. 2019-01-07]. Dostupné z: <https://www.nlfnorm.cz/terminologicky-slovník/50377>
- [17] *Learn Specs of Canter: CANTER'S LOAD CAPACITY CLASSIFICATION* [online]. Tokyo: carused.jp, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://carused.jp/mitsubishi_canter/capacity
- [18] *Ford Transit dimensions* [online]. Peterborough: Bauer publishing, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.parkers.co.uk/vans-pickups/ford/transit/2014-dimensions/>
- [19] MOBILE WASTE COMPACTOR / MIXED / ROTATING. In: *Direct Industry*: [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/longo-veicoli-industriali-srl/product-158880-1626392.html>

Zoznam použitých skratiek a symbolov

ZKO	zmesový komunálny odpad
BRO	biologicky rozložiteľný odpad
BRKO	biologicky rozložiteľný komunálny odpad
PAP	papier
PLNK	plast v zmesi s nápojovým kartónom
SKC	sklo číre
SKS	sklo zmesové
Po, Ut, St, Št, Pi, So, Ne	Pondelok, Utorok, Streda, Štvrtok, Piatok, Sobota, Nedeľa
ARP	Arc Routing Problem
CARP	Capacitated Arc Routing Problem
CPP	Chinese Postman Problem
RPP	Rural Postman Problem
TSP	Travelling Salesman Problem
VRP	Vehicle Routing Problem
WPP	Windy Postman Problem
SWM	Solid Waste Management
GIS	geografický informačný systém
GPS	globálny polohový systém
RS	diaľkové snímanie
RFID	identifikácia podľa rádiových frekvencií
SCADA	dispečerské riadenie a zber dát
SC	Smart City
VBA	Visual Basic for Applications
ID	identifikátor, identifikačné číslo
MB, GB	megabyte, gigabyte
kg	kilogram
kt	kilotona
ks	kus (počet)
k_r	koeficient reálnej vyťažnosti
	severka (určuje orientáciu severu na mape)

Zoznam príloh

Pre jednoduchšiu orientáciu v prílohách: Prílohy začínajúce na TO sú tabuľky k obrázkom, na T sú tabuľky, na M sú mapy a na O sú obrázky (grafy).

Príloha	TO1	Zvozy vybraného vozidla – mesiace (PAP)
Príloha	TO2	Zvozy vybraného vozidla – týždne (PAP)
Príloha	TO3	Zvozy vybraného vozidla – mesiace (SKS)
Príloha	TO4	Zvozy vybraného vozidla – týždne (SKS)
Príloha	M1	Trasa 3 PAP15 (mesto A)
Príloha	M2	Trasa Pondelok (mesto B)
Príloha	T1	Parametre všetkých trás
Príloha	O1	Trvanie zvozu
Príloha	O2	Počet nádob
Príloha	O3	Priemerný čas na nádobu
Príloha	O4	Hmotnosť zvozu
Príloha	O5	Vyt'aženosť
Príloha	O6	Hmotnosť odpadu
Príloha	O7	Priem. hmot. odpadu na nádobu
Príloha	O8	Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu [kg]
Príloha	O9	Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu [%]
Príloha	O10	Reálna vyt'aženosť
Príloha	O11	Počet dvojdňových zvozov

Prílohy

Príloha TO1: Zvozy vybraného vozidla – mesiace (PAP)

Mesiac	Hmotnosť odpadu	Odchýlka od priemeru		Počet nádob	Odchýlka od priemeru		Hmot/nádoza
	[kg]	[kg]	[%]		[ks]	[ks]	
1	74 125,408	-2 029,323	-2,665	1 649	-160,750	-8,882	44,952
2	63 083,037	-13 071,694	-17,165	1 594	-215,750	-11,922	39,575
3	81 389,091	5 234,360	6,873	1 903	93,250	5,153	42,769
4	72 079,062	-4 075,669	-5,352	1 690	-119,750	-6,617	42,650
5	70 383,604	-5 771,127	-7,578	1 702	-107,750	-5,954	41,353
6	84 576,442	8 421,711	11,059	1 960	150,250	8,302	43,151
7	66 440,285	-9 714,446	-12,756	1 726	-83,750	-4,628	38,494
8	73 021,208	-3 133,524	-4,115	1 800	-9,750	-0,539	40,567
9	76 476,340	321,609	0,422	1 829	19,250	1,064	41,813
10	72 990,358	-3 164,373	-4,155	1 756	-53,750	-2,970	41,566
11	80 032,230	3 877,499	5,092	1 787	-22,750	-1,257	44,786
12	99 259,709	23 104,978	30,340	2 321	511,250	28,250	42,766
Suma:	913 856,774			21 717			
Priemer:	76 154,731			1 809,750			42,037

Príloha TO3: Zvozy vybraného vozidla – mesiace (SKS)

Mesiac	Hmotnosť odpadu	Odchýlka od priemeru		Počet nádob	Odchýlka od priemeru		Hmot/nádoza
	[kg]	[kg]	[%]		[ks]	[ks]	
1	21 790,941	1 817,903	4,480	132	-6,000	-0,292	165,083
2	21 393,403	1 420,364	3,500	145	7,000	0,340	147,541
3	19 790,339	-182,699	-0,450	136	-2,000	-0,097	145,517
4	16 974,768	-2 998,271	-7,389	110	-28,000	-1,361	154,316
5	26 958,934	6 985,895	17,215	170	32,000	1,555	158,582
6	16 192,551	-3 780,488	-9,316	109	-29,000	-1,409	148,556
7	21 327,747	1 354,709	3,338	174	36,000	1,749	122,573
8	20 591,472	618,433	1,524	141	3,000	0,146	146,039
9	12 863,231	-7 109,807	-17,520	105	-33,000	-1,603	122,507
10	19 769,607	-203,431	-0,501	134	-4,000	-0,194	147,534
11	33 493,295	13 520,257	33,317	235	97,000	4,713	142,525
12	8 530,175	-11 442,864	-28,198	65	-73,000	-3,547	131,233
Suma	239 676,463			1 656			
Priemer	19 973,039			138,000			144,334

