

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí
Studijní obor: Ochrana životního prostředí



**MODELOVÁNÍ SVOZU GASTROODPADU
S VYUŽITÍM GIS**

Modelling of gastro waste using GIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zpracovatel: Bc. Blanka Kyselová
Vedoucí diplomové práce: Ing. Luboš Matějček Ph.D.

Praha, 2013

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala školiteli mé práce Ing. Luboši Matějčíkovi, Ph.D. za vedení práce a poskytnutí cenných rad a podnětů.

Také bych chtěla poděkovat své rodině a svému snoubenci Vladimíru Havlíčkovi za trpělivost a ochotu, při sepisování této práce.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 20. 3. 2013

Abstrakt

Gastroodpady jakožto druh bioodpadu jsou v legislativě zavedeny teprve krátce a jeho třídění je teprve v počátcích. Nicméně jako druh odpadu má veliký potenciál jakožto druhotná surovina. Práce se zabývá modelováním gastroodpadu a optimalizací jejích svozových tras, s cílem snížit negativní dopady s tím spojené. Pro sestavení modelu byl využit operační výzkum. Jmenovitě dopravní úloha či okružní dopravní problém, dále optimalizace, která zahrnuje lineární optimalizaci a indexovou metodu. K tomu byl využit program ArcGIS od společnosti ESRI a jeho programové součásti Network Analyst. Pro výpočty optimalizační úloh byl využit program Microsoft Excel, Visual Basic a Python. Konečný grafický výstup byl zpracován opět v programu ArcGIS konkrétně v aplikaci ArcMap. Výstupem práce jsou přepravní trasy svozu, vypočtené hodnoty minimální vzdálenosti, počty svozových automobilů, vypočtené celkové náklady a další výpočty také součástí je časový přepočet modelu. Také byla věnována pozornost minimalizaci přepravní trasy. Pro minimalizaci byla využita varianta navýšení kapacity určitých zpracovatelů gastroodpadu. Tyto zpracovatelé byli vybíráni dle požadovaných kritérií. Dalším výsledkem je grafický výstup modelu, včetně jednotlivých částí. Model byl ověřen na území hlavního města Prahy. Ukázal se jako vhodné řešení této problematiky.

Abstract

Gastro wastes, as a sort of biodegradable waste, has been established in legislation just quite recently, and its sorting is just in the beginning. However as a sort of waste it has a great potential like a secondary material. This work deals with gastro waste modelling and optimization of their cartage routes with purpose to decrease negative implications with them connected. For the model composition, the operational research was used, namely the transportation task or the circular transportation problem, further optimization (that includes the linear optimization and the index method.) The program ArcGIS and its extension Network Analyst from ERSI were used for delineation of transportation routes. Microsoft Excel, Visual Basic and Python were used for computation of optimization tasks. Final graphic output was carried out in the ArcGIS ArcMap. The results of this work are optimized trucking cartage routes, calculated values of minimal distances, quantity of cartage cars, calculated overall costs and other calculations. The part of this tasks is also time conversion of the model. Also, the attention was paid for minimization of trucking routes. The increase of the capacity of specific gastro waste processors was used for the minimization. These processors were chosen in accordance with required criterions. Further result is the graphic output of the model, which includes individual parts. The verification of the model was based on the territory of the Capital City of Prague. It showed itself like a proper solution for this issues.

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce.....	13
3 Seznam použitých zkratk14	14
4 Produkce a nakládání s gastroodpadem	15
4.1 Biologicky rozložitelné odpady a gastroodpadu v ČR.....	15
4.2 Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a gastroodpadem v EU	15
4.3 Drtiče kuchyňských odpadů a nakládání s odpadními vodami	15
4.3.1 Drtiče kuchyňského odpadu.....	16
4.3.2 Drtiče v ČR	16
5 Gastroodpady v ČR.....	18
5.1 Obecné hygienické požadavky pro provozovatele potravinářských	
podniků v ČR	18
5.2 Produkce a nakládání s odpadem kat č 200108 a 200125 v ČR.....	19
6 Gastroodpad a hlavní město Praha.....	22
6.1 Nakládání s gastroodpadem v Praze.....	23
7 Procesy zpracování biologicky rozložitelnými odpadů	25
7.1 Kompostovací proces	25
7.2 Aerobní digesce	25
7.3 Spalování	25
7.4 Pyrolýza.....	26
8 Operační výzkum.....	27
8.1 Dopravní úloha	30
8.1.1 Okružní dopravní problém	31
9 Přehled vybraných modelů	33
9.1 LCI analýza	33
9.2 Delphi analýza	34
9.3 MCDA multikriteriální analýza.....	34
9.4 GIS.....	35
9.4.1 ArcGIS struktura	35

9.4.2 ArcGIS Desktop	36
9.4.3 Serverový GIS	36
9.4.4 Mobilní GIS	36
9.4.5 ESRI Developer Network	37
9.4.6 ArcGIS Network Analyst	37
9.5 Optimalizace	38
9.5.1 Lineární optimalizace	40
9.5.2 Indexová metoda	42
10 Popis zkoumané lokality	43
11 Zadání	43
12 Metodika	44
12. 1 Tvorba dopravní sítě	44
12. 2 Tvorba sítě producentů a zpracovatelů	44
12. 3 Propojení datových sítí a optimalizace průchodnosti sítí	45
12. 4 Tvorba a optimalizace síťových dat pro síťovou analýzu	45
12. 5 Síťová analýza	45
12. 6 Indexová metoda	46
12. 7 Možnosti úlohy	46
13 Výsledky	47
13.1 Tvorba modelu	47
13.1.1 Data	47
13.1.2 Tvorba mapových vrstev a mapové sítě	48
13.1.3 Síťová analýza	51
Vytvoření datové sady	51
Tvorba modelu	51
13.1.4 Indexová metoda	52
13.2 Výpočty	54
Základní model	54
13.2.1 Výpočet minimální vzdálenosti	56
13.2.2 Výpočet množství automobilů	58
13.2.3 Výpočet nákladů	58

13.2.4 Další vypočtené hodnoty modelu.....	59
13.2.5 Časmýkový přepočet modelu.....	59
13.2.6 Další možnosti modelu.....	61
Model minimalizace	
13.3 Minimalizace nákladů	62
13.3.1 Změna kapacity	62
13.3.2 Nové uspořádání modelu.....	64
13.3.3 Výpočet minimální vzdálenosti.....	64
13.3.4 Výpočet množství automobilů	66
13.3.5 Výpočet nákladů.....	66
13.3.6 Další vypočtené hodnoty	66
13.3.7 Časový přepočet modelu	66
13.3.8. Porovnání modelů	70
14 Diskuse.....	71
15 Závěr	74
16 Literatura.....	75
17 Přílohy.....	85

1 Úvod

Odpady jsou celosvětový problém, s nímž je spojeno již velmi mnoho legislativních úprav od Evropských směrnic po zákony a vyhlášky jednotlivých států, krajů a obcí. V České republice tuto problematiku upravuje zákon č.185/2001 Sb., o odpadech. Včetně vyhlášek s ním související. Problematika biologicky rozložitelných odpadů se objevila poněkud nedávno. Biologicky rozložitelné odpady neboli bioodpady tvoří v komunálních odpadech kvantitativně významnou roli. Způsob nakládání s těmito odpady významně ovlivňuje životní prostředí.

Zavedení odděleného sběru biologicky rozložitelných komunálních odpadů (BRKO), jako hlavní složku biologických odpadů (BO), by tak v rámci projektu „*Technická asistence Fondu soudržnosti*“ mohla být financována Operačním programem Životního prostředí. A to z Oblasti podpory 4.1- Zkvalitnění nakládání s odpady. Jedná se zejména o kompostování a využití bioodpadu v bioplynových stanicích (Hřebíček et al., 2011).

Jelikož bioodpad podléhá rychlému rozkladu, jedná se o nevysušený odpad. Nejdůležitějšími složkami biologicky rozložitelného komunálního odpadu jsou zahradní odpad, kuchyňský odpad, který společně s některými druhy odpadu nekomunálního tvoří biologický odpad (BO). Tento odpad s dalšími složkami mohou být papír a některé druhy textilu a tento komplet tvoří biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO) (Evans, 2001).

Odpad z kuchyní a jídelen, kterým se budeme v naší práci zabývat, je tvořen ze zbytků jídel a nezpracovaných surovin (zbytky ovoce a zeleniny, masa a dalších potravin živočišného původu, kávové sedliny, čajových sáčků, pečiva, skořápek vajec, tekutých zbytků jídel, kostí a také použitých kuchyňských olejů a tuků) (Bernstad and Jansen, 2012). Dle katalogů odpadů spadají tyto odpady do skupiny biologicky rozložitelných odpadů z kuchyní a stravoven 20 01 08 a do skupiny jedlý olej a tuk 20 01 25.

Při nakládání se zbytky z kuchyní a jídelen je důležitá legislativa a to Katalog a Nařízení. Jedná se o Nařízení EP a rady (ES) č. 1069/2009 a Vyhláška MŽP 381/2001

Sb., Katalog odpadů. Nařízení stanovuje pravidla pro nakládání s vedlejšími živočišnými produkty, které již nejsou určeny k lidské spotřebě. Katalog odpadů dělí živočišné materiály do tří kategorií, Do jedné z kategorií spadá také kuchyňský odpad (čl. 6 odst. 1 písm. I). Toto se však netýká domácností. V katalogu je zmíněný odpad zařazen jako, skupina 20- komunální odpady, 01- složky odděleného sběru (kromě odpadů uvedených ve skupině 15 01) a 08- biologicky rozložitelné odpady z kuchyní a stravoven, či 25- jedlé oleje a tuky (Katalog odpadů 381/2001 sb., 2001).

Zkrmování jako nejčastější metoda odstraňování bioodpadu našich předků je dnes již zakázána a to zákonem č. 91/1996 Sb., o krmivech ve znění zákona č. 214/2007 Sb., Prováděcí vyhláška „Odpady z restauračních provozů mimo potraviny rostlinného původu, které s ohledem na jejich čerstvost nelze považovat za vhodné pro lidskou výživu“ také nepřipouští zkrmování zakázaných látek. Současným správným řešením je ukládání zbytků kuchyňských odpadů do kontejnerů k tomu určeným a předání firmě specializované k jejich odbornému odstranění. (Hřebíček et al., 2011)

Ke zjištění trasy svozu i jiných zjištění byly využity metody operačního výzkumu (Duchovní et al., 1957). Tato metoda se využívá v mnoha odvětvích např. v telekomunikaci (Pentzaropoulos et al., 2002), letecké dopravě (Lin and Hong, 2006), v chemickém inženýrství (Bernard-Michel et al., 2002), ale i v odpadech (Simoneto et al., 2007), (Simois et al., 2010), (Hokkanen et al., 1997). Matematické modelování je základní nástroj operačního systému. Jedná se o zjednodušený model reality. Operační výzkum má celou řadu výhod, mezi ně patří i strukturalizace, analýza, i modelování systému (Pintelon et al., 2010). Chod tohoto výzkumu zajišťuje řada kroků: fáze reálného systému, ekonomický model, matematický model, interpretace výsledků a implementace (Lin and Hong, 2006). Další částí operačního výzkumu je dopravní úloha, která je příkladem lineárního programování. Další specifickou úlohou je okružní problém. Jedná se o úlohu s přiřazovacím problémem, kde je cílem nalézt trasu mezi výchozím stanovištěm a cílem (Jablonský, 1998).

Dále je nutné danou úlohu optimalizovat, což lze definovat jako hledání optimálního řešení za daných podmínek (Hliněný, 2007). Při řešení úlohy je nutné zadat, zda struktura modelu bude maximalizována či minimalizována (Huang et al.,

2009). Optimalizační úlohy se dělí na spojité a diskrétní a dále na účelové, lineární a kvadratické (Anghinolfi et al., 2013).

Částí Lineární optimalizace je indexová metoda, která umožňuje rychlé zjištění řešení dopravní úlohy (Botek, 2004). Při minimalizaci se tedy jedná o nalezení minimální vzdálenosti mezi výchozím stanovištěm a cílem.

Hlavním nástrojem vizualizace výsledků modelu je program ArcGIS od společnosti Environmental Systems Research Institute (ESRI). Tento počítačový program umožňuje spravovat, analyzovat, ukládat i vizualizovat daná data (Lognely, 2011). V tomto modelu jsme využili metody a funkce počítačového programu ArcGIS Desktop, v rámci základních modulů ArcMap, ArcCatalog a Network Analyst (Lognely, 2011).

2 Cíl práce

Provedení rešerše na téma nakládání s gastroodpady a modely svozu.

Tvorba modelu svozu gastroodpadu

Lokalizovat producenty a zpracovatele

Vytvořit dopravní síť v GIS

Pomocí vybraných metod operačního výzkumu provést optimalizaci

Odhadnout náklady na svoz gastroodpadu

Provést aplikaci modelu gastroodpadu dle vybraných kritérií

Provést případovou studii pro ověření modelu hlavního města Prahy

3 Seznam použitých zkratk

GIS - Geografický informační systém

MŽP - Ministerstvo životního prostředí

MZe - Ministerstvo zemědělství

ČOV - Čistírna odpadních vod

ISOH - Informační systém odpadového hospodářství

ESRI - Environmental Systems Research Institute

GPS - Global Positioning System

4 Produkce a nakládání s gastroodpadem

Veškeré nakládání s odpady je upraveno legislativními opatřeními. Jelikož se Česká republika v roce 2004 členem Evropské unie, staly se směrnice a jiné legislativní úpravy platné i u nás. Důsledkem toho se musela veškerá legislativa postupně změnit. Výjimkou tomu nebyla ani problematika odpadů.

4.1 Biologicky rozložitelné odpady a gastroodpady v EU

Dle dokumentu o nakládání s biologicky rozložitelnými odpady v Evropě je cílem snížit do roku 2016 podíl skládkovaných biologicky rozložitelných odpadů o 35% celkové hmotnosti vyprodukované v roce 1995. To odpovídá přibližně 70 milionům tun biologicky rozložitelného odpadu (European Commission Environment DG, 2003).

4.2 Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady v ČR

Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady je možné zařadit do 2 skupin: nakládání s odpady biologicky rozložitelnými a nakládání s odpadními vodami. Důvodem je zákon 185/2001 Sb., o odpadech, kde je psáno, že odpad se stává odpadem, pokud je odložen na místo tomu určené (zákon č. 185/2001 Sb.). Pokud se tak nestane a odpad je rozdrčen drtičem kuchyňského odpadu a smyt vodou, která drtič proplachuje a tím se stává součástí odpadních vod, nejedná se pak o nakládání s odpady blíže s biologicky rozložitelnými odpady, ale spadá již pod odpadní vody a nakládání s nimi. (Výzkumný záměr MŽP 0002071102, 2007)

4.3 Drtiče kuchyňských odpadů a nakládání s odpadními vodami

V evropských zemích jako je Belgie, Slovinsko, Rakousko je využití drtičů jako způsob odstranění odpadů zakázán (Bernstad et al., 2013). V Dánsku environmentální agentura DEPA všeobecně nemůže nedoporučit. Ve Velké Británii a na Slovensku není tato problematika právně upravena, tudíž není zakázána a v Nizozemsku je potřeba individuální povolení. (Výzkumný záměr MŽP 0002071102, 2007)

4.3.1 Drtiče kuchyňského odpadu

Jedná se o elektro-mechanické zařízení, které je vhodné pro potrubí z kuchyňského dřezu. Drtič je proplachován studenou vodou a rotačním pohybem drtí potravinový odpad na malé částičky, které se připojují k odpadní vodě (Battistoni et al., 2007). Průměrné náklady na pořízení a instalaci jsou cca 150 £, předpokládaná životnost je 12 let. (Tim Evans Environment, 2007)

4.3.2 Drtiče v ČR

Česká republika se dle Stanoviska 041108 Ministerstva životního prostředí s názvem „Společné stanovisko odboru vodovodů a kanalizací MZe a odboru ochrany vod a odboru odpadů MŽP k používání kuchyňských drtičů“ postavila k drtičům negativně a to na základě Výzkumného záměru 00020071102 z roku 2007 Ministerstva životního prostředí. Hlavními negativy byly:

- Zanášení kanalizace organickými sedimenty a tím ucpávání kanalizačních přípojek
- Významné překročení limitních koncentrací nerozpuštěných látek ve splaškových vodách (o tisíce mg/l)
- Vznik velkého množství organických kalů na ČOV, se kterými je nutno nakládat anaerobně.
- Zhoršení sensorických vlastností čistírny
- Reakce na snížení teplot prostředí je větší než ve srovnatelném období („mrtvý“ kal)
- Zhoršení kvality odtoku z ČOV z hlediska mikrobiálního znečištění
- Snížení sedimentačních vlastností, zhoršená manipulace a stabilita

Z tohoto důvodu byla tato zařízení zakázána a jejich provozování je pokutováno peněžitou sankcí ve výši 100 000 Kč a to dle Stanoviska 041108 a 15 tis. Kč dle Kanalizačního řádu platného na území Prahy. Domácí drtiče sice přírodě neškodí, ale množství kalu a tím i snížená kvalita odtokových vod z ČOV mají značný vliv na životní prostředí.

Dle vyjádření krajské hygienické stanice hlavního města Prahy se „provozovatelům drtiče nedoporučuje s upozorněním na zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích.“ (Výzkumný záměr MŽP 0002071102, 2007)

U nás se pořizovací cena pohybuje mezi 10 000 a 20 000 Kč včetně instalace (Welt servis spol s r.o, 2013).

Obr 1. Náčrt drtiče odpadu Zdroj: <http://www.drtimeodpadu.cz/co-je-drtime-odpadu.php>



5 Gastroodpady v ČR

První zmínka o gastroodpadech je v roce 2001 s přijetím vyhlášky Ministerstva Životního prostředí 381/2001 sb., Katalog odpadů. Tato vyhláška ustanovuje katalog odpadů totožný s Evropskou unií. Mezi gastroodpad se řadí 2 kategorie odpadů a to biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven s katalogovým číslem 20 01 08 a jedlé oleje a tuky s katalogovým číslem 20 01 25.

Dále se řídí Nařízením EP a Rady (ES) č. 1069/2009, které stanovuje hygienická pravidla týkající se vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě.

5.1 Obecné hygienické požadavky pro provozovatele potravinářských podniků

Problematika je přímo upravena zákonem č. 258/2000Sb., o ochraně veřejného zdraví.

Požadavky na potravinářské odpady:

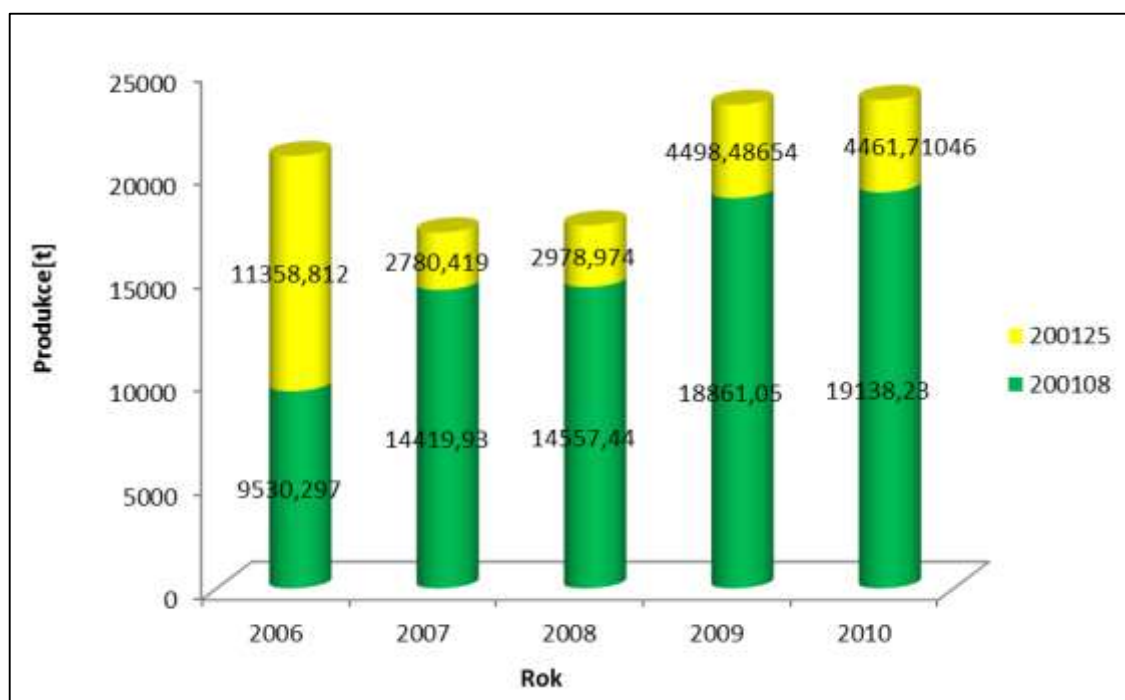
- Nepoživatelné vedlejší produkty a jiný odpad musí být odstraňován co nejrychleji z prostor, kde se nacházejí potraviny
- Musí se ukládat do uzavíratelných nádob, či jiných schválených odklízecích systémů
- Přiměřená opatření pro skladování a odstraňování, uložení musí být udržována v čistotě
- Musí být odstraňovány hygienickým a ekologickým způsobem v souladu s právními předpisy

(zákon č. 258/2008 sb.)

5.2 Produkce a způsoby nakládání s odpadem katalogového čísla 20 01 08 a 20 01 25 v ČR

Produkce odpadu s katalogovým číslem 20 01 08 a 20 01 25 je znázorněna na grafu 1. Informace o této produkci byly poskytnuty veřejnou databází Ministerstva životního prostředí ISOH pro léta 2006-2010.

