



MASARYKOVA UNIVERZITA

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

GEOGRAFICKÝ ÚSTAV



SÍŤOVÉ ANALÝZY MODELOVÁNÍ SVOZU ODPADŮ V ČR

Bakalářská práce

Jakub Čuhel

Autor: Jakub Čuhel
Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita
Geografický ústav

Název práce: Síťové analýzy modelování svozu odpadů v ČR

Studijní program: Geografie a kartografie

Studijní obor: Geografická kartografie a geoinformatika

Vedoucí práce: doc. RNDr. Tomáš Řezník, Ph.D.

Akademický rok: 2014/2015

Počet stran: 43 + 18

Klíčová slova: Síťová analýza, síťový model, odpad, ArcČR 500, StreetNet, OpenStreet Maps

Bibliografic Entry

Author: Jakub Čuhel
Faculty of Science, Masaryk University
Department of Geography

Title of Thesis: Network analyses of waste collection modelling in the Czech Republic

Degree Programme: Geography and Cartography

Field of Study: Geographical Cartography and Geoinformatics

Supervisor: doc. RNDr. Tomáš Řezník, Ph.D.

Academic Year: 2014/2015

Number of Pages: 43 + 18

Keywords: Network analyses, Network Dataset, waste, ArcČR 500, StreetNet, OpenStreet Maps

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá modelováním svozu odpadu v rámci České republiky metodami síťové analýzy. Podává stručné informace o použitých datových sadách. Byly vytvořeny a validovány tři síťové modely, na které byl aplikován navržený algoritmus. Výsledky byly vizualizovány a interpretovány. Byla diskutována vhodnost jednotlivých síťových modelů. Výsledky této práce budou použity jako podkladová data pro plánování odpadového hospodářství v rámci projektu na UPEI VUT v Brně.

Abstract

This bachelor thesis deals with modelling of waste collection in the Czech Republic by Network Analyses. It gives a brief information about using datasets. There were created and validated three network datasets to which was applied the proposed algorithm. The results were visualized and interpreted. It discussed the suitability of each network datasets. The results of this thesis will be used as underlayer for the waste management in project of UPEI VUT Brno.



Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: Jakub Čuhel
Studijní program: Geografie a kartografie
Studijní obor: Geografická kartografie a geoinformatika

Ředitel Geografického ústavu Přírodovědecké fakulty MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje bakalářskou práci s tématem:

Síťové analýzy modelování svozu odpadů v ČR

Network analyses of waste collection modelling in the Czech Republic

Zásady pro vypracování:

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvoření síťového modelu a následné analýzy pro problematiku svozu odpadu v České republice. Pro naplnění tohoto hlavního cíle postupujte přes níže uvedené dílčí cíle:

1. Proveďte analýzu dostupných datových zdrojů pro vytvoření síťového modelu jak z komerčních, tak i volně dostupných dat.
2. Vytvořte pro vybrané datové zdroje síťový model libovolné zájmové oblasti.
3. Navrhněte v prostředí GIS algoritmus pro svoz odpadu po konzultaci s Ústavem procesního a ekologického inženýrství VUT.
4. Aplikujte vytvořený algoritmus na vybrané datové zdroje a proveďte vizualizaci výsledků.
5. Diskutujte získané informace a další možný rozvoj řešení.

Rozsah grafických prací: podle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: cca 30-40 stran

Seznam odborné literatury:

PEŇÁZ, T. (2006): Síťové analýzy v prostředí GIS. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Ostrava 32 s. Dostupné online na <http://gisak.vsb.cz>.

ESRI (2010): Network Analyst Tutorial. Environmental System Research Institute. 119 s. Dostupné online na <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/pdf/network-analyst-tutorial.pdf>.

SLOCUM, T. A. (2005): Thematic Cartography and Geographic Visualization. 2. vyd., Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, ISBN 0-13-035123-7.

VOŽENÍLEK, V., HEISIG, J., KOSTKAN, V., LACINÁ J., MAZALOVÁ, M. (2010): Geographically improved city waste management. In IGU Regional Conference, Tel Aviv. Dostupné online na: http://www.olomouckykomunal.upol.cz/upload/Priloha%2012_prispevek%20Tel-Aviv%202010.pdf.

Jazyk závěrečné práce: čeština

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Tomáš Řezník, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2014

Datum odevzdání bakalářské práce: do 14. května 2015

RNDr. Vladimír Herber, CSc.
pedagogický zástupce ředitele ústavu

Se zadáním bakalářské práce souhlasím, jsem si vědom, že zadání práce je závazné.

Převzal: *dne*

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce doc. RNDr. Tomáši Řezníkovi, Ph.D. za odborné rady, ochotu a vstřícný přístup. Dále děkuji Ing. Martinu Pavlasovi, Ph.D. a Ing. Radovanu Šomplákovi za poskytnutá data a cenné konzultace v oblasti odpadového hospodářství.

V neposlední řadě patří dík i mým blízkým za podporu a toleranci během studia.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením a s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

Brno, 10. 5. 2015

.....
Jakub Čuhel

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	10
1 ÚVOD.....	11
1.1 Cíl práce.....	11
1.2 Popis zájmového území.....	11
1.3 Motivace	11
1.4 Modelování svozu odpadu.....	13
2 TEORETICKÁ ČÁST	15
2.1 Teorie grafů.....	15
2.2 Použitá platforma a dostupné funkce.....	16
2.3 Datové zdroje	17
2.3.1 Model dopravní infrastruktury UPEI	18
2.3.2 ArcČR 500 v. 3.2	19
2.3.3 StreetNet CZE.....	19
2.3.4 OpenStreet Maps.....	20
3 TVORBA SÍŤOVÉHO MODELU.....	22
3.1 Předzpracování dat	22
3.2 Kontrola topologie	23
3.3 Vytvoření síťového modelu.....	24
4 NAVRŽENÝ ALGORITMUS.....	27
4.1 Zjednodušení modelu a rozdělení zájmových bodů	27
4.2 Síťové analýzy.....	29
5 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ.....	31
5.1 Aplikace algoritmu na síťový model OSM.....	31
5.2 Statistické srovnání výsledků pro Kraj Vysočina	32
5.3 Nejbližší spalovny a skládky	34
6 ZÁVĚR.....	36

POUŽITÁ LITERATURA	38
SEZNAM OBRÁZKŮ	40
SEZNAM TABULEK	41
SEZNAM VÁZANÝCH PŘÍLOH	42
SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH	43
PŘÍLOHY	44

SEZNAM ZKRATEK

CEDA – Central European Data Agency

ČR – Česká republika

ČSÚ – Český statistický úřad

EVO – Energetické využití odpadu, spalovna

MBÚ – Mechanicko-biologická úprava

NERUDA – Optimalizační nástroj pro řešení svozových úloh

ORP – Obec s rozšířenou působností

OSM – OpenStreetMap

S-JTSK - Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

UPEI – Ústav procesního a ekologického inženýrství

VUT – Vysoké učení technické

vzd – vzdálenost

1 ÚVOD

1.1 Cíl práce

Tato bakalářská práce vznikla v rámci spolupráce v s Ústavem procesního inženýrství fakulty strojní VUT v Brně.

Hlavním cílem je vytvořit a verifikovat síťové modely pro vybrané datové zdroje a následně metodami síťové analýzy spojit bodové vrstvy ORP, spaloven a skládek v České republice podle následujících požadavků:

- Celá práce vypracována v kartografickém zobrazení S-JTSK.
- Budou spojeny ORP se všemi ostatními ORP a ORP se všemi spalovnami a skládkami.
- Určit nejkratší a nejrychlejší cestu z ORP do spalovny a na skládku.
- Skládky a spalovny do 5 km od ORP budou imaginárně přeneseny do centra ORP. Z imaginární do skutečné polohy budou vytvořeny trasy.

Pouze pro kraj Vysočina:

- V případě, že se skládky a spalovny mimo 5km hranici od ORP nacházejí poblíž tras mezi ORP navzájem, budou přeneseny do nejbližšího (po hranách modelu) bodu na této trase.

Dalšími cíli jsou analýza dostupných datových zdrojů, interpretace výsledků pro jednotlivé datové zdroje. Po zhodnocení výsledků by mělo být navrženo budoucího řešení pro modelování vzdáleností ve výpočetním modelu.

V této bakalářské práci nebyl použit Geographically improved city waste management, doporučený v zadání této práce. Svoz odpadu tam je řešen v lokálním měřítku, tato bakalářská práce řeší odpad v širším rozsahu území a detaily zde nejsou brány v úvahu.

1.2 Popis zájmového území

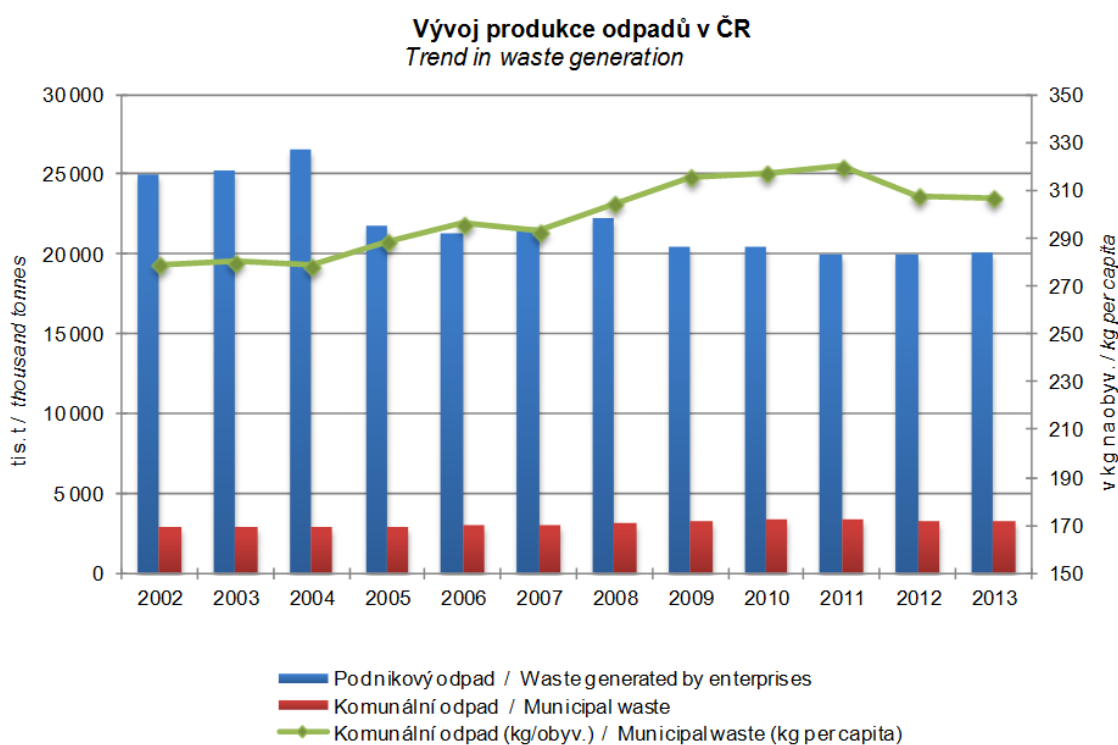
Jako zájmová oblast byla určena Česká republika, pro kterou byly vytvořeny síťové modely z volně dostupných datových zdrojů. Komerční data byla po rešerši dostupných datových zdrojů zakoupena pro kraj Vysočina. Následná interpretace výsledků bude proto zaměřena především na tento kraj.

1.3 Motivace

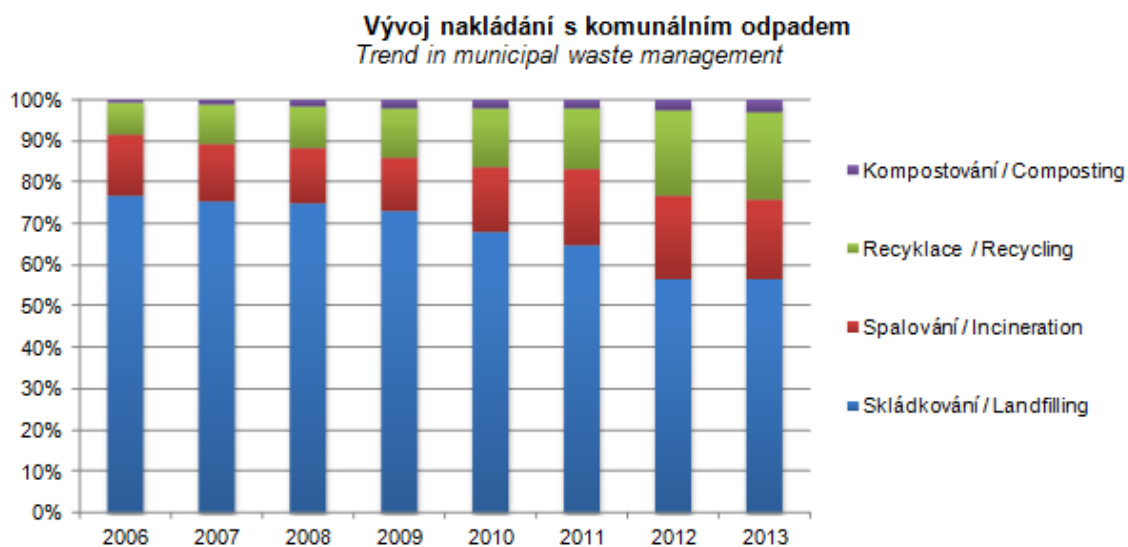
Problematika odpadů je v současné době velmi aktuální. Produkce průmyslového odpadu v celosvětovém měřítku stále stoupá. Skládání má negativní dopady na životní prostředí a v neposlední řadě také dochází velmi rychle k naplňování jejich kapacit. Jedním z alternativních

řešení je změna pohledu na odpad. Lze ho brát i jako surovinu. Některé materiály můžeme recyklovat, jiné se dají využít jako zdroj energie ve spalovnách. Velkou část spalovaného odpadu tvoří komunální odpad. Kromě zmenšení objemu skládkovaného odpadu tak i snížíme spotřebu primárních surovin.

Vývoj produkce odpadu a nakládání s komunálním odpadem v České republice je popsán v následujících grafech. V posledních letech dochází k mírnému poklesu celkové produkce odpadu, množství komunálního má však vzrůstající trend. Dochází k postupnému snižování podílu skládkovaného odpadu, naopak se zvyšuje podíl kompostování, recyklace a spalování.



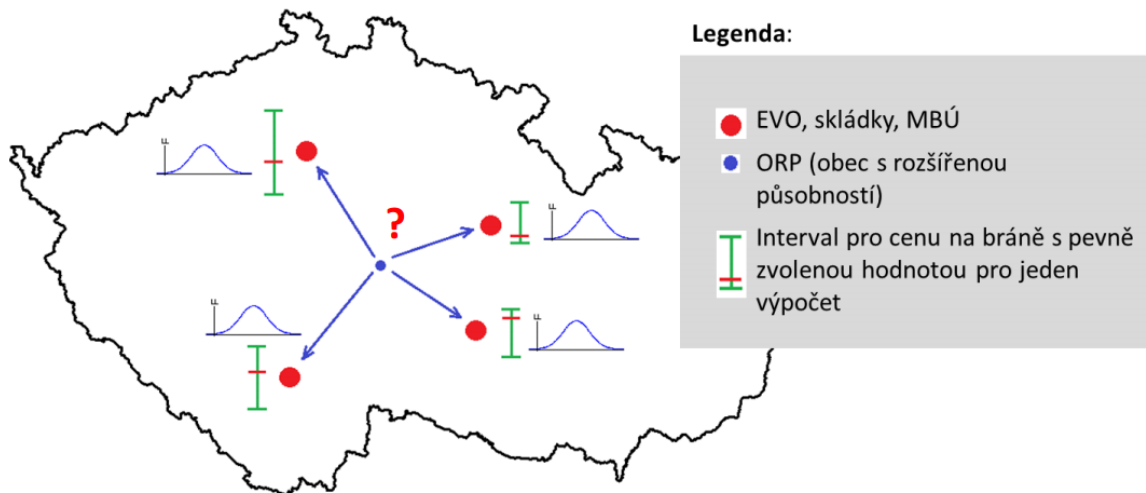
Obr. 1 Vývoj produkce odpadů v České republice v letech 2002 až 2013 (Převzato z ČSÚ, 2014)



Obr. 2 Vývoj nakládání s komunálním odpadem v České republice v letech 2006 až 2013 (Převzato z ČSÚ, 2014)

1.4 Modelování svozu odpadu

Odpadovým hospodářstvím se mimo jiné zabývá Ústav procesního a ekologického inženýrství Vysokého učení technického v Brně. Byl vyvinut výpočtový nástroj NERUDA, který simuluje tok odpadů mezi producenty a koncovými zařízeními. Hlavní idea vychází z následujícího principu. Vlastník odpadu (obec) se rozhoduje, jak s odpadem naloží, přičemž kritériem je dosažení nejnižší ceny. Schéma modelu je popsáno na obr. 3.



Obr. 3 Hlavní myšlenka nového výpočtového nástroje pro podporu plánování zařízení v oblasti odpadového hospodářství Převzato od PAVLAS, M., ŠOMPLÁK, R., ORAL, J., PUCHÝŘ, R., 2013, str. 18)

Cílem výpočtu je najít takové uspořádání, které povede k nejnižším celkovým nákladům - má minimální ekonomické dopady na producenty odpadu, tj. obce, a tedy i na občany. Pro účely této studie byl nástroj NERUDA použit přibližně v detailu ORP, kde je území ČR rozděleno do více než 220 uzlů.

Nástroj NERUDA zahrnuje následující informace a dílčí modely:

- model dopravní infrastruktury (podkladová mapa) a uvažované lokality s potenciální výstavbou koncových zařízení
- model produkce odpadů v jednotlivých uzlech a jeho prognóza do roku, ke kterému je výpočet prováděn
- model odhadu výhřevnosti a energetického potenciálu v jednotlivých uzlech a jeho prognóza do roku, ke kterému je výpočet prováděn
- technickoekonomický model klíčových prvků
- vývoj podstatných cenových parametrů
- ceny a kapacity pro zpracování odpadu v zahraničí.

Podkapitola vypracována na základě textu Pavlas, Šomplák, 2013, str. 13, 14.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Teorie grafů

Graf je dle PEŇÁZ, T. (2006) soustavou bodů a jejich spojnic, přičemž body se označují jako uzly a spojnice jako hrany. V grafické podobě se uzly vykreslují pomocí bodových značek, hrany pomocí úseček, lomených čar, popř. hlavních čar.

Vrchol (uzel) je dle FRIEBELOVÁ, J. (2009) konečná množina objektů. Sousední uzly jsou takové dvojice, které jsou spojeny hranou. Stupeň uzlu definuje počet hran, které do daného uzlu vstupují. Okolí uzlu u_i nazveme množinu všech vrcholů, do kterých vede z uzlu u_i hrana. Vypuštěním některých uzlů nebo hran vzniká podgraf.

