

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Diplomová práce

Návrh umístění čerpací stanice

Bc. Olga Čulipa

© 2020 ČZU v Praze

© 2020 ČZU v Praze
ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Olga Čulipa

Kvantitativní metody v ekonomice

Systémové inženýrství

Název práce

Návrh umístění čerpací stanice

Název anglicky

Location recommendation for petrol filling station

Cíle práce

Cílem diplomové práce je navrhnout umístění nové pobočky čerpací stanice pro firmu Medos/Ina s.r.o., která zajišťuje prodej a distribuci pohonných hmot. Společnost provozuje devět čerpacích stanic na území České republiky a plánuje rozšířit svoji síť o další pobočku.

Metodika

Výběr lokace pro novou čerpací stanici bude proveden v detailu jednotlivých obcí ČR. Doporučením bude daná obec jako celek. Uvažovanou množinou řešení jsou všechny obce nad 3.500 obyvatel z vybraných okresů ČR nebo obce, v nichž se nachází některá ze stávajících čerpacích stanic Medos – celkem 205 obcí.

Jsou použity tyto požadavky:

1. Maximalizace počtu zákazníků nové čerpací stanice na základě zjednodušeného modelu (každý obyvatel tankuje nejbližší svému bydlišti, měřeno vzdušnou čarou mezi středem obce bydliště a obce, v jejímž katastru se nachází čerpací stanice), s využitím databáze všech obcí (s jejich polohou a počtem obyvatel) a všech veřejných čerpacích stanic.
2. Maximalizace velikosti vhodně definovaného „přiblížení se“ sítě čerpacích stanic Medos obyvatelům 205 vybraných obcí ČR (měřeno silniční vzdáleností k nejbližší čerpací stanici Medos).
3. Minimalizace součtu silničních vzdáleností nové čerpací stanice od stávajících devíti čerpacích stanic společnosti Medos (pro udržení kompaktnosti sítě).

Zpracování dat a všechny výpočty vztahující se k řešení lokační a vícekritériální úlohy budou provedeny v programu Microsoft SQL Server Management Studio.

Doporučený rozsah práce

60-70

Klíčová slova

lokační problém, SQL, vícekriteriální rozhodování

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan, ŠUBRT, Tomáš. Modely pro vícekriteriální rozhodování. První vydání.

Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2009. ISBN 80-213-1019-3.

DREZNER, Zvi, HAMACHER, Horst W. Facility location: applications and theory. Berlin Springer, 2001. ISBN 3-540-21345-7.

JABLONSKÝ, Josef. Operační výzkum: Kvantitativní metody pro ekonomické rozhodování. První vydání.

Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-42-8.

LAURENČÍK, Marek. SQL : podrobný průvodce uživatele. Praha: Grada, 2018. ISBN 978-80-271-0774-2

SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. Logistika: teorie a praxe. Brno: CP Books, 2005. Praxe manažera. ISBN 80-251-0573-3.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Robert Hlavatý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2020

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 2. 2020

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Návrh pro umístění čerpací stanice" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 6.4.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce panu Ing. Robertu Hlavatému, Ph.D. za věnovaný čas při konzultacích a za odborné připomínky, kterými přispěl k vypracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat své nejbližší rodině za poskytnutou podporu při studiu.

Návrh umístění čerpací stanice

Abstrakt

Diplomová práce je rozdělená do dvou částí. První část obsahuje teoretická východiska a vysvětlení pojmů týkající se logistiky, analýzy vícekriteriálního rozhodování, přehled čerpací sítě v České republice a dotazovacího jazyka SQL. Detailněji jsou v teoretické části vysvětleny jednotlivé metody a postupy, které jsou v diplomové práci použity.

V druhé části diplomové práce jsou postupně popisovány jednotlivé zdroje dat. Zdroj dat je vždy vysvětlen společně s jeho obsahem, z popisu bude také patrné, do jaké míry tato data vyhovují požadavkům. Následně jsou prováděny výpočty v Microsoft SQL Server Express, které probíhaly napojením tabulek ve formátu xml.

V závěru práce dochází k výběru vhodné varianty pomocí vícekriteriální analýzy variant. Konkrétně se použila metoda váženého součtu. Důležitým krokem pro použití metody váženého součtu je výběr vhodných kritérií, které jsou vybrány firmou Medos s.r.o. a dále pomocí Saatyho metody autorka práce určí váhu kritérií. Váhy kritérií jsou podstatnou hodnotou při konečném hodnocení variant.

Klíčová slova: lokační problém, SQL, vícekriteriální analýza variant

Location recommendation for petrol filling station

Abstract

The thesis is divided into two parts. The first one describes theoretical background and explains concepts related to logistics, as well as multiple-criteria decision analysis and overviews the gas stations network in the Czech Republic and the query language - SQL. Moreover individual methods and procedures that are used in the thesis are explained in more detail.

In the second part of the thesis the individual data sources are gradually described. Single data source is explained together with its content. The description will also show to what extent these data meet the requirements. Subsequently, the calculations are made in Microsoft SQL Server Express, and are carried out by connecting tables in xml format.

In conclusion of the thesis the choice of a suitable option is made by multiple-criteria decision analysis. Specifically, the weighted sum approach (WSA) was used. An important step for using the weighted sum approach is the selection of suitable criteria that are selected by Medos s. r. o. Furthermore the author of the thesis will determine the weight of the criteria by using Weight Sum Approach. The weights of the criteria are a substantial reading during the final evaluation of the variants.