Obr 2. Produkce odpadu s katalogovým číslem 20 01 08 a 20 01 25

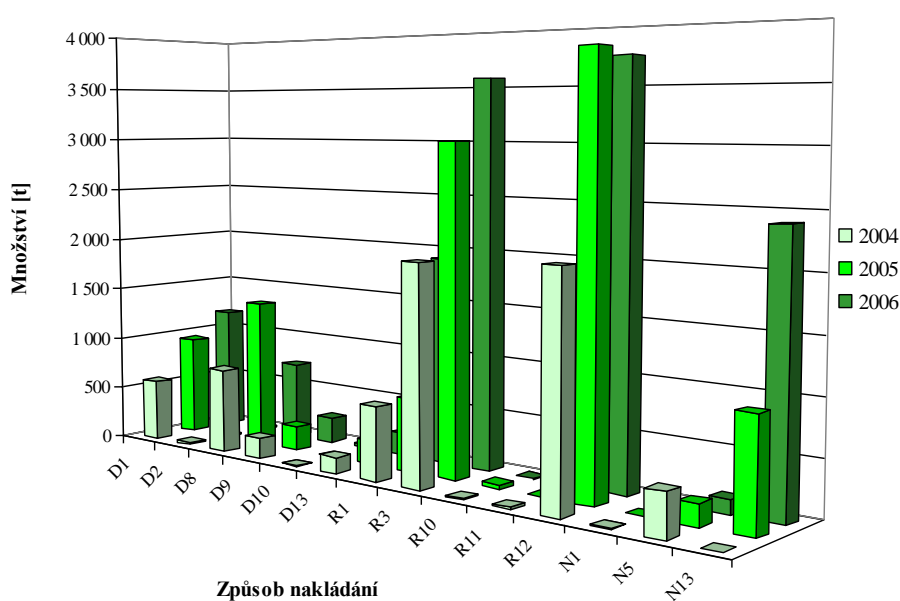


Z Obr 2. Je patrný náhlý pokles v rocích 2007 a 2008, který může být dán používáním drtičů kuchyňských odpadů. Použití drtiče je sice hygienické avšak dnes již zakázané (Stanovisko 041108 MŽP, 2008). Jelikož při použití drtiče kuchyňského odpadu není odpad z kuchyně a stravoven odpadem a tedy není možné jeho produkci evidovat. Projeví se však na ČOV a to zvýšenou produkcí kalů (Výzkumný záměr MŽP 0002071102, 2007).

V dalších letech 2009 a 2010 tento odpad zaznamenal značný nárůst, toto by mohlo mít na svědomí Stanovisko 041108 Ministerstva životního prostředí z roku 2008 o zákazu využívání drtičů kuchyňského odpadu.

Na Obr 3. Jsou znázorněny způsoby nakládání s odpadem katalogového čísla 20 01 08. V těchto letech 2003-2006 je nejpoužívanějším způsobem způsob pod kódem R3- získání/ regenerace organických látek, které se nepoužívají jako rozpouštědla, pod kterým je v letech 2003 a 2004 uvádělo i kompostování. V roce 2005 vznikl samostatný kód N13- kompostování. Tento způsob se stal nejvyužívanějším, avšak nelze jej srovnávat s kódem R3, jelikož do tohoto kódu spadali i jiné způsoby nakládání (Výzkumný záměr MŽP 0002071102, 2007).

Obr 3. evidované způsoby nakládání s odpadem katalogového čísla 20 01 08



(Výzkumný záměr MŽP 0002071102, 2007)

Způsoby nakládání s kuchyňskými odpady vycházejí z Plánu odpadového hospodářství (POH) ČR a jednotlivých krajů. Nařízení vlády č.197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky a Usnesení Rady HMP č. 2274 ze dne 18. 12. 2012 Plán odpadového hospodářství hlavního města Prahy. Plán popisuje plánovaný způsob nakládání s komunálním odpadem i s biologicky rozložitelným odpadem, do kterého spadá odpad katalogového čísla 20 01 08 a 20 01 25. Velmi běžnou zmínkou je separovaný sběr, kompostování, energetické využití, biologická úprava a výstavba fragmentačních linek.

Ve všech POH je uveden shodný cíl, kterým je snížení maximálního množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů ukládaných na skládku. Jednotlivé podíly jsou:

- V roce 2010 maximálně 75% hmotnostních z celkového množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu vzniklého v roce 1995.
- V roce 2013 maximálně 50% hmotnostních z celkového množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu vzniklého v roce 1995.
- V roce 2020 výhledově maximálně 35% hmotnostních z celkového množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu vzniklého v roce 1995.

(Nařízení vlády č.197/2003 Sb)

Plánované způsoby nakládání s kuchyňským odpadem jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1. způsoby nakládání s kuchyňským odpadem

Odstraňování odpadů	
D1	Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (skládování)
D2	Úprava půdními procesy (např. biologický rozklad kapalných odpadů či kalů v půdě apod.)
D8	Biologická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12
D9	Fyzikálně-chemická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12 (např. odpařování, sušení, kalcinace)
D10	Spalování na pevnině
D13	Úprava složení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12
Využívání odpadů	
R1	Využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie
R3	Získání/regenerace organických látek, které se nepoužívají jako rozpouštědla (včetně biologických procesů mimo kompostování)
R10	Aplikace do půdy, která je přínosem pro zemědělství nebo zlepšuje ekologii
R11	Využití odpadů, které vznikly aplikací některého z postupů uvedených pod označením R1 až R10
R12	Předúprava odpadů k aplikaci některého z postupů uvedených pod označením R1 až R11
Ostatní	
N1	Využití odpadů na terénní úpravy apod.
N5	Zůstatek na skladu k 31. 12. vykazovaného roku
N13	Kompostování

6 Gastroodpad a hlavní město Praha

Pro hlavní město Prahu se stal klíčovým rokem rok 2005, kdy začala firma Pražské služby a.s. nabízet řešení pro stravovny a jídelny na území Prahy. Jejich náplní práce bylo komplexní řešení problematiky nakládání s tímto odpadem. Tato produktová strategie byla nazvána „gastroodpad“. Všichni producenti tohoto odpadu se mohou této služby za poplatek zúčastnit. Toto řešení je v souladu s právními předpisy ČR a stalo se novým trendem (Kolinger 2008).

Producentům je nabízen kompletní servis, který je v souladu s hygienickými normami. Svoz a logistika tohoto odpadu je zajišťována speciálně upravenými vozy. Shromažďování těchto odpadů u producentů se zajišťuje ve speciálních nádobách s dokonale těsnícím víkem (Němec 2006). Během přepravy je zajištěna těsnost nádob tohoto odpadu. Svoz odpadu je zajišťován výměnným způsobem, tzn. přípravou prázdné nádoby a výměnu za nádobu plnou. Velikost nádob je velmi variabilní, každá z firem zajišťujících tuto službu může mít v dnešní době velikosti upravené dle svých technologií (Matulová 2006).

Svoz bioodpadu do roku 2006 hradil Magistrát hlavního města Prahy. Poté byla služba zajišťována pouze pod správou firmy Pražské služby a.s. a byla hrazena občany. Od roku 2007 se začaly ke svozu přidávat jednotlivé městské části a dnes je služba opět provozována a financována Magistrátem hlavního města Prahy. V roce 2012 vyhrála výběrové řízení firma A.S.A. spol. s r.o (Kolinger 2008).

U gastroodpadu je situace poněkud odlišná. Tato služba se uskutečňuje na přání klienta (producenta) a není zajišťována Magistrátem či městskými částmi Hlavního města Prahy. Přidat se do systému sběru tohoto odpadu může každý, jak domácnost, tak živnostník, kdo uzavřel smlouvu s firmou zajišťující tuto službu (Matulová 2006).

Gastroodpad je svážen ve speciálních nádobách s frekvencí svozu jrdnkrát za týden. V celkové ceně je zahrnuta cena pronájmu nádoby i odvoz odpadu. Gastroodpad se sváží v nádobách tzv. compostainerech, které mají objem 120 l a 240 l. (Kolinger, 2008)

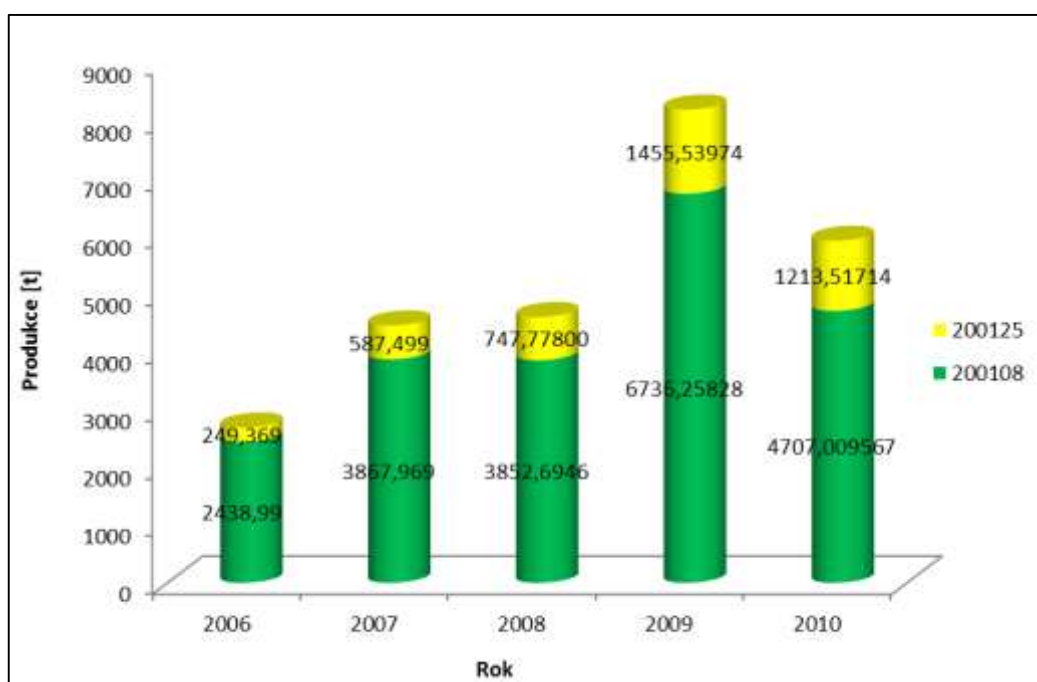
Díky tomuto tříděnému svozu skončí velké procento tohoto odpadu v kompostárnách či v bioplynových stanicích (Straka and Kunčarová, 2006).

6.1 Nakládání s gastroodpadem v Praze

Nakládání s gastroodpadem se řídí zákonem o odpadech 185/2001 sb. a vztahují se na něj všechny práva a povinnosti vyplývající z tohoto zákona.

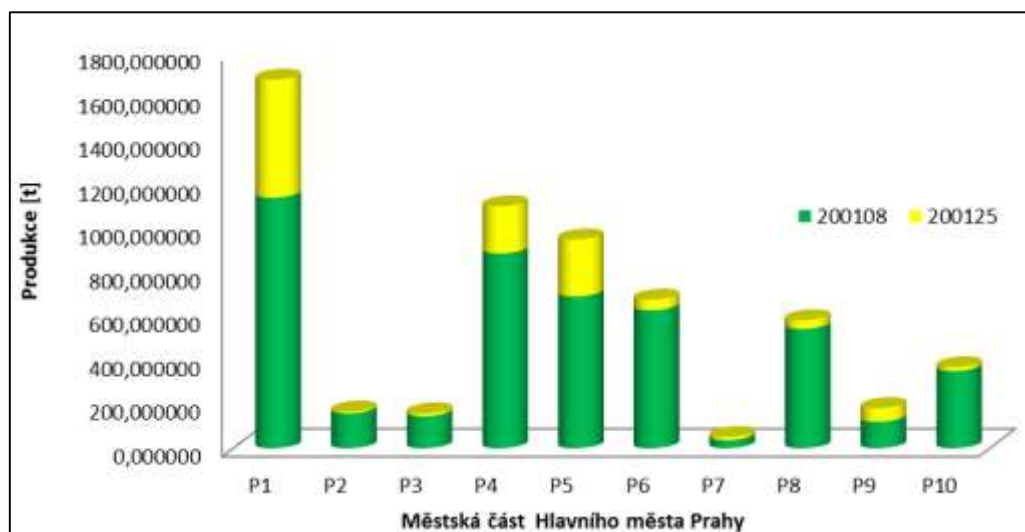
Produkce biologicky rozložitelných odpadů pro hlavní město Prahu v období 2006-2010 byly poskytnuty z veřejné databáze Ministerstva životního prostředí ISOH.

Obr 4. produkce biologicky rozložitelného odpadů s katalogovými čísly 20 01 08 a 20 01 25



Z Obr 4. je patrný nárůst, který by mohl být dán zvýšením poptávky právě po službě svozu gastroodpadu a vydání stanoviska 041108 Ministerstvem životního prostředí o zákazu využívání drtičů kuchyňských odpadů.

Obr 5. Grafické znázornění rozložení odpadů s katalogovým číslem 20 01 08 a 20 01 25 v městských částech Hlavního města Prahy v roce 2010



Obr 5. názorně ukazuje na rozdělení odpadů katalogového čísla 20 01 08 a 20 01 25. Je zřejmé, že největším producentem tohoto odpadu je Městská část Praha 1 a nejmenším producentem je Městská část Praha 7. Což by mohlo být dáno turistickým ruchem, počtem a koncentrací restauračních zařízení v těchto Městských částech.

7 Procesy zpracování biologicky rozložitelných odpadů

Dle European Environment Agency mohou být tyto odpady recyklovány nebo znovu využity a to obnovením živin a energie obsažené v odpadu. Tuto recyklaci lze provést dvěma obecnými metodami a to jsou biologické a tepelné úpravy odpadu.

Biologickými metodami se rozumí proces definovaný jako aerobní kompostování a anaerobní digesce (EEA, 2002).

7.1 Kompostovací proces

Kompostovací proces je aerobní exotermní mikrobiologická přeměna biologicky rozložitelných látek na látky bohaté na humus a živiny (Diaz, 1993). Zařízení využitá ke kompostování je navrženo tak, aby se minimalizoval dopad na životní prostředí (Epstein, 2001). Výsledným produktem je kompost, který se využívá jako organické hnojivo (Erwards, 2010).

7.2 Anaerobní digesce

Jedná se o velmi složitý biochemický proces skládající se z mnoha dílčích fyzikálních a fyzikálně-chemických a biologických procesů (Caruana and Olsen 2012). Zjednodušeně řečeno se jedná o bioenergetickou transformaci organických látek, u nichž nedochází ke snížení vlastní hnojivé hodnoty (Korres et al., 2013). Výsledným produktem je poté biologicky stabilizovaný substrát, který může mít vysoký hnojivý účinek a bioplyn (Khanal, 2008), (Gerardi 2003).

Termálními regeneračními metodami se rozumí spalovací metody, zplyňování a pyrolýza.

7.3 Spalování

Tato metoda je základní metodou hromadného snižování objemu. Při spalování se vytváří přebytečné teplo, ze kterého se při vhodné technologii, produkuje elektrická energie, putující k odběratelům (Buekens, 2012), (Hester and Harrison, 1994).

S odpadními frakcemi se není potřeba zatěžovat, pevné zbytky jsou opětovně využity nebo odstraněny skládkováním. Možností je také jejich využití jako příměsí do různých produktů (asfalt), (Travis, 2013).

7.4 Pyrolýza

V této technologii se jedná o pyrolyzní zplyňování s tavením zachycených popelovin. Rozdrcený odpad o velikosti max. 200 mm je dávkován do rotační pyrolyzní pece a za nepřítomnosti vzduchu je rozkládán při teplotě 450°C (Basu, 2010). Pyrolyzní plyn je dále veden do navazující vysokoteplotní spalovací komory. Pevný odpad je zchlazen, upraven, vytríděn a dávkován do vysokoteplotní spalovací komory (Brown and Stevens, 2011). Zde je ohříván pyrolyzním plynem za nepřítomnosti vzduchu, při teplotě 1300°C. Při této teplotě jsou spolehlivě roztaveny i popeloviny. Roztavené popeloviny jsou ihned ochlazeny. Tento odpad ve formě inertního, granulovaného, sklovitého materiálu je dále využíván ve stavebnictví (Dahlquist, 2013). Pyrolýza jakožto způsob odstranění odpadů je velmi nákladná.

Použité metody při nakládání s biologicky rozložitelnými odpady jsou ovlivněny regionálními podmínkami konkrétní oblasti. Dále má vliv ekonomický trh, vzdálenost přepravy, poptávka a distribuce tepla a energie. Toto vše má vliv na množství firem zabývajících se tímto resortem v dané zemi i daném regionu.

8 Operační výzkum

Jedná se o mladou velmi rychle se vyvíjející disciplínu. Její počátek i název vyplývá ze skutečnosti, že se v historii využívala především při vojenských operacích. (Walter et al., 1973) Jedná se tedy o soubor relativně samostatných disciplín. Univerzální definice operačního výzkumu však není možná, nicméně pro přiblížení podstaty se jedná o výzkum operací v rámci daného systému. (Jablonský, 1998)

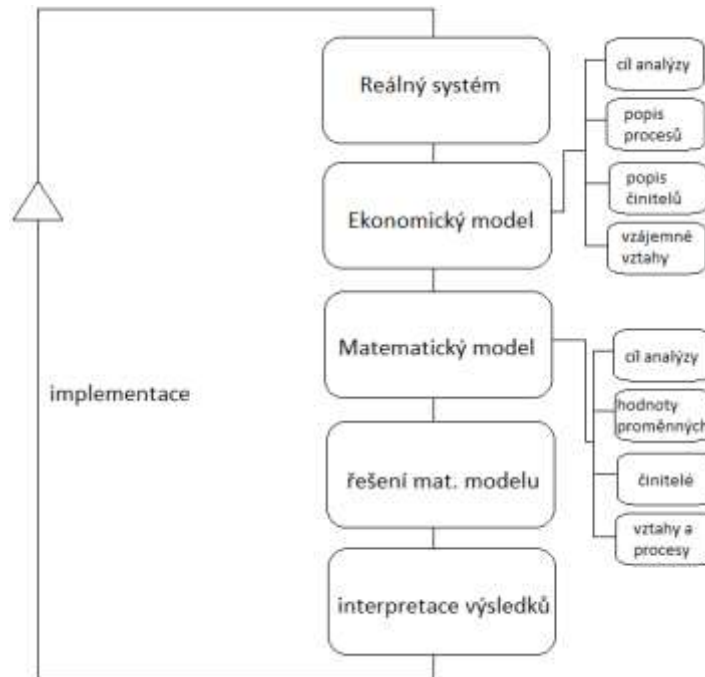
Operační výzkum či analýza má široké spektrum využitelnosti. Důkazem je celá řada prací v různých oborech např. v telekomunikační politice (Pentzaropoulos et al., 2002), jaderné chemii (Garcia, 2000), matematických systémech (Pintelon et al., 2010), letecké dopravě (Lin and Hong 2006), chemickém inženýrství (Bernard-Michel et al., 2002), a také v problematice odpadů (Simoneto et al., 2007), (Simoes et al., 2010), (Hokkanen et al., 1997)

Základním nástrojem pro operační výzkum je matematické modelování. Při analýze pomocí operačního systému se využívá zjednodušený model tohoto systému (Simoneto et al., 2007). Nejedná se tedy o reálnou situaci, ale o zjednodušený obraz tohoto systému. Celá řada výhod, která doprovází operační výzkum i samotné modelování je hlavním prostředkem pro studium modelovaného systému (Hokkanen et al., 1997). Mezi hlavní výhody modelového přístupu patří, že:

- Matematické modely umožňující strukturalizaci systémů. Specifikují možné varianty stavu systému, často jich bývá neomezené množství.
- Analyzují chování systému ve zkráceném čase. Model simuluje procesy trvající delší časovou řadu ve zlomcích sekund.
- Manipulace s modely je velmi snadná, lze provádět celou řadu experimentů a to pomocí změn parametrů, dá se tedy říci, že model je aplikovatelný na různé situace.
- Investice do systému modelování je nižší než investice do jednotlivých experimentů s reálným systémem.

Operační výzkum má několik základních fází, které na sebe navazují. Tyto fáze jsou popsány na Obr 6.

Obr 6. Schéma aplikace operačního výzkumu upraveno na podkladě schématu Jablonského, 1998



Fáze reálného systému

Jedná se o základní krok v operačním výzkumu. Jde o rozpoznání daného problému v reálném systému (Lin and Hong, 2006). Definice tohoto problému je podstatná a na jeho základě se posuzuje řešitelnost daného problému (Hokkanen et al., 1997).

Ekonomický model

Formulace daného problému. Reálný systém se potýká s mnoha prvky, ty však není nutné vždy všechny zahrnout do řešení modelu. Jedná se tedy o charakteristiku zjednodušeného reálného systému (Simoes et al., 2010). Ten obsahuje s ohledem na problém pouze prvky a vazby, které jsou podstatné, a to především:

- Cíl analýzy - jednoznačné určení cílového stavu.
- Popis procesů - reálná aktivita, která probíhá v systému za určité intenzity. Májí vliv na cílový model.

- Popis činitelů - popis intenzity činitelů a všech ovlivňujících procesů.
- Vzájemné vztahy - vztah mezi procesy, činiteli a cílem analýzy.

