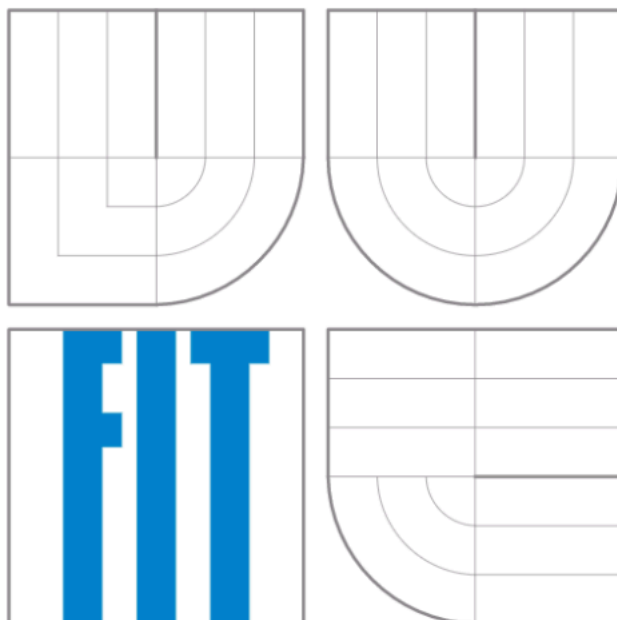


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ



Technická zpráva k projektu do předmětu IMS  
Okruh 6: Model svozu odpadů

5. prosince 2016

Autoři: Jakub Vitásek, [xvitas02@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xvitas02@stud.fit.vutbr.cz)  
Fakulta informačních technologií  
Vysoké učení technické v Brně

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>3</b>
1.1	Zdroje faktů .....	3
1.2	Ověření validity/funkčnosti .....	3
<b>2</b>	<b>Fakta.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Koncepce modelu/simulátoru .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Architektura simulačního modelu.....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Experimenty .....</b>	<b>5</b>
5.1	Postup experimentování a okolnosti studie.....	5
5.2	Dokumentace jednotlivých experimentů .....	5
5.2.1	Experiment 1.....	5
5.2.2	Experiment 2.....	6
5.2.3	Experiment 3.....	6
5.2.4	Experiment 4.....	6
5.3	Kalibrační experimenty .....	7
<b>6</b>	<b>Shrnutí a závěr .....</b>	<b>7</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>7</b>

# 1 Úvod

V této práci je řešena implementace procesu svozu odpadů na části území obce Štěpánov. Na základě vytvořeného modelu a simulačních experimentů bude ukázáno chování systému vzhledem k počtu využitých svozových jednotek a variabilnímu výběrů tras po síti ulic.

Smyslem experimentu je demonstrovat, že pokud se zoptimalizuje interval svozu, typ pohonu popelářského vozu a počet svozových jednotek, stane se proces svozu odpadů méně nákladově i časově náročný.

## 1.1 Zdroje faktů

- Pro vytvoření sítě ulic, zjištění jejich délek, počtu domů a jejich typů byl použitý mapy Google [1] v hybridním režimu.
- Zdrojem informací o počtu a umístění sběrných nádob na separovaný odpad byly oficiální webové stránky obce Štěpánov [2] a osobní zjišťování v terénu.

## 1.2 Ověření validity/funkčnosti

Validitu se podařilo ověřit provedením řady experimentů, jejichž výsledky týkající se časové a nákladové náročnosti dostatečně odpovídaly faktům.

# 2 Fakta

Literatura [3] uvádí, že spotřeba popelářského vozu dosahuje průměrné hodnoty 85l/100km. Ve zvolené oblasti je pro svoz odpadu používán vůz Mercedes-Benz Econic Press firmy Marius Pedersen. Jedná se o dvounápravové vozidlo s lineárním lisováním a užitečným zatížením 4.3–5.2 tun. Dle aktuálních průzkumů [4] lze rovněž zjistit, že cena paliva je průměrně 30 Kč za litr.