Keywords: location problem, SQL, Multiple Attribute Decision Making

1	Úvod	1
2	Cíl práce a metodika	2
2.1	Cíl práce	2
2.2	Metodika	2
3	Teoretická východiska	4
3.1	Trh čerpacích stanic v ČR	4
3.2	Ropa v ČR	6
3.2.1	Předpokládaný vývoj ropy v ČR	8
3.3	Ropa ve světě	9
3.3.1	Situace na trhu v březnu 2020	9
4	Logistika	11
4.1	Lokační problémy v logistice	11
4.1.1	Členění lokačních problémů	12
5	Jazyk SQL	13
5.1	Agregační funkce	14
5.2	Vícekritériální analýza variant	14
5.2.1	Metoda odhadu vah kritérií	15
5.2.1.1	Metoda pořadí	15
5.2.1.2	Bodovací metoda	16
5.2.1.3	Metoda párového porovnávání	16
5.2.2	Metody řešení modelů vícekritériální analýzy variant	17
5.2.2.1	Metoda váženého součtu	17
5.3	Floyd-Warshallův algoritmus	18
6	Vlastní práce	20
6.1	Představení podniku	20
6.2	Výpočet vzdušné vzdálenosti	20
6.3	Použitá data a jejich zpracování	21
6.3.1	Počty obyvatel obcí ČR	21
6.3.2	Zeměpisné souřadnice obcí ČR	23
6.3.3	Seznam veřejných čerpacích stanic v ČR	25
6.4	Matice silničních vzdáleností	32
6.4.1	Kontrola vzdálenosti	35
6.4.2	Výpočet	36
6.5	Výpočty požadovaných kritérií	39
6.5.1	Výpočet počtu zákazníků	39

6.5.2	Maximalizace přiblížení se síť stanic obyvatelům	44
6.5.3	Udržení kompaktnosti síť stanic	45
7	Výsledky a diskuse.....	47
7.1	Nalezení kompromisních variant	47
7.2	Vícekritériální analýza variant	51
8	Závěr	54
	Seznam použitých zdrojů	56

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1</i>	<i>Evidovaná ložiska ropy v ČR (zdroj: Česká geologická služba)</i>	<i>6</i>
<i>Obrázek 2</i>	<i>Ropovodná síť v ČR (zdroj: ropa.cz).....</i>	<i>7</i>
<i>Obrázek 3</i>	<i>Čerpací stanice Robin Oil (zdroj: mapy.cz)</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 4</i>	<i>Trasy v rozhraní google maps (zdroj:google.cz).....</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 5</i>	<i>Matematická indukce vylepšení cesty (zdroj: vlastní zpracování)</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 6</i>	<i>Histogram č.1</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 7</i>	<i>Histogram č.2</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 8</i>	<i>Histogram č.3</i>	<i>48</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1</i>	<i>Celkový přehled evidence ČS v ČR (zdroj: mpo.cz, 2019)</i>	<i>4</i>
<i>Tabulka 2</i>	<i>Počet obcí v ČR, ukázka dat (zdroj: czso.cz)</i>	<i>22</i>
<i>Tabulka 3</i>	<i>GPS souřadnice měst, ukázka (zdroj: 33bcdd.github.io).....</i>	<i>23</i>
<i>Tabulka 4</i>	<i>Datový soubor "Obce.dat" (zdroj: vlastní zpracování)</i>	<i>24</i>
<i>Tabulka 5</i>	<i>Náhled veřejných čerpacích stanic v ČR, ukázka (zdroj: mpo.cz).....</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 6</i>	<i>Chyby v souboru 1 (zdroj: vlastní zpracování).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 7</i>	<i>Chyby v souboru 2 (zdroj: vlastní zpracování).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 8</i>	<i>Čerpací stanice Medos a jejich souřadnice (zdroj: vlastní zpracování)</i>	<i>28</i>
<i>Tabulka 9</i>	<i>Čerpací stanice ČR, náhled (zdroj: vlastní zpracování).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 10</i>	<i>Nabízené pohonné hmoty v ČR (zdroj: vlastní zpracování)</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 11</i>	<i>Kombinace prodeje pohonných hmot (zdroj: vlastní zpracování).....</i>	<i>30</i>

<i>Tabulka 12 Data vzdáleností pro 205 obcí (zdroj: vlastní zpracování)</i>	35
<i>Tabulka 13 Přehled obcí s vybranými kritérii (zdroj: vlastní zpracování)</i>	42
<i>Tabulka 14 Hustota a dostupnosti čerpacích stanic (zdroj: vlastní zpracování)</i>	43
<i>Tabulka 15 Korelační tabulka kritérii (zdroj: vlastní zpracování)</i>	49
<i>Tabulka 16 Vybrané obce (zdroj: vlastní zpracování)</i>	50
<i>Tabulka 17 Váhy kritérii (zdroj: vlastní zpracování)</i>	52
<i>Tabulka 18 Výpočty analýzy variant (zdroj: vlastní zpracování)</i>	53
<i>Tabulka 19 Výsledné seřazení dle užitku (zdroj: vlastní zpracování)</i>	53

Seznam map

<i>Mapa 1 Čepací stanice Medos (zdroj: vlastní zpracování)</i>	28
<i>Mapa 2 Vybrané okresy (zdroj: vlastní zpracování)</i>	33
<i>Mapa 3 Množina výsledků (zdroj: vlastní zpracování)</i>	50

1 Úvod

Tankování je pro mnoho lidí již naprosto rutinní činností. Před sto lety se pro benzín chodilo do lékárny, prodával se ve skle, později se čepoval z ručních sudů a počítal se na kila, poté pak na litry. Historie první sítě čerpacích stanic na území tehdejšího Československa sahá až do roku 1920, kdy bratři Zikmundové (dnešní Benzina) provozovali přibližně 300 benzínek. První čerpací stanice byla instalována na pražském náměstí Republiky. V roce 1958 vznikla obchodní značka Benzina. Významnou událostí pro tankování a zpracování ropy v ČSSR bylo vybudování ropovodu Družba v roce 1962. Díky své délce přesahující 4 000 kilometrů je nejdelším ropovodem na světě. V roce 1996 byl dokončen ropovod IKL Ingolstadt - Kralupy - Litvínov. V dnešní době je ropovodem IKL do ČR dodáváno více než 30 % ropy. Po revoluci v roce 1989 v rámci privatizace byla část čerpacích stanic prodána soukromníkům. Byla to také doba, kdy nastoupila konkurence ze zahraničí. Benzinové pumpy začali nabízet i služby navíc. K myčkám, vysávačům či měření tlaku vzduchu byly zřízeny i regály se sladkostmi, drobnými dárkovými předměty, kyticemi a drogistickým zbožím. Zákazníci mají k dispozici i rozšířené gastronomické služby.