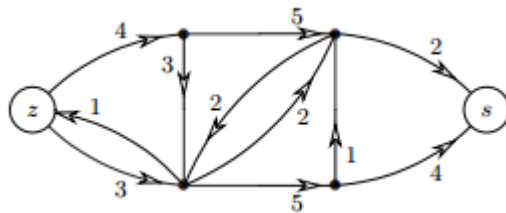
Směr hrany je vyjádřen pomocí orientovaného grafu, ve kterém jsou hrany uspořádané dvojice vrcholů. Hrana (u, v) v orientovaném grafu D začíná ve vrcholu u a končí ve vrcholu v . Opačná hrana (v, u) je různá od (u, v) . Neorientované hrany jsou obousměrné. (HLINĚNÝ, P., 2010)

Sledem dle FRIEBELOVÁ, J. (2009) rozumíme posloupnost uzlů, kde pro uzel u_i a uzel následující u_{i+1} existuje hrana. Pokud se ve sledu žádný z uzlů neopakuje víckrát, mluvíme o cestě. Pokud jsou každé dva vrcholy grafu spojeny cestou, jedná se o souvislý graf. Sled končící ve stejném uzlu, ve kterém začal, se nazývá cyklus.

Vzdálenost v grafu je dána délkou nejkratšího sledu, tedy cestou s nejmenším počtem hran. Pokud sled neexistuje, je vzdálenost rovna nekonečnu. Metrikou grafu je označován soubor vzdáleností mezi všemi dvojicemi vrcholů grafu.

Přiřazením konkrétní hodnoty dané charakteristiky jednotlivým hranám získáme graf hranově ohodnocený. Lze takto vyjádřit například délku hrany nebo čas, za který vozidlo tuto vzdálenost urazí. Přiřazením hodnot uzlům získáme graf uzlově ohodnocený. Kombinací získáme dle FRIEBELOVÁ, J. (2009) tzv. graf hranově a uzlově ohodnocený.

Síť je konečný souvislý, orientovaný, acyklický graf, v němž existuje jeden počáteční uzel (nevstupuje do něj žádná hrana) a uzel koncový (žádná hrana z něj nevystupuje). V případě obousměrného toku je třeba vytvořit dvě opačně orientované hrany.



Obr. 4 Síť s vyznačeným zdrojem a stokem (Převzato od HLINĚNÝ, P. 2010, str. 61)

Náčrt zobrazuje síť s vyznačeným zdrojem z (počátečním uzlem) a stokem s (koncovým uzlem) Šipky udávají směr orientovaných hran, čísla vyjadřují maximální kapacitu hran.

Dijkstrův algoritmus

Hledání nejkratší cesty v programu ArcGis používají Dijkstrův algoritmus. Předpokladem pro správnou funkci je nezáporné ohodnocení všech hran, což ohodnocení vzdálenostmi splňuje.

Označme symbolem $d[v]$ délku nejkratší cesty ze zdroje s k vrcholu v . Je zřejmé, že $d[s]=0$. Vzdálenosti ze zdroje k ostatním vrcholům, k nimž ještě nebyly "zkonstruovány" žádné cesty, na začátku položíme rovné ∞ . Algoritmus je založen na postupném zpřesňování odhadu délky nejkratší cesty ze zdroje k ostatním vrcholům. Předpokládejme, že (u,v) je hrana grafu s ohodnocením $w(u,v)$ a aktuální odhady nejkratších vzdáleností k vrcholům u, v jsou $d[u], d[v]$. Jestliže $d[u]+w(u,v) < d[v]$, pak $d[u]+w(u,v)$ se stane novým odhadem $d[v]$. Proces, v němž aktualizujeme odhad $d[v]$, se nazývá relaxace (relaxation). (ŠEDA, M. 2003, str. 31)

2.2 Použitá platforma a dostupné funkce

Teorie grafů je v geoinformatice využívána prostřednictvím síťové analýzy. V rámci této práce byl použit program ArcGIS 10.3. Hlavním důvodem pro výběr je jeho rozšíření, je využíván ve většině odborných prací zabývajících se touto problematikou. Volbu ovlivnila také licence, kterou Masarykova univerzita vlastní. Přímo k síťovým analýzám je určena nadstavba Network Analyst, kterou je potřeba aktivovat v záložce Customize -> Extensions. Je možno vytvořit dva druhy síťových modelů, geometrický a síťový.

Geometrický model se využívá při analýze jednodušších sítí, které umožňují tok po hraně pouze jedním směrem. Má složku geometrickou, která obsahuje hrany, uzly a další síťové prvky. Hrany mohou být propojeny pouze pomocí uzlů. Informace o propojení mezi prvky jsou obsaženy v logické složce.

Síťový model je určen především pro analýzu silniční sítě. Na rozdíl od geometrické sítě není logická síť vytvářena okamžitě, ale až po vytvoření celého síťového modelu (nástroj Build). V

prvním kroku jsou vybrány třídy a atributy, k přiřazení hodnot a propojení dochází až poté. Síťový model lze tvořit z jedné vrstvy nebo tvorbou multimodální sítě pomocí geodatabáze.

ArcGIS 10.3. nabízí v nadstavbě Network Analyst tyto nástroje:

New Route

Slouží k nalezení trasy mezi vybranými body s nejnižší hodnotou impedance. Příkladem může být nejrychlejší trasa mezi dvěma body.

New Service Area

Výsledkem jsou obslužné oblasti jednotlivých zařízení vyjádřené pomocí linií nebo polygonů. Lze tak určit například oblasti dostupné do 10 minut od spalovny.

New Closest Facility

Tento nástroj vypočte pro zvolené body trasu do nejbližšího zařízení. Vzniklé linie vedou přímo po síti, nezobrazí se pouze přímá spojnice. Vypočítáme tak třeba nejbližší autobusovou zastávku od domů.

New OD Cost Matrix

Spočítá matici nákladů mezi zadanými body. Výsledkem je přímá linie mezi dvěma body, obsahující hodnotu nákladů. Nástrojem lze například naplánovat přehled o služebních jízdách ve firmě.

New Vehicle Routing Problem

Určí obslužnost bodů v síti pomocí více dopravních prostředků. Využit může být například v zásilkových společnostech.

New Location-Allocation

Takto můžeme zjistit rozdělení míst, obslužnost pro jednotlivá zařízení. Výsledkem je pouze přímá linie, ze které nezjistíme přesnou trasu. Příkladem využití může být rozmístění daného počtu poštovních schránek na sídlišti v některých z předem vytipovaných míst.

Pro zpracování této práce byl z největší části použit nástroj Closest Facility, protože takto lze analyzovat i průběh dané trasy, nikoli pouze výsledné nejbližší zařízení.

2.3 Datové zdroje

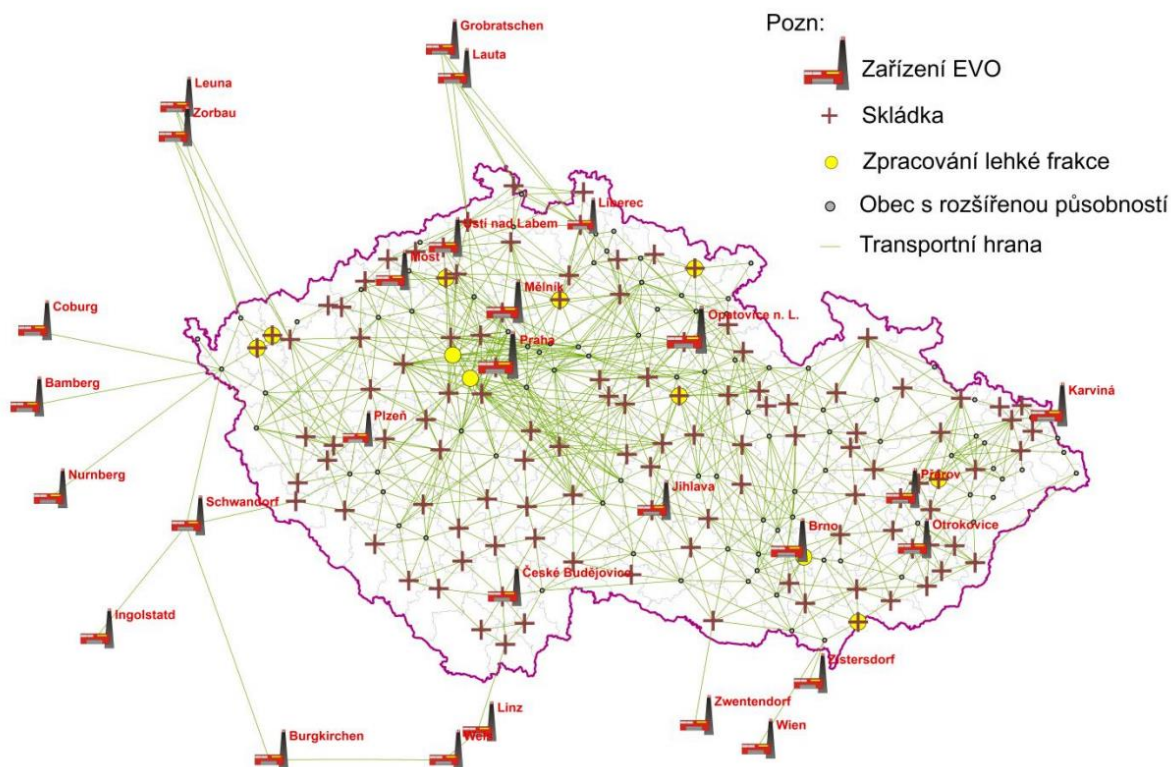
Dle zadání bude při vývěru dat počítáno s těmito faktory: Vzdálenost mezi uzly, placené úseky, čas dojezdu, nosnost mostů, výšková omezení (troleje, tunely), plánovaná výstavba nových silnic,

nehodovost (případně další dopravní omezení), chráněné oblasti. Obsah výše zmíněných faktorů byl jedním ukazatelů pro výběr datových sad, který byly v této bakalářské práci použity. Datové sady byly vybírány i s ohledem na další využití při modelování svozu odpadu.

Kvůli rozsahu ve středním měřítku pro celou Českou republiku a také dostupnosti zdarma byla jako první zvolena datová sada ArcČR 500 v. 3.2. od Arcdata Praha. Z komerčních dat byla vybrána datová sada StreetNet od společnosti CEDA. Obsahuje velké množství atributů o silnicích, což je pro zkoumání silniční sítě podstatné. Výhodou je také podrobné měřítko a přesnost zpracování. Vzhledem k finančním možnostem byla data zakoupena v rozsahu kraje Vysočina, včetně některých prvků datové nadstavby NAV. Nákup dat ve větším rozsahu bude rozhodnut i na základě výsledků této práce. Jako třetí byla použita datová sada OpenStreet Maps, pro srovnání, jak mohou tato volně dostupná data konkurovat komerčním.

2.3.1 Model dopravní infrastruktury UPEI

Aktuálně využívaný síťový model pro nástroj NERUDA je tvořen body, které popisují spalovny, skládky a ORP. Hodnoty hran mezi těmito uzly jsou spočítány manuálně pomocí plánovače tras na Google mapách a uloženy ve výpočtové matici.



Obr. 5 Dopravní infrastruktura s klíčovými prvky systému (Převzato od PAVLAS, M., ŠOMPLÁK, R., ORAL, J., PUCHÝŘ, R., 2013, str. 18)

2.3.2 ArcČR 500 v. 3.2

ArcČR 500 je digitální vektorová geografická databáze České republiky, zpracovávaná na úrovni podrobnosti 1 : 500 000. Obsahem databáze jsou přehledné geografické informace o ČR. Data vznikla ve spolupráci ČUZK a ArcData Praha, s.r.o. a jsou distribuována zdarma. Zdrojem dat pro geografická data ArcČR 500 v 3.2 je databáze Data200 a data poskytnutá ČSÚ. Výchozím souřadnicovým systémem je S-JTSK.

Z hlediska této práce je nejdůležitější vrstva silnic (tab. 1), která je aktualizována k 1. 1. 2014. Obsahuje atributy, které jsou zobrazeny v tabulce. Datová sada obsahuje pouze některé silnice nižších tříd, což může mít negativní vliv na přesnost výsledků.

Tab. 1 Atributy vrstvy silnic datové sady ArcČR v 3.2 (převzato ARCDATA PRAHA, 2014, str. 10)

jméno	popis	nabývané hodnoty
TRIDA	Třída silnice	1 - dálnice 2 - rychlostní silnice 3 - silnice I. třídy 4 - silnice II. třídy 5 - silnice III. třídy 6 - nevidovaná silnice
CISLO_SILNICE	Národní označení silnice	konkrétní číslo
MEZINARODNI_OZNACENI	Mezinárodní označení silnice	konkrétní číslo
PRUHY	Počet jízdních pruhů (součet v obou směrech)	konkrétní číslo

Sídla v databázi jsou nad 5000 obyvatel zobrazena plošně, zbytek pouze bodově. Dále bylo z ArcČR 500 použito administrativní členění, především bodová a plošná vrstva ORP.

ArcČR obsahuje tyto relevantní informace k zamýšleným síťovým analýzám:

- vzdálenost mezi uzly
- čas dojezdu – Výpočet pomocí průměrné rychlosti na jednotlivých třídách silnic, oproti Streetnet bude zjednodušen.
- chráněné oblasti
- vrstevnice

2.3.3 StreetNet CZE

StreetNet je podrobná routovatelná síť pozemních komunikací a 14 dalších topologických vrstev. Měřítko mapového podkladu je 1: 10 000, přesnost zpracování je 5 m pro intravilán, dálnice, silnice I. - III. třídy a významné místní komunikace a 10 m pro extravilán a místní a účelové komunikace. Prvky každé vrstvy jsou popsány několika až desítkami atributů. Nejvíce informací je

obsaženo ve vrstvě pozemních komunikací (road) - údaje evidenční (číslo, mezinárodní číslo a třída komunikace, název ulice atd.), atributy popisující technický i funkční stav jednotlivých úseků a základní atributy pro pohyb po síti. StreetNet je kontinuálně aktualizován a vydáván dvakrát ročně. Jeho pokrytí odpovídá aktuálnímu stavu sítě pozemních komunikací v době vydání dat, přičemž jsou zohledněny i úseky ve výstavbě, u nichž je evidován i termín otevření. Podklady pro aktualizaci jsou čerpány v terénu, z veřejně dostupných zdrojů a z pokladů státních institucí a úřadů i komerčních subjektů. StreetNet je vhodný pro zobrazování a provádění účelových analýz v prostředí GIS, pro řešení dopravních úloh a pro navigaci motorových vozidel, cyklistů i pěších turistů. (CEDA, 2014)

Společnost CEDA nabízí 9 rozšíření pro základní databázi StreetNet. Pro tuto práci je vhodná sada NAV, která obsahuje navigační informace. Obsahuje tabulky DBF, které se na základě atributu road ID připojí k datům StreetNet. Každá tabulka je zpoplatněna zvlášť. Pro využití těchto nástaveb je nutný nákup základní verze, ArcČR není s touto sadou kompatibilní.

StreetNet obsahuje tyto relevantní informace k zamýšleným síťovým analýzám:

- Vzdálenost mezi uzly – délka úseku (atribut Meter), celoplošné pokrytí.
- placené úseky – v attributech Placený úsek -dálniční známka - časové zpoplatnění pro vozidla do 3,5 t, Placený úsek - mýto - výkonové zpoplatnění pro vozidla nad 3,5 t (atributy tool_road a toll), celoplošné pokrytí (tam kde se zpoplatněný úsek ve skutečnosti nachází)
- plánovaná výstavba nových silnic – atribut CST
- chráněná území

Datová nadstavba NAV obsahuje tyto relevantní informace k zamýšleným síťovým analýzám:

- čas dojezdu – je možné vypočítat na základě informací z tabulky speed z NAV.
- nosnost mostů – v rámci tabulky max_dimension z NAV, pokrytí dálnice, silnice I. - III. třídy a významné místní komunikace
- výšková omezení (troleje, tunely, atd.) v rámci tabulky max_dimension z NAV, pokrytí dálnice, silnice I. - III. třídy a významné místní komunikace

2.3.4 OpenStreet Maps

OpenStreet Maps je projekt, jehož cílem je tvorba volně dostupných geografických dat a následně jejich vizualizace do podoby topografických map. Je tvořen komunitou uživatelů,

zpracování je tedy různorodé. Data jsou poskytována pod licencí Open Database Licence, smí se kopírovat, distribuovat, sdělovat veřejnosti a upravovat, pokud bude jako zdroj uveden OpenStreet Maps a jeho přispěvatelé. Pokud data OSM budou upravována nebo použita v díle, musí být výsledek šířen pod stejnou licencí. Souřadnicovým systémem je WGS 84. Data pro jednotlivé oblasti je možné stáhnout na serveru geofabrik.de.

OpenStreet Maps obsahuje tyto relevantní informace k zamýšleným síťovým analýzám:

- vzdálenost mezi uzly
- čas dojezdu – výpočet pomocí průměrné rychlosti na jednotlivých třídách silnic, oproti StreetNet bude zjednodušen
- chráněná území
- maximální rychlost – pouze na některých úsecích

Vrstva cest obsahuje kromě silnic také další cesty, včetně chodníků, schodů nebo turistických tras. Jsou zde vyznačeny i jednosměrné trasy, které však nemají informaci, z které strany je cesta průjezdná.

3 TVORBA SÍŤOVÉHO MODELU

3.1 Předzpracování dat

Součástí této práce je tvorba tří síťových modelů. Pro datové sady ARCČR a OpenStreetMap vychází ohodnocené hrany z atributu délky linií vrstvy silnic a tabulky průměrných rychlostí dle PEŇÁZ, T. (2005).

Tab. 2 Číselník průměrných rychlostí používaných na jednotlivých typech segmentů sítě silničních komunikací u původního a zpřesněného modelu sítě silničních komunikací (Převzato od PEŇÁZ, T. 2005, str. 4)

Způsob využití komunikace	Původní postup (2003)	Zpřesněný (aktuální) postup (2004)
	Průměrná dopravní rychlost [km.hod ⁻¹]	Průměrná dopravní rychlost [km.hod ⁻¹]
dálniční typ	85	85
silnice 1. kategorie	75	75
silnice 2. kategorie	55	55
hlavní průjezd	40	40
ulice	35	35
účelová komunikace (vč. silnic 3. kategorie)	zahrnuto do „ostatní“	40
zpevněná cesta	zahrnuto do „ostatní“	20
přemostění železnic	zahrnuto do „ostatní“	30
ostatní	30	20

K výpočtu použijeme funkci Field Calculator, pomocí programovacího jazyka python reklasifikujeme třídu silnic datové sady ArcČR. Dálnicím a rychlostním silnicím přiřadíme rychlost 85 km/hod, silnicím první třídy hodnotu 75, silnice druhé třídy 55 a ostatní 30.