Príloha TO2: Zvozy vybraného vozidla – týždne (PAP)

Týždeň	Hmotnosť odpadu [kg]	Odchýlka od priemeru		Počet nádob	Odchýlka od priemeru		Hmot/nádoba [kg]
		[kg]	[%]		[ks]	[%]	
1	3 145,557	-	-	87	-	-	36,156
2	18 935,198	1 305,565	7,406	385	-31	-7,517	49,182
3	18 713,177	1 083,545	6,146	393	-23	-5,596	47,616
4	17 448,667	-180,965	-1,026	395	-21	-5,115	44,174
5	15 882,809	-1 746,824	-9,908	389	-27	-6,556	40,830
6	16 024,955	-1 604,677	-9,102	401	-15	-3,674	39,962
7	15 112,246	-2 517,386	-14,279	383	-33	-7,998	39,458
8	16 355,705	-1 273,928	-7,226	409	-7	-1,752	39,989
9	15 590,131	-2 039,502	-11,569	401	-15	-3,674	38,878
10	15 626,348	-2 003,285	-11,363	402	-14	-3,434	38,872
11	18 436,642	807,010	4,578	397	-19	-4,635	46,440
12	17 274,070	-355,562	-2,017	422	6	1,371	40,934
13	17 227,050	-402,582	-2,284	397	-19	-4,635	43,393
14	17 437,198	-192,435	-1,092	405	-11	-2,713	43,055
15	17 602,536	-27,097	-0,154	389	-27	-6,556	45,251
16	17 640,127	10,495	0,060	412	-4	-1,032	42,816
17	17 307,256	-322,376	-1,829	409	-7	-1,752	42,316
18	16 395,281	-1 234,352	-7,002	410	-6	-1,512	39,988
19	17 072,888	-556,744	-3,158	407	-9	-2,233	41,948
20	17 202,325	-427,307	-2,424	414	-2	-0,551	41,552
21	17 274,883	-354,749	-2,012	414	-2	-0,551	41,727
22	17 355,153	-274,480	-1,557	417	1	0,170	41,619
23	16 991,302	-638,330	-3,621	414	-2	-0,551	41,042
24	17 250,893	-378,739	-2,148	417	1	0,170	41,369
25	17 727,168	97,536	0,553	421	5	1,130	42,107
26	19 299,064	1 669,431	9,469	420	4	0,890	45,950
27	18 216,813	587,180	3,331	406	-10	-2,473	44,869
28	15 801,991	-1 827,641	-10,367	395	-21	-5,115	40,005
29	16 432,367	-1 197,265	-6,791	405	-11	-2,713	40,574
30	14 841,525	-2 788,107	-15,815	407	-9	-2,233	36,466
31	14 455,603	-3 174,030	-18,004	401	-15	-3,674	36,049
32	16 668,997	-960,636	-5,449	409	-7	-1,752	40,755
33	13 164,025	-4 465,608	-25,330	407	-9	-2,233	32,344
34	18 376,087	746,455	4,234	417	1	0,170	44,067
35	18 083,640	454,007	2,575	420	4	0,890	43,056
36	17 987,752	358,119	2,031	435	19	4,493	41,351
37	17 961,415	331,782	1,882	416	-0	-0,071	43,176
38	17 889,929	260,296	1,476	414	-2	-0,551	43,212
39	17 321,392	-308,241	-1,748	418	2	0,410	41,439
40	15 675,819	-1 953,814	-11,083	398	-18	-4,395	39,386
41	15 814,538	-1 815,094	-10,296	412	-4	-1,032	38,385
42	16 847,283	-782,350	-4,438	419	3	0,650	40,208
43	18 751,639	1 122,007	6,364	407	-9	-2,233	46,073
44	17 945,391	315,758	1,791	413	-3	-0,791	43,451
45	16 761,037	-868,595	-4,927	405	-11	-2,713	41,385
46	17 995,324	365,692	2,074	411	-5	-1,272	43,784
47	19 802,989	2 173,357	12,328	409	-7	-1,752	48,418
48	18 943,465	1 313,832	7,452	419	3	0,650	45,211
49	18 978,076	1 348,444	7,649	395	-21	-5,115	48,046
50	19 352,521	1 722,889	9,773	424	8	1,851	45,643
51	18 353,434	723,802	4,106	408	-8	-1,992	44,984
52	37 505,132	19 875,500	112,739	838	422	101,300	44,756
53	11 599,960	-	-	399	-	-	29,073
Suma	899 111,257			21 231			
Priemer	17 629,632			416			41,939

Príloha TO4: Zvozy vybraného vozidla – týždne (SKS)