Je několik desítek čerpacích stanic v ČR, kde zaplatíte na terminálu stejně jako v obchodě platební kartou nebo CSS. Přesné statistiky neexistují, některé fungují přes den klasicky a v noci bezobslužně. Mezi dlouhodobé cíle Evropské unie patří v oblasti energetiky přechod na nízkoemisní a udržitelnou energii. Přechod uživatelů automobilu se spalovacími motory na elektrické naráží na nedostatečnou infrastrukturu pro nabíjení elektromobilů. Proto provozovatelé čerpacích stanic stále více stavějí nabíjecí stanice, k 26. červnu 2018 je jejich celkový počet dle Ministerstva průmyslu a obchodu 131.

V dnešní době disponuje Česká republika jednou z nejhustších sítí benzínek. Celkový počet čerpacích stanic je skoro sedm tisíc a každoročně stoupá. Pro každou společnost je výběr lokace pro zřízení nové pobočky velice důležitým rozhodnutím. Společnost Medos s.r.o. zvažuje možnosti rozšíření své sítě čerpacích stanic o desátou pobočku. Pobočka by měla být v jednom ze 44 vybraných okresů které společnost preferuje.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je navrhnout umístění nové pobočky čerpací stanice pro firmu Medos s.r.o., která zajišťuje prodej a distribuci pohonných hmot. Společnost provozuje devět čerpacích stanic na území České republiky a uvažuje o rozšíření své sítě o další pobočku. Firma hledá vhodnou lokaci pro zřízení čerpací stanice, jedná se o hlavní cíl této diplomové práce.

2.2 Metodika

Cíl práce popsáný v předchozí kapitole představuje lokační problém propojený s úlohou vícekriteriálního rozhodování. Snahou bylo tento problém pomocí jistých zjednodušujících předpokladů formulovat jako matematickou úlohu vícekriteriální optimalizace a tu posléze řešit vhodnými algoritmi a softwarovými nástroji. Takto však problém nelze vyřešit zcela, jelikož některé faktory rozhodování (např. dostupnost vhodného pozemku pro stavbu čerpací stanice ve vybrané obci) jsou natolik komplexní, že pro ně není možné sesbírat data ve strojově čitelné, zpracovatelné a vyhodnotitelné podobě pro všechny na začátku zvažované varianty. Zvolenou strategií proto bylo rozdělit faktory rozhodování na dvě skupiny:

1. faktory popsateľné relativně snadno dostupnými a strojově zpracovatelnými daty, které vybrala autorka práce ve spolupráci s jednatelem společnosti,
2. faktory vybrané pouze jednatelem společnosti pro užší výběr.

Bude zformulována matematická úloha vícekriteriálního rozhodování zohledňující nejprve faktory z první skupiny. Ta poté bude vyřešena, přesněji řečeno bude nalezena množina jejich kompromisních řešení. Pro každé z těchto řešení pak budou dohledány další skutečnosti spadající do druhé skupiny faktorů a budou expertně ohodnoceny s cílem zúžit množinu zvažovaných variant. Cílem je dospět pomocí metody váženého součtu k počtu variant v řádu jednotek a ty považovat za výsledek práce, určený k předání společnosti Medos, s.r.o. pro finální manažerské rozhodnutí.

Dostupnost konkrétních dat pro faktory z první skupiny přitom do jisté míry určí formulaci řešení úlohy. Podařilo se získat následující datové zdroje:

- Počet obyvatel v obcích České republiky (czso.cz, 2019)
- Zeměpisné souřadnice všech obcí České republiky

- Seznam provozovaných veřejných čerpacích stanic pohonných hmot v ČR podle stavu evidence ke dni 6. 6. 2019 (mpo.cz, 2019)
- Matice silničních vzdáleností obcí nad 3500 obyvatel z vybraných 44 okresů ČR

Formulace matematické úlohy je následující. Výběr lokace pro novou čerpací stanici je proveden v detailu jednotlivých obcí ČR (44 okresů). Tedy není nalezeno zcela konkrétní místo (pozemní komunikace, pozemek), ale pouze je označena daná obec jako celek. Uvažovanou množinou kompromisních řešení jsou všechny obce nad 3500 obyvatel z vybraných 44 okresů ČR (cca kraje Praha, Střední Čechy, Jihočeský, Karlovarský, Plzeňský, Ústecký) nebo obce, v nichž se nachází některá ze stávajících čerpacích stanic Medos – celkem 205 obcí.

Jsou použity následující požadavky:

1. Maximalizovat počet zákazníků nové čerpací stanice na základě zjednodušeného modelu (každý obyvatel tankuje nejbližší svému bydlišti, měřeno vzdušnou čarou mezi středem obce bydliště a obce, v jejímž katastru se nachází čerpací stanice) s využitím databáze všech obcí (s jejich polohou a počtem obyvatel) a všech veřejných čerpacích stanic.
2. Maximalizovat velikost vhodně definovaného „přiblížení se“ sítě čerpacích stanic Medos Agro obyvatelům 205 vybraných obcí ČR (měřeno silniční vzdáleností k nejbližší čerpací stanici Medos).
3. Minimalizovat součet silničních vzdáleností nové čerpací stanice od stávajících devíti čerpacích stanic společnosti Medos (požadavek udržení kompaktnosti sítě).

Vzhledem ke konečné a nepříliš početné množině posuzovaných variant (205 obcí) spolu se specifikou povahou úlohy byla úloha provedena postupným ohodnocením všech variant a následným porovnáním každé varianty s každou za účelem nalezení kompromisního řešení. Zpracování dat a všechny výpočty vztahující se k řešení lokační úlohy a následně vícekritériální analýzy variant byly provedeny v programu Microsoft SQL Server Management Studio a Microsoft Excel, mapy byly vytvořené pomocí programu ArcGIS. Faktory zohledněné pro výběr kompromisní varianty pomocí metody váženého součtu budou následující:

1. výše průměrné mzdy v daném kraji (czso.cz, 2019),
2. intenzita silniční dopravy dle výsledků (rsd.cz, 2016),
3. průměrná cena pozemků (czso.cz, 2019),
4. vzdálenost k nejbližšímu skladu paliva (mapy.cz).

