

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra geoinformatiky**

**Radek HÝBNER**

**NÁVRH OPTIMÁLNÍHO ROZMÍSTĚNÍ STANIC  
PŮJČOVEN KOL A JEJICH KAPACIT  
V OLOMOUCI**

**Magisterská práce**

**Vedoucí práce: Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.**

**Olomouc 2013**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci magisterského studia oboru Geoinformatika vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeny Dobešové, Ph.D.

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 23. dubna 2013

---

Děkuji vedoucímu práce Ing. Zdeně Dobešové, Ph.D., za podněty a připomínky při vypracování práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radek HÝBNER**  
Osobní číslo: **R100123**  
Studijní program: **N1301 Geografie**  
Studijní obor: **Geoinformatika**  
Název tématu: **Návrh optimálního rozmístění stanic půjčoven kol a jejich kapacit v Olomouci**  
Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

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

Student provede analýzu současného stavu uliční sítě a cyklistických stezek na území města Olomouce z hlediska dopravy na kole. V další části se zaměří na lokalizaci zdrojových a cílových lokalit s vysokým pohybem obyvatelstva (např. úřady, školy, nádraží, kulturní zařízení, sportoviště?). Hlavním cílem je návrh optimálního rozmístění samoobslužných stanic půjčoven kol a jejich kapacit v Olomouci. Návrh rozmístění bude dokumentován souborem map se socioekonomickými analýzami a mapou rozmístění stanic a jejich kapacit.

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 diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry.

Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI (2010). Na závěr diplomové práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: max. 50 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

**Knižní:**

Hlásny, T.: Geografické informačné systémy, Priestorové analýzy, Lesnícky výskumný ústav, Banská Bystrica, 2007, 160 s.

Horák, J.: Prostorové analýzy dat. VŠB-TU Ostrava, HGF, Institut geoinformatiky, 2. vydání, Ostrava, 2008,

<http://gislinb.vsb.cz/>

[hor10/PAD/Skripta/PAD\\_skriptaF11.pdf](http://hor10/PAD/Skripta/PAD_skriptaF11.pdf)

Krejčí, L.: Analýza míry obslužnosti sítě bankomatů v Olomouci pomocí GIS, bakalářská práce, Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 2005

Sádovská, P.: Geomarketingové analýzy a jejich aplikace v Olomouci, bakalářská práce, Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 2009

Tázlar, J.: Mapování cyklistické infrastruktury na území města Olomouce, diplomová práce, Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci (v tisku)

Tuček, J.: Geografické informační systémy: Principy a praxe. Praha, Computer Press, 1998, 424 s.

Voženílek, V.: Aplikovaná kartografie. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2001, 188 s.

Voženílek, V.: Diplomové práce z geoinformatiky. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2002, 61 s.

**Internetové:**

<http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/networkanalyst/index.html>

<http://www.jcdecaux.com/> <http://www.jcdecaux.cz> <http://www.valenbisi.com/>

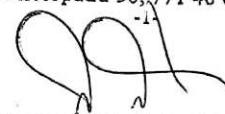
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.**  
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: **1. října 2011**  
Termín odevzdání diplomové práce: **23. dubna 2013**

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.  
děkan

L.S.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
KATEDRA GEOINFORMATIKY  
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc



Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 13. června 2010

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>9</b>
<b>2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ .....</b>	<b>9</b>
2.1 Použitá data .....	9
2.2 Použité programy .....	9
2.3 Postup zpracování .....	10
2.3.1 Aktualizace a předzpracování dat.....	10
2.3.2 Stanovení rastru lokalit vhodnosti.....	16
2.3.3 Síťové úlohy .....	17
2.3.4 Návrh kapacit.....	17
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>18</b>
3.1 Samoobslužné půjčovny kol .....	18
3.1.1 Bike-sharing.....	18
3.1.2 Historie samoobslužných půjčoven kol.....	18
3.1.3 Samoobslužné půjčovny kol v praxi.....	20
3.1.4 Způsoby umístění stanic a běžné kapacity stanic.....	20
3.2 Případové studie tuzemské .....	22
3.3 Případové studie zahraniční .....	23
<b>4 SÍŤOVÉ ANALÝZY .....</b>	<b>27</b>
4.1 Teorie grafů.....	27
4.2 Síťové analýzy.....	28
4.3 Lokace a alokace .....	29
4.4 Network Analyst .....	30
4.4.1 Network Dataset .....	30
4.4.2 Síťové analýzy extenze Network Analyst .....	31
4.4.3 Service Area.....	34
4.4.4 Location-Allocation.....	36
<b>5 ŘEŠENÍ PRO MĚSTO OLOMOUC.....</b>	<b>39</b>
5.1 Stanovení rastru lokalit vhodnosti.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
5.2 Síťové analýzy.....	42
5.2.1 Vytvoření Network Datasetu .....	42
5.2.2 Určení počtu stanic (Location-Allocation Minimize Facilities).....	44
5.2.3 Umístění stanic (Location-Allocation Maximize Coverage).....	48
5.3 Návrh kapacit stanic .....	49

<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>54</b>
6.1	Stanovení rastru lokalit vhodnosti .....	55
6.2	Výsledky síťových analýz.....	54
6.3	Návrh kapacit stanic .....	55
<b>7</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>58</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	
	<b>SUMMARY</b>	
	<b>PŘÍLOHY</b>	

# ÚVOD

Služba samoobslužných půjčoven kol se stává stále častěji využívaná v mnoha evropských a světových městech. Tento druh dopravy je vhodným doplňkem ke stávajícím druhům dopravy ve městě. Zaplňuje mezeru mezi pěší chůzí, která je jako taková sice nezávislá, ale relativně pomalá a při potřebě překonání větších vzdáleností ne zcela vhodná, a jízdou na vlastním jízdním kole, které je navíc často nejrychlejším způsobem dopravy ve městě v době dopravní špičky. Vlastní jízdní kolo ale bývá častěji používáno spíše k rekreaci nebo jízdě na delší vzdálenosti. Navíc většina jízdních kol určených pro rekreaci bývá poměrně dražších, a proto ne zcela vhodných pro použití ve městě. Takové jízdní kolo zamčené na ulici totiž přitahuje pozornost zlodějů, což ve výsledku odrazuje obyvatele od jejich používání. Vhodným řešením je tedy využití služby samoobslužných půjčoven kol. Avšak při zřizování takové služby dochází k problému, jak co nejefektivněji po městě rozmístit stanice samoobslužných půjčoven kol, aby byly dostupné co největšímu počtu obyvatel. Problémem souvisejícím je taktéž vhodné dimenzování kapacit jednotlivých stanic, jinými slovy, jak určit kapacity stanic tak, aby kola byla vždy dostupná a aby vždy bylo kola kam umístit. V dnešní době informačních technologií se rozvíjejí způsoby umísťování stanic samoobslužných půjčoven kol a jejich kapacit a na dané téma bylo napsáno a zpracováno značné množství případových studií obsahujících mnoho variant řešení. Proto by bylo vhodné vyzkoušet jejich aplikaci na české město. Návrh optimálního rozmístění stanic samoobslužných půjčoven kol a jejich kapacit v Olomouci je tématem této práce.



# 1 CÍLE PRÁCE

Cílem magisterské práce je návrh optimálního rozmístění samoobslužných stanic půjčoven kol a jejich kapacit v Olomouci.

Práce byla zpracována v následujících krocích – analýza současného stavu uliční sítě a cyklistických stezek na území města Olomouce z hlediska dopravy na kole. V další části se zaměřila na lokalizaci zdrojových a cílových lokalit s vysokým pohybem obyvatelstva (např. úřady, školy, nádraží, kulturní zařízení, sportoviště,...). Hlavním cílem je již zmíněný návrh optimálního rozmístění samoobslužných stanic půjčoven kol jejich kapacit v Olomouci. Práce je dokumentována souborem map se socioekonomickými analýzami a mapou rozmístění stanic a jejich kapacit.

Údaje o všech vytvořených nebo získaných datových sadách, byla uložena do Metainformačního systému Katedry geoinformatiky PřF UP a spolu se zálohou údajů ve formě validovaného XML souboru. Dále je celá práce odevzdána v digitální podobě na vytvořeném CD (DVD). O diplomové práci byly vytvořeny webové stránky v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry.

## **2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ**

### **2.1 Použitá data**

Všechna geoprostorová data použitá v této práci jsou ve formátu ESRI shapefile a jsou v souřadnicovém systému S-JTSK. Zájmové území bylo zvoleno autorem práce, je přesněji specifikováno v Příloze 1. Veškerá data byla získána z Katedry geoinformatiky PřF UP. Jedná se o data bakalářských, respektive diplomových prací zpracovaných studenty katedry nebo o data zakoupená katedrou.

Data vrstev zastávek městské hromadné dopravy, železničních stanic a ubytovacích zařízení jsou výstupem bakalářské práce Bezpečnostní mapa Olomouce (2009), jejíž autorkou je Lucie Burianová. Dále vrstva cyklokomunikací pocházejí z bakalářské práce Jakuba Tázlara Mapování cyklistické infrastruktury na území města Olomouce (2007), vrstva adresných bodů z bakalářské práce Lukáše Krejčího Analýza míry obslužnosti sítě bankomatů v Olomouci pomocí GIS (2005). Vrstva landuse byla využita v magisterské práci Tomáše Křivky – Prostorové vyhodnocení pohybových aktivit v zastavěném území (2011). Data o dojížděci pocházejí ze statistického úřadu. Pro potřeby této práce byla dále využita datová sada StreetNet ve verzi 1105/1106 zakoupená Katedrou geoinformatiky PřF UP od společnosti CEDA.

### **2.2 Použité programy**

#### **ArcGIS 10.1 Desktop**

ArcGIS je soubor GIS programů produkovaný firmou ESRI (Environmental Systems Research Institute) a sloužící k tvorbě, editaci, správě, analýze a vizualizaci geografických informací (ARCDATA PRAHA, 2013). Je tvořen čtyřmi jednotlivými programy: ArcGlobe, ArcScene, ArcCatalog a ArcMap, ve kterém byla provedena převážná část práce s daty. ArcGIS je poskytován ve třech různých úrovních licence lišících se funkcionalitou (ARCDATA PRAHA, 2013), od nejnižší ve verzi Basic přes Standard po nejvyšší Advanced. Pro účely této práce byla použita licence nejvyšší úrovně. Dále byly využity extenze Spatial Analyst a Network Analyst.

#### **Janitor2**

System Janitor je určený k získávání, organizaci, správě a analýze dat. Je tvořen samostatně pracujícími a vzájemně propojitelnými aplikacemi (Janitor, 2013), z nichž byly využity především aplikace JanMap pro základní prohlížení dat a JanDat pro práci

s tabulkami ve formátu \*.dbf. Systém Janitor je vyvíjen na pracovišti LabGIS České informační agentury životního prostředí (CENIA).

### **Microsoft Office 2010**

Microsoft Office je soubor kancelářských programů od firmy Microsoft ve verzi 2010, jak již název napovídá. Jeho součástí je textový editor Microsoft Word, v němž byl napsán tento text. Dále obsahuje tabulkový editor Microsoft Excel, nástroj pro tvorbu prezentací Microsoft PowerPoint a další aplikace, jež však nebyly při tvorbě této práce využity.

### **PSPad editor**

PSPad editor je volně šiřitelný (freeware) univerzální textový editor pro MS Windows (PSPad, 2013), který byl použit pro tvorbu webových stránek.

## **2.3 Postup zpracování**

Nejprve proběhlo studium literatury, zabývající se jak teorií síťových analýz obecně, tak síťovou analýzou v prostředí ArcGIS. Následně bylo prostudováno značné množství případových studií s tematikou služby samoobslužných půjčoven kol (viz případové studie v kap. 3.3). Nezbytným krokem po nastudování problematiky byl sběr, aktualizace a předzpracování dat. Dále již probíhala práce samotná.

### **2.3.1 Aktualizace a předzpracování dat**

#### **Zastávky městské hromadné dopravy a železniční stanice**

Data vrstev zastávek městské hromadné dopravy a železničních stanic byla aktualizována k podzimu roku 2012. Až na výjimky nebyly zaznamenány výrazné změny. Například byly přidány zastávky nově budované tramvajové trati směrem na městské čtvrti Nové Sady a Povel a sjednocení jmen zastávek Koruna a Prior na zastávku U Sv. Mořice.

## Ubytovací zařízení

Vrstva ubytovacích zařízení byla aktualizována taktéž k podzimu 2012. Jednalo se kontrolu samotné existence ubytovacích zařízení, aktualizaci či doplnění informací o ubytovací kapacitě. Ta byla pro účely této práce poupravena, protože „průměrná obsazenost ubytovacích zařízení v návaznosti na zvyšující se kapacitu ubytovacích míst v Olomouci zůstává podle odborníků v první polovině roku 2012 neměnná – to znamená 29 %“ (Tripzone.cz). Stávající kapacity byly tedy vynásobeny konstantou 0,29 a vypočtené hodnoty byly po zaokrouhlení přidány do nového atributu pojmenovaného „pu/3“.

## Cyklokomunikace

Nejprve je nutné objasnit pojem cyklokomunikace. V cyklistické dopravě se vyskytují různé druhy komunikací specificky uzpůsobených k jízdě na kole. Prvním druhem jsou cyklotrasy (přesněji cyklistické trasy). Ty jsou definovány jako „směrovým dopravním či turistickým značením vyznačené trasy pro cyklisty“ (Národní strategie cyklistické dopravy, 2012), jedná se tedy o komunikace vhodné pro cyklistickou dopravu, které většinou vedou místy s klidným provozem, a pokud je to možné, tak po cyklostezkách. Cyklotrasy nejsou v této práci zahrnuty.

Dalším druhem jsou běžné cyklistické stezky (viz Obr. 2.1 nebo Obr. 2.2), přesněji cyklistické stezky, definované jako „stavebně upravená a dopravním značením vymezená komunikace určená cyklistům, bruslařům, apod., případně i chodcům. Vyznačení v terénu je provedeno svislým dopravním značením, při vyšších intenzitách nebo komplikovanějších poměrech je vhodné i vodorovné dopravní značení“ (Národní strategie cyklistické dopravy, 2012).



Obr. 2.1 Nově zbudovaná cyklistická stezka ve střední části ulice Polská  
(autor: R. Hýbner, 2012).



Obr. 2.2 Nově zbudovaná cyklistická stezka v ulici Legionářská, v oblasti sportovního stadionu (autor: R. Hýbner, 2012).

Cyklistické stezky mohou být kombinovány se stezkami pro chodce v několika variantách, a to jako stezka pro cyklisty a chodce (smíšená), stezka pro cyklisty a chodce (s odděleným provozem) a stezka pro cyklisty (samostatná). Specifickým druhem je pás pro cyklisty, legislativou nazvaný vyhrazený jízdní pruh pro jízdní kola a stručně definovaný „jako jízdní pruh pouze pro jízdní kola“ (Národní strategie cyklistické dopravy, 2012). Z obrázku níže (viz Obr. 2.3) je patrné, že jízdní pruh není nijak oddělen od dopravy automobilové.



Obr. 2.3 Vyhrazený jízdní pruh pro jízdní kola na Selském náměstí (autor: R. Hýbner, 2012).

Přejezd pro cyklisty (viz Obr. 2.4) je popsán jako „koridor pro přejezd křížené komunikace (zpravidla nadřazené třídy). Přednosti určuje zákon (361/2000 Sb.)“ (Národní strategie cyklistické dopravy, 2012). Ještě je nutné dodat, že ve městě Olomouci se často vyskytují tyto přejezdy pro cyklisty, aniž by na ně navazoval jiný druh cyklokomunikace, slouží tedy pouze k bezpečnějšímu překonání nadřazené komunikace.



Obr. 2.4 Přejezd pro cyklisty na tř. Míru v místě tramvajové zastávky U Kovárny  
(autor: R. Hýbner, 2012).

Pro potřeby této práce budiž cyklokomunikace pojmem zahrnujícím cyklistické stezky, vyhrazený jízdní pruh pro jízdní kola a přejezd pro cyklisty. V případě většího zájmu o problematiku názvosloví druhů cykloinfrastruktury se doporučuje prostudovat citované zdroje.

Převzatou vrstvu cyklokomunikací bylo třeba také aktualizovat, protože od doby jejího vytvoření uplynulo několik let a výstavba cyklokomunikací stále pokračuje například v ulici Polská (viz Obr. 2.1) nebo Legionářská (viz Obr. 2.2). K aktualizaci posloužila mapa Olomouc na kole, do které byly při jízdě na kole zaznamenávány případné změny, které byly dále nad ortofotomapou digitalizovány v aplikaci ArcMap. Ke stávajícím 25,5 km cyklokomunikací bylo dostavěno, respektive doplněno digitalizací dalších 10,3 km na celkových 35,8 km. Mapa porovnávající stávající a nové cyklokomunikace je v Příloze 2.