OSM obsahují také kategorie silnic, které jsou pro nákladní automobily zcela neprůjezdné. Do analýzy nebudou z důvodu zastavěných území počítány residential a living street. Také všechny turistické trasy, cyklostezky, chodníky a nezpevněné komunikace. Jelikož není u neklasifikovaných silnic jistota, že se jedná o sjízdnu silnici, nebude uvažováno ani s touto kategorií. Pro snížení časové náročnosti na výpočet byly nevhodné třídy silnic z vrstvy vymazány.



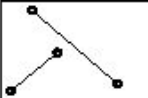
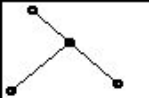

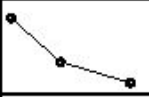
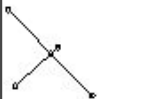
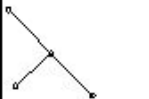
Následně podle tabulky rychlostí reklasifikujeme i vrstvu silnic OpenStreetMap. Dálnice a rychlostní silnice (motorway, motorway_link, trunk, trunk_link) budou mít hodnotu 85, silnice první třídy (primary, primary_link) 75, druhé třídy (secondary, secondary_link) 55, silnice třetí třídy a hlavní průjezd (tertiary, tertiary_link, highway) 40, napojení (crossing) přiřadíme 20.

Dále spočítáme čas průjezdu jednotlivými hranami. Ve Field Calculatoru podělíme délku úseku rychlostí. Čas bude spolu s délkou úseků použit jako impedance v síťových analýzách.

3.2 Kontrola topologie

Před samotnou tvorbou síťového modelu je nutné zkontrolovat topologii, jestli neobsahuje topologické chyby. Síťový model nesmí obsahovat linie, která se překrývají a také by neměly mít nedotaženy či přetahy. Použité druhy topologických chyb jsou popsány v následující tabulce.

Tab. 3 Použité druhy topologických chyb a jejich řešení (Převzato od DOBEŠOVÁ, Z. 2005, upraveno)

Před čištěním	Po čištění	Popis problému	Akce čištění
		Duplicitní objekty	Smazat duplicity
		Nedotažy	Prodloužit nedotažené
		Objekty nulové délky	Nulová délka objektů
		Volné uzly nebo přetahy	Vymazat volné objekty

V případě OSM map byly nalezeny topologické chyby, jejichž sumarizace je uvedena na obr. 6. Vyskytnuté topologické chyby bylo nutné opravit pomocí editace a nástroje Error Inspector, ve kterém vidíme všechny nalezené chyby s možností přidání výjimky. Výjimky slouží k označení chyb, které jsou přijatelné a které nechceme opravovat. Některé nalezené chyby byly ponechány, jelikož se nejednalo o přetahy, ale slepé ulice.

Rule	Errors	Exceptions
Must Be Larger Than Cluster Tolerance	0	0
Must Not Overlap		
OSM_vhodne	8	0
Must Not Have Dangles		
OSM_vhodne	3629	0
Must Not Self-Overlap		
OSM_vhodne	2	0
Total	3639	0

Obr. 6 Sumarizace nalezených chyb pro silnice OSM

3.3 Vytvoření síťového modelu

Po zkontrolování topologie můžeme přejít k samotné tvorbě síťového modelu. Pojmenujeme síťový model a vybereme vrstvy, nad kterými se síťový model vytvoří. V dalším kroku určíme konektivitu koncových a mezilehlých uzlů v místě napojení nebo pouze křížení. Tím od sebe oddělíme například pozemní dopravu od podzemní. Přestupním bodům jsou přiřazeny obě hodnoty. V této práci jsou takto určeny úrovně pouze u datové sady StreetNet, jejíž atributy konektivity popisuje obr. 7.

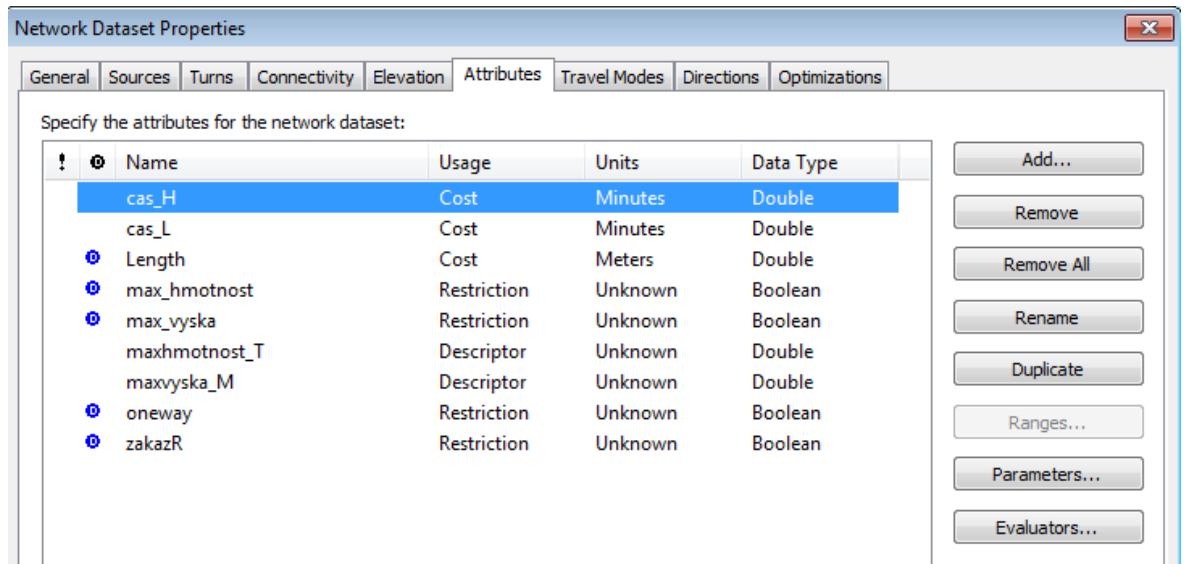
How would you like to model the elevation of your network features?

None
 Using Z Coordinate Values from Geometry
 Using Elevation Fields

Source	End	Field
road	From End	LEVEL_B
road	To End	LEVEL_E

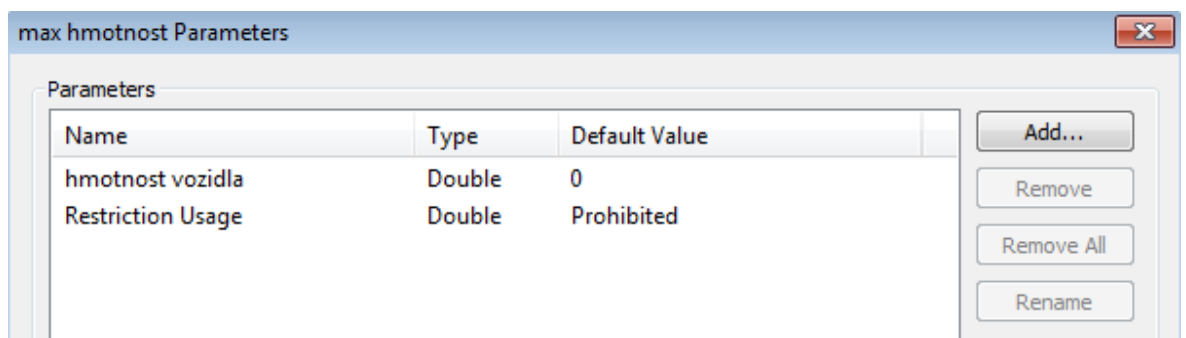
Obr. 7 Určení konektivity koncových bodů pro síťový model StreetNet

Síťový model je definován vytvořenými atributy, které se dělí do čtyř skupin. Cost (cena) ohodnotí hrany, descriptor (popis) vyjadřuje například rychlostní limity nebo popisuje různá omezení. Restriction (omezení) je datový typ boolean a pokud je splněna podmínka, vyřadí se daný úsek z analýzy. Hierarchy (hierarchie) určuje pořadí prvků v analýze. Atributy použité pro datovou sadu StreetNet jsou zobrazeny na obr. 8.

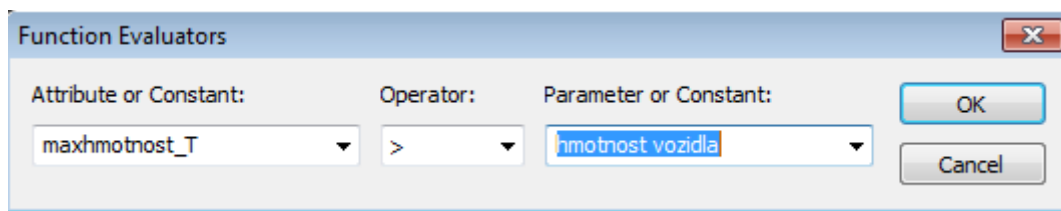


Obr. 8 Použité atributy pro síťový model StreetNet

V Záložce Evaluators lze nastavit zdroj atributu pro oba směry odděleně. V případě ceny hran je zdrojem přímo připravený sloupec z atributové tabulky. Omezení je třeba definovat. Příslušným popisům přiřadíme hodnotu ze sloupce v atributové tabulce, následně vytvoříme číselný parametr (obr. 9) a omezení definujeme pomocí funkce, která je uvedena na obr. 10.

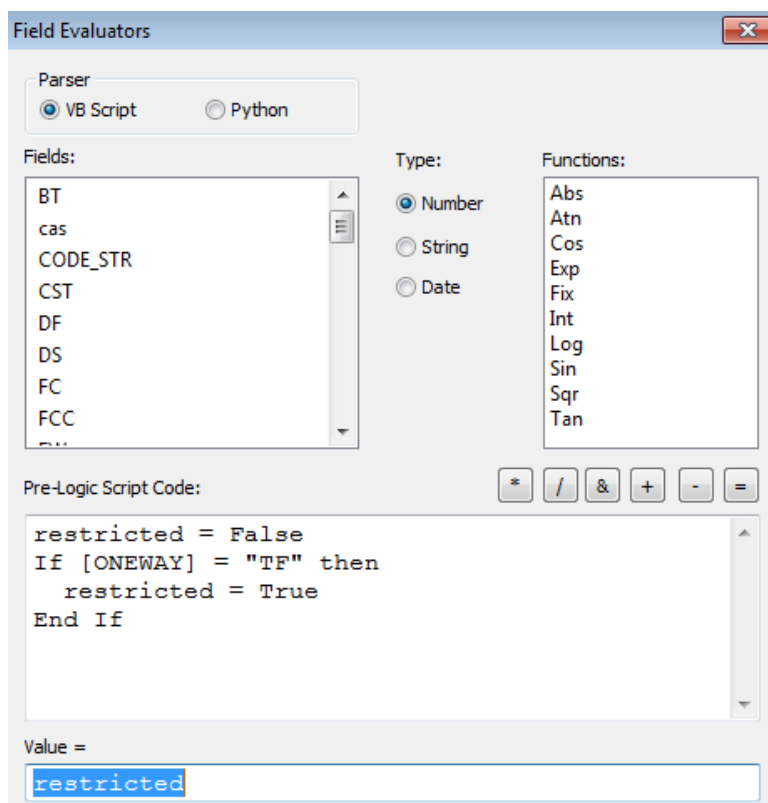


Obr. 9 Určení parametru pro maximální hmotnost



Obr. 10 Funkce pro definici hmotnostního omezení

U tvorby jednosměrných ulic je třeba vědět, v jakém směru je ulice průjezdná. V případě StreetNet je atribut popsán pomocí „TF“ pro omezení v kladném směru vektorizace (Obr. 11) a „FT“ v opačném směru. Pomocí příkazu definujeme daná omezení.

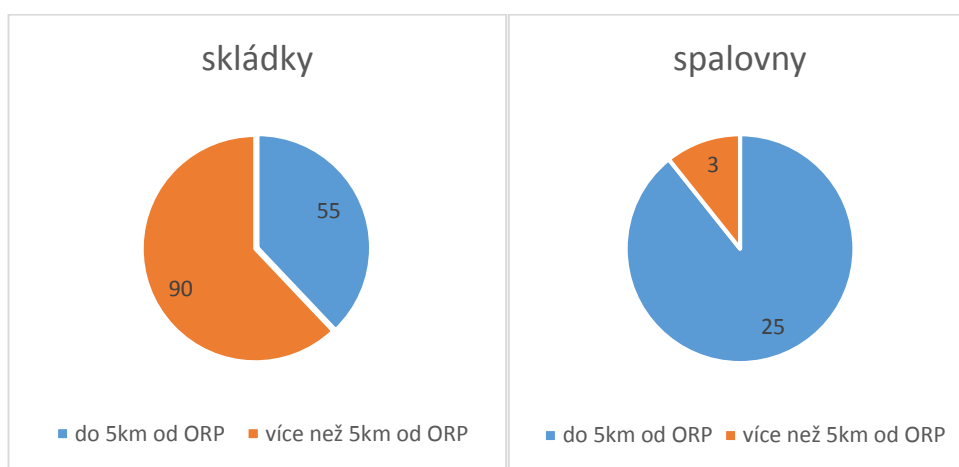


Obr. 11 Definice jednosměrného omezení v kladném směru vektorizace pro síťový model StreetNet

4 NAVRŽENÝ ALGORITMUS

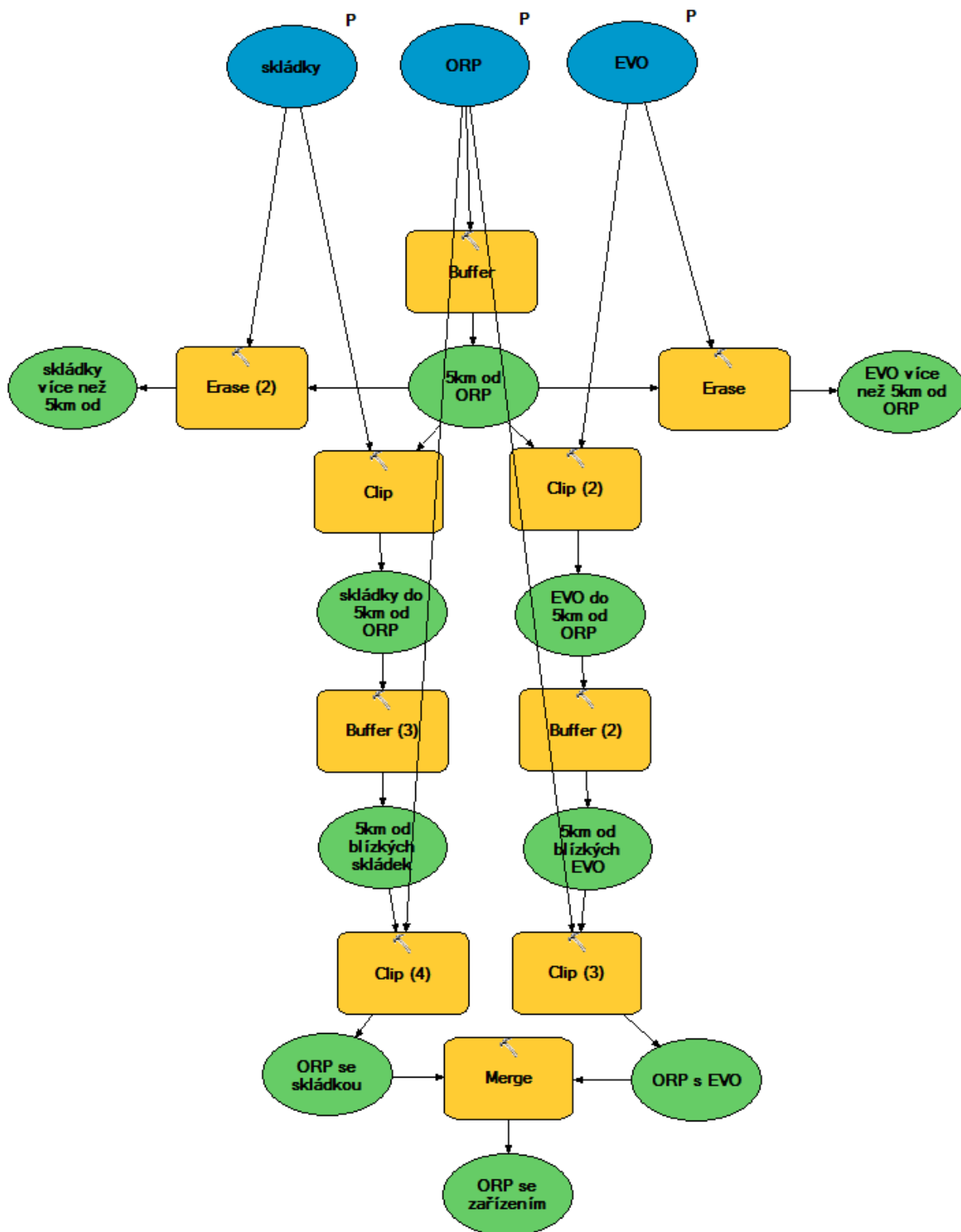
4.1 Zjednodušení modelu a rozdělení zájmových bodů

Vzhledem k velkému objemu dat a s tím související časovou náročností na výpočet bylo nutné stávající model zjednodušit a snížit počty hran a uzlů. Počty hran a uzlů se zároveň musí co nejvíce blížit datové sadě nástroje NERUDA, pro vzájemnou porovnatelnost výstupů a budoucí využití bakalářské práce. Sklárky a spalovny v okruhu 5km od centra ORP byly proto fiktivně přesunuty přímo do středu ORP. Imaginární a skutečné polohy technologických zařízení budou následně spojeny hranami. Takto snížíme počet bodů o 55 skládek a 25 spaloven (obr. 12).



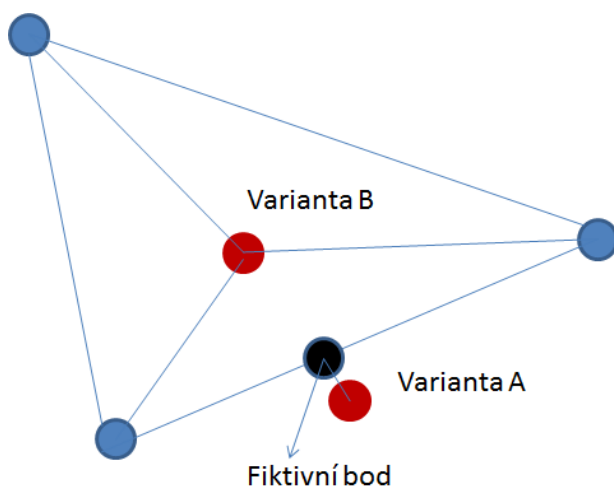
Obr. 12 Snížení počtu uzlů v daném síťovém modelu

Bodové vrstvy ORP, zařízení EVO a skládek rozdělíme pomocí základních funkcí Buffer, Clip, Erase a Merge podle polohy. Jednotlivé vrstvy jsou popsány v modelu (obr. 13).



