

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Tomáš URBAN

**ANALÝZA ROZMÍSTĚNÍ NÁDOB
NA SEPAROVANÝ ODPAD V PŘEROVĚ**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Jan Heisig

Olomouc 2012

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci bakalářského studia oboru Geoinformatika a geografie vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Jana Heisiga.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 15. května 2012

Děkuji vedoucímu práce Janu Heisigovi za podněty a připomínky při vypracování práce. Za poskytnutá data děkuji Magistrátu města Přerova.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš URBAN**
Osobní číslo: **R09310**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Název tématu: **Analýza rozmístění nádob na separovaný odpad v Přerově**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce je zpracování prostorových aspektů odpadového hospodářství na příkladu rozmístění nádob na separovaný odpad. Student provede rešerši stávajících používaných přístupů, metod a dostupných dat zabývajících se touto problematikou. V praktické části práce provede na příkladu města Přerova aplikaci GIS v problematice odpadového hospodářství. V průběhu práce zpracuje analýzu stávajícího stavu, podle potřeb navrhne a provede sběr a převod dat. V konečné fázi navrhne prostorovou optimalizaci rozmístění nádob a trasování svozových vozidel. Výsledky bakalářské práce budou geoinformatické i tématické (odpadové hospodářství) s důrazem pro další využití na Magistrátu města Přerova. Výsledky budou publikovány ve formě databáze prostorových informací a mapových výstupů. Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O bakalářské práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002). Na závěr bakalářské práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce. Rozsah grafických prací: dle potřeby Rozsah průvodní zprávy: maximálně 50 stran textu bez příloh

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů Periodika a sborníky z konferencí z oblasti dopravy a telematiky (např. Perner's Contacs, Waste fórum, Transport, Waste Management & Research, sborník příspěvků k semináři Úlohy diskrétní optimalizace v dopravní praxi, konferenci Odpady a obce apod). Horák, J.: Prostorové analýza dat. 2. vydání. Učební text předmětu. VŠB - TU, Ostrava, 2002. 158 s. Voženílek, V. (1999): Aplikovaná kartografie I - tematické mapy. Olomouc, Vydavatelství UP. 178 s. Voženílek, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Jan Heisig**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: **5. května 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2012**

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEAINFORMATIKY
B. Štefánkův náb. 46 Olomouc

Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 13. června 2010

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1 CÍLE PRÁCE.....	10
2 ASPEKTY TŘÍDĚNÍ ODPADU	11
2.1 Environmentální aspekty.....	11
2.2 Ekonomické aspekty	11
2.3 Politické a právní aspekty	11
2.4 Technické aspekty	11
2.5 Psychologické aspekty	11
2.6 Sociální aspekty	12
2.7 Prostorové aspekty	12
2.7.1 Absolutní poloha.....	12
2.7.2 Relativní poloha.....	12
3 SYSTÉM TŘÍDĚNÍ ODPADU	15
3.1 Účastníci systému.....	15
3.1.1 Výrobci	15
3.1.2 Autorizovaná obalová společnost.....	15
3.1.3 Producenti odpadu	16
3.1.4 Obce	16
3.1.5 Svozové společnosti.....	17
3.1.6 Úpravci	17
3.1.7 Zpracovatelé	18
4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	19
4.1 GIS v odpadovém hospodářství	19
4.1.1 Vizualizace	19
4.1.2 Řešení rozmístění, dostupnosti a optimalizace.....	20
4.1.3 Trasování svozových vozidel	21
4.2 Odpadové hospodářství v Přerově	21
4.3 Situace svozu odpadu v Přerově	23
5 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	24
5.1 Použité programy	24
5.2 Použitá vstupní data	24
5.2.1 Pasport kontejnerů na separovaný odpad	24
5.3 Zájmové území.....	27
5.4 Metody a postupy	28
6 ÚPRAVA DAT.....	30

6.1	Vrstva chodníků	30
6.1.1	Editace	30
6.1.2	Kontrola topologie	30
6.1.3	Atributy	30
6.1.4	Řešení problému budov se dvěma vchody	31
6.2	Vrstva komunikací	32
6.3	Vrstva kontejnerů	33
6.4	Vrstva adresních bodů	33
6.5	Tvorba síťového datasetu	33
7	ANALÝZY DOSTUPNOSTI.....	34
7.1	Analýza hustotních map	34
7.2	Analýza obslužných zón	34
7.2.1	Metoda přímé vzdálenosti – Thiessen polygony	34
7.2.2	Metoda Closest facility	36
7.2.3	Míra shodnosti metod výpočtu obslužných zón	37
7.3	Analýza vzdáleností	38
7.3.1	Analýza vzdálenosti od nejbližšího stanoviště	38
7.3.2	Analýza matice nákladů (OD Cost Matrix)	39
7.4	Celková dostupnost	40
8	TRASOVÁNÍ SVOZOVÝCH VOZIDEL	42
9	OPTIMALIZACE	43
10	VÝSLEDKY	44
11	DISKUZE	48
12	ZÁVĚR	50
	POUŽITÁ LITERATURA	
	INFORMAČNÍ ZDROJE	
	SUMMARY	
	PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
CVVM	Centrum výzkumu veřejného mínění
DTM	Digitální technická mapa
GIS	Geografický informační systém
MMPř	Magistrát města Přerova
OP	Operační program
PET	Polyethylentereftalát
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
SKO	Směsný komunální odpad
SQL	Standard Query Language
TS	Technické služby města Přerova

ÚVOD

Množství vyprodukovaného odpadu je problém, který lidstvo musí řešit čím dál intenzivněji. Produkce odpadu stále stoupá a je třeba hledat způsoby, jak toto množství snížit. Nejefektivnějším způsobem řešení je redukce vzniku odpadů, která je však v dnešní industrializované společnosti těžce realizovatelná.

Třídění odpadu a jeho následné opětovné využití jako základní suroviny je dalším vhodným způsobem řešení. Jedná se o oddělený sběr jednotlivých druhů odpadů, které jsou součástí směsného komunálního odpadu.

Je však potřeba, aby občanům, kteří odpad třídí, byly poskytnuty nejlepší podmínky zjednodušující jejich snažení. Základní podmínkou, která ovlivňuje občany při rozhodování, zda třídít odpad, je dobrá dostupnost nádob, do kterých je separovaný odpad ukládán. V případě velké vzdálenosti od bydliště ke kontejnerovým stáním, nebo v případě stále přeplněných nádob se velmi snižuje chuť občanů třídít odpad, ať je jejich původní motivace jakkoli silná.

V městském prostředí je tedy třeba nalézt takový počet nádob a jejich prostorové rozmístění, které bude vyhovovat co největšímu počtu občanů a zároveň bude provoz tohoto systému finančně únosný. Dobrým nástrojem pro řešení takového geografického problému je bezesporu GIS (geografický informační systém).

Tato bakalářská práce má za úkol nastínit možnost provedení analýzy a optimalizace rozmístění nádob na separovaný odpad v prostředí GIS a vytvořit výsledky, které mohou být aplikovatelné v praxi. Z tohoto důvodu byla navázána spolupráce s Magistrátem města Přerova (Odborem životního prostředí), jenž nabízel kvalitní podkladová data i zájem o využití výsledků práce při rozhodovacích procesech v odpadovém hospodářství.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je zpracování prostorových aspektů odpadového hospodářství na příkladu rozmístění nádob na separovaný odpad v městě Přerově. V teoretické části je provedena rešerše stávajících používaných přístupů, metod a dostupných dat zabývajících se touto problematikou.

V praktické části práce je provedena na příkladu města Přerova aplikace GIS v problematice odpadového hospodářství. V průběhu práce je proveden sběr, převod a úprava dat a dále zpracována analýza stávajícího stavu. Důležitým aspektem je řešení rozmístění nádob ve vztahu k distribuci obyvatelstva. V konečné fázi je navržena prostorová optimalizace rozmístění nádob a zjednodušené trasování svozových vozidel. Výsledky bakalářské práce jsou geoinformatické i tématické (odpadové hospodářství) s důrazem pro další využití na Magistrátu města Přerova. Výsledky jsou publikovány ve formě databáze prostorových informací a mapových výstupů.

2 ASPEKTY TŘÍDĚNÍ ODPADU

Jako na každý jev lidské činnosti, lze k třídění neboli separaci odpadu přistupovat z pozice různých vědeckých disciplín a vytvořit tak systém rozdílných pohledů.

2.1 Environmentální aspekty

Třídění odpadu je především činností vedoucí ke zlepšení životního prostředí obyvatelstva. Jeho účelem je opětovné využití materiálu a snížení množství nevyužitelného odpadu určeného k uložení na skládce či spálení ve spalovnách.

2.2 Ekonomické aspekty

Proces zpětného využití odpadu je procesem zhodnocování zboží. Trh druhotných surovin je závislý především na poptávce a regulacích a podpoře státu a Evropské unie (např. podpora z OP Životní prostředí – Prioritní osa 4). Intenzita třídění odpadu je také ovlivněna prostředky finančního zvýhodnění. Jsou jimi například výše poplatku za svoz odpadu, dotace a příspěvky. Ekonomické aspekty jsou důležité při motivaci účastníků systému třídění odpadu (viz obr. 2).

2.3 Politické a právní aspekty

Propojením environmentálního a ekonomického hlediska vznikají politické aspekty. Míra finanční i legislativní podpory třídění odpadu v rámci územní jednotky je spojena se zaměřením její politické reprezentace. V České republice je systém třídění odpadu legislativně zakotven v zákonu o odpadech č. 185/2001 Sb. a zákonu o obalech č. 477/2001 Sb..

2.4 Technické aspekty

Technické a technologické hledisko popisuje postup sběru a zpracování separovaného odpadu. Mezi technické aspekty patří typ a objem kontejnerů, proces svozu odpadu a parametry svozové techniky, dále technologický postup dotřídění a následného zpracování na opětovně využitelnou surovinu.

2.5 Psychologické aspekty

Určují postoj jedince k třídění odpadu. Základem je výzkum chování a motivace jednotlivců v procesu třídění odpadu a následná typizace sociálních skupin podle převládajících charakteristik jedinců. Součástí studia je také vztah postojů a osobnostních rysů jedince.

Z psychologického hlediska je zkoumána především příčina zájmu či nezájmu separovat odpad. „*Hodnotově založený environmentální zájem je možné rozdělit do tří kategorií – egoistický, sociálně altruistický a biosférický zájem* (Stern a Dietz in [2]).“ Naopak nezájem je podmíněn především neochotou jedince obětovat své pohodlí nebo pocitem, že úsilí jedince nevede k cíli (deziluze).

2.6 Sociální aspekty

Pomocí zařazení jedinců do sociálních skupin lze zobecnit individuální postoje. Zařazení je prováděno podle obecně používaných socioekonomických kritérií. Jsou jimi například věk, pohlaví, národnost, výše vzdělání, výše příjmů, a další.

2.7 Prostorové aspekty

Základním prostorovým aspektem separace odpadů je poloha kontejnerů (resp. sběrných dvorů), která může být absolutní nebo relativní.

2.7.1 Absolutní poloha

Poloha kontejneru na zemském povrchu vyjádřená souřadnicemi. Při sběru dat jsou souřadnice zaznamenávány v databázi a je k nim přiřazena atributová složka vyjadřující vlastnosti kontejneru na daném místě. Metoda sběru dat je závislá na požadované přesnosti. Příklady metod mohou být určení polohy při fotointerpretaci leteckých snímků, zaměření zeměměřičsky či pomocí globálního navigačního satelitního systému, nebo zakreslením do relativně přesné technické mapy. Poslední metoda byla použita v rámci této bakalářské práce. Relativně přesné zanesení polohy společně s podrobnými technickými údaji o objektu pro účely evidence v obci se nazývá pasport.

2.7.2 Relativní poloha

„Nezbytnou součástí prostorového aspektu dat jsou prostorové vztahy (vazby) [8]“ mezi jednotlivými prvky obsahu. Z pohledu kontejnerů pak tedy můžeme určit jejich relativní polohu vzhledem k zbývajícím obsahu.

Poloha vůči ostatním kontejnerům stejného typu

Kontejnery jsou vyjádřeny bodovou reprezentací. *„Při analýze bodového vzorku (rozmístění, distribuce bodů) je popisována příbuznost vzorku k pravidelné, shlukové nebo náhodné prostorové distribuci [4].“*

Poloha vůči ostatním kontejnerům různého typu

Nádoby jsou rozlišovány podle typu odpadů, pro který jsou určeny, a rozmisťovány s ohledem na požadavek, aby se shlukovaly do skupin se zastoupením ideálně všech typů nádob. Shluky kontejnerů různého typu se označují jako stanoviště.

Poloha vůči zdrojům tříděného odpadu

Místa, kde je odpad tříděn a kde je ukládán (poloha kontejnerů) jsou rozdílná. V reálném světě se mezi nimi nachází určitá překážka, která musí být překonána. Míra obtížnosti (resp. lehkosti) překonání této překážky je charakterizována dostupností. Dostupnost lze chápat jako *„lehkost dosažení místa nebo služby z ostatních míst, kterou můžeme měřit např. překonanou vzdáleností, vynaloženými cestovními náklady anebo časem cesty (Clark in [7]).“* Podle Michniaka existují při popisování dostupnosti tři základní prvky:

- subjekt dostupnosti (obyvatelé třídící odpad),

- objekt dostupnosti (kontejnery),
- transportní prvek.

Nejjednodušší formou dostupnosti je přímá vzdálenost mezi kontejnerem a zdrojem odpadu. „*U této míry dostupnosti není potřebná konstrukce grafu, využívají se pouze euklidovské (vzdušné) vzdálenosti, takže ji lze snadno vypočítat ze souřadnic zkoumaných míst.* [4]“ V praxi se analýzy přímé vzdálenosti řeší pomocí metody obalových zón (buffer) kolem řešených objektů a vytváří se tím jednoduchá obslužná zóna.

Pokud však je překážka složitější, není přímá vzdálenost dostačující. Obyvatelé se pohybují předem vymezenými koridory, tedy po síti komunikací, především chodníků. Podle teorie grafů je síť ohodnoceným grafem, kde hrany grafu představují komunikace (ulice, chodníky) a uzly odpovídají křižovatkám [1]. Hrany jsou ohodnoceny číselnými hodnotami, které vyjadřují míru dostupnosti. Podle Horáka se rozlišují tři základní míry:

- cestní dostupnost – ohodnocením je zde metrická vzdálenost,
- časová dostupnost – ohodnocením je zde čas potřebný k překonání konkrétní hrany,
- nákladová dostupnost – je založena na ceně dopravy.

Existují i další míry, například topologické nebo složitější vážené míry dostupnosti. Dostupnost v ohodnoceném rastru řeší analýza vážené vzdálenosti.