Týždeň	Hmotnosť odpadu [kg]	Odchýlka od priemeru [kg]	Odchýlka od priemeru [%]	Počet nádob	Odchýlka od priemeru [ks]	Hmot/nádob [kg]	
1		-	-		-	-	
2	12 725,783	3 374,385	19,140	79	-394	-83,308	161,086
3	553,155	-8 798,243	-49,906	3	-470	-99,366	184,385
4	7 765,326	-1 586,072	-8,997	46	-427	-90,281	168,811
5	746,677	-8 604,721	-48,808	4	-469	-99,155	186,669
6	5 213,647	-4 137,751	-23,470	42	-431	-91,126	124,134
7	7 046,778	-2 304,619	-13,072	43	-430	-90,915	163,879
8	4 541,725	-4 809,672	-27,282	30	-443	-93,661	151,391
9	4 591,252	-4 760,145	-27,001	30	-443	-93,661	153,042
10	5 483,840	-3 867,558	-21,938	49	-424	-89,647	111,915
11	1 520,000	-7 831,398	-44,422	9	-464	-98,098	168,889
12	6 830,269	-2 521,129	-14,301	49	-424	-89,647	139,393
13	5 956,231	-3 395,167	-19,258	29	-444	-93,873	205,387
14	2 159,403	-7 191,995	-40,795	14	-459	-97,042	154,243
15	3 659,119	-5 692,279	-32,288	25	-448	-94,718	146,365
16	2 354,225	-6 997,173	-39,690	14	-459	-97,042	168,159
17	6 979,400	-2 371,998	-13,455	44	-429	-90,703	158,623
18	1 822,621	-7 528,777	-42,705	13	-460	-97,253	140,202
19	1 999,469	-7 351,928	-41,702	11	-462	-97,676	181,770
20	17 363,799	8 012,402	45,448	115	-358	-75,702	150,990
21	3 184,240	-6 167,157	-34,982	16	-457	-96,619	199,015
22	4 411,425	-4 939,973	-28,021	28	-445	-94,084	157,551
23	5 083,619	-4 267,778	-24,208	27	-446	-94,295	188,282
24	624,864	-8 726,534	-49,499	5	-468	-98,944	124,973
25	7 940,180	-1 411,218	-8,005	55	-418	-88,379	144,367
26	2 543,887	-6 807,511	-38,614	22	-451	-95,352	115,631
27	4 556,263	-4 795,134	-27,199	45	-428	-90,492	101,250
28	1 854,545	-7 496,852	-42,524	13	-460	-97,253	142,657
29	6 497,939	-2 853,458	-16,186	52	-421	-89,013	124,960
30	6 230,829	-3 120,569	-17,701	45	-428	-90,492	138,463
31	2 188,170	-7 163,227	-40,632	19	-454	-95,986	115,167
32	1 327,397	-8 024,001	-45,514	8	-465	-98,310	165,925
33	10 446,649	1 095,251	6,213	77	-396	-83,731	135,671
34	3 375,032	-5 976,366	-33,900	23	-450	-95,140	146,741
35	5 442,394	-3 909,004	-22,173	33	-440	-93,028	164,921
36	5 436,998	-3 914,400	-22,204	39	-434	-91,760	139,410
37	733,685	-8 617,712	-48,882	6	-467	-98,732	122,281
38	4 513,858	-4 837,540	-27,440	37	-436	-92,182	121,996
39	2 178,690	-7 172,708	-40,686	23	-450	-95,140	94,726
40	851,796	-8 499,602	-48,212	4	-469	-99,155	212,949
41	4 208,655	-5 142,743	-29,171	21	-452	-95,563	200,412
42	11 467,168	2 115,771	12,001	89	-384	-81,196	128,845
43	448,953	-8 902,445	-50,497	3	-470	-99,366	149,651
44	2 793,035	-6 558,363	-37,201	17	-456	-96,408	164,296
45	510,476	-8 840,922	-50,148	6	-467	-98,732	85,079
46	6 209,324	-3 142,074	-17,823	35	-438	-92,605	177,409
47	14 182,239	4 830,842	27,402	106	-367	-77,604	133,795
48	12 591,256	3 239,858	18,377	88	-385	-81,407	143,082
49	522,917	-8 828,480	-50,078	4	-469	-99,155	130,729
50	1 979,371	-7 372,026	-41,816	16	-457	-96,619	123,711
51	3 599,231	-5 752,167	-32,628	25	-448	-94,718	143,969
52	2 243,700	-7 107,698	-40,317	18	-455	-96,197	124,650
53	184,955	-	-	2	-	-	92,478
Suma	239 491,508		Suma	1 654			
Priemer	4 695,912		Priemer	32,431			