Matematický model

Jedná se jak o matematické tak i slovní vyjádření problému, při kterém je možné řešení standartními postupy. Tento model obsahuje stejné prvky jako model ekonomický:

- Cíl analýzy - vyjádřen ve formě lineární či nelineární funkce s proměnnými parametry.
- Hodnoty proměnných - proměnná hodnota, která odpovídá intenzitě provádění procesů v matematickém modelu
- Činitelé - vyjádřeny v závislosti na povaze daného problému.
- Vazby a procesy - neřiditelné parametry- jedná se o parametry, které uživatel nemůže ovlivňovat.

Řešení matematického modelu

Technická záležitost, při níž se využívají metody a postupy navržené v jednotlivých odvětvích operačního výzkumu. Uživatele omezují programové prostředky, které si zvolili. Bez kvalitních programových systémů je řešení nereálné (Lin and Hong, 2006).

Interpretace výsledků

Následné ověření je podstatné pro správnost výsledku a jejich pozdější interpretaci. Při opomenutí nějaké podstatné části systému se výsledek může jevit jako optimální, nicméně v praxi nepoužitelný (Pentzaropoulos et al., 2002).

Implementace

Zlepšuje funkci systému a to především s ohledem na daný cíl v systému (Jablonský, 1998).

8.1 Dopravní úloha

Jedná se o speciální úlohu lineárního programování. Jde o rozvržení rozvozu daného materiálu ze zdrojů k odběratelům (zpracovatelům) a to s ohledem na minimalizaci celkových nákladů, které souvisí s rozvozem (Jablonský, 1998). V dopravní úloze jsou definovány:

Pro m -zdrojů

- Dodavatelé (D_1, D_2, \dots, D_m) -
- Kapacity (a_1, a_2, \dots, a_m) – množství materiálu, který dodavatel může dodat, za dané období.

A n -cílových míst

- Odběratelé (O_1, O_2, \dots, O_n) -
- Stanovené požadavky (b_1, b_2, \dots, b_n) – množství, které může odběratel přijmout

Vztah každé dvojice (zdroj-odběratel) je oceněn. Těmito vztahy mohou být náklady na přepravu jednotky či kilometrová vzdálenost mezi zdrojem a odběratelem (Hokkanen et al., 1997). Toto ocenění je kvantifikováno a vyjádřeno proměnnou c_{ij} ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$).

Formulace ekonomického modelu

Cílem je tedy plán přepravy mezi zdrojem a odběratelem. Je nutné tedy stanovit objem přepravy mezi jednotlivými dvojicemi, aby nebyla překročena kapacita zdrojů či odběratelů a zároveň byly optimálně pokryty všechny požadavky zdrojů i odběratelů (Simoneto et al., 2007). Je tedy nutné stanovit hodnoty objemu přepravy mezi i -tým zdrojem a j -tým odběratelem ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$).

Lze jej vyjádřit pomocí Tabulky 2.

Tabulka 2. Formulace ekonomického modelu dopravní úlohy (Jablonský 1998)

Zdroj	Odběratelé				kapacit a zdrojů
	O1	O2	...	On	
D1	x11 c11	x12 c12	...	x1n c1n	a1
D2	x21 c21	x22 c22	...	x2n c2n	a2
...
Dm	xm1 cm1		...	xmn cmn	Am
kapacita odběratelů	b1	b2	...	Bn	$\sum_i b_i \sum_j a_j$

Je nutné brát na zřetel vztah celkové kapacity všech zdrojů a kapacitu odběratelů.

Ve vyrovnaném dopravním problému bude platit:
$$\sum_i a_i = \sum_j b_j$$

Jedná se o model, v jehož případě platí uspokojení všech požadavků a nepřekročení kapacit odběratelů i zdrojů.

Při nevyrovnaném dopravním problému platí:
$$\sum_i a_i \neq \sum_j b_j$$

Jedná se tedy o převis nabídky zdrojů či kapacity odběratelů. Nevyrovnaný dopravní problém lze snadno převést na vyrovnaný a to následovně:

Převis nabídky:
$$\sum_i a_i - \sum_j b_j$$

V modelu se přidá tzv. fiktivní odběratel O_f . Požadavek je roven rozdílu mezi celkovými kapacitami a požadavky. V tabulce 2. tedy přibude jeden sloupec.

Převis poptávky:
$$\sum_j b_j - \sum_i a_i$$

V modelu se nyní přidá tzv. fiktivní zdroj D_f jeho kapacita je rovna rozdílu součtu požadavků kapacit. V tabulce 2. přibude sloupec.

Ocenění vztahů fiktivních bodů je tedy nulové.

Formulace matematického modelu je velmi složitá (Jablonský, 1998).

8.1.1 Okružní dopravní problém

Jedná se o úlohu s přiřazovacím problémem. Cílem je tedy nalézt trasu spojující výchozí stanoviště A_0 s místy A_1, A_2, \dots, A_m v libovolném pořadí tak, aby byla délka trasy co nejmenší (Simoes et al., 2010). Trasa tedy propojuje výchozí stanoviště A_0

s místy A_1, A_2, \dots, A_m a zahrnuje i jízdu zpět do výchozího bodu A_0 . Okružní dopravní problém může mít mnoho reálných řešení (Simoneto et al., 2007).

Matematický model

V tomto modelu se zavádí bivalentní proměnná x_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$). Hodnota 1 indikuje jízdu mezi výchozím místem A_0 a místy A_1, A_2, \dots, A_m a zpět naopak hodnota 0 tuto jízdu vyvrací. Jízda se tedy neuskuteční. Je nutné u tohoto modelu ověřit, zda je každé místo zahrnuto pouze jednou, tak aby byl model optimální (Walter et al., 1973).

Další faktory omezující podmínky modelu

$$\delta_i - \delta_j + mx_{ij} \leq m - 1, \quad i, j = 1, 2, \dots, m.$$

Proměnná δ_i nabývá libovolných hodnot.

Matematický model je tedy možné zapsat:

Minimalizace

$$z = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m c_{ij} x_{ij}$$

Podmínky

$$\sum_{i=0}^m x_{ij} = 1, \quad i = 0, 1, \dots, m,$$

$$\sum_{j=0}^m x_{ij} = 1, \quad j = 0, 1, \dots, n,$$

$$\delta_i - \delta_j + mx_{ij} \leq m - 1, \quad i, j = 1, 2, \dots, m,$$

$$x_{ij} = 0(1), \quad i, j = 0, 1, \dots, m.$$

Výpočetně je okružní dopravní model velmi náročný. V aplikacích jsou využity speciální algoritmy (Walter et al., 1973).

Pro aplikaci operačního výzkumu je nutné využít výpočetní techniku. Tato technika podmiňuje využití operačního výzkumu v praxi (Walter et al., 1973). K aplikaci operačního výzkumu je možné využít více modelů.

9 Přehled vybraných modelů

Modelování je ekologicko- ekonomickou složkou strategie svozu odpadů. Standartní ekonomické modelování hledá optimální řešení. Nicméně nelze vždy zahrnout širokou škálu faktorů, které musí být zahrnuty do reálného modelu (Smelev and Powell, 2006). Cílem není tedy pouze optimální řešení, ale také upozornění na politické místní i regionální uspořádání, které nemusí být vždycky vhodné. Odpady a nakládání s nimi je problém s celou řadou rozměrů, jako je například množství odpadu, vytvoření systému pro svoz, komplexní prostorová struktura vznikajícího odpadu, nutnost jeho přepravy i na větší vzdálenost, emise vznikající při přepravě a manipulaci s odpadem a celkové zacházení se životním prostředím při nakládání s tímto odpadem (Smelev and Powell, 2006).

9.1 LCI analýza

- Silné stránky:
- Umožňuje integraci údajů o životním prostředí s ekonomickými údaji.
 - Porovnává různé scénáře s mnoha kritérii.

- Slabé stránky:
- Neobsahuje časové ani prostorové informace.
 - Nelze implikovat místní, regionální a globální porovnání.

Popis analýzy:

Podstatná část výzkumu místních aspektů modelování nakládání s odpady byla provedena LCI metodikou založenou na modelech uvedených v práci (White et al., 1999). Dalším použitým modelem, který využívá Agentura pro životní prostředí je model WISARD (Powel et al., 1996). Jedná se tedy o srovnání životního prostředí se systémem sběru odpadu. S jeho pomocí je možné posuzovat váhu životního prostředí a jeho cyklů s váhami ekonomickými (Powel et al., 1998). Bohužel využití těchto modelů je minimální, protože chybí některé z klíčových institucionálních informací o nakládání s odpady. Jedná se zejména o politické rozmístění místních orgánů (Vigelos, 2002).

9.2 Delphi analýza

Silné stránky: - Analyzuje komplexní situace s neurčitými informacemi

Slabé stránky: - Subjektivní odhady.

- Nerovné porozumění daného problému.

Popis:

Jedná se o systematickou interaktivní metodu předpovídání, která je založena na nezávislých vstupech. Tato metoda je uplatňována především v oblasti plánování a prognóz. Používají se také prognózy vývoje firmy a okolí a v globálním měřítku se jedná o prognózování vědecko-technického rozvoje, ekonomiky, životního prostředí, populace atd. (Landeta, 2006).

9.3 MCDA multikriteriální analýza

Silné stránky: - Porovnává více atributů či cílů.

- Výběr kritérií je flexibilní.

- Integruje kvantitativní i kvalitativní údaje.

Slabé stránky: - Problematický hmotnostní odhad.

- Omezené porovnání počtu alternativ.

Popis:

Zabývá se hodnocením možných alternativ dle určitých kritérií. Metoda rozhodování řeší konflikty protikladných kritérií (Haluzá et al., 2011). Pro funkčnost metody je nutné zavést stupnici nebo kvalitativní kritéria. Obecně se při této metodě postupuje následovně. Nejprve se vytvoří účelová množina kritérií, dále se stanoví váhy kritérií, poté je nutné stanovit vzorové hodnoty vah daných kritérií. Na konci se zhodnotí varianty a vyberou se nejvhodnější varianty, které se seřadí, dle vhodností. (Haluzá et al., 2011). Metoda umožňuje objektivně zhodnotit důsledky realizace určitého scénáře (Říha et al., 2002). Tato metoda vychází z filozofického předpokladu, který udává, že kvalita životního prostředí je pro daný region určena jednotlivými složkami životního prostředí. Kvalitu lze posoudit pouze analyticko- diagnostickými

ukazateli. Různorodost vlastností neumožňuje převedení na společné měřítko (Říha et al., 2002).

9.4 GIS

Silné stránky: - Prostorový model na základě zeměpisného rozložení.

- Provádí geografické analýzy, založené na průniku informací.

Slabé stránky: - Nemá časový rozměr.

- Vyžaduje integraci s jinými srovnávacími analýzami.

Popis:

Jedná se o software, který umožňuje ukládat, spravovat či analyzovat data a prostorová data (Davis, 2007). V tomto softwaru je možné provádět velké množství simulačních experimentů s různým umístěním vzorů. Všechny postupy musí být podloženy metodikami. Jednou z vybraných může být např. Ruská metodika pro výpočet poškození životního prostředí (Mitchell, 2005). Dále také přihlíží k prostorové dimenzi dopadů na životní prostředí a to ve formě koeficientů. Tyto koeficienty mohou signalizovat např. ekologické hodnoty území či regionu (Mitchell, 1999). Což může mít zároveň i negativní vliv na rozměr analyzovaného vektoru těchto ekologických charakteristik pro daný systém. Při takovémto snížení dimenze výrazně zjednodušuje rozhodování a také umožňuje řešení pouze ve dvou dimenzích. Toto platí také pro modelování svozu odpadů (Smelev and Powell 2006).

9.4.1 ArcGIS- struktura

ArcGIS 10.x je program od americké firmy ESRI (www.esri.com) jedná se o software, který tvoří celá řada integrovaných softwarových produktů (ESRI, 2006):

- ArcGIS Desktop
- serverový GIS
- mobilní GIS
- ESRI Developer Network

9.4.2 ArcGIS Desktop

Jedná se o hlavní aplikaci určenou k vytváření, shromažďování, vyhodnocování a publikování územních informací (Zeiler, 2010). K dispozici jsou tři funkční úrovně a to ArcView, ArcEditor a ArcInfo.

- ArcView- Komplexně využívá data a je zaměřen na jednoduchou analýzu a tvorbu map. Obsahuje ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox (Longely and Clarke, 1995).
 - ArcMap - Jedná se o hlavní aplikaci ArcGIS, využívá se pro všechny úlohy tvorby, editace a publikování map. Dále se využívá pro provádění analýz a dotazníku na mapovém podkladu. Tato aplikace prezentuje geografické informace jako datové vrstvy a jiné prvky v mapě. Využívá se tedy především k zobrazení geografických dat a k zobrazení výkresu mapy (Longely, 2001).
 - ArcCatalog - Využívá se k organizování, prohlížení a správě veškerých dat.
 - ArcToolbox - Jedná se o sadu nástrojů ke zpracování prostorových dat tzv. „Geoprocessing“.
- ArcEditor- vytváří společně s ArcView geografickou editaci a tvorbu dat.
- ArcInfo- Jedná se o kompletní desktop softwaru GIS. Obsahuje veškerou funkcionalitu GIS a to včetně nástrojů ke zpracování prostorových dat (Longely, 2005).

9.4.3 Serverový GIS

Jedná se o server, který poskytuje základ pro tvorbu integrovaných víceoborových systémů (Maguire et al., 2005). Využívá se ke shromažďování, organizaci, vizualizaci, analýze, správě a šíření geografických informací. Využívají se servery ArcIMS, ArcGIS Server, ArcGIS Image Server (Davis, 2007).

9.4.4 Mobilní GIS

Využívá se pro práci v terénu, především se jedná o ArcPad a ArcGIS Mobile.

9.4.5 ESRI Developer Network

Softwarové komponenty využitelné pro vývojáře: slouží především k rozšíření desktopových GIS. Také pro tvorbu uživatelských aplikací, webových aplikací a především služeb GIS (ESRI, 2006), (ESRI, 2012).

9.4.6 ArcGIS Network Analyst

Jedná se o softwarovou nadstavbu ArcGIS Desktop. Tato aplikace umožňuje prostorovou analýzu na síti. Využívá k tomu speciální datový model, s jehož pomocí je možné vytvořit z dat sítě a provádět síťovou analýzu (Lognely, 2011). Dále je možné pomocí této aplikace dynamicky modelovat reálné podmínky na dané síti např. podmínky dopravy, dopravní situace, limity a omezení při přepravě a další. Mezi schopnosti této aplikace patří možnost nalezení nejefektivnějšího dopravního spojení mezi zadanými body (Maguire et al., 1991). Dále je možné využít servery např. ArcGIS Server. Je také možné zobrazit reálná data s různými atributy např. s cenou, hierarchií sítě či dopravním omezením (Zeiler, 2010). Aplikace ArcGIS Network Analyst poskytuje také možnost dynamicky měnit ukazatele, což v zásadě ovlivňuje řešení dané situace. Jako ukazatel může být zvoleno dopravní omezení, kapacita zařízení, či dopravní uzavírky aj (Longely et al., 2005). Je možné zadat vícenásobná dopravní omezení, která umožňují zobrazit komplexní možnosti pohybu na dané síti. Při tvorbě je možné vytvářet sítě či pracovat se sítí již vytvořenou z dat ve tvaru shapefile či z geodatabáze (Davis, 2007). Uživatelské rozhraní aplikace lze snadno upravit bez nutnosti programování. Lze také vytvořit uživatelské skripty nebo makra a to pomocí již vestavěného editoru Visual Basic for Application či pomocí jiného vývojového prostředí (Visual C++, Delphi, ...). (Zandbergen, 2013)

9.5 Optimalizace

- Silné stránky: - Umožňuje nalézt optimální řešení ve výběru.
- Řeší více objektivních problémů.
 - Identifikuje hranice prostoru pro následné rozhodování.

Slabé stránky: - Nutností je předvídat vztahy v modelu

Popis:

V problematice odpadů se optimalizace využívá velmi hojně. Tato metodika se využívá již řadu let, jak dokladují práce (Baetz et al., 1989) a (Dantus et al., 1999). Dnes se tato optimalizace využívá také dle prací (Anghinolfi et al., 2013), (Najm, El-Fadel 2004), (Huang et al., 2009) a (Komly et al., 2012).

Optimalizaci lze definovat jako hledání optimálního řešení úlohy za daných omezujících podmínek. Toto řešení popisuje obor přípustných řešení úlohy a daných účelových funkcí také, přiřazuje hodnoty k jednotlivým řešením (Hliněný, 2007).

Jedná se o model, který nalézá nejvhodnější řešení za zadaných podmínek. Účelem optimalizačního modelu je stanovit pro vybraný krok uvažovaného horizontu času, takovou strukturu, která vede při zadaných omezení k maximalizaci či minimalizaci účelového výsledku (Huang et al., 2009). Jedná se tedy o výpočetní problém, který určují atributy jako Universum neboli, všemi potencionálními řešeními. Dalšími atributy jsou omezující podmínky a účelové funkce, které přiřazují každému možnému řešení určitou hodnotu a dle této hodnoty se buď maximalizují či minimalizují (Hliněný, 2007).

Řešením je tedy optimální hodnota a případné dokázání optimality nalezeného řešení. Zdůvodnění bývá velmi složité. Nejedná se o přenosnou definici, nýbrž se jedná o hrubý popis, který je možné měnit a upřesňovat dle potřeby (Hliněný, 2007).

Jedná se tedy o výpočetní problematiku určenou atributy zadání:

- Univerzem U jsou zadána všechna potencionální řešení. Jedná se o vektorový prostor se souřadnicemi (jednotlivé proměnné).

- Omezující podmínky určují podmnožinu $P \subseteq U$ všech možných řešení.
- Účelová funkce přiřazuje hodnotu (cenu) každému možnému řešení.
 $\eta: U \rightarrow \mathbb{R}$. Účelovou funkci buď maximalizujeme, nebo minimalizujeme a to dle kontextu úlohy.

Vyřešení úlohy

- Optimální hodnota účelové funkce je řešením $\vec{x} \in P$ a to dle kontextu

$$\vec{x} \in P : \eta = \max / \min \eta \left(\begin{matrix} \vec{z} \\ z \end{matrix} \right); z \in P$$

- Důkaz optimality \vec{x} . Tento krok je relevantní pouze v případech, kdy je zdůvodnění snazší než nalezení samotného řešení \vec{x} . (Hliněný 2007)

Toky v sítích

Síť je často využívána jako souhrnné pojmenování matematických modelových situací, které představují nějakou substanci, která je přepravována po předem definovaných přepravních cestách. Mohou být kapacitně omezené (Huang et al., 2009).

Pro prezentaci sítí je základní strukturou orientovaný graf. Vrcholy tohoto grafu modelují síťové uzly a hrany spojnic. Každá hrana je tvořena uspořádanou dvojicí (u, v) tedy vrcholem grafu (Anghinolfi et al., 2013). Každá hrana má také daný směr z vrcholu u do vrcholu v.

Síť je tedy soubor bodů $S = (G, z, s, w)$, kde:

- Orientovaný graf je G
- Vrcholy jsou zdroj a stok $z \in V(G), s \in V(G)$
 $w : E(G) \rightarrow \mathbb{R}^+$
- Kapacita hran je kladné hodnocení hran

Nejvíce nás zajímá množství substance, kterou můžeme převést od zdroje ke stoku. Jedná se tedy o tok substance a formální popis okamžitého stavu transportu v dané síti (Komly et al., 2012).

Značení hrany e transport do vrcholu v , $e \rightarrow v$ a naopak $v \rightarrow e$.

Tok v síti je tedy definován:

$S = (G, z, s, w)$, síť s funkcí $f : E(G) \rightarrow R^+$ splňuje podmínky,

$$\forall_e \in E(G) : 0 \leq f(e) \leq w(e),$$

$$\forall_v \in V(G), w \neq z, s : \sum_{e \leftarrow v} f(e) = \sum_{e \rightarrow v} f(e).$$

Velikost toku f je dána $\|f\| = \sum_{e \leftarrow z} f(e) - \sum_{e \rightarrow z} f(e)$.

Při řešení síťové optimalizace je možné provést zadání kapacity vrcholů. Daným vrchem či všemi vrcholy není možný transport většího množství substance, než je povoleno (Huang et al., 2009).

Optimalizační úlohy se dále dělí na podoblasti dle charakteru přípustných řešení na spojitě a diskrétní. Dále se dělí dle účelové funkce, čili za charakteru omezujících podmínek na lineární, kvadratické aj (Anghinolfi et al., 2013).

9.5.1 Lineární optimalizace

Tyto optimalizace jsou spojitě a jejím znakem je konvexita jejich řešení. Lineární optimalizaci lze také nazvat lineárním programováním (Komly et al., 2012). Skládá se z lineárního univerza, omezujících podmínek a lineární účelové funkce, která je vyjádřená rovností či nerovností omezujících podmínek. Řešením je tedy maximalizace či minimalizace dané účelové funkce (Najm and El-Fadel, 2004).

Matematická formalizace lineárního programování

Značení:

Vektor obvykle sloupový \vec{x}

Zřetězení vektorů do jednoho (\vec{x}, \vec{y})

Běžný skalární součin vektorů $\vec{c} \cdot \vec{x}$, pro vektory $\vec{c} = (c_1, \dots, c_k)$, $\vec{x} = (x_1, \dots, x_k)$

Vektorová nerovnost $\vec{c} \leq \vec{x}$, zde je vyjádřená nerovností všech složek vektoru

tj. $x_i \leq c_i$ pro $i=1, \dots, k$.

Běžný maticový součin $A \cdot \vec{x}$ matice s vektorem příslušných rozměrů

Jedná se o nalezení vektoru \vec{x} , který má minimalizovat či maximalizovat skalární $\vec{c} \cdot \vec{x}$ součin za podmínek $A \cdot \vec{x} \leq \vec{b}, \vec{x} \geq \mathbf{0}$

A – matice úlohy,

\vec{b} - vektor pravých stran,

\vec{c} - účelový vektor.