3 Teoretická východiska

3.1 Trh čerpacích stanic v ČR

Důležitou součástí maloobchodní činnosti v Česku je prodej pohonných hmot. Česká republika má více než sedm tisíc čerpacích stanic, tímto se řadí mezi země s nejširší sítí čerpacích stanic pohonných hmot ve střední Evropě. Čerpací stanice je řidičům k dispozici na každém čtrnáctém kilometru. Nejvíce jich má Středočeský kraj a nejméně Karlovarský. (mpo.cz, 2019)

Dle Ministerstva průmyslu a obchodu byl k 11. únoru 2019 na území České republiky celkový počet čerpacích stanic 7061. Oproti roku 2018 jejich počet vzrostl o 22 provozovny. Do počtu evidovaných stanic patří veřejné, neveřejné, a s vymezeným přístupem a také stavby a zařízení. Největší podíl 56,5 % patří veřejným čerpacím stanicím. Tyto stanice jsou standardní vícedruhové benzínky, které nabízejí kromě jiného benzín Natural 95 (E5), nejčastěji odebíraný typ benzínu do osobních aut. Dále jsou jednodruhové čerpací stanice nabízející pouze motorové nafty, samostatné čerpací stanice nabízející pouze LPG (zkapalněný ropný plyn), samostatně plnicí stanice s nabídkou pouze CNG (stlačený zemní plyn) a ostatní stanice s netypickou nabídkou sortimentu.

Celkový přehled evidence	počet ČS celkem	% podílu	počet ČS stavby	% stavby	% zařízení
ČS celkem	7061	---	6060	85,8	14,2
V tom: veřejné	3991	56,5	3940	98,7	1,3
s vymezeným přístupem	690	9,8	602	87,3	12,7
neveřejné	2380	33,7	1518	63,8	36,2

Tabulka 1 Celkový přehled evidence ČS v ČR (zdroj: mpo.cz, 2019)

Veřejné čerpací stanice představují největší distribuční síť pohonných hmot v České republice s celkovým počtem 3991. Kromě výše zmíněného motorového benzínu Natural 95, se může jednat i o jiné typy např. Natural 91, Natural 98 či Natural 100, distribuují tyto čerpací stanice také prodej nafty, LPG a také paliva s vyšším obsahem biosložek (mpo.cz, 2019).

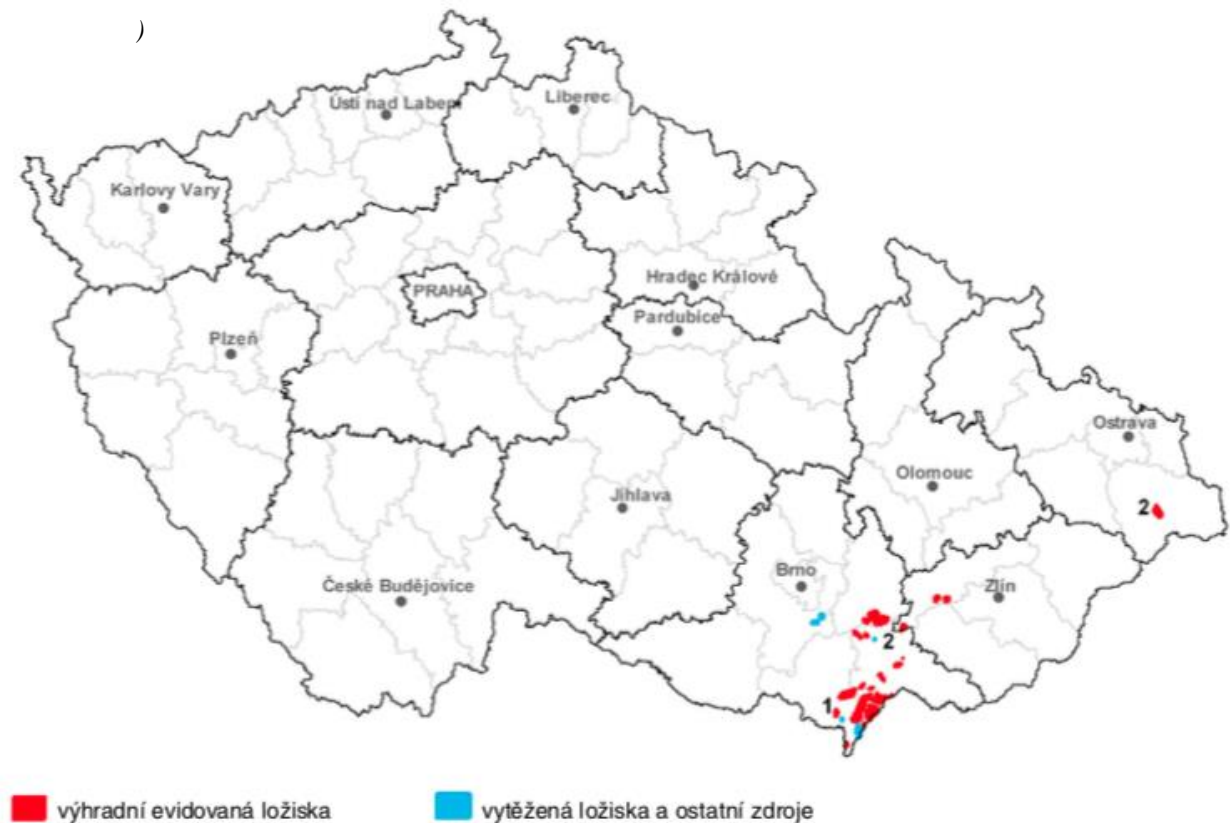
Každoročně síť čerpacích stanic mírně roste díky nově vystavěným úsecům dálnic a silnic. Mezi faktory usnadňující provozování čerpací stanice je i značka pumpy. Ministerstvo průmyslu a obchodu člení jednotlivé provozovatele dle počtu čerpacích stanic, které jsou provozovány v České republice.