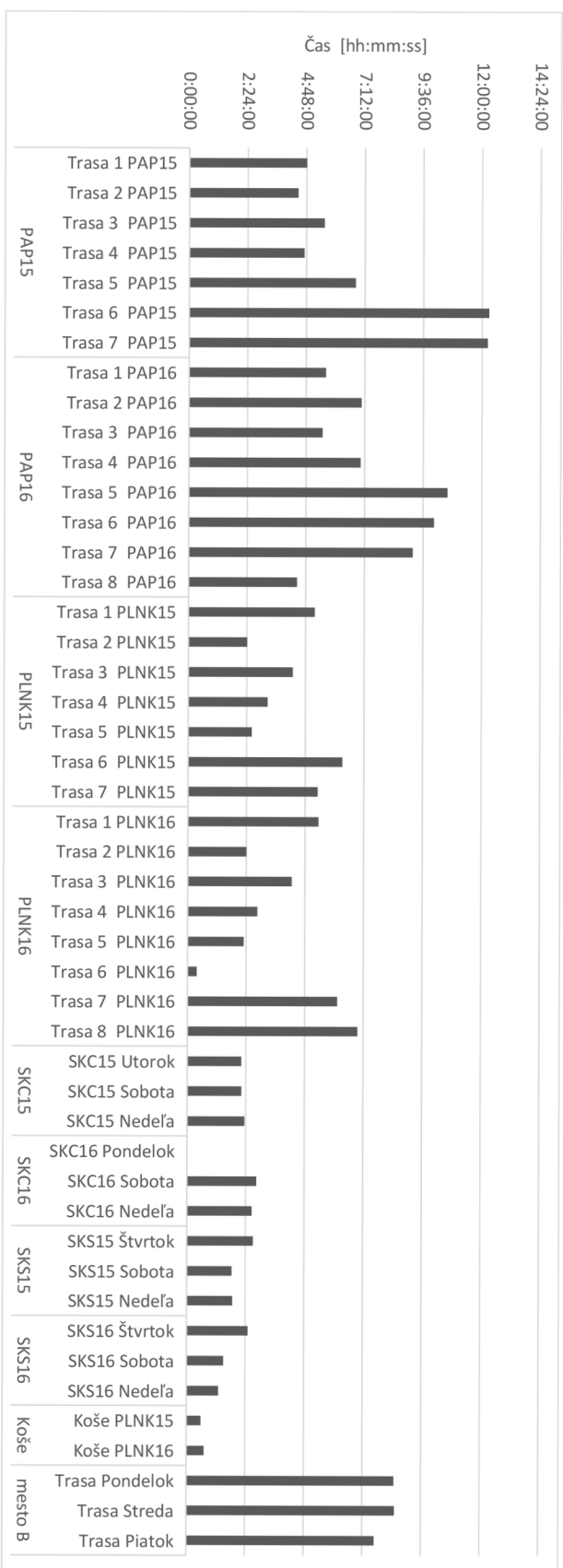




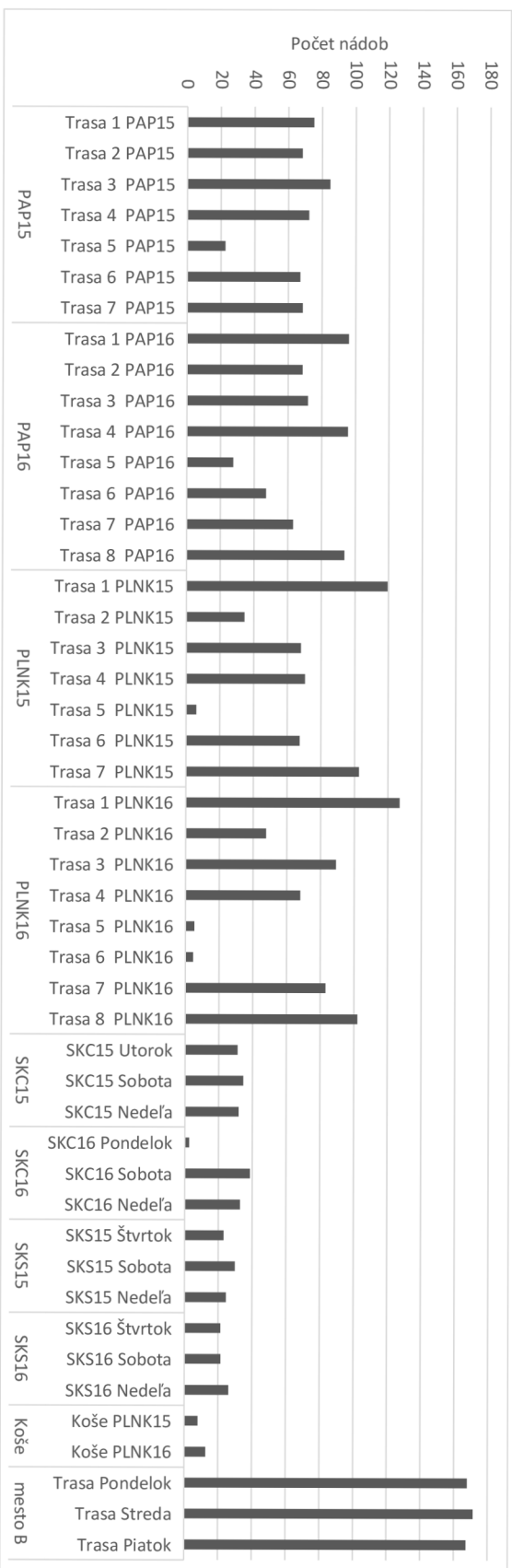
Príloha T1: Parametre všetkých trás

	Trvanie zvozu [h:mm:ss]	Počet nádob	Priemerný čas na nádobu [h:mm:ss]	Hmotnosť zvozu [kg]	Vytaženosť [%]	Hmotnosť odpadu [kg]	Priem. hmot. odpadu na nádobu [kg]	Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu [kg]	Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu [%]	Reálna vyťaženosť [%]	Počet dvojdňových zvozov
Trasa 1 PAPI5	4:48:35	75,100	0:03:39	4 744,600	94,892	3 487,524	47,380	1 257,076	26,334	99,886	2
Trasa 2 PAPI5	4:27:15	68,308	0:03:46	3 672,769	73,455	2 804,991	41,654	867,778	24,383	77,321	3
Trasa 3 PAPI5	5:32:29	84,667	0:04:13	4 037,647	80,753	3 410,457	39,891	627,190	16,298	85,003	5
Trasa 4 PAPI5	4:42:40	72,250	0:03:27	4 035,000	80,700	3 505,407	48,907	529,593	11,373	84,947	3
Trasa 5 PAPI5	6:49:29	22,569	0:20:03	4 233,333	84,667	996,253	42,723	3 237,080	81,070	89,123	4
Trasa 6 PAPI5	12:17:02	67,000	0:11:25	3 168,339	63,367	2 489,164	37,682	679,175	18,529	66,702	28
Trasa 7 PAPI5	12:13:42	68,491	0:10:26	2 777,604	55,552	2 479,518	35,762	298,086	10,753	58,476	28
Trasa 1 PAPI6	5:36:44	95,947	0:03:30	5 170,474	84,968	3 588,513	37,385	1 581,960	30,991	89,440	0
Trasa 2 PAPI6	7:03:54	68,600	0:05:16	4 089,067	71,673	3 505,970	54,445	583,097	15,145	75,445	7
Trasa 3 PAPI6	5:28:38	71,711	0:04:56	4 151,053	69,051	3 338,884	47,183	812,168	19,235	72,686	4
Trasa 4 PAPI6	7:02:21	95,622	0:04:17	4 704,108	77,730	4 202,648	44,482	501,460	11,151	81,821	7
Trasa 5 PAPI6	10:35:41	27,500	0:24:54	4 141,800	69,673	1 134,637	42,694	3 007,163	72,705	73,340	17
Trasa 6 PAPI6	10:02:48	47,079	0:13:44	3 209,289	52,682	1 821,219	39,312	1 388,070	36,967	55,454	15
Trasa 7 PAPI6	9:10:46	63,075	0:09:11	2 842,825	44,177	2 469,179	38,488	373,646	13,300	46,502	14
Trasa 8 PAPI6	4:26:18	93,583	0:02:51	4 328,333	72,285	3 874,140	41,314	454,194	11,599	76,090	0
Trasa 1 PLNK15	5:10:17	119,333	0:02:36	2 648,431	52,515	2 416,687	20,312	231,744	8,607	80,793	0
Trasa 2 PLNK15	2:24:26	34,423	0:04:13	1 664,038	33,281	698,776	20,287	965,263	56,515	51,201	0
Trasa 3 PLNK15	4:16:46	68,000	0:03:48	1 536,471	30,729	1 123,051	16,507	413,419	26,603	47,276	2
Trasa 4 PLNK15	3:15:00	70,569	0:02:46	2 314,118	46,282	1 660,720	23,545	653,397	28,092	71,204	0
Trasa 5 PLNK15	2:36:20	5,974	0:19:44	2 615,789	52,316	128,502	23,350	2 487,287	92,498	80,486	2
Trasa 6 PLNK15	6:19:19	67,458	0:06:10	2 508,305	50,166	1 286,309	19,366	1 221,996	48,163	77,179	3