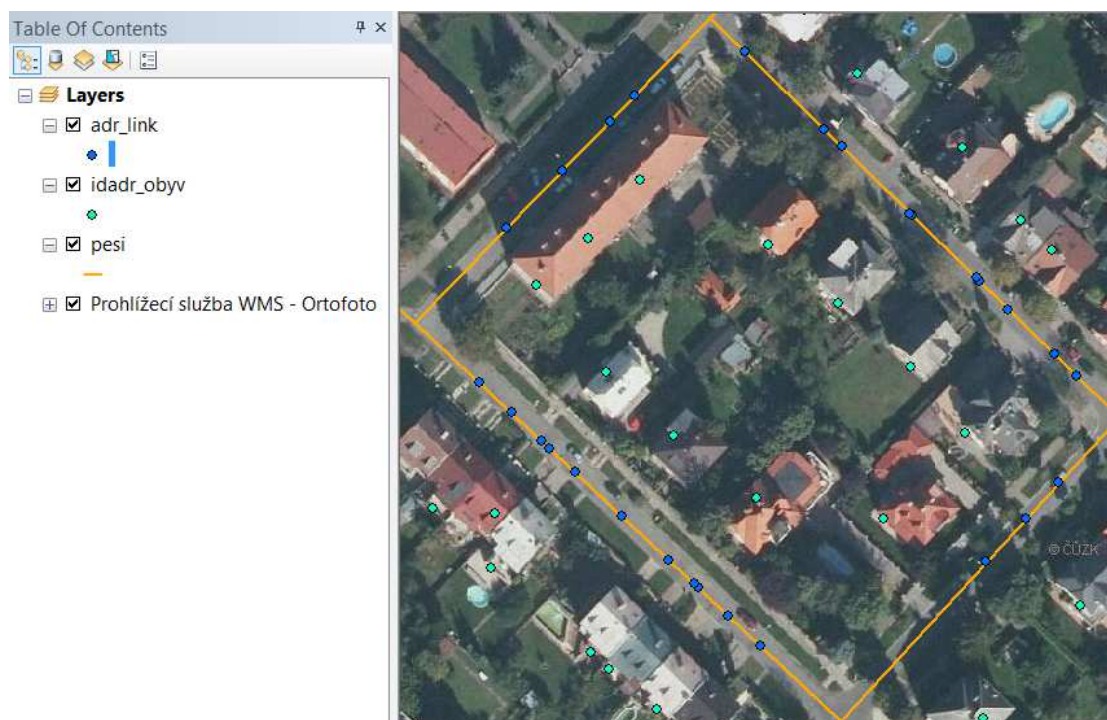
## **Landuse**

Vrstva landuse představuje polygony bloků budov, z nichž je u každého bloku záznam v atributové tabulce s typem využití daného bloku, jako například služby, komerční, industriální a další, případně jejich kombinace. Do atributové tabulky této vrstvy byl přidán atribut pojmenovaný „vaha“, jehož hodnoty byly u všech typů landuse „1“, mimo těch označených jako voda, a ostatní, jimž byla přiřazena hodnota „0“.

## **Adresné body**

Dalšími použitými daty byly vrstvy adresných bodů, u kterých k žádné aktualizaci ani předzpracování nedošlo. V této práci byly využity dva typy adresných bodů. Prvním typem je vrstva idadr\_obyv.shp (Krejčí, 2005), ve které jsou adresné body

vztaženy k centroidům budov a která obsahuje počty obyvatel trvale žijících na jednotlivých adresách. Druhým typem jsou adresné body vrstvy adrlink.shp, která je součástí datové sady StreetNet. Protože jsou adresné body vrstvy adrlink.shp de facto adresnými body používanými v navigačních přístrojích, jsou umístěny na ose ulice/komunikace. Vše je patrné z obrázku Obr. 2.5.



Obr. 2.5 Náhled adresných bodů.

## Dojížd'ka

Dojížd'kou se v tomto případě rozumí celkový počet dojíždějících osob za prací nebo školou do daného místa, v tomto případě jsou to počty dojíždějících do jednotlivých ulic města Olomouce. Data o dojížd'ce, pocházející původně z údajů Českého statistického úřadu, byla v tabulce \*.xls, která tedy obsahuje názvy ulic a k nim odpovídající počet dojíždějících. Tabulku bylo nejprve nutné upravit do potřebné podoby (např. odstranění nevhodného formátování) a poté napojit na prostorová data. Jelikož jedinými autorovi dostupnými prostorovými daty obsahujícími názvy ulic byla uliční síť, respektive síť komunikací z datové sady StreetNet, byla k ní upravená tabulka dojížd'ky připojena.

## Komunikace – pěší

Nepostradatelný prvek celé práce představuje síť komunikací z datové sady StreetNet, která je v měřítku 1 : 10 000 a je aktuální k roku 2011.

Síť komunikací (vrstvu road.shp, potažmo tabulku road.dbf) bylo třeba upravit pro pěší chůzi, jelikož atribut jednosměrných komunikací pojmenovaný „ONEWAY“ je standardně nastaven pro jízdu osobním autem. Na první pohled se může zdát tento krok zbytečný, avšak tento atribut neobsahuje pouze omezení jednosměrných ulic, ale i omezení zcela vylučující pohyb danou komunikací, například komunikace v parku pro osobní auta nebo dálnice a rychlostní silnice pro chodce. Atribut „ONEWAY“ může nabývat hodnot N, FT, TF a prázdné pole, co která hodnota znamená, je vysvětleno v tabulce níže (viz Tab. 1).

Tab. 1 Hodnoty atributu ONEWAY

<b>slovní popis</b>	<b>atribut jednosměrných komunikací a omezení provozu – ONEWAY</b>	<b>kódové označení v tabulce restriction.dbf</b>
provoz povolen v obou směrech		1
provoz povolen pouze v negativním směru digitalizace úseku komunikace	TF	2
provoz povolen pouze v pozitivním směru digitalizace úseku komunikace	FT	3
provoz zakázán v obou směrech	N	4

Jednou z dalších součástí sady StreetNet, která byla využita, je tabulka restriction.dbf obsahující tyto směrové omezení a zákazy pro ostatní druhy dopravních prostředků včetně chůze – atribut „PEDESTRIAN“. Hodnoty těchto atributů nejsou stejné, jak v již zmíněném případě (N, TF, FT,...), ale nabývají hodnot celých čísel od 1 do 4 včetně, přiřazených dle tabulky Tab. 1. Prvním krokem bylo propojení těchto dvou tabulek na základě společného atributu „ROAD\_ID“, kterým jsou pojmenované jednotlivé úseky komunikací. Následně byla k již propojeným tabulkám připojena nově vytvořená pomocná tabulka podobná světle modře označené části tabulky výše (viz Tab. 1). Toto propojení vzniklo na základě atributu „PEDESTRIAN“ z již připojené tabulky restriction.dbf a atributu obsahujícího hodnoty 1–4 z nové tabulky. Třetím krokem bylo přepsání hodnot atributu „ONEWAY“ z původní tabulky road.dbf hodnotami atributu „ONEWAY“ z nově vytvořené tabulky. Následně byla celá vrstva vyexportována jako pesi.shp, která byla doplněna o atributy pojmenované „meters“ a „minute“. Jak již názvy obou přidávaných atributů napovídají, jejich jednotkami byly metry a minuty. Hodnoty atributu „meters“ byly získány funkcí Calculate Geometry dostupnou po poklepnutí pravým tlačítkem na název atributu v atributové tabulce. Zmíněná funkce umožňuje vypočítání aktuálních vlastností, v tomto případě se jednalo o délku v metrech. Na základě atributu „meters“ byly vypočítány hodnoty atributu „minute“ dle vzorce

$$\text{minute} = \text{meter} / 1000 / 4 * 60,$$



ze kterého je patrné, že průměrná rychlost běžného chodce byla stanovena na 4 km/h. Srovnání průměrných rychlostí ukazuje tabulka (Tab. 2) níže.

Tab. 2 Srovnání vzdáleností, které je možné ujít danou rychlostí za daný čas

t [s]	v = 3 km/h = 10/12 m/s	v = 4 km/h = 10/9 m/s	v = 5 km/h = 50/36 m/s
10	8,33	11,11	13,89
20	16,67	22,22	27,78
30	25,00	33,33	41,67
40	33,33	44,44	55,56
50	41,67	55,56	69,44
60	50,00	66,67	83,33
70	58,33	77,78	97,22
80	66,67	88,89	111,11
90	75,00	100,00	125,00
100	83,33	111,11	138,89
110	91,67	122,22	152,78
120	100,00	133,33	166,67
130	108,33	144,44	180,56
140	116,67	155,56	194,44
150	125,00	166,67	208,33
160	133,33	177,78	222,22
170	141,67	188,89	236,11
180	150,00	200,00	250,00
190	158,33	211,11	263,89
200	166,67	222,22	277,78
210	175,00	233,33	291,67
220	183,33	244,44	305,56
230	191,67	255,56	319,44
240	200,00	266,67	333,33
250	208,33	277,78	347,22
260	216,67	288,89	361,11
270	225,00	300,00	375,00
280	233,33	311,11	388,89
290	241,67	322,22	402,78
300	250,00	333,33	416,67

Z takto připravené vrstvy již bylo možno vytvořit Network Dataset, nezbytný pro síťové úlohy extenze Network Analyst.

### 2.3.2 Stanovení rastru lokalit vhodnosti

Cílem této části práce byla lokalizace zdrojových a cílových lokalit s vysokým pohybem obyvatelstva, čehož bylo dosaženo vytvořením váhového rastru se zónami

vhodnosti umístění stanic samoobslužných půjčoven kol. Zmíněné váhy vhodnosti umístění stanice byly posléze připsány oběma verzím adresných bodů.

### **2.3.3 Sít'ové úlohy**

Po dokončení váhového rastru byly připravené adresné body pro svou úlohu v sít'ových analýzách, které určily minimální množství stanic potřebných pro co největší pokrytí, a poté již byly lokalizovány samotné stanice použitím jiné sít'ové úlohy. Konkrétně se jednalo o úlohy Minimize Facilities a Maximize Coverage analýzy Location-Allocation.

### **2.3.4 Návrh kapacit**

Posledním z cílů byl návrh kapacit jednotlivých stanic samoobslužných půjčoven kol. Nejprve byly určeny obslužné oblasti jednotlivých stanic, k čemuž byla využita úloha Service Area extenze Network Analyst. Dále byl obslužným oblastem, respektive stanicím přiřazen celkový počet obyvatel, kteří v nich mají trvalé bydliště. Poté byly navrženy kapacity samoobslužných stanic půjčoven kol.

## 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

### 3.1 Samoobslužné půjčovny kol

#### 3.1.1 Bike-sharing

V mnoha světových i evropských městech je dostupná služba samoobslužných půjčoven kol. Původní anglický název je bike-sharing, který je definován jako krátkodobé pronajímání kol v síti bezobslužných umístění (The Bike-sharing Blog). Jedná se tedy o síť samoobslužných stanic, ve kterých jsou umístěna zamčená jízdní kola (viz Obr. 3.1). Prvky služby jsou tedy stanice s jednotlivými stojany a jízdní kola. Je tedy třeba rozlišovat stanice, počet stojanů ve stanici (kapacitu stanice) a celkový počet jízdních kol. Tato služba je provozována ve městech jako například Londýn, Sevilla, Paříž, Vídeň, ad.



Obr. 3.1 Stanice kol služby Valenbisi ve Valencii (autor: R. Hýbner, 2011)

#### 3.1.2 Historie samoobslužných půjčoven kol

První pokusy sdílení kol se uskutečnily v 60. letech 20. století. Ve městech Amsterdam (1965), La Rochelle (1976) a Cambridge (1993) byly poskytnuty občanům k dispozici volně dostupná kola. Systém měl fungovat tak, že kola byla volně k dispozici různě po městě a kdokoli potřeboval jízdní kolo, tak našel nejbližší, dojel, kam potřeboval, a kolo nechal volně na ulici. Problémem bylo, že se kola ztrácela a nebyla v dobrém stavu, protože se o ně nikdo nestaral. Tento princip je označován jako první generace (P. Midgley, 2011).

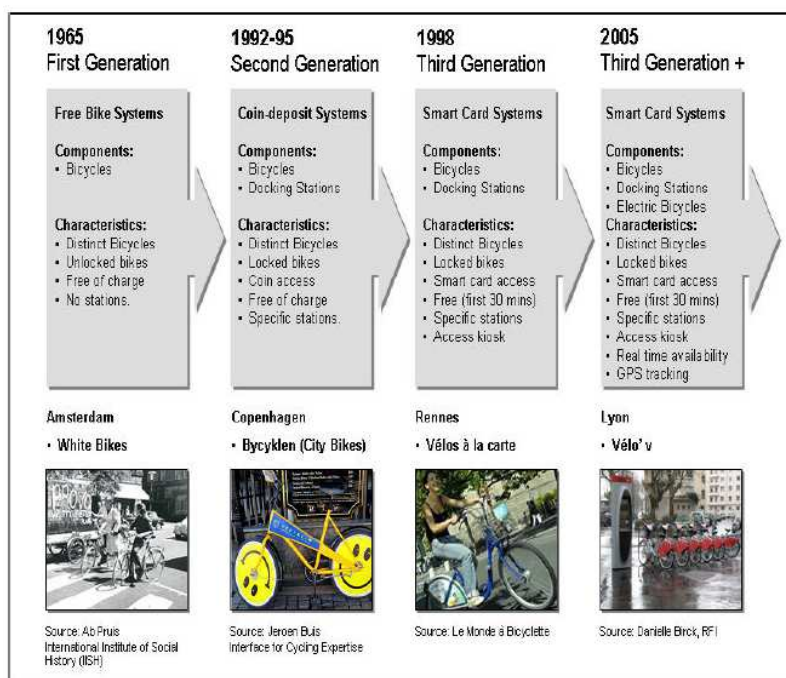
Druhá generace se začala objevovat v roce 1991 v dánských městech Farsø a Grenå a je charakteristická zavedením stanic, do kterých se kola automaticky zamykala.

Kola se půjčovala/odemykala tak, že se do nich vložila mince, podobně jako u nákupních vozíků v supermarketu. Půjčování kol nebylo zpoplatněno (P. Midgley, 2011).

První velký systém, který se považuje za třetí generaci, byl uveden do provozu v Kodani roku 1995. Tato generace zavedla roční poplatky pro uživatele (většinou nízké ve srovnání s hromadnou dopravou nebo individuální osobní dopravou), půjčení kola bylo potom zdarma prvních 30 minut půjčení, posléze se účtoval drobný poplatek (např. ve Valencii 0,50 €).

Aby uživatel mohl využívat danou službu, musel se nejprve zaregistrovat a zaplatit zmíněný roční poplatek (dostupné i kratší intervaly). Dalšími prvky charakteristickými pro třetí generaci je využívání systémů jako GPS (Global Positioning System), RFID (Radio Frequency Identification) ad. Systémy byly většinou zřizovány partnerstvím veřejného (město) a soukromého (investor) sektoru. Investorem je například banka Barclays v Londýně nebo výrobce veřejného vybavení města JCDecaux ve Valencii.

Potenciálními inovacemi čtvrté generace jsou přesunovatelné stanice, stanice napájené solárními panely, elektrická jízdní kola a real-time aplikace do mobilních telefonů ke sledování jednotlivých obsazeností stanic (P. Midgley, 2011). Přehled všech generací je uveden ve schématu níže (Obr. 3.2).



Source: Adapted from Dhingra, Chhavi and S. Kodukula, 2010.

Obr. 3.2 Evoluce programů sdílení kol  
(původní zdroj pod obrázkem, převzato od P. Midgley, 2011).

### 3.1.3 Samoobslužné půjčovny kol v praxi

Následuje popis systému Valenbisi ve španělské Valencii, který autor aktivně využíval po osm měsíců. Systém funguje tak, že se uživatel nejprve zaregistruje a zaplatí roční (nebo např. týdenní) poplatek. Poté uživatel přijde k nejbližší stanici, přiloží identifikační prvek (např. karta na metro), ke kterému má vytvořený účet, a zadá bezpečnostní kód. Uživatel si vybere kolo z těch aktuálně ve stanici přítomných, které si chce půjčit (všechna jsou stejná), nebo mu je kolo přiděleno. Následně si uživatel vezme ze stojanu vybrané kolo a jede ke stanici nejbližší místu, kam se potřebuje dostat, a tam kolo opět vrátí do stojanu. Prospekt Valenbisi v Příloze 13.

Tento systém má však jistá omezení. Jedním je omezená kapacita stanic, takže častými případy jsou situace, kdy je výchozí stanice prázdná (nejsou v ní žádná kola) nebo při vracení kola je stanice plná. V těchto případech musí uživatel najít nejbližší stanici s volnými stojany. Většina systémů však umožňuje zobrazit mapu stanic s aktuálním stavem obsazenosti na internetu, takže pokud má uživatel přístup k internetu, respektive vlastní chytrý telefon, může si obsazenost stanic ověřit dopředu. Řešením tohoto problému je služba redistribuce kol (viz Obr. 3.3) z plně obsazených stanic do prázdných, avšak ne vždy jsou stanice tímto způsobem doplňovány.



Obr. 3.3 Kola připravená k redistribuci  
(původně F. Sztabinski, převzato z Bike-share program investigation, 2009).

### 3.1.4 Způsoby umístování stanic a běžné kapacity stanic

Běžnou praxí umístování stanic samoobslužných půjčoven kol je, v čemž se shoduje většina případových studií, že „...optimální rozmístění stanic je mezi 300 a 500 m. Stanice by měly být umístěny ve všech hlavních destinacích a průjezdných stanicích k povzbuzení pragmatičnosti jízd a k umožnění rychlého a jednoduchého spojení s veřejnou dopravou“ (Bike-share program investigation, 2009).

Potvrzuje to i studie Bike-share opportunities in New York City. Pařížská implementační pravidla zahrnují umístění stojanů kol v blízkosti stanic metra a dodržení průměrné hustoty stanic kol, testované v lyonském systému půjčoven kol, s přibližně 28 stanicemi na čtvereční míli (přepočteno na asi 10,81 stanic/km<sup>2</sup>). Tato hustota odpovídá jedné stanici každých 300 m nebo jedné stanici každých 4–5 bloků, což je potřebná hustota k zajištění stanic všude tam, kde je potřeba.

Kapacita stanic v New Yorku by se lišila v závislosti na očekávaném objemu dopravy a blízkosti stanic. Důležité faktory zahrnují hustotu obyvatelstva, hustotu zaměstnaných, blízkost ke kulturním nebo rekreačním zařízením, jako jsou muzea, divadla a koncertní sítě, a blízkost k obchodům (maloobchodním nákupním příležitostem). Důležité je, že půjčovny kol mají více stojanů, než je kol (většinou o 40 až 50 % více) k zajištění dostatku volných míst na zaparkování kola. Předpokládáme-li 1 kolo/110 obyvatel (= 9,1 kol na 1000 obyvatel, pro srovnání s evropskými městy tabulka Tab. 3), je průměrná kapacita stojanu 24 kol, přičemž kapacita stanic by se lišila dle umístění. Jinak menší stanice mohou být umístěny hustěji (více stanic na km<sup>2</sup>). Obecně lze stanici s kapacitou 10 kol umístit na jedno běžné parkovací místo.