Poloha v rámci svozové trasy

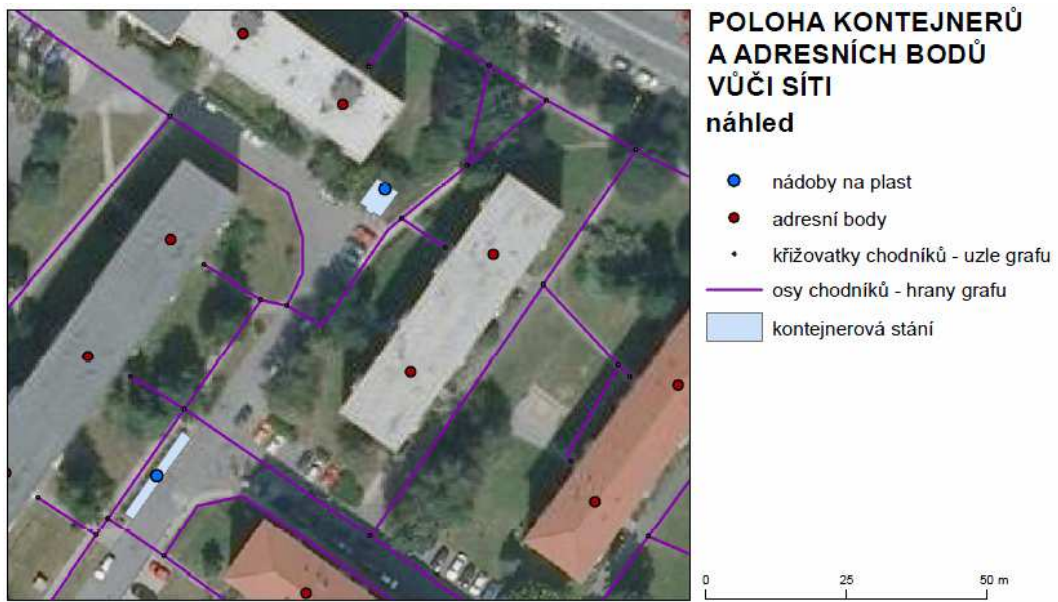
Svozová trasa je tvořena sledem nádob stejného typu, které vozidlo o určité kapacitě za určitý čas obsluží. Poloha nádoby je tedy vyjádřena pořadím obsluhy svozovým vozidlem v rámci svozové trasy.

Poloha vůči síti

Pokud je pro analýzy dostupnosti používáno síť, musí být zohledněno, že ne vždy data umožňují, aby byly subjekty a objekty dostupnosti topologicky připojeny k síti. Problém je znázorněn v následujícím příkladu.

Chodec třídící odpad vychází z adresního bodu, který je bodovou reprezentací chodcova bydliště. Tento bod však není součástí sítě, protože není možné modelovat síť uvnitř domu (schodiště, chodby). Síť tedy začíná až na rozhraní domu a veřejné komunikace (chodníku). Podobně pak kontejner se nachází na kontejnerovém stání, jež je vyjádřeno plošnou reprezentací, a není možné jej zahrnout do sítě.

Chodec má však u některých domů na výběr ze dvou vchodů, z nichž každý se připojuje v jiném místě. Tento problém byl v rámci této práce vyřešen.



Obr. 1 – Poloha kontejnerů a adresních bodů vůči síti (náhled)

3 SYSTÉM TŘÍDĚNÍ ODPADU

Odpadové hospodářství v České republice má legislativní oporu v zákoně č. 185/2001 Sb. o odpadech ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon stanovuje:

- pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje a při omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšování účinnosti tohoto využívání,
- práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství
- a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství.

Z hlediska šetrného přístupu k životnímu prostředí jsou v souladu s tímto zákonem postupy při nakládání s odpady seřazeny prioritně. Jako první je řazena prevence vzniku odpadů, následuje jejich materiální využití, energetické využití a nejméně vhodné je skládkování odpadů, které má z hlediska zákona nejnižší prioritu.

Obecnější rovinu zákona o odpadech doplňuje zákon 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů. Jeho obsah stanovuje podmínky pro vznik systému třídění odpadů v České republice.

3.1 Účastníci systému

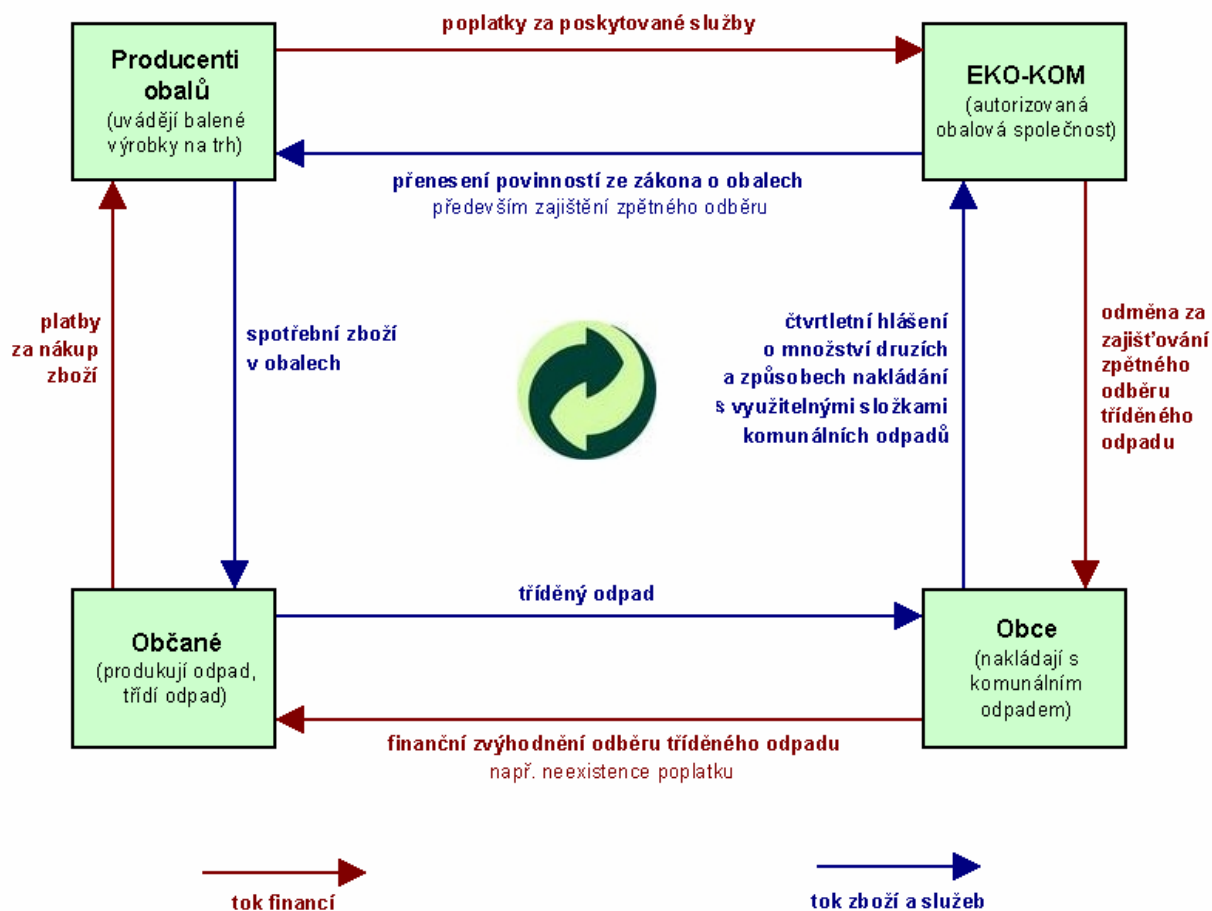
3.1.1 Výrobci

V souladu se zákonem o obalech mají osoby uvádějící obaly a balené výrobky do oběhu nebo na trh povinnost zajistit zpětný odběr a využití odpadů z obalů. Dalšími povinnostmi jsou označování obalů pro snadnější orientaci spotřebitelů při třídění, omezení objemu těžkých kovů a nebezpečných látek v obalech, minimalizace objemu a hmotnosti obalů a další evidence. Výrobci mají možnost přenést za úplatu tyto povinnosti na autorizovanou obalovou společnost.

3.1.2 Autorizovaná obalová společnost

Jedná se o „*právníckou osobu založenou jako akciová společnost, které bylo vydáno rozhodnutí o autorizaci* [9]“ Ministerstvem životního prostředí. Zajišťuje subjektům, s nimiž uzavřela smlouvu, splnění povinnosti zpětného odběru. Finanční prostředky pak dále přerozděluje obcím, které motivuje pro zavedení odděleného sběru komunálního odpadu. V současné době působí v České republice jediná autorizovaná společnost EKO-KOM, a.s. se sídlem v Praze. Zákon však teoreticky umožňuje vznik více autorizovaných společností.

Motivace účastníků systému třídění odpadu



Obr. 2 – Vzájemná motivace účastníků systému třídění odpadu (vlastní ilustrace autora podle informací z www.ekokom.cz)

3.1.3 Producenti odpadu

Jsou jimi fyzické i právnické osoby, které nakupují zboží a jeho využití nebo nepotřebné části (především obaly) vyhazují jako odpad. Pokud tento odpad ukládají odděleně podle druhů (plast, sklo, papír, bioodpad,...) lze říct, že třídí odpad. Podle Centra výzkumu veřejného mínění (CVVM) v roce 2011 třídilo odpad vždy nebo často 82 % domácností ČR.

3.1.4 Obce

„V rámci svých činností provozují ve smyslu zákona o odpadech systémy nakládání s komunálními odpady, tj. shromažďování, sběr, svoz, přepravu, třídění, využívání a odstraňování odpadů [18]“. Podepisují smlouvu s autorizovanou společností. Kromě základní sazby odměny poskytuje obcím EKO-KOM také finanční bonusy za další nadstandardní činnost obce. Od 1. ledna 2012 byly zrušeny bonusy za sběr čtyř komodit, nebo za dvousložkový sběr skla. Bonus za hustotu sběrné sítě byl nově nahrazen bonusem dostupnosti sběrné sítě. „Ten je dán dosažením maximálního limitu pro počet

obyvatel na průměrné sběrné místo (obyv./sběrné místo) a současně dosažením minimálního limitu pro instalovaný objem průměrného sběrného místa (l/obyv.). Limity jsou stanoveny pro jednotlivé velikostní skupiny obcí [12].“ Podle EKO-KOM je průměrné sběrné místo neboli stanoviště nádob na separovaný odpad chápáno jako součet všech instalovaných sběrných nádob na papír, plast a sklo směsné, přičemž v místě jsou průměrně 3 nádoby, a minimální instalovaný objem průměrného sběrného místa se stanoví jako podíl součtu instalovaného objemu všech sběrných nádob na papír, plast a sklo směsné a počtu obyvatel v obci (dle statistiky Českého statistického úřadu).

POČET OBYVATEL DO 2000			
Název	Limit	koeficient	v % základní odměny
Maximální počet obyvatel na průměrné sběrné místo (obyv./sběrné místo/čtvrtletí)	160	0,06	6%
Minimální instalovaný objem průměrného sběrného místa (l/obyv./čtvrtletí)	25		
POČET OBYVATEL 2001-80 000			
Název	Limit	koeficient	v % základní odměny
Maximální počet obyvatel na průměrné sběrné místo (obyv./sběrné místo/čtvrtletí)	190	0,06	6%
Minimální instalovaný objem průměrného sběrného místa (l/obyv./čtvrtletí)	18		
POČET OBYVATEL NAD 80 000			
Název	Limit	koeficient	v % základní odměny
Maximální počet obyvatel na průměrné sběrné místo (obyv./sběrné místo/čtvrtletí)	270	0,06	6%
Minimální instalovaný objem průměrného sběrného místa (l/obyv./čtvrtletí)	12		

Obr. 3 – Aktuální hodnoty limitů pro výpočet bonusu za dostupnost sběrné sítě (zdroj: [12]).

3.1.5 Svozové společnosti

Nemají povinnosti vyplývající ze zákona, přesto jsou často smluvními partnery autorizované společnosti. Nejčastěji jsou zřizovány samotnými obcemi.

3.1.6 Úpravci

Jejich úkolem je přetvořit vytříděný odpad do formy využitelné pro další zpracování. V jejich provozovnách dochází k dotřídění a slisování odpadů z domácností, obchodů i průmyslových podniků. „Svémi požadavky na kvalitu vstupních surovin (tříděných odpadů) ovlivňují systémy sběru a svozu odpadů v obcích [17].“

3.1.7 Zpracovatelé

Koneční zpracovatelé využívají druhotnou surovinu jako vstup pro výrobu nových produktů. Jsou jimi například sklárny, papírny, výrobci umělých vláken a další.

4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

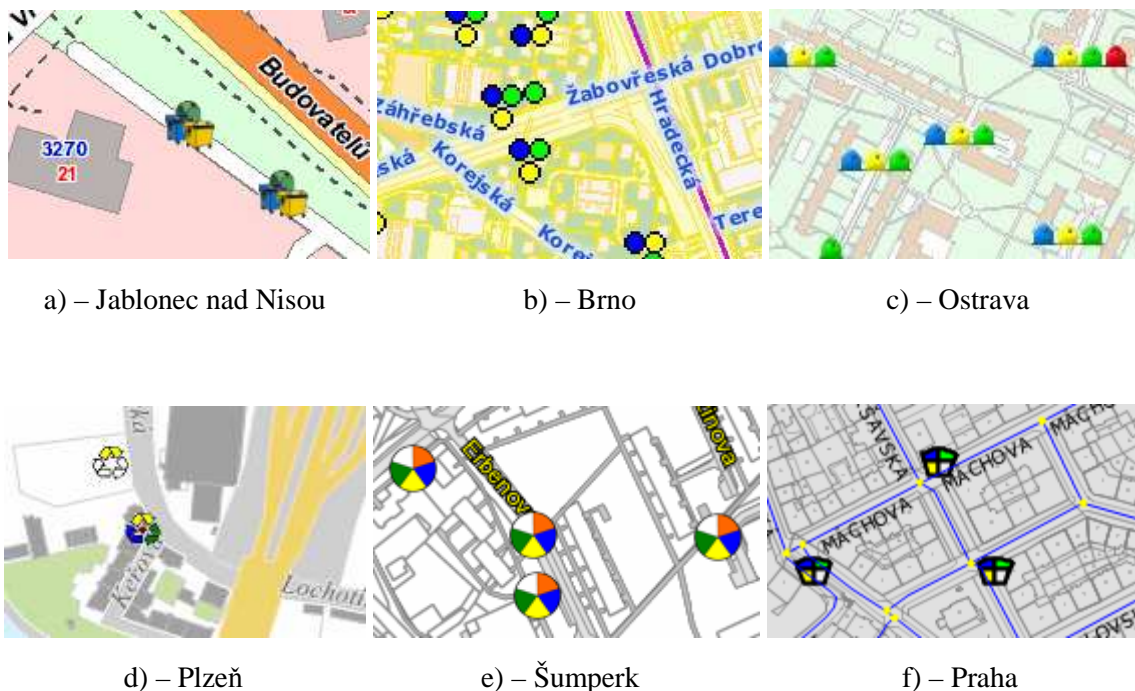
4.1 GIS v odpadovém hospodářství

4.1.1 Vizualizace

Rozmístění nádob na separovaný odpad je důležitou informací pro veřejnost. Pro místní samosprávu by tedy mělo být nezbytné vytvořit na toto téma pro své občany kvalitní mapové dílo veřejně dostupné. Vizualizace stanovišť kontejnerů je jedním z nejčastějších výstupů geografických informačních systémů v odpadovém hospodářství.