Trasa 7 PLNK15	5:18:43	102,588	0:03:03	2 053,529	41,071	1 919,146	18,643	134,383	6,441	63,186	4
Trasa 1 PLNK16	5:20:33	126,923	0:02:32	2 924,615	58,492	2 686,863	21,183	237,752	8,137	89,988	0
Trasa 2 PLNK16	2:24:08	47,590	0:03:03	1 586,667	31,733	1 083,555	22,393	503,112	32,219	48,821	0
Trasa 3 PLNK16	4:15:33	89,128	0:02:53	2 128,974	42,579	1 585,198	17,685	543,776	25,613	65,507	0
Trasa 4 PLNK16	2:51:25	68,000	0:02:35	2 352,500	47,050	1 688,697	24,861	663,803	28,224	72,385	0
Trasa 5 PLNK16	2:17:43	5,231	0:19:30	2 670,641	53,413	118,676	22,378	2 551,965	95,140	82,174	0
Trasa 6 PLNK16	0:22:47	4,516	0:02:46	1 721,935	34,439	104,848	24,568	1 617,088	88,605	52,983	0
Trasa 7 PLNK16	6:07:49	83,182	0:04:18	2 725,682	54,514	1 482,999	17,915	1 242,683	47,533	83,867	1
Trasa 8 PLNK16	6:57:57	102,150	0:04:05	2 250,250	45,005	2 082,094	20,330	168,156	7,092	69,238	7
SKC15 Utorok	2:12:44	31,067	0:08:52	8 170,667	163,413	5 651,691	193,203	2 518,976	35,821	163,413	0
SKC15 Sobota	2:13:08	34,500	0:09:40	7 025,667	140,513	4 963,397	159,509	2 062,269	30,811	140,513	0
SKC15 Nedel'a	2:20:55	31,778	0:06:44	6 696,667	133,933	4 075,970	144,333	2 620,697	36,761	133,933	0
SKC16 Pondelok	0:00:07	2,500	0:00:03	668,333	7,426	668,333	274,167	0,000	0,000	7,426	0
SKC16 Sobota	2:50:35	38,667	0:09:28	8 402,857	148,358	6 317,948	165,580	2 084,909	24,526	148,358	0
SKC16 Nedel'a	2:39:37	32,765	0:07:48	8 252,353	124,007	5 366,635	179,028	2 885,718	32,371	124,007	0
SKS15 Štvrtok	2:42:24	23,020	0:10:43	5 168,824	103,376	3 318,021	147,100	1 850,803	39,192	103,376	1
SKS15 Sobota	1:50:17	29,818	0:05:30	6 890,000	132,709	4 454,148	157,973	2 435,852	37,800	132,709	1
SKS15 Nedel'a	1:52:19	24,500	0:10:20	6 481,250	129,625	3 415,564	147,277	3 065,686	49,049	129,625	1
SKS16 Štvrtok	2:30:07	21,381	0:10:47	5 101,452	93,883	3 438,575	212,435	1 662,877	37,027	93,883	0
SKS16 Sobota	1:30:09	21,500	0:04:08	7 126,875	103,982	2 802,713	146,313	4 324,162	54,019	103,982	0
SKS16 Nedel'a	1:17:52	26,125	0:02:19	7 038,750	121,753	4 250,230	160,706	2 788,520	43,267	121,753	0
Koše PLNK15	0:34:49	8,000	0:03:30	12,909	1,287	12,909	1,691	0,000	0,000	1,980	0
Koše PLNK16	0:43:15	12,538	0:03:31	30,769	1,174	30,769	2,421	0,000	0,000	1,236	0
Trasa Pondelok	8:29:52	167,959	0:03:03	5 666,939	113,339	-	33,929	-	-	119,304	-
Trasa Streda	8:31:11	171,380	0:03:00	3 975,400	79,508	-	23,342	-	-	83,693	-
Trasa Piatok	7:41:17	167,180	0:02:47	3 689,800	73,796	-	22,179	-	-	77,680	-