Nejrozsáhlejší síť čerpacích stanic v České republice patří Benzině. Počet stanic k 7. červnu 2019 byl 412. Benzina je původně česká distribuční síť pohonných hmot a motorových olejů. Od roku 1995 patří pod holdingovou strukturu Unipetrol, vlastníkem je polský petrochemický koncern PKN Orlen. Benzina průběžně vybavuje své čerpací stanice rychlodobíjecími stojany, které umožňují většině elektromobilů dobít baterií do 25 minut. Nyní je k dispozici na dvanácti čerpacích stanicích po celé ČR patnáct rychlodobíjecích stanic ČEZ (benzina.cz, 2016).

S 306 čerpacími stanicemi je MOL druhým největším provozovatelem čerpacích stanic na českém trhu. Společnost MOL je ze čtvrtiny vlastněna maďarským státem, druhým největším akcionářem je společnost ČEZ. Každou svoji stanicí modernizují do nového konceptu Fresh Coner. V České republice je téměř 190 Fresh conerů. Společnost také provozuje 114 čerpacích stanic Pap Oil, které procházejí „zeleným“ rebrandingem. Dokončení je plánováno do konce roku 2020 stejně, jak tomu bylo u stanic Agip, Slovnaft a Lukoil. Skupina MOL provozuje 4 rafinérie a 2 petrochemické závody (molcesko.cz, 2017). EuroOil disponuje 200 čerpacími stanicemi a tím se řadí na třetí místo. Obchodní značku vlastní akciová společnost Čepro. Od roku 2006 je jediným akcionářem Čepra je Ministerstvo financí České republiky. Čepro také provozuje 1 135 kilometrů produktovodů a 650 skladovacích nádrží s kapacitou 1 760 tisíc metrů krychlových (ceproas.cz, 2020). Mezi další provozovatele čerpacích stanic na území České republiky patří společnosti Shell a OMV. Shell provozuje 187 stanic a patří mezi největší těžbařské společnosti a vlastní jednu z největších sítí čerpacích stanic působící téměř po celém světě. Jedná se o britsko-nizozemskou ropnou akciovou společnost se sídlem v Haagu (shell.cz, 2020). OMV vstoupila na český trh v roce 1991. Ke dnešnímu dni provozuje 140 čerpacích stanic. Jedná se o rakouský koncern zaměřený především na zpracování ropy a výrobu paliv. Firma je jednou z největších společností v Evropě (omv.cz, 2020). Významným distributorem je i nízkonákladová společnost TANK ONO, která provozuje pouze 41 benzinových pump, nejnižší marže přináší vysoký počet zákazníků a tím i vysoký obrat. Společnost neutráčí za marketing a nevstupuje do některé z asociací pohonných hmot (tank-ono.cz, 2019). Před několika lety se v České republice objevil zahraniční trend čerpacích stanic u supermarketu. Supermarkety provozují u některých se svých poboček i pumpy: Albert provozuje 20 pump, Globus 15, Makro 12 a Tesco 17. Dohromady se jedná o obchodní řetězce nakupující od největších dodavatelů jako Unipetrol, MOL a Čepra.

3.2 Ropa v ČR

V České republice se eviduje několik ložisek ropy i zemního plynu, většina z nich se nachází v oblastech Vídeňské pánve a Karpatské předhlubni. V moravské části jsou ložiska rozptýlená do několika dílčích částí a leží v hloubce cca 2800 m pod zemí (Hrubý, Lukášek, 2015, str. 44).



Obrázek 1 Evidovaná ložiska ropy v ČR (zdroj: Česká geologická služba)

Největší tuzemskou těžařskou společností jsou Moravské naftové doly (MND). Vlastníkem společnosti je investiční skupina KKCG (Sazka Group, MND Group, CK Fisher), která působí nejen v Evropě a USA. Množství vytěžené ropy nepokrývá její spotřebu v ČR, proto je nutné naprostou většinu dovážet ze zahraničí (mnd.eu, 2018).

Do České republiky se ropa přepravuje ze dvou směrů. Ze západu plynovodem IKL (Ingolstadt – Kralupy nad Vltavou – Litvínov) a také z Ruska plynovodem Družba. Ropovody jsou zavedeny v hloubce asi půl metru a je kolem nich zavedeno ochranné pásmo (Binhack, Tichý, 2011, str. 98-99). Ropovod Družba byl postaven v 60. letech minulého století a je průběžně modernizován. Na území České republiky měří 357 kilometrů a jeho kapacita je 9-10

mil. tun ročně, je využíván na 50 %. Ropovodem Družba je přepravována převážně ropa z východní Evropy, nepatrnou část tvoří ropa z Moravských naftových dolů (Hrubý, Lukášek, 2015, str. 48).

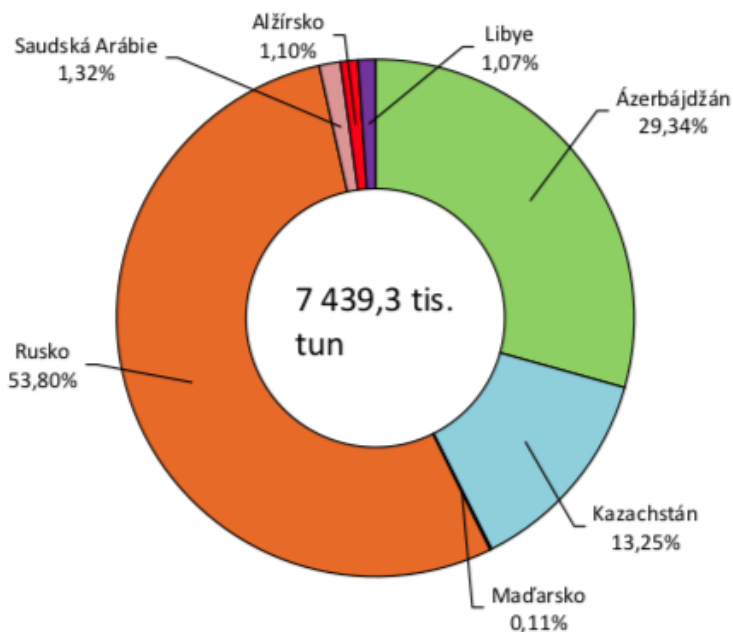


Obrázek 2 Ropovodná síť v ČR (zdroj: ropa.cz)

Ropovody IKL a Družba spravuje státní společnost MERO, která je jediným přepravcem ropy do ČR a její distribuce do rafinérie v Litvínově. Velká část skladové ropy v České republice je situována v Centrálním tankovišti ropy v Nelahozevsi. Centrální tankoviště Nelahozeves je využíváno hlavně pro skladování ropy a ropných produktů (Hrubý, Lukášek, 2015, str. 50).