U větších měst jsou data prezentována především pomocí mapových serverů, některé z nich (např. Jablonec nad Nisou) využívají aplikační nadstavbu T-MapServer. Stanoviště jsou vyjádřena bodovými znaky rozlišujícími jejich strukturu, tedy zastoupení jednotlivých typů kontejnerů (viz obr. 4a – f). Nádoby nebývají zobrazeny jednotlivě a informace o počtu nádob není součástí znaku.

Statické neinteraktivní mapy jsou využívány jen v malé míře. Příkladem může být obr. 5. Převážně obce menší velikosti poskytují pouze seznam stanovišť, některé z nich i s odkazem na zobrazení daného místa na mapovém portálu (Mapy Google, Mapy.cz). Ostatní obce možnost publikace map na webu nevyužívají a prostorové informace o třídění odpadu neposkytují.



Obr. 4 – Způsoby vizualizace stanovišť nádob na separovaný odpad



Obr. 5 – Lidice – mapka kontejnerů na tříděný odpad (zdroj: [13])

4.1.2 Řešení rozmístění, dostupnosti a optimalizace

„Using GIS in Solid Waste Management Planning – A case study for Aurangabad, India (Využití GIS v plánování odpadového hospodářství – případová studie pro Aurangabad v Indii)“ je název závěrečné práce Shaika Moize Ahmeda z Linköpings University. Jedná se o teoretické a aplikační řešení využití GIS v odpadovém hospodářství. V aplikační části je navržen model pro optimalizaci umístění nádob na komunální odpad. Jednotlivé analýzy řeší problém umístění kontejnerů v blízkosti škol a nemocnic a zdrojů pitné vody, přijatelnou vzdálenost pro všechny obyvatele a vytvoření nových stanovišť nádob na separované odpady v blízkosti veřejných budov a obchodů. Všechny analýzy jsou založeny na metodě obalových zón (Buffer).

Z tuzemských prací, jež se zabývají podobným tématem, je nutné jmenovat především diplomovou práci Jana Kopeckého „Optimalizace rozmístění nádob na separovaný sběr odpadu v Blansku“ z roku 2007. Práce nastiňuje systém třídění odpadu, obecný stav separace odpadu ve městě Blansku a faktory ovlivňující rozmístění nádob. Dostupnost zde však není řešena v síti komunikací, ale v uměle vytvořené pravoúhlé síti, jež tvoří náhradní model zjednodušující řešení. Veškeré výpočty jsou prováděny pomocí dotazovacího jazyka SQL.

Velmi podobnou prací je také „Optimalizace odpadového hospodářství města Frýdek-Místek metodami GIS“ Tomáše Kupči z roku 2008. Obslužnost kontejnerů je zde řešena jednoduchými metodami, které však nedostatečně operují s omezujícími faktory prostředí. Jedná se o metody Thiessenových polygonů pro vymezení obslužných zón, metodu obalových zón (Buffer) a metodu Find Service Area pro charakteristiku dostupnosti kontejnerů z adresních bodů. Poslední jmenovaná pracuje jako jediná se sítí, avšak nikoliv s komunikacemi pro pěší.

Originální řešení dostupnosti nádob na separovaný odpad zvolila společnost T-MAPY spol. s r.o., která v rámci projektu „Dostupnost místních veřejných prostranství a služeb“ vytvořila pro město Hradec Králové unikátní metodiku. Dostupnost je zde definována jako „bydlení v okruhu 300 m (odpovídá 15 minutám pomalé chůze) od veřejných prostranství nebo jiných služeb [15].“ Podkladem pro analýzu se stal rastr ohodnocený dle možností pohybu chodců daným prostředím.

4.1.3 Trasování svozových vozidel

Tvorba nových a optimalizace stávajících tras vozidel svážející nádoby na komunální odpad je jedním z častých využití GIS v odpadovém hospodářství. Zefektivněním a zkrácením vzdáleností ujetých vozidly při přemístění odpadu z místa uložení do místa dalšího zpracování dochází k velké ekonomické úspoře nákladů. Protože svoz odpadu je nejnákladnější položkou v rámci celkových nákladů na likvidaci odpadu [3], je téma trasování velmi často zpracováváno. Příkladem mohou být diplomové práce „Optimalizace dopravních cest při svozu odpadů s využitím geoinformačních technologií“ Jiřího Fryče z Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně a „Informační systém pro řízení optimálního sběru a svozu odpadů s využitím GIS“ Radka Blechy z Masarykovy univerzity. Na Univerzitě Palackého se tímto tématem zabýval také Roman Zbranek ve své bakalářské práci „Logistika svozu odpadů v Olomouci“, kde velmi podrobně popsal postup optimalizace svozových tras v prostředí GIS s ohledem na aktuální situaci a potřeby Technických služeb města Olomouce, a.s.

4.2 Odpadové hospodářství v Přerově

Historie třídění odpadu na území města Přerova sahá do roku 1992, kdy „*Městská rada schválila zavedení systému separace tuhého komunálního odpadu v rámci Programu odpadového hospodářství města Přerova na období 1992 – 1997* [5].“ Od roku 1995 pak byly postupně osazovány kontejnery na tříděný odpad. Prvními byly kontejnery na papír a sklo, následovaly nádoby na textil ve zkušebním provozu a v roce 2001 byly osazeny první kontejnery na plastové PETláhve. V roce 2006 přišla změna barevnosti kontejnerů na separovaný odpad související se vstupem Přerova do systému EKO-KOM v roce 2004. V tomto období se také začaly třídit nápojové kartony.

Nakládání s komunálním odpadem, a tedy i systém třídění, vychází v Přerově z Obecně závazné vyhlášky č.13/2001 o nakládání s komunálním odpadem, ve znění obecně závazné vyhlášky č. 5/2002 a obecně závazné vyhlášky č. 2/2007 a č. 3/2008.

Podle čl. 3, odst. 2, 3 a 4 této vyhlášky lze vyčlenit tři základní typy kontejnerů:

„Papír se odkládá do odpadových nádob zcela nebo částečně modré barvy, označených nápisem "PAPÍR". Do takto označených nádob je zakázáno odkládat jiný odpad než papír.“ Z technického hlediska se jedná o 270 plastových, pozinkovaných nebo kovových nádob s objemem 1100 l. *„Papír lze rovněž odkládat do sběren a výkopen odpadů na území města nebo v rámci organizovaného sběru papíru ve školách.“*



Obr. 6 – Nádobu na papír (vlastní foto autora)

„Sklo se odkládá do odpadových nádob zcela nebo částečně zelené barvy, označených nápisem "SKLO". Do takto označených nádob je zakázáno odkládat jiný odpad než sklo.“ Z technického hlediska se jedná o 236 plastových, pozinkovaných nebo kovových nádob s objemem 1100 l a o jednu plastovou nádobu o objemu 120 l.



Obr. 7 – Nádobu na sklo (vlastní foto autora)

„PET-láhve a nápojové kartony se odkládají do odpadových nádob zcela nebo částečně žluté barvy, označených nápisem "PET-LÁHVE A NÁPOJOVÉ KARTONY“. Do takto označených nádob je zakázáno odkládat jiný odpad než PET-láhve a nápojové kartony.“ Z technického hlediska se jedná o 266 plastových nebo pozinkovaných nádob s objemem 1100 l. „V částech Přerov III až XIII lze PET-láhve a nápojové kartony rovněž odkládat na určená stanoviště v plastových obalech zajištěných proti vysypání (v zavázaných pytlích, taškách).“



Obr. 8 – Nádoba na plast (vlastní foto autora)

V Přerově dále lze nalézt kontejnery, jež vycházejí z odlišného konceptu. Nejsou součástí systému EKO-KOM, svoz nezajišťuje město, jejich počet je výrazně nižší a prostorové rozmístění značně nerovnoměrné. Jejich aplikace se nachází ve fázi pilotního projektu. Z tohoto důvodu nebyly v této práci dále analyzovány. Jedná se o kontejnery na elektroodpad a kontejnery na textil.

Tab. 1 – počty kontejnerů podle typu a podle druhu odpadu

(zdroj: vlastní pasport kontejnerů)

odpad/typ	plastový	pozinkovaný	kovový s nátěrem	celkem
papír	241	28	1	270
sklo	99	122	16	237
plasty	243	23	0	266
elektro	0	0	18	18
textil	0	0	17	17
celkem	583	173	52	808

4.3 Situace svozu odpadu v Přerově

Svoz směšného komunálního odpadu zajišťuje společnost Technické služby města Přerova, s.r.o. (TS), jejímž většinovým vlastníkem je Statutární město Přerov. Město vyplácí TS finanční kompenzaci, která se odvíjí od počtu obslužených nádob, nikoliv od počtu kilometrů ujetých svozovými vozidly. Při zadání této práce byla předpokládána především komunikace s Magistrátem města Přerova a dále doplňková komunikace s TS pro zajištění podkladových dat a nezbytných informací pro tvorbu svozových tras nádob na separovaný odpad. Komunikaci s TS však nebylo možno přes velké úsilí z neznámého důvodu navázat. Z výše uvedených skutečností tedy vyplývá, že tvorba svozových tras v rámci této práce nebyla možná v plném rozsahu. Pro dosažení cílů stanovených v zadání této práce však byl vznesen pracovníky MMPř dodatečný požadavek vytvořit hrubý odhad najetých kilometrů v případě nejkratší trasy svozového vozidla. V úvahu tedy nebylo bráno objemové omezení vozidel, čímž byl svozně-rozvozní problém zjednodušen na výpočet analýzy nejkratší cesty mezi nádobami na separovaný odpad.

5 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

5.1 Použité programy

Pro potřeby tvorby geodatabází, přípravy dat, analýz a vizualizací bylo použito programu ArcGIS 10 s licencí ArcInfo. Síťové analýzy byly zpracovány v extenzi Network Analyst a analýzy distribuce obyvatel, vzdáleností a další analýzy pracující s rastrovou reprezentací byly provedeny za pomoci nástrojů z extenze Spatial Analyst.

Dále bylo využito programů Microsoft Access, Microsoft Excel a Microsoft Word.

5.2 Použitá vstupní data

Data byla pořízena ze dvou zdrojů. Prvním z nich bylo Oddělení informačních a komunikačních služeb Odboru vnitřní správy Magistrátu města Přerova, se kterým bylo při tvorbě této práce spolupracováno. Jednalo se o data:

- adresní body,
- osy chodníků,
- osy komunikací,
- podkladová data (plochy komunikací, plochy železnice, vodní plochy, nezastavěná území ve vlastnictví města).

Druhým zdrojem byl vlastní pasport kontejnerů na separovaný odpad, jenž proběhl v září 2011.

5.2.1 Pasport kontejnerů na separovaný odpad

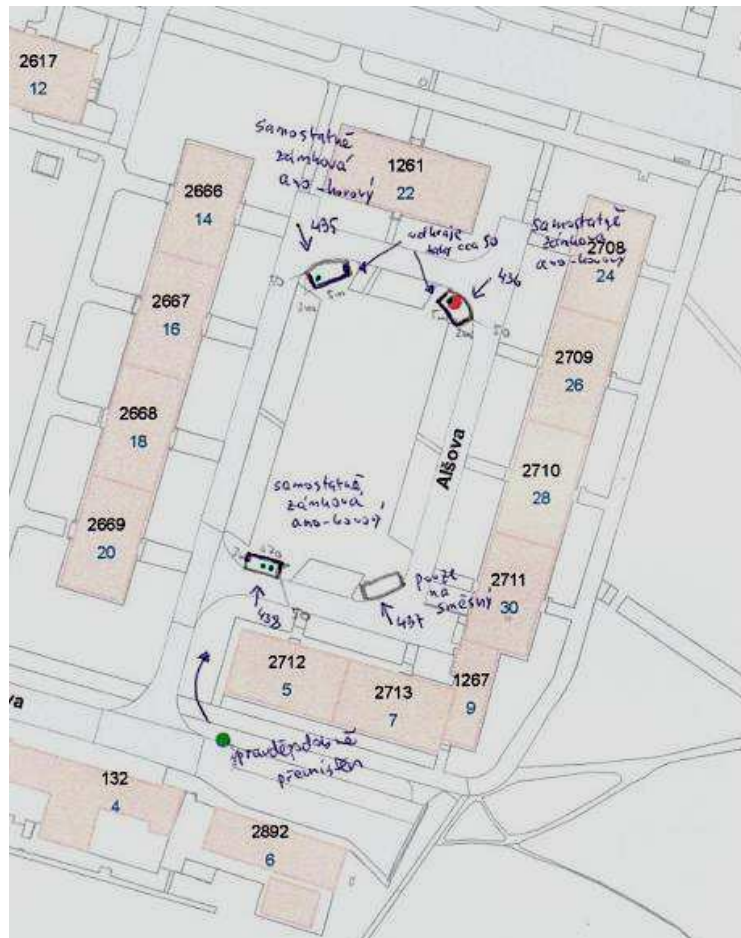
Území města Přerova je velmi podrobně a kvalitně zmapováno, avšak nádoby na odpad, resp. nádoby na separovaný odpad ještě v minulosti mapovány nebyly. Technické služby města Přerova, s.r.o. poskytly aktuální výpis z evidence kontejnerů s adresami, v jejichž blízkosti se nacházejí a dále byla s pomocí aktuální ortofotomapy orientačně zakreslena bodovou reprezentací poloha kontejnerových stání. Pro lepší orientaci při následném mapování byly vytvořeny tři kategorie stání:

- lze dobře rozpoznat na ortofotosnímku, a je tedy známo, kde se nachází,
- lze rozpoznat na ortofotosnímku, ale není jisté, zda se jedná o stání kontejnerů na separovaný odpad,
- na ortofotosnímku nelze nalézt.

Následoval tisk podrobné digitální technické mapy (DTM) města Přerova v měřítku 1 : 1000, která byla posléze využita v terénním průzkumu, jehož postup byl následující:

- foto kontejnerů a stání,
- zakreslení kontejnerového stání (atributy: charakter, podklad, oplocení),
- oměření stání pásmem,
- zakreslení přibližného umístění kontejnerů,

- zakreslení polohy a směrového úhlu pořízené fotografie.



Obr. 9 – Zakreslování polohy během terénního průzkumu



Obr. 10 – Fotodokumentace z terénního průzkumu (vlastní foto autora)

Postprocesní zpracování zahrnovalo zanesení výsledků terénního průzkumu do geodatabáze pomocí editačních nástrojů v prostředí ArcGIS 10.0. Jako topografický podklad byla použita identická digitální technická mapa, jež byla použita při terénním průzkumu. Pro snazší naplnění atributových dat podle datového modelu bylo využito domén. Vytvořeny byly čtyři třídy prvků:

- kontejnerová stání,
- oplocení kontejnerových stání,
- kontejnery – doplněno i o kontejnery na SKO (směsný komunální odpad), které byly na smíšeném kontejnerovém stání,
- fotografie (připojena formou přílohy, zanesen úhel natočení).