Bylo také nutné zjistit, jaký je průměrný počet lidí na jednu domácnost. Zdroje [5] uvádí hodnotu 2.3. Produkce komunálního odpadu na jednu osobu se pohybuje kolem 308 kg na rok [6]. Dle osobního měření se v oblasti štěpánovského sídliště nachází 10 cihlových budov o 12 bytových jednotkách. Kolem této oblasti je také několik restaurací – koeficient produkce odpadu restaurace byl stanoven na 4.9 [7] dle následující tabulky.

	Komunální odpad [kg/rok]	Tříděný odpad [kg/rok]
Osoba	250	43
Restaurace	1227.6	211

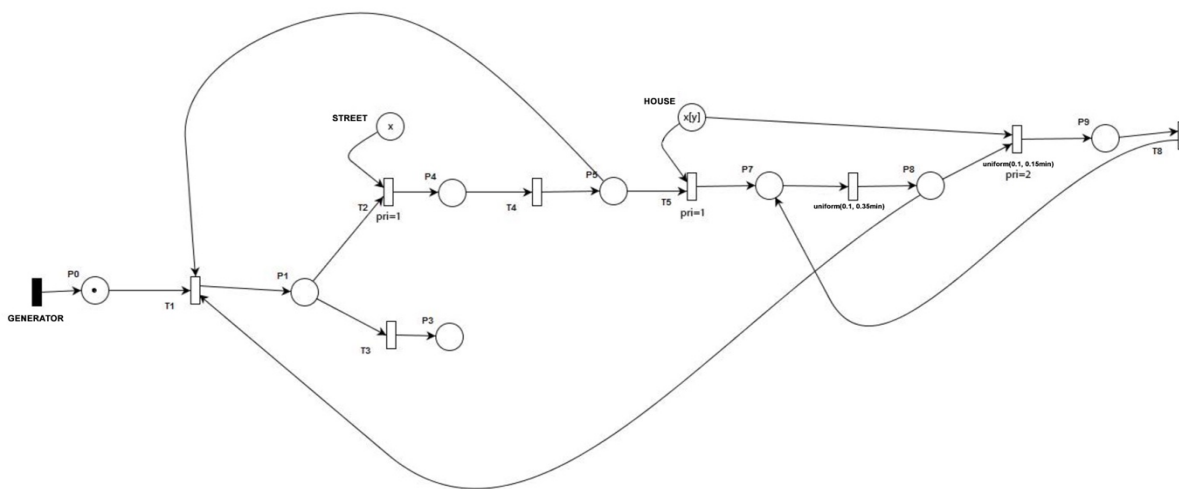
V rámci osobního měření bylo také zjištěno, že doba zpracování jednotky komunálního odpadu je 20 až 30 sekund. Doba zpracování větší nádoby na tříděný odpad se pohybuje kolem 40 sekund.

### 3 Koncepce modelu/simulátoru

Pro potřeby tohoto modelu byla zanedbána skutečnost, že popelářský vůz přijíždí z jiné obce – pro zjednodušení vyjíždí z místa skládky přímo v obci. Předpokládáme, že řidič popelářského vozu i samotní popeláři mají stejný hodinový plat 55 Kč [8] a že se posádka skládá ze dvou popelářů a jednoho řidiče.

Byla zanedbána akcelerace při přesunu mezi místy a vracení se ze slepých ulic, kdy není třeba zastavovat – místo toho byla použita konstanta průměrné rychlosti přesunu 40 km/h se směrodatnou odchylkou zhruba 10 procent. Co se týče přesunu mezi domy v rámci jedné ulice, aproximovaná doba byla určena jako uniformní rozložení mezi 12 a 24 sekundami.

Smyslem modelu je ukázat vztah mezi počtem svozových jednotek, dobou svozu a jeho náklady.



### 4 Architektura simulačního modelu

V implementaci modelu se o vytvoření primárních procesů stará generátor dědicí od **Simlib** třídy **Event**. Variabilním vstupem simulace je počet aut, který lze v oblasti definic maker měnit – dle této hodnoty poté generátor vytvoří požadovaný počet popelářských vozů.