O skladování nafty a paliv pro SSHR (Státní správa hmotných rezerv) se stará společnost ČEPRO. Společnost provozuje 17 skladů, produktovodní systém spojuje potrubím sklady s rafineriemi Litvínov, Kralupy nad Vltavou a Bratislava. V současné době celková délka systému přesahuje 1100 kilometrů. Kapacity skladu tvoří čtyři nádrže o jednotlivém objemu 50 000 m³, šest o objemu po 100 000 m³ a dalších šech po 125 000 m³ (unipetrolrpa.cz, 2019).

V roce 2018 dovoz ropy do České republiky činil 7439,3 tis tun. Největším zahraničním dodavatelem je Rusko, v roce 2018 dovezlo 4002,7 tis. tun (53,8 % celkového počtu importu). V letech 2005-2018 docházelo k postupnému poklesu podílu dovozu z Ruska, v roce 2005 se jednalo o 71,1 % a 55,4 % v roce 2017. Tento vývoj souvisí s klesající kvalitou ruské ropy a nezbytnosti do ní před zpracováním přidávat ropu nízkosirnou. Z tohoto důvodu je i více využíván ropovod IKL (mpo.cz, 2019).



Graf 1 Dovoz ropy do ČR dle země původu v roce 2018 (zdroj: ČSÚ)

České rafinérie v Litvínově a Kralupech nad Vltavou ročně vyprodukují více než 80 % spotřeby motorového benzínu a cca 75 % motorové nafty. Zbývající množství ropných produktů je importováno ze zahraničí (mpo.cz, 2019).

3.2.1 Předpokládaný vývoj ropy v ČR

Budoucí spotřeba ropy závisí na více faktorech: vývoj ceny ropy, vývoj v oblasti alternativních paliv a zpřísnování emisních limitů pro automobily a zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie.

Evropský parlament schválil návrh na snížení emisí o 37,5 % CO₂ z nových automobilů do roku 2030, jedná se o úroveň 59 g CO₂/km (europarl.europa.eu, 2019). Dalším faktorem je zvyšování obnovitelných zdrojů. Na konci října 2014 proběhl v Bruselu summit, kde byly

stanoveny klimaticko - energetické cíle pro EU do roku 2030, které se Česká republika zavázala splnit. Mezi hlavní cíle patří podporování používání tradičních paliv a urychlení přechodu k nové generaci paliv, které jsou vyráběny ze zdrojů jako mořské řasy či odpadky. Do roku 2030 podíl obnovitelných zdrojů v dopravním sektoru by měl dosáhnout 14 % (europarl.europa.eu, 2013). Všechny výše zmíněné faktory se budou promítat v budoucím vývoji ropného trhu.

3.3 Ropa ve světě

Ropa WTI (West Texas Light Crude Oil) patří mezi hlavní světovou komoditu, také nazýváni západotexaská ropa. Má nízkou hustotu, obsahuje menší množství síry než ropa Brent. Cena ropy WTI se považována za určitou cenovou hladinu. Ostatní druhy ropy se následně vyvíjejí v souvislosti s vývojem ceny této ropy (patria.cz, 2020)

Druhou důležitou ropou je Brent. Tato ropa se těží v Severní moři a určuje cenu ropy pro Evropu. Západotexaská ropa WTI má zkratku CL, obchodní jednotkou je 1000 barelů a hlavní burzou je Newyorská komoditní burza NYMEX. Ropa Brent má zkratku IB nebo B nebo SC, obchodní jednotkou je 1000 barelů a hlavní burzou je ICE (Intercontinental Exchange).

Organizace zemí vyvážejících ropu OPEC má vliv na její cenu. Členy organizace jsou především arabské státy, celkový počet členů je 14. Patří sem Alžírsko, Angola, Ekvádor, Indonésie, Gabon, Irák, Írán, Konžská republika, Kuvajt, Libye, Nigérie, Rovnicková Guinea, Saúdská Arábie, Spojené arabské emiráty a Venezuela, která je zakládajícím členem (opec.org, 2020).

3.3.1 Situace na trhu v březnu 2020

Reporty o trhu s ropou vydávané společností IEA (mezinárodní energetická agentura) patří mezi jedny z neautoritativních a nejaktuálnějších zdrojů dat, prognóz a analýz na světovém trhu s ropou. Zahrnují podrobné statistiky a komentáře k nabídce, poptávce, zásobám a cenám ropy.

V první polovině roku 2020 rozšíření viru Covid-19 mimo Čínu způsobil snížení celkové globální poptávky po ropě o 1,1 miliónů barelů za den (mb/d). Dopad na světovou ekonomiku byl zřejmý a její odhad růstu pro rok 2020 se snižuje. Poprvé od roku 2009 se očekává meziroční pokles poptávky o 90 tisíců barelů za den (kb/d). V prvním čtvrtletí roku 2020 Čínská poptávka po ropě klesá o 1,8 mb/d a globální poptávka o 2,5 mb/d (iea.org,

2020). Čína se v roce 2019 podílela na růstu poptávky ropy z 80 %. Pesimistický scénář IEA předpokládá, že může dojít k poklesu o 730 tisíců barelů za den, optimistický naopak očekává vzrůst o 480 tisíců barelů za den. Tento vývoj dle Mezinárodní energetické agentury může nastat, pokud se situace dostane pod kontrolu. Začátkem března 2020 OECD (Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj) snížila odhad tempa růstu globálního HDP pro rok 2020 o 0,5 % na 2,4 % (oecd.org, 2020).