Obr. 13 Rozdělení ORP, skládek a spaloven podle daných parametrů

Následně provedeme zjednodušení pro kraj Vysočina, kde se zařízení nad 5 km od ORP rozdělí podle variant na obr. 14. Sklárky a spalovny, ležící blízko již existující hrany (varianta A) budou přeneseny do nejbližšího bodu na této cestě. Vzdálenější body (varianta B) zůstanou zachovány. Spalovna více než 5 km od ORP se v kraji nenachází, sklárky mimo tuto vzdálenost jsou 4.



Obr. 14 Definice variant při zjednodušení modelu (převzato od PAVLAS, M., ŠOMPLÁK, R.)

4.2 Síťové analýzy

Následně vytvoříme cesty do nejbližší spalovny pro jednotlivá ORP. Podle PEŇÁZ, T. (2006) se jedná o základní síťovou úlohu hledání optimální trasy, označované též jako úloha obchodního cestujícího. Důležité je nastavení parametrů, hmotnost kamionu pro svoz odpadu je 40 t, maximální výška průjezdu je 4 m. Další síťovou analýzou vytvoříme cesty do nejbližších skládek.

ORP navzájem spojíme také pomocí Closest Facility. Tento nástroj nenabízí sofistikovaný způsob volby většího množství tras najednou. Ve vlastnostech lze však určit počet nejbližších vyhledávaných zařízení. Pokud načteme vrstvu ORP do zařízení i místa a počet „nejbližších“ zařízení bude rovno rozsahu souboru, tak spojíme mezi sebou všechny body. Do zařízení nahrajeme ještě všechny spalovny a sklárky. Vytvoří se tak i cesty z ORP do technologických zařízení. Úloha obsahuje mnoho kombinací, proto je řešení časově náročné. Trasy s nulovou vzdáleností necháme v modelu kvůli následné tvorbě tabulek.

Další částí svozového modelu je propojení imaginárních a skutečných bodů technologických zařízení. K vytvoření použijeme opět stejnou funkci. Jako zařízení zvolíme skutečné spalovny, jako místa ORP se spalovnou. Takto vytvoříme i spoje z ORP s imaginární sklárkou do skutečných

skládek. Imaginární spoje jsou v mapě zobrazeny pouze pro kraj Vysočina. V celostátním měřítku splývají vzniklé trasy se zájmovými body.

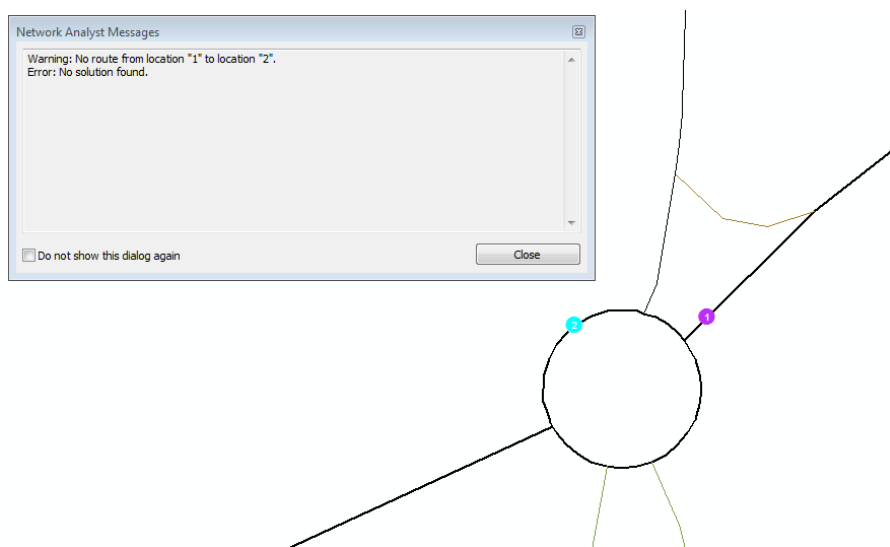
U výše popsaných síťových analýz změním cenu ze vzdálenosti na čas a obdobně vygenerujeme i nejrychlejší cesty. Pro StreetNet byly pro budoucí využití vytvořeny časové rychlosti pro lehké a těžké nákladní automobily. V této práci je však dále pracováno jen s impedancí pro kamiony.

Vizualizace vytvořených síťových analýz pro Českou republiku i kraj Vysočina jsou uvedeny v příloze (příl. 2 až 12). Výsledné atributové tabulky cest exportujeme do textového formátu a nahrajeme do MS Excel. Seřadíme data podle atributů Incident ID a Facility ID. Data nakopírujeme do přehlednější tabulky (příl. 13 až 16). Tabulky pro celou ČR jsou umístěny na přiloženém DVD. Vytvořené tabulky mohou být použity ve výpočetním modelu. Srovnáním jednotlivých síťových modelů se zabývá následující kapitola.

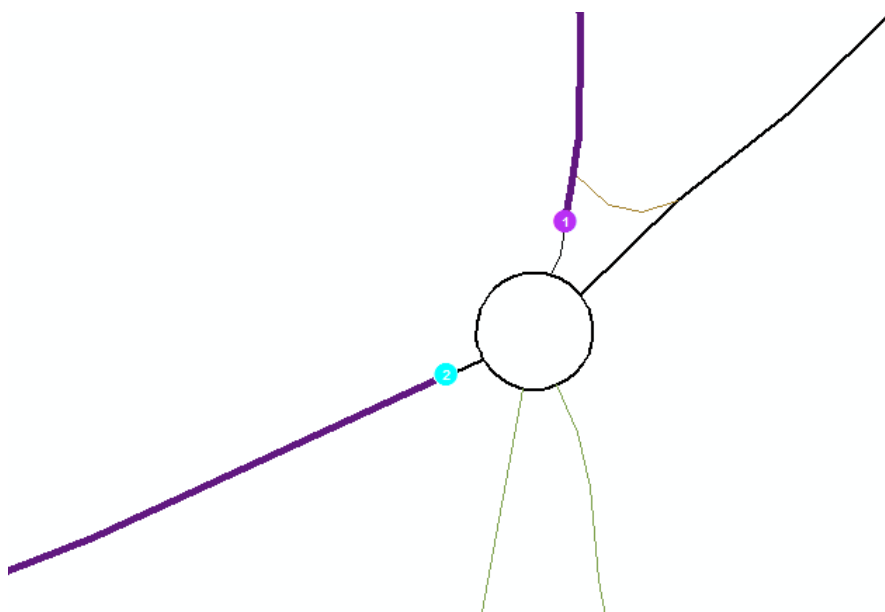
5 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

5.1 Aplikace algoritmu na síťový model OSM

Při použití síťového modelu OpenStreet Maps došlo k chybě, kdy nebyly vytvořeny všechny trasy (viz příl. 4). Dle bližšího zkoumání bylo zjištěno, že ve vytvořeném síťovém modelu nejsou průchozí kruhové objezdy. Tato problematika se řeší například v rámci projektu Open Transport Net (<http://www.opentransportnet.eu/otn/>). Je však nad rámec rozsahu bakalářské práce, proto nebude více popisována.



Obr. 15 Chyba konektivity při vytvoření trasy mezi bodem 1 a 2 přímo na kruhovém objezdu



Obr. 16 Trasa mezi body 1 a 2 vedoucí oklikou mimo kruhový objezd

5.2 Statistické srovnání výsledků pro Kraj Vysočina

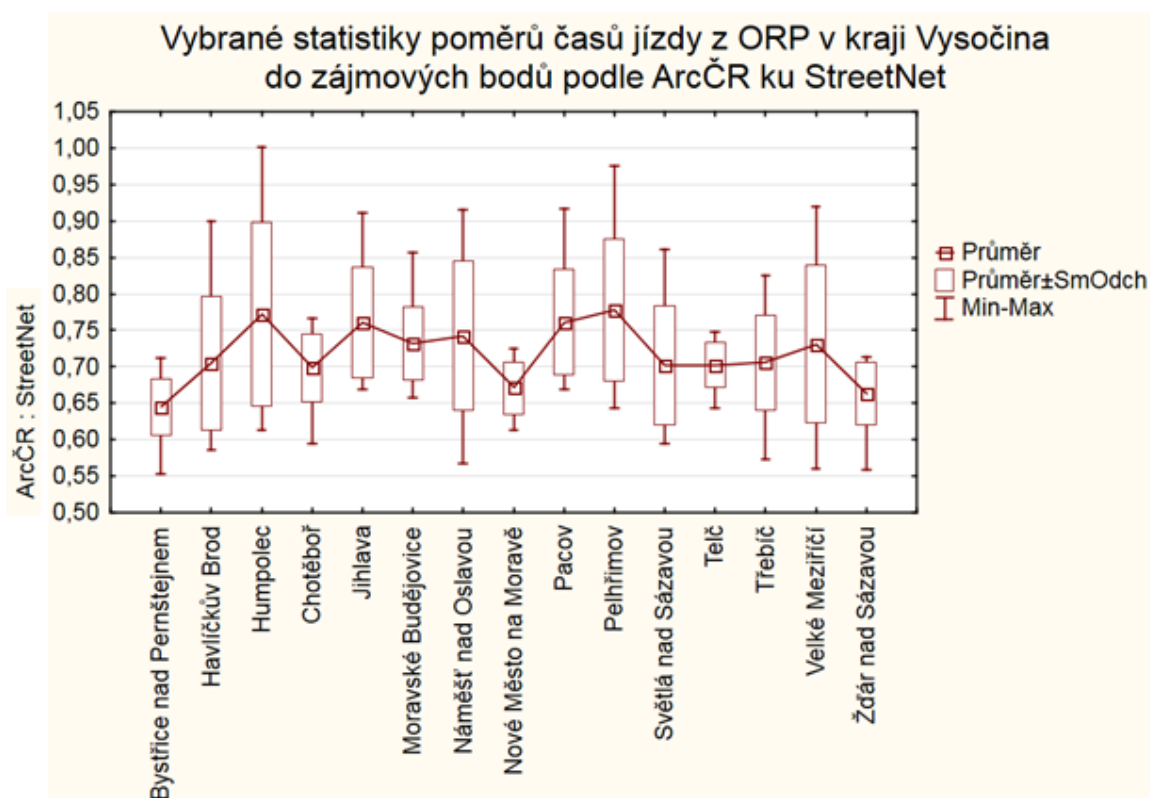
Krajem Vysočina vede dálnice D1. Severojižní tepnu kraje tvoří silnice 38 vedoucí přes Kolín, Havlíčkův Brod, Jihlavu, Moravské Budějovice a Znojmo do Rakouska. Vysočinou vede několik silnic první třídy, na žádné z nich neleží ORP Světlá nad Sázavou, Chotěboř a Velké Meziříčí, které se však nachází v těsné blízkosti dálnice.

Datová sada StreetNet je podrobnější a přesnější, proto byly výsledné časové a vzdálenostní tabulky pro ArcČR vyjádřeny v poměru k výsledkům StreetNet. Pro každé ORP byla vypočtena průměrná odchylka pro trasy mezi ostatními body. Tabulky jsou umístěny v příloze. Výsledné hodnoty jsou srovnány na obr. 17 a 18.

Při zkoumání nejrychlejších cest lze pro oba modely říci, že vedou většinou po silnicích nižších tříd. Síťový model ArcČR obecně generuje menší časové hodnoty, pro celý statistický vzorek v průměru na 73 %. Nejkratší cesty vedou silnicemi všech kategorií. Výsledky vzdálenostního síťového modelu StreetNet vytvořili hustou síť linií, pro ArcČR se oproti časovým tolik nezměnily.

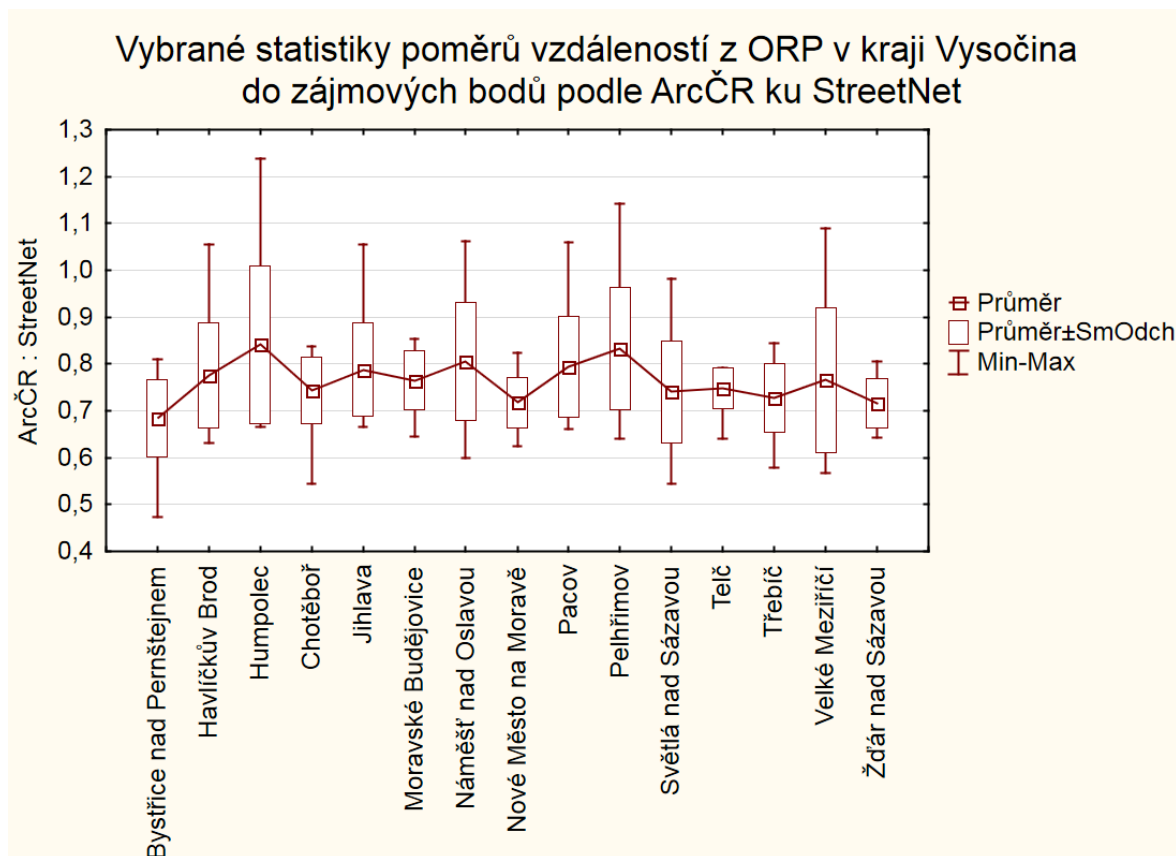
Z tabulky poměrů časů je patrné, že výsledek síťového modelu ArcČR dosahuje vyšší přesnosti, když trasa vede po rychlejších silnicích. Cesty vedoucí po dálnici se svou hodnotou téměř podobají. Trasa mezi Velkou Bíteší a Humpolcem je celá po dálnici a má výsledný poměr 1. Vysokou hodnotu mají také trasy vedoucí po nejkvalitnějších silnicích první třídy. Jedná se o silnici 38 v úseku Jihlava – Havlíčkův Brod, která je mezi Jihlavou a dálnicí D1 i čtyřproudová. Vůbec nejvyšší hodnotu 0,91 má mimo dálnici úsek mezi Pelhřimovem a Humpolcem, což je způsobeno vyšší kvalitou silnice první třídy číslo 34. Nižší podobnost časů u těchto síťových modelů byla zjištěna u ostatních silnic, což je zřejmě dáno zakřiveností silnic, intravíánem a členitostí.

Trasy pro ORP Bystřice nad Pernštejnem, Chotěboř, Nové Město na Moravě, Telč a Žďár nad Sázavou jsou podle níže zobrazeného grafu nejvíce ovlivněny dalšími faktory, které prodlužují dobu jízdy. Nemají blízkou návaznost na dálnici, ani kvalitnější silnici první třídy, proto u nich nebyla zjištěna žádná extrémní hodnota poměru. Trasy pro Humpolec, Velké Meziříčí a Náměšť nad Oslavou mají velký rozsah hodnot. Pro cesty po dálnicích vysokou hodnotu, pro ostatní cesty nízkou. Nejvyšší průměrný poměr mají cesty pro Humpolec, Pelhřimov a Jihlavu.



Obr. 17 Vybrané statistiky poměrů časů jízdy z ORP v kraji Vysočina do zájmových bodů podle ArcČR ku StreetNet

Výsledky nejkratších cest jsou značně rozkolísané. Je to dáno nízkou zakřiveností silnic u síťového modelu ArcČR, což snižuje výslednou vzdálenost. StreetNet obsahuje více hran, proto není nutné některý úsek objíždět. Výsledné statistiky mají velké extrémy a vzhledem k měřítku těchto datových zdrojů jsou mezi sebou těžko porovnatelné. Průměrný poměr je 0,77.



Obr. 18 Vybrané statistiky poměrů vzdáleností z ORP v kraji Vysočina do zájmových bodů podle ArcČR ku StreetNet

5.3 Nejblíže spalovny a skládky

Následující tabulky zobrazují nejblíže a časově nejdostupnější zařízení EVO a skládky ke každému ORP.

V kraji Vysočina se v práci uvažují pouze 3 potenciální zařízení EVO a jsou relativně daleko od sebe. Proto se výsledky pro použité síťové modely příliš neliší, pouze pro Velké Meziříčí je časově nejdostupnější spalovna v Jihlavě, místo v Třebíči.

Tab. 4 Vhodné spalovny podle zadané impedance pro ORP v kraji Vysočina

ORP	ARC čas	STN čas	ARC vzd	STN vzd
Bystřice nad Pernštejnem	Žďár n. S.	Žďár n. S.	Žďár n. S.	Žďár n. S.
Havlíčkův Brod	Jihlava	Jihlava	Jihlava	Jihlava
Humpolec	Jihlava	Jihlava	Jihlava	Jihlava
Chotěboř	Žďár n. S.	Žďár n. S.	Žďár n. S.	Žďár n. S.
Jihlava	Jihlava	Jihlava	Jihlava	Jihlava
Moravské Budějovice	Třebíč	Třebíč	Třebíč	Třebíč
Náměšť nad Oslavou	Třebíč	Třebíč	Třebíč	Třebíč
Nové Město na Moravě	Třebíč	Třebíč	Třebíč	Třebíč
Pacov	Jihlava	Jihlava	Jihlava	Jihlava
Pelhřimov	Jihlava	Jihlava	Jihlava	Jihlava
Světlá nad Sázavou	Jihlava	Jihlava	Jihlava	Jihlava
Telč	Jihlava	Jihlava	Jihlava	Jihlava
Třebíč	Třebíč	Třebíč	Třebíč	Třebíč
Velké Meziříčí	Třebíč	Jihlava	Třebíč	Třebíč
Žďár nad Sázavou	Žďár n. S.	Žďár n. S.	Žďár n. S.	Žďár n. S.

Skládek, které byly určeny v síťových analýzách pro Vysočinu, je 10. Z toho skládka v Borku u Dačic leží mimo území kraje. Při výběru skládek můžeme pozorovat několik změn, konkrétně pro Havlíčkův Brod, kde jsou výsledné skládky pro ArcČR v Ronově a Světlé nad Sázavou v StreetNet modelu nahrazeny Chotěboří. Ke změně došlo také u Telče, to je však dáno chybějícími daty u StreetNet mimo Vysočinu.