Nejzajímavější součástí implementace je pravděpodobně proces auta **Car** (dědicí od třídy **Process**), v kterém se prochází vektorem ulic **streets** vyjádřených třídou **Street**

(dědící od třídy **Facility**). Každá instance třídy **Street** disponuje počtem domácností na dané ulici, délkou (v metrech), jménem ulice a počtem kontejnerů s tříděným odpadem. Proces auta zabere první volnou ulici ve vektoru a pokud není počet domácností nulový (to je pouze v případě, že se ulicí prochází znovu kvůli přesunu), pro každou domácnost provede sběr jejího odpadu. Pokud je počet domácností nulový, provede se přesun trvající dobu vyjádřenou rovnoměrným rozložením s minimem 30km/h a maximem 40km/h. Tyto hodnoty jsou rovněž editovatelné v rámci maker a lze díky nim experimentovat s modelem.

Během každé z těchto procedur je zaznamenávána doba jejich provádění do globálního akumulátoru **duration**. Započítává se i přesun mezi domácnostmi v rámci ulice, který je definován rovnoměrným rozložením s minimem 0.1 minut a maximem 0.15 minut. Na konci této procedury se opakuje cyklus a proces auta si zabírá další ulici.

Pro zdokumentování doby strávené na jedné ulici je využita třída **Histogram**, do níž jsou ukládány jednotlivé časy každého aktivního procesu.

## 5 Experimenty

Cílem experimentů je zjistit, jaký vliv má změna vstupu na náklady a dobu trvání svozu odpadu. Simulační model slouží jako platforma pro provádění těchto experimentů, jelikož dokáže efektivně vyjádřit vztah mezi měřenou hodnotou a změnou vstupu bez nutnosti vytvářet několik modelů pro více scénářů.

### 5.1 Postup experimentování a okolnosti studie

Experimenty probíhají v několika fázích. Konfigurace produkce odpadu a počtu ulic (respektive domácností) zůstává stejná, mění se pouze počet aut, rychlost zpracování odpadu, rychlost přemístění mezi domácnostmi a rychlost přesunu na další ulici. Pracuje se také se spotřebou (pro demonstraci možné výhodnosti přechodu na alternativní typy pohonu).

### 5.2 Dokumentace jednotlivých experimentů

#### 5.2.1 Experiment 1

Vstup tohoto experimentu a všechny variabilní hodnoty jsou výchozí. Svoz odpadu zajišťuje pouze jeden popelářský vůz obsazen dvěma pracovníky a jedním řidičem. Spotřeba vozu je 85l/100km, doba zpracování jednotky odpadu je určena jako **Uniform(0.1min, 0.35min)** a doba přesunu mezi domy je nastavena na **Uniform(0.1min, 0.15min)**.

	Doba svozu	Projeto paliva	Celková cena
Experiment 1	7.3 hod	9.3 l	36 676 Kč

### 5.2.2 Experiment 2

Pointou tohoto experimentu je přidání dalšího procesu popelářského auta, disponující stejnou posádkou jako v minulém experimentu. Spotřeba je stejná, doby zpracování se generují totožně.

	Doba svozu	Projeto paliva	Celková cena
Experiment 1	7.3 hod	9.3 l	36 676 Kč
Experiment 2	3.6 hod	17 l	41 474 Kč

Ačkoliv se díky zaměstnání dvou aut doba svozu sníží o polovinu, úměrně rostou také celkové náklady. Vzhledem k tomu, že obě auta odjíždějí na skládku s téměř polovinou jejich kapacity, nemá dle simulace smysl využívat k svozu více než jedno auto.

### 5.2.3 Experiment 3

Tentokrát je snižená spotřeba popelářského auta na 40l/100km, což aproximuje chování modelu v případě přechodu na alternativní pohon. Ostatní hodnoty jsou nastaveny stejně jako v experimentu 1.