Tab. 3 Srovnání počtu kol a stojanů/1000 obyvatel v evropských městech  
(zdroj dat P. Mingley, 2008)

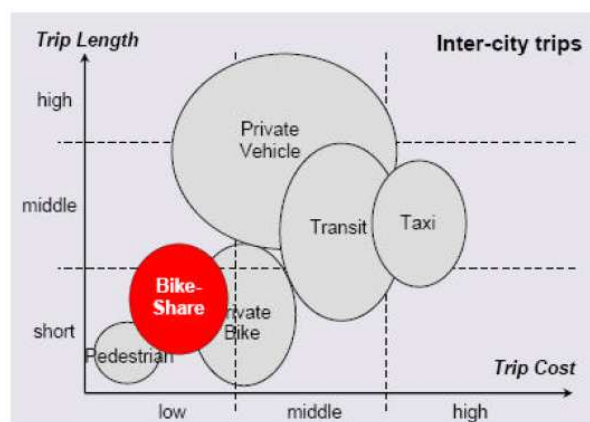
Město	počet kol/1000 obyv.	počet stojanů/1000 obyv.
Paříž	9,6	13,9
Lyon	6,1	8,8
Rennes	4,8	7,0
Kodaň	4,0	5,8
Stockholm	4,0	5,8
Barcelona	3,7	5,4
Brusel	1,1	1,6
Frankfurt	1,1	1,6
Oslo	0,5	0,7
Vídeň	0,4	0,6

Navržené požadavky na umístění stanic v New Yorku jsou následující – stanice kol by měly být umístěny:

- na širokých chodnících nebo ve vozovce, stanice by neměla omezovat pěší ani silniční dopravu,
- dostatečná hustota k zajištění zviditelnění a používání (asi 28–30 stanic na čtvereční míli),
- podél existujících cyklostezek, kde je to možné,

- poblíž stanic metra, zastávek autobusu nebo trajektu,
- poblíž hlavních kulturních a turistických atrakcí,
- přilehlé k hlavním veřejným prostorům a parkům.

Peter Midgley (2011) také dodává, že vzdálenost mezi bydlištěm (výchozím místem uživatele) a stanicí se liší dle města a státu, ale většině lidí stojí za to jít pěšky do vzdálenosti 10 minut chůze. Délka jízdy na kole je většinou mezi jedním až pěti kilometry. Služba samoobslužných půjčoven kol proto zaplňuje důležitou mezeru v městské dopravě v podmínkách délky cesty a nákladů, jak je ukázáno níže (viz Obr. 3.4).



Source: Quay Communications Inc. 2008. Trans Link Public Bike System Feasibility Study. Vancouver.

Obr. 3.4 Schéma závislosti délky cesty a nákladů (původní zdroj pod obrázkem, převzato od P. Midgley, 2011).

### 3.2 Případové studie tuzemské

Jelikož se v české literatuře, respektive celé České republice daná problematika dosud neřešila, budou v tomto oddíle zmíněny pouze obecné případové studie nebo práce o problematice lokace a alokace, případně o síťových analýzách nebo prostorových analýzách. Dále je v této kapitole zmíněn pilotní program HOMEPORT.

V České republice je zatím pouze jediný systém samoobslužných půjčoven kol, který se jmenuje HOMEPORT PRAHA a jehož působnost je jen v jedné pražské části Karlín. Jedná se spíše o pilotní program, sloužící především jako ukázka, protože firma HOMEPORT je i dodavatelem potřebné infrastruktury – kol a stanic. Program by se asi více rozšířil po celém městě, ale jak bylo zmíněno výše, programy bývají zřizovány partnerstvím veřejného a soukromého sektoru a zřejmě se dosud nenašel vhodný investor.

Analýzu míry obslužnosti sítě bankomatů v Olomouci řešil v rámci své bakalářské práce Lukáš Krejčí (2005). Pro síťové a prostorové analýzy s rastrovými daty byly

použity extenze Network Analyst a Spatial Analyst programu ArcView 3.1. Prostorové analýzy byly použity k průzkumu potenciálních zákazníků (demografické analýzy), k analýze obslužných zón ATM (buffery, Thiessen polygony), síťové analýzy byly použity k analýzám silniční sítě v Olomouci.

Bakalářská práce Dalibora Koutného (2011) se zabývá vzdálenostní a časovou dostupností Magistrátem města Olomouce vybraných služeb – obchodů s potravinami, dětských hřišť, zastávek, mateřských a základních škol a zdravotnických zařízení. Zájmovým územím byly obce v působnosti obce s rozšířenou působností Olomouc. Autor tedy využil úlohu Service Area extenze Network Analyst k vytvoření obslužných zón zadaných služeb.

Problematikou lokace a alokace se ve své práci zabývala Dagmar Valchařová (2012), která vytvořila v rámci práce návod na tvorbu lokačních a alokačních analýz v ArcGIS a dále jej aplikovala na případové studie sběrných dvorů, stanoviště s nádobami na separovaný odpad a mateřské školy. Jednalo se převážně o práci s extenzí Network Analyst, respektive síťovými úlohami typu Location-Allocation, které jsou součástí extenze Network Analyst až od 10. verze systému ArcGIS.

### **3.3 Případové studie zahraniční**

V zahraniční literatuře je možné najít množství případových studií zabývajících se problematikou samoobslužných půjčoven kol. Jedná se však ve většině případů pouze o obecné studie, z nichž se jen některé zabývají tematikou optimálního umístění stanic a návrhem kapacit jednotlivých stanic pomocí GIS, na což se zejména zaměřuje tato podkapitola. Dále je možné najít studie řešené matematicky, potažmo programováním nebo řešící jiná témata oboru. Výběr případových studií zde zmíněných lze nalézt na přiloženém CD/DVD.

#### **A GIS Suitability Model on Optimal Locations for Bike-sharing Stations: A Case Study in the City of San Francisco**

Článek popisuje GIS model, který nejlépe určí optimální umístění stanic půjčoven kol. Autorem modelu je Ian McHarg (University of Pennsylvania), který se zabývá územním plánováním a urbanismem.

Model pro provedení analýzy využívá vrstvy landuse, silniční/uliční síť, cykloinfrastrukturu, digitální model reliéfu a data výskytu dopravních nehod. V případě San Francisca bylo dostupné velké množství dat. Dále byla použita dopravní konektivita s MHD. Vrstvy byly převedeny do rastrů o velikosti pixelu 10 metrů. Výše zmíněným vrstvám byly přiřazeny váhy dle tabulky níže (viz Obr. 3.5).

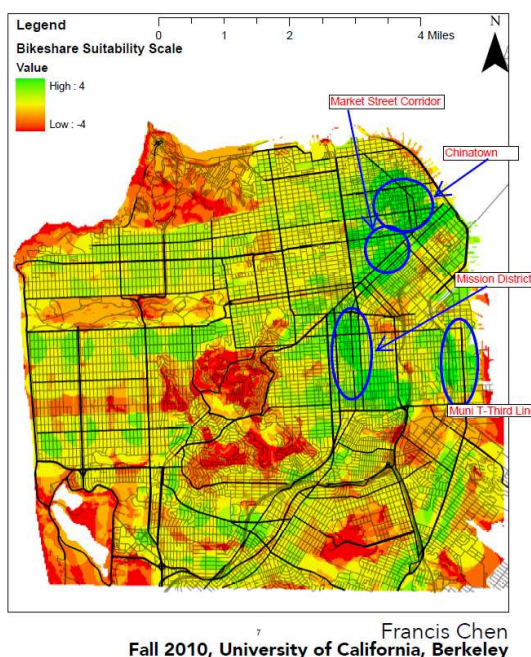


Opportunities		Constraints	
Layer	Weight	Layer	Weight
Heavy and Light Rail Stop Buffer (1/4 mile)	1.5	Bike Collision Density	0 to -3
Bike network buffer (1/4 miles)	1	Road Speed Limit Density	0 to -2
Bus Stop Buffer (1/4 mile)	1	Slope of elevation of San Francisco	0 to -2
Mixed Use Buffer (1/4 mile)	2	Notes: The ¼ mile buffer comes from a similar distance employed by the Philadelphia Bikeshare Concept Report. The road speed limit density and bike collision density employs a ArcGIS extension called Hawth's Tools Density Function.	
Neighborhood Commercial Buffer (1/4 mile)	2		
SF Park Buffer (1/4 mile)	0.5		
Worker Density	1 to 5		
Population Density	1 to 5		
Retail Density	1 to 5		

Obr. 3.5 Přřazení vah vrstvám představujícím příležitosti a hrozby (F. Chen, 2011).

Analýza byla provedena v ArcGIS za použití nástroje Map Algebra. Dále byla provedena reklasifikace, takže pixely výsledné vrstvy mají váhy v intervalu <-4;4>. Následně byly lokalizovány zóny optimálního umístění stanoviště.

### San Francisco BikeShare Suitability Map



Obr. 3.5 Náhled mapy se zónami vhodnosti (F. Chen, 2011).

Výsledná mapa (viz Obr. 3.5) ukazuje místa s vhodným umístěním stanovišť, kde jsou oblasti s vysokou hustotou prodeje, obydlí, blízkostí MHD, smíšený landuse. Oblasti s velkou svahovitostí, nízkou hustotou osídlení, vysokým počtem dopravních nehod jsou pro tuto službu méně vhodné. Nedostatky modelu jsou, že nebere v úvahu poptávku, potenciální uživatele a náklady tohoto řešení. Zóny jsou koncentrovány více do určitých částí města, než že by byly široce rozprostřeny. Model je možností, jak objevit oblasti, kde mohou samoobslužné stanice kol doplnit budoucí rozvoj landuse za dané hustoty obyvatel, zaměstnanosti a dojížděky. Také může pomoci identifikovat

oblasti, kde by se mohla služba rozvíjet, ale nemůže kvůli omezením jako landuse, hustota, nehody cyklistů atd.

### Seattle bicycle share – feasibility study

Je poměrně obsáhlá případová studie, hodnotící proveditelnost veřejného užívání služby samoobslužných půjčoven kol ve městě Seattle. Studie byla publikována oddělením Bike-Share Studio při University of Washington. Její součástí je i kapitola zaměřující se na kvantitativní hodnocení služby systému samoobslužných půjčoven kol v Seattlu. Navržené metody mají identifikovat oblasti, kde má daná služba největší potenciál. Nejdříve bylo identifikováno 12 indikátorů, kterým byly přiřazeny váhy dle tabulky níže (viz Obr. 3.6).

Table 2: Indicators

	Indicator	Scale	Metric	Buffer	Weight	Data Source
	Population Density	TAZ	Population per acre	n/a	1	2008 PSRC Population and Housing Estimates
	Non-Institutionalized Group Quarter Population Density	TAZ	Group quarter population per acre	n/a	0.5	2008 PSRC Population and Housing Estimates
	Job Density	TAZ	Jobs per acre	n/a	1	2008 PSRC Covered Employment Estimates
	Retail Job Density	TAZ	Retail jobs per acre	n/a	1	2008 PSRC Covered Employment Estimates
	Commute Trip Reduction (CTR) Companies	10 meter cell size	Point density	n/a	1	King County Metro
	Tourist Attractions	10 meter cell size	Point density	1000 meters	1	Seattle Department of Planning and Development
	Parks/Recreation Areas	10 meter cell size	Proximity distance	1000 meters	0.5	WAGDA (Seattle Parks Layer)
	Topography	10 meter cell size	Slope angle	n/a	1	WAGDA (WA Digital Elevation Model)
	Regional Transit Stations	10 meter cell size	Proximity distance	1000 meters	1	WAGDA (ST Link, ST Sounder, Amtrak, Ferry, ST Express)
	Bicycle Friendly Streets (including streets with bicycle lanes)	10 meter cell size	Proximity distance	1000 meters	1	WAGDA (SDOT bicycle layer)
	Streets with Bicycle Lanes	10 meter cell size	Proximity distance	1000 meters	1	WAGDA (SDOT bicycle layer)
	Local Transit Stops	10 meter cell size	Point density	1000 meters	1	WAGDA (Metro stops, Street Car)

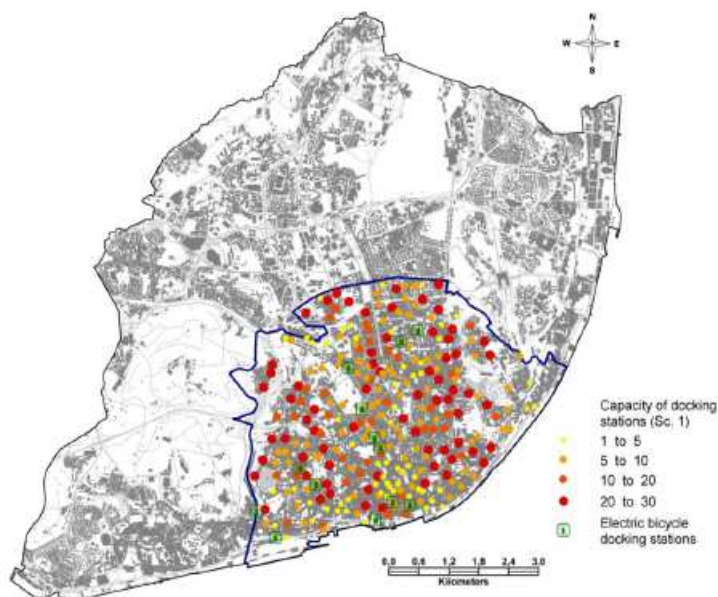
Obr. 3.6 Indikátory a jejich vlastnosti (Bike-Share Studio, 2010).

Dále byla data těchto identifikátorů převedena do rastru o velikosti pixelu 10 metrů. Rastry byly poté zkombinovány metodou váženého součtu rastrů za využití produktu ArcGIS. Výsledný rastr byl reklasifikován do šesti kategorií a posléze analyzován k určení navrhovaných fází implementačních zón služby samoobslužných půjčoven kol.

### An optimisation algorithm to establish the location of stations of a mixed fleet biking system: an application to the city of Lisbon

Studie se zabývá návrhem a rozmístěním služby samoobslužných půjčoven kol pro město Lisabon. Návrh této nové služby je proveden heuristicky, zahrnutím kombinovaného celočíselného lineárního programování (Mixed Integer Linear Programming – MILP), který simultánně optimalizuje umístění stanic, počet kol a měření

relokačních aktivit požadovaných v běžném provozu. Toto řešení využívá mimo jiné OD matrix a dále tradičního kapacitního p-mediánu k umístění potenciálních stanovišť. Konečný výsledek poskytuje lepší vhled do problematiky navrhování a chodu těchto systémů. Jedna z variant řešení na obrázku Obr. 3.7.



Obr. 3.7 Rozmístění stanic a jejich kapacita (L. M. Martinez, 2012).

### Boise Bike Share Location Analysis

Autoři se ve studii zabývají analýzou, která lokalizuje a optimalizuje počet kol a stanic pro 2,25mílový (3,62 km) poloměr v oblasti Downtown Boise (stát Idaho). Prozkoumání několika projektů samoobslužných stanic půjčoven kol v jiných městech (Seattle a Los Angeles) a studium jejich metodologií se ukázalo užitečným při vývoji této analýzy. Nakonec byly využity oba přístupy – seattleský vážený překryv a přístup vážené sumy z Los Angeles. Použitím optimalizačních analýz GIS k určení optimálního počtu kol a stanic se ukázalo výsledných 140 kol a 14 stanic optimálním řešením.

## 4 SÍŤOVÉ ANALÝZY

Tato problematika je již velmi podrobně popsána v magisterské práci Dagmar Valchařové, proto zde budou vybrané oddíly popsány stručněji.

### 4.1 Teorie grafů

Síťové analýzy (vektor) jako takové vycházejí z teorie grafů. Grafy jsou vhodným prostředkem pro popis situací, které lze znázornit pomocí konečného množství bodů a vztahů mezi nimi znázorněných pomocí hran (Jírovský, 2010). Cílem grafu je zachytit strukturu sítě, nikoliv její reálný vzhled (Čapek, 2011).

Samotný graf  $G$  je definován jako dvojice dvou množin – vrcholů ( $V$  – vertices) a hran ( $E$  – edges), tedy  $G = (V, E)$ .  $V(G)$  a  $E(G)$  jsou tedy množinou vrcholů  $V$  (resp. množinou hran  $E$ ) grafu  $G$ . Množina hran  $E$  je podmnožinou množiny všech možných dvojic navzájem různých vrcholů – nepřipouštíme tedy násobné hrany ani smyčky (Jírovský, 2010).

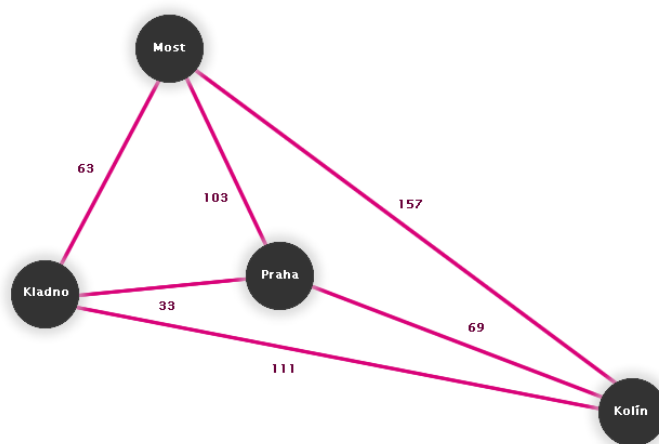
Grafy rozdělujeme na otevřené a uzavřené podle toho, zda všechny jednotlivé vrcholy grafu jsou propojeny s nejméně dvěma hranami. Z toho je zřejmé, že graf je otevřený, je-li alespoň jeden jeho vrchol propojen pouze s jednou hranou.

Hrany grafu rozlišujeme na orientované a neorientované podle toho, zda je určen směr pohybu po hraně mezi vrcholy. Příkladem může být jednosměrná ulice, kdy je pohyb umožněn pouze jedním směrem.