Kontejnerová stání	poznámka	Oplocení kont. stání	Kontejnery
typ nezadáno směsný odpad tříděný odpad sběrná plocha smíšené jiné - viz poznámka	presnost dat nezadáno geodeticky měřeno vektorizováno ze souřadnic odměřeno od pom. bodů zakresleno orientačně zakresleno při aktualizaci pz vektorizováno z ortofoto tablet - odměřeno pásmem interpolováno z projektu	specifikace nezadáno plot brána jiný - viz poznámka	typ kontejneru nezadáno plastový pozinkovaný kovový s nátěrem jiný - viz poznámka
charakter nezadáno samostatně stojící na komunikaci na parkovišti na chodníku jiné - viz poznámka	datum změny <datum>	obec Přerov Kozlovice Lověšice Předmostí Dluhonice Újezdec Čekyně Henčlov Mnary Lýsky Popovice Žeravice Penčice Bochoř Homí Moštenice Troubky nad Bečvou Tučín Lhotka Lazníky Lazničky Svrčov Brodek Cítov	odpad biomasa elektro jiný nezadáno papír plasty sklo směsný textil
obec Přerov Kozlovice Lověšice Předmostí Dluhonice Újezdec Čekyně Henčlov Mnary Lýsky Popovice Žeravice Penčice Bochoř Homí Moštenice Troubky nad Bečvou Tučín Lhotka Lazníky Lazničky Svrčov Brodek Cítov	data změnil <text>	typ nezadáno kovový dřevěný zděný ohradní zeď jiný - viz poznámka	objem <číslo>
ulice ...	datum pořízení <datum>	poznámka <text>	inventární číslo <text>
umístění <text>	data pořídil <text>	datum změny <datum>	obec Přerov Kozlovice Lověšice Předmostí Dluhonice Újezdec Čekyně Henčlov Mnary Lýsky Popovice Žeravice Penčice Bochoř Homí Moštenice Troubky nad Bečvou Tučín Lhotka Lazníky Lazničky Svrčov Brodek Cítov
povrch nezadáno živice - ABS asfalt tvrdolitý asfalt tvrdolitý s kaménky beton litý dlažba beton 50x50 dlažba beton 30x30 ...	délka <číslo>	datum změny <datum>	ulice ...
oplocení ne	šířka <číslo>	data změnil <text>	poznámka <text>
	datum změny pas. <datum>	datum pořízení <datum>	datum změny pasprotu <datum>
	data pasportu změnil <text>	data pořídil <text>	data pasportu změnil <text>

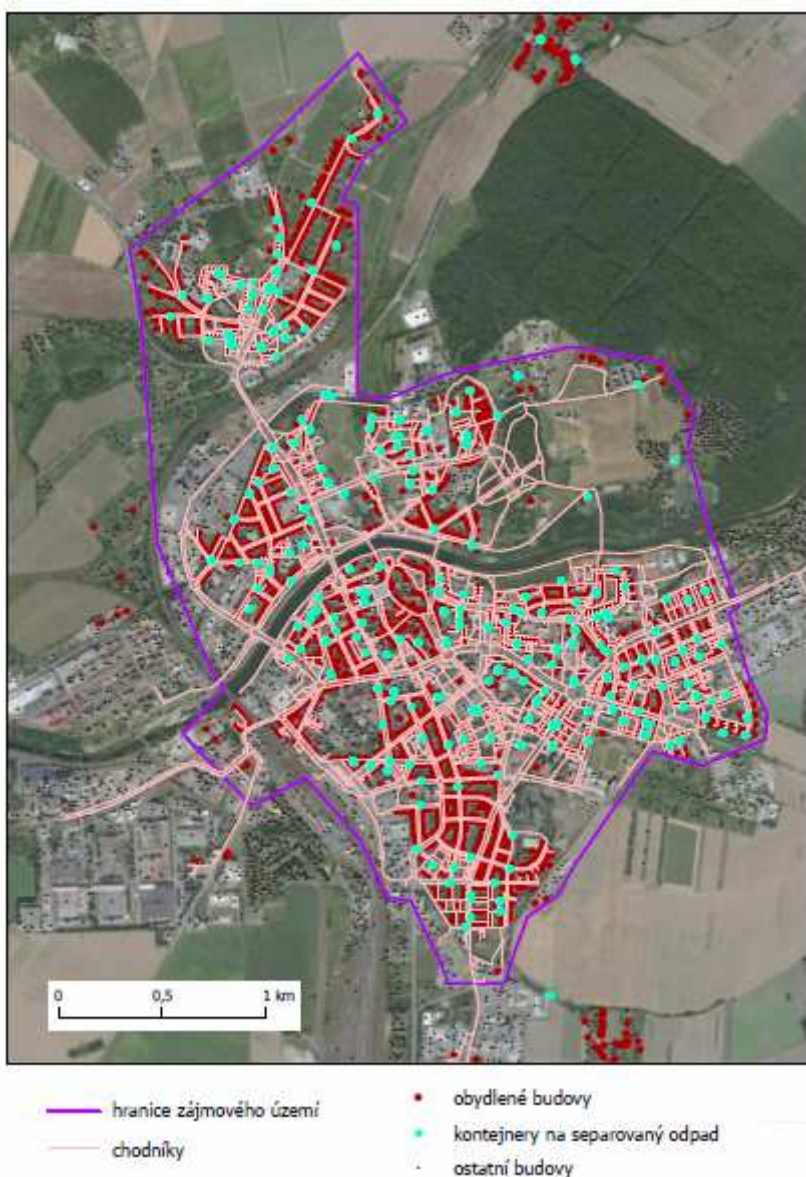
Obr. 11 – Datový model mapovaných dat včetně výpisu přípustných hodnot jednotlivých atributů

Výstupy pasportu byly kartograficky vizualizovány. Mapa stanovišť nádob na tříděný odpad je přílohou č. 2 k této práci. Zvláště byly vizualizovány stanoviště v okolních místních částech, výsledná mapa je přílohou č. 3 k této práci.

5.3 Zájmové území

Pro potřeby následujících analýz bylo vymezeno zájmové území. Prvním omezujícím kritériem byla eliminace místních částí, které patří pod samosprávu Přerova, avšak nejsou součástí kompaktní zástavby města. Vybráno bylo pouze území městských částí Přerov, Předmostí a Popovice.

Následující náhled dat určil oblasti s výskytem kontejnerů na separovaný odpad, obydlených adresních míst a rozpětí sítě chodníků. S ohledem na rozsah těchto jevů byla editačními nástroji vytvořena oblast obsahující maximální možné množství dané tematiky.



Obr. 12 – Vymezení zájmového území

5.4 Metody a postupy

Pro první náhled obyvatelstva a distribuce kontejnerů byla zvolena analýza hustotních map jejich vzájemným podílem.

Nejjednodušším způsobem vymezení sféry vlivu je vytvoření Thiessen polygonů kolem každého bodu. Thiessen polygon (též Voronoi polygon) je definován jako „*polygon, který obsahuje právě jeden měřený bod. Ostatní body uvnitř polygonu jsou blíže tomuto měřenému bodu než kterémukoliv jinému měřenému bodu* [6].“ Jediným kritériem rozdělení území je tedy přímá vzdálenost od kontejneru.

Pro vhodnější modelování reality však přímé vzdálenosti nestačí. Řešením může být využití síťových analýz, jak již bylo podrobněji popsáno v kapitole 2.7.2. Extenze Network analyst softwaru ArcGIS 10.0 nabízí několik druhů analýz, z nichž jedna – Service Area – vytváří obslužné zóny kolem zadaných cílových bodů na základě vzdálenosti po síti. Pro předem zadanou hodnotu míry dostupnosti naleznou hraniční body na síti a propojí je úsečkami, čímž vytvoří polygon obslužné zóny. Nebere tedy v úvahu „startovní místa“, tedy adresní body. Tato metoda je tedy vhodná především pro vytvoření oblastí, kde vzdálenost po síti od kontejnerů spadá do stejného intervalu. Pokud je potřeba nalézt nejkratší vzdálenost mezi místy, kde je odpad tříděn a kde je vyhazován, použije se metoda Closest Facility, která každému adresnímu bodu přiřadí nejbližší nádobu. Obslužnou zónu poté lze chápat jako množinu adresních bodů (včetně jejich okolí), ze kterých je nejbližší do stejného kontejneru. Okolí adresních bodů je vytvořeno jako výsledek deterministické interpolace pomocí Thiessen polygonů, kde interpolovanou hodnotou je právě příslušnost ke kontejneru. Touto metodou je do každé obslužné zóny přiřazen skutečný počet obyvatel, pro který je daná nádoba nejbližší.

Podle informací z webových stránek společnosti EKO-KOM je prokázáno, že důležité při rozhodování obyvatel, zda budou třídít odpad je vzdálenost od kontejneru. Pokud je kontejner vzdálen méně jak 150 m, pak třídí 65 % obyvatel. V případě, že obyvatelé musí ke kontejneru ujít více než 400 m, pak jich třídí pouze 5 %. Z toho také vyplývá, že ve vzdálenosti 150 až 400 m třídí 5 – 65 % obyvatel, kde jistým zjednodušením je střední hodnota 30 % obyvatel. Kombinací této informace s oblastmi, kde vzdálenost po síti od kontejnerů spadá do stejného intervalu, lze vypočítat teoretický počet obyvatel třídící odpad. Jak již bylo zmíněno výše, pro výpočet těchto oblastí byla použita metoda Service Area.

Výsledky analýz obslužných zón a analýz vzdáleností mohou být následně vzájemně kombinovány. Vhodným nástrojem ke kombinaci prostorových výsledků může být mapová algebra, při které jsou „*prováděny aritmetické a jednoduché analytické operace s vrstvami vystupujícími jako proměnné* [8].“ Výsledky předchozích analýz tedy byly převedeny na rastry, rozděleny podle prahových hodnot a vzájemně pronásobeny.

Nejjednodušší optimalizaci lze provést přidáním kontejneru do míst, kde jsou v nepořádku oba ukazatele pro všechny kontejnery zároveň. Jedná se tedy o základní variantu s cílem eliminovat nejproblémovější oblasti přidáním minimálního množství

nových kontejnerů, čímž bude zaručena ekonomická únosnost optimalizace. Doplněna je o odebrání malého počtu kontejnerů, kde je hustota nádob naopak předimenzována.

Následná optimalizace musí vycházet z předpokladu, že umístění nového či přesun stávajícího kontejneru nepodléhá dalším omezením, jako je stav aktuálního územního plánu, hygienická, či politická omezení.

Tab. 2 – Druhy analýz dostupné v extenzi Network analyst použité v této práci

Název	Pracovní vrstvy	Výsledná vrstva	Vlastnosti výsledné vrstvy	Využití
Route	Stops	Routes	Spojuje nejkratší cestou vstupní body	Trasování svozových vozidel
Service Area	Facilities	Polygons	Vytváří obalové zóny na základě udané vzdálenosti, která je měřena po síti	Analýza vzdálenosti
Closest Facility	Facilities, Incidents	Routes	Přiřadí každému zdroji nejbližší zařízení	Analýza obslužných zón
OD Cost Matrix	Origins, Destinations	Lines	Vypočítá hodnotu potřebné míry dostupnosti od každého zdroje ke každému cíli	Analýza matice nákladů

6 ÚPRAVA DAT

Získaná data, tématická i podkladová, bylo nutné pro potřeby analýz upravit.

6.1 Vrstva chodníků

Vrstva chodníků byla získána ve formátu ESRI shapefile z Magistrátu města Přerova. Pro přesnější modelování reality však bylo potřeba tuto vrstvu značně upravit.

6.1.1 Editace

Byla provedena celková úprava polohopisu podle DTM (vizuální kontrola podle ortofotomapy z Národního geoportálu Cenia), následovalo zhuštění do nejvyšší možné podrobnosti. Přidány byly přípojky ke vchodům, chybějící propojky a celé úseky v méně obydlených částech (např. v oblasti parku Michalov). V místech pravidelného obloukového zatočení delších úseků proběhlo nahrazení rovných segmentů obloukovými.

Zvláštním případem bylo vyřešení křížení komunikací. Byl zvýšen počet přechodových míst podle následujících pravidel:

- v místech logické návaznosti, pokračování hlavních tras,
- v místech křížení pozemních komunikací,
- mimo vzdálenost 50 m (určena metodou buffer) od přechodů pro chodce v ose, komunikace, kterou tento přechod křížuje,
- mimo logické překážky (příliš frekventovaná ulice, široká ulice s podélnými travnatými pásy).

6.1.2 Kontrola topologie

Topologická čistota je jedním z požadavků na vytvoření kvalitní sítě v extenzi Network analyst. Byla vytvořena vrstva Topologie souborové databáze obsahující tato pravidla:

- nesmí překrývat samy sebe,
- nesmí protínat samy sebe,
- nesmí se překrývat, protínat ani dotýkat (mimo konců),
- nesmí mít pseudo-uzly.

Při první kontrole bylo celkem opraveno 176 chyb. Problematickým se ukázalo být nalezení nedotahů, které mohou způsobit fragmentaci sítě. Vyřešeno bylo po konzultaci s pracovníkem MMPř pomocí nástroje "Hledání volných konců linií (bez topologie)" z toolsetu "Aktualizace DTM", který byl vyvinut speciálně pro toto pracoviště. Nalezeno bylo 5 nedotahů (prahová vzdálenost 0,2 m).

6.1.3 Atributy

Dalším krokem bylo doplnění tematické složky. Vyřešeny musely být atributy Typ úseku, Délka úseku, Rychlost pohybu chodce a Čas.

Typ úseku

Jedná se o úplně novou informaci, která se v původní vrstvě nevyskytovala. Nabývá hodnot "cho", "pre", "fre", "sem" a "kli" (viz tabulka 3) Úseky přechodových míst musely být vyčleněny manuální editací. Chodníky byly ořezány plošnou vrstvou komunikací a zvýrazněny pro snadnější orientaci, v mnoha místech se však vyskytovaly nepřesnosti, proto byla zvolena ruční editace. Zda se jedná o frekventovanou či klidnou ulici bylo posuzováno podle dat ŘSD (Ředitelství silnic a dálnic) z r. 2010.

Délka úseku (Length)

Je počítána automaticky při editaci.

Rychlost pohybu chodce (Speed)

Empiricky zjištěna terénním průzkumem, kdy se v průběhu čtyř dnů pracovního týdne měřily průměrné časy potřebné k překonání daných typů přechodových míst. Pozorování probíhalo na místech (především v centru města, ale i v okrajových částech) s různými podmínkami dopravy v různých částech dne a celkem bylo pro každý typ provedeno 22 pozorování. Ze zjištěných časů byly vypočteny průměrné rychlosti pohybujícího se chodce daným úsekem (viz tabulka 3).

Čas (Seconds)

Dopočítán podle vzorce:

$$t = \frac{s}{v} \quad (1)$$

Tab. 3 – Výpočet atributů vrstvy chodníků

kód	typ úseku	průměrný čas [s]	průměrná vzdálenost [m]	průměrná rychlost [km/h]	zdroj informace
cho	běžný chodník	-	-	4	MMPř
pre	přechod pro chodce	13	10,9	3,0	vlastní průzkum
sem	Přechod pro chodce se semaforem	38,85	15,5	1,5	vlastní průzkum
fre	křížení frekventované komunikace mimo přechod	37,71	10,6	1,0	vlastní průzkum
kli	křížení klidné komunikace mimo přechod	9,55	9,2	3,5	vlastní průzkum

Po doplnění atributů byla následně opět zkontrolována topologická přesnost dat. Nebylo již použito pravidla "Nesmí mít pseudo-uzly". Výsledná vrstva byla oříznuta vrstvou zájmového území a pojmenována „osy_chodniku_centrum.shp“.