	Doba svozu	Projeto paliva	Celková cena
Experiment 1	7.3 hod	9.3 l	36 676 Kč
Experiment 3	7.3 hod	4.3 l	34 615 Kč

Hodnota projetého paliva se s touto spotřebou snížila, na výslednou cenu náklady na pohonné hmoty nicméně nemají znatelný vliv.

### 5.2.4 Experiment 4

V tomto experimentu se pracuje s maximální rychlostí popelářského auta při přesunech bez interakce s odpadem (například při vracení se ze slepé ulice). Je nastavena na 80km/h místo výchozích 50km/h. V tomto případě je zanedbána akcelerace. Ostatní hodnoty jsou ve výchozím stavu.

	Doba svozu	Projeto paliva	Celková cena
Experiment 1	7.3 hod	9.3 l	36 676 Kč
Experiment 4	7 hod	9.8 l	36 729 Kč

Smyslem experimentu bylo ukázat, že zvýšení rychlosti přesunu ve vybrané oblasti Štěpánova nemá pozitivní vliv na náklady a zároveň jen zanedbatelně snižuje dobu svozu.

### 5.3 Kalibrační experimenty

Experiment 1 měl při implementaci modelu kalibrační charakter, jelikož byl zároveň porovnáván se zjištěnými (a částečně i hypotetickými) hodnotami z modelovaného systému. Výsledkem bylo snížení hodnot délky doby zpracování standardní jednotky komunálního odpadu a přesunu mezi domy v rámci ulice ze 40-50 sekund na 10-20 sekund. Ve vytvořeném modelu tato hodnota hraje zásadní roli ve vztahu k celkové době svozu.

## 6 Shrnutí a závěr

Ačkoliv nebylo možné zjistit veškeré detaily procesu svozu odpadu ve Štěpánově, díky kalibračním experimentům, měření a následnému srovnání s výřezem známých reálných hodnot bylo možné dojít k několika závěrům vedoucím k optimalizaci systému. Pro oblast nemá smysl využívat více svozových jednotek, zároveň ale není třeba přecházet na alternativní pohon, jelikož bylo jednoznačně dokázáno, že pro celkovou projetou vzdálenost (cca 11 km) nemá cena pohonných hmot rozhodující vliv na celkové náklady. Výchozí stav, který je z možných scénářů nejbližší realitě, je nejoptimálnější varianta. Je tedy možné jednoznačně prokázat, že přechodem na alternativní pohon není možné razantně snížit náklady.

## Literatura

- [1] Google Maps, 2016. [Online]  
<https://www.google.cz/maps/place/Štěpánov/>
- [2] Obec Štěpánov – odpady, 2016. [Online]  
<http://www.stepanov.cz/index.php?nid=1512&lid=cs&oid=3064670>  
<http://www.stepanov.cz/file.php?nid=1512&oid=5104608>
- [3] BĚHAL T. Design popelářského vozu, 2015. [Online]  
[http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz\\_soubor.php?id=2412](http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=2412)
- [4] Ceny pohonných hmot v Olomouci, 2016. [Online]  
[http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz\\_soubor.php?id=2412](http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=2412)
- [5] Český statistický úřad – jaké je složení domácnosti, 2013. [Online]  
[https://www.czso.cz/csu/czso/jake\\_je\\_slozeni\\_domacnosti\\_v\\_cr20130307](https://www.czso.cz/csu/czso/jake_je_slozeni_domacnosti_v_cr20130307)
- [6] Český statistický úřad – množství tříděného odpadu stagnuje, 2014. [Online]  
[https://www.czso.cz/csu/czso/mnozstvi\\_trideneho\\_odpadu\\_stagnuje\\_20141010](https://www.czso.cz/csu/czso/mnozstvi_trideneho_odpadu_stagnuje_20141010)
- [7] KOMÁR A Nakládání s odpady v gastronomické praxi, 2011. [Online]  
[http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/15142/kom%C3%A1r\\_2011\\_bp.pdf?sequence=1](http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/15142/kom%C3%A1r_2011_bp.pdf?sequence=1)
- [8] Platy.cz – popelář, 2016. [Online]  
<http://www.platy.cz/platy/sluzby/popelar>