Zkrácený maticový zápis je tedy: $A \cdot \vec{x} \leq \vec{b}, \vec{x} \geq \mathbf{0}$

$$A = (a_{i,j})_{i,j=1}^{m,n}$$

Jedná se o soustavu lineárních nerovností pro

$$a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + \dots + a_{1,n}x_n \leq b_1,$$

...

$$a_{m,1}x_1 + a_{m,2}x_2 + \dots + a_{m,n}x_n \leq b_m,$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq \mathbf{0}.$$

Omezení proměnné jsou složky vektoru \vec{x} a \vec{y} (Hliněný, 2007).

K optimalizaci je možné využít systémové programy. Jedním z nich je i Microsoft Excel. V tomto programu je tedy možné řešit lineární i nelineární optimalizační úlohy (Anghinolfi et al., 2013). Umožňuje nám řešit úlohy s celočíselnými podmínkami. Počet proměnných v matematickém modelu je však v tomto programu omezen horní mezí 200. Dalším limitem je počet omezujících podmínek a to s množstvím 600, přičemž z toho 400 je vymezeno na horní a dolní meze proměnných (Najm and El-Fadel, 2004). Ostatní omezení jsou limitována 200 podmínkami. I přes velké množství omezení lze program Microsoft Excel použít pro optimalizační úlohy (Jablonský, 1998). Tento program je využit pro správu dat a řešení modelů s využitím skriptů v jazyce Visual Basic for Application.

9.5.2 Indexová metoda

Jedná se o metodu, která umožňuje rychlé získání výchozího řešení dopravní úlohy. Optimalitu řešení však nedokáže vždy zaručit (Komly et al., 2012). Předpokladem optimálního řešení je minimalizace, tedy kratší cesty, nízké náklady na přepravu apod. Metoda je tedy velmi prostá, cílem je nejkratší možná trasa při maximálním možném množství daného výrobku (Huang et al., 2009). Toto množství je určeno kapacitou skladu nebo požadavkem odběratele. Jedná se tedy o minimum dvojice hodnot a_i a b_j .

$$\min(c_{ij}) \Rightarrow \max_{\text{možné}} = \min(a_i, b_j)$$

Nalezená hodnota x_{ij} , je rovna přiřazenému transportovanému množství substrátu. Indexová metoda je vhodná pro řešení dopravní úlohy (Botek, 2004)

10 POPIS LOKALITY

Zkoumanou lokalitou je hlavní město Praha, ležící mírně na sever od středu Čech. Nalézá se na řece Vltavě uprostřed Středočeského kraje. Jedná se o nejlidnatější město ČR a 14 největší město Evropské unie. Počet obyvatel čítá 1 245 213 (ČSÚ, 2013). Cizinci zde tvoří cca pětinu počtu obyvatel. Je zde také zaznamenána vysoká míra emigrace i imigrace. Do Prahy také dojíždí velký počet studentů a pracujících.

Rozloha činí 496 km². Na této rozloze se rozprostírá 10 městských obvodů, 22 správních obvodů a 57 městských částí (Hospodářská komora ČR, 2013). V jejím katastrálním území sídlí 12 univerzit.

Vývoj Prahy je dán bohatou minulostí, jedná se tedy o ekonomicky vyspělé město s nadprůměrnou životní úrovní. Nízká míra nezaměstnanosti se pohybuje okolo 1-2%, je zde také zaregistrována vyšší průměrná mzda oproti zbytku republiky (ČSÚ, 2013).

11 ZADÁNÍ

Model čítá 1365 svozových míst, která jsou sjednocena do 100 svozových center a to z důvodu naplnění kapacity sběrných vozidel. Kapacita automobilu je 20 popelnic, průměrná spotřeba vozidel je 23 l/100 km (ČSÚ, 2013). Průměrná cena paliva je 34,25 Kč/l (ČSÚ, 2013). Na obsluhu automobilu jsou potřebné 2 osoby (Pražské služby a.s.) Průměrná mzda je 24 000 Kč (Pražské služby a.s.). Průměrně se sváží gastroodpad 1x týdně (Pražské služby a.s.).

12 METODIKA

Řešení svozu gastroodpadu jako případu dopravní úlohy pomocí GIS se doposud používá velmi zřídka. Nicméně modelování svozu jiných komodit je velmi časté.

Při řešení této úlohy je nutné získání dat potřebných k vyřešení této dopravní úlohy. Pro naši úlohu je nutné získat data o polohách jednotlivých zařízení. Tato data se dále využijí k zanesení do mapového podkladu.

12.1 TVORBA DOPRAVNÍ SÍTĚ

Jako mapový podklad sloužila podrobná síť hlavního města Prahy. Tento mapový podklad bylo nutné rozšířit o silniční síť Středočeského kraje a to z důvodu zanesení poloh zpracovatelů gastroodpadu. V našem případě jak již bylo zmiňováno, se jedná o kompostárny a bioplynové stanice v nejbližším okolí hlavního města Prahy.

Pro zanesení vrstvy silniční sítě byl využit program ArcGIS a aplikace ArcMap. V této aplikaci jsem nejprve sjednotila mapy silničních sítí pro hlavní město Prahu i pro Středočeský kraj. Ke správné aplikaci dopravní úlohy je nutná průjezdná dopravní síť. Jako průjezdnou jí nejprve musí akceptovat program ArcGIS. Průjezdností je chápána návaznost dopravních sítí tak, aby ji jako jednotnou a průjezdnou chápal program ArcGIS. Toho jsem docílila funkcí snapping v aplikaci ArcMap. Touto funkcí jsem propojila a zprůjezdnila obě silniční sítě. Tyto sítě nyní tvoří jednotou silniční síť upravenou pro správnou funkci dopravní úlohy.

12.2 TVORBA SÍTĚ PRODUCENTŮ A PRACOVATELŮ

Další nutnou datovou sadou, kterou bylo nutné získat, je přesná lokalizace producentů a zpracovatelů gastroodpadu. Jako rozhodující faktor zpracovatelů byla využita kilometrová vzdálenost od hranic katastrálního území hlavního města Prahy.

Pro zanesení bodové vrstvy producentů i zpracovatelů gastroodpadu byl využit program ArcGIS a aplikace ArcMap. Jednotlivé body byly zadávány manuálně pomocí funkce add shapefile a její funkce point. Pomocí mapového serveru jsem

zjistila přesnou polohu hledaného producenta či zpracovatele a zanesla jej do mapového podkladu dopravní sítě.

Takto vytvořené jednotlivé vrstvy producentů jsem pomocí funkce merge spojila v jednu vrstvu čítající všechny producenty. Tento postup byl zopakován taktéž pro vrstvu zpracovatelů.

12.3 PROPOJENÍ DATOVÝCH SÍTÍ A OPTIMALIZACE PRŮCHODNOSTI SÍTÍ

Pro správnou funkci modelu je nutné, aby program ArcGIS vnímal body v bodových vrstvách jako součást modelu, tudíž jednotlivé body musí být umístěny („přilepeny“) na linie dopravní sítě. Toho jsem dosáhla využitím funkce snapping v aplikaci ArcMap. Každý jednotlivý bod je nutné samostatně umístit na nejbližší linii dopravní sítě. Nyní mám 3 mapové vrstvy, které jsou vzájemně propojené a ArcGIS je vnímá společně jako jednotnou průchodnou dopravní síť.

12.4 TVORBA A OPTIMALIZACE SÍŤOVÝCH DAT PRO SÍŤOVOU ANALÝZU

K tomu abych mohla využít síťovou analýzu, je nutné vytvořit mapovou vrstvu, která bude kompatibilní s aplikací Network Analyst. K vytvoření této vrstvy jsem využila již dříve vytvořené mapové vrstvy. Pomocí funkce New shapefile jsem vytvořila jednotnou vrstvu, která bude čítat mapovou vrstvu dopravní sítě, dále mapovou vrstvu producentů a i mapovou vrstvu zpracovatelů. Všechny tyto podklady musí i tato aplikace považovat za průjezdné. Toho jsem docílila již v předchozích bodech, zda se to zdařilo, zjistím ve výsledné tabulce a to dle počtu producentů a zpracovatelů. Tabulka musí čítat všechny zadávané producenty i zpracovatele.

12.5 SÍŤOVÁ ANALÝZA

Síťová analýza má mnoho proměnných faktorů, které nám určují výsledek. K našim účelům bylo nutné zjistit jednotlivé vzdálenosti mezi všemi producenty a všemi zpracovateli. Výsledkem je tedy tabulka čítající 2500 buněk se vzdálenostmi. Tyto

vzdálenosti mohou být uvedeny v různých jednotkách, pro naše účely byly nejvhodnější kilometry.

12.6 INDEXOVÁ METODA

Pomocí indexové metody jsem zjišťovala minimální přepravní vzdálenost celé sítě. Dala by se formulovat jako: minimální dráha najetá při přepravě veškeré kapacity všech producentů, k nejbližším zpracovatelům. Toto je však také omezeno kapacitou zpracovatele, jak jsem již zmiňovala v předchozích kapitolách. Vstupními daty pro indexovou metodu byla výsledná tabulka síťové analýzy. Tuto tabulku bylo nutné upravit do požadujícího formátu. Toho jsem docílila v programu Microsoft Excel jednoduchým přesouváním buněk. V prostředí tohoto programu jsem se pohybovala při veškerých výpočtech souvisejících s indexovou metodou.

K řešení indexové metody jsem využila programovací jazyk Visual Basic for Applications, ve kterém jsem zadala potřebné parametry, v našem případě se tedy jednalo o výpočtové vzorce. Tyto jednotlivé vzorce jsou součástí tabulky. Tuto tabulku jsem využila k výpočtu minimální vzdálenosti potřebné k převozu celkové kapacity producentů ke zpracovatelům.

12.7 MOŽNOSTI ÚLOHY

Možností optimalizačního modelu jsou velmi variabilní. Je možné měnit vstupní parametry (např. kapacitu producentů a zpracovatelů), při zachování ostatních parametrů (rozmístění zpracovatelů a producentů).

Dalšími možnostmi je volba kritéria pro optimalizaci což může být vzdálenost, čas, spotřeba vozidla aj.

Také je možné při praktickém řešení využít přednostně nejbližší situované zpracovatele k umístění techniky, tak aby se minimalizovaly náklady na převoz techniky z depa ke zpracovateli.

13 VÝSLEDKY

13.1 TVORBA MODELU

13.1.1 DATA

Prvotní data o lokalizaci a počtu producentů gastroodpadu mi byly poskytnuty Magistrátem hlavního města Prahy.

Data o lokalizaci a počtu zpracovatelů byly nalezeny na oficiálním portálu Národní technologické platformy pro bioplyn (Internet1, 2012) a na portálu Zemědělské ekologické regionální agentury a.s. (Internet2, 2008). Jedná se o veřejné databáze doporučené Ministerstvem Životního prostředí. Veškerá data jsou aktuální k 13. 1. 2012. Zpracovatelé gastroodpadu byli vybráni dle vzdálenosti od katastrálního území hlavního města Prahy. Bylo vybráno 25 nejbližších viz. tabulky 3. a 4.

Tabulka 3. Seznam vybraných kompostáren

Tabulka 4. Seznam vybraných bioplynových stanic

	KOMPOSTARNY
1	Dřevčická Praha 10 Malešice
2	Karlovarská 20 Praha 6
3	Augustinova 2065 Praha 4
4	Sulice, Želicev 190
5	Modletice 104 Říčany u Prahy 25101
6	Libeň 325 Libeň, Psáry
7	nám. TGMasaryka 4 Pyšely 25167
8	Komenského 254 Velké popovice
9	Lišnice u Prahy
10	Chýnice-Tachlovice 25219
11	Třebotov 208/3
12	Dubská 1507, Kladno-dubí 27201
13	Číčovice 25268
14	Libušín
15	Kladno
16	Úholičky 251, Velké Přílepy 25264
17	Unhošť 27351
18	Odolená Voda 20570
19	Sedlčánky 318 Čelákovice 25088

	BIOPLYNOVÉ STANICE
20	Roztoky u Prahy
21	Hodkovice
22	Libeň u Libeře
23	Mořina
24	Chrást
25	Chrástány

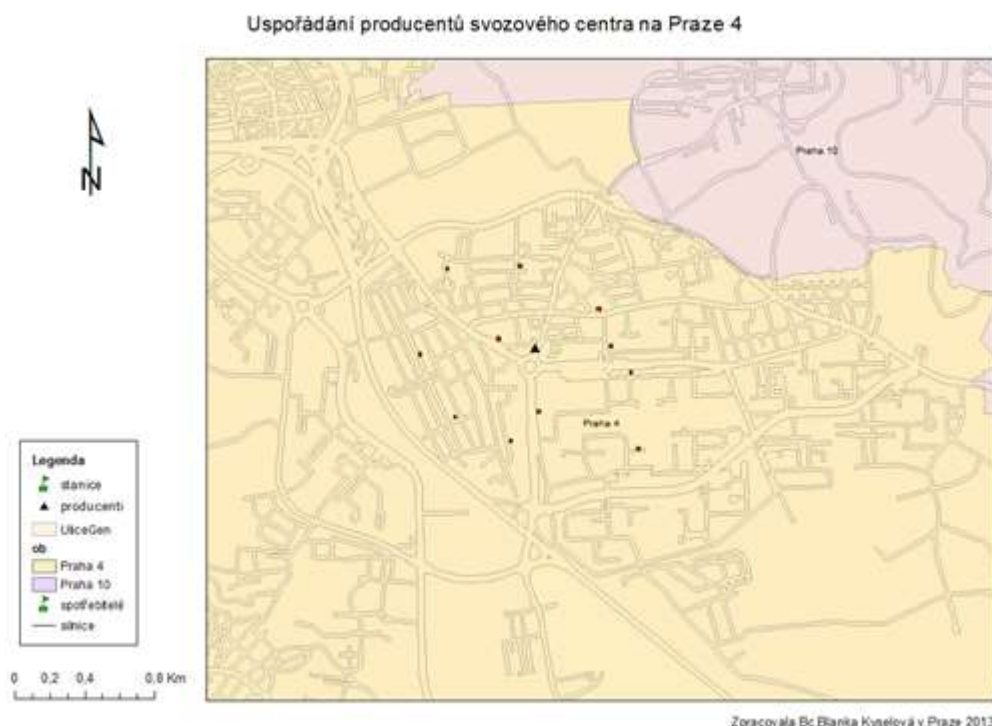
Mapové podklady, které dodal Magistrát hlavního města Prahy, jsou součástí Informačního systému o životním prostředí v Praze. Jedná se především o podkladové mapy hlavního města Prahy a Středočeského kraje.

13.1.2 TVORBA MAPOVÝCH VRSTEV A MAPOVÉ SÍTĚ

Prvním krokem bylo nutné digitální mapové podklady hlavního města Prahy a Středočeského kraje a připravit pro využití v GIS. Toho jsem docílila pomocí programu ArcGIS 10.1 a aplikace ArcMap, v níž jsem mapové podklady načetla a upravila dle odpovídajícího rastru. Mapu jsem upravila pro program ArcGIS pomocí funkce snapping v aplikaci ArcMap.

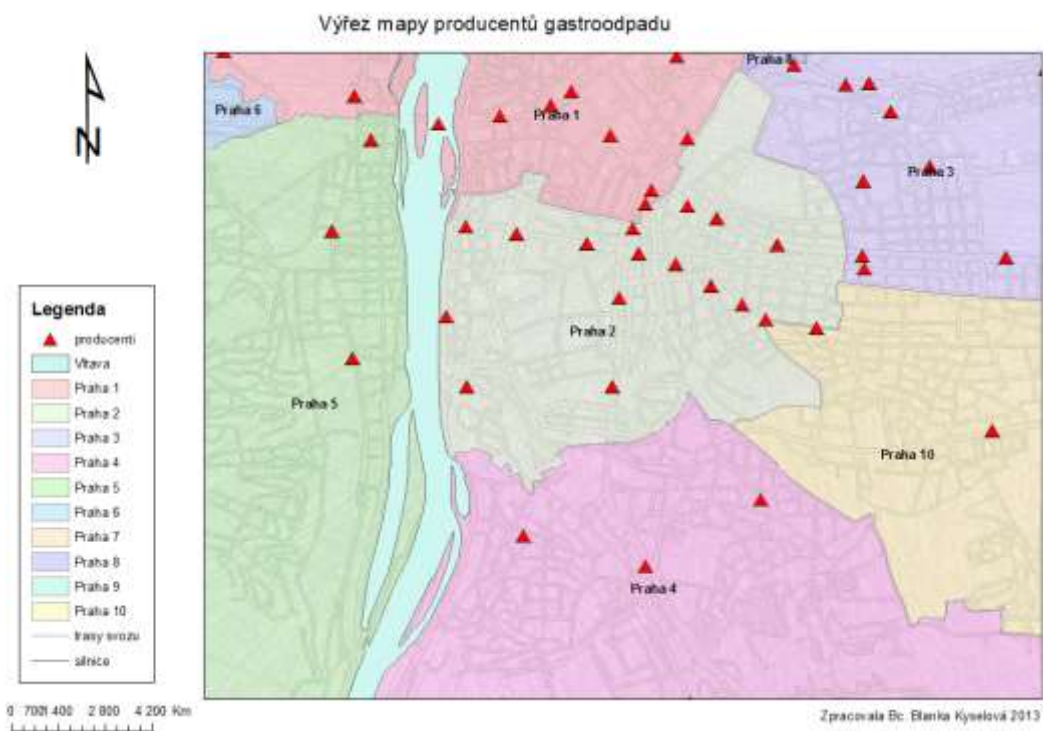
Jednotlivě jsem zadala body producentů, které byly dle polygonů sjednoceny do svozových center.

Obr 8. Uspořádání producentů svozového centra na Praze 4



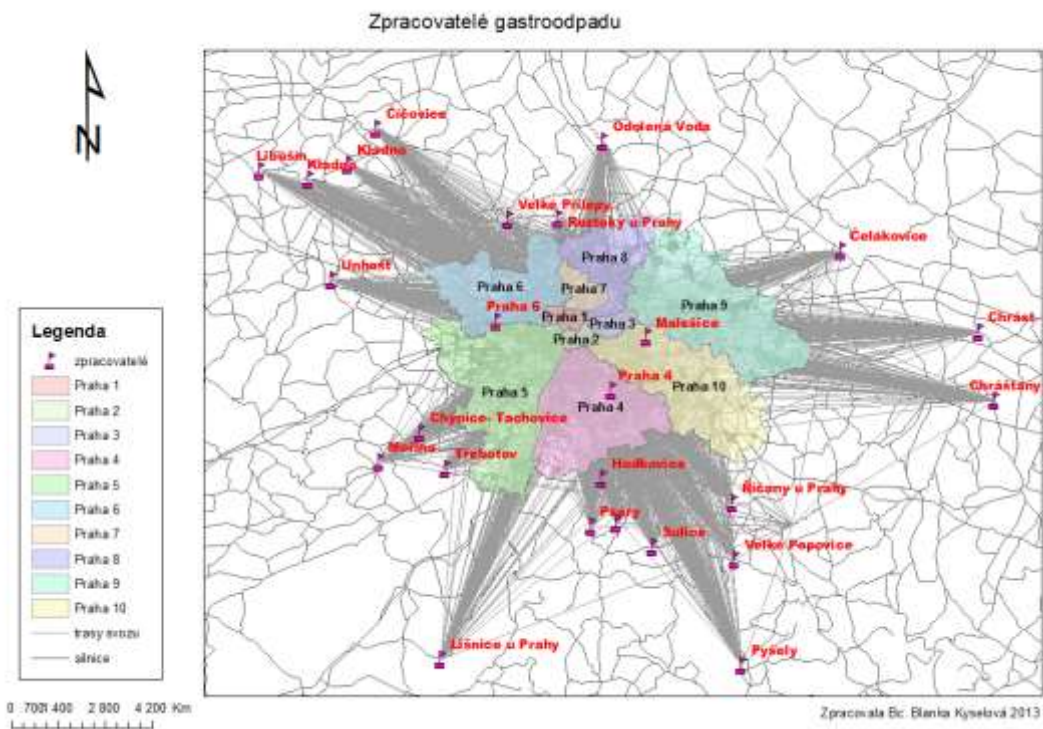
Tato svozová centra čítají maximální počet 20 producentů gastroodpadu, a to především z důvodu kapacity svozového vozu. Množství jednotlivých producentů pro jednotlivá svozová centra jsou uvedena v příloze.

Obr 7. Výřez mapy producentů gastroodpadu



Dále jsem vynesla body zpracovatelů. Jejich lokalizaci jsem provedla dle mapového podkladu uvedeného na výše zmíněných portálech. Kompletní mapa je uvedena v přílohách.

Obr. 9. Zpracovatelé gastroodpadu



Každou bodovou sadu jsem sjednotila do jedné vrstvy pomocí funkce merge.