6.1.4 Řešení problému budov se dvěma vchody

Adresní body jsou v průběhu výpočtu síťové analýzy vždy přichytávány k nejbližší hraně (příp. uzlu) sítě. U domů s jedním vchodem otočeným směrem k chodníku se přichytí vždy v místě, kde se občan třídící odpad vždy k síti skutečně připojí. Problém

nastává u domů se dvěma vchody, ve většině případů panelových a činžovních domů. Nejbližší hrana sítě zde nemusí být pro chodce vždy ta nejvýhodnější. Pro zrovnoprávnění obou vchodů byl vytvořen zvláštní druh úseku chodníku, který vyjadřuje možnost východu z budovy spojením adresního bodu a skutečné chodníkové přípojky ke vchodu. Jejich podobu znázorňuje obr. 13. Bylo třeba však zajistit, aby tyto úseky byly pouze jednosměrné, použitelné pro východ z budovy, nikoliv pro vhod dovnitř. Tím se zamezilo, aby tento úsek sítě používali také chodci, kteří do budovy nemají oprávněný vstup. Editací těchto úseků byla vytvořena alternativní vrstva chodníků s názvem „osy_chodniku_centrum_vchody.shp“, jež byla využita v některých analýzách.



Obr. 13 – Jednosměrné úseky vrstvy chodníků zastupující východy z budovy

6.2 Vrstva komunikací

Vrstva komunikací byla získána ve formátu shapefile z Magistrátu města Přerova. Podobně jako u vrstvy chodníků byla provedena úprava polohopisu a zhuštění do nejvyšší možné podrobnosti. Výsledky editace byly opraveny podle stejných topologických pravidel.

Tab. 3 – Množství změn po úpravě sítě

	chodníky		komunikace	
	počet prvků	celková délka [m]	počet prvků	celková délka [m]
původní	3427	153345	1565	98595
po úpravě	6917	203829	4577	272106
index změny	2,02	1,33	2,92	2,76

6.3 Vrstva kontejnerů

Vrstva kontejnerů byla rozdělena (Select) podle jednotlivých typů nádob – plast, papír, sklo, textil a elektro. Každá z těchto vrstev pak byla upravena následujícím způsobem:

- na každém stanovišti byl ponechán pouze jeden kontejner daného typu, ostatní byly smazány,
- k jeho objemu byly přičteny objemy odstraněných kontejnerů,
- přidán byl atribut počet kontejnerů – pocet_kont (Short Integer, 2),
- výsledná vrstva byla ořezána (Clip) vrstvou zájmového území,
- vzniklá vrstva byla pojmenována „[odpad]_centrum.shp“.

Pro potřeby síťových analýz byl vytvořen nenulový identifikátor přidáním pole ID_stani (Short Integer, 5). Hodnoty tohoto atributu byly vypočteny pomocí Field Calculator, kde

$$\text{ID_stani} = \text{FID} + 1 \quad (2)$$

6.4 Vrstva adresních bodů

Poskytnutá třída prvků „budovy_C“ byla oříznuta vrstvou zájmového území. Pro potřeby síťových analýz byl vytvořen nenulový identifikátor přidáním pole ID_budova (Short Integer, 5). Hodnoty tohoto atributu byly vypočteny pomocí Field Calculator, kde

$$\text{ID_budova} = \text{FID} + 1 \quad (3)$$

Pro některé analýzy byla použita vrstva, která obsahovala pouze obydlené adresní body vybrané nástrojem Select.

6.5 Tvorba síťového datasetu

Provedení síťové analýzy v Network Analyst není možné, pokud není z liniové vrstvy vytvořen tzv. síťový dataset (Network dataset), který se vytváří v prostředí programu ArcCatalog. Po kliknutí pravým tlačítkem na danou vrstvu je vybrána možnost „New Network Dataset...“, jež dále pokračuje dialogovým oknem umožňujícím uzpůsobit některá nastavení nového síťového datasetu.

Pro potřeby analýz bylo použito vrstvy chodníků oříznuté zájmovým územím (Clip) a opětovně přepočtenými atributy Length, Speed, Seconds.

7 ANALÝZY DOSTUPNOSTI

7.1 Analýza hustotních map

Vytvoření hustotní mapy vyžaduje transformaci bodové reprezentace adresních bodů (zastupujících počet obyvatel v daném místě) do kontinuálního pole.

Vhodným je nástroj „Kernel Density“ (Spatial analyst) pracující na principu metody jádrového vyhlazení. Důležitým nastavením, které má vliv na vzhled výsledné hustotní mapy, je parametr search radius ($\tau > 0$), který se obecně „označuje jako šířka pásma (bandwidth) a určuje stupeň vyhlazení. Pro velké τ je distribuce značně plochá a chybí lokální prvky. Pokud je τ příliš malé, může se distribuce projevat jako sada vrcholů s centry v místech událostí. V praxi se optimální hodnota τ hledá zkoušením, zda výsledný obraz jádrového vyhlazení vyhovuje především z hlediska vhodného postižení variability pole [4].“ Pro potřeby následujících analýz byly zvoleny násobky hodnoty 110 m.

Hustotní mapa byla vytvořena nad vrstvou adresních bodů, kde polem hodnot populace (Population field) byl počet obyvatel a následně nad vrstvou stanovišť nádob na tříděný odpad, kde polem hodnot populace byl počet kontejnerů. Výsledné hustotní mapy byly pomocí nástroje Raster Calculator vzájemně poděleny, na základě vzorce

$$M[\text{ob.kont}^{-1}] = \frac{HO[\text{ob.km}^{-2}]}{HK[\text{kont.km}^{-2}]}, \quad (4)$$

kde

M teoretický počet obyvatel na nádobu v daném místě,

HO hustota obyvatel v daném místě,

HK hustota kontejnerů v daném místě,

ob obyvatel,

kont kontejner.

Analýza byla provedena pro každý typ ukládaného odpadu zvlášť a výsledky byly vizualizovány. Data byla pro potřeby vizualizace klasifikována do čtyř tříd, kde mezní hodnotou byl počet 190 obyvatel na nádobu a dále násobky tohoto počtu. Hustotní mapa nádob na plast (search radius 220 m) je přílohou č. 4 k této práci, ostatní mapy lze nalézt na přiloženém CD-ROM.

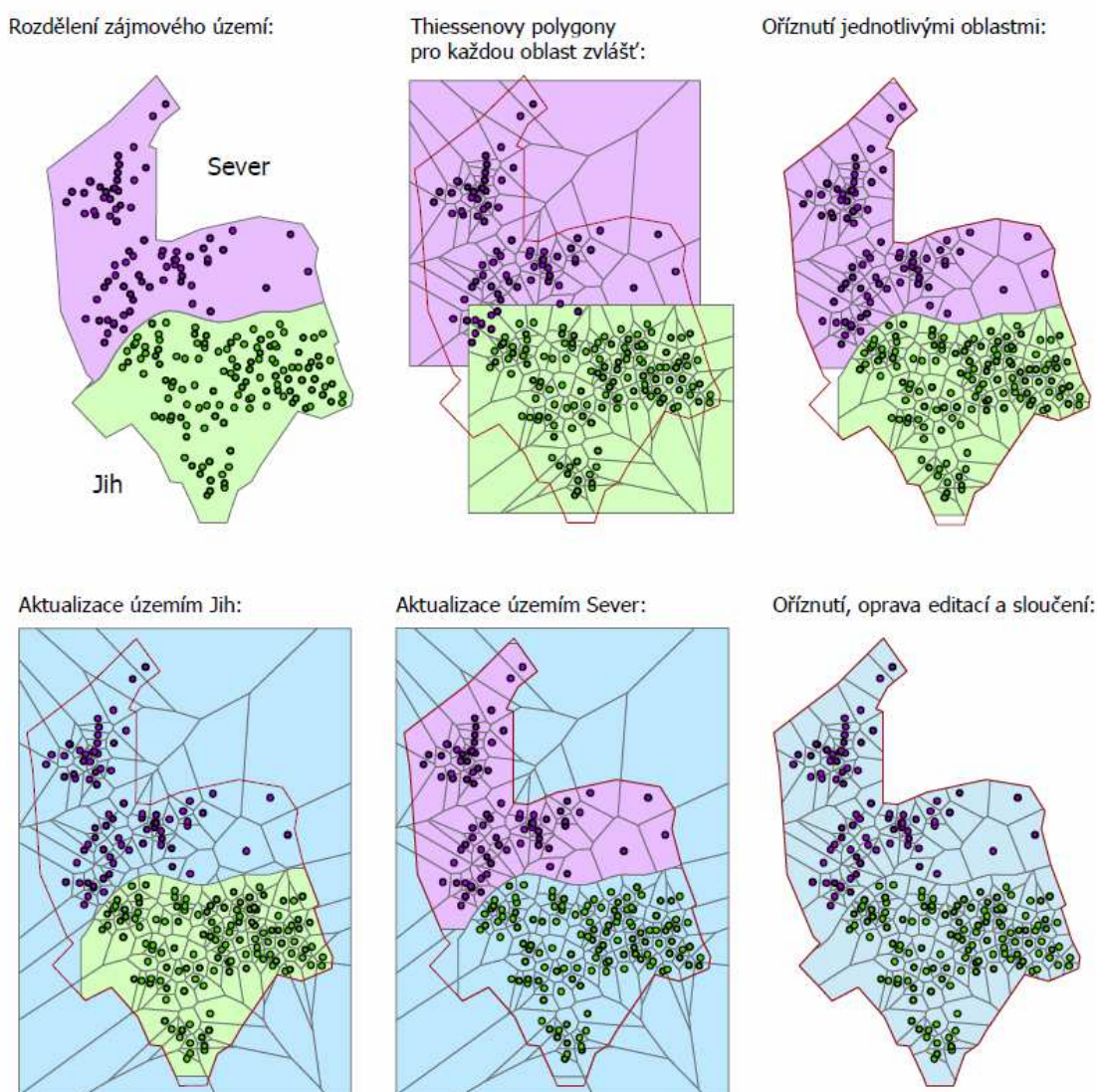
7.2 Analýza obslužných zón

7.2.1 Metoda přímé vzdálenosti – Thiessen polygony

Pro alespoň minimální omezení přírodními podmínkami, byla jako přirozená bariéra využita osa řeky Bečvy, což značně zkomplikovalo postup vytvoření obslužných zón

Thiessenovými polygony. Nejdříve byla editací (nástroj Rozdělit polygony linií) rozdělena vrstva zájmového území podél osy řeky do oblastí Sever a Jih a každá část byla vyexportována zvlášť. Podle těchto oblastí poté byla rozdělena také vrstva nádob na tříděný odpad a v obou částech byly kolem těchto bodů vytvořeny Thiessenovy polygony, jež byly následně ořezány příslušnou částí zájmového území.

Thiessenovy polygony jsou ze své podstaty v okrajových částech analyzovaných dat nekonečně velké. Nástroj Create Thiessen Polygons kolem analyzované oblasti uměle vytvoří hranici, po kterou jsou polygony vytvářeny. Tyto rozsahy byly při vytváření Thiessen polygonů pro oblasti Sever a Jih menší, než je rozsah zájmového území. Pro pokrytí celého zájmového území obslužnými zónami podle této metody bylo třeba vytvořit Thiessenovy polygony také pro celou vrstvu nádob na tříděný odpad a tu následně dvakrát za sebou aktualizovat (Update) vrstvami Thiessenových polygonů podoblastí Sever a Jih. Závěrečnou úpravou bylo spojení (Dissolve) podle atributu ID_stani.



Obr. 14 – Ilustrace postupu tvorby Thiessenových polygonů s přirozenou bariérou

Obslužné zóny vytvořené touto metodou byly vizualizovány pomocí kartografických metod. Výsledná mapa pro nádoby na plast je součástí této práce jako příloha č. 5, ostatní mapy lze nalézt na příloženém CD-ROM.

7.2.2 Metoda Closest facility

Do projektu byl přidán Network dataset vytvořený nad vrstvou chodníků doplněnou o vchodové přípojky. Proces tvorby obslužných zón byl zahájen spuštěním analýzy New Closest facility, která pracuje s vrstvami Incidents (startovní místa – adresní body) a Facilities (zařízení – stanoviště nádob na tříděný odpad). Před načtením dat, bylo třeba v nastavení analýzy v záložce Network locations přidat možnost přichytávání také na geometrii (Shape) vrstvy „osy_chodniku_centrum_vchody_ND_junctions“, čímž je zajištěno, že adresní body budou k síti přichyceny v lomovém bodě, který je totožný s jejich polohou. Načtení dat probíhalo pomocí dialogového okna Load loactions:

- do vrstvy Facilities byla načtena vrstva [typ]_centrum.shp, tříděná podle atributu ID_stani (Sort Field), ostatní nastavení byla ponechána na původních hodnotách,
- do vrstvy Incidents byla načtena vrstva adresni_body.shp, tříděná podle atributu ID_budova (Sort Field), ostatní nastavení byla ponechána na původních hodnotách.

Jako míra dostupnosti zde byla použita časová dostupnost, jako odporový faktor byl tedy v nastavení Analysis settings nastaven atribut Seconds. Vyhodnocení analýzy bylo provedeno příkazem Solve.

Výsledkem analýzy je vrstva Routes, která každému adresnímu bodu (atribut Incident ID) přiřazuje nejbližší stanoviště (atribut FacilityID). Pro pozdější využití bylo třeba tuto vrstvu uložit do formátu shapefile.

Dalším krokem bylo připojení dat (Join) z atributové tabulky vrstvy routes.shp k datům vrstvy adresni_body.shp, kde IncidentID = ID_budova. V tuto chvíli již každý adresní bod obsahoval informaci o nejbližším stanovišti vyjádřeném hodnotou atributu FacilityID.

Následně bylo kolem každého adresního bodu vytvořeno nejbližší okolí metodou Thiessenových polygonů. Při spuštění nástroje Create Thiessen Polygons byla v nastavení Output fields vybrána možnost ALL, která zajistila, že výsledné polygony budou obsahovat všechny atributy ze zdrojové vrstvy. Pro vytvoření obslužné zóny bylo třeba všechna okolí sloučit v jeden areál, a to rozpuštěním pomocí nástroje Dissolve podle atributu FacilityID. V nastavení tohoto nástroje je možné zvolit, zda se mají některé atributy během slučování statisticky zpracovat. Toho bylo využito při výpočtu celkového součtu počtu obyvatel v adresních bodech. Výsledná vrstva byla oříznuta (Clip) vrstvou zájmového území a pojmenována „[odpad]_obslužne_zony.shp“. Pro každou obslužnou zónu byla vypočítána normalizovaná hodnota počtu obyvatel na jednu nádobu.