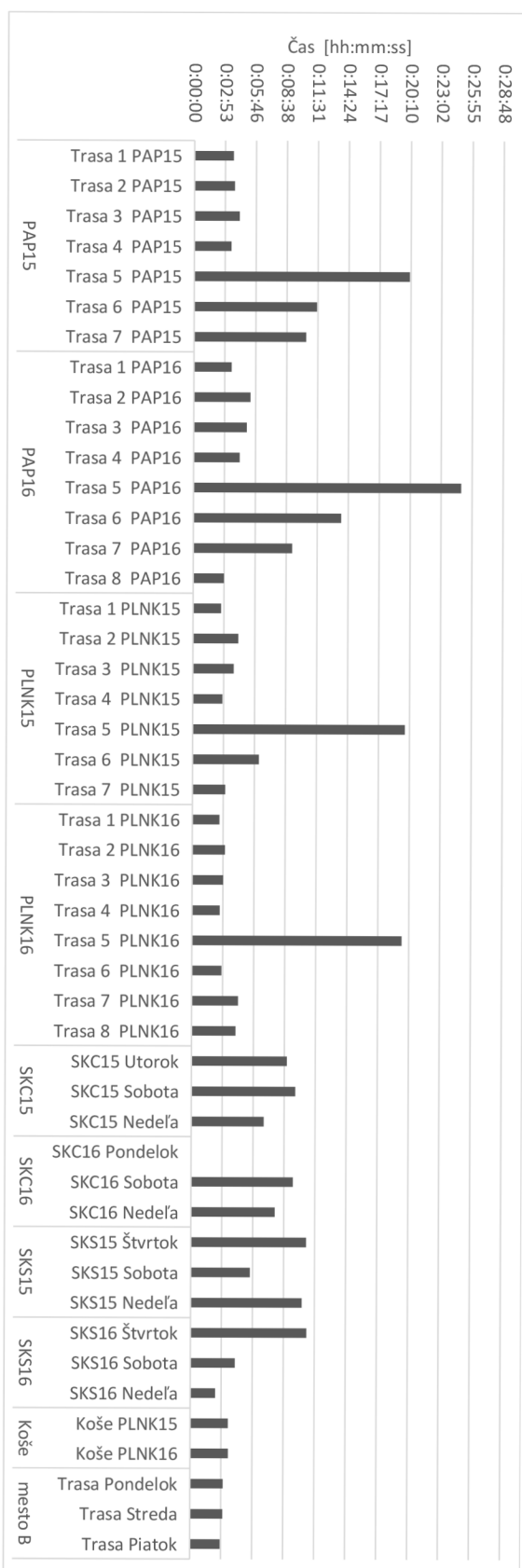
Príloha O1: Trvanie zvozu



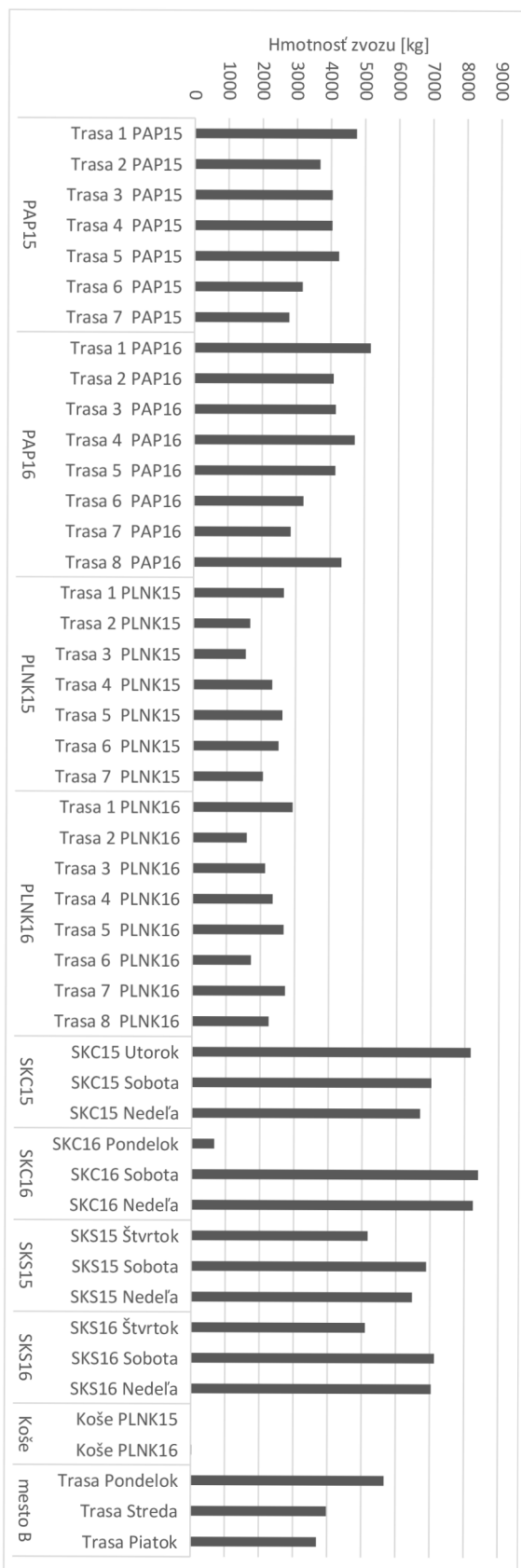
Príloha O2: Počet nádob



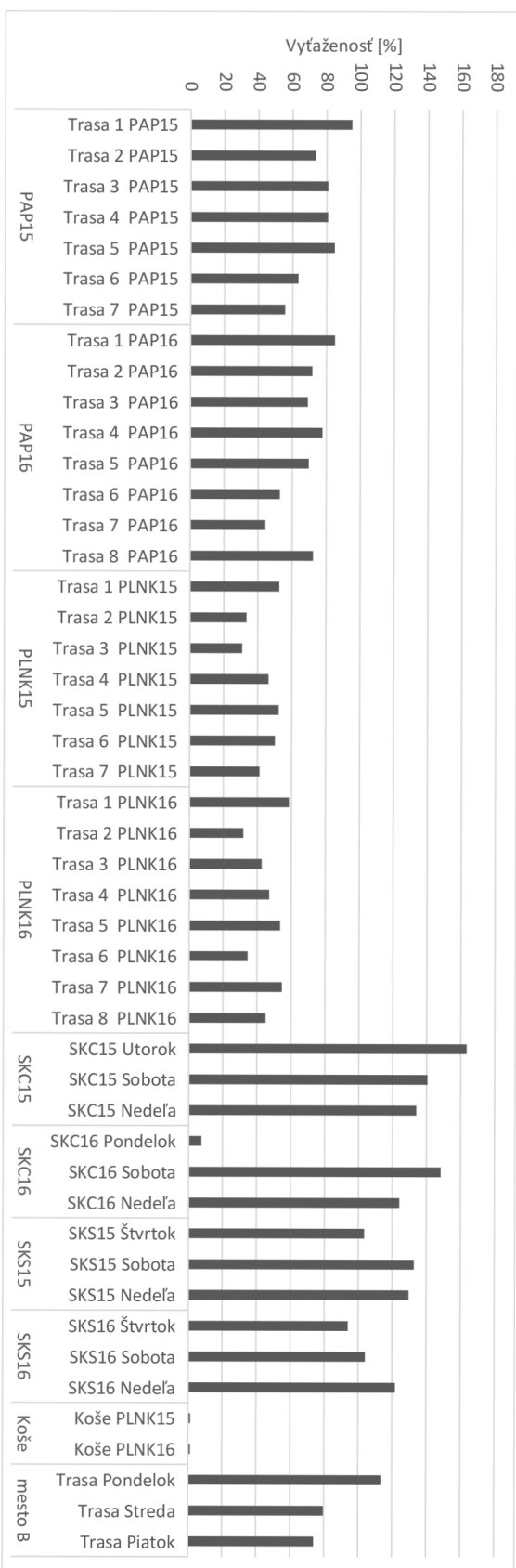
Príloha O3: Priemerný čas na nádobu