Cestu v grafu můžeme chápat jako posloupnost vrcholů a hran  $(v_0, e_1, v_1, \dots, e_t, v_t)$ , kde vrcholy  $v_0, \dots, v_t$  jsou navzájem různé vrcholy grafu  $G$  a pro každé  $i = 1, 2, \dots, t$  je

$$e_i = \{v_{i-1}, v_i\} \in E(G).$$

Jedním z typických problémů teorie grafů je hledání nejkratší cesty. Představme si, že chceme zjistit nejkratší cestu mezi vybranými městy (viz Obr. 4.1).



Obr. 4.1 Příklad grafu (Jírovský, 2010).

Jediná vlastnost, která nás bude zajímat, je vzdálenost mezi městy (vzdálenost = délka cesty, kterou bychom museli ujet po silnici). Jako vrcholy tedy použijeme města; hrany pak budou popisovat, že mezi městy existuje cesta a jak je dlouhá. Algoritmus potom využije čísla na hranách spojujících města – vzdálenosti mezi městy (Jírovský, 2010).

## 4.2 Síťové analýzy

Základem vektorových síťových analýz je síť, což je „...konečný souvislý, orientovaný, acyklický, hranově nebo uzlově ohodnocený graf, v němž existuje jeden počáteční uzel (nevstupuje do něj žádná hrana) a jeden uzel koncový (žádná hrana z něj nevystupuje)“ (Friebelová, 2006). Síťe mohou být dvourozměrné, například silniční síť, nebo třírozměrné, jejímiž typickými zástupci jsou především síť inženýrské – rozvod plynu, kanalizace atd. Liniové objekty tvořící síť, jsou charakterizovány délkou, směrem a konektivitou. Rozlišují se čtyři druhy sítí, a to neorientované, zorientované, neorientované se smyčkami a zorientované se smyčkami. Dále je nutné zmínit multimodální síťe, které nejlépe charakterizuje následující situace. Mějme danu síť tras a zastávek tramvají, autobusů a metra, která je tvořena sítěmi jednotlivých dopravních prostředků. Zastávky mohou a nemusejí být společné, avšak jsou-li společné, je možné uskutečnit přestup a dle potřeby tyto dopravní prostředky kombinovat.

Je-li objasněn pojem síť, je potom zřejmé, že síťové analýzy jsou analýzy prováděné na této síti. Komponentami síťových analýz jsou zdroje (materiály, které se mají v síti přesunovat), jedna nebo více lokalit, kde se zdroje nacházejí, jedna nebo více cílových lokalit a soustava podmínek definujících propojení síťe mezi uzly.

Jsou čtyři základní typy analýz, ze kterých jsou odvozeny další. Prvním typem je modelování zatížení síťe, kdy se modeluje rychlost pohybu materiálu síti, například pohyb vody v potrubí. Rychlost pohybu může být ovlivňována vlastnostmi, jako je průměr potrubí, nebo typem přepravovaného materiálu. Druhým typem je hledání optimálního spojení (trasy), kdy je hledána nejkratší nebo nejméně oceněná trasa mezi dvěma nebo více vrcholy síťe. Nejprve se vyhledá nejbližší uzel a poté se vyhledávání stejným způsobem opakuje a vždy se ověří požadovaný směr a to, zda není dosaženo cíle. Třetím typem síťových analýz je alokace zdrojů, která bude podrobněji popsána v následujícím oddíle. Posledním typem je strom minimálního rozpětí, jehož výsledkem je síť, která spojuje všechny uzly v síti pomocí minimálního počtu spojů. Kořen každého stromu je umístěn v jednom z uzlů v síti a vzdálenost mezi každým uzlem a kořenem je minimální.

### 4.3 Lokace a alokace

Alokací zdrojů se rozumí přiřazování spotřebitelů k jednotlivým zdrojům, což si můžeme představit jako jeden centrální sklad zboží, který zásobuje menší distribuční střediska nebo obchody, případně rovnou zákazníky. Všichni zákazníci zásobování jedním skladem jsou tedy v jeho obslužné zóně – servisní oblasti (Service Area). Alokační algoritmus využívá tato centra jako zdroje/cíle a modeluje jak lidi, tak i zboží procházející sítí, aby se k nim/od nich dostali.

Lokací je optimální rozmístění objektů v prostoru, potom analogicky alokací jsou zásobovací sklady umísťovány tak, aby co nejefektivněji obsloužily dané zákazníky. Lokalizace je dána souřadnicemi  $x$ ,  $y$  a vypočítána ze známých souřadnic pevných bodů, tzv. poptávkových bodů, a podle váhy jim přiřazené (alokace). Hledá se v podstatě územní medián, tedy bod s minimálním součtem euklidovské vzdálenosti, vzdálenosti „vzdušnou čarou“ (např. při hledání lokalizace bodu tak, aby součet vzdáleností od daných bodů byl minimální). Lze také přidat váhu těmto bodům, např. cenu za dopravu, kdy pak hledáme vzdálenost s minimální cenou (Valchařová, 2011).

K nalezení územního mediánu se používá Torricelliho bod, Varignonův rámeček nebo Voronoi diagramy (Burešová, 2009). Tuto problematiku již ve své magisterské práci dostatečně názorně popsala Dagmar Valchařová (2011).

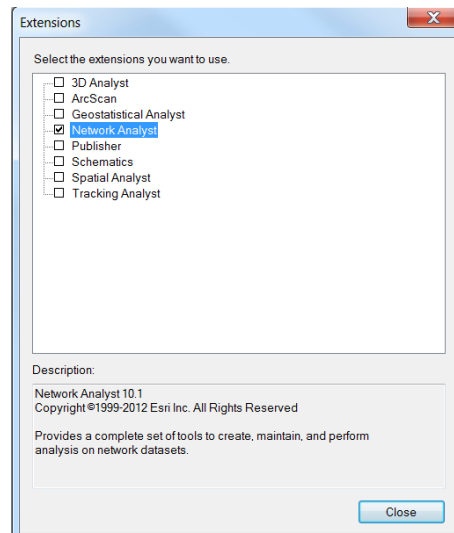
Lokační teorie má tři hlavní směry – spojitý lokační problém, diskrétní lokační problém a lokační problém na síti (Burešová, 2009).

Spojité problémy jsou popsány prostřednictvím spojitých veličin, kdy je nutné znát nejen polohu dvou bodů (jejich souřadnic), ale i jejich vzdálenostní míru (jak je to daleko z jednoho bodu do druhého). Základní vlastností bodů je jejich vzájemná poloha, která je daná vzdáleností mezi nimi, a to buď vzdušnou čarou, Euklidovská vzdálenost, nebo po trase, Manhattan vzdálenost (Burešová, 2009). Spojité problémy se řeší prostorovým vztahem mezi potenciálními zákazníky (nejčastěji představování poptávkovými body) a obslužnými centry. Obslužná centra mají definovaný rádius nebo prahovou vzdálenost, a pokud je poptávkový bod uvnitř této oblasti, je považovaný za pokrytý obslužným střediskem, a obsluhován tímto zařízením (Valchařová, 2011).

Diskrétní lokační problémy jsou založeny na konečném počtu míst, ve kterých může být obslužné zařízení lokalizováno, a na konečném počtu potenciálních klientů nebo zákazníků (školy, letiště, nemocnice mající určitou kapacitu). Pro tyto problémy neexistuje obecný lokační model kvůli mnohdy velkému počtu omezení a cílů, které musí být co nejvíce optimalizovány. Praktický význam mají tyto modely v soukromém i veřejném sektoru a všechny jsou založeny na daném počtu bodů, které mají být obsluhovány, a na daném počtu obslužných středisek (Valchařová, 2011).

## 4.4 Network Analyst

Network Analyst (dále NA) je placená extenze systému ArcGIS umožňující provádět síťové analýzy a modelovat reálné podmínky na síti (ARCDATA). Aby bylo možné extenzi používat, je nutné provést její aktivaci zaškrtnutím checkboxu u položky Network Analyst (viz Obr. 4.2). To je přístupné skrze nabídku Customize a položku Extensions v aplikaci ArcMap neb ArcCatalog.



Obr. 4.2 Aktivování extenze Network Analyst (ArcGIS).

### 4.4.1 Network Dataset

Nejprve je nutné mít kvalitní síť – systém propojených hran (edges, linie) a uzlů (junctions, body). ArcGIS rozděluje síť na geometrické (inženýrské síť) a síťové datasey (Network Dataset (dále ND), kterými mohou být například ulice, chodníky či železniční koleje. Mimo základní dvoudimenzionální ND, představující síť pouze jednoho dopravního prostředku, existují i síť multimodální a třídímenzionální. Multimodální ND jsou tvořeny sítěmi více druhů dopravních prostředků. Třídímenzionální ND umožňuje modelovat interiérové síť budov, dolů nebo jeskyní (ArcGIS Help 10.1, 2012).

ND se vytváří pomocí rozhraní New Network Dataset, které je dostupné z ArcCatalogu a postupně provede uživatele všemi kroky, při kterých se nastavují parametry sítě, které zachycují její podstatné vlastnosti (viz Obr. 4.3), jako jsou vzdálenosti, zatáčky (Turns) a směry (Directions).

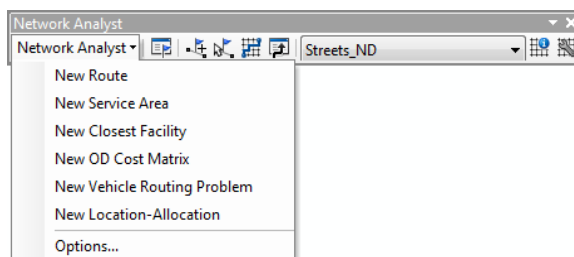


Obr. 4.3 (ArcGIS Help 10.1, 2012).

Při otevření vlastností skrze ArcCatalog lze opětovně upravovat parametry a vlastnosti (Attributes) sítě, jako například atributy cestovní náklady, omezení, hierarchické úrovně ad. (ArcGIS Help 10.1, 2012).

#### 4.4.2 Sít'ové analýzy extenze Network Analyst

Extenze NA umožňuje provádět sít'ové analýzy typu Route, Closest Facility, OD Cost Matrix, Vehicle Routing Problem, Service Area, Location-Allocation. Ty se vytvářejí přes Network Analyst toolbar (viz Obr. 4.4). Poslední dva zmíněné typy analýz (Service Area a Location-Allocation) budou podrobněji popsány v následujícím oddíle.



Obr. 4.4 Network Analyst toolbar (ArcGIS Help 10.1, 2012).

Pro každou novou sít'ovou analýzu se automaticky vytváří vrstva reprezentující daný typ úlohy. Vrstva obsahuje vstupy (Demand Points – poptávkové body, Facilities – zařízení), bariéry a po vyřešení problému i výstupy (Lines – linie, Area – oblasti).



Dále je nutné zmínit pojem impedance, která udává typ tzv. odporu. Tím bývá většinou vzdálenost nebo čas. Tento odpor se během průchodu od/do zařízení, respektive poprávkového bodu kumuluje. S tím souvisí parametr analýz Impedance Cutoff (hraniční hodnota odporu), kterým je určována hraniční vzdálenost od zařízení, do které se mají poprávkové body hledat.

Vrstva zvolené analýzy se vytváří zvolením položky v rolovacím menu toolbaru Network Analyst. Po vytvoření se vrstva přidá do Table Of Contents a do okna Network Analyst Window. Network Analyst Window umožňuje spravovat obsah vrstvy analýzy obsahující zařízení (Facilities), linie (Lines), obslužné zóny (Polygons) a bariéry, které je možné přidat, avšak tato volba nebyla v této práci využita ani u jedné z analýz.

Většina analýz extenze Network Analyst využívá principu Dijkstrova algoritmu nebo jsou z něj odvozeny, případně využívají analýzy, které z něj přímo vycházejí. Klasický Dijkstrův algoritmus řeší problém nejkratší cesty na nesměrového, nonegativního váženého grafu. Klasický Dijkstrův algoritmus řeší jednodrožový problém nejkratší cesty na váženém grafu. Aby našel nejkratší cestu ze startovního bodu **s** do cílového bodu **d**, zachovává soubor vrcholů **S**, jejichž výsledná nejkratší cesta ze **s** byla již vypočítána. Algoritmus opakovaně nachází vrcholy v souboru vrcholů **S** a aktualizuje předpokládanou nejkratší cestu všech sousedů z vrcholů, které nejsou v **S**. Algoritmus pokračuje, dokud není cíl **d** zařazen do **S** (ArcGIS Help 10.1, 2012).

## Route

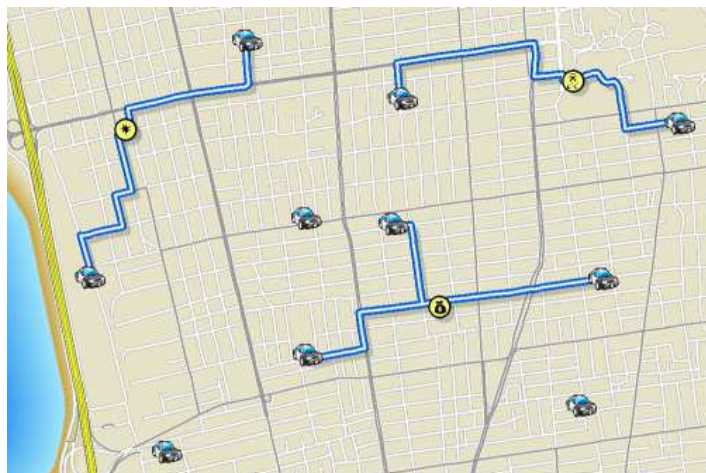
Analýza Route hledá nejlepší cestu z jednoho místa do druhého (viz Obr. 4.5) nebo do několika dalších. Nejlepší cestou se v tomto případě rozumí nejrychlejší nebo nejkratší cesta, což závisí na zvoleném parametru impedance. V případě více než dvou míst k navštívení budou navštívena v pořadí, které určí uživatel, nebo je pořadí určeno NA dle úlohy typu problém obchodního cestujícího.



Obr. 4.5 Analýza Route (ArcGIS Help 10.1, 2012).

## Closest Facility

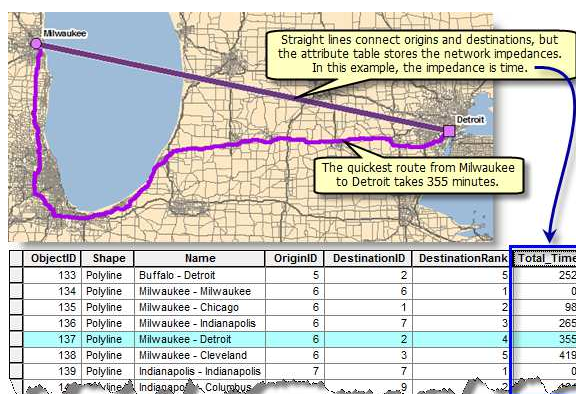
Typickým příkladem analýzy Closest Facility je vyhledání nejbližší hasičské stanice, ze které se hasiči nejdříve dostanou na místo požáru. V této analýze může uživatel specifikovat, kolik zařízení se má vyhledat, do jaké vzdálenosti se mají zařízení vyhledávat, nebo je možné vyhledávat více zařízení k více událostem současně (viz Obr. 4.6).



Obr. 4.6 Simultánní vyhledávání analýzou Closest Facility (ArcGIS Help 10.1, 2012).

## OD Cost Matrix

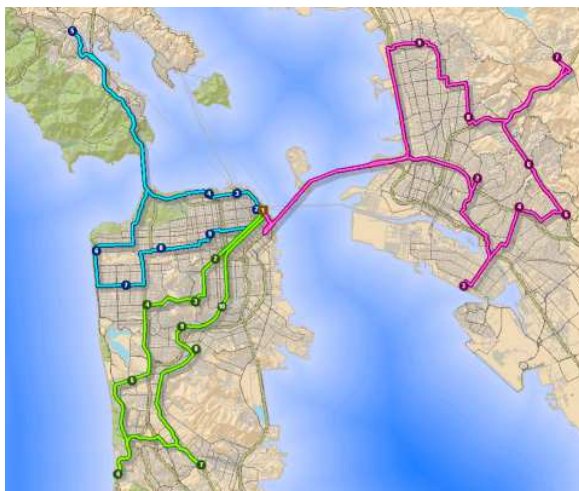
OD Cost Matrix je využíváno v situaci, kdy je potřeba určit vzdálenosti mezi jednotlivými zařízeními. Výstupem je tabulka a liniová vrstva obsahující impedanci z každého zařízení do každého. Výstupní linie jsou rovné pouze z důvodu přehlednosti, jinak jsou hodnoty impedance v tabulce spočítané dle skutečného pohybu sítí (viz Obr. 4.7).



Obr. 4.7 Náhled analýzy OD Cost Matrix (ArcGIS Help 10.1, 2012).

## Vehicle Routing Problem

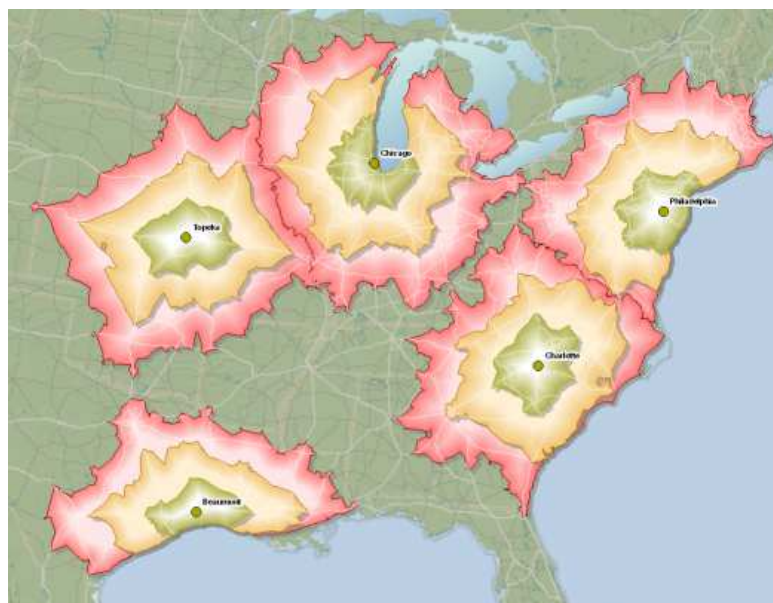
Analýza umožňuje řízení flotily rozvážkových vozů a plánování tras jednotlivých vozidel. Do analýzy mohou vstupovat další parametry, například určení počtu vozů ve flotile, časová omezení, maximální rychlost a požadavky zákazníků (viz Obr. 4.8).