Analýza byla provedena pro každý typ ukládaného odpadu zvlášť a výsledky byly vizualizovány. Data byla pro potřeby vizualizace klasifikována do čtyř tříd, jež odpovídají třídám vytvořeným při vizualizaci podílu hustotních map. Mapa obslužných zón nádob na plast je přílohou č. 6 k této práci, ostatní mapy lze nalézt na příloženém CD-ROM.

7.2.3 Míra shodnosti metod výpočtu obslužných zón

Obě předchozí metody vymezení obslužných zón docházejí k rozdílným výsledkům, proto bylo přistoupeno k jejich vzájemnému porovnání. Obě výsledné vrstvy byly podstoupeny operaci Průnik (Intersect), která „provede geometrický průnik prvků ve vstupních vrstvách. Výsledek zapíše do nové třídy prvků, kde každý prvek obsahuje atributy ze všech vstupních vrstev [11].“ Následně byl proveden výběr (Select) prvků, kde se shodují atributy ID_stani z obou vstupních vrstev. Do výsledné vrstvy bylo přidáno pole vymera (Double, 20, 5) a vypočítána výměra jednotlivých shodných ploch podle vzorce

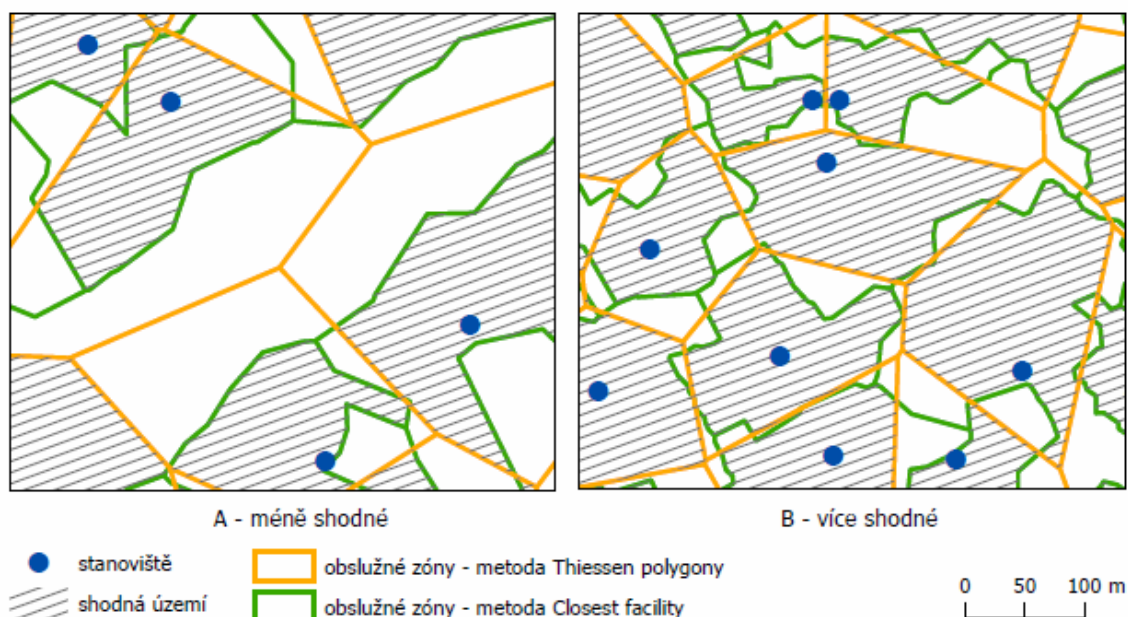
$$S_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{V_z} \cdot 100 [\%], \quad (5)$$

kde S_t je míra shodnosti metod výpočtu obslužných zón stanovišť daného typu nádob na tříděný odpad, V_i je výměra shodné plochy, n je počet shodných ploch a V_z výměra zájmového území.

Tab. 4 Míra shodnosti výsledků metody Thiessen polygony a Closest Facility

odpad	$\sum_{i=1}^n V_i$ [m ²]	S_t [%]
plast	4614277,483	64,76
papír	4840944,32	67,94
sklo	4798949,65	67,35

Výsledná hodnota tedy udává celkovou míru shodnosti pro zájmové území. V různých částech území však může být shodnost výsledků obou metod různá. Na obrázku 15 A se nachází příklad území, kde jsou obslužné zóny vypočítané metodami Thiessen polygony a Closest facility méně shodné. Jedná se o území s více pravidelnou sítí. Na obrázku 15 B naopak příklad území, kde je shodnost vyšší. Jedná se o území s méně pravidelnou sítí.



Obr. 15 – Shodnost obslužných zón podle metody Thiessen polygony a Closest facility

7.3 Analýza vzdáleností

7.3.1 Analýza vzdálenosti od nejbližšího stanoviště

Pro prostorové rozdělení území podle vzdálenosti po síti od nádob na separovaný odpad byla použita metoda Service Area. Do projektu byl přidán Network dataset vytvořený nad vrstvou chodníků bez vchodových přípojek. Proces tvorby oblastí byl zahájen spuštěním analýzy New Service Area, která pracuje s vrstvou Facilities (zařízení – stanoviště nádob na tříděný odpad. Načtení dat probíhalo pomocí dialogového okna Load loactions, kde do vrstvy Facilities byla načtena vrstva „[odpad]_centrum.shp“, tříděná podle atributu ID_stani (Sort Field), ostatní nastavení byla ponechána na původních hodnotách.

Jako míra dostupnosti zde byla použita vzdálenost, jako odporový faktor byl tedy v nastavení Analysis settings nastaven atribut Meters a mezní hodnoty intervalů (Default breaks) byly vyplněny na 150, 400 a 900 metrů. Dále bylo třeba upřesnit tvorbu výsledných polygonů (oblastí). V záložce Polygon Generation bylo v nastavení Polygon Type zaškrtnuta možnost „Detailed“ a odškrtnuta možnost vytvoření přidavných obalových zón „Trim Polygons“. Ostatní nastavení byla ponechána na původních hodnotách, tedy i možnost překrývajících se polygonů (Overlapping). Vyhodnocení analýzy bylo provedeno příkazem Solve.

Výsledkem analýzy je vrstva Polygons, kde kolem každého stanoviště jsou ve třech prstencích vytvořeny polygony oblastí se vzdáleností po síti spadající do zadaných intervalů. Pro pozdější využití bylo třeba tuto vrstvu uložit do formátu shapefile.

Následně byly pomocí editace prstence stejného typu sloučeny do jednoho prvku a výsledné tři prvky vyexportovány každý zvlášť. Poté byly všechny tři vzájemně aktualizovány (Update), čímž vznikla topologicky čistá vrstva oblastí vzdáleností nazvaná „[odpad]_podle_vzdalenosti.shp“. Analýza byla provedena pro každý typ ukládaného odpadu zvlášť a výsledky byly vizualizovány. Mapa vzdálenosti adresních bodů od nádob na plast je přílohou č. 7 k této práci, ostatní mapy lze nalézt na přiloženém CD-ROM.

Prostorovým výběrem byly vybrány adresní body spadající do jednotlivých oblastí a dále atributovým výběrem byly vybrány pouze obydlené adresní body. Pro každý interval byl proveden součet hodnot v poli počet obyvatel. Výsledné hodnoty sloužily pro výpočet (viz příloha 7) teoreticky třídících obyvatel, jež jsou součástí výsledků této práce.

7.3.2 Analýza matice nákladů (OD Cost Matrix)

Pro výpočet dalších vzdálenostních charakteristik byla použita metoda OD Cost Matrix. Do projektu byl přidán Network dataset vytvořený nad vrstvou chodníků doplněnou o vchodové přípojky. Proces tvorby matice nákladů byl zahájen spuštěním analýzy New OD Cost Matrix, která pracuje s vrstvami Origins (výchozí místa – adresní body) a Destinations (cíle – stanoviště nádob na tříděný odpad). Před načtením dat, bylo třeba v nastavení analýzy v záložce Network locations přidat možnost přichytávání také na geometrii (Shape) vrstvy „osy_chodniku_centrum_vchody_ND_junctions“, čímž je zajištěno, že adresní body budou k síti přichyceny v lomovém bodě, který je totožný s jejich polohou. Načtení dat probíhalo pomocí dialogového okna Load loactions:

- do vrstvy Origins byla načtena vrstva „adresni_body.shp“, tříděná podle atributu ID_budova (Sort Field), ostatní nastavení byla ponechána na původních hodnotách,
- do vrstvy Incidents byla načtena vrstva „[odpad]_centrum.shp“, tříděná podle atributu ID_stani (Sort Field), ostatní nastavení byla ponechána na původních hodnotách.

Jako míra dostupnosti zde byla použita vzdálenost, jako odporový faktor byl tedy v nastavení Analysis settings nastaven atribut Meters. V záložce Accumulation byly zaškrtnuty metry. Vyhodnocení analýzy bylo provedeno příkazem Solve.

Výsledkem analýzy je vrstva Lines, spojí každý adresní bod s každou nádobou. Pro pozdější využití bylo třeba tuto vrstvu uložit do formátu třída prvků do geodatabáze.

Dále byl proveden export tabulkových dat do geodatabáze po otevření atributové tabulky možností Export table. Výsledná tabulka byla následně vyexportována do formátu *.dbf (Table to table) a načtena do prostředí programu Microsoft Access, kde byla přejmenována na „CostMatrix“. Pomocí dotazů jazyka SQL byly vybrány následující záznamy.

Vzdálenost k nejbližší nádobě každého od každého adresního bodu:

```
SELECT ORIGINID, MIN(Total_METE) AS Nejbliz1
FROM CostMatrix
GROUP BY ORIGINID;
```

Vzdálenost k druhé nejbližší nádobě každého od každého adresního bodu:

```
SELECT A.ORIGINID, MIN(A.TOTAL_METE) AS Nejbliz2
FROM CostMatrix AS A RIGHT JOIN DotazNejbliz1 AS B ON
A.ORIGINID=B.ORIGINID
WHERE A.TOTAL_METE>B.Nejbliz1
GROUP BY A.ORIGINID;
```

Vzdálenost k třetí nejbližší nádobě každého od každého adresního bodu:

```
SELECT A.ORIGINID, MIN(A.TOTAL_METE) AS Nejbliz3
FROM CostMatrix AS A RIGHT JOIN DotazNejbliz2 AS B ON
A.ORIGINID=B.ORIGINID
WHERE A.TOTAL_METE>B.Nejbliz2
GROUP BY A.ORIGINID;
```

Souhrnná tabulka pro předchozí hodnoty:

```
SELECT A.ORIGINID, A.Nejbliz1, B.Nejbliz2, C.Nejbliz3
FROM (DotazNejbliz1 AS A INNER JOIN DotazNejbliz2 AS B ON
A.ORIGINID=B.ORIGINID) INNER JOIN DotazNejbliz3 AS C ON
A.ORIGINID=C.ORIGINID;
```

Souhrnná tabulka byla vyexportována do souboru *.xls a v programu Microsoft Excel byly dopočítány průměrné hodnoty vzdáleností, jež jsou součástí výsledků této práce.

Program Microsoft Access byl použit, protože v programu ArcGIS 10.0 nelze vytvářet SQL dotazy s příkazem „GROUP BY“.

7.4 Celková dostupnost

Kombinací výsledků výpočtu obslužných zón a vzdáleností vznikla analýza celkové dostupnosti. Následující operace byly provedeny v extenzi Spatial Analyst.

Prvním krokem bylo vytvoření rastrových vrstev z vektorových vrstev obslužných zón (metoda Closest facility) a vzdálenosti od nejbližšího stání pomocí nástroje „Polygon to raster“. U vrstvy „[odpad]_obsluzne_zony.shp“ bylo zvoleno pole obsahující normalizovaný počet obyvatel na nádobu jako hodnota pixelů nového rastru a velikost pixelu byla stanovena na 5 m. U vrstvy „[odpad]_podle_vzdalenosti.shp“ se stala hodnotou rastru vzdálenost od nejbližší nádoby, již rozdělená podle intervalů.

Obě vrstvy byly reklasifikovány (Reclassify) do dvou tříd podle mezních hodnot 190 obyvatel na nádobu a 150 metrů od nejbližší nádoby. Reklasifikované vrstvy byly poté

vzájemně pronásobeny (Raster Calculator), čímž vznikla vrstva obsahující čtyři kategorie území, kde:

- vzdálenost i počet obyvatel v obslužné zóně jsou v pořádku (oblast A),
- v pořádku je pouze počet obyvatel v obslužné zóně (oblast B),
- v pořádku je pouze vzdálenost k nejbližšímu kontejneru (oblast C),
- oba ukazatele jsou v nepořádku (tzv. problematické oblasti – oblast D).

Tab. 5 – Mapová algebra při výpočtu celkové dostupnosti

Vlastnost ve vstupním rastru – obslužné zóny	Vlastnost ve vstupním rastru – vzdálenost	Hodnota ve vstupním rastru – obslužné zóny	Hodnota ve vstupním rastru – vzdálenost	Výsledná hodnota	Výsledná vlastnost
Obslužné zóny do 190 obyv. na nádobu	Vzdálenost do 150 m od nejbližší nádoby	1	3	3	Oblast A
Obslužné zóny do 190 obyv. na nádobu	Vzdálenost nad 150 m od nejbližší nádoby	1	4	4	Oblast B
Obslužné zóny nad 190 obyv. na nádobu	Vzdálenost do 150 m od nejbližší nádoby	2	3	6	Oblast C
Obslužné zóny nad 190 obyv. na nádobu	Vzdálenost nad 150 m od nejbližší nádoby	2	4	8	Oblast D

Výsledná rastrová vrstva tedy rozděluje území města podle celkové dostupnosti nádob na separovaný odpad, kde aspekty dostupnosti jsou vzdálenost od nejbližší nádoby a celkový počet obyvatel třídicích do jedné nádoby v dané oblasti.

Problematické oblasti však nekorespondují s koncentrací obyvatelstva, která je důležitým lokalizačním faktorem při případné optimalizaci. Proto bylo území problematických oblastí upraveno následujícím způsobem:

- z hustotní mapy obyvatelstva (Search radius 220 m) byly reklasifikací vybrány oblasti s nadprůměrnou koncentrací obyvatelstva,
- nástrojem Reclassify byla z vrstvy součinu vybrána pouze oblast D,
- oba nové rastry byly vzájemně pronásobeny a výsledkem byly problematické oblasti v místech nadprůměrné koncentrace obyvatelstva (oblast D1).

Pro každou oblast bylo vypočítáno procentuální zastoupení a pro oblast D1 také celková výměra v hektarech. Analýza byla provedena pro každý typ ukládaného odpadu zvlášť a výsledky byly vizualizovány. Mapa celkové dostupnosti nádob na plast je přílohou č. 8 k této práci, ostatní mapy lze nalézt na přiloženém CD-ROM.

8 TRASOVÁNÍ SVOZOVÝCH VOZIDEL

Vrstvy nádob podle typu ukládaného odpadu byly rozděleny podle tří oblastí, pro které byly svozové trasy počítány zvlášť. Důvodem bylo přirozené členění zájmového území podle dvou bariér – řeky Bečvy a železniční tratě – do tří prakticky izolovaných oblastí Předmostí, Za Bečvou a Přerov. Každé nové vrstvě byl uměle přidán startovní a koncový bod na místě depa TS, jejichž hodnota atributu ID_stani byla nižší respektive vyšší než hodnota samotných nádob.