Nyní tedy máme 3 mapové vrstvy

1. Mapový podklad silniční sítě hlavního města Prahy rozšířen o Středočeský kraj
2. Mapový podklad producentů gastroodpadu, jedná se o svozová centra
3. Mapový podklad zpracovatelů, bioplynových stanic a kompostáren

13.1.3 SÍŤOVÁ ANALÝZA

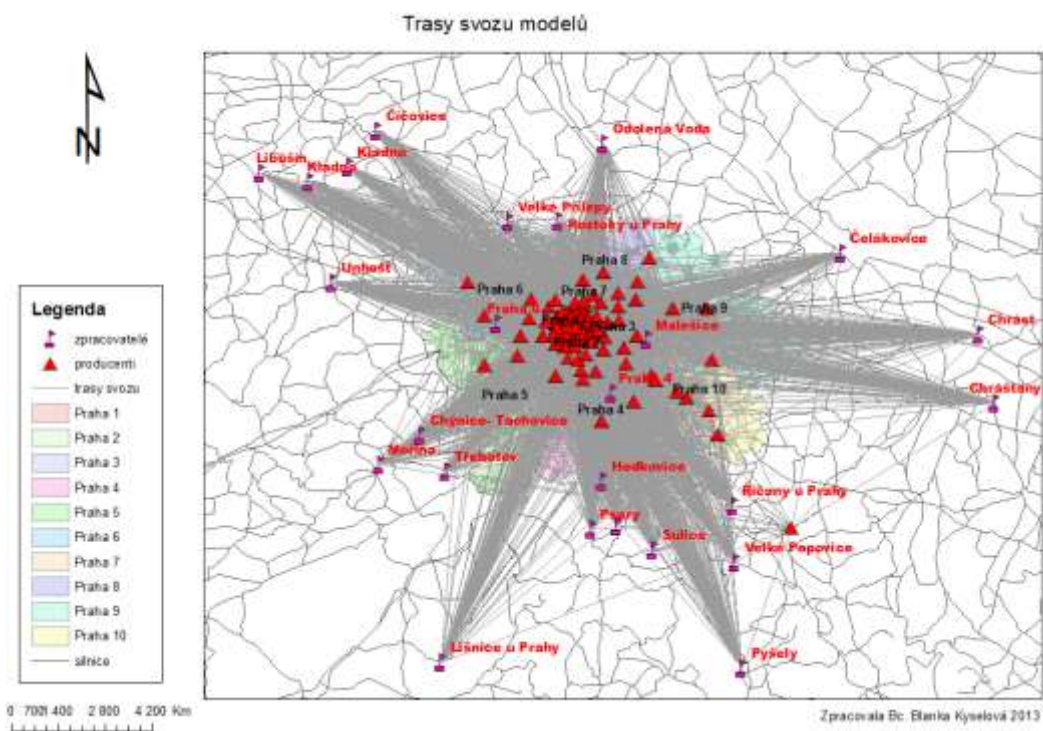
Vytvoření datové sady

Využijeme aplikaci ArcCatalog, ve které povolíme funkci Network Analyst. Data přidáme pomocí funkce Network Dataset, kde nastavíme potřebné funkce. Zadáme počáteční a koncový bod, tyto body obsahují naše datové vrstvy 2. a 3. Také zadáme dopravní síť tedy vrstvu 1. Určíme síťové atributy, výsledné jednotky a zadáme hodnoty podle zdroje jako Constant. Je také nutné nastavit směr jízdy, k tomu využijeme funkci Network Directions Properties. Dále už jen aplikaci necháme vytvořit námi zvolenou síť.

Tvorba modelu

Pomocí aplikace Network Analyst, vytvoříme novou oblast sledování. Do nové oblasti vložíme nově vytvořenou datovou sadu, načteme umístění zpracovatelů i producentů. Nastavíme parametry analýzy, kde zadáme směr jízdy a kilometry jako výslednou jednotku, dále je možné vložit dopravní situaci v dané síti, tu však nemáme k dispozici a nebylo možné tuto informaci pro danou oblast sehnat v odpovídajícím formátu. Proto jsem ponechala síť bez nastavení dopravní situace. Nyní po zadání veškerých parametrů jsem vygenerovala mapu s výslednými vzdálenostmi jednotlivých producentů ke každému zpracovateli. Tyto údaje jsou dostupné v atributové tabulce. V grafickém výstupu se spojnice jeví jako letecké, nicméně jedná se pouze o přehlednost grafického výstupu, vzdálenosti mezi producentem a zpracovatelem jsou vypočteny dle silniční sítě.

Mapa 10. Mapové zobrazení modelu



13.1.4 INDEXOVÁ METODA

Vypočtenou tabulku atributů jsem upravila do požadovaného formátu. S touto tabulkou jsem pracovala dále. Informace z tabulky jsem přeformátovala do následujícího tvaru, viz tabulka 5.

Tabulka 5. Formát vstupní tabulky

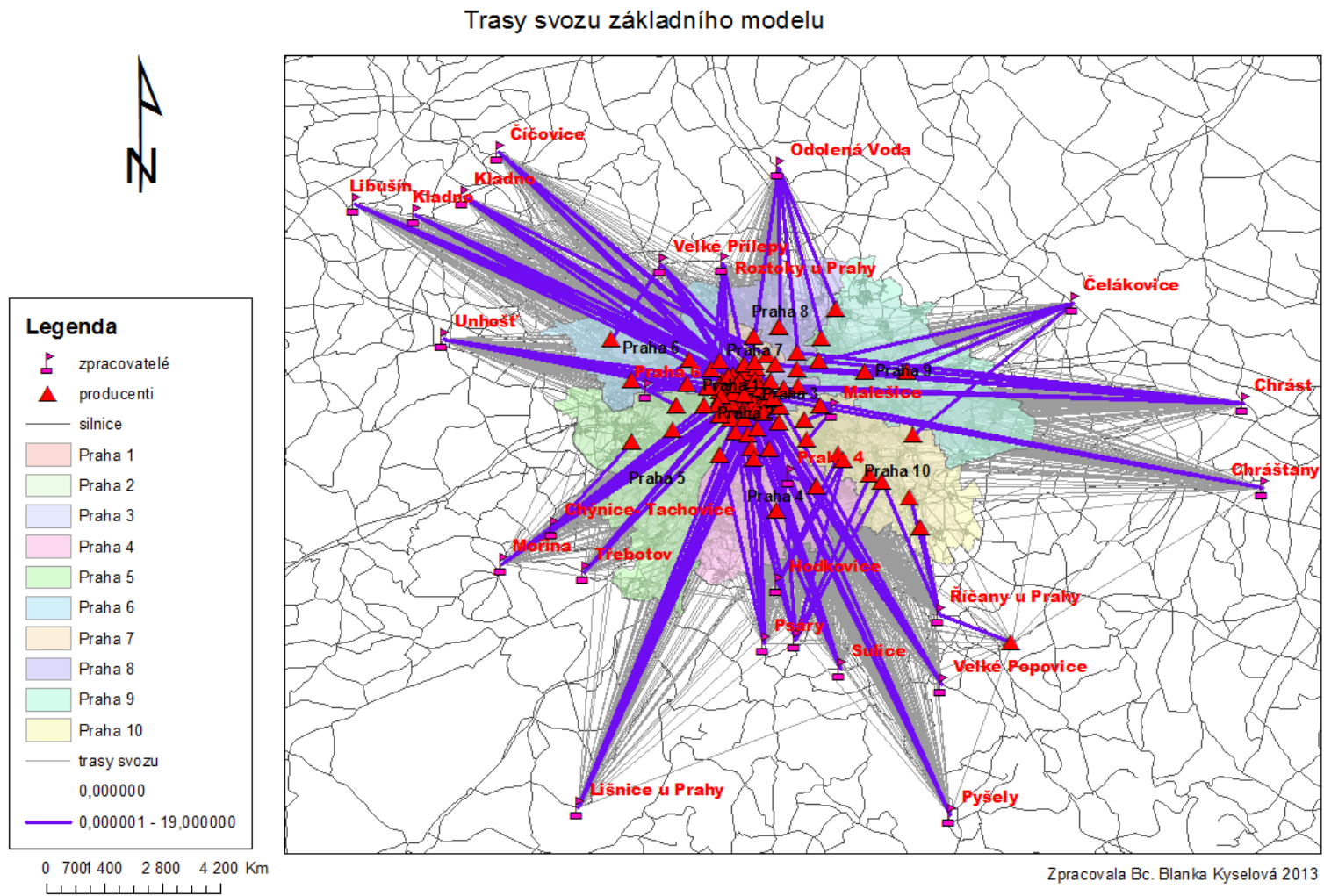
wýsledek	S1	S2	..	S24	S25
	KS1	KS2	..	KS24	KS25
p100	V11	V12	..	V124	V125
KP1	C11	C12	..	C124	V125
P2	V21	V22	..	V224	V225
KP2	C21	C22	..	C224	C225
...
P99	V991	V992	..	V9924	V9925
KP99	C991	C992	..	C9924	C9925
P100	V1001	V1002	..	V10024	V10025
KP100	C1001	C1002	..	C10024	c10025

- S1,...S25 - Jedná se o zpracovatele číslo 1 až 25.
- P1,...P100 - Jde o producenta 1 až 100, blíže tedy o svozové centrum 1 až 100.
- KP1,...KP25 - Jedná se o označení kapacity zpracovatele 1 až 25.
- LZ1,...KZ100 - Jde o označení kapacity producenta 1 až 100.
- V11,...V10025 - Jedná se o vzdálenost mezi producentem a zpracovatelem, tedy V11 je vzdálenost mezi producentem P1 a zpracovatelem S1 a V10025 je vzdálenost mezi producentem P100 a zpracovatelem S25.
- C11,..C10025 - Jedná se o buňky, které nevyplňujeme, do kterých se nám zobrazí počet svážených popelnic, které budou po minimalizaci svážené po dané trase. Tato trasa je označena stejným systémem jako předešlý bod.

13.2 VÝPOČTY

ZÁKLADNÍ MODEL

Obr 11. Trasy svozu základního modelu



13.2.1 VÝPOČET MINIMÁLNÍ VZDÁLENOSTI

Zbylé parametry jsem doplnila, dle modelu a vzorců.

Výpočet kapacity zpracovatelů v modelu

V programu Python jsem zautomatizovala provedení výpočtu dle uvedených vzorců, a nastavení importovala do programu Microsoft Excel. Do této tabulky jsem převedla veškeré potřebné údaje. Výsledný vzhled tabulky je následující.

Tabulka 6. Vzhled tabulky indexové metody základního modelu

28888,3	S1	S2	S3	...	S23	S24	S25
	55	55	55	...	55	55	45
P1	8,8	5,4	9,9	...	23,3	39,4	40,4
12	0	0	0	...	0	0	0
P2	7,2	7,2	8,2	...	23,7	38	38,9
15	0	0	0	...	0	0	0
...
P99	4,9	16,3	5	...	30,9	34	32,7
12	0	0	0	...	0	0	0
P100	7,1	19,6	7,6	...	34	32,4	31
17	0	0	0	...	0	0	0

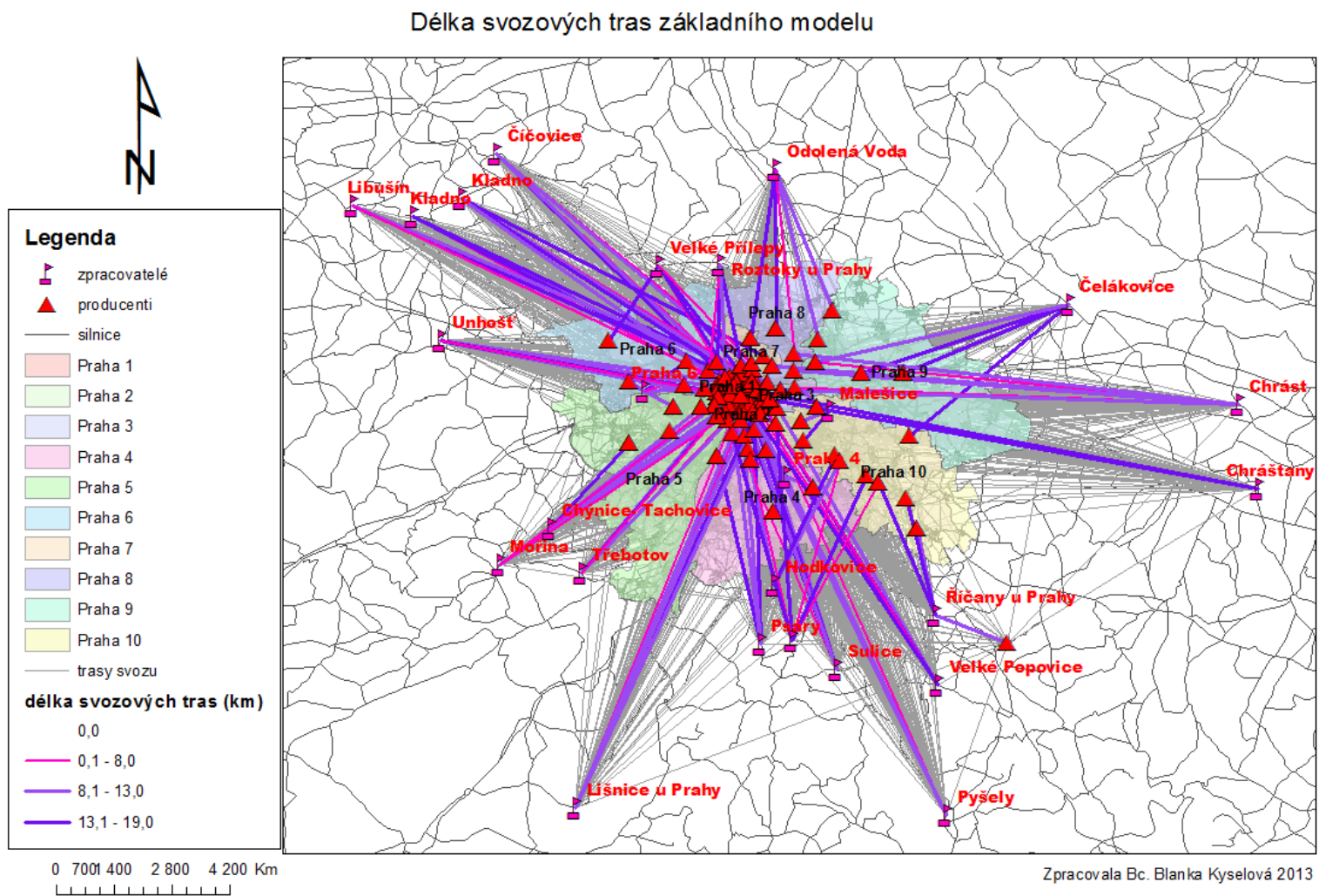
Kompletní tabulka je uvedena v příloze.

Výsledná hodnota 28 888 km je tedy nejnižší možnou variantou pro nastavení tohoto modelu.

$$L_{t,k} = 2 \cdot \sum_{kú} (|m_{kú,k} \cdot c_k^{-1} \cdot l_{kú-cz,k}|) + l_{sú-cz,k} + l_{cz-sú,k}$$

- L_{t,k} - celková délka tras svozu gastroodpadů k za počet týdnů t, zahrnující i zpáteční cesty,
- m_{kú,k} - hmotnost sebraného gastroodpadu k v katastrálním území kú za počet týdnů t,
- c_k - kapacita standardního svozového vozidla pro svoz gastroodpadu k,
- l_{kú-cz,k} - délka trasy svozu gastroodpadu k mezi centrem svozu samostatného katastrálního území a příslušným cílovým zařízením,
- l_{sú-cz,k} - celková délka tras svozu gastroodpadu k spojující všechna centra svozu sloučených území a příslušná cílová zařízení,
- l_{cz-sú,k} - celková délka zpátečních tras svozu gastroodpadu k mezi cílovými zařízeními a prvním centrem svozu sloučených území. (Costi et al., 2004)

Obr 12. Délka svozových tras základního modelu



13.2.2 VÝPOČET MNOŽSTVÍ AUTOMOBILŮ

Množství automobilů potřebného k odvozu gastroodpadu je důležitý ekonomický faktor pro organizaci, která jej hodlá zajišťovat. A to hlavně z důvodů samotného pořízení techniky, tedy svozových vozů. Výpočtový vzorec je tedy

$$N_{t,k} = \sum_{kú} (m_{kú,k} \cdot c_k^{-1} \cdot l_{kú-cz,k}) + N_{sú}$$

$N_{t,k}$ - celkový počet svozů komodity k za počet týdnů t,

$N_{sú}$ - počet sloučených území.

$m_{kú,k}$ - hmotnost sebraného gastroodpadu k v katastrálním území kú za počet týdnů t,

c_k - kapacita standardního svozového vozidla pro svoz gastroodpadu k,

(Costi et al., 2004)

Výsledný počtem aut je tedy 69 automobilů na 1 svoz.

13.2.3 VÝPOČET NÁKLADŮ

Pro výpočet nákladů jsem využila taktéž tabulku pozměněnou o náklady na popelnici. Veškeré nastavení této tabulky bylo provedeno v programu Visual Basic for Application. Využili jsme k tomu vzorce

$$N_{m,celk} = N_{mp} + N_{ma}$$

$$N_{m,celk} = (f \cdot h \cdot N_{t,k}) + (L_{t,k} \cdot (a/100) \cdot b \cdot t)$$

$N_{m,celk}$ - celkové měsíční náklady

$N_{t,k}$ - celkový počet svozů komodity k za počet týdnů t,

$L_{t,k}$ - celková délka tras svozu gastroodpadů k za počet týdnů t, zahrnující i zpáteční cesty,

a - spotřeba vozidla na 100km

b - cena paliva

f - mzda pracovníka

h - počet pracovníků na svozové vozidlo

t - počet svozů do měsíce

Výslednou hodnotou pro toto nastavení modelu je 4 413 tisíc Kč/ měsíc.

13.2.4 DALŠÍ VYPOČTĚNÉ HODNOTY MODELU

Náklady na producenta

$$N_p = N_{celk} / d$$

- N_p - náklady vypočtené na producenta za měsíc
 N_{celk} - celkové měsíční náklady
 d - počet producentů

Výsledkem je tedy 3 233 Kč na jednoho producenta za měsíc.

Náklady na svozový bod

$$N_{sc} = N_{celk} / e$$

- N_{sc} – náklady na svozové centrum za měsíc
 N_{celk} – celkové měsíční náklady
 e – počet svozových center

Výsledkem je 44 138 Kč na svozové centrum za měsíc.

13.2.5 ČASOVÝ PŘEPOČET MODELU

Časový přepočítání vychází ze vzorce na výpočet rychlosti $v = \frac{s}{t}$, kde ze základů fyziky víme, že:

- v – rychlost [km/h]
 s – dráha [km]
 t – čas [h]

Tento výpočet jsem upravila a využila k výpočtu času potřebného ke svozu gastroodpadu ze všech svozových center.

Jednotlivé ujeté vzdálenosti i trasy jednotlivých vozidel nám vygeneroval základní model.

Tyto údaje jsem tedy přepočítala na čas. Při stanovení rychlosti jsem brala v potaz maximální rychlost umožněnou v obci, nutnost uvedení vozidla do klidu při nakládání

nádoby, umístění jednotlivých center a trasu svozu. Při těchto kritériích byla zvolena rychlost 30 km/h.

Jelikož značnou roli při výpočtu času hraje i dopravní situace, byla Praha rozdělena na 3 zóny. Viz Obr 13. Zónového rozdělení hlavního města Prahy.

Každé zóně byl přiřazen koeficient. Tento koeficient slouží k objektivizaci dopravní situace. V našem modelu jím bude vynásoben čas potřebný ke svozu daného bodu v dané zóně.

Obr 13. Zónové rozdělení Prahy



První zóně tedy nejbližce centru byl přiřazen koeficient 2,5. Druhé zóně byl přiřazen koeficient 2 a třetí zóně tedy okrajové byl

$$t = \frac{s}{v} \cdot c \cdot A_b \quad \text{cient 1,5, viz tabulka 7.}$$

Výsledný použitý vzorec má podobu: kde,

- t - je výsledný čas modelu
- s - dráha určená základním modelem
- v - určená rychlost ke svozu
- c - koeficient dopravní situace
- Ab - počet svozových center na jeden svozový automobil

Základní odhad je tedy 138 hodin potřebných ke svozu všech svozových center.

13.2.6 DALŠÍ MOŽNOSTI MODELU

Dále jsem uvažovala, že dopravní situace může být různá, proto jsem vytvořila kromě základního odhadu časové situace také pesimistický odhad scénáře při velmi špatné dopravní situaci, např. dopravní špičce.

Také jsem uvažovala opak, tedy optimistický odhad velmi příznivé dopravní situace. Oba scénáře byly počítány stejným vzorcem jako základní odhad časového scénáře.

Liší se pouze koeficienty dopravní situace, které jsme při pesimistickém odhadu ohodnotili vysokými koeficienty, a při optimistickém odhadu zase nízkými koeficienty dopravní situace viz Tabulka 7.

Tabulka 7. Rozdělení koeficientů dopravní situace

zóna	koeficient dopravní situace		
	optimistický odhad	normální odhad	pesimistický odhad
1	1	1,5	2
2	1,5	2	2,5
3	2	2,5	3

Při optimistickém odhadu dopravní situace je výsledkem 108 hodin potřebných ke svozu všech svozových center.

Při pesimistickém odhadu dopravní situace je výsledek 168 hodin potřebných ke svozu všech svozových center.

Rozdíl mezi těmito hodnotami je značný, což poukazuje na skutečnost, že dopravní situace významně ovlivňuje celkový čas potřebný ke svozu gastroodpadu.

Vzhledem k tomu, že časový přepočít má více ovlivňujících faktorů, jedná se tedy o hrubý odhad. Koeficienty je možné v modelu změnit bez nutnosti tvorby modelu nového.

MODEL MINIMALIZACE

13.3 MINIMALIZACE NÁKLADŮ

Možností jak minimalizovat počet najetých km a tím i náklady na svoz, nebo i časové zatížení je velké množství.