Tab. 5 Vhodné skládky podle zadané impedance pro ORP v kraji Vysočina

ORP	ArcČR čas	STN čas	ArcČR vzd	STN vzd
Bystřice nad Pernštejnem	Bukov	Bukov	Bukov	Bukov
Havlíčkův Brod	Ronov	Chotěboř	Světlá n. S.	Chotěboř
Humpolec	Světlá n. S.	Světlá n. S.	Světlá n. S.	Světlá n. S.
Chotěboř	Chotěboř	Chotěboř	Chotěboř	Chotěboř
Jihlava	Henčov	Henčov	Henčov	Henčov
Moravské Budějovice	Petrůvky	Petrůvky	Petrůvky	Petrůvky
Náměšť nad Oslavou	Osová Bítýška	Osová Bítýška	Osová Bítýška	Osová Bítýška
Nové Město na Moravě	Bukov	Bukov	Bukov	Bukov
Pacov	Roučkovice	Roučkovice	Roučkovice	Roučkovice
Pelhřimov	Roučkovice	Roučkovice	Roučkovice	Roučkovice
Světlá nad Sázavou	Světlá n. S.	Světlá n. S.	Světlá n. S.	Světlá n. S.
Telč	Borek u Dačic	Henčov	Borek u Dačic	Henčov
Třebíč	Petrůvky	Petrůvky	Petrůvky	Petrůvky
Velké Meziříčí	Petráveč	Petráveč	Petráveč	Petráveč
Žďár nad Sázavou	Ronov	Ronov	Ronov	Ronov

6 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá tvorbou optimálních tras mezi zájmovými body pro modelování svozu odpadu. Byly vytvořeny a verifikovány tři síťové modely z datových sad ArcČR 500, OpenStreet Maps a StreetNet.

Výsledky byly vzájemně porovnány a zhodnoceny pouze částečně, jelikož u OpenStreet Maps byla zjištěna chyba konektivity kruhových objezdů. Nabízí se řešení stejně jako v rámci projektu Open Transport Net, kde jsou kruhové objezdy nahrazeny křižovatkami. Tato problematika je však nad rámec bakalářské práce.

Síťový model vytvořený z datové sady ArcČR 500 se kvůli vzniklé chybě OSM ukázal z vybraných zdrojů jako jediný použitelný pro celé území České republiky (z posuzovaných datových sad). Data ArcČR 500 se však při porovnání s výsledky síťového modelu StreetNet pro kraj Vysočina ukázala jako nepřesná. Jak je uvedeno v předchozích srovnáních, časové hodnoty mají v průměru 73% velikosti pro model StreetNet, nejkratší trasy 77% velikosti. Poměry vzdáleností se navíc pro jednotlivé úseky velmi liší. Jistý vliv na výsledek také má fakt, že v rámci síťového modelu nebylo počítáno s intravíánem a sklonitostí, které by celkový čas určitě navýšily. Největším problémem je však malé zakřivení vrstvy silnic ArcČR, které zkrátí jednotlivé úseky. Tyto faktory se nejméně projevují na dálnici a významných silnicích první třídy, proto byly pro takové úseky zjištěny nejlepší výsledky. Vyšší přesnosti by bylo možné dosáhnout ohodnocením hran koeficientem zakřivení, který by prodlužoval délku úseků především silnic nižších tříd.

Při srovnání všech výsledků práce se jako vhodné řešení pro síťový model při modelování svozu odpadu jeví zakoupení datové sady StreetNet. Datová sada neobsahuje topologické chyby, má vhodnější měřítko, obsahuje i více atributů. Ze statistického srovnání je zřejmý rozdíl mezi oběma síťovými modely.

Při realizaci této práce vzniklo několik otázek a problémů, jejichž řešení může být směrem dalšího rozvoje tématu. StreetNet by bylo možné rozšířit o nadstavbu ARA, která popisuje vertikální a horizontální proměnlivost komunikací. Rozšíření datové sady NAV může ještě obsahovat zákazy vjezdu pro nákladní automobily, což by zjednodušilo definování restrikcí. Vytvořené výsledky této práce bude nejprve nutné porovnat se stávajícím modelem dopravní infrastruktury. Velmi platné by bylo vyřešení problému kruhových objezdů v rámci OpenStreet Maps. Mapy jsou dostupné i pro jiné státy a vzhledem k plánům UPEI rozšířit plánování odpadového hospodářství do dalších zemí Evropy bude tento problém předmětem další práce. OSM jsou oproti ArcČR 500 podrobnější a v případě funkčnosti by mohli být vhodným datovým

zdrojem pro síťový model. Otázkou dalšího výzkumu může být také vliv zakřivení, sklonu a intraviánu na výsledné trasy. Předmětem zájmu může být také optimální poloha bodu, který v síťovém modelu symbolizuje ORP. Nabízí se také algoritmizace daného problému. Některé z těchto témat by mohlo být řešeno v rámci navazující diplomové práce.

POUŽITÁ LITERATURA

Tištěná literatura

[1] SLOCUM, T. A. Thematic Cartography and Geographic Visualization. 2. vyd., Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, 2005. ISBN 0-13-035123-7, 518 str.

Technické dokumentace

[2] Central European Data Agency, (2014) Technická dokumentace – popis dat StreetNet CZE verze 1411

[3] Central European Data Agency, (2014) Technická dokumentace – popis dat StreetNet NAV CZE verze 1411

Elektronické zdroje

[4] ArcČR, ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, (2014) ArcČR 500 verze 3.2 popis dat, 27 str. http://download.arcdata.cz/data/ArcCR_500-3.2-Popis-dat.pdf (20. 1. 2015)

[5] Central European Data Agency, (2014) <http://www.ceda.cz/cs/produkty/vektorove-mapy/> (20. 1. 2015)

[6] Český statistický úřad (2014) Vývoj nakládání s komunálním odpadem 2006 – 2013, <https://www.czso.cz/documents/10180/20543775/28002014g08.xlsx/d839fdb9-fdcb-4ab3-9c91-2eca0b4f838a?version=1.0> (25. 4. 2015)

[7] Český statistický úřad (2014) Vývoj produkce odpadů v letech 2002 – 2013, <https://www.czso.cz/documents/10180/24388589/28002014g01.xlsx/50b51965-8f75-423d-aed1-feb513cc1b42?version=1.0> (25. 4. 2015)

[8] DOBEŠOVÁ, Z. (2005) Sbírnka příkladů Autodesk Map 3D, <http://www.geoinformatics.upol.cz/app/autodesk/> (25. 4. 2015)

[9] ESRI, (2010) Network Analyst Tutorial, Environmental System Research Institute, 119 str., <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/pdf/network-analyst-tutorial.pdf>. (10. 1. 2015)

[10] ESRI, (2012) Geodatabase topology rules and topology error fixes, Environmental System Research Institute, http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/Geodatabase_topology_rules_and_topology_error_fixes/01mm000000m000000/ (20. 2. 2015)

[11] ESRI, (2013) Network Analyst - Creating Network Datasets, <http://video.esri.com/watch/2556/network-analystcreating-network-datasets> (20. 1. 2015)

- [12] ESRI, (2013) Creating Network Datasets: One-Way Streets http://video.arcgis.com/watch/2112/creating-network-datasets-one_dash_way-streets (20. 1. 2015)
- [13] FRIEBELOVÁ, J. (2009) Základní pojmy teorie grafů 8 str. <http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/tspp/data/teorie/grafy.pdf> (17. 12. 2015)
- [14] HLINĚNÝ, P. (2010) Základy teorie grafu, str. 1 – 9, <http://is.muni.cz/el/1433/podzim2010/MA010/um/Grafy-text10.pdf> (17. 12. 2015)
- [15] PAVLAS, M., ŠOMPLÁK, R., ORAL, J., PUCHÝŘ, R., (2013) Modelování dopadů podpory energetického využití odpadu na konečného spotřebitele za podmínek zákazu skládkování, 58 str. http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/ef13_3101_evecostudie_dopadu_en._vyuziti_odpadu_na_spotrebitele.pdf (25. 4. 2015)
- [16] OPENSTREET MAPS a jeho přispěvatelé (2014), <http://www.openstreetmap.org/about> (17. 12. 2014)
- [17] OPEN TRANSPORT NET (2015) <http://www.opentransportnet.eu/otn/> (11. 4. 2015)
- [18] PEŇÁZ, T. (2005) Hodnocení individuální neveřejné dopravy ve vztahu k vybraným ukazatelům trhu práce. In Sbor. Ref. Mezinárodního symposia GIS Ostrava 2005, str. 4, https://gis.vsb.cz/apache2-default/GACR_MTP/Clanky/hodnoceni_indiv_dopravy_cz_u.pdf (17. 12. 2014)
- [18] PEŇÁZ, T. (2006) Síťové analýzy v prostředí GIS, 32 str. http://gisak.vsb.cz/~pen63/Systemy_GIS_v_PO/Sitove_analyzy_GIS.pdf (17. 12. 2014)
- [19] ŠEDA, M. (2003) Teorie grafů, http://www.uai.fme.vutbr.cz/~mseda/TG03_MS.pdf (25. 4. 2015)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Vývoj produkce odpadů v České republice v letech 2002 až 2013</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 2 Vývoj nakládání s komunálním odpadem v České republice v letech 2006 až 2013</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 3 Hlavní myšlenka nového výpočtového nástroje pro podporu plánování zařízení v oblasti odpadového hospodářství.....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 4 Síť s vyznačeným zdrojem a stokem.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 5 Dopravní infrastruktura s klíčovými prvky systému</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 6 Sumarizace nalezených chyb pro silnice OSM.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 7 Určení konektivity koncových bodů pro síťový model StreetNet.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 8 Použité atributy pro síťový model StreetNet.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 9 Určení parametru pro maximální hmotnost</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 10 Funkce pro definici hmotnostního omezení.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 11 Definice jednosměrného omezení v kladném směru vektorizace pro síťový model StreetNet</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 12 Snížení počtu uzlů v daném síťovém modelu.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 13 Rozdělení ORP, skládek a spaloven podle daných parametrů.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 14 Obr. 14 Definice variant při zjednodušení modelu</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 15 Chyba konektivity při vytvoření trasy mezi bodem 1 a 2 přímo na kruhovém objezdu.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 16 Trasa mezi body 1 a 2 vedoucí oklikou mimo kruhový objezd</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 17 Vybrané statistiky poměrů časů jízdy z ORP v kraji Vysočina do zájmových bodů podle ArcČR ku StreetNet.....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 18 Vybrané statistiky poměrů vzdáleností z ORP v kraji Vysočina do zájmových bodů podle ArcČR ku StreetNet.....</i>	<i>34</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Atributy vrstvy silnic datové sady ArcČR v 3.2.....</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 2 Číselník průměrných rychlostí používaných na jednotlivých typech segmentů sítě silničních komunikací u původního a zpřesněného modelu sítě silničních komunikací</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 3 Vybrané druhy topologických chyb a jejich řešení</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 4 Vhodné spalovny podle zadané impedance pro ORP v kraji Vysočina</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 5 Vhodné skládky podle zadané impedance pro ORP v kraji Vysočina</i>	<i>35</i>

SEZNAM VÁZANÝCH PŘÍLOH

Příl. 1 Příkazy použité při reklasifikaci silničních tříd

Příl. 2 Nejrychlejší a nejkratší cesty z ORP do spaloven v ČR, síťový model ArcČR 500

Příl. 3 Nejrychlejší a nejkratší cesty z ORP na skládku v ČR, síťový model ArcČR 500

Příl. 4 Nejkratší trasy z ORP do spaloven v ČR, síťový model OpenStreet Map

Příl. 5 Síť nejkratších a nejrychlejších cest mezi ORP na Vysočině a všemi zájmovými body v kraji a okolí 10km, síťový model ArcČR 500

Příl. 6 Síť nejkratších a nejrychlejších cest mezi ORP na Vysočině a všemi zájmovými body v kraji, síťový model StreetNet

Příl. 7 Nejkratší a nejrychlejší trasy z ORP v kraji Vysočina na skládku, síťový model ArcČR 500

Příl. 8 Nejkratší a nejrychlejší trasy z ORP v kraji Vysočina na skládku, síťový model StreetNet

Příl. 9 Nejkratší a nejrychlejší trasy z ORP v kraji Vysočina do spalovny, síťový model ArcČR 500

Příl. 10 Nejkratší a nejrychlejší trasy z ORP v kraji Vysočina do spalovny, síťový model StreetNet

Příl. 11 Trasy mezi imaginární a skutečnou polohou zařízení, síťový model ArcČR 500

Příl. 12 Trasy mezi imaginární a skutečnou polohou zařízení, síťový model StreetNet

Příl. 13 Vzdálenosti mezi ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP, síťový model ArcČR 500 [km]

Příl. 14 Vzdálenosti mezi ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP, síťový model StreetNet [km]

Příl. 15 Doba jízdy mezi ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP, síťový model ArcČR 500 [min]

Příl. 16 Doba jízdy mezi ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP, síťový model StreetNet[min]

Příl. 17 Poměr výsledných časů pro síťové modely ArcČR ku StreetNet pro ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP

Příl. 18 Poměr výsledných vzdáleností pro síťové modely ArcČR ku StreetNet pro ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP

SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH

Příl. 1 Rozdělené bodové vrstvy zde požadavků (shp)

Příl. 2 Vytvořené vrstvy cest mezi zadanými body (shp)

Příl. 3 Vytvořené síťové modely včetně kontroly topologie (gdb)

Příl. 4 Výsledné tabulky (xlsx)

Příl. 5 Vytvořené mapy (pdf)

Data StreetNet nejsou z důvodu autorských práv přiložena v elektronické příloze.

PŘÍLOHY

Příl. 1 Příkazy použité při reklasifikaci silničních tříd

def Reclass (TRIDA):

if TRIDA >= 1 and TRIDA <= 2:

return 85

elif TRIDA == 3:

return 75

elif TRIDA == 4:

return 55

else:

return 30

def reclass(x):

if x in ["motorway", "motorway_link", "trunk", "trunk_link"]:

return 85

elif x in ["primary", "primary_link"]:

return 75

elif x in ["secondary", "secondary_link"]:

return 55

elif x in ["tertiary", "tertiary_link", "highway"]:

return 40

elif x in ["crossing"]:

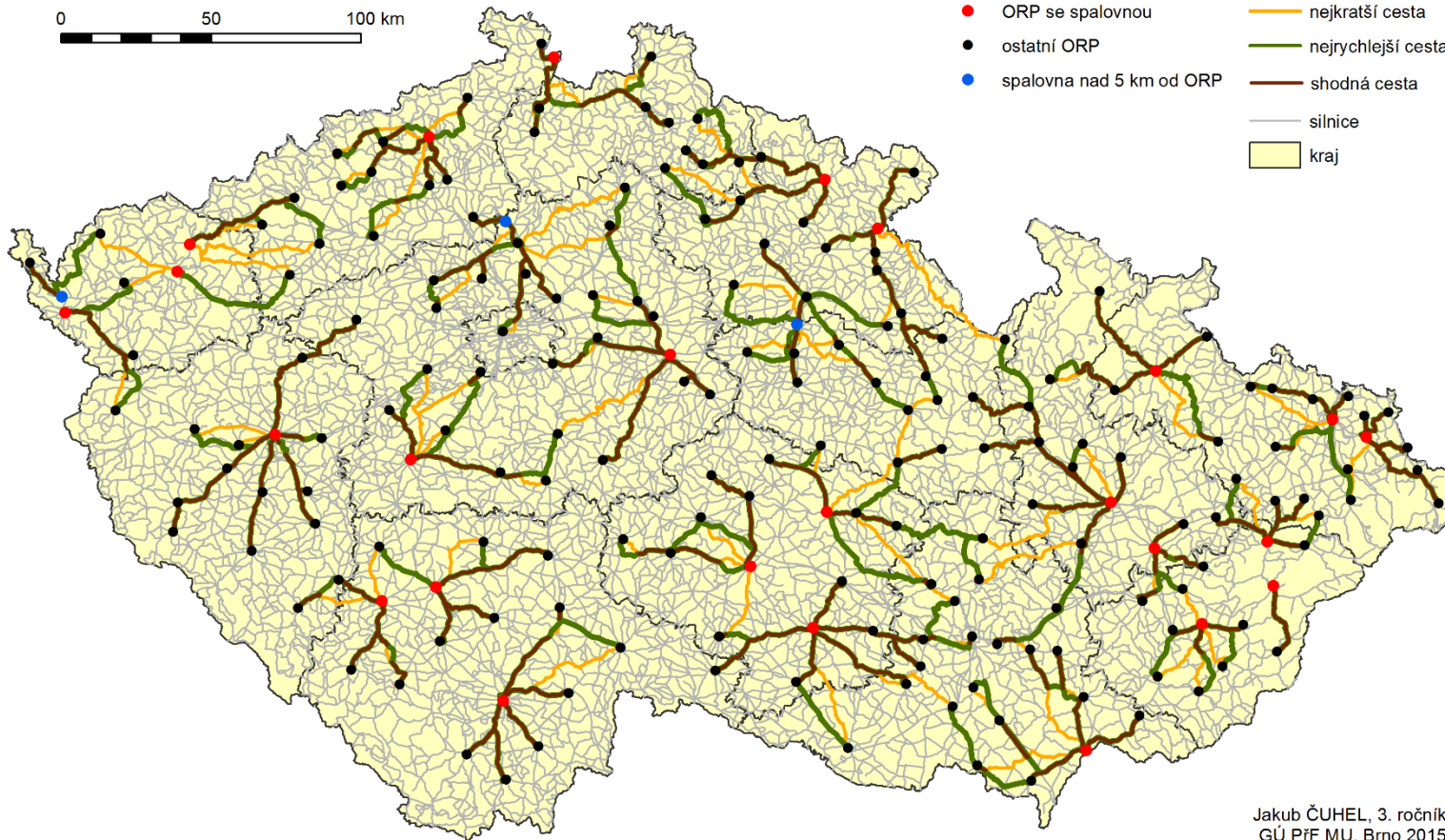
return 20

else:

return 0

reclass(!type!)

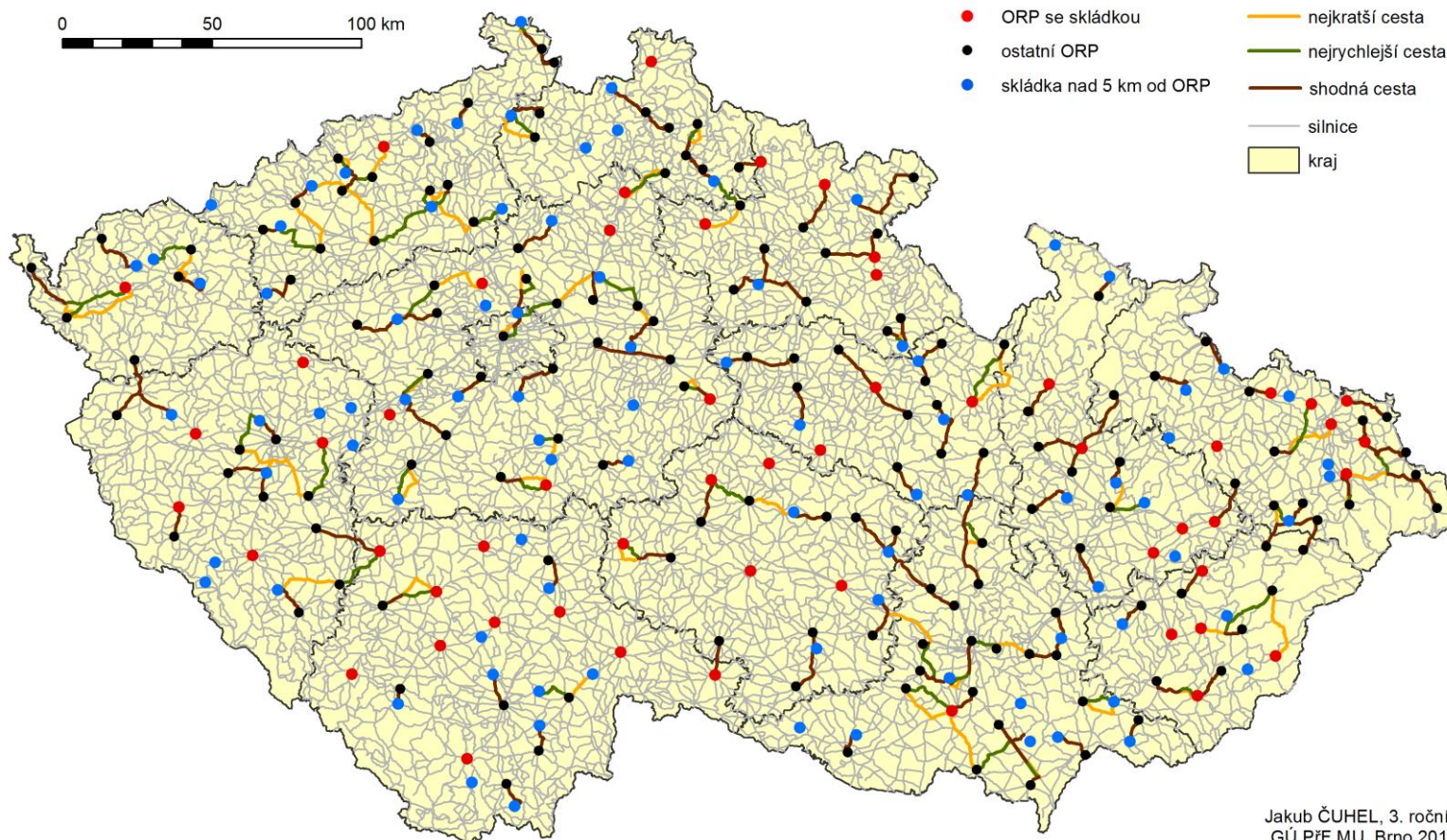
NEJRYCHLEJŠÍ A NEJKRATŠÍ CESTY Z ORP DO SPALOVEN V ČR



Zdroj dat: Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
GÚ PŘF MU, Brno 2015
Souřadnicový systém: S-JTSK
Síťový model: ArcČR 500

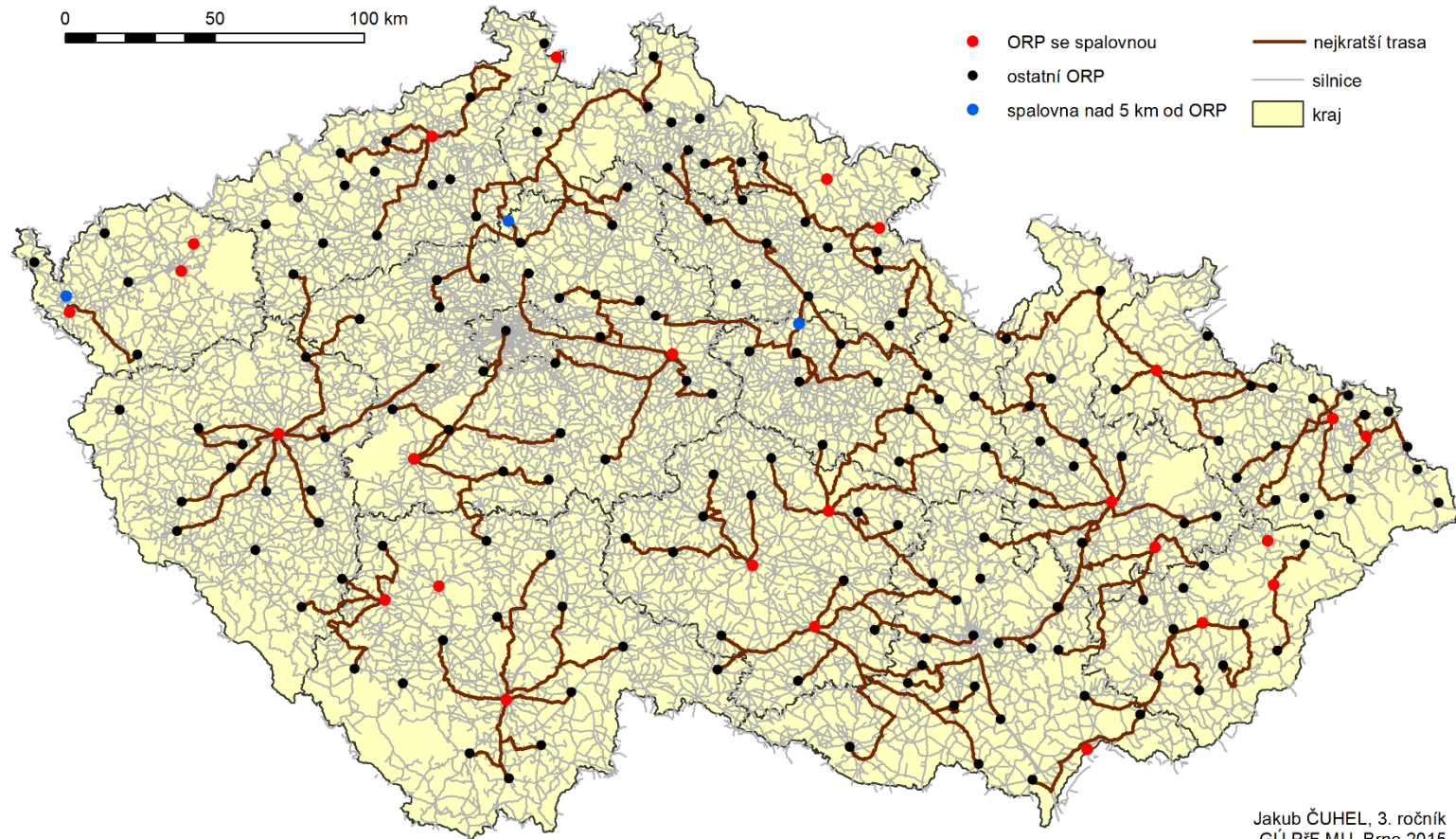
NEJRYCHLEJŠÍ A NEJKRATŠÍ CESTY Z ORP NA SKLÁDKY V ČR



Zdroj dat: Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
GÚ PŘF MU, Brno 2015
Souřadnicový systém: S-JTSK
Síťový model: ArcČR 500

NEJKRATŠÍ TRASY Z ORP DO SPALOVEN V ČR (OpenStreetMap)



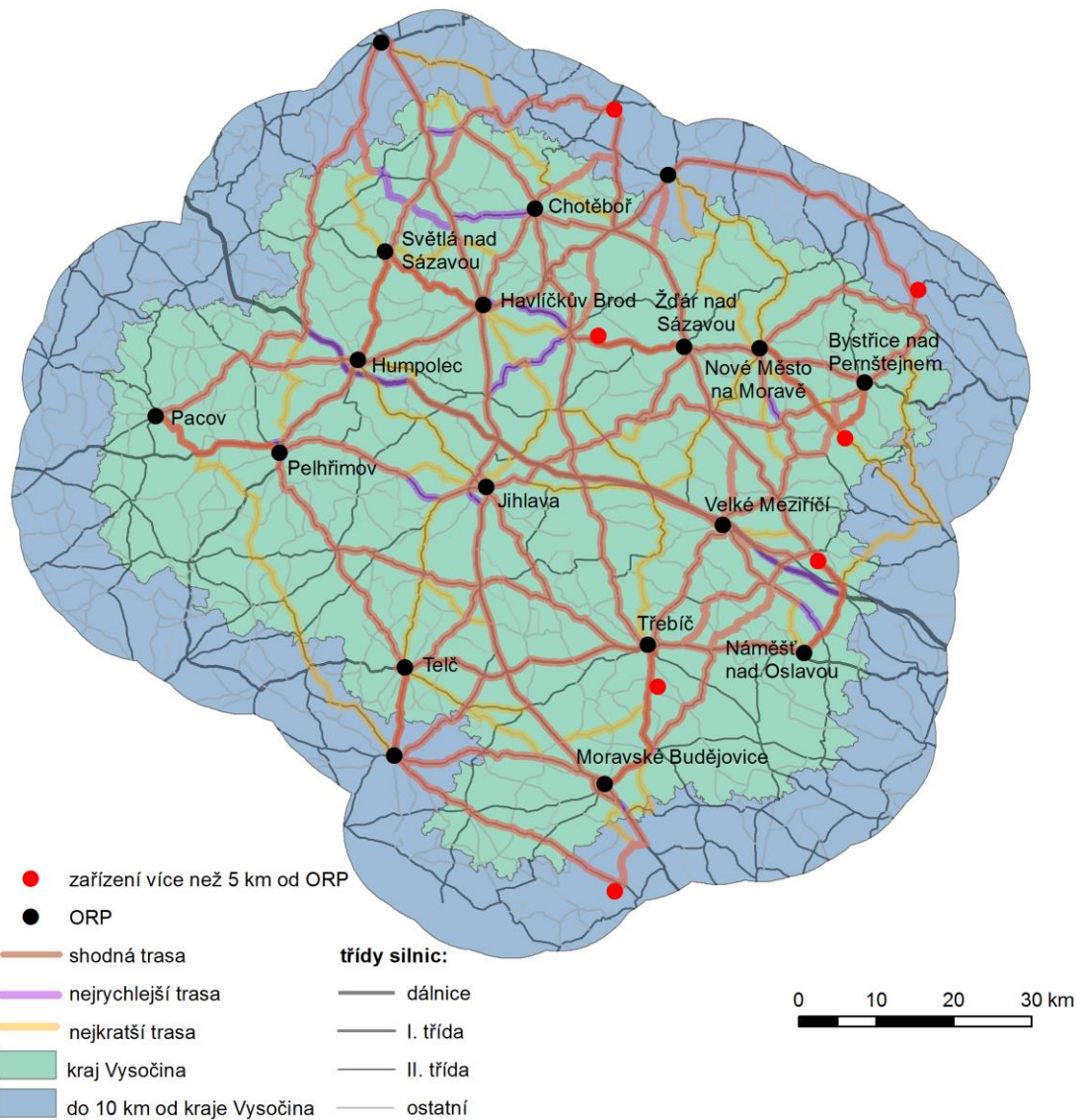
Zdroj dat: Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT, OpenStreet Maps a jeho přispěvatelé

Jakub ČUHEL, 3. ročník
GÚ PřF MU, Brno 2015
Souřadnicový systém: S-JTSK
Síťový model: OSM

Příl. 4 Nejkratší trasy z ORP do spaloven v ČR, síťový model OpenStreet Map

SÍŤ NEJKRATŠÍCH A NEJRYCHLEJŠÍCH CEST

mezi ORP na Vysočině a všemi zájmovými body v kraji a okolí 10 km



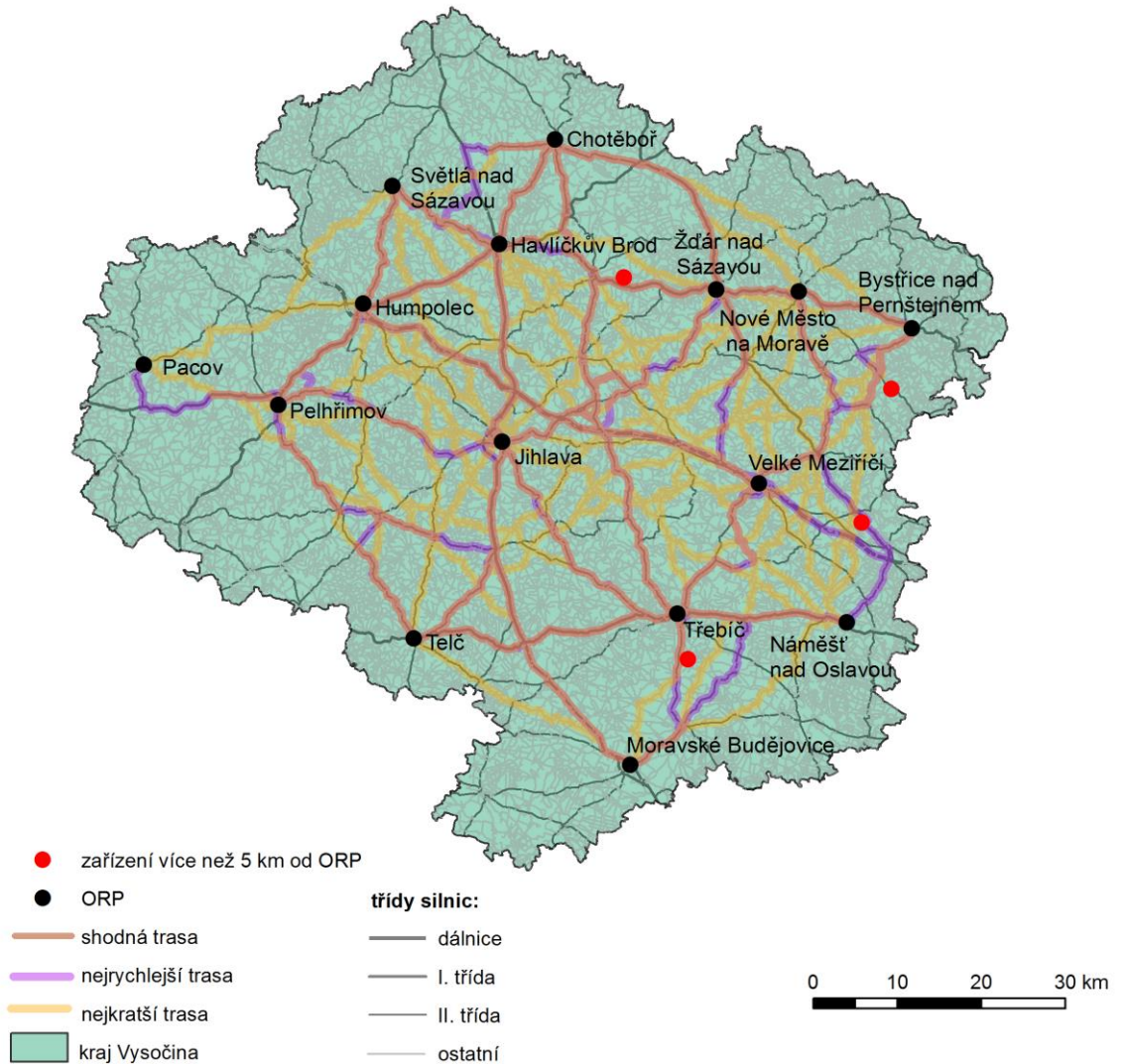
Zdroj dat: Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
GÚ PřF MU, Brno 2015
Souřadnicový systém: S-JTSK
Síťový model: ArcČR 500

Příl. 5 Síť nejkratších a nejrychlejších cest mezi ORP na Vysočině a všemi zájmovými body v kraji a okolí 10km, síťový model ArcČR 500

SÍŤ NEJKRATŠÍCH A NEJRYCHLEJŠÍCH CEST

mezi ORP na Vysočině a všemi zájmovými body v kraji

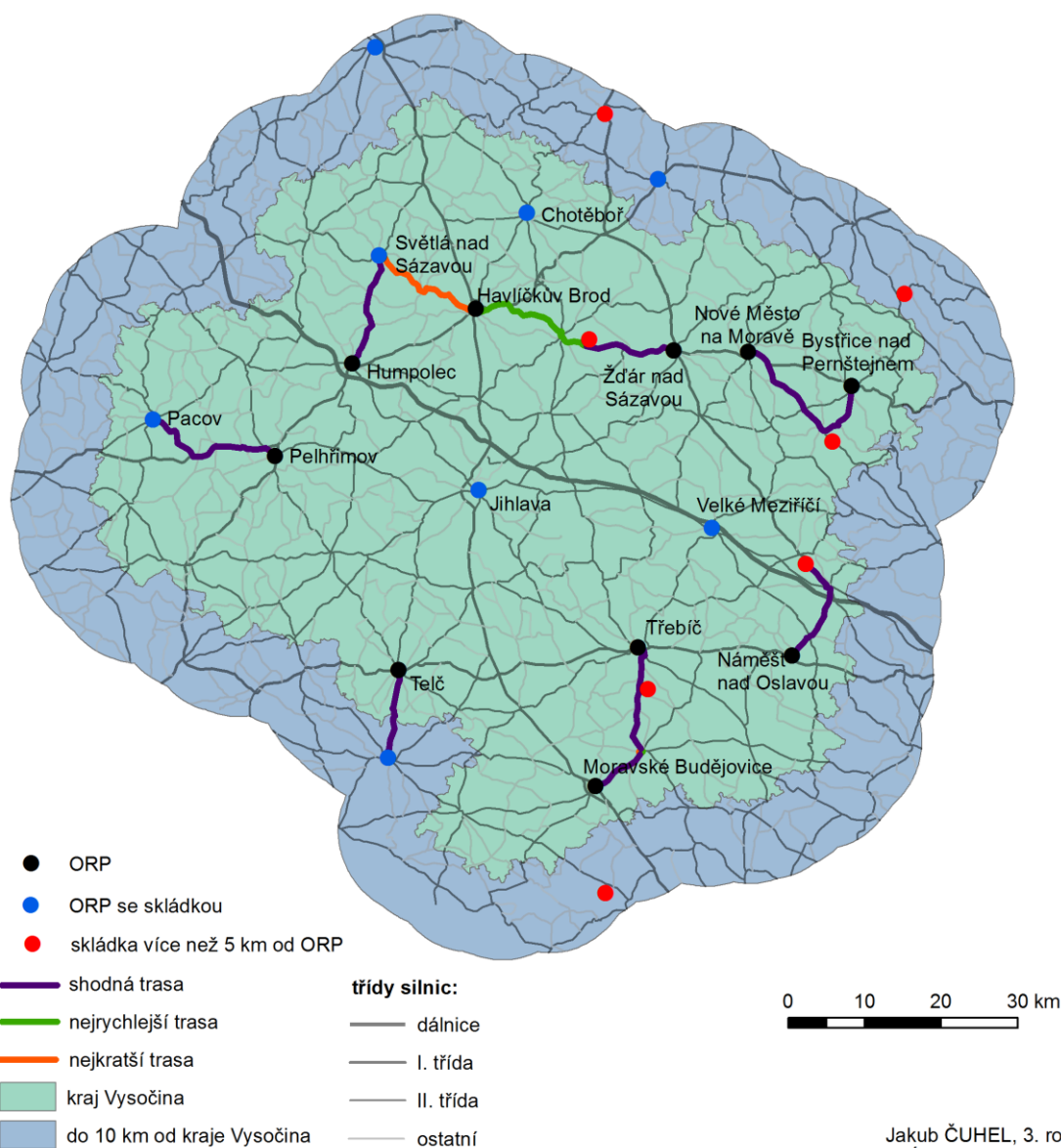


Zdroj dat: StreetNet CZE 1411, Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
GÚ PřF MU, Brno 2015
Souřadnicový systém: S-JTSK
Síťový model: StreetNet

Příl. 6 Síť nejkratších a nejrychlejších cest mezi ORP na Vysočině a všemi zájmovými body v kraji, síťový model StreetNet

NEJKRATŠÍ A NEJRYCHLEJŠÍ TRASY Z ORP V KRAJI VYSOČINA NA SKLÁDKU

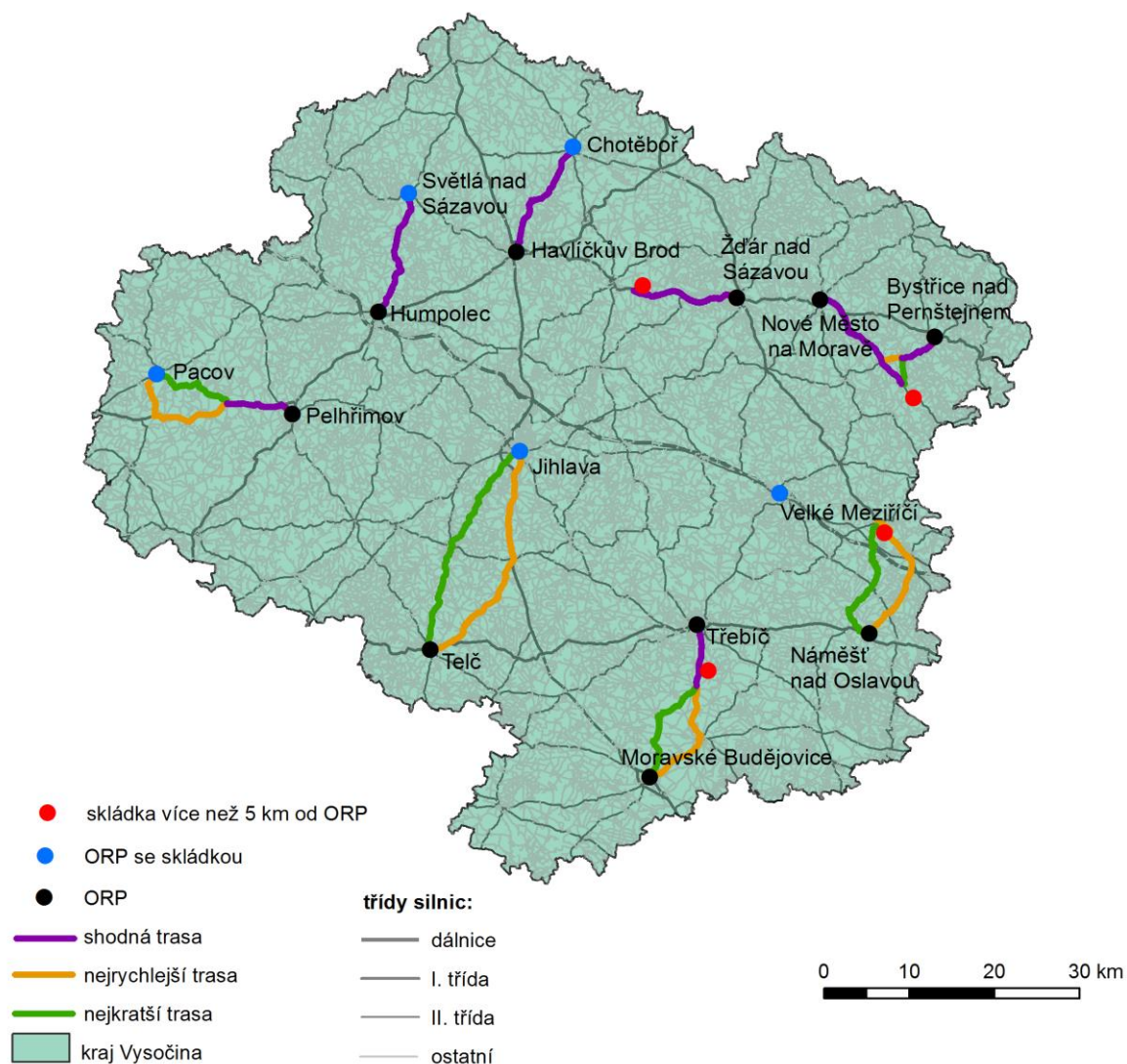


Zdroj dat: Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
 GÚ PřF MU, Brno 2015
 Souřadnicový systém: S-JTSK
 Síťový model: ArcČR

Příl. 7 Nejkratší a nejrychlejší trasy z ORP v kraji Vysočina na skládku, síťový model ArcČR 500

NEJKRATŠÍ A NEJRYCHLEJŠÍ TRASY Z ORP V KRAJI VYSOČINA NA SKLÁDKU

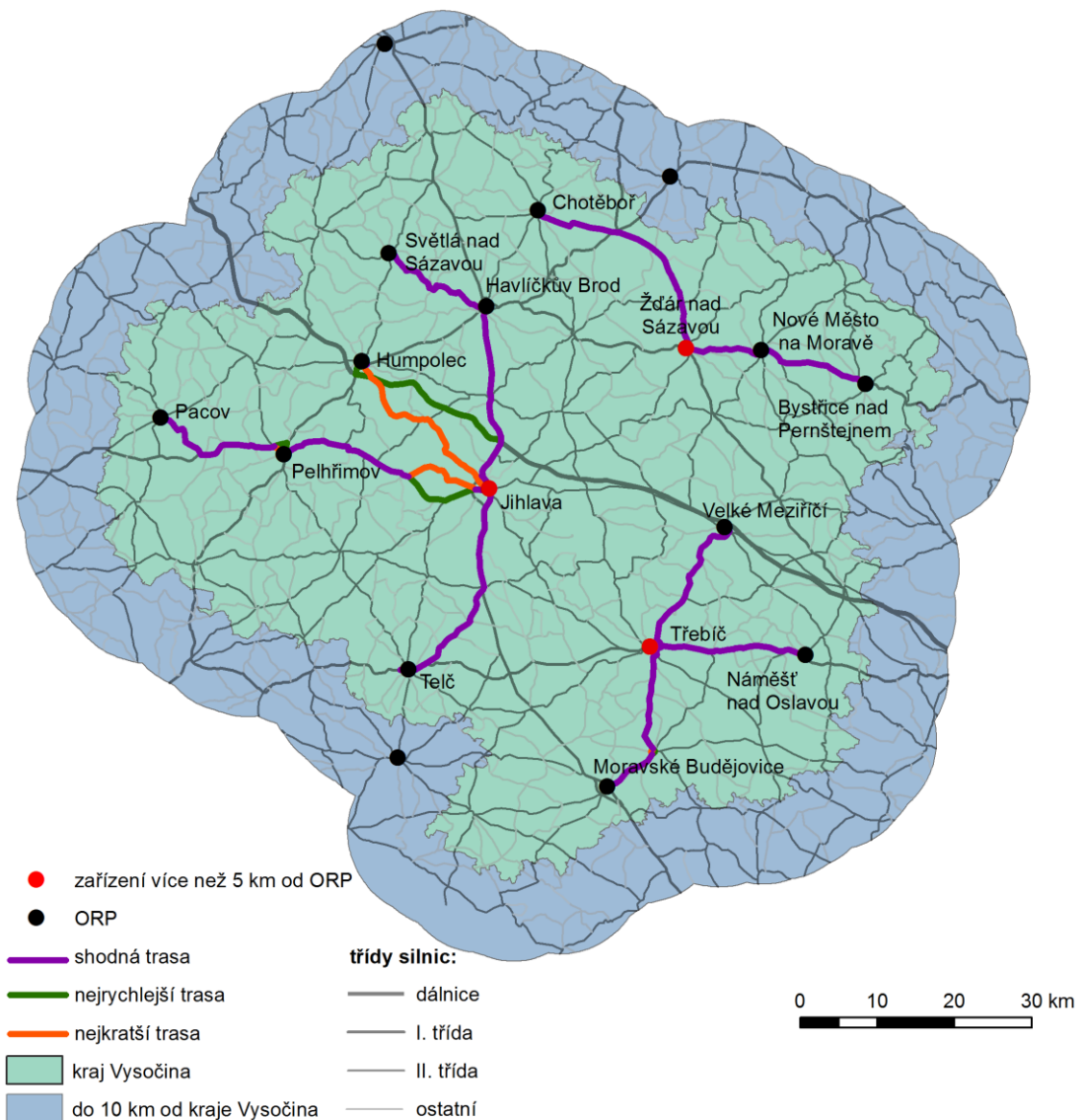


Zdroj dat: StreetNet CZE 1411, Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
 GÚ PŘF MU, Brno 2015
 Souřadnicový systém: S-JTSK
 Síťový model: StreetNet

Příl. 8 Nejkratší a nejrychlejší trasy z ORP v kraji Vysočina na skládku, síťový model StreetNet

NEJKRATŠÍ A NEJRYCHLEJŠÍ TRASY Z ORP V KRAJI VYSOČINA DO SPALOVNY

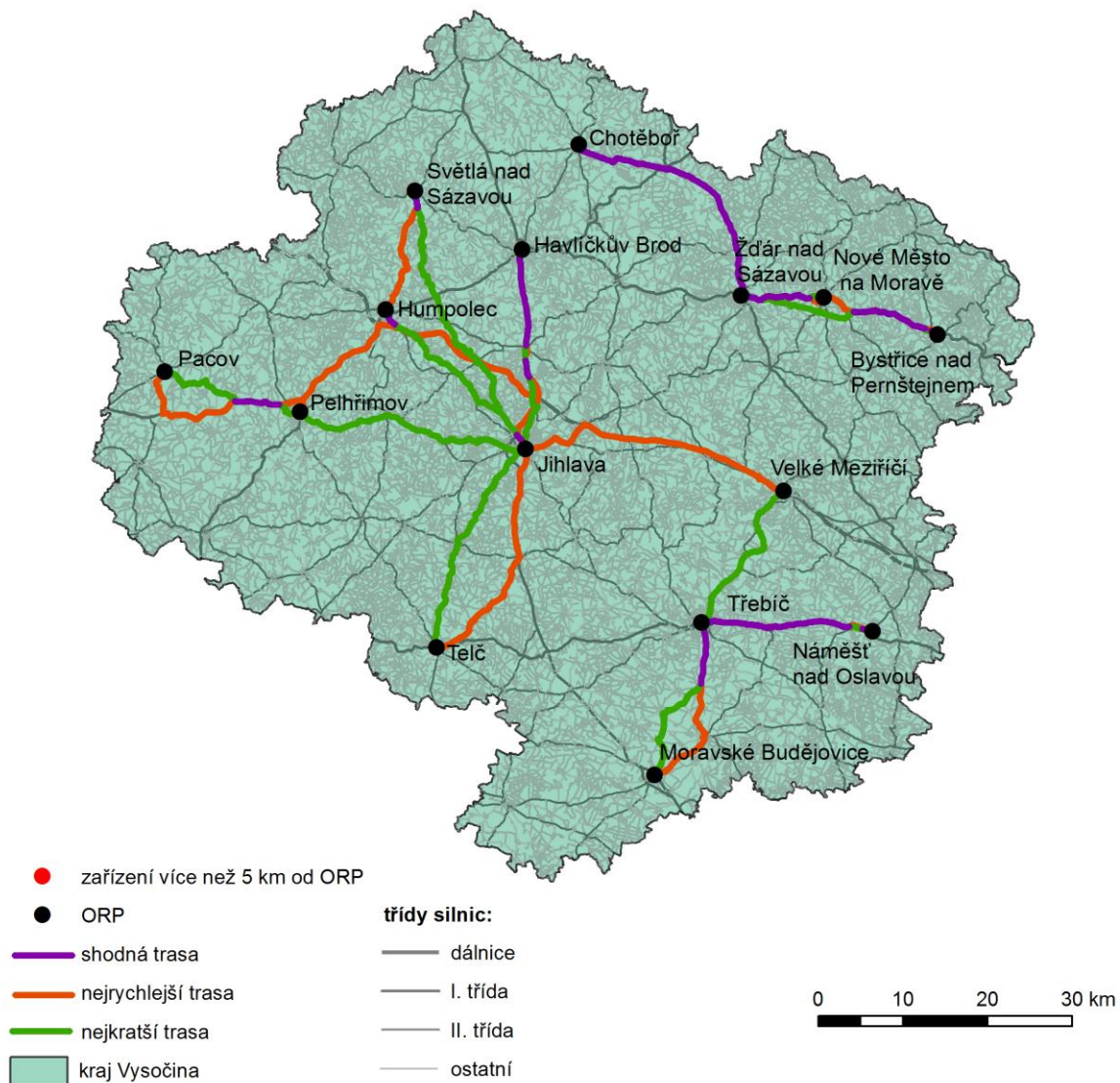


Zdroj dat: Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
GÚ PřF MU, Brno 2015
Souřadnicový systém: S-JTSK
Síťový model: ArcČR 500

Příl. 9 Nejkratší a nejrychlejší trasy z ORP v kraji Vysočina do spalovny, síťový model ArcČR 500

NEJKRATŠÍ A NEJRYCHLEJŠÍ TRASY Z ORP V KRAJI VYSOČINA DO SPALOVNY

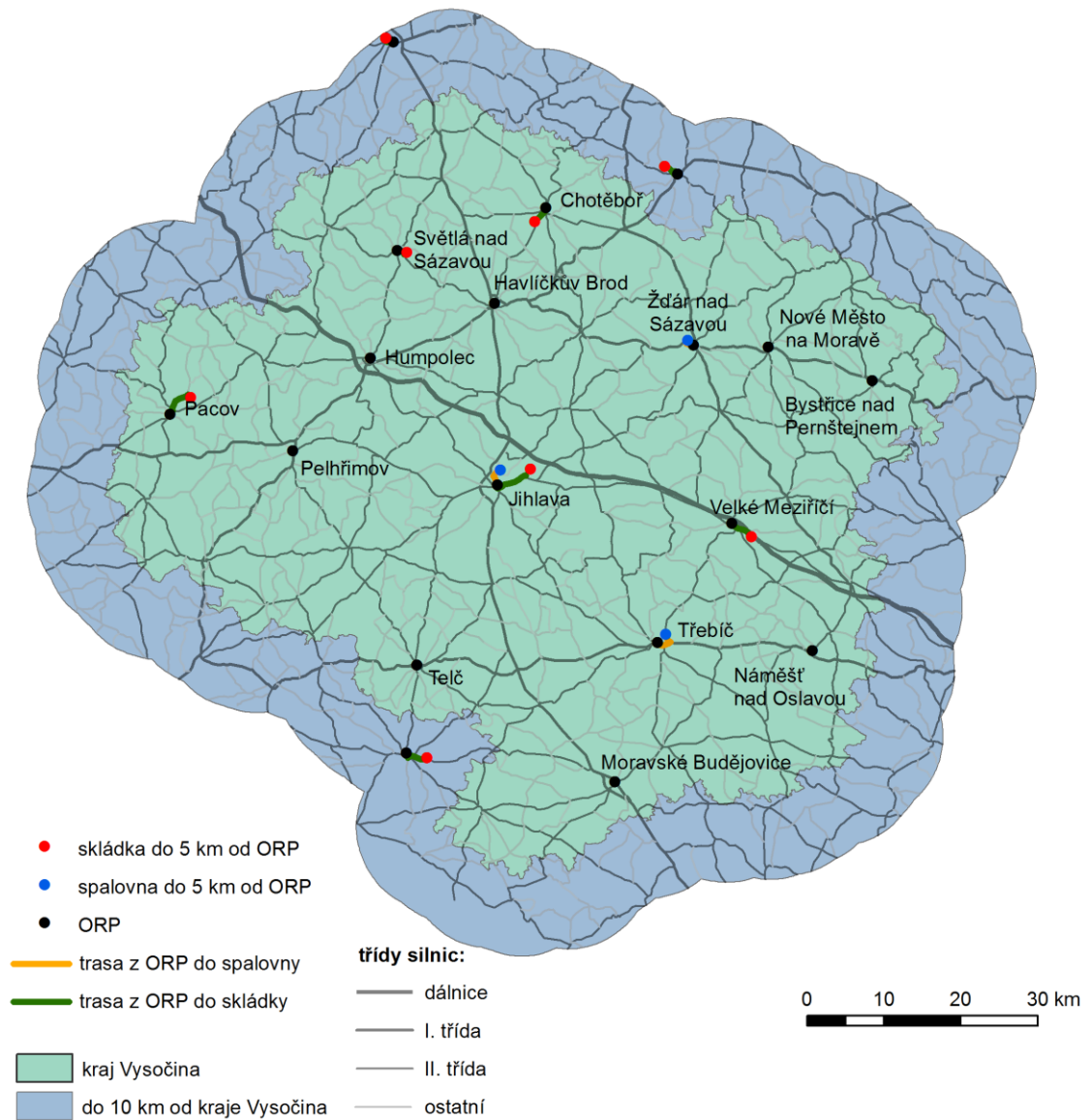


Zdroj dat: StreetNet CZE 1411, Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
GÚ PŘF MU, Brno 2015
Souřadnicový systém: S-JTSK
Síťový model: StreetNet

Příl. 10 Nejkratší a nejrychlejší trasy z ORP v kraji Vysočina do spalovny, síťový model StreetNet