Americká ropa WTI se 30. března 2020 propadla na cenu 19,92 dolaru za barel. Severomořská ropa Brent se dostala na 23 dolaru za barel. Jedná se o nejnižší ceny za posledních 18 let (ft.com, 2020). Jedním z hlavních faktorů je karanténa v řadě Evropských zemí a Severní Ameriky. Mezi další faktory se řadí cenová válka mezi Saúdskou Arábií a Ruskem. Dohoda mezi členy OPEC organizace OPEC v čele se Saúdskou Arábií a Ruskem o koordinovaném snížení těžby se neuzavřela, Rusko na tuto dohodu nepřistoupilo. Saúdská Arábie navyšuje produkci ropy v důsledku se ceny ropy snižují (ft.com, 2020).



Graf 2 Vývoj ceny ropy Brent, dollars per barrel (zdroj:patria.cz)

Za výrazným poklesem cen ropy jsou dopady pandemie způsobené koronavirem. Ceny klesly v březnu 2020 více než o polovinu. Růst cen začal kdy Rusko nepodpořilo dohodu se Saúdskou Arábií o koordinovaném snížení těžby a oba státy oznámily, že svou těžbu zvýší. Těžba se zvýšila ve chvíli kdy se snížila poptávka po pohonných hmotách, jelikož letecké společnosti odstavily velkou část svých strojů. Snížil se i počet aut na silnicích, neboť mnoho zemí v rámci boje s pandemií omezilo cestování (e15.cz, 2020).

4 Logistika

Pojem logistika se používá už několik století, je spojená s množstvím aplikací hlavně ve vojenství, kde se stala jednou z významných součástí managementu. Logistika zabezpečovala potřeby vojska, zásobování potravou, zbraněmi, municí, logističtí důstojníci připravovali vojenské akce, kontrolovali pohyby vojenských jednotek (Brahotský, Řezníček, 2003, str.1). Dle British institute of logistic je logistika definována jako „*organizace, plánování, řízení a výkon toků zboží vývojem a nákupem počínaje, výrobou a distribucí podle objednávky finálního zákazníka konče tak, aby byly splněny všechny požadavky trhu při minimálních nákladech a minimálních kapitálových výdajích*“ (Gros, 2016, str.25). Stručně lze říct, že se logistika zabývá pohybem zboží a materiálu z místa vzniku do místa spotřeby a s tím souvisejícím informačním tokem.

4.1 Lokační problémy v logistice

V dnešní době jsou metody řešení lokačního problému předmětem výzkumu manažerské praxe i teoretických úvah. V rozlehlé oblasti s velkým počtem zákazníků není efektivní zásobování zákazníku přímo od výrobce nebo z jednoho centrálního skladu. Účinnější je vytvoření sítě distribučních skladů, jejich výskyt může snížit náklady na přepravu a čas nutný k přepravě zboží nebo produktů. Hlavním cílem je nalézt cenový kompromis redukující dopravní náklady a fixní náklady spojené s udržováním zásob a činnosti skladů (Pernica, 1994, str. 5).

Lokační modely se využívají pro hledání umístění m nových objektů, které jsou napojeny na množinu n existujících objektů. Lze je klasifikovat z různých aspektů:

1. dle počtu lokalizovaných objektů, existující modely
 - pro lokalizaci jednoho objektu, $m=1$,
 - pro lokalizaci více objektů, $m>1$.
2. dle počtu disponibilních míst, která jsou k dispozici v distribučním prostoru, v těchto případech lze objekty umístit:
 - v neomezeném počtu míst,

- v předem stanoveném, omezeném počtu k míst.
- 3. zda počet umísťovaných objektů je:
 - dopředu stanoven,
 - předmětem optimalizace.
- 4. zda jsou umísťované objekty:
 - navzájem nezávislé,
 - mají společné vazby (Gros, 2016, str.102-103).

Pro velkou část uvedených lokalizačních tříd nalezneme v oblasti distribuce praktické aplikace.

- Rozdělení úloh do dvou skupin typu: počet umísťovaných objektů a počet distribučních skladů v distribuční oblasti je podstatné. V prvním případě je jednodušší formulace kritéria optima, stačí minimalizovat náklady na dopravu. Ve druhém případě se berou v úvahu náklady spojené s udržováním zásob.
- Při výběru počtu lokalit jsou situace, kdy čelíme problému umístit nový objekt jen do omezeného počtu lokací daných např. specifickými požadavky na vlastnosti místa (zdroj vody, cena pozemku aj.) nebo z důvodů, že v uvažovaných lokalitách disponuje společnost využitelnými objekty, vlastními pozemky, lze také počítat s neomezenou množinou lokalit v celém distribučním centru.
- Výběr lokace ztěžují i případy, kdy musíme brát v úvahu i budoucí vazby mezi novými objekty.
- Při lokalizaci více objektů může být podmínkou rozhodování přímo počet skladů, nebo je jejich počet zadán (Gros, 2016, str. 103).

4.1.1 Členění lokačních problémů

Není jednoduché navrhnout model, který by řešil všechny varianty lokačního problému zároveň. Pro všechny varianty je nutno znát základní informace:

- počet středisek obsluhy pro rozmístění,
- lokace umístění objektů,
- kapacita objektů,
- které obslužné body by měly být k objektům přiřazené,
- jakou kapacitu by měla mít cesta mezi obslužným centrem a zákazníkem,
- kapacita obslužných center.

O lokačním problému psalo mnoho odborníků z nejrůznějších oborů. Do lokalizační analýzy náleží například problémy: Fermatův problém, Steinerův problém, Torricelliho problém, Weberův problém, problém mediánu, problém centrálního mediánu atd.