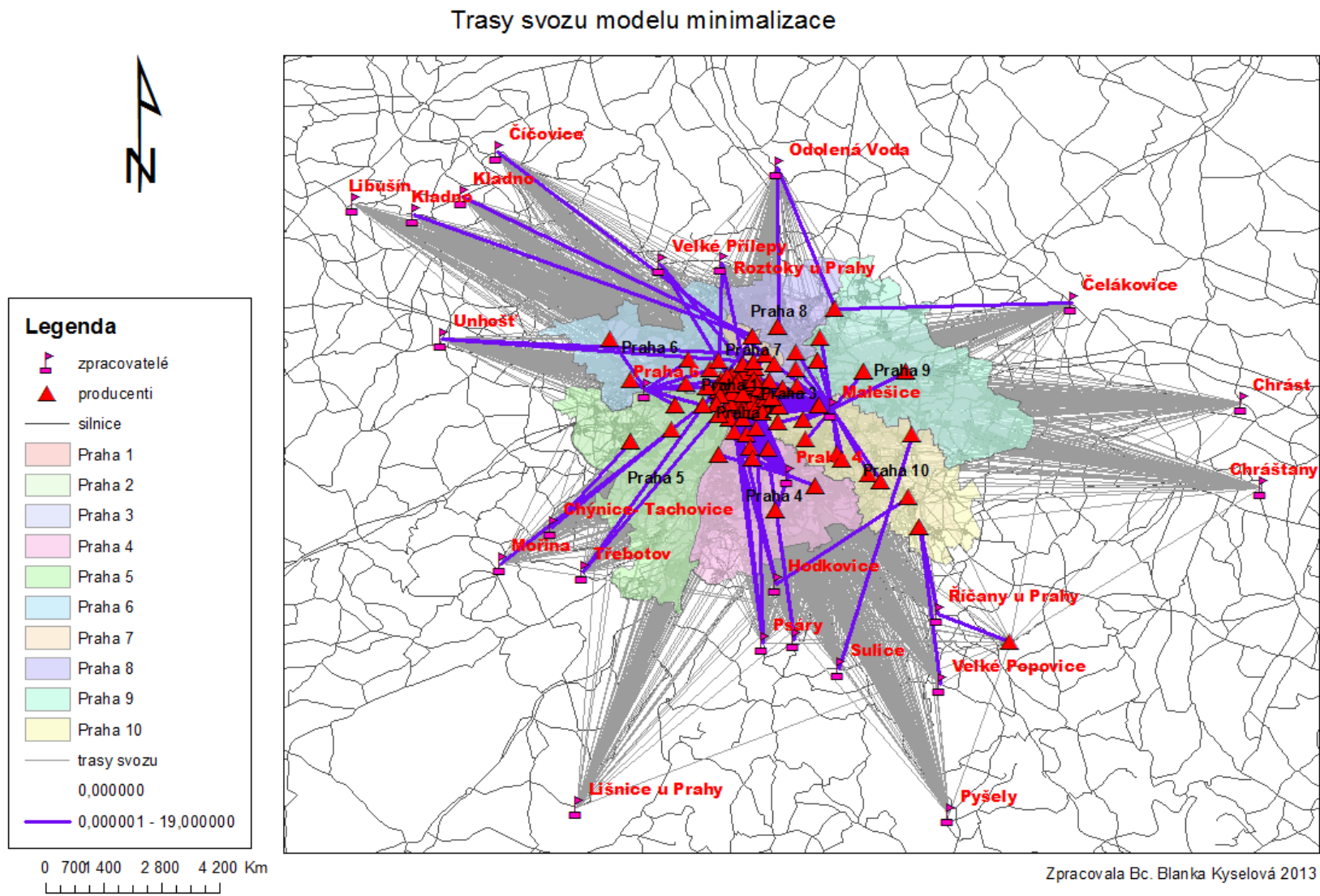
Jako první varianta se nabízí navrhnutí dalšího zpracovatelského bodu. Lokalit vhodných pro výstavbu nové bioplynové stanice, či kompostárny je mnoho. Ideální by bylo vybrat lokalitu, která by svou krátkou vzdáleností vyhovovala většině producentů. Lokalizace tohoto bodu by tedy musela být v blízkosti centra města. Z hygienických, stavebních a mnoha dalších hledisek je to velmi obtížné.

Tento způsob snížení nákladů je možný, avšak pokusili jsme se nalézt způsob jednodušší a méně náročný.

13.3.1 ZMĚNA KAPACITY

Další velmi vhodnou možností je změna kapacit jednotlivých zpracovatelů. Jelikož se nejedná o umístění nové stavby mnoho náročných úkonů ať už administrativních či technických tímto mizí. Při navýšení kapacity se jedná sice o technický zásah, nicméně není v takovém rozsahu jako by bylo umístění nové stavby. Při změně kapacity se model výrazně změní, což znázorňuje Obr 14., na které jsou znázorněny změny ve svozových trasách.

Obr 14. Trasy svozu modelu minimalizace



13.3.2 NOVÉ USPOŘÁDÁNÍ MODELU

Při zadávání nových kapacit zpracovatelů jsme vycházeli z tabulky 8.

Tabulka 8. Základní vstupní údaje modelu minimalizace.

základní údaje kompostárna Malešice			
	množství	jednotky	zdroj
nádoba	120	l	Pražské služby a.s
celk množství bioodpadu	5800	t/rok	Databáze kompostaren 8.2.2013
1m3	1000	l	
m3 bioodpadu	0,7	l	Envigroup s.r.o.
množství kuchyňského odpadu v bioodpadech	61	%	Krajská koncepce hospodaření s odpady 2001

Nyní bylo nutné vypočítat nynější kapacitu Kompostárny Malešice. Jelikož je tento zpracovatel nejbližší, jeho kapacita pro nás bude velmi zásadní.

Nynější maximální kapacita byla spočítána

Kde,
$$M_b = C_b / T_r \cdot K_b$$

M_b - Maximální týdenní kapacita Kompostárny Malešice

C_b - maximální množství bioodpadu za rok

T_r - počet týdnů v roce

K_b - procentuální množství gastroodpadu ve sváženém bioodpadu

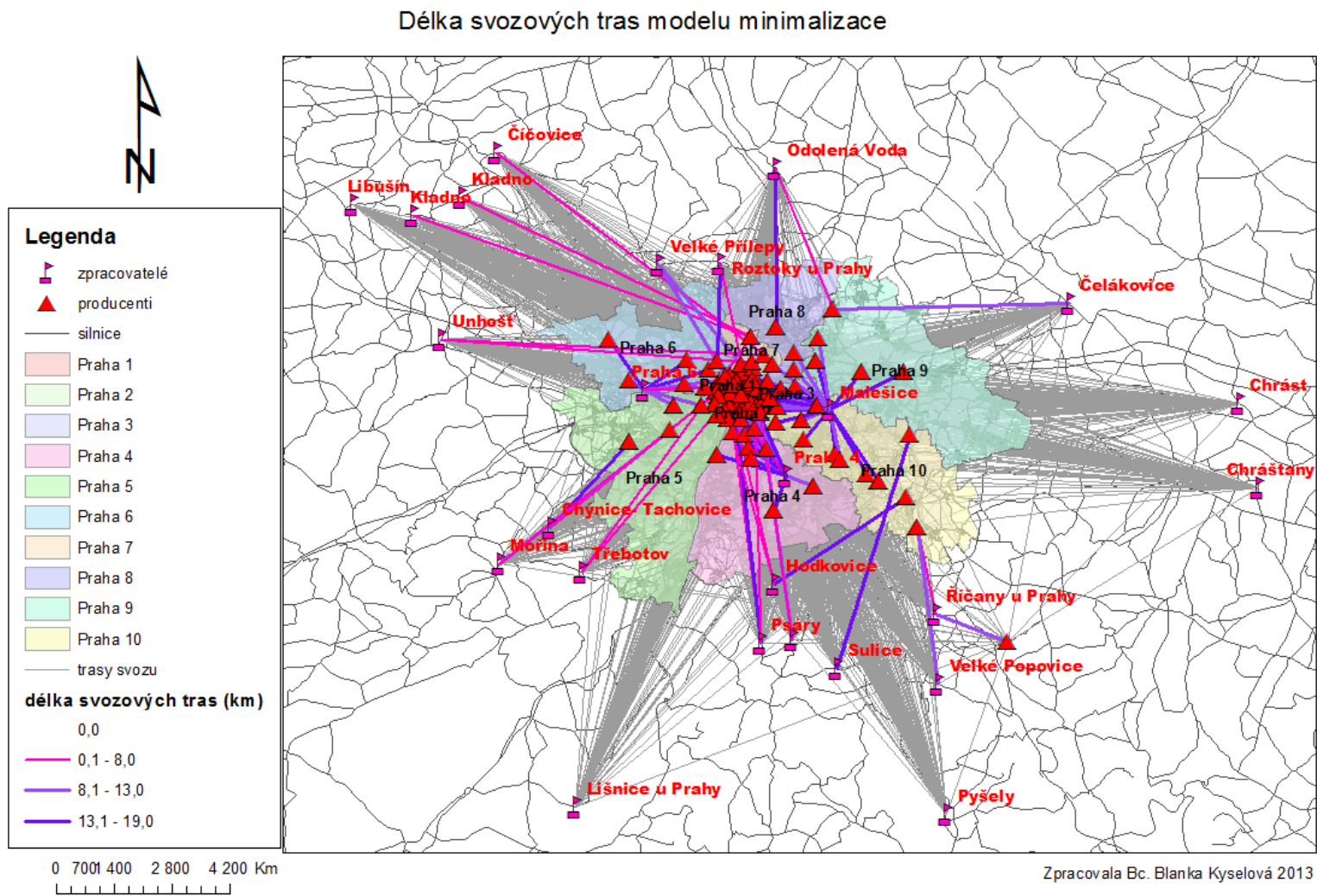
Maximální kapacita je 68t gastroodpadu za týden.

Pokud zvýšíme kapacitu tohoto zpracovatele desetinásobně na 680t a nastavíme kapacitu kompostáren na adresách Karlovarská 20 Praha 6 na 114 tun/ týden a Augustinova 2065 Praha 4 na 315 tun/týden, významně se sníží zkoumané hodnoty.

13.3.3 VÝPOČET MINIMÁLNÍ VZDÁLENOSTI

Ujetá vzdálenost bude 11 634 km.

Obr 15. Délka svozových tras modelu minimalizace



13.3.4 VÝPOČET MNOŽSTVÍ AUTOMOBILŮ

Tento propoččet se odvíjí od množství odpadů a kapacity automobilu, proto hodnota zůstává 69 vozidel.

13.3.5 VÝPOČET NÁKLADŮ

Celkové náklady se snížily na 3 770 tisíc Kč.

13.3.6 DALŠÍ VYPOČTENÉ HODNOTY

Náklady na producenta byly vyčísleny na 2 762 Kč.

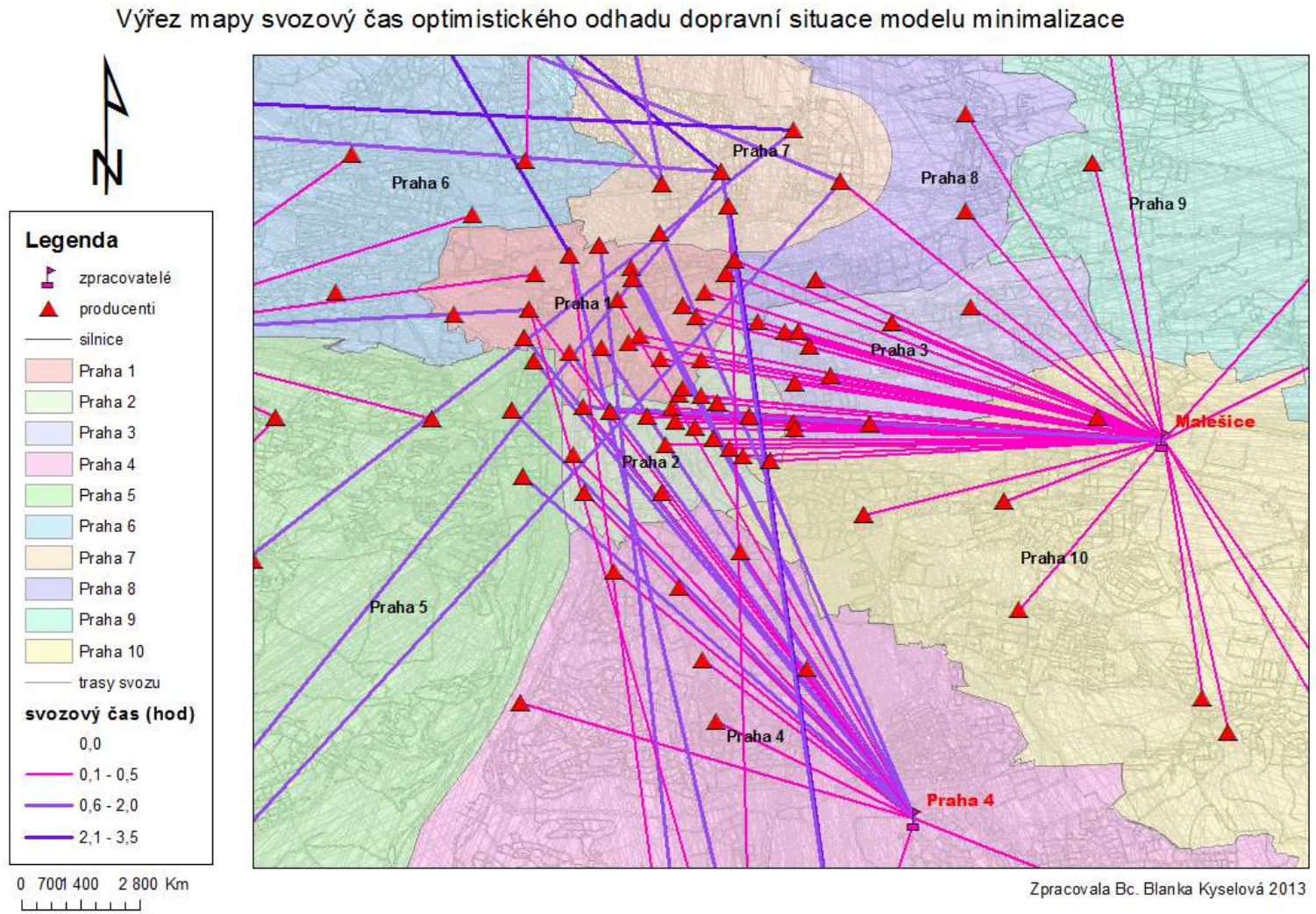
Náklady na svozové centrum byly vyčísleny na 37 702 Kč

13.3.7 ČASOVÝ PŘEPOČET MODELU

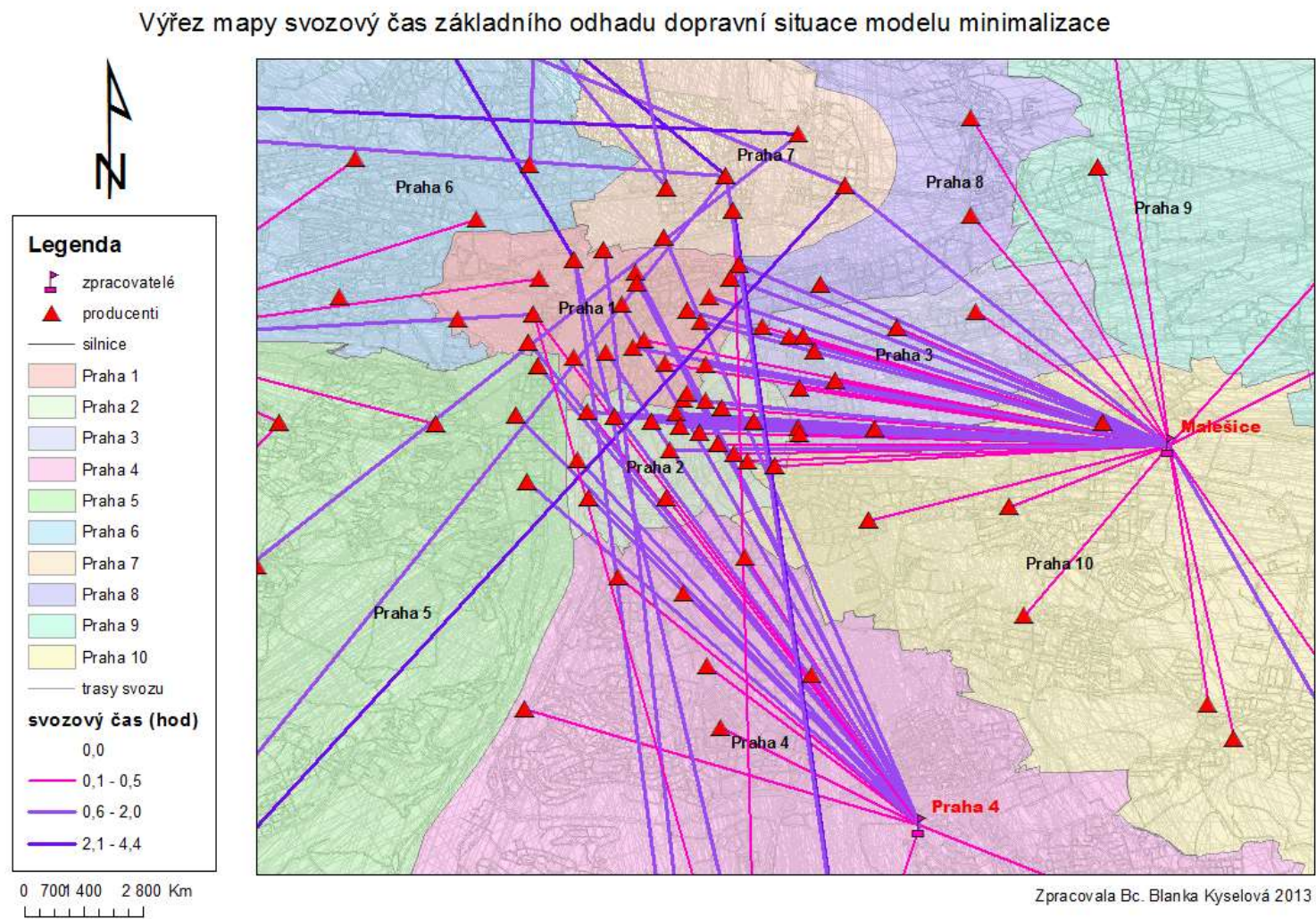
Celkový přepoččet časového rozvržení se taktéž snížil. Při shodných koeficientech dopravní situace se základním modelem je výsledný základní odhad času modelu minimalizace 73 hodin. Čas potřebný k tomuto svozu byl vypočten na 57 hodin za optimistického odhadu dopravní situace. Čas při pesimistickém odhadu dopravní situaci je 90 hodin.

Kompletní mapy jsou uvedeny v příloze.

Obr 16. Výřez mapy svozový čas optimistického odhadu dopravní situace modelu minimalizace

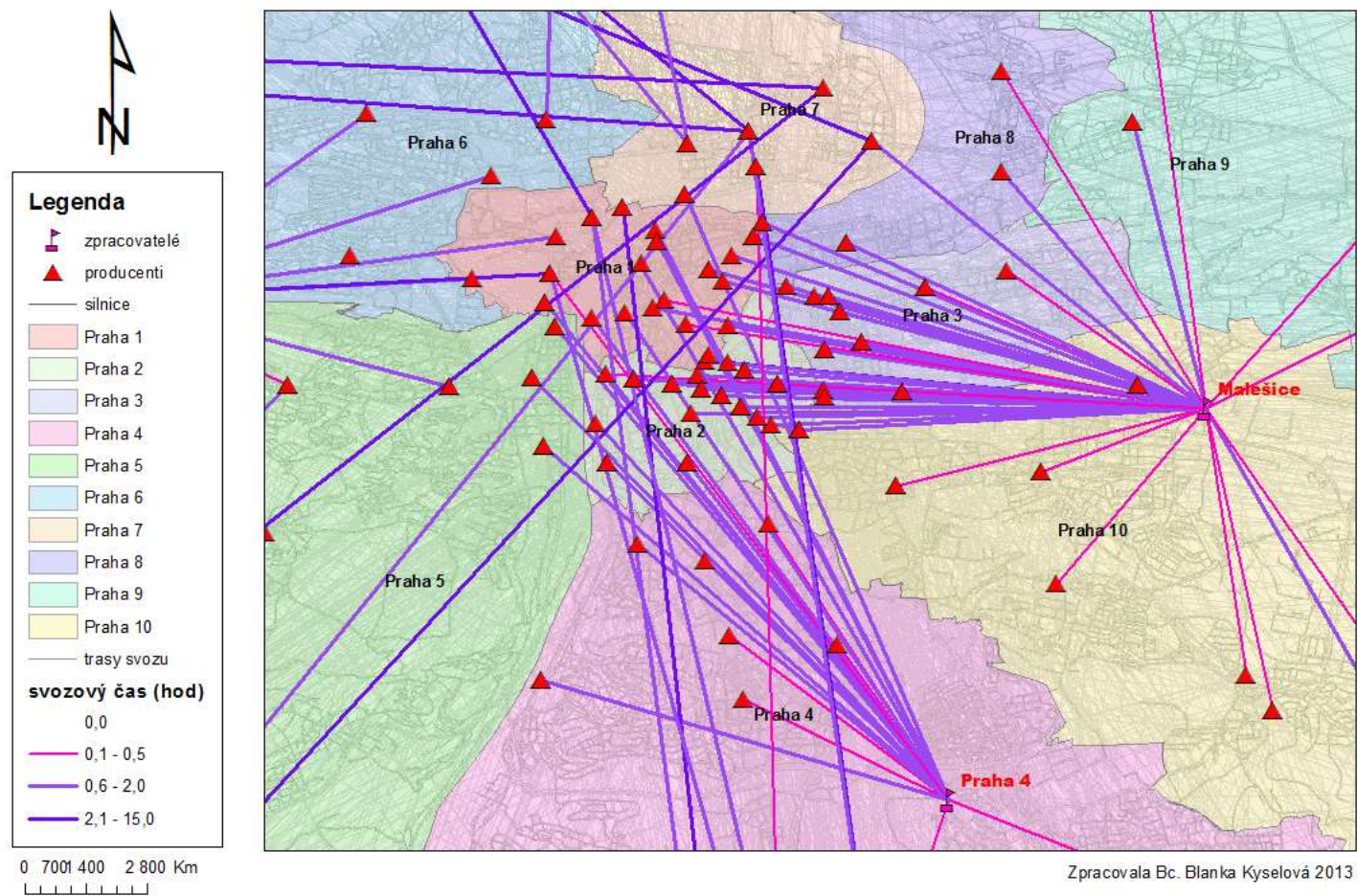


Obr 17. Výřez mapy svozový čas základního odhadu dopravní situace modelu minimalizace



Obr 18. Výřez mapy svozový čas pesimistického odhadu dopravní situace modelu minimalizace

Výřez mapy svozový čas pesimistického odhadu dopravní situace modelu minimalizace



13.3.8 Porovnání modelů

Pokud porovnáme výsledné hodnoty obou modelů, zjistíme, že model minimalizace je úspornější, co se týče všech počítaných hodnot. Viz tabulka 9.

Tabulka 9. Výsledné hodnoty obou modelů

výpočty	model		jednotky
	základní	minimalizace	
minimální vzdálenost	28 888	11 635	km
počet automobilů	69	69	ks
celkové měsíční náklady	4 413 tisíc	3 770 tisíc	Kč
náklady na producenta za měsíc	3 234	2 762	Kč
náklady na svozové centrum	44 138	37 702	Kč
časový přepoččet	optimisticky odhad	108	57 hod
	základní odhad	138	73 hod
	pesimistický odhad	168	90 hod

14 Diskuse

Využití GIS při modelování svozu gastroodpadu není veřejně publikováno, nicméně v jiných oblastech (např. svozu tříděného či komunálního odpadu) je tento způsob využití často zaznamenán. Podobná řešení můžeme nalézt v pracích Anghinolfi D. (2013), Zhanng. et al (2011) , Zamorano et al. (2009), Perpiñá et al. (2009), Simonetto, Borenstein (2007), Ghose et al. (2006) a Teixeira et al. (2004).

Optimalizační metodu spolu se systémem Arc GIS od firmy Esri ve svých pracích využívali i studenti jmenovitě Chvojková (2002) diplomová práce, Jiříčková (2010) a mnoho dalších prací se připravuje.

Různé modely se stejnou tematikou se mohou zabývat primárně jinými cíli. Kromě vlastního určení tras je možné se věnovat umístováním nádob (Zamorano et al, 2009; Ghose et al., 2006) či umístování jednotlivých zařízení (Perpiñá et al., 2009). Rozmístění zdrojů i zpracovatelů je v této práci zadáno, proto je možné aplikovat je na současnou situaci.

Další možnosti projektu při modelování svozu odpadu je možný výpočet hmotnosti odpadu v určité oblasti (Teixeira et al., 2004).

Při svozu gastroodpadu byly využito seskupení nádob na základě geometrického středu, který byl využit v práci Teixeira et al. (2004), Gillet and Miller (1974), Simonetto and Borenstein (2007). Při aplikaci této metody došlo ke ztrátě informace o počtu kilometrů najetých v rámci uskupení nádob. Toto však na optimalizační metodu a případové studie nemá žádný vliv. Zamorano et al. (2009) využil program ArcGIS a jeho funkci Service Area ke studii rozmístění odpadkových košů vzhledem k hustotě obyvatel.

Pro zjištění počtu automobilů jsme dle prací Costi et al., (2004); Perpiñá et al. (2009), využili stejnou metodu, avšak pro zpřesnění jsme místo ročního intervalu využili týdenní interval. Frekvence svozu je dána kapacitou vozidla, optimalizace byla provedena v závislosti na vzdálenosti Diaz a Warith (2006). Při svozu gastroodpadu se nebere v úvahu množství odpadu v nádobě a to z důvodu, že nádoba je svážená i

pokud není zcela plná a to výměnným systémem. Tento systém plnou nádobu vymění za prázdnou, nikoli vyvezením ale přivezením čisté nádoby.

Program ArcGIS je velmi často využívaný software je možné jej využít k nalezení cesty Zamorano et al. (2009) funkcí New Route, či funkcí OD Cost Matrix Perpiňá et al. (2009).

Vytvořený model je velmi univerzální, je možné libovolně měnit vstupní údaje dle potřeby či skutečnosti. Tento model byl ověřen na území hlavního města Prahy, kde se ukázal jako velmi praktický. Tím to způsobem je možné zefektivnit svoz gastroodpadu a také snížit náklady na přepravu tohoto druhu odpadu a tím omezit druhotná znečištění.

Z vypočtených hodnot přepravní vzdálenosti jsou možné další studie či přepočty na spotřebu paliva, emisí či přepočet času potřebného ke svozu gastroodpadu a to lineárními závislostmi, které jsou popsány v pracích Sonneson et al. (2000), resp. Tanskanen (2000) .

V této práci byl vyžit časový přepočet přepravní vzdálenosti.

Z tabulky 24. je velmi dobře zřetelné, že minimální ujetá vzdálenost se z 28 888 km snížila na 11 634 km. Vypočtená hodnota minimální vzdálenosti modelu minimalizace je o 17 253 km nižší. Což se promítne nejen do spotřeby paliva, ale i do času, který je potřeba ke svozu.

Tyto hodnoty časového přepočtu jsou oproti základnímu modelu cca poloviční. Při optimistickém odhadu se čas potřebný ke svozu snížil o 47 %. Při základním odhadu se čas potřebný ke svozu snížil o 46%, Při pesimistickém odhadu se tento čas snížil o 46%.

Počet automobilů je odvozen od objemu sváženého odpadu a kapacity automobilů, proto je počet automobilů stejný. Tyto hodnoty totiž zůstaly totožné.

V doplňujících výpočtech je finanční rozdíl také značný. Při výpočtu nákladů na producenta za měsíc se finance v modelu minimalizace snížily o 471 Kč, rozdíl 6435 Kč byl zaznamenán i u finanční hodnoty nákladů na svozové centrum.

Při porovnání celkových měsíčních nákladů byl finanční rozdíl překvapující ze 4 413 tisíc Kč na 3 770 tisíc rozdíl je 653 tisíc Kč. Celkově se tedy náklady snížily o 14%.

Tyto ušetřené náklady mohou být dále investovány do modernizace technologie svozu, např. modernizaci automobilů, které mohou dále snížit náklady např. na spotřebu vozidla a tím opět napomoci ke snížení celkových nákladů. Či mohou být využity k rozvoji nových svozových technologií. Všechny snahy o minimalizaci nákladů vedou k úspěšnému snížení dopadu na životní prostředí. Nejpřímějším ukazatelem je spotřeba paliva a produkce výfukových plynů, které se snížením spotřeby paliva můžeme výrazně ovlivnit.

Tento typ modelu je možné převést do GPS zařízení jako je např. navigace a může sloužit k navigaci obsluhy, tak i k její kontrole.

15 ZÁVĚR

Model svozu gastroodpadu je velmi variabilní, je možné do něj zadat jiná vstupní data a model jej přepočítá. Také je možné v rámci modelu měnit jednotlivá nastavení i kapacity producentů či zpracovatelů. Pokud máme podklady, je možné do modelu zanást i dopravní situaci jako jsou jednosměrky či jiné dopravní situace.

Model byl navržen tak, aby bylo možné do jeho údajů volně vstupovat a měnit je dle situace, která nastane. Tento druh modelu se velmi často vyskytuje ve velkých městech, čítající větší množství obyvatel. Týkat by se tedy mohl krajských a hlavních měst celého světa.

I přes složité politické situace měst je možné model využít v rámci svozové firmy pro snížení nákladů na svoz.

Dále je možné poznatky z modelu využít k zpřesnění sítě a jejímu přenesení do přístrojů GPS, který usnadní obsluhu svozu a majitelům ušetří potřebné peníze. Dále je možné díky tomuto spojení nalézt skuliny ve svozovém systému a napravit je.

Hlavním závěrem je tedy minimalizace nákladů, najetých km, času potřebného ke svozu aj.

16 LITERATURA

ANGHINOLFI, Davide, Massimo PAOLUCCI, Michela ROBBA a Angela Celeste TARAMASSOU. A dynamic optimization model for solid waste recycling. A dynamic optimization model for solid waste recycling. 2013, č. 33. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X12004680>

ARAGO´ N-CORREA, Juan Alberto a Enrique A. RUBIO-LO´PEZ. Proactive Corporate Environmental Strategies: Myths and Misunderstandings. Long Range Planning. 2007, č. 40. DOI: 10.1016/j.lrp.2007.02.008. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024630107000106>

BAETZ, Brian W., Eric I. PAS a P.Aarne VESILIND. Planning hazardous waste reduction and treatment strategies: An optimization approach. Planning hazardous waste reduction and treatment strat. 1989, č. 7. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0734242X89900608>

BAREAA, A. Gómez a B. LECKNERB. Modeling of biomass gasification in fluidized bed. Modeling of biomass gasification in fluidized bed. 2010, č. 36. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128509000707>

BARLISHEN, K.D., BAETZ, B.W., Development of a decision support system for municipal solid waste management systems planning. Waste Management and Research, 1996, č. 14, 71–86.

BASU, Prabir. *Biomass gasification and pyrolysis: practical design and theory*. Burlington, MA: Academic Press, 2010. ISBN 01-237-4988-3.

BERNARD-MICHEL, B., MN PONS H. VIVIER. Kvantifikace, analýzou obrazu, účinku provozních podmínek na velikosti a tvaru vysráženého síranu barnatého. Kvantifikace, analýzou obrazu, účinku provozních podmínek na velikosti a tvaru vysráženého síranu barnatého . 2002, č.. 87. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894701002121>

BOTEK, M. Sběrka příkladů z inženýrské ekonomiky a managementu. 2. přepr. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2004, 142 s. ISBN 80-708-0544-7.

BROWN, Robert C a Christian STEVENS. *Thermochemical processing of biomass: conversion into fuels, chemicals and power*. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley, 2011, xiv, 330 p. Wiley series in renewable resources. ISBN 0470721111.

BUEKENS, Alfons. *Incineration technologies*. New York: Springer, 2012, p. cm. ISBN 978-146-1457-510.

CARUANA, Daniel J a Amanda E OLSEN. *Anaerobic digestion: processes, products, and applications*. New York: Nova Science Publishers, 2012, xii, 185 p. Environmental science, engineering and technology series. ISBN 16-132-4420-7.

COSTI, P., Minciardi, R., Robba, M., Rovatti, M., Sacile, R. (2004) An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management. *Waste Management* 24: 277-295.

Costi, P., Minciardi, R., Robba, M., Rovatti, M., Sacile, R. (2004) An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management. *Waste Management* 24: 277-295.

ČSÚ. Pohyb obyvatelstva v hlavním městě Praze v roce 2012. Pohyb obyvatelstva v hlavním městě Praze v roce 2012 [online]. 14.3.2013 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: http://www.czso.cz/xa/redakce.nsf/i/pohyb_obyvatelstva_v_hlavnim_meste_praze_v_roce_2012

DAHLQUIST, Erik. *Technologies for Converting Biomass to Useful Energy*. CRC Pr I Llc, 2013. ISBN 04-156-2088-0.

DANTUS, Mauricio M. a Karen A. VYSOKÁ. Evaluation of waste minimization alternatives under uncertainty: a multiobjective optimization approach. *Evaluation of waste minimization alternatives under uncertainty: a multiobjective optimization approach*. 1999, č. 23. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135499003075>

DAVIS, Scott. *GIS for web developers: adding where to your web applications*. Raleigh, NC: Pragmatic Bookshelf, 2007, xiii, 254 p. ISBN 978-097-4514-093.

DIAZ, Luis F. *Composting and recycling municipal solid waste*. Boca Raton: Lewis Publishers, c1993, 296 p. ISBN 08-737-1563-2.

DIAZ, R., Warith, M. (2006) Life-cycle assessment of municipal solid wastes: Development of the WASTED model. *Waste Management* 26: 886-901.

DR. TIM EVANS MS PHD CCHEM CENV FCIWEM MRSC. TIM EVANS ENVIRONMENT. Environmental impact study of food waste disposers: The County Surveyors' Society and Herefordshire council and Worcestershire county council. Herefordshire, Worcestershire county, 2007.

Duchovní C. Westa, Russell L. Ackoff a E. L. Arnoff, *Introduction to operations research*, New York: J. Wiley a Sons, 1957

EDWARDS, Clive A., Norman Q. ARANCON a Rhonda L. SHERMAN. *Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. ISBN 1439809879.

EPSTEIN, Eliot. *Industrial composting: environmental engineering and facilities management*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2001. ISBN 14-398-4531-X.

ESRI. What's new in ArcGIS 10.1 [online]. 2012 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: http://resources.arcgis.com/en/help/pdf/whats_new_in_arcgis.pdf

ESRI. What's New in ArcGIS 9.2 [online]. 2006 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/pdf/whats_new_in_arcgis_92.pdf

EUROPEAN COMMISSION ENVIRONMENT DG. Preparing a Waste Management Plan: A methodical guidance note. 2003, s. 53.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Biodegradable municipal waste management in Europe. 2002.

FERRER, G., AYRES, R.U., The impact of the remanufacturing on the economy. *Ecological Economics*, 2000, č. 32, 413–429.

GARCIA, Humberto E. Operational analysis and improvement of a spent nuclear fuel handling and treatment facility using discrete event simulation. *Operational analysis and improvement of a spent nuclear fuel handling and treatment facility using discrete event simulation*. 2000, č. 38. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835200000395>

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS [online]. [cit. 2013-01-23]. DOI: 9813445. Dostupné z: <http://www.ncsr.org/documents/GeographicInformationSystems.pdf>

GERARDI, Michael H. *The microbiology of anaerobic digesters*. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, c2003, ix, 177 p. ISBN 04-712-0693-8.

GH HUANG, HW Lu a L. On GM ZENG. An inexact dynamic optimization model for municipal solid waste management in association with greenhouse gas emission control. *An inexact dynamic optimization model for municipal solid waste management in association with greenhouse gas emission control*. 2009, č. 99. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479707003878>

GHOSE, M.K., Dikshit, A.K., Sharma, S.K. (2006) A GIS based transportation model for solid waste disposal - A case study on Asansol municipality. *Waste Management* 26: 1287-1293.

GILLET, Billy E. a Leland R. MILLER. A Heuristic Algorithm for the Vehicle-Dispatch Problem. A Heuristic Algorithm for the Vehicle-Dispatch Problem. 1974, č. 2. Dostupné z: http://opres.highwire.org/content/22/2/340.abstract?ijkey=61a1f1bdb0cc8eeaceca4fadee36b74261c0ecb9&keytype2=tf_ipsecsha

HALUZA, Miroslav a Jan MACHÁČEK. Využití multikriteriální analýzy (MCA) pro hodnocení inteligentních elektroinstalací. In: Využití multikriteriální analýzy (MCA) pro hodnocení inteligentních elektroinstalací [online]. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně, 2011, 14.7.2011 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/7651-vyuziti-multikriterialni-analyzy-mca-pro-hodnoceni-inteligentnich-elektroinstalaci>

HEJÁTKOVÁ, Květuše. Kompostování přebytečné travní biomasy: metodická pomůcka. Vyd. 1. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007, 74 s. ISBN 978-80-903548-6-9.

HESTER, R.E. a R.M. HARRI. *Waste incineration and the environment*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1994, x, 158 s. ISBN 08-540-4205-9.

HIGMAN, Chris a Maarten van der BURGT. *Gasification*. 2nd ed. Boston: Gulf Professional Pub./Elsevier Science, 2008, xvi, 435 p. ISBN 07-506-8528-X.

HLINĚNÝ, Petr Doc. RNDr. PhD. Optimalizační Úlohy (FI: IA102). Brno, 2007. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/~hlineny/Teaching/OU/OU-text07.pdf>. Univerzita Masarykova.

HOCKETT, D., LOBER, D.J., PILGRIM, K., Determinants of per capita municipal solid waste generation in the South Eastern United States. *Journal of Environmental Management*, 1995, č. 45, 205–217.

HOKKANEN, Joonas a Pekka SALMINEN. Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis. Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis. 1997, č. 98. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221795003258>

HOSPODÁŘSKÁ KOMORA ČR. Hlavní město Praha. In: Hlavní město Praha [online]. 2013 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: http://www.komora.cz/hk-cr/inmp/knihovna-informaci-pro-podnikani/regionalni-informace/kraje-cr/hlavni-mesto-praha-a/art_22579/hlavni-mesto-praha.aspx

HŘEBÍČEK, Jiří. Projektování nakládání s bioodpady v obcích. 2., aktualiz. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2011, 103 s. ISBN 978-80-85763-67-6.

CHANG, N.B., Chen, Y.L., Wang, S.F. (1997) A fuzzy interval multiobjective mixed integer programming approach for the optimal planning of solid waste management systems. *Fuzzy Sets and Systems* 89: 35-60.

CHVOJKOVÁ, E. (2002) Model pro nakládání s komunálním odpadem. PŘF UK, diplomová Práce

INTERNET 1. Národní technologická platforma pro bioplyn. *Národní technologická platforma pro bioplyn* [online]. 2012 [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/>

INTERNET2. Zemědělská ekologická regionální agentura. *Zemědělská ekologická regionální agentura* [online]. 2008 [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://www.zeraagency.eu/>

JABLONSKÝ, Josef. Operační výzkum. 2. vyd. Praha: VŠE, 1998, 297 s. ISBN 80-707-9597-2.

JIRÁVOVÁ, Jitka Ing. ArcGIS Network Analyst. ArcGIS Network Analyst [online]. 2005, č. 3 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: <http://download.arcdata.cz/ArcRevue/2005/3/07-ArcGIS-Network-Analyst.pdf>

KÁRA, J., KOUTNÝ, R. Využití fermentačních zbytků anaerobní digesce jako paliva. [Utilization of fermentative residues from anaerobic digestion as a fuel]. *Biom.cz* [online]. 2009-12-30 [cit. 2010-01-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-fermentacnich-zbytkuanaerobni-digesce-jako-paliva>>. ISSN: 1801-2655

KHANAL, Samir Kumar. *Anaerobic biotechnology for bioenergy production: principles and applications*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2008, xv, 301 p. ISBN 08-138-2346-3.

KOLINGER, Tomáš. Svoz biologicky rozložitelných odpadů na území Prahy Více zde: <http://www.tretiruka.cz/news/svoz-biologicky-rozlozitelnych-odpadu-na-uzemi-prahy/>. Svoz biologicky rozložitelných odpadů na území Prahy Více zde: <http://www.tretiruka.cz/news/svoz-biologicky-rozlozitelnych-odpadu-na-uzemi-prahy/>. 2008, č. 2. Dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/news/svoz-biologicky-rozlozitelnych-odpadu-na-uzemi-prahy/>

KOMLY, Claude-Emma, Kateřina AZZARO-PANTEL, Antoine HUBERT, Luc PIBOULEAU a Valérie ARCHAMBAULT. Multiobjective waste management optimization strategy coupling life cycle assessment and genetic algorithms: Application to PET bottles. Multiobjective waste management optimization strategy coupling life cycle assessment and genetic algorithms: Application to PET bottles. 2012, č. 69. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344912001462>

KORRES, Nicholas E., Padraig O'KIELY, John A.H. BENZIE a Jonathan S. WEST. *Bioenergy production by anearobic digestion: using agricultural biomass and organic wastes*. Oxford: Earthscan, 2013. ISBN 04-156-9840-5.

LANDETA, Jon. Current validity of the Delphi method in social sciences. Current validity of the Delphi method in social sciences. 2006, č. 73. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162505001381>

LIN, L.C. a C.H. HONG. Operational performance evaluation of international major airports: An application of data envelopment analysis. Operational performance evaluation of international major airports: An application of data envelopment analysis. 2006, č. 12. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699706000731>

LONGLEY, Paul a Graham CLARKE. GIS for business and service planning. New York, NY: Wiley, 1995, xvi, 316 p. ISBN 04-702-3510-1.

LONGLEY, Paul. Geographic information systems and science. New York: Wiley, c2001, xviii, 454 p. ISBN 04-718-9275-0.

LONGLEY, Paul. Geographic information systems. 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2011, xix, 539 p. ISBN 04-707-2144-8.

LONGLEY, Paul. Geographical information systems and science. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2005, xvii, 517 p. ISBN 04-708-7001-X.

MAGUIRE, D, Michael BATTY a Michael F GOODCHILD. GIS, spatial analysis, and modeling. 1st ed. Redlands, Calif.: ESRI Press, 2005, xiii, 480 p. ISBN 15-894-8130-5.

MAGUIRE, D, Michael F GOODCHILD a David RHIND. Geographical information systems: principles and applications. New York: Wiley, 1991, 2 v. ISBN 04-702-1789-8.

MATULOVÁ, Dragica. Odpad ze stravování. In: *Odpad ze stravování*. Praha, 2006, s. 11-12. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/56fb7120785368a9c12576410028e0d5/\\$FILE/OF%2012_06.pdf](http://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/56fb7120785368a9c12576410028e0d5/$FILE/OF%2012_06.pdf)

MICHELL, Andy. The Esri Guide to Gis Analysis, Volume 3 Modeling Suitability, Movement, and Interaction. Esri Pr, 2012. ISBN 978-158-9483-057.

MITCHELL, Andy. The ESRI guide to GIS analysis. 1st ed. Redlands, Calif.: ESRI, 1999-2005, 2 v. ISBN 18791020641.

MITCHELL, Andy. The ESRI guide to GIS analysis. Redlands :ESRI,: ESRI, 2005, vi, 238 s. ISBN 15-894-8116-X.

MUNDA, G., ROMO, M., Cobining life cycle assessment and multicriteria evaluation: comparing waste management options in Spain. In: Spash, C., McNally, S., EdwardElgar, W. (Eds.), *Managing Pollution and Environmental Toxicology*, 2001

NAJM, M. Abou a M. EL-FADEL. Computer-based interface for an integrated solid waste management optimization model. Computer-based interface for an integrated solid waste management optimization model. 2004, č. 19. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815204000064>

NĚMEC, Jiří. Zesílená nádoba pro gastroodpady. In: *Zesílená nádoba pro gastroodpady*. Praha, 2006, s. 12. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/56fb7120785368a9c12576410028e0d5/\\$FILE/OF%2012_06.pdf](http://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/56fb7120785368a9c12576410028e0d5/$FILE/OF%2012_06.pdf)

PENTZAROPOULOS, G.C a D.I GIOKAS. Comparing the operational efficiency of the main European telecommunications organizations: A quantitative analysis. Comparing the operational efficiency of the main European telecommunications organizations: A quantitative analysis. 2002, č. 26. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596102000599>

Perpiñá, C., Alfonso, D., Pérez-Navarro, A., Peñalvo, E., Vargas, C., Cárdenas R. (2009) Methodology based on Geographic Information Systems for biomass logistics and transport optimisation. *Renewable Energy* 34: 555-565.

PINTELONA, R., B. PEETERSB a P. GUILLAUME. Continuous-time operational modal analysis in the presence of harmonic disturbances—The multivariate case. Continuous-time operational modal analysis in the presence of harmonic disturbances—The multivariate case. 2010, č. 24. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327009000867>

POWELL, J., STEELE, A., SHERWOOD, N., ROBSON, T., 1998. Using life cycle inventory analysis in the development of waste management strategy for Gloucestershire, UK. *Environmental and Waste Management*, 1998, č. 1 (4), 221–235

POWELL, Jane C., CRAIGHILL, A.L., PARFITT, J.P., TURNER, R., KERRY, W., A lifecycle assessment and economic valuation of recycling. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1996, č. 39 (1), 97–112.

RUIZA, J.A., M.C. JUÁREZ, M.P. MORALES, P. MUÑOZ a M.A. MENDÍVIL. Biomass gasification for electricity generation: Review of current technology barriers. Biomass gasification for electricity generation: Review of current technology barriers. 2013, č. 18. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112005631>

ŘÍHA, DRSC., Prof. Ing. Josef a kolektiv. POSOUZENÍ SCÉNÁŘŮ PRO NULOVOU VARIANTU MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA. Praha, 2002. Dostupné z: http://xmldemo.hernler.com/pics/atomfrei/874/4/download_001.pdf

SALINEN, P., HOKKANEN, J., LAHDELMA, R., Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems. *European Journal of Operational Research*, 1998, č. 104, 485–496.

SHMELEV, S.E. a J.R. POWELL. Ecological-economic modelling for strategic regional waste management systems. *Ecological Economics*. 2006, roč. 59, č. 1, s. 115-130. ISSN 09218009. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2005.09.030. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800905004969>

SIMOES, Pedro, Kristof De WITTE a Rui Marques CUNHA. Regulatory structures and operational environment in the Portuguese waste sector. *Regulatory structures and operational environment in the Portuguese waste sector*. 2010, č. 30. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09005686>

SIMONETTO, Eugenio de Oliveira a Denis BORENSTEIN. A decision support system for the operational planning of solid waste collection. *A decision support system for the operational planning of solid waste collection*. 2007, č. 27. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X0600211X>

SONESSON, U., Bjoerklund, A., Carlsson, M., Dalemo, M. (2000) Environmental and economic analysis of management systems for biodegradable waste. *Resources, Conservation and Recycling* 28: 29-53.

STRAKA, František a Marcela KUNČROVÁ. Bioplyn: Možnosti rozvoje výroby a využití. In: *Bioplyn*. Praha, 2006, s. 14-15. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/56fb7120785368a9c12576410028e0d5/\\$FILE/OF%2012_06.pdf](http://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/56fb7120785368a9c12576410028e0d5/$FILE/OF%2012_06.pdf)

TANSKANEN, J.-H. (2000) Strategic planning of municipal solid waste management. *Resources, Conservation and Recycling* 30: 111-133.

TEIXEIRA, J., Antunes, A.P., Pinho de Sousa, J. (2004) Recyclable waste collection planning - a case study. *European Journal of Operational Research* 158: 543-554.

TRAVIS, Curtis C. *Municipal Waste Incineration Risk Assessment: Deposition, Food Chain Impacts, Uncertainty, and Research Needs (Contemporary Issues in Risk Analysis)*. Springer, 2013. ISBN 978-1461364498.

URBAN, Ing Josef. Hlavní zásady přípravy výstavby bioplynové stanice. Hlavní zásady přípravy výstavby bioplynové stanice. 2009. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/prilohy/Priloha4.pdf>

VAŇKOVÁ, Kristýna. Řešení geografických úloh metodami GIS. Brno, 2011. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/329219/pedf_b/Plny_text_prace.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Kateřina Mrázková.

VIGILEOS, G., Analysis of Institutional Structures for Sustainable Solid Waste Management for the South West of England, PhD thesis, University of Gloucestershire, UK., 2002

VREMENNAJA TIPOVAJA metodika, Vremennaja tipovaja metodika opredelenija ekonomicheskoj effektivnosti osuschestvlenija prirodoochrannych meroprijatij i ozenki ekonomicheskogo uscherba, prichynaemogo narodnomu khozyajstvu zagryazneniem okružhajushej sredy, Moskva, 1983 .

VÝZKUMNÝ ZÁMĚR MŽP 0002071102: Výzkum pro hospodaření s odpady v rámci ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje (Prevence a nimalizace vzniku odpadů a jejich hodnocení). Provozní pokus posouzení vlivu kuchyňských drtičů na složení kalu, přehled technologií pro zpracování BRKO. 2007, s. 41.

WALTER, Jaromír et al.,. Operační výzkum. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, ALFA, 1973. ISBN 04-313-73.

WHITE, R.P., FRANKE, M., HINDE, P., Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory. Kluwer Academic Publishers, 1999.

ZAMORANO, M., Molero, E., Grindlay, A., Rodríguez, M.I., Hurtado, A., Calvo, F.J. (2009) A planning scenario for the application of geographical information systems in municipal waste collection: A case of Churriana de la Vega (Granada, Spain). Resources, Conservation and Recycling 54: 123-133.

ZANDBERGEN, Paull A. Python Scripting for Arcgis. Esri Pr, 2013. ISBN 15-894-8282-4.

ZEILER, Michael. Modeling our world: the ESRI guide to geodatabase concepts. 2nd ed. Redlands, Calif: ESRI Press, 2010. ISBN 15-894-8278-6.

ZHANG, Fengli, Dana M. JOHNSON a John W. SUTHERLAND. A GIS-based method for identifying the optimal location for a facility to convert forest biomass to biofuel. A GIS-based method for identifying the optimal location for a facility to convert forest biomass to biofuel. 2011, č. 35. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953411003308>

Legislativa

Nařízení EP a Rady (ES) č. 1069/2009, o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva.

Směrnice Rady 95/69/ES, kterou se stanoví podmínky a postupy pro schvalování a registraci některých provozoven a dodavatelů působících v krmivářském odvětví.

Zákon 185/2001 sb., o odpadech

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích

Zákon č. 258/2000Sb., o ochraně veřejného zdraví.

Vyhláška MŽP 381/2001 sb., Katalog odpadů

Nařízení vlády č.197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky

Stanovisko 041108 Ministerstva životního prostředí z roku 2008 o zákazu využívání drtičů kuchyňského odpadu.

Výzkumný záměr 00020071102 z roku 2007 Ministerstva životního prostředí, pro hospodaření s odpady v rámci ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje

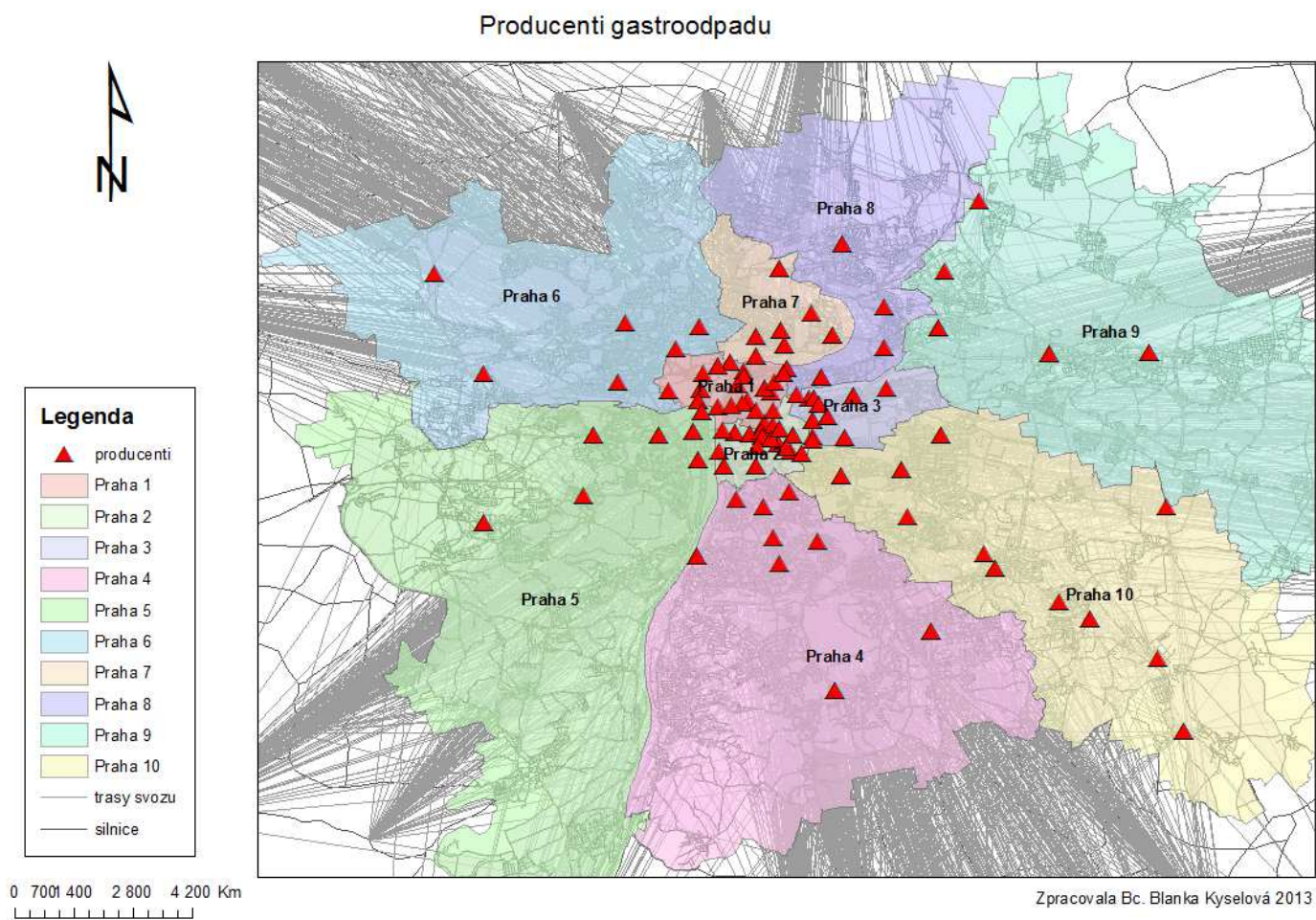
Usnesení Rady HMP č. 2274 ze dne 18. 12. 2012 Plán odpadového hospodářství
Hl. m. Prahy

17 PŘÍLOHY

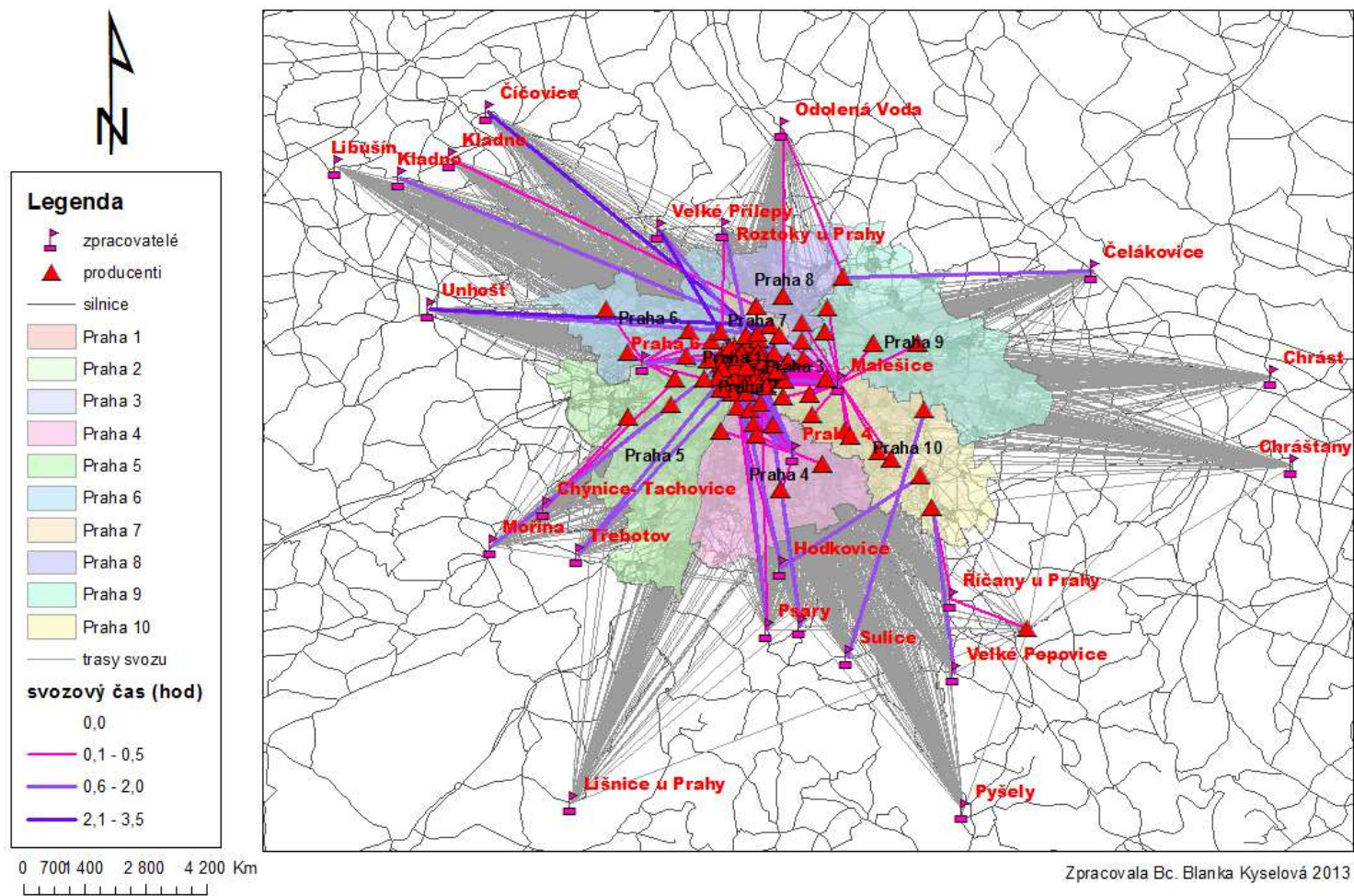
Příloha 3. Tabulka počtu producentů ve svozových centrech

svozové centrum	počet svozových bodů (popelnic)	svozové centrum	počet svozových bodů (popelnic)
P1	12	P51	11
P2	15	P52	19
P3	13	P53	16
P4	11	P54	15
P5	18	P55	13
P6	12	P56	15
P7	15	P57	13
P8	10	P58	13
P9	16	P59	13
P10	12	P60	14
P11	17	P61	12
P12	11	P62	12
P13	18	P63	15
P14	16	P64	11
P15	11	P65	15
P16	11	P66	12
P17	15	P67	11
P18	14	P68	15
P19	14	P69	18
P20	15	P70	14
P21	12	P71	11
P22	12	P72	17
P23	11	P73	12
P24	16	P74	12
P25	14	P75	15
P26	14	P76	12
P27	15	P77	15
P28	13	P78	13
P29	13	P79	11
P30	11	P80	13
P31	16	P81	11
P32	13	P82	15
P33	15	P83	16
P34	13	P84	16
P35	15	P85	15
P36	12	P86	13
P37	12	P87	11
P38	12	P88	16
P39	14	P89	15
P40	11	P90	12
P41	14	P91	14
P42	15	P92	14
P43	15	P93	17
P44	16	P94	13
P45	12	P95	12
P46	15	P96	19
P46	12	P97	8
P48	13	P98	11
P49	11	P99	12
P50	17	P100	17

Příloha 4. Zobrazení lokalizace producentů gastroodpadu

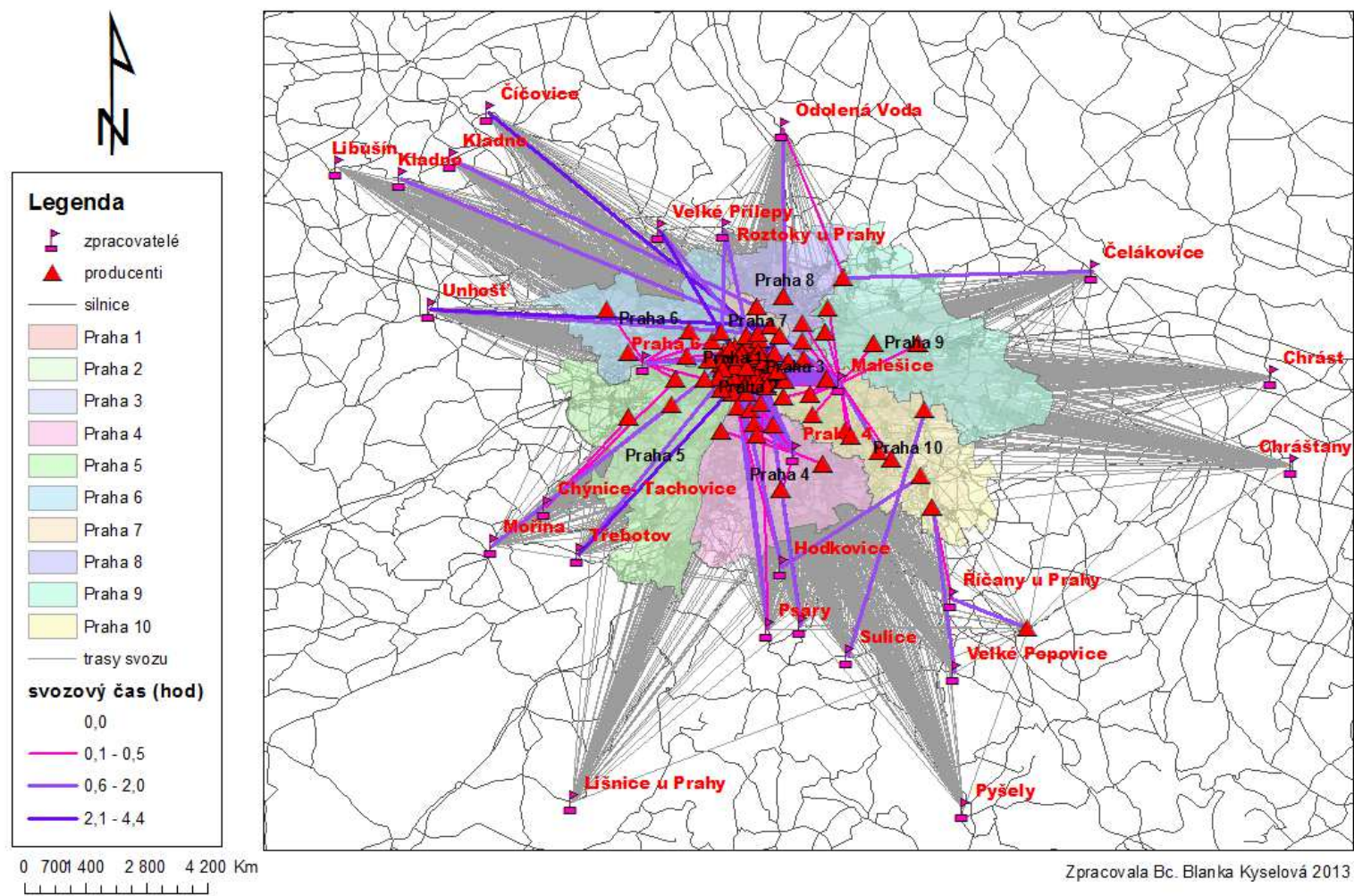


Svozový čas optimistického odhadu dopravní situace modelu minimalizace



Příloha 6. Zobracení svozového času základního odhadu dopravní situace modelu minimalizace

Svozový čas základního odhadu dopravní situace modelu minimalizace



Svozový čas pesimistického odhadu dopravní situace modelu minimalizace