TRASY MEZI IMAGINÁRNÍ A SKUTEČNOU POLOHOU ZAŘÍZENÍ

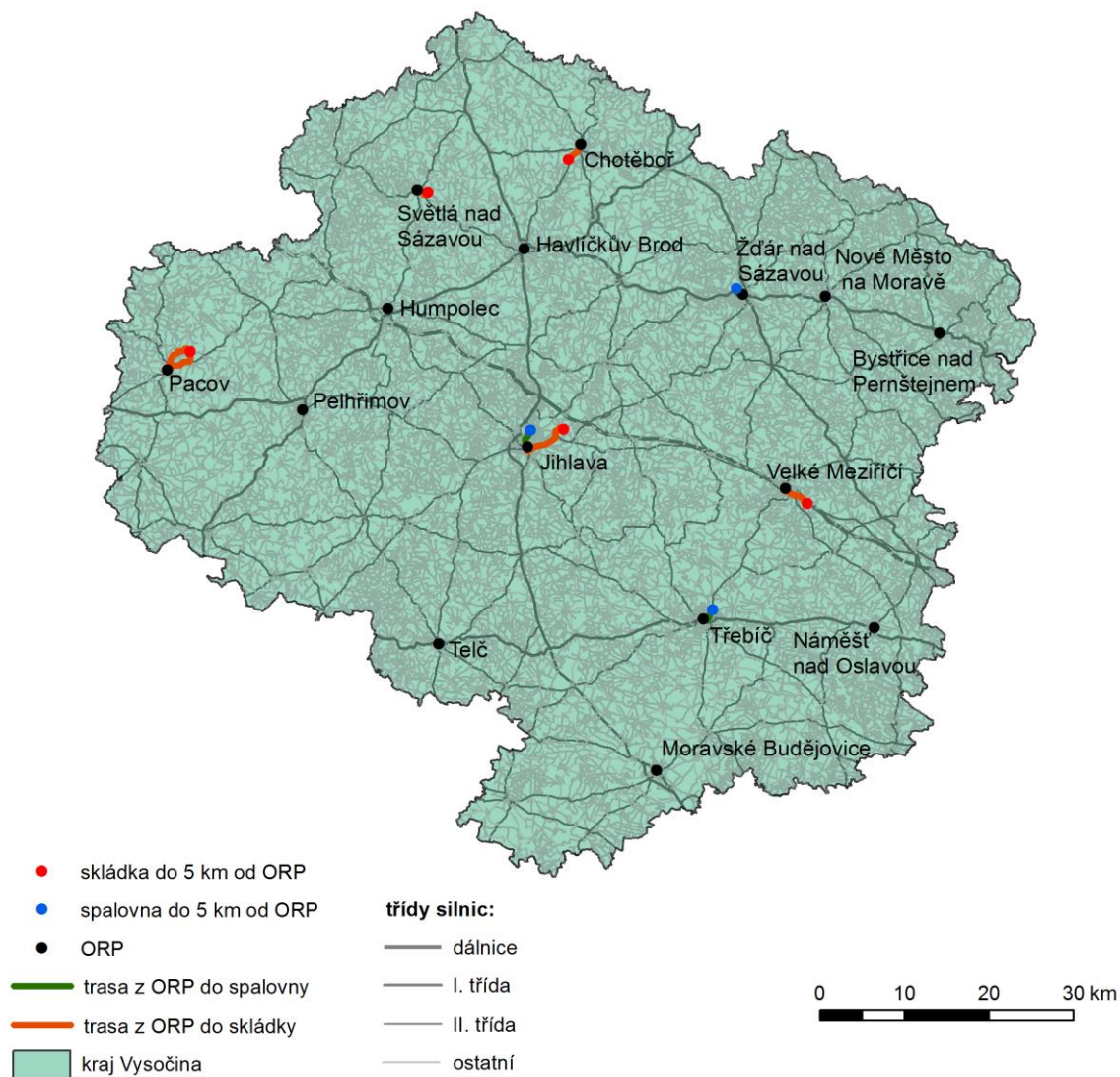


Zdroj dat: Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
 GÚ PŘF MU, Brno 2015
 Souřadnicový systém: S-JTSK
 Síťový model: ArcČR 500

Příl. 10 Trasy mezi imaginární a skutečnou polohou zařízení, síťový model ArcČR 500

TRASY MEZI IMAGINÁRNÍ A SKUTEČNOU POLOHOU ZAŘÍZENÍ



Zdroj dat: StreetNet CZE 1411, Arc ČR 500 3.2, UPEI FSI VUT

Jakub ČUHEL, 3. ročník
 GÚ PřF MU, Brno 2015
 Souřadnicový systém: S-JTSK
 Síťový model: StreetNet

Příl. 11 Trasy mezi imaginární a skutečnou polohou zařízení, síťový model StreetNet

Příl. 12 Vzdálenosti mezi ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP, síťový model ArcČR 500 [km]

ID	Název	By	HB	Hu	Ch	Ji	MB	NO	NM	Pa	Pe	SS	Te	Tř	VM	ZR
6101	Bystřice nad Pernštejnem		54,6	72,5	56,2	60,0	75,2	48,7	14,7	103,9	88,9	70,9	89,6	53,9	31,1	25,4
6102	Havlíčkův Brod	54,6		18,5	17,3	25,1	70,4	69,1	40,2	49,9	34,9	16,9	54,6	53,7	46,5	29,3
6103	Humpolec	72,5	18,5		34,8	27,0	71,7	78,1	58,1	31,4	17,8	16,0	54,3	59,4	55,6	47,2
6104	Chotěboř	56,2	17,3	34,8		41,4	86,7	79,9	41,7	66,2	51,2	26,1	70,9	64,7	57,4	30,8
6105	Jihlava	60,0	25,1	27,0	41,4		45,3	54,3	46,8	50,2	30,5	41,0	30,9	33,0	33,1	36,8
6106	Moravské Budějovice	75,2	70,4	71,7	86,7	45,3		38,0	73,8	87,4	67,6	86,3	34,5	23,0	44,1	70,7
6107	Náměšť nad Oslavou	48,7	69,1	78,1	79,9	54,3	38,0		47,9	102,9	83,1	85,3	57,0	21,3	22,5	49,1
6108	Nové Město na Moravě	14,7	40,2	58,1	41,7	46,8	73,8	47,9		89,5	74,5	56,5	77,0	52,5	29,7	10,9
6109	Pacov	103,9	49,9	31,4	66,2	50,2	87,4	102,9	89,5		20,0	46,5	56,9	81,6	82,7	78,5
6110	Pelhřimov	88,9	34,9	17,8	51,2	30,5	67,6	83,1	74,5	20,0		32,9	37,1	61,8	63,0	63,5
6111	Světlá nad Sázavou	70,9	16,9	16,0	26,1	41,0	86,3	85,3	56,5	46,5	32,9		69,4	70,0	62,8	45,5
6112	Telč	89,6	54,6	54,3	70,9	30,9	34,5	57,0	77,0	56,9	37,1	69,4		35,7	58,5	67,0
6113	Třebíč	53,9	53,7	59,4	64,7	33,0	23,0	21,3	52,5	81,6	61,8	70,0	35,7		22,8	49,2
6114	Velké Meziříčí	31,1	46,5	55,6	57,4	33,1	44,1	22,5	29,7	82,7	63,0	62,8	58,5	22,8		26,6
6115	Žďár nad Sázavou	25,4	29,3	47,2	30,8	36,8	70,7	49,1	10,9	78,5	63,5	45,5	67,0	49,2	26,6	
100	ESKO-T s.r.o.	58,9	60,4	66,2	71,4	39,7	16,3	26,3	57,5	88,4	68,5	76,7	42,0	6,7	27,8	54,4
102	Technické služby Velká Bíteš spol. s r.o.	33,2	61,6	70,6	65,5	48,2	48,2	15,5	32,5	97,8	78,1	77,8	66,4	30,7	15,0	34,7
95	DIAMO, státní podnik	8,7	53,8	71,6	55,3	55,4	73,0	46,5	14,3	103,0	85,3	70,0	85,6	51,7	28,9	24,5
94	Město Přibyslav	37,6	17,0	34,9	22,5	29,5	71,5	61,4	23,2	66,2	51,2	33,3	60,3	48,5	38,9	12,3

Příl. 13 Vzdálenosti mezi ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP, síťový model StreetNet [km]

ID	Název	By	HB	Hu	Ch	Ji	MB	NO	NM	Pa	Pe	SS	Te	Tř	VM	ZR
6101	Bystřice nad Pernštejnem		55,9	74,8	53,5	60,7	75,3	47,3	15,4	107,5	89,9	72,3	83,7	53,7	32,8	25,7
6102	Havlíčkův Brod	56,0		19,6	16,2	25,9	71,6	70,9	40,8	52,2	36,0	16,5	54,2	55,7	48,0	30,3
6103	Humpolec	74,8	19,5		34,9	25,9	71,5	78,4	59,6	33,1	17,4	16,5	47,0	59,9	55,7	49,1
6104	Chotěboř	53,7	16,2	35,1		41,4	87,1	81,1	38,8	67,8	51,5	27,6	69,8	66,9	57,9	31,1
6105	Jihlava	61,0	25,8	26,0	41,2		45,7	54,5	47,5	50,3	31,1	38,8	29,0	34,0	34,2	38,3
6106	Moravské Budějovice	75,4	71,5	71,6	86,9	45,6		37,6	72,3	85,9	66,8	84,4	33,2	22,5	45,1	70,0
6107	Náměšť nad Oslavou	47,7	70,9	77,8	80,9	54,3	37,6		48,9	101,5	82,3	87,1	55,7	21,1	24,1	51,1
6108	Nové Město na Moravě	15,5	40,8	59,7	38,9	47,3	72,3	48,8		92,4	75,3	57,2	72,6	50,3	28,9	10,6
6109	Pacov	107,6	52,3	32,8	67,7	50,0	85,9	101,6	92,3		19,4	47,3	55,5	80,7	83,9	81,9
6110	Pelhřimov	90,1	36,2	17,5	51,6	30,9	66,9	82,5	75,3	19,5		33,8	36,9	61,6	64,8	64,9
6111	Světlá nad Sázavou	72,6	16,6	16,5	27,7	38,8	84,5	87,1	57,4	47,3	33,7		63,0	71,4	64,2	46,9
6112	Telč	83,5	54,4	47,0	69,8	28,8	33,4	55,8	72,6	55,5	36,8	63,0		34,9	54,5	64,0
6113	Třebíč	54,1	55,4	59,7	66,5	33,8	22,5	21,3	50,5	80,5	61,2	71,1	34,7		23,3	48,2
6114	Velké Meziříčí	32,3	47,2	54,7	56,9	33,3	44,3	24,3	28,2	83,1	63,9	63,4	53,9	22,3		27,4
6115	Žďár nad Sázavou	25,9	30,3	49,3	31,1	38,1	70,0	51,1	10,7	81,9	64,9	46,8	64,0	47,9	28,1	
100	ESKO-T s.r.o.	59,6	61,3	64,5	72,4	38,6	16,3	24,9	56,0	85,0	65,8	77,0	37,0	6,2	28,8	53,7
102	Technické služby Velká Bíteš spol. s r.o.	29,8	60,3	67,5	64,5	46,4	47,7	17,9	31,2	96,2	77,0	76,5	63,8	29,2	13,4	33,5
95	DIAMO, státní podnik	9,1	54,4	72,4	53,7	52,8	66,7	38,6	15,2	102,7	83,5	70,9	75,7	45,0	24,2	24,2
94	Město Přebyslav	39,1	17,2	35,9	22,2	28,7	69,2	60,3	23,8	68,6	51,5	33,6	57,1	48,2	37,1	13,4

Příl. 14 Doba jízdy mezi ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP, síťový model ArcČR 500 [min]

ID	Název	By	HB	Hu	Ch	Ji	MB	NO	NM	Pa	Pe	SS	Te	Tř	VM	ZR
6101	Bystřice nad Pernštejnem		48	65	50	58	77	48	13	95	78	65	86	55	33	22
6102	Havlíčkův Brod	48		17	17	23	61	63	35	47	30	17	51	50	42	26
6103	Humpolec	65	17		33	28	66	67	52	32	17	16	53	54	47	43
6104	Chotěboř	50	17	33		39	77	72	37	63	46	29	66	64	55	28
6105	Jihlava	58	23	28	39		39	51	46	52	31	39	29	33	31	37
6106	Moravské Budějovice	77	61	66	77	39		36	75	85	65	77	32	23	44	71
6107	Náměšť nad Oslavou	48	63	67	72	51	36		46	95	77	78	49	18	24	44
6108	Nové Město na Moravě	13	35	52	37	46	75	46		83	66	52	73	53	31	9
6109	Pacov	95	47	32	63	52	85	95	83		22	47	58	82	75	73
6110	Pelhřimov	78	30	17	46	31	65	77	66	22		32	37	61	57	56
6111	Světlá nad Sázavou	65	17	16	29	39	77	78	52	47	32		66	65	58	43
6112	Telč	86	51	53	66	29	32	49	73	58	37	66		31	53	65
6113	Třebíč	55	50	54	64	33	23	18	53	82	61	65	31		23	49
6114	Velké Meziříčí	33	42	47	55	31	44	24	31	75	57	58	53	23		27
6115	Žďár nad Sázavou	22	26	43	28	37	71	44	9	73	56	43	65	49	27	
100	ESKO-T s.r.o.	60	56	61	71	39	16	23	59	88	68	72	37	7	28	54
102	Technické služby Velká Bíteš spol. s r.o.	33	52	57	58	41	51	15	31	85	67	68	62	31	15	30
95	DIAMO, státní podnik	10	49	66	51	56	73	44	14	96	79	66	82	51	29	23
94	Město Přibyslav	32	15	32	22	32	70	55	20	63	46	32	59	48	37	11

Příl. 15 Doba jízdy mezi ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP, síťový model StreetNet [min]

ID	Název	By	HB	Hu	Ch	Ji	MB	NO	NM	Pa	Pe	SS	Te	Tř	VM	ZR
6101	Bystřice nad Pernštejnem		76	99	75	86	116	76	20	134	110	103	125	90	53	33
6102	Havlíčkův Brod	77		27	24	29	84	73	57	67	43	27	69	70	51	44
6103	Humpolec	99	27		49	30	86	74	79	42	19	23	70	70	51	68
6104	Chotěboř	75	24	49		51	106	95	56	89	65	48	91	92	73	43
6105	Jihlava	86	29	30	51		57	62	67	65	41	52	42	49	39	55
6106	Moravské Budějovice	117	85	85	106	57		49	110	117	89	108	44	28	66	100
6107	Náměšť nad Oslavou	76	74	72	95	61	49		69	108	84	95	74	28	35	66
6108	Nové Město na Moravě	20	57	80	56	67	110	69		115	91	84	106	83	46	14
6109	Pacov	134	67	43	89	65	117	109	115		30	65	86	105	86	103
6110	Pelhřimov	110	43	19	65	41	89	85	90	30		41	58	81	62	79
6111	Světlá nad Sázavou	103	27	23	48	52	107	96	84	65	41		92	93	74	71
6112	Telč	125	69	70	91	41	44	73	106	86	58	92		47	78	94
6113	Třebíč	91	71	70	92	48	28	28	84	105	81	92	46		40	73
6114	Velké Meziříčí	52	50	48	71	37	66	35	45	84	60	71	76	39		40
6115	Žďár nad Sázavou	33	44	68	43	55	100	67	14	103	79	71	94	74	42	
100	ESKO-T s.r.o.	98	79	78	100	56	19	35	91	113	89	100	54	9	47	81
102	Technické služby Velká Bíteš spol. s r.o.	51	58	57	80	46	67	26	43	92	68	79	85	41	20	44
95	DIAMO, státní podnik	18	76	82	75	71	100	59	20	118	94	103	110	73	37	33
94	Město Přibyslav	51	25	52	35	43	90	78	32	89	65	52	82	64	55	19

Příl. 16 Poměr výsledných časů pro síťové modely ArcČR ku StreetNet pro ORP na Vysočině a body více než 5 km od ORP

ID	Název	By	HB	Hu	Ch	Ji	MB	NO	NM	Pa	Pe	SS	Te	Tř	VM	ZR	průměr
6101	Bystřice nad Pernštejnem		0,62	0,66	0,67	0,67	0,66	0,63	0,65	0,71	0,71	0,63	0,69	0,61	0,61	0,67	0,66
6102	Havlíčkův Brod	0,62		0,62	0,71	0,80	0,72	0,86	0,61	0,71	0,70	0,63	0,73	0,71	0,83	0,59	0,70
6103	Humpolec	0,65	0,62		0,67	0,91	0,77	0,91	0,66	0,75	0,91	0,71	0,75	0,77	0,92	0,63	0,76
6104	Chotěboř	0,66	0,71	0,67		0,77	0,73	0,76	0,67	0,71	0,71	0,60	0,73	0,70	0,75	0,65	0,70
6105	Jihlava	0,67	0,79	0,93	0,77		0,69	0,82	0,68	0,79	0,76	0,75	0,70	0,67	0,79	0,67	0,75
6106	Moravské Budějovice	0,65	0,72	0,77	0,72	0,70		0,74	0,68	0,73	0,73	0,71	0,71	0,83	0,67	0,71	0,72
6107	Náměšť nad Oslavou	0,63	0,85	0,93	0,76	0,83	0,74		0,67	0,88	0,92	0,83	0,67	0,66	0,68	0,67	0,77
6108	Nové Město na Moravě	0,64	0,61	0,66	0,67	0,68	0,68	0,67		0,72	0,72	0,62	0,69	0,64	0,67	0,68	0,67
6109	Pacov	0,71	0,70	0,74	0,71	0,79	0,72	0,87	0,72		0,72	0,71	0,67	0,78	0,87	0,71	0,74
6110	Pelhřimov	0,71	0,70	0,90	0,71	0,77	0,73	0,91	0,73	0,72		0,77	0,64	0,76	0,91	0,71	0,76
6111	Světlá nad Sázavou	0,62	0,63	0,71	0,60	0,75	0,72	0,82	0,62	0,71	0,77		0,72	0,70	0,79	0,60	0,70
6112	Telč	0,69	0,73	0,75	0,73	0,70	0,71	0,67	0,69	0,67	0,64	0,72		0,66	0,68	0,69	0,70
6113	Třebíč	0,60	0,70	0,78	0,70	0,68	0,82	0,65	0,64	0,78	0,76	0,71	0,66		0,56	0,67	0,69
6114	Velké Meziříčí	0,62	0,85	0,97	0,77	0,84	0,67	0,69	0,69	0,89	0,95	0,82	0,70	0,57		0,67	0,76
6115	Žďár nad Sázavou	0,66	0,59	0,63	0,65	0,67	0,71	0,66	0,68	0,71	0,71	0,60	0,69	0,67	0,64		0,66
100	ESKO-T s.r.o.	0,61	0,71	0,78	0,71	0,71	0,86	0,68	0,64	0,78	0,77	0,72	0,69	0,76	0,59	0,67	0,76
102	Technické služby Velká Bíteš spol. s r.o.	0,65	0,90	1,00	0,72	0,91	0,75	0,57	0,72	0,92	0,98	0,86	0,73	0,77	0,74	0,68	0,85
95	DIAMO, státní podnik	0,55	0,64	0,80	0,68	0,78	0,73	0,74	0,70	0,82	0,84	0,64	0,75	0,70	0,79	0,70	0,78
94	Město Přibyslav	0,63	0,61	0,61	0,62	0,75	0,77	0,71	0,62	0,70	0,70	0,62	0,73	0,75	0,67	0,56	0,72
																	0,73