Lokační teorie má tři varianty řešení problému:

- spojitý lokační problém,
- diskrétní lokační problém na síti,
- lokační spojitý problém na síti (Nickel, Puerto, 2005, str. 1)

5 Jazyk SQL

SQL je dotazovací jazyk, který pomocí propojené aplikace se serveru odevzdá dotaz a databázový server zobrazí odpověď vygenerováním množiny výstupních údajů. Princip této komunikace s databázovým serverem je velmi efektivní a zároveň jednoduchý. Jazyk má však přesně definovaná syntaktická pravidla. Jazyk je určený zejména pro práci s relačními databázemi. Využívá se také při práci s tabulkami připojenými z relační databáze do sešitu MS Excel a při vytváření webových stránek (Lacko, 2011, str.63).

Příkazy jazyka lze rozdělit do několika skupin:

- Manipulace s daty, DML (Data Manipulation Language) využívá příkazy pro provádění změn v tabulkách. Řadíme se příkazy INSERT, vkládá řádky do tabulky, UPDATE mění řádky v tabulce, DELETE odstraňuje řádky a dotazující příkaz SELECT vybírá data z databáze, zobrazuje sloupce z jedné nebo více tabulek, řadí a filtruje zobrazené řádky.
- Definice tabulek, DDL (Data Definition Language). Příkazy vytvářejí nové tabulky, mění strukturu tabulek, pracují s indexy a vytvářejí relace mezi tabulkami. CREATE vytváří tabulku, ALTER změna tabulky, DROP odstranění tabulky.
- Řízení dat, DCL (Data Control Language). Příkazy REVOKE odebrání kdysi přidělených oprávnění uživateli a GRANT přidělení oprávnění.
- Řízení transakcí TCL (Transaction Control Language). Umožňuje seskupit příkazy do transakce. Jde o skupinu příkazů určenou pro zabezpečení uložených dat proti haváriím (např. výpadek systému). Pomocí transakce při zabezpečení práce s tabulkou, se skupina příkazů provede celá nejednou nebo vůbec ne, nelze provést jen některé příkazy ze sekvence. BEGIN TRANSACTION začátek transakce, COMMIT její potvrzení, ROLLBACK odvolání (Laurenčík, 2018, str. 29).

5.1 Agregáční funkce

Pokud potřebujeme z tabulky, nebo z našeho výběru získat statistická data, jsou k dispozici také funkce pro výpočet průměru, součtu, maxima, minima a počet záznamů. Tyto data v SQL se získávají pomocí agregačních funkcí, která shlukuje několik záznamů do jednoho a zobrazí požadovaný výsledek. Seskupování i způsob výpočtu je pro všechny funkce stejný (distančně.cz, 2015).

Součet - SUM navrátí součet hodnot do jednoho sloupce z aktuálního výběru

Průměr - AVG zobrazí aritmetický průměr z hodnot zadaného sloupce aktuálního výběru

Nejmenší a největší hodnoty - MIN, MAX. Argumentem těchto funkcí bývají číselné datumové hodnoty nebo texty. U datumových hodnot je nejmenší nebo největší hodnota určena chronologicky a u textových hodnot dle abecedy. Funkci lze použít s dodatkem GROUP BY nebo bez.

Počet řádků – COUNT(*) slouží k získání celkového počtu vybraných záznamů. Argument funkce může být dvojitý:

1. Název sloupce z tabulky, hodnoty ve sloupci mohou být libovolné. Funkce spočítá řádky, které neobsahují hodnotu NULL.
2. Argumentem je hvězdička, funkce spočítá počet řádku bez ohledu na zapsané hodnoty v řádku.

Agregační funkci lze doplnit klauzulí DISTINCT. Využití této klauzule znamená, že funkce zvažuje pouze individuální hodnoty. Lze ji využít v SQL Serveru, v systému MySQL a v Oracle. Lze ji uplatnit při seskupování řádku z tabulky, součtu, průměru také u funkci MIN a MAX, zde však postrádá význam, protože nejmenší nebo největší hodnota je pouze jedná (Laurenčík, 2018, str. 137).

5.2 Vícekriteriální analýza variant

Při návrhu rozšíření sítě čerpacích stanic chceme, aby vybraná lokace splňovala současně několik podmínek. Problém vícekriteriálního rozhodování lze popsat jako: danou množinu možných variant, ze které máme vybrat variantu, která je nejlepší dle všech

uvažovaných hledisek a vyloučit varianty neefektivního charakteru nebo uspořádat tuto množinu. Mezi hlavní cíle vícekriteriálního rozhodování patří:

- výběr jedné možnosti, která se značí jako kompromisní pro konečné rozhodnutí,
- kompromisní varianta je taková, k níž neexistuje varianta, která by byla hodnotnější ve všech kritériích,
- uspořádání variant od „nejlepší“ po „nejhorší“, které vychází z vyjádření preferencí rozhodovatelé,
- rozdělení variant do několika tříd. Může se jednat o rozdělení pouze na dvě třídy nebo více podrobná ABC klasifikace (Jablonský, 2002, str. 273).

Existuje mnoho metod pro vícekriteriální hodnocení variant. Pro většinu těchto metod je potřeba vyjádřit preference rozhodovatelé k určitým kritériím v modelu. Kritéria by měla pokrývat všechny možnosti výběru, přitom jejich počet nesmí být zbytečně velký a současně být nezávislá. (Šubrt, 2016, str.163) Vyjádření důležitosti kritérií je označováno jako váhy kritérií a jsou vyjádřeny formou váhového vektoru: (Jablonský, 2002, str. 274)

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k), \quad \sum_{i=1}^k v_i = 1, \quad v_i > 0 \quad (1)$$

5.2.1 Metoda odhadu vah kritérií

Při zpracování matematického modelu preferencí mezi kritérii a variantami je potřeba číselné vyjádření této informace. Používají tyto metody: pořadí, bodovací, párového porovnávání.

5.2.1.1 Metoda pořadí

Pro určení vah kritérií se vyžaduje seřazení kritérií od nejdůležitějšího po nejméně důležité, nejdůležitější kritérium má hodnotu n (= počet kritérií), druhému nejdůležitějšímu $n-1$, atd. až nejméně důležité kritérium dostane pouze 1 bod. V případě ohodnocení j -tého kritéria číslem b_j je výpočet jeho váhy následující: (Brožová, Houška, Šubrt, 2003, str.116