Pro výpočet analýzy nejkratší cesty bylo třeba vytvořit nový síťový dataset z upravené vrstvy komunikací. Jako odporový faktor zde byla zvolena vzdálenost uložena v poli „Length“, jako omezení průjezdnosti pak jednosměrnost ulic uložená v poli „Oneway“.

Proces tvorby svozových tras byl zahájen spuštěním analýzy New Route, která pracuje s vrstvami Stops (zastávky – nádoby na tříděný odpad v dané oblasti). Načtení dat probíhalo pomocí dialogového okna Load loactions. Data byla tříděna podle atributu Load locations.

Důležitým krokem bylo v okně vlastností analýzy zatrhnout možnosti „Reorder Stops To Find Optimal Route“, díky čemuž byla vytvořena nejvhodnější trasa z hlediska vzdálenosti. Aby byl zachován startovní a koncový bod, byly ponechány zaškrtnuté možnosti „Preserve First Stop“ a „Preserve Last Stop“.

Vyhodnocení analýzy bylo provedeno příkazem Solve a jejím výsledkem byla vrstva Routes obsahující jedinou trasu, jejíž celková délka v metrech byla zjištěna ve vlastnostech této trasy.

Bylo potřeba zjistit délku trasy ve třech oblastech pro tři typy nádob, analýza byla tedy provedena celkem devětkrát. Výsledné hodnoty lze najít v tabulkách 7, 8 a 9. Grafické výsledky byly vizualizovány pro každý typ nádoby zvlášť. Mapa svozových tras nádob na plast je přílohou č. 9 k této práci, ostatní mapy lze nalézt na přiloženém CD-ROM.

9 OPTIMALIZACE

Do nového projektu byly přidány problematické oblasti v místech nadprůměrné koncentrace obyvatelstva (oblast D1) vypočítané pro každý typ ukládaného opadu zvlášť. Tyto tři rastrové vrstvy byly následně vzájemně pronásobeny (Raster Calculator), čímž vznikly tzv. nejproblematičtější oblasti.

Tyto oblasti byly následně maskovány (Extract by Mask) vektorovou vrstvou nezastavěných pozemků ve vlastnictví města a vytvořeny tak byly oblasti, kde lze přidat kompletní kontejnerové stání při optimalizaci.

Přidávání proběhlo pouze na základě subjektivního odhadu, ale respektovalo některá další omezení:

- umístění pouze v blízkosti obydlených adresních bodů,
- umístění pouze v blízkosti chodníku, nebo na chodníku, ne však na silnici,
- umístění kompletních kontejnerových stání (plast, sklo, papír).

Celkem bylo přidáno 11 kompletních kontejnerových stání do 10 nejproblematičtějších oblastí. Do prostorově nejrozsáhlejší nejproblematičtější oblasti v okolí ulic Husova a Škodova byla přidána 2 kontejnerová stání.

Odebírání kontejnerů probíhalo v menší míře. Vybrány byly obslužné zóny s počtem obyvatel menším než 95 obyvatel na jednu nádobu. V případě vzájemného sousedství dvou zón tohoto typu byla změřena vzdálenost mezi příslušnými stanovišti a pokud byla menší než 150 m, obě stanoviště pro daný typ ukládaného odpadu byla odstraněna (příp. pouze snížen počet kontejnerů). Jako kompenzace bylo vytvořeno nové stanoviště v přibližném geometrickém středu původních tak, aby zároveň splňovalo podmínku umístění na nezastavěném pozemku ve vlastnictví města.

Objemy změn jsou znázorněny v tabulce 6 a vizualizovány v příloze 10.

Tab. 6 – Objemy změn při optimalizaci

odpad	původní stav	nové	odstraněné při slučování	vzniklé sloučením	odstraněné bez náhrady	nový stav
plast	223	11	8	4	0	230
sklo	196	11	10	5	2	200
papír	228	11	10	5	4	230

Po dokončení optimalizace byly provedeny znovu tyto analýzy:

- analýza obslužných zón metodou Closest facility,
- analýza vzdáleností od nejbližšího stanoviště,
- analýza matice nákladů,
- analýza celkové dostupnosti.

Numerické výsledky těchto analýz po optimalizaci rozmístění jsou porovnány s výsledky před optimalizací v kapitole Výsledky.

10 VÝSLEDKY

Tab. 7 – Výsledné hodnoty analýz pro nádoby na plast před optimalizací a po optimalizaci rozmístění

Plast	Před optimalizací	Po optimalizaci	Index změny	Absolutní změna
Počet nádob celkem	266	273	102,63 %	7
Počet nádob v zájmovém území	223	230	103,14 %	7
Počet stanišť v zájmovém území	204	211	103,43 %	7
Průměrný počet obyvatel na nádobu	184	179	97,28 %	-5
Průměrný počet obyvatel na stanoviště	197	191	96,95 %	-6
Zastoupení obslužných zón s méně než 190 ob./nád.	62,00 %	65,47 %	105,60 %	-
Počet obyv. v obslužných zónách do 190 ob./nád.	14124	15674	110,97 %	1550
Zastoupení obslužných zón s méně než 190 ob./nád.	38,00 %	34,53 %	90,87 %	-
Počet obyv. v obslužných zónách nad 190 ob./nád.	25998	24448	94,04 %	-1550
Míra shodnosti metodik výpočtu obslužných zón	68,32 %	-	-	-
Počet obyvatel do 150 m od nejbližší nádoby	35863	37553	104,71 %	1690
Počet obyvatel od 150 do 400 m od nejbližší nádoby	3457	2226	64,39 %	-1231
Počet obyvatel nad 400 m od nejbližší nádoby	802	343	42,77 %	-459
Počet teoreticky třídicích obyvatel	24388	25094	102,89 %	706
Průměrná vzdálenost k nejbližší nádobě	100,8 m	88,9 m	88,19 %	-11,9 m
Průměrná vzdálenost k 2. nejbližší nádobě	173,4 m	166,7 m	96,14 %	-6,7 m
Průměrná vzdálenost k 3. nejbližší nádobě	221,1 m	216,8 m	98,06 %	-4,3 m
Zastoupení oblasti A	25,34 %	32,64 %	128,81 %	-
Zastoupení oblasti B	36,67 %	42,77 %	116,63 %	-
Zastoupení oblasti C	20,59 %	15,27 %	74,16 %	-
Zastoupení oblasti D	8,83 %	4,29 %	48,58 %	-
Zastoupení oblasti D1	8,56 %	5,03 %	58,76 %	-
Celková výměra problematických oblastí	61,035 ha	35,843 ha	58,73 %	-25,192 ha
Délka svozové trasy „Předmostí“	8813,7 m	8670,1 m	98,37 %	-143,6 m
Délka svozové trasy „Za Bečvou“	18002,7 m	18106,8 m	100,58 %	104,1 m
Délka svozové trasy „Přerov“	31181,7 m	33907,2 m	108,74 %	2725,5 m

Tab. 8 – Výsledné hodnoty analýz pro nádoby na sklo před optimalizací a po optimalizaci rozmístění

Sklo	Před optimalizací	Po optimalizaci	Index změny	Absolutní změna
Počet nádob celkem	237	241	101,69 %	4
Počet nádob v zájmovém území	196	200	102,04 %	4
Počet stanišť v zájmovém území	191	196	102,62 %	5
Průměrný počet obyvatel na nádobu	208	203	97,60 %	-5
Průměrný počet obyvatel na stanoviště	210	205	97,62 %	-5
Zastoupení obslužných zón s méně než 190 ob./nád.	57,64 %	60,60 %	105,14 %	-
Počet obyv. v obslužných zónách do 190 ob./nád.	11083	11959	107,90 %	876
Zastoupení obslužných zón s méně než 190 ob./nád.	42,36 %	39,40 %	93,01 %	-
Počet obyv. v obslužných zónách nad 190 ob./nád.	29039	28163	96,98 %	-876
Míra shodnosti metodik výpočtu obslužných zón	67,35 %	-	-	-
Počet obyvatel do 150 m od nejbližší nádoby	35377	37076	104,80 %	1699
Počet obyvatel od 150 do 400 m od nejbližší nádoby	3966	2693	67,90 %	-1273
Počet obyvatel nad 400 m od nejbližší nádoby	779	353	45,31 %	-426
Počet teoreticky třídících obyvatel	24224	24925	102,89 %	701
Průměrná vzdálenost k nejbližší nádobě	103,3 m	91,5 m	88,58 %	-11,8 m
Průměrná vzdálenost k 2. nejbližší nádobě	176,8 m	170,8 m	96,61 %	-6 m
Průměrná vzdálenost k 3. nejbližší nádobě	225,9 m	222,8 m	98,63 %	-3,1 m
Zastoupení oblasti A	21,48 %	23,14 %	107,73 %	-
Zastoupení oblasti B	36,17 %	37,47 %	103,59 %	-
Zastoupení oblasti C	23,51 %	23,79 %	101,19 %	-
Zastoupení oblasti D	9,01 %	8,31 %	92,23 %	-
Zastoupení oblasti D1	9,83 %	7,29 %	74,16 %	-
Celková výměra problematických oblastí	70,0275 ha	51,963 ha	74,20 %	-18,0645 ha
Délka svozové trasy „Předmostí“	8823,4 m	8763,7 m	99,32 %	-59,7 m
Délka svozové trasy „Za Bečvou“	14909,0 m	15121,6 m	101,43 %	212,6 m
Délka svozové trasy „Přerov“	31350,3 m	34673,7 m	110,60 %	3323,4 m

Tab. 9 – Výsledné hodnoty analýz pro nádoby na papír před optimalizací a po optimalizaci rozmístění

Papír	Před optimalizací	Po optimalizaci	Index změny	Absolutní změna
Počet nádob celkem	270	272	100,74 %	2
Počet nádob v zájmovém území	228	230	100,88 %	2
Počet stanišť v zájmovém území	200	203	101,50 %	3
Průměrný počet obyvatel na nádobu	187	185	98,93 %	-2
Průměrný počet obyvatel na stanoviště	202	198	98,02 %	-4
Zastoupení obslužných zón s méně než 190 ob./nád.	60,42%	64,22 %	106,29 %	-
Počet obyv. v obslužných zónách do 190 ob./nád.	12310	13844	112,46 %	1534
Zastoupení obslužných zón s méně než 190 ob./nád.	39,58%	35,78 %	90,40 %	-
Počet obyv. v obslužných zónách nad 190 ob./nád.	27812	26278	94,48 %	-1534
Míra shodnosti metodik výpočtu obslužných zón	67,94 %	-	-	-
Počet obyvatel do 150 m od nejbližší nádoby	34714	37383	107,69 %	2669
Počet obyvatel od 150 do 400 m od nejbližší nádoby	4562	2386	52,30 %	-2176
Počet obyvatel nad 400 m od nejbližší nádoby	846	353	41,73 %	-493
Počet teoreticky třídících obyvatel	23975	25032	104,41 %	1057
Průměrná vzdálenost k nejbližší nádobě	103,2 m	91,6 m	88,76 %	-11,6 m
Průměrná vzdálenost k 2. nejbližší nádobě	175,6 m	169,7 m	96,64 %	-5,9 m
Průměrná vzdálenost k 3. nejbližší nádobě	223,7 m	220,7 m	98,66 %	-3 m
Zastoupení oblasti A	21,87 %	26,33 %	120,39 %	-
Zastoupení oblasti B	38,55 %	37,90 %	98,31 %	-
Zastoupení oblasti C	20,75 %	21,59 %	104,05 %	-
Zastoupení oblasti D	8,94 %	8,14 %	91,05 %	-
Zastoupení oblasti D1	9,89 %	6,04 %	61,07 %	-
Celková výměra problematických oblastí	70,4475 ha	43,075 ha	61,14 %	-27,3725 ha
Délka svozové trasy „Předmostí“	8836,4 m	8755,4 m	99,08 %	-81 m
Délka svozové trasy „Za Bečvou“	16039,7 m	16214,6 m	101,09 %	174,9 m
Délka svozové trasy „Přerov“	31410,2 m	33631,6 m	107,07 %	2221,4 m

Z uvedených dat je patrné, že výsledky analýz pro nádoby podle typu ukládaného odpadu se liší pouze velmi málo. Je to dáno velmi podobným rozmístěním nádob shlukujících se do klasických stanovišť plast – sklo – papír. Drobné rozdíly výsledků jsou tedy způsobeny drobnými rozdíly v rozmístění.

Nejvíce se liší výsledky analýz pro nádoby na papír, jejichž rozmístění je v rámci zájmového území nejméně rovnoměrné, proto také po optimalizaci došlo k největším změnám ve výsledcích výpočtu obslužných zón. Nižší počet nádob na sklo nemá překvapivě na výsledky analýz velký vliv.

Změny po optimalizaci korespondují s faktem, že optimalizace byla provedena pouze jako řešení nejproblémovějších oblastí, kde byly v nepořádku obě sledované veličiny, tedy počet obyvatel v obslužné zóně i vzdálenost. S výsledky však lze porovnat změnu počtu nádob, která byla minimální s cílem zajistit ekonomickou výhodnost optimalizace.

Za předpokladu, že bude nakoupeno sedm nových nádob na plast (a svozová trasa se prodlouží o přibližně 2686 m), zvýší se počet obyvatel v obslužných zónách s méně jak 190 obyvateli na nádobu o 1550, v oblasti do 150 m od nejbližší nádoby o 1690 a průměrná vzdálenost k nejbližšímu stanovišti nádob na plast se zkrátí o 11,9 m.

Podobně pokud budu nakoupeny čtyři nové nádoby na sklo (a svozová trasa se prodlouží o přibližně 3476 m), zvýší se počet obyvatel v obslužných zónách s méně jak 190 obyvateli na nádobu o 876, v oblasti do 150 m od nejbližší nádoby o 1699 a průměrná vzdálenost k nejbližšímu stanovišti nádob na sklo se zkrátí o 11,8 m.

Nakonec pokud budu nakoupeny dvě nové nádoby na papír (a svozová trasa se prodlouží o přibližně 2315 m), zvýší se počet obyvatel v obslužných zónách s méně jak 190 obyvateli na nádobu o 1534, v oblasti do 150 m od nejbližší nádoby o 2669 a průměrná vzdálenost k nejbližšímu stanovišti nádob na sklo se zkrátí o 11,6 m.

S přihlédnutím k těmto faktům lze považovat optimalizaci za úspěšnou. Nejúspěšněji pak byla provedena optimalizace nádob na papír.

Za povšimnutí také stojí rozdílné změny délek svozových tras. Trasy „Přerov“ a „Za Bečvou“ byly podle očekávání po optimalizaci prodlouženy, neboť v těchto oblastech byla přidána nová stání, trasa „Předmostí“ byla naopak zkrácena. Je to dáno tím, že zde bylo přidáno pouze jedno nové stání, které se nachází již na původní trase a naopak jedno vzdálené bylo odebráno.

11 DISKUZE

Výsledky analýz jsou natolik přesné, nakolik vstupní data věrně modelují skutečný stav.