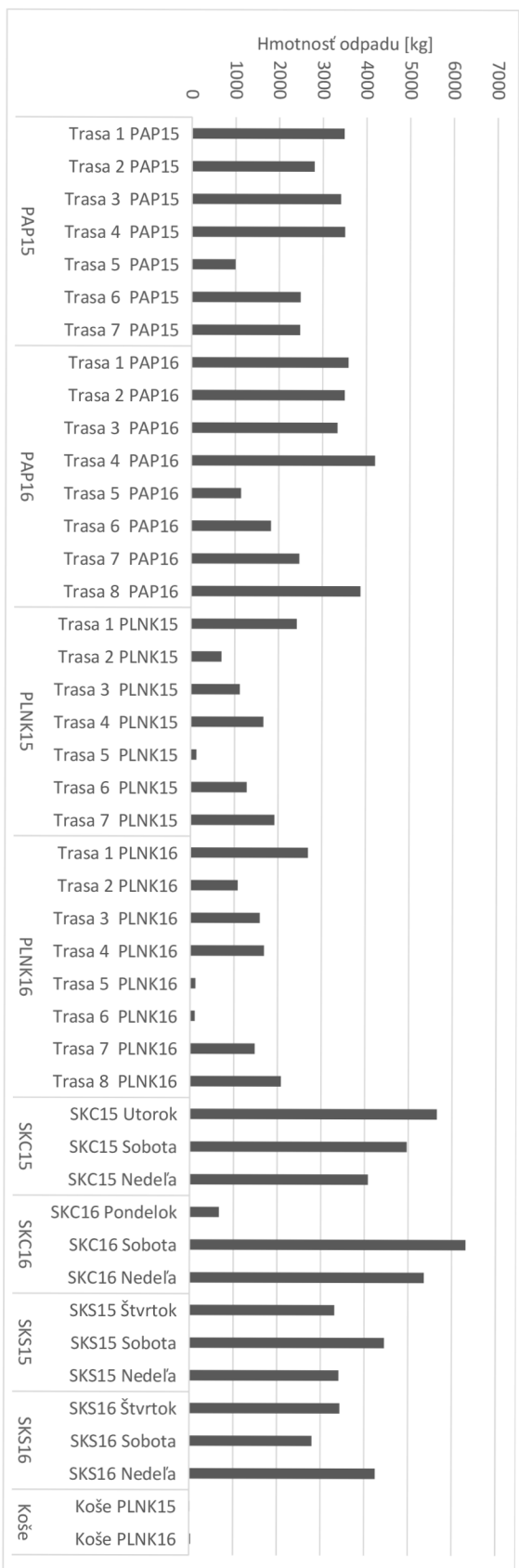
Príloha O4: Hmotnosť zvozu



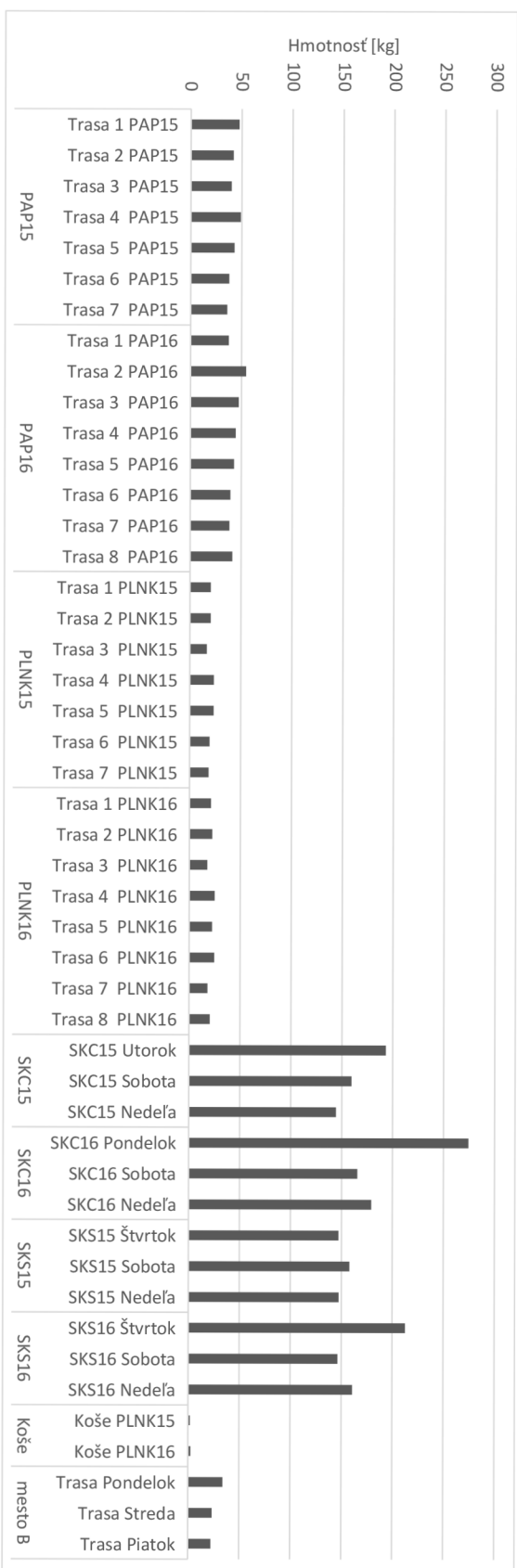
Príloha O5: Vyťaženosť



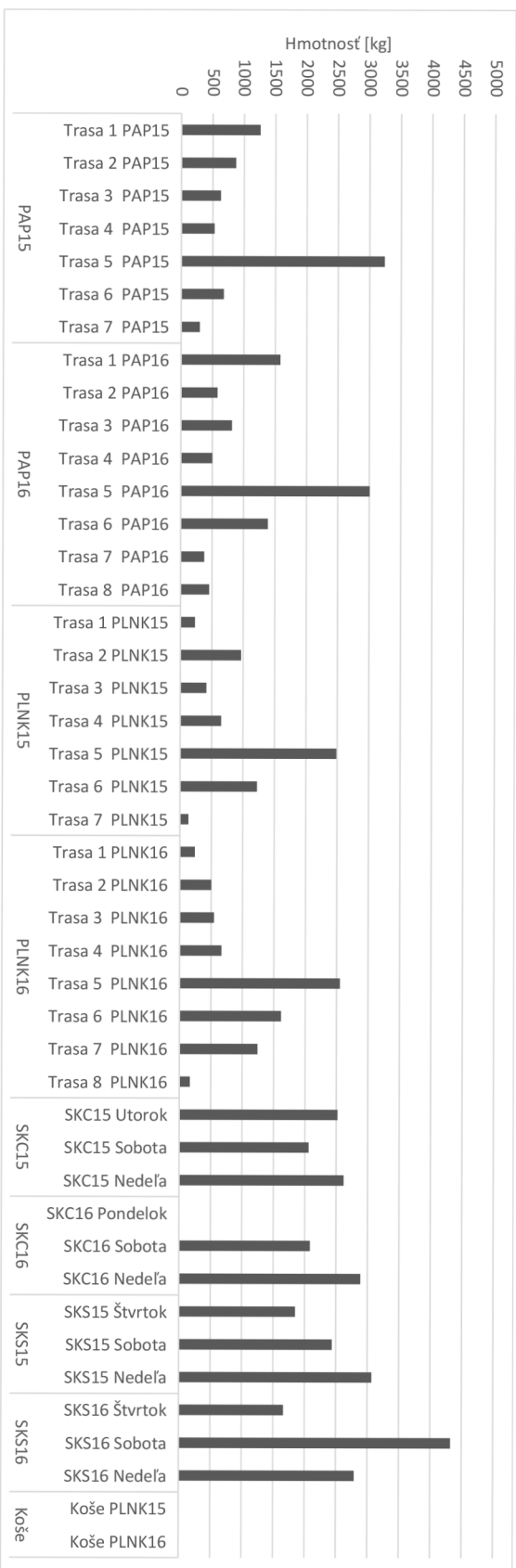
Príloha O6: Hmotnosť odpadu [kg]



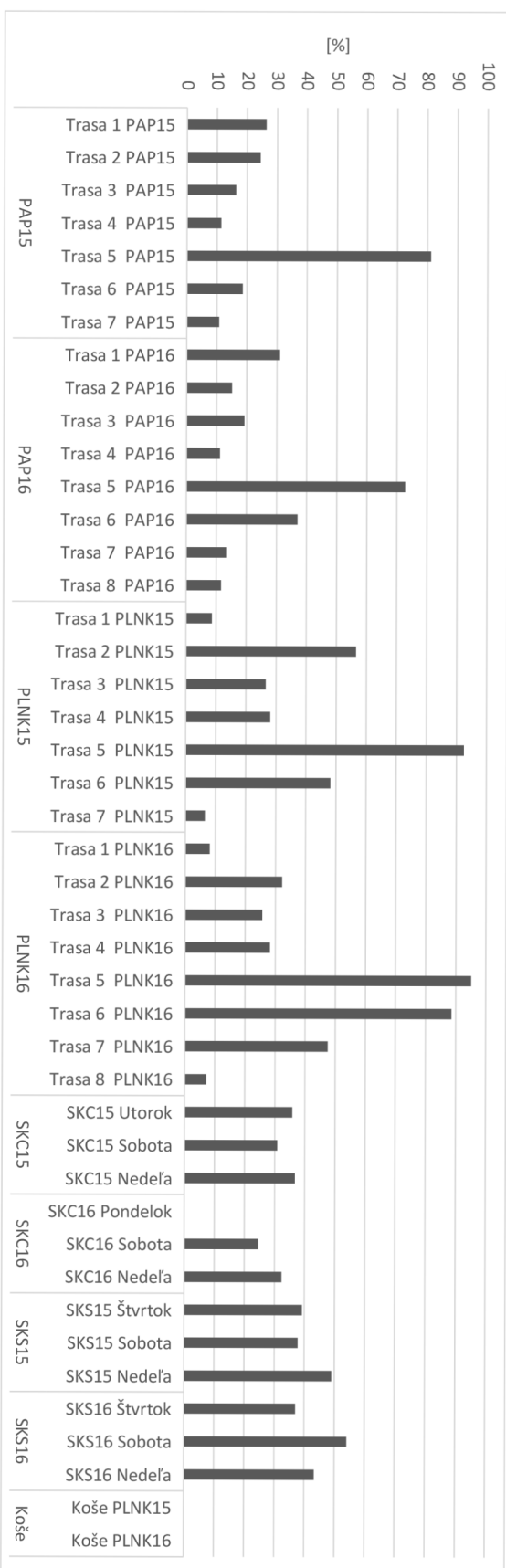
Príloha O7: Priem. hmot. odpadu na nádobu [kg]



Príloha O8: Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu [kg]



Príloha O9: Rozdiel hmot. zvozu a hmot. odpadu [%]



Príloha O10: Reálna vyťaženosť [%]