Obr. 4.8 Plánování rozvážky třemi vozy (ArcGIS Help 10.1, 2012).

### 4.4.3 Service Area

Analýzou Service Area lze najít obslužné oblasti každého bodu na síti. Výstupem je polygon, který zahrnuje všechny dostupné ulice (zákazníky) ležící do určité impedance (vzdálenosti nebo limitního času) od zařízení. Ve srovnání s funkcí buffer nevymezuje obslužné oblasti do určité vzdálenosti vzdušnou čarou, ale počítá se pohyb ulicemi, respektive sítí. Service Area pomáhá hodnotit dostupnost. Analýza umožňuje vytvořit koncentrické obslužné zóny, které ukazují, jak se mění dostupnost se zvolenou impedancí (viz Obr. 4.9). Jsou-li Service Area vytvořeny, je možné určit, kolik území, lidí nebo čehokoliv jiného je v dané oblasti (ArcGIS Help 10.1, 2012).



Obr. 4.9 Koncentrické obslužné zóny (ArcGIS Help 10.1, 2012).

Aby bylo možné analýzu Service Area provést, je nutné mít, mimo vytvořeného ND, vrstvu zařízení (Facilities), pro která se budou vytvářet obslužné zóny. Facilities nebo Demand Points je možné vytvářet i ručně, klepnutím do zájmového místa v síti.

Parametry vstupní vrstvy analýzy Service Area a parametry obslužných polygonů budou zmíněny v praktické části práce, a to jen ty, které byly použity při této práci. Detailní výpis a popis všech parametrů je součástí výstupu magisterské práce Dagmar Valchařové (2011) a je umístěn na webových stránkách k její práci ([http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/valcharova12//service\\_nastaveni.html](http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/valcharova12//service_nastaveni.html)).

Princip analýzy Service Area je založen na již zmíněném Dijkstrově algoritmu, jehož cílem je návrat podsouboru propojených hran tak, že jsou ve specifikované hraniční vzdálenosti (Impedance Cutoff). Navíc může vrátit linie kategorizované souborem prahových hodnot, do kterých může hrana patřit. Service Area může generovat linie, polygony obklopující tyto linie nebo linie a polygony současně.

Polygony generované analýzou jsou vytvářeny tak, že geometrii již projitých linií převede na datovou strukturu TIN (nepravidelná trojúhelníková síť – triangulated irregular network). Síťová vzdálenost podél linií slouží jako výška lokací uvnitř tinu. Lokacím neprojitým analýzou Service Area jsou přiděleny mnohem větší hodnoty výšek. Proces generování polygonů je použit s tinem k vyřezání zahrnutých oblastí ve specifikovaných prahových hodnotách. Algoritmus generování polygonů má přidanou logiku k vytváření generalizovaných nebo detailních polygonů a vyřešení mnoha zvláštních případů, které mohou nastat (ArcGIS Help 10.1, 2012).

#### 4.4.4 Location-Allocation

Cílem této analýzy je lokalizovat zařízení takovým způsobem, aby co nejefektivněji zásobovalo poptávkové body (ArcGIS Help 10.1, 2012). Příkladem nejlépe vystihujícím nasazení analýzy Location-Allocation je umístění nové hasičské stanice do města. Nutným vstupem do analýzy jsou kandidátní zařízení, respektive potenciální umístění hasičské stanice. Další zařízení mohou vstupovat jako stávající stanice nebo jako konkurenční stanice. Poptávkovými body jsou v tomto případě jednotlivé domácnosti nebo adresné body (viz Obr. 4.10). Jak zařízení, tak poptávkové body (nejčastěji počty obyvatel) mohou být ohodnoceny váhami.



Obr. 4.10 Nasazení Location-Allocation v případě hasičských stanic (ArcGIS Help 10.1, 2012).

Daná zařízení poskytují zboží a služby a soubor poptávkových bodů, který je konzumuje, spotřebovává. Jak název napovídá, lokace a alokace je dvojitý problém, který současně lokalizuje zařízení poptávkovým bodům a alokuje poptávkové body zařízením (ArcGIS Help 10.1, 2012).

Parametry vstupních vrstev zařízení (Facilities) a poptávkových bodů (Demand Points) a analýzy Location-Allocation budou zmíněny v praktické části práce, a to jen ty, které byly použity při této práci. Detailní výpis a popis všech parametrů je součástí výstupu magisterské práce Dagmar Valcharové (2011) a je umístěn na webových stránkách k její práci ([http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/valcharova12//la\\_nastaveni.html](http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/valcharova12//la_nastaveni.html)).

Algoritmus lokační a alokační analýzy je následující. Je dáno  $N$  kandidátních zařízení a  $M$  poptávkových bodů s váhami. Výběr zařízení podsoubor zařízení  $P$  tak, že suma vážených vzdáleností z každého  $M$  do nejbližšího  $P$  je minimální. Tento kombinační problém typu  $N$  vybírá  $P$  a počet řešení je obrovský. Optimální řešení tedy nemůže být vypočítáno vyzkoušením všech kombinací. Například problém jako 100 vybírá 10, obsahuje přes 17 bilionů kombinací. Proto je využita heuristika k řešení lokačních a alokačních analýz (ArcGIS Help 10.1, 2012).

Analýza začíná vygenerováním OD matrix nejkratší cesty mezi všemi zařízeními a poptávkovými body podél sítě. Potom je vytvořena upravená verze nákladové matrix procesem známým jako Hillsmanova úprava. Proces úprav umožňuje stejné řešení heuristikou k vyřešení variací rozdílných typů problémů. Analýza poté generuje soubor polonáhodných řešení a aplikuje heuristické nahrazování vertexů (Teitz a Bart) k vyčištění těchto řešení vytvořením skupiny dobrých řešení. Meta-heuristika potom kombinuje tuto skupinu dobrých řešení k vytvoření skupiny lepších řešení. Když už není možné žádné zlepšení, meta-heuristika vrací nejlepší nalezené řešení. Kombinace upravené matrix, polonáhodných počátečních řešení, heuristické nahrazení vertexů a vyčištění meta-heuristiky poskytne rychlé řešení optimálním výsledkům blízke (ArcGIS Help 10.1, 2012).

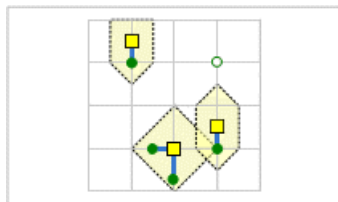
Vrstva lokační a alokační analýzy nabízí sedm rozdílných typů problémů k vyřešení specifických druhů otázek. Typy jsou následující:

- Minimize impedance
- Maximize coverage
- Maximize capacitated coverage
- Minimize facilities
- Maximize attendance
- Maximize market share
- Target market share

Jednotlivé typy jsou podrobně popsány v magisterské práci Dagmar Valchařové, proto budou v následujícím oddílu uvedeny pouze použité typy – Minimize Facilities (Minimalizace zařízení) a Maximize Coverage (Maximalizace pokrytí).

### **Maximize Coverage**

Zařízení jsou lokalizována tak, že pokud možno co nejvíce poptávkových bodů je alokováno výsledným zařízením do hraniční vzdálenosti (viz Obr. 4.11).



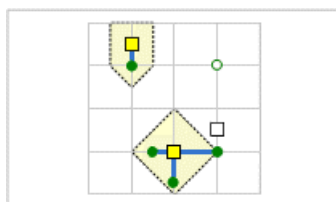
Obr. 4.11 Vybrána tři zařízení (ArcGIS Help 10.1, 2012).

Maximize Coverage je často využíváno k lokalizování hasičských a policejních stanic, protože je po záchranných systémech často požadováno, aby přijeli do všech poptávkových bodů ve specifikovaném čase.

Úloha Maximize Coverage řeší vybrané situace následujícím způsobem. Všechny poptávkové body ležící mimo hraniční vzdálenost nejsou alokovány. Poptávkový bod uvnitř hraniční vzdálenosti jednoho zařízení, mu je připsána veškerá váha alokovaná danému zařízení. Poptávkový bod uvnitř hraniční vzdálenosti dvou a více zařízení má všechnu svou váhu alokovanou bližšímu zařízení (ArcGIS Help 10.1, 2012).

### Minimize Facilities

Zařízení jsou lokalizována tak, že pokud možno, co nejvíce poptávkových bodů je alokováno výsledným zařízením do hraniční vzdálenosti a navíc počet požadovaných zařízení je byl minimalizován (viz Obr. 4.12).



Obr. 4.12 Přiřazení všech poptávkových bodů pouze dvěma zařízeními (ArcGIS Help 10.1, 2012).

Úloha Minimize Facilities je totožná jako u Maximize Coverage, ale s tou výjimkou, že **počet zařízení k umístění je určen v řešení**. Když nejsou náklady na výstavbu omezené, stejný druh organizace, který používá Maximize Coverage, používá Minimize Facilities, takže jsou všechny poptávkové body pokryty.

Úloha Minimize Facilities řeší vybrané situace následujícím způsobem. Všechny poptávkové body ležící mimo hraniční vzdálenost nejsou alokovány. Poptávkový bod uvnitř hraniční vzdálenosti jednoho zařízení, mu je připsána veškerá váha alokovaná danému zařízení. Poptávkový bod uvnitř hraniční vzdálenosti dvou a více zařízení má všechnu svou váhu alokovanou bližšímu zařízení.

Minimize Facilities se také používá k výběru zastávek školního autobusu, když je po studentech požadováno, aby chodili na zastávku určitou vzdálenost do té doby, než bude vystavěna další zastávka blíže bydlištěm studentů (ArcGIS Help 10.1, 2012).

## 5 ŘEŠENÍ PRO MĚSTO OLOMOUC

V kapitole 2 byla popsána aktualizace a předzpracování dat. Tato kapitola bude pojednávat o samotném vypracování. Nebude-li řečeno jinak, parametry nástrojů budou nastaveny na výchozí hodnoty.

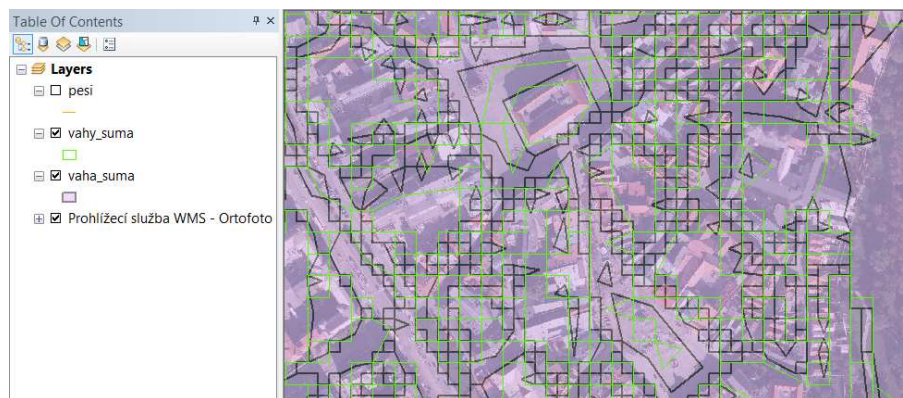
### 5.1 Stanovení rastru lokalit vhodnosti

Nejprve byly vytvořeny buffery okolo vrstev zastávek městské hromadné dopravy, železničních zastávek a cyklokomunikací, protože jejich působnost není bodová, ale je rozprostřena do určité vzdálenosti. Vzdálenost byla zvolena na 50 metrů a parametr Dissolve Type byl nastaven na hodnotu ALL, z důvodu nežádoucích překryvů jednotlivých polygonů ve vrstvě.

Následně byly všechny vstupující vrstvy (adresné body s počty obyvatel – idadr\_obyv.shp, dojíždka, ubytovací zařízení, landuse a buffery zastávek městské hromadné dopravy, železničních zastávek a cyklokomunikací) převedeny na rastry, k čemuž byly využity nástroje pro daný typ geometrie přímo určené, a to z důvodu nevhodného způsobu připsování hodnot jednotlivým pixelům v případě, že do jednoho pixelu náleží více hodnot. Příkladem může být srovnání převodu bodové vrstvy. Nástroj Feature To Raster připsuje hodnotu bodu nejbližšího středu pixelu, kdežto nástroj Point to Raster umožňuje si vybrat – v tomto případě byl zvolen součet – SUM. Nástroje jsou dostupné z toolboxu Conversion Tools a toolsetu To Raster.

Praktická část této práce byla nejprve testována na malém vybraném území základních sídelních jednotek Olomouc-historické jádro a Lazce. Při testování byla použita velikost pixelu váhového rastru 20 metrů, která měla být použita i pro celé zájmové území města Olomouce, avšak nakonec byla autorem zvolena velikost pixelu váhového rastru 10 metrů, protože poskytuje přesnější výsledky. Srovnání váhového rastru s velikostí pixelu 10 a 20 metrů po převodu do vektoru je na obrázku níže (viz Obr. 5.1).





Obr. 5.1 Srovnání váhového rastru s velikostí pixelu 10 a 20 metrů po převodu do vektoru (autor).

U všech vrstev byla nastavena velikost pixelu na 10 metrů a dále byl nastaven parametr Processing Extent z nabídky Environments na vrstvu zájmového území. Processing Extent byl nastaven kvůli nutnosti stejného rozměru všech vygenerovaných rastrů.

Bodové vrstvy (adresné body a ubytovací zařízení) byly převedeny nástrojem Point to Raster. Parametr Cell assignment type (ovlivňující způsob přiřizování hodnot pixelům) byl přenastaven z MOST\_FREQUENT (nejčastější hodnota) na SUM (součet). Pole Value Field bylo nastaveno na atribut s celkovým počtem obyvatel (OBYV\_CELK) u vrstvy adresných bodů a atribut ubytovací kapacity vynásobené koeficientem 0,29 ( $pu/3$ ) u vrstvy ubytovacích zařízení.

Jedinou liniíovou vrstvou vstupující do konverze na rastr byla vrstva dojížděky, u níž byl v poli Value field nastaven atribut obsahující počet dojíždějících obyvatel (dojizdejici).

Zbývající polygonové vrstvy (landuse a buffery zastávek městské hromadné dopravy, železničních zastávek a cyklokomunikací) byly převedeny na rastr nástrojem Polygon to Raster. V poli Cell assignment type byla nastavena hodnota MAXIMUM\_AREA. Mimo vrstvy landuse, u které bylo pole Value Field nastaveno na atribut „vaha“, byl u všech ostatních polygonových vrstev nastaven na atribut „Id“.

Po konverzi na rastr bylo nutné u všech rastrových vrstev vytvořit atributovou tabulku, jinak se stávalo, že reklasifikaci nebylo možné provést, protože se neměly z čeho načíst hodnoty do reklasifikátoru. Reklasifikace byla provedena pomocí nástroje Reclassify z toolsetu Reclass v toolboxu Spatial Analysis Tools. U vrstev adresných bodů, dojížděky a ubytovacích zařízení byly nastaveny prahové hodnoty na 5, 10 a 100 (přesněji popisuje tabulka Tab. 4).

Tab. 4 Reklasifikační tabulka

staré hodnoty	nové hodnoty
0	0
1 – 5	1
6 – 10	2
11 – 100	3
101 – maximum	4

U vrstev zastávek městské hromadné dopravy, železničních zastávek a cyklokomunikací byly původní hodnoty 0 nastaveny na 1. U vrstvy landuse která měla původní hodnoty 0 a 1 byly nové totožné. U všech sedmi vrstev byly hodnoty No Data nahrazeny hodnotami 0.

Po reklasifikaci již bylo možné vytvořit váhový rastr (nástroj Raster Calculator – toolset Map Algebra – toolbox Spatial Analyst Tools), který vznikl součtem všech reklasifikovaných rastrů. Váhový rastr reprezentuje zóny vhodnosti nebo nevhodnosti umístění stanice. Výsledný váhový rastr byl pojmenován vaha\_suma.

Ten byl převeden zpět do vektoru na polygonovou vrstvu pomocí nástroje Raster to Polygon (toolbox Conversion Tools a toolset From Raster). V poli Field value byl vybrán atribut „GRIDCODE“, který nabývá celočíselných hodnot 0–9. Nově vzniklý polygon byl pojmenován vaha\_suma (viz Obr. 5.2 a mapa v Příloze 3).



Obr. 5.2 Náhled vrstvy s váhami (R. Hýbner, 2012).

Dále bylo nutné váhy připsat adresným bodům, což bylo provedeno nástrojem Spatial Join (toolbox Analysis Tools – toolset Overlay). Jelikož bylo potřeba připsat váhy oběma vrstvám adresných bodů – idadr\_obyv.shp a adrlink.shp (SteertNet) – bylo využito funkce Batch, kterou lze spouštět téměř všechny nástroje v okně ArcToolbox a která umožňuje tímtož nástrojem zpracovat najednou více vrstev. Jako Target Features byly zadány vrstvy adresných bodů, jako Join Features byla vybrána polygonová vrstva

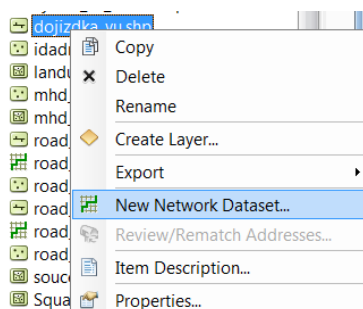
s váhami. Pole Join Operation bylo přenastaveno na JOIN\_ONE TO\_MANY. Zbytek parametrů zůstal nezměněn. Takto byly vrstvy adresných bodů připravené pro další použití. Vrstva idadr\_obyv.shp byla po připsání hodnot vah přejmenována na adrobyv.shp.

Většinou se jako váha poptávkových bodů používá počet obyvatel žijících na daném adresném bodě, což bylo i vyzkoušeno. Zařízení byla poté lokalizována pouze v místech výskytu oblastí, kde jsou trvalá bydliště, a v místech s nulovou hustotou obyvatelstva (průmyslové zóny) nebyly lokalizované žádné stanice, což bylo nežádoucí, protože tyto oblasti slouží jako pracoviště.

## 5.2 Síťové analýzy

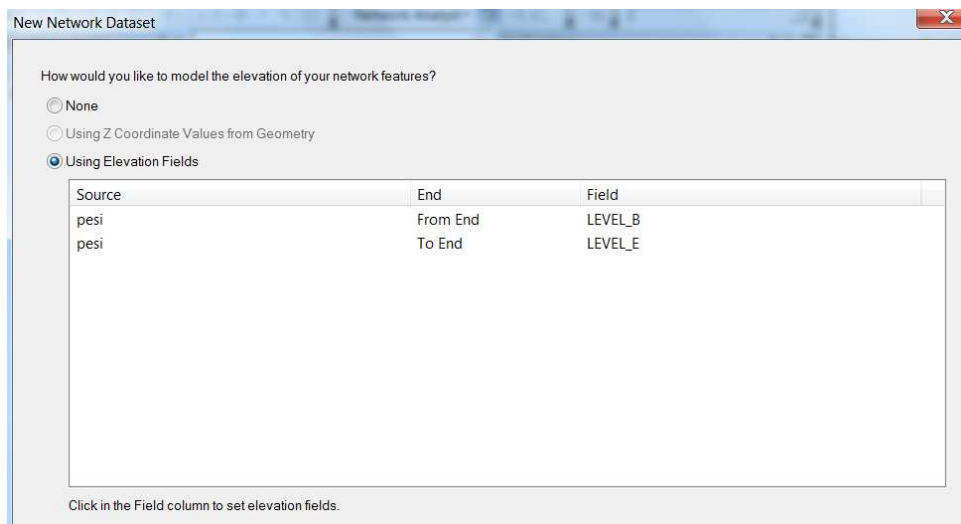
### 5.2.1 Vytvoření Network Datasetu

Network Dataset se vytváří v Aplikaci ArcCatalog klepnutím pravým tlačítkem myši na liniovou vrstvu pesi.shp, ze které má být vytvořen, pak se vybere položka New Network Dataset, jak je naznačeno v obrázku Obr. 5.3.

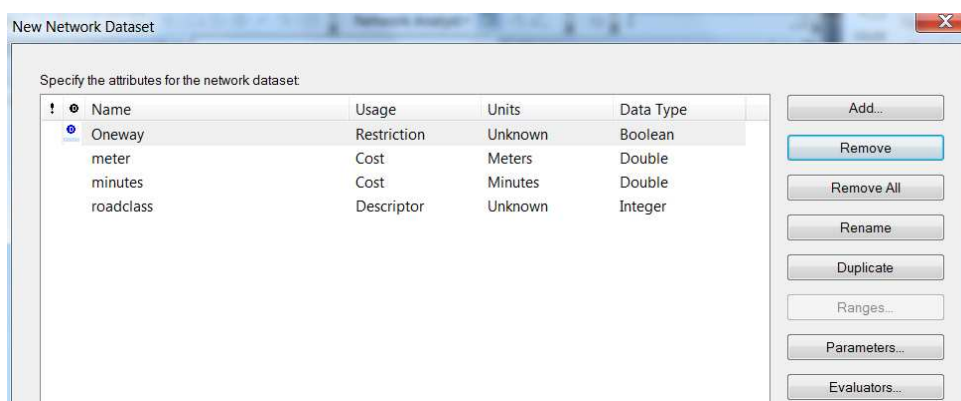


Obr. 5.3 Vytvoření nového Network Datasetu (ArcGIS).

Poté se otevře úvodní okno s průvodcem vytvoření Network Datasetu (dále ND), ve kterém je možné změnit jméno vytvářeného ND. Po klepnutí na tlačítko Další se průvodce ptá, zda mají být modelovány zatáčky, hodnota byla ponechána nezměněna stejně jako u jména ND. Po opětovném klepnutí na tlačítko Další je možné nastavit konektivitu, která v tomto případě nebyla nastavena. V následujícím kroku se rozhraní dotazuje, jak má být modelováno převýšení sítě. Dále vyplněno dle obrázku Obr. 5.4 a Obr. 5.5.

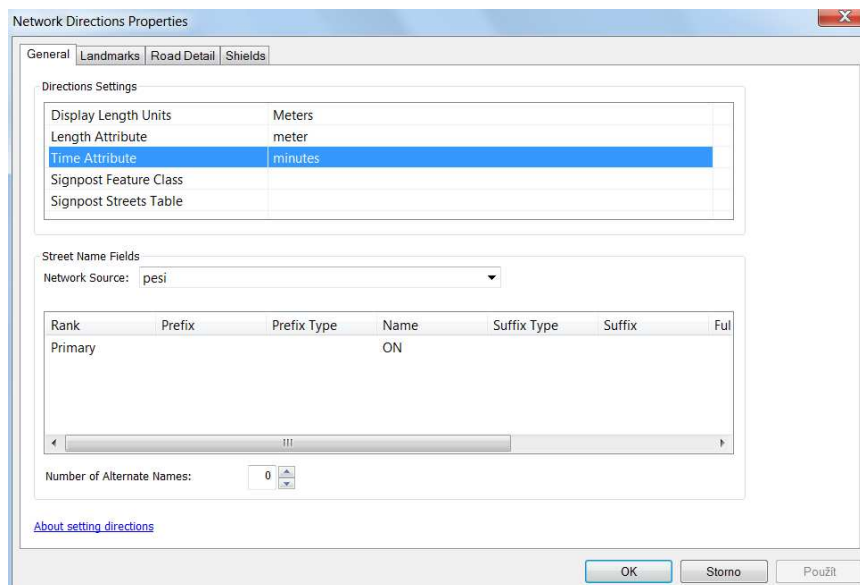


Obr. 5.4 Průvodce vytvořením Network Datasetu – položka Elevation Fields (ArcGIS).

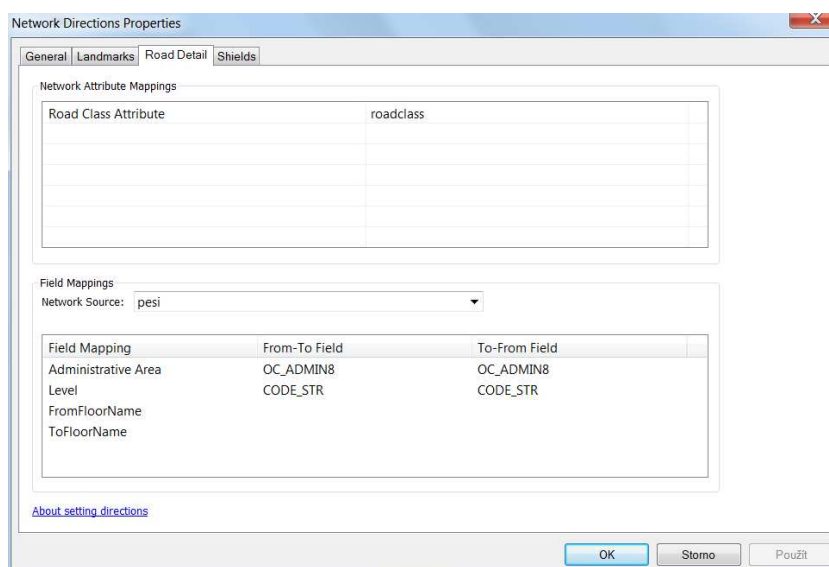


Obr. 5.5 Průvodce vytvořením Network Datasetu – položka Attributes (ArcGIS).

Z předchozího obrázku je zřejmé, že atributy „meter“ a „minutes“ byly zvoleny jako charakteristiky nákladů. V dalším kroku se průvodce dotázal, zda mají být vytvořeny směry (Directions), což bylo potvrzeno klepnutím na Yes, po kterém se otevřelo okno nastavené dle následujících obrázků (Obr. 5.6 a Obr. 5.7).



Obr. 5.6 Nastavení záložky General (ArcGIS).



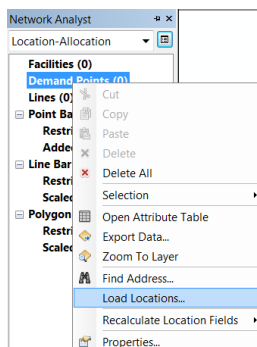
Obr. 5.7 Nastavení záložky Road Detail (ArcGIS).

Po zavření dialogového okna Directions a klepnutí na tlačítko Další následovala rekapitulace zadaných parametrů, po klepnutí na Finish a potvrzení příštích dvou dotazů byl Network Dataset vytvořen a připraven pro použití v síťových analýzách.

## 5.2.2 Určení počtu stanic (Location-Allocation Minimize Facilities)

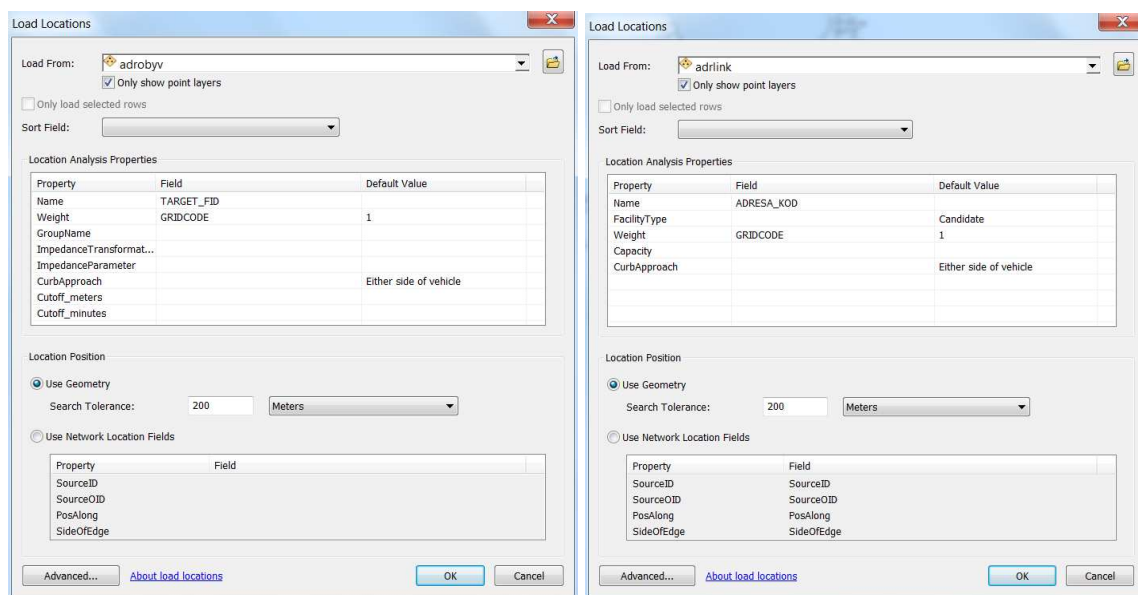
Jak bylo zmíněno v teoretické části, úloha Minimize Facilities určí minimální počet zařízení nutný k pokrytí co největšího počtu poptávkových bodů, čehož bylo využito k určení minimálního počtu stanic.

Do této analýzy vstupovaly vrstvy předpřipravených adresných bodů. Adresné body vrstvy adrobyv.shp byly nahrány jako poptávkové body. Poptávkové body (Demand Points) nebo zařízení (Facilities) se nahrávají klepnutím pravým tlačítkem myši na zvolený typ prvku v okně Network Analyst Window a výběrem možnosti Load Locations (viz Obr. 5.8).



Obr. 5.8 Nahrávání prvků přes Load Locations (ArcGIS).

Poptávkové body byly tedy nahrány z vrstvy adrobyv.shp, vlastnosti poptávkového bodu Name byl přiřazen atribut „TARGET\_FID“ vrstvy adrobyv a vlastnosti Weight atribut „GRIDCODE“ obsahující váhy. V oddílu Location Position byla zvolena možnost Use Geometry a do pole Search Tolerance bylo vepsáno 200 metrů (viz Obr. 5.9). Po klepnutí na tlačítko OK začne nahrávání bodů.



Obr. 5.9 Nahrání Demand Points (vlevo) a Facilities (ArcGIS).

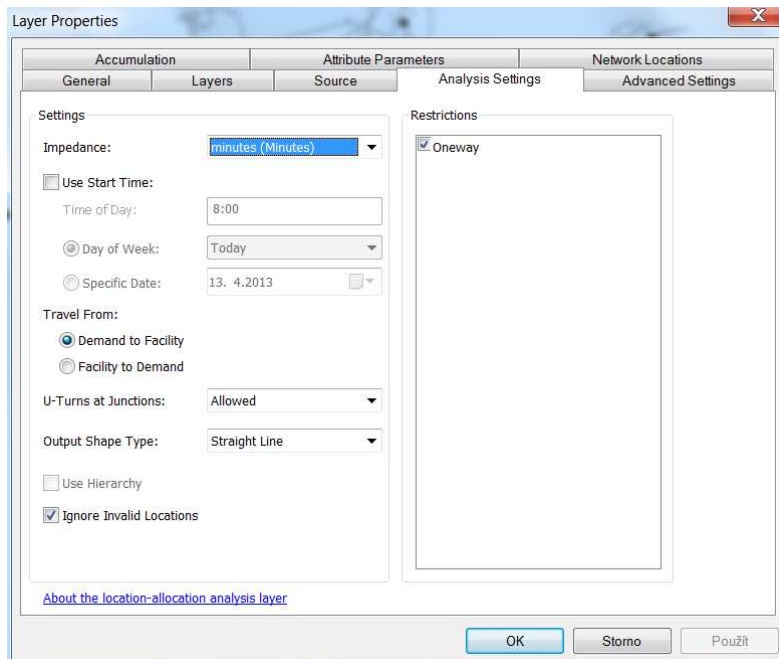
Adresné body vrstvy adrlink.shp byly nahrány jako zařízení (Facilities). Vlastnosti Name vrstvy zařízení byl přiřazen atribut „ADRESA\_KOD“ vrstvy adrlink a vlastnosti Weight atribut „GRIDCODE“ obsahující váhy. V oddílu Location Position byla zvolena možnost Use Geometry a do pole Search Tolerance bylo vepsáno 200 metrů (viz Obr. 5.9). Při nahrávání vrstvy zařízení byla navíc, oproti vrstvě poptávkových bodů, určena vlastnost FacilityType, která určuje typ zařízení – požadované (Required), kandidátní (Candidate), konkurenční (Competitor) a vybrané (Chosen). Vrstva adrlink obsahuje adresné body s přiřazenými váhami v intervalu 1–9. Distribuci jednotlivých vah lze vidět v tabulce Tab. 5.

Tab. 5 Distribuce vah adresných bodů vrstvy adrlink

váha zařízení	frekvence výskytu zařízení	kumulovaná frekvence
9	2	2
8	1	3
7	12	15
6	248	263
5	1400	1663
4	2982	4645
3	2064	6709
2	1141	7850
1	1854	9704
0	890	10594

Body s přiřazenou váhou větší než sedm lze tedy považovat za požadovaná zařízení. Dagmar Valchařová (2011) ve své magisterské práci vyvozuje, že „pokud je potenciálních lokalit pro nová zařízení příliš málo (tedy méně než aby pokryly území do dané vzdálenosti), analýza vybere všechna potenciální zařízení a tímto tak ztrácí svůj smysl“. V případě úlohy Minimize Facilities byly jako kandidátní zařízení nahrány body s váhou 5–7 včetně. Celkem bylo tedy nahráno 1663 zařízení.

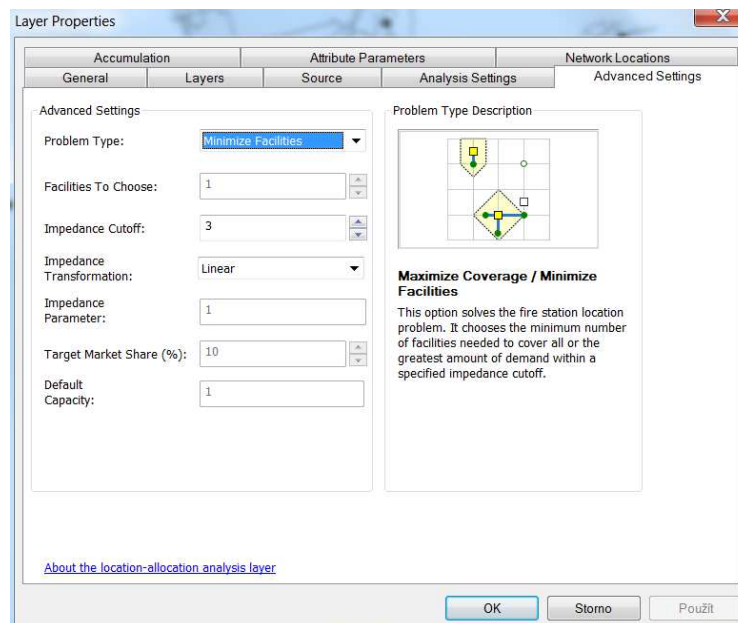
Jsou-li nahrány zařízení a poptávkové body, je možné nastavit parametry analýzy samotné, a to v Location-Allocation Properties dostupných z Location-Allocation Window. Nejprve byly nastaveny parametry analýzy v záložce Analysis Settings, kde se nastaví Impedance na minutes a parametr Travel From na Demand to Facility, jinak vše ostatní v této záložce zůstává nezměněno (viz Obr. 5.10).



Obr. 5.10 Nastavení Analysis Settings (ArcGIS).

V záložce Advanced Settings je nutné nastavit Impedance Cutoff, která udává hraniční vzdálenost (čas), tedy hranici, do které jsou zařízení lokalizována. V tomto případě byl impedancí čas v minutách. V tabulce Tab. 2 je možné porovnat vzdálenosti, které lze překonat rychlostí 4 km/h za daný čas. V této práci byla nejprve použita impedance 3 minuty a později byla impedance nastavena na hodnotu 4 minuty, aby bylo možné výsledky porovnat. V obou případech impedancí bylo stanoveno optimální rozmístění stanic a jejich kapacity. Dále se v záložce Advanced Settings nastavuje typ úlohy Location-Allocation parametrem Problem Type, který byl zvolen jako Minimize Facilities. Dále je možné nastavit parametr Impedance Transformation, který specifikuje, jak moc impedance mezi zařízeními a poptávkovými body ovlivňuje výběr zařízení v řešení a který zůstal nastaven na Linear. Přehled nastavení záložky Advanced Setting je na obrázku Obr. 5.11.





Obr. 5.11 Nastavení záložky Advanced Settings (ArcGIS).

Následně bylo možné nechat extenzi vyřešit daný typ problému klepnutím na tlačítko Solve toolbaru Network Analyst.

Výstupem úlohy Minimize Facilities jsou linie spojující poptávkové body a k nim lokalizovaná zařízení. Cílem však v tomto případě bylo určení minimálního počtu zařízení nutných k pokrytí co nejvíce poptávkových bodů. Výsledný počet vybraných zařízení se zjistí z atributové tabulky položky Facilities v okně Network Analyst Window. Po otevření atributové tabulky je možné vidět v atributu „FacilityType“ určení typu zařízení. K určení počtu zařízení bylo nutné vybrat všechny položky s hodnotou atributu „FacilityType“ Required nebo Chosen. V případě použití impedance 3 minuty byl počet vybraných prvků 87 a v případě 4 minut 43 prvků, respektive stanic kol. Výstup úlohy Minimize Facilities pro impedance 3 a 4 minuty je v Příloze 4 a Příloze 5.

### 5.2.3 Umístění stanic (Location-Allocation Maximize Coverage)

Byl-li určen počet zařízení v předchozí úloze, bylo potom možné určit lokality umístění stanic samoobslužných půjčoven kol využitím úlohy Maximize Coverage. Ta je v podstatě totožná jako úloha Minimize Coverage, jen s tím rozdílem, že je nutné určit počet zařízení, která mají být lokalizována.

Vstup poptávkových bodů, kandidátních zařízení a zadání parametrů se v případě úlohy Maximize Coverage lišil pouze ve třech věcech. Za prvé bylo nahráno více kandidátních zařízení, a to s váhou 4–7 včetně. Celkem bylo tedy nahráno 4645 zařízení. Za druhé bylo nutné změnit typ úlohy Location-Allocation, což bylo provedeno změnou parametru Problem Type na Maximize Coverage v záložce Advanced Settings. S tím souvisí i třetí věc, kterou bylo zadání počtu zařízení (Facilities To Choose) v totožné

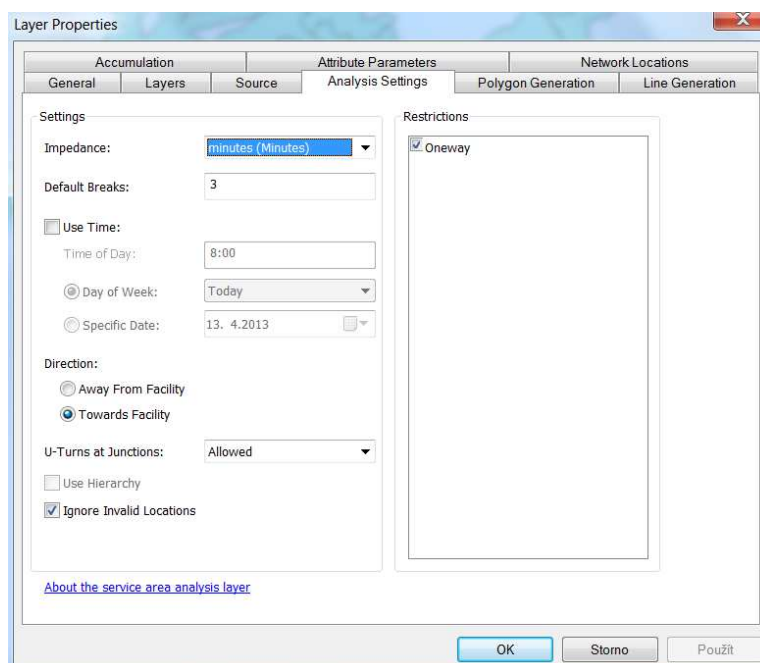
záložce. V případě impedance 3 minuty to bylo 87 a v případě 4 minut 43. Spuštění úlohy bylo provedeno stejným způsobem jako v přechodí úloze.

Výstupem úlohy Maximize Coverage jsou linie spojující poptávkové body a k nim lokalizovaná zařízení. Cílem však v tomto případě byla lokalizace zařízení. Vybraná zařízení byla zvolena z atributové tabulky, tak jako u úlohy Minimize Facilities. Byly tedy vybrány všechny položky s hodnotou atributu „FacilityType“ Required nebo Chosen a ty byly vyexportovány do samostatné vrstvy shapefile, potažmo vrstev, protože úloha byla provedena taktéž pro impedanci 3 a 4 minuty. Vrstvy byly pojmenovány maxcov\_3min a maxcov4min. Tyto vrstvy byly dále použity v následujícím kroku. Výstup úlohy Maximize Coverage pro impedanci 3 a 4 minuty je v Příloze 6 a Příloze 7.

### 5.3 Návrh kapacit stanic

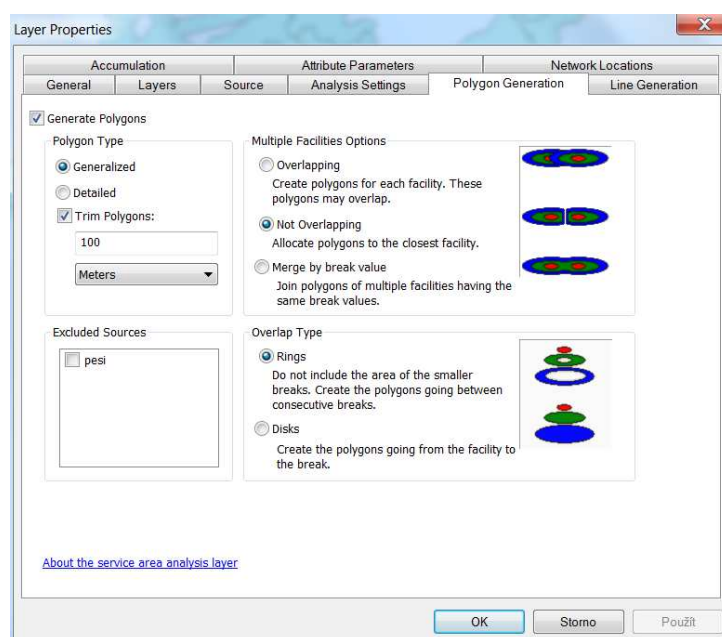
Po zjištění lokality stanic bylo dalším krokem navržení jejich kapacit, které bylo provedeno pro variantu impedance 3 i 4 minuty. V následujícím oddíle bude popsáno navržení kapacit pouze pro jednu variantu impedance. Nejprve bylo nutné určit obslužné zóny jednotlivých zařízení, k čemuž byla využita síťová analýza Service Area extenze Network Analyst.

Vstupem do analýzy Service Area byla bodová vrstva zařízení, která byla nahrána obdobným způsobem jako v přechodích úlohách. Dále bylo provedeno nastavení analýzy v záložce Analysis Settings dle obrázku níže (Obr. 5.12).



Obr. 5.12 Záložka Analysis Settings analýzy Service Area (ArcGIS).

Požadovaným výstupem analýzy Service Area byly polygony, jejichž vlastnosti bylo třeba nastavit v záložce Polygon Generation. Původní nastavení zůstalo téměř nezměněno až na volbu Multiple Facilities Option, u které byla vybrána možnost Not Overlapping, tedy nepřekrývající se polygony, protože cílem je určit obslužné zóny zařízení a jejich překryv není žádoucí. Překrývající (Overlapping) se polygony nebylo třeba generovat, ale byly vygenerovány, aby bylo možné vidět, že působnosti jednotlivých zařízení (stanic) se překrývají. Nastavení záložky Polygon Generation dle obrázku Obr. 5.13.



Obr. 5.13 Záložka Advanced Settings analýzy Service Area (ArcGIS).

Po spuštění analýzy tlačítkem Solve byly vygenerovány polygony, které byly vyexportovány do vrstev shapefile. Výstupy analýzy Service Area jsou v Příloze 8 a Příloze 9.

Vrstva nepřekrývajících se polygonů byla potřebná pro příští krok, ve kterém byly přiřazeny identifikátory polygonů (respektive zařízení) adresným bodům (vrstva adrobyv.shp) v jednotlivých polygonech ležících. K tomu byl využit nástroj Spatial Join, do kterého vstupovala vrstva adresných bodů (adrobyv.shp) jako Target Features a vrstva obslužných zón. Parametr Join Operation byl nastaven na možnost JOIN\_ONE\_TO\_MANY a zbývající parametry zůstaly nezměněné. Výstupem byla vrstva adresných bodů, kde ke každému bodu byl přiřazen identifikátor polygonu (obslužné zóny), ve kterém adresný bod leží.

V dalším kroku bylo nutné určit celkový počet obyvatel žijících ve všech adresných bodech spadajících do obslužné zóny. Byl využit nástroj Frequency (toolbox Analysis Tools – toolset Statistics), umožňující spočítat počet výskytů jednotlivých

identifikátorů obslužných zón u adresných bodů a k tomu sečíst celkový počet obyvatel žijících v daných adresných. Vstupem byla tabulka vrstvy adresných bodů, parametr Frequency Fields byl nastaven na atribut „Name“ (identifikátor obslužné zóny) a jako parametr Summary Filed byl zvolen atribut „OBYV\_CELK“. Poté bylo možné nástroj spustit. Výstupem byla tabulka (viz Obr. 5.14), kterou bylo třeba ještě upravit.

OID	FREQUENCY	OBYV_CELK	OBJECTID	Name	ADRESAKOD *
6	30	146	7	23246766 : 0 - 3	23246766
7	284	479	8	23257199 : 0 - 3	23257199
8	204	1659	9	23258861 : 0 - 3	23258861
9	181	958	10	23264004 : 0 - 3	23264004
10	54	292	11	23265507 : 0 - 3	23265507
11	267	1155	12	23265833 : 0 - 3	23265833
12	87	415	13	23266848 : 0 - 3	23266848
13	236	3686	14	23267909 : 0 - 3	23267909
14	243	3805	15	23269235 : 0 - 3	23269235
15	23	697	16	23271001 : 0 - 3	23271001
16	35	579	17	23271230 : 0 - 3	23271230
17	104	3186	18	23271361 : 0 - 3	23271361
18	84	1427	19	23271574 : 0 - 3	23271574

Obr. 5.14 Náhled upravené výstupní tabulky z nástroje Frequency (autor).

Jak je možné vidět z tabulky výše, hodnoty atributu „Name“ jsou složeny z názvu identifikátoru, dvojtečky a intervalu impedance. V tomto stavu by nebylo možné připojit tuto tabulku k vrstvě adresných bodů. Proto byl přidán atribut „ADRESAKOD“ s datovým typem text a délkou 8 znaků. Posléze byla využita funkce Field Calculator spuštěná klepnutím pravým tlačítkem myši na název atributu „ADRESAKOD“. Do pole vzorce bylo vepsáno „Left( [Name],8 )“, což je funkce ořezávající řetězec na prvních osm znaků.

Takto upravená tabulka byla připojena k bodové vrstvě zařízení (stanic) na základě atributu „Name“ vrstvy zařízení a vytvořeného atributu „ADRESAKOD“, čímž byla získána bodová vrstva stanic s počty obyvatel, které by měla obslužit, což posloužilo jako podklad pro návrh kapacit jednotlivých stanic.

Navrhování kapacit jednotlivých stanic probíhalo na základě prostudované literatury. Při zkoumání kapacity stanic různých služeb samoobslužných půjčoven kolo bylo zjištěno, že kapacita stanic některých systémů nebyla kategorizována ve smyslu násobků například čísla 5 až do nějakého maxima, ale jsou například 7, 16 nebo 29. Autor této práce se rozhodl použít kapacity stanic, které jsou násobky čísla 5, a to v intervalu 10 až 40. Dále byla vytvořena tabulka s kategoriemi kapacit stanic, k nim poměrově přiřazenými limitními počty obyvatel, přepočten počtu stojanů ve stanici s danou kapacitou na 1000 obyvatel a výsledným průměrným počtem stojanů na 1000 obyvatel. Takto byly do tabulky dosazovány různé limitní počty obyvatel (viz tabulka Tab. 6 – sloupec počet obyvatel do), až bylo dosaženo optimální hodnoty celkového průměrného počtu stojanů na 1000 obyvatel.

Tab. 6 Srovnání navrhovaných kapacit

kód	kapacita	počet obyvatel do	stojanů/1000 obyv.	počet obyvatel do	stojanů/1000 obyv.
1	<b>10</b>	100	100,00	500	20,00
2	<b>15</b>	300	50,00	1000	15,00
3	<b>20</b>	500	40,00	2000	10,00
4	<b>25</b>	1000	25,00	3000	8,33
5	<b>30</b>	2000	15,00	4000	7,50
6	<b>35</b>	3000	11,67	5000	7,00
7	<b>40</b>	4000	10,00	6000	6,67
<b>průměr</b>	<b>25</b>		<b>35,95</b>		<b>10,64</b>

Takto získané průměrné hodnoty byly srovnány s těmi v tabulce Tab. 3 (kapitola 3.1.4), srovnávající průměrné počty stojanu, až bylo dosaženo výsledných kategorií kapacit stanic, které jsou v tabulce níže (Tab. 7).

Tab. 7 Navržené kategorie kapacit stanic

3 minuty	kód	kapacita	počet obyvatel do	stojanů/1000 obyv.
	1	<b>10</b>	1000	10
	2	<b>15</b>	2000	7,5
	3	<b>20</b>	3000	6,67
	4	<b>25</b>	4000	6,25
	5	<b>30</b>	5000	6
	6	<b>35</b>	6000	5,83
	7	<b>40</b>	7000	5,71
			<b>průměr</b>	<b>6,85</b>
4 minuty	kód	kapacita	počet obyvatel do	stojanů/1000 obyv.
	1	<b>10</b>	1000	10,00
	2	<b>15</b>	2000	7,50
	3	<b>20</b>	3000	6,67
	4	<b>25</b>	4000	6,25
	5	<b>30</b>	6000	5
	6	<b>35</b>	7000	5
	7	<b>40</b>	8100	4,94
			<b>průměr</b>	<b>6,48</b>

Do atributových tabulek stanic (řešení pro impedanci 3 a 4 minuty) byly přidány atributy „nid“ (nový identifikátor), „kapacita\_n“ (navrhovaná kapacita stanice) a pomocný atribut pojmenovaný „kod“. Kategorie z tabulky Tab. 7 byly aplikovány na jednotlivé vrstvy zařízení a byly vyplněny dodané atributy. Statistika jednotlivých variant řešení s různou impedancí je v tabulkách Tab. 8 a Tab. 9.

Tab. 8 Statistika vrstvy stanic s impedancí 3 minuty

KÓD	1	2	3	4	5	6	7	součet	počet kol ve flotile
kapacita stanice	10	15	20	25	30	35	40		
počet stanic s danou kapacitou	59	17	1	5	1	1	3	87	
obyvatel na stanice s danou kapacitou	17481	23262	2736	17665	4063	5065	20136	90408	
kapacita stanic s daným počtem stojanů	590	255	20	125	30	35	120	1175	
průměrný počet lidí na jeden stojan pro stanice s danou kapacitou	29,6	91,2	136,8	141,3	135,4	144,7	167,8	průměr 76,9	
průměrný počet stojanů danou kapacitou/1000 obyvatel	33,8	11,0	7,3	7,1	7,4	6,9	6,0	13,0	646,3

Tab. 9 Statistika vrstvy stanic s impedancí 4 minuty

KÓD	1	2	3	4	5	6	7	součet	počet kol ve flotile
kapacita stanice	10	15	20	25	30	35	40		
počet stanic s danou kapacitou	19	8	4	5	3	2	2	43	
obyvatel na stanice s danou kapacitou	7569	10882	9530	16933	17094	12751	15563	90322	
kapacita stanic s daným počtem stojanů	190	120	80	125	90	70	80	755	
průměrný počet lidí na jeden stojan pro stanice s danou kapacitou	39,8	90,7	119,1	135,5	189,9	182,2	194,5	průměr 119,6	
průměrný počet stojanů danou kapacitou/1000 obyvatel	25,1	11,0	8,4	7,4	5,3	5,5	5,1	8,4	415,3

Výsledné mapy stanic s navrženými kapacitami jsou v Příloze 10 a Příloze 11. Následuje tabulka Tab. 10 srovnávající obě řešení.

Tab. 10 Srovnání obou řešení

impedance [minuty]	3	4
celkový počet stanic	87	43
počet obslužených obyvatel	90408	90322
celková kapacita stanic	1175	755
průměrný počet lidí na jeden stojan	76,9	199,6
průměrný počet stojanů/1000 obyvatel	13	8,4
počet kol ve flotile	646,3	415,3

## 6 VÝSLEDKY

Prvními výsledky byla samotná aktualizovaná a předzpracovaná data (Příloha 1 a Příloha 2) a zvolené zájmové území. Hlavním výsledkem jsou de facto dvě bodové vrstvy stanic samoobslužných půjčoven kol s navrženými kapacitami pro město Olomouc. Výstupem je dále soubor map s průběžnými výsledky doplněný o dvě mapy se stanicemi a jejich navrženými kapacitami (viz Seznam příloh). Mezi výstupy této práce patří i tento text a webové stránky o práci.

### 6.1 Stanovení rastru lokalit vhodnosti

Výstupy tohoto oddílu představují jednotlivé vektorové vrstvy převedené na rastry, které byly dále reklasifikovány a následně sečteny nástrojem Raster Calculator do jednoho součtového rastru. Součtový rastr představuje zóny vhodnosti nebo nevhodnosti umístění stanice kol.

Jedním z konečných výstupů této fáze práce je polygonová vrstva vzniklá převodem součtového rastru. Tato vrstva reprezentuje zóny vhodnosti umístění stanice (viz Příloha 3). Druhým z konečných výstupů této fáze jsou dvě vrstvy adresných bodů s připsanými váhami vhodnosti, které jsou lokalizováním zdrojových a cílových lokalit.

### 6.2 Výsledky síťových analýz

Pro práci se síťovými analýzami bylo třeba vytvořit Network Dataset, bez kterého by se nedaly provádět.

Výsledky síťové analýzy Location-Allocation úlohy Minimize Facilities jsou vrstvy obslužených a neobslužených poptávkových bodů a vybraných zařízení. V případě impedance 3 minuty bylo obsluženo 9 210 adresných bodů z celkového počtu 9 366, což odpovídá asi 98,3 %. Z 1 663 zařízení, z čehož byly 2 požadované a 1 661 kandidátních, bylo vybráno 85 zařízení. Celkový počet zařízení byl tedy 87. V případě impedance 4 minuty byly nahrány stejné počty poptávkových bodů a zařízení. Bylo obsluženo celých 9 332 adresných bodů 43 zařízeními, z čehož byly opět 2 vybrané a zbytek kandidátních.

Výsledky síťové analýzy Location-Allocation úlohy Maximize Coverage jsou taktéž vrstvy obslužených a neobslužených poptávkových bodů a vybraných zařízení. Byla-li impedance nastavena na 3 minuty, bylo obsluženo 9 301 poptávkových bodů z celkového počtu 9 366 nahraných. V tomto případě by to odpovídalo obslužnosti 99,3 %. Ze 4 645 nahraných zařízení byl vybrán počet zařízení určený předchozí úlohou,

což bylo v případě impedance 3 minuty 87 zařízení. S impedancí nastavenou na 4 minuty byl obslužen rekordní počet poptávkových bodů, a to 9 336 z 9 366, takže zůstalo jen 30 poptávkových bodů neobslužených. Stejně jako v případě impedance 3 minuty byl v této úloze nahrán stejný počet zařízení, z čehož bylo vybráno 43 zařízení určených úlohou Minimize Facilities.

Výsledky tohoto oddílu jsou dokumentovány mapami v Přílohách 4 až 7.

### **6.3 Návrh kapacit stanic**

Na základě výstupů z předcházejících fází bylo možné alokovat obslužné zóny jednotlivých stanic, které jsou mezivýsledkem při navrhování kapacit stanic. Z celkové plochy zájmového území 37,3 km<sup>2</sup> se pokrytí v jednotlivých případech impedance nepatrně lišilo. Byla-li impedance 3 minuty, bylo pokryto 30,6 km<sup>2</sup>, což odpovídá 82 %. Při impedanci 4 minuty bylo pokryto 32,21 km<sup>2</sup>, tedy přibližně 83,67 % zájmového území. Ty byly použity k určení celkového počtu obyvatel spadajícího do dané zóny, potažmo k jednotlivým stanicím. Finálními výstupy pro obě varianty řešení jsou tedy dvě bodové vrstvy stanic s přiřazeným počtem obyvatel, navrženými kapacitami stanic a přiřazeným číselným identifikátorem stanice. Dále jsou součástí výsledků tabulky se statistikami výsledných řešení. Výstupy této části jsou dokumentovány mapami v Přílohách 8 až 11.



## 7 DISKUZE

Vrstva dojížděky vznikla z liniové vrstvy komunikací a tabulky s počty dojíždějících do ulic. K vrstvě byla tabulka připojena na základě jmen ulic. Ulice jsou tvořeny jednotlivými úseky, na které by mohly být poměrově k délce úseku přepočítány hodnoty počtu dojíždějících. Toto řešení se na první pohled může jevit jako vhodné, avšak takto přepočítané hodnoty by nutně nemusely odpovídat skutečné distribuci v rámci ulice. Nicméně se nenaskytlo jiné lepší řešení, neboť data dojížděky lokalizovaná na adresné body nebyla dostupná. Dále mohl být vytvořen buffer dojížděky, aby byla působnost více rozprostřena. Velikost bufferu by byla vhodná asi jako průměrná šířka ulic v Olomouci.

Při testování síťových analýz nastal problém, že nástroj neposkytoval žádné výsledky a hlásil, že je nahaný nedostatečný počet validních poptávkových bodů nebo kandidátních zařízení. Nakonec se ukázalo, co chybu způsobovalo. Při nahrávání vrstvy adrlink jako kandidátních zařízení byla použita možnost Use Network Location Fields v oddíle Location Position, protože vrstva adrlink tyto atributy má. Při použití volby Use Geometry a vyhledávací tolerance 200 metrů se již chybové hlášení neobjevilo. Proč se daná chyba vyskytla, nebylo objeveno.

Úloha Maximize Coverage je v podstatě totožná s úlohou Minimize Facilities. Rozdíl mezi mini je, že úloha Minimize Facilities určuje sama minimální počet zařízení nutný k pokrytí co největší oblasti, kdežto v úloze Maximize Coverage je tato hodnota zadávána autorem. Bylo vyzkoušeno, že obě úlohy poskytují podobné výsledky při stejných vstupních parametrech, z čehož vyplývá, že použití úlohy Maximize Coverage bylo nadbytečné. Dále je nutné zmínit, že výsledný počet vybraných zařízení je ovlivňován dvěma faktory. Za prvé celkovým počtem nahaných zařízení a za druhé zvolenou impedancí. Proto bylo v úloze Maximize Coverage nahan větší počet kandidátních zařízení. Nabízí se tedy variantní řešení pouze s využitím úlohy Minimize Facilities a následným určením spádových oblastí a navržením kapacit stanic.

Modifikací úlohy Maximize Coverage je úloha Maximize Capacitated Coverage, při které je navíc určena známá kapacita kandidátních zařízení. Proto by se mohlo zdát vhodné tuto úlohu použít po konečném návrhu kapacity stanic, jenže by docházelo k situaci, že by kapacity byly určeny jen u některých z kandidátních zařízení a navíc by se měnil počet obyvatel spadajících do obslužných oblastí stanic, a tudíž by u nově lokalizovaných stanic bylo opět nutné určit kapacity.

V rámci této práce byla řešena pouze hrubá lokalizace stanic spočítaná extenzí Network Analyst. Ve výsledku je třeba projít všechny lokalizace a posoudit vhodnost umístění stanice. Lokalizace stanic může být upravena přesunutím dle konkrétní situace, například ohled na bezpečnost provozu, vlastnictví pozemku atd.

Při konzultaci s vedoucí práce bylo navrženo vytvoření nástroje v rozhraní ModelBuilder, který by ze zadaných dat určil lokality stanic. Již při pokusu o tvorbu

takového nástroje bylo zjištěno, že by bylo potřeba jej rozdělit do více podnástrojů, protože v některých fázích zpracování je nutný vstup operátora. Například v procesu tvorby váhového rastru je nutná reklasifikaci, kterou však nelze provést, když se dopředu neví, jaké hodnoty bude třeba reklasifikovat. Dále by vytvořený nástroj nemohl být použit pro každé město, protože by nebyl dostatečně univerzální. Každé město je totiž specifické a vstupovaly by do něj vrstvy v jiné kombinaci než v případě Olomouce, kde bylo vyloučeno použití výškových dat z důvodu relativně malého převýšení ve městě.

## 8 ZÁVĚR

Cílem práce byla analýza současného stavu uliční sítě a cyklistických stezek na území města Olomouc z hlediska dopravy na kole a lokalizace zdrojových a cílových lokalit s vysokým pohybem obyvatelstva. Hlavním cílem bylo navrhnout optimální rozmístění samoobslužných stanic půjčoven kol a jejich kapacit v Olomouci.

Nejprve byla nastudována problematika umísťování stanic samoobslužných půjčoven kol z množství případových studií, teorie síťových analýz obecně a funkcionality extenze Network Analyst.

Cíl – analýza současného stavu uliční sítě a cyklistických stezek na území města Olomouce z hlediska dopravy na kole – byl naplněn aktualizací a předzpracováním dat. Byly aktualizovány a/nebo předzpracovány vrstvy dojížděky, ubytovacích zařízení, zastávek městské hromadné dopravy, železniční stanice. Časově nejnáročnější byla aktualizace vrstvy cyklokomunikací, která probíhala nejprve v terénu a posbíraná data byla posléze zpracována.

Lokalizování zdrojových a cílových lokalit s vysokým pohybem obyvatelstva bylo provedeno vytvořením váhového rastru a přiřazením vah dvěma vrstvám adresných bodů. V tomto kroku byly využity především nástroje z toolboxu Conversion Tool, extenze Network Analyst a dále nástroje toolboxu Analysis Tools.

V další fázi byly využity v předchozím kroku vytvořené vrstvy adresných bodů, které posloužily jako poptávkové body a zařízení v síťových analýzách. Úlohou Minimize Facilities analýzy Location-Allocation bylo určeno minimální množství stanic k pokrytí co největší části zájmového území. Množství stanic získané v předchozím kroku posloužilo v úloze Maximize Coverage, která už lokalizovala stanice samotné.

Posledním z cílů byl návrh kapacit jednotlivých stanic samoobslužných půjčoven kol, který probíhal v těchto krocích: určení obslužných oblastí jednotlivých stanic (využití úlohy Service Area extenze Network Analyst), přiřazení celkového počtu obyvatel stanicím a navržení kapacit samoobslužných stanic půjčoven kol.

Výsledky této práce jsou ve zkratce následující:

- váhový rastr vhodnosti umístění stanice a adresné body s přiřazenými váhami,
- lokality stanic samoobslužných půjčoven kol,
- navržené kapacity stanic,
- mapy dokumentující výsledky, tento text a webové stránky.

Celou práci lze považovat za metodiku umísťování stanic samoobslužných půjčoven kol a jejich kapacit, v tomto případě aplikovanou na město Olomouc, respektive by se dala použít i k lokalizaci jiných typů zařízení nebo služeb obecně. Při aplikaci na jiná města nebo služby by samozřejmě byla nutná modifikace, která by řešení přizpůsobila daným podmínkám.

## POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ArcGIS Help 10.1. ArcGIS Resource Center [online]. 2012 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//004700000001000000>.

*Bike share program investigaton, Phase 1 Report: Best Practices Investigation Final report.* [online]. 2009 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z WWW: <[http://www.smartcommute.ca/media/uploads/pdf/bike\\_share\\_best\\_practices\\_2009.pdf](http://www.smartcommute.ca/media/uploads/pdf/bike_share_best_practices_2009.pdf)>.

*Bike-share opportunities in New York City.* [online]. 2009 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z WWW: <[http://www.nyc.gov/html/dcp/pdf/transportation/bike\\_share\\_complete.pdf](http://www.nyc.gov/html/dcp/pdf/transportation/bike_share_complete.pdf)>.

BUREŠOVÁ, Magdaléna. Umístění logistických center v území jako problém diskrétní lokace. Pardubice, 2009. Dostupné z: [http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/36586/1/BuresovaM\\_Umisteni%20logistickych\\_JV\\_2010.pdf](http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/36586/1/BuresovaM_Umisteni%20logistickych_JV_2010.pdf). Magisterská. Univerzita Pardubice.

FRIEBELOVÁ, Jana. *Síťové úlohy* [online]. 2006 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z WWW: <[http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/rmp/data/teorie\\_oa/SITOVA%20ANALYZA.pdf](http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/rmp/data/teorie_oa/SITOVA%20ANALYZA.pdf)>.

CHEN, Francis. *A GIS Suitability Model on Optimal Locations for Bike-sharing Stations: A Case Study in the City of San Francisco* [online]. 2011 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.ocf.berkeley.edu/~fncchen/portfolio/%5bPAPER%5d%20A%20GIS%20Suitability%20Model%20on%20Optimal%20Locations%20for%20Bikesharing%20Stations.pdf>>.

Infrastruktura: Prvky infrastruktury: Integrovaná infrastruktura. *Národní strategie cyklistické dopravy: Cyklistická doprava* [online]. 2012, 3.1.2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.cyklodoprava.cz/infrastruktura/prvky-infrastruktury/integrovana-infrastruktura/>.

Infrastruktura: Prvky infrastruktury: Segregovaná infrastruktura. *Národní strategie cyklistické dopravy: Cyklistická doprava* [online]. 2012, 3.1.2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.cyklodoprava.cz/infrastruktura/prvky-infrastruktury/-segregovana-infrastruktura/>.

JÍROVSKÝ, Lukáš. *Teorie grafů* [online]. 2010 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://teorie-grafu.cz/>.

KOUTNÝ, Dalibor. *Sestavení databáze služeb a hodnocení vybavenosti obcí*. Olomouc, 2011. Bakalářská. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Mgr. Jan Harbula.

KREJČÍ, Lukáš. *Analýza míry obslužnosti sítě bankomatů v Olomouci*. Olomouc, 2005. Bakalářská. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Mgr. Emil KUDRNOVSKÝ, Ph.D.

MARTINEZ, Luis M. *An optimisation algorithm to establish the location of stations of a mixed fleet biking system: an application to the city of Lisbon*. [online]. 2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <[http://www.lvmt.fr/ewgt2012/compendium\\_109.pdf](http://www.lvmt.fr/ewgt2012/compendium_109.pdf)>.

MIDGLEY, Peter. *Bicycle-sharing schemes: Enhancing sustainable mobility In urban areas*. [online]. 2011 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://ebookbrowse.com/background-paper-bicycle-schemes-pdf-d335380703>>.

*Seattle Bicycle Share Feasibility Report* [online]. 2010 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z WWW: <[http://seattlebikeshare.org/Seattle\\_Bike-Share\\_files/SeattleBikeShareFullReport.pdf](http://seattlebikeshare.org/Seattle_Bike-Share_files/SeattleBikeShareFullReport.pdf)>.

The Bike-sharing Blog [online]. 2007 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://bike-sharing.blogspot.cz/>.

V Olomouci se rozšiřuje nabídka ubytování díky novým hotelům. In: Tripzone.cz: Váš průvodce na cestách [online]. 2012 [cit. 2012-11-08]. Dostupné z: <http://zpravodajstvi.tripzone.cz/v-olomouci-se-rozsiruje-nabidka-ubytovani-diky-novym-hotelum-2395>.

VALCHAŘOVÁ, Dagmar. *Alokační a lokační analýzy města Olomouce*. Olomouc, 2012. Magisterská. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce RNDr. Jaroslav BURIAN, Ph.D.

WUERZER, Thomas, Susan MASON a Riley YOUNGERMAN. *Boise Bike Share Location Analysis* [online]. 2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <<http://sspa.boisestate.edu/planning/files/2012/12/Boise-Bike-Share-Location-Analysis.pdf>>.

## SUMMARY

The Bike-sharing is becoming more and more frequent mean of transport in the European and World cities. The ways to determine bike-share stations locations and capacities are also developing so it would be useful try to apply them on the city in the Czech Republic.

The main aim of this thesis was the design of the optimal placement of the bike rental stations and their capacities in Olomouc. The thesis was processed in these steps – current status analysis of the street network and bicycle path/bicycle lane and localization of source and target area with high citizen motion. As said above main aim was design of the optimal placement of the bike rental stations and their capacities in Olomouc.

First of all amount bike-sharing case studies were studied then network analysis theory and ArcGIS extension Network Analyst tutorial, help, etc. Data update and pre-processing were one of the important steps. Layers of public transport, railway stations, bicycle lane/path, landuse, address points with population values, commuting data and accommodation were updated or pre-processed.

The second step was localization of source and target area with the high citizen motion which was achieved by creation of weighted sum raster with suitable zones to bike-sharing stations localization. Weight values were assigned to address points.

In other step address points were used in network analysis as demand points and facilities. There were used two values of impedance – 3 and 4 minutes. The network analysis determined minimal number of the stations needed to maximize the cover and then the station locations were localized. Problem types Minimize Facilities and Maximize Coverage of the Location-Allocation analysis were used to do it.

The last aim was to determined bike-share station capacities. If stations were already located it was possible to allocate stations service areas (Service Area analysis) and the numbers of the citizens who live in these areas were assigned to them or to the stations. At last there were determined station capacities.

Main results are:

- weighted sum raster and address points with assigned weight values,
- bike-share station locations a capacities for impedance 4 and 4 minutes,
- thematic maps, this paper and web pages.

This thesis could be used as method of the bike-share station location and capacities determination in this case applied on the city of Olomouc or it could be used to locate other sorts of the services in general. Of course the method would have to be modified to fit another conditions.

## **PŘÍLOHY**

# SEZNAM PŘÍLOH

## Vázané přílohy:

Příloha 1	Zájmové území
Příloha 2	Cyklistické komunikace Olomouce
Příloha 3	Zóny vhodnosti umístění samoobslužných stanice půjčoven kol v Olomouci
Příloha 4	Lokality umístění samoobslužných stanice půjčoven kol v Olomouci, Location-Allocation – Minimize Facilities, impedance 3 minuty
Příloha 5	Lokality umístění samoobslužných stanice půjčoven kol v Olomouci, Location-Allocation – Minimize Facilities, impedance 4 minuty
Příloha 6	Lokality umístění samoobslužných stanice půjčoven kol v Olomouci, Location-Allocation – Maximize Coverage, impedance 3 minuty
Příloha 7	Lokality umístění samoobslužných stanice půjčoven kol v Olomouci, Location-Allocation – Maximize Coverage, impedance 4 minuty
Příloha 8	Lokality umístění samoobslužných stanice půjčoven kol v Olomouci, Service Area, impedance 3 minuty
Příloha 9	Lokality umístění samoobslužných stanice půjčoven kol v Olomouci, Service Area, impedance 4 minuty
Příloha 10	Lokality umístění samoobslužných stanice půjčoven kol a jejich kapacit v Olomouci, impedance 3 minuty
Příloha 11	Lokality umístění samoobslužných stanice půjčoven kol a jejich kapacit v Olomouci, impedance 4 minuty

## Volné přílohy:

Příloha 12	CD <ul style="list-style-type: none"><li>• popis struktury CD<ul style="list-style-type: none"><li>○ prilohy_mapy</li><li>○ pripadove_studie</li><li>○ text_prace</li><li>○ vstupni_data</li><li>○ vystupni_data</li><li>○ web</li></ul></li></ul>
Příloha 13	prospekt Valenbisi