Hlavním omezením byla síť chodníků. Chodci se v průběhu analýzy pohybovali pouze vymezenými koridory, ve skutečnosti je však možnost pohybu mnohem pestřejší. Volba umístění přechodových míst proběhla na základě předem stanovených kritérií, přesto byla zatížena určitým podílem subjektivního rozhodování. Především umístění přechodových míst přes klidné komunikace nemusí odpovídat skutečným preferencím chodců, neboť přes tento typ komunikací lze přecházet téměř libovolně. Podoba sítě pak ovlivňuje dostupnost daného bodu a tím i výsledky analýz. Variantním řešením zde může být řešení dostupnosti v ohodnoceném rastru pomocí analýzy vážené vzdálenosti, kde jsou možnosti pohybu chodce svobodnější. Problémem u tohoto postupu však bývá správné určení hodnot frikčních povrchů.

Dalším faktorem byla rozdílná hustota sítě v různých částech území, která je daná neexistencí chodníků v některých částech města. V místech nižší hustoty sítě vznikají problémy při přichytávání řešených bodů k síti. Body mohly být vzdáleny desítky i stovky metrů, jejich poloha však byla v průběhu výpočtu analýzy přichycena k nejbližšímu místu na síti. Tato nová poloha pak nekorespondovala například s okolím adresních bodů tvořeném Thiessen polygony.

Nezanedbatelným faktorem, který má vliv na objemy třídění, je také rozdílná koncentrace obyvatelstva v různých částech dne, týdne nebo roku. V rámci této práce nebyla modelována dojíždka do práce nebo škol, jež způsobuje velké přesuny obyvatelstva do míst, kde vznikají odpady pouze určitou část dne. Data o počtu obyvatel v adresních bodech vycházejí z registru obyvatel, jedná se tedy o počet lidí, kteří mají v daném místě hlášen trvalý pobyt. Započítány nejsou osoby, které se v daném místě vyskytují, ale jejich trvalé bydliště se zde nenachází. Skutečný stav se tedy může odlišovat. Přestože jsou nádoby na tříděný odpad určeny účastníkům rezidentního bydlení, není vyloučeno, že jsou neoprávněně využívány také jinými subjekty, například obchody, supermarkety nebo restauračními zařízeními.

Oproti skutečnému stavu je také velkým zjednodušením předpoklad, že každý občan ví, která nádoba je nejbližší. V počítačovém prostředí není problém pomocí síťové analýzy rozhodnout o nejvýhodnější cestě, ve skutečném světě se však může být situace pro občana třídícího odpad značně nepřehledná.

Při tvorbě analýz nebyly brány v potaz ani další socioekonomické vlivy, jako je například rozdílná distribuce některých sociálních skupin v prostoru města a jejich problematické postoje k třídění odpadu.

Intervaly vzdáleností a jim odpovídající procentuální hodnoty pro výpočet teoreticky třídících obyvatel jsou obecné hodnoty a nemusí korespondovat se specifiky konkrétního typu města.

Optimalizace byla provedena jako pokusná, neboť nelze modelovat politický faktor, který rozhoduje při konečném umístění nového stanoviště. V průběhu optimalizace také nebyly brány na zřetel limity území, komplikované majetkoprávní vztahy, dopravně-technická a další omezení. Přesto však její výsledky, doplněné o místní znalost a závazné politické rozhodnutí, mohou sloužit jako dobrý orientační prostředek při rozhodování o umístění nového, přesunu nebo sloučení stávajícího kontejnerového stání.

Optimalizace v této práci řešila nejproblematičtější oblasti, kde byly oba sledované ukazatele v nepořádku. Možným rozšířením do budoucna by bylo řešení oblastí s pouze jedním problematikým ukazatelem. Především obslužné zóny s více než 190 obyvateli na jednu nádobu zabírají stále velkou část území města a jejich eliminace by zjednodušila třídění odpadu významnému množství obyvatelstva.

Trasování svozových vozidel lze řešit jako svozně-rozvozní problém, kdy jsou v úvahu brána především objemová omezení svozových vozidel. Každé vozidlo pak vykonává svoz pouze do naplnění svého úložného prostoru a následně podnikne nezanedbatelnou cestu k místu výsypu. Bez znalostí parametrů flotily svozových vozidel TS však tento způsob svozu nebylo možné modelovat. V případě analýzy nejkratší trasy, která byla použita v této práci, tedy došlo k velkému zjednodušení a především i zkrácení délky svozových tras o cesty k výsypu. Při výpočtu síťové analýzy navíc nebylo počítáno s dalšími omezeními sítě, jako jsou rozdílná maximální rychlost, zákaz otáčení v některých místech, čekací doby na křižovatkách a další.

12 ZÁVĚR

Práce se zabývala zpracováním a analýzou prostorových aspektů třídění odpadu v prostředí geografických informačních systémů.

V teoretické části byl popsán systém třídění odpadu a vznik motivací jednotlivých účastníků tohoto systému. Dále byly popsány současné přístupy vizualizace a analýzy rozmístění nádob na separovaný odpad, včetně trasování svozových vozidel. Zmíněn byl také současný stav odpadového hospodářství v Přerově, podpořený výsledky pasportu nádob na separovaný odpad, který byl, jako součást této práce, proveden v září roku 2011.

Oproti původnímu předpokladu byla větší část práce věnována úpravě podkladových dat tak, aby co nejlépe modelovala realitu. Důraz byl kladen na editaci vrstvy chodníků (včetně atributové složky), která je jedním z výstupů této práce.

Dále byly provedeny analýzy rozmístění nádob vzhledem k distribuci obyvatelstva pomocí analýz obslužných zón a analýz vzdáleností, jejichž výsledky byly kartograficky vizualizovány.

Hlavním výsledkem jsou mapy celkové dostupnosti nádob podle jednotlivých typů ukládaného odpadu, které budou aktivně zapojeny do procesu rozhodování na Odboru životního prostředí v Přerově.

Optimalizace rozmístění byla provedena jako příkladová studie nerespektující některé ekonomické, politické ani technické aspekty umístění nových nádob, čímž se její využitelnost v praxi značně snižuje. Přesto však její výsledky mohou mít pro pracovníky Magistrátu města Přerova orientační charakter při novém rozmístění a přesunu stávajících nádob.

Výsledky byly publikovány ve formě tabulkových a mapových výstupů a ve formě databáze prostorových informací.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DEMEL, Jiří. *Grafy a jejich aplikace*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0990-6.
- [2] FRANĚK, Marek. Postoje ke třídění a recyklaci odpadu determinované vztahem k přírodě a osobnostními rysy. *Psychologie v ekonomické praxi*. 2008, 18(1–2), 11–25. Dostupné z: <http://www.vztahkprirode.cz/soubory/mftrideni.pdf>
- [3] HEISIG, J., VOŽENÍLEK, V., KOSTKAN, V., LACINÁ J., HEKERA, P., MAZALOVÁ M.(2010): Spatial aspects of waste collection in GIS. (Prostorové aspekty svozu komunálního odpadu v prostředí GIS) .LOGI 2010: Conference Proceedings Pardubice : Univerzita Pardubice, 285-297s.ISBN 978-80-7399-205-7.
- [4] HORÁK, Jiří. Kap. 3 Body (lokalizační data). *Prostorová analýza dat* [online]. 2002 [cit. 2012-01-24]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/pad/Kap_3/kap__3.htm
- [5] JANDOVÁ, Radka. *Problematika odpadového hospodářství v Přerově se zaměřením na bioodpad*. Zlín, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [6] KŘIKAVOVÁ, Linda. *Interpolace bodových dat v GIS*. Praha, 2009. Dostupné z: <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/bp/2009/linda-krikavova-bp-2009.pdf>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [7] MICHNIAK, Daniel. *Pojem dostupnosti v geografii a vybrané přístupy k jej štúdiu*. Bratislava, 2002. Dizertační práce. Geografický ústav Slovenskej akademie vied.
- [8] VOŽENÍLEK, Vít. *Geografické informační systémy I.: pojetí, historie, základní komponenty*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1998. ISBN 80-7067-802-X.
- [9] Česká republika. Zákon o obalech a o změně některých zákonů. In: *č. 477/2001 Sb.* 2011.
- [10] Česká republika. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *185/2001 Sb.* 2011. Dostupné z: <http://business.center.cz/business/pravo/zakony/odpady/>

- [11] Desktop Help 10.0 - How Intersect works. *ArcGIS Resource Center* [online]. 2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_Intersect_works/
- [12] *Elektronický zpravodaj společnosti EKO-KOM, a.s., číslo 1/2012* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: http://www.ekokom.cz/uploads/news/id160/Zpravodaj_01_2012.pdf
- [13] Odpady, ekologie a životní prostředí - Kontejnery na třídění odpadu v Lidicích - mapa. *Oficiální stránky obce Lidice* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.obec-lidice.cz/odpady-ekologie-a-zivotni-prostredi/?more=147#msg147>
- [14] O společnosti a systému EKO-KOM. *Systém sběru a recyklace obalových nádob / EKO-KOM* [online]. 2011 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.ekokom.cz/cz/ostatni/o-spolecnosti/system-eko-kom/o-systemu>
- [15] ODBOR STRATEGIE A ROZVOJOVÝCH PROJEKTŮ MĚSTA HRADEC KRÁLOVÉ. *Dostupnost místních veřejných prostranství a služeb: Společný evropský identifikátor udržitelného rozvoje A4*. Hradec Králové, 2009.
- [16] Statutární město Přerov. Obecně závazná vyhláška č. 13/2001 o nakládání s komunálním odpadem: Úplné znění obecně závazné vyhlášky č. 13/2001, o nakládání s komunálním odpadem, tak, jak vyplývá ze změn a doplňků provedených obecně závaznou vyhláškou č. 5/2002, č. 2/2007 a č. 3/2008. In: č. 13/2001. 2008. Dostupné z: <http://www.prerov.eu/cs/magistrat/pravni-predpisy-mesta/obecne-zavazne-vyhlasky-ozv/uplna-zneni-obecne-zavaznych-vyhlasek.html>
- [17] Zapojení do systému. *Systém sběru a recyklace obalových nádob / EKO-KOM* [online]. 2011 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.ekokom.cz/cz/upravci/zapojeni-do-systemu-upravci>
- [18] Zapojení obcí do systému. *Systém sběru a recyklace obalových nádob / EKO-KOM* [online]. 2011 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://www.ekokom.cz/cz/obce-a-mesta/obce-funkce>

INFORMAČNÍ ZDROJE

AHMED, Shaikh Moiz. *Using GIS in Solid Waste Management Planning - A case study for Aurangabad, India*. Linköpings, 2006. Final Master's Thesis. Linköpings University.

BLECHA, Radek. *Informační systém pro řízení optimálního sběru a svozu odpadů s využitím GIS*. Brno, 2009. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

FRYČ, Jiří. *Optimalizace dopravních cest při svozu odpadů s využitím geoinformačních technologií*. Brno, 2006. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

KOPECKÝ, Jan. *Optimalizace rozmístění nádob na separovaný sběr odpadu v Blansku*. Brno, 2007. Diplomová práce. Masarykova univerzita.

KUPČA, Tomáš. *Optimalizace odpadového hospodářství města Frýdek-Místek metodami GIS*. Olomouc, 2008. Diplomová práce. Univerzita Palackého.

ZBRANEK, Roman. *Logistika svozu odpadů v Olomouci*. Olomouc, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Palackého.

SUMMARY

The aim of this bachelor thesis was to describe the spatial aspects of waste management illustrated by spatial distribution analysis of containers for recycling in Přerov.

In theoretical part was introduced review of common procedures, methodology, ways of visualisation and data used in waste management. Also routing of precarriage vehicles was described.

In practical part there was an application of GIS (Geographic Information System) in waste management was realized. The first step was mapping of all containers for recycling in Přerov. They were visualized and analysed separately for three types of saved waste – plastic, glass and paper. Then the supporting data have to be enhanced. Especially the layer of pavements was enriched by lots of new geometry and attributes which have been used in following network analysis.

The spatial distribution analyses were based on comparison with distribution of residents in the city. All of the main analysis was realized using an ArcGIS Network analyst extension. The first was creation of service areas and the second was computation of distance from all buildings to the closest container for recycling. The results of these analyses were combined in Raster Calculator tool and map of total availability of containers was calculated. Though vehicle-routing problem was not used, simple routes for precarriage vehicles were also created.

At the end of work an experimental optimization of containers deployment was realized. The results of analysis were primarily presented in maps and tables and may be used by employees of municipality in Přerov for future work.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

Příloha 1 Tabulka počtů obyvatel v intervalech vzdáleností od nejbližší nádoby

Volné přílohy:

- Příloha 2 Mapa „Stanoviště nádob na tříděný odpad“
Příloha 3 Mapa „Stanoviště nádob na tříděný odpad – okolní městské části“
Příloha 4 Mapa „Hustotní mapy – plast (search radius 220 m)“
Příloha 5 Mapa „Obslužné zóny nádob na plast – přímá vzdálenost“
Příloha 6 Mapa „Obslužné zóny nádob na plast“
Příloha 7 Mapa „Vzdálenost adresních bodů od nádob na plast“
Příloha 8 Mapa „Celková dostupnost nádob na plast“
Příloha 9 Mapa „Svozové trasy nádob na plast“
Příloha 10 Mapa „Optimalizace rozmístění stanovišť nádob na separovaný odpad“
Příloha 11 CD-ROM

Struktura adresářů CD-ROM

- Metadata
- Text_prace (text bakalářské práce)
- Vizualizace (veškeré mapové výstupy)
- Vstupni_data (vstupní data)
- Vystupni_data (výstupní data)
- Web (webové stránky o bakalářské práci)

Veškerá použitá digitální data byla poskytnuta Magistrátem města Přerova pro zpracování bakalářské práce. Jejich další využití je možné jen se souhlasem správce a zároveň tvůrce této práce.

Příloha 1

Tab. 10 – Počty obyvatel v intervalech vzdáleností od nejbližší nádoby

odpad	do 150 m						od 150 do 400 m						nad 400 m						celkem			
	obydlené adresní body		počet obyvatel		poč. ob. teoreticky třídících (65 %)		obydlené adresní body		počet obyvatel		poč. ob. teoreticky třídících (30 %)		obydlené adresní body		počet obyvatel		poč. ob. teoreticky třídících (5 %)		ob. adresní body	počet obyvatel	poč. ob. teoreticky třídících	
	abs.	v %	abs.	v %	abs.	v %	abs.	v %	abs.	v %	abs.	v %	abs.	v %	abs.	v %	abs.	v %	abs.	abs.	abs.	v %
plast	1989	82,4	35863	89,4	23311	58,1	381	15,8	3457	8,6	1037	2,6	45	1,9	802	2,0	40	0,1	2415	40122	24388	60,8
sklo	1967	81,4	35377	88,2	22995	57,3	403	16,7	3966	9,9	1190	3,0	45	1,9	779	1,9	39	0,1	2415	40122	24224	60,4
papír	1870	77,4	34714	86,5	22564	56,2	497	20,6	4562	11,4	1369	3,4	48	2,0	846	2,1	42	0,1	2415	40122	23975	59,8
průměr	1942	80,4	35318	88,0	22957	57,2	427	17,7	3995	10,0	1198,5	3,0	46	1,9	809	2,0	40,45	0,1	2415	40122	24196	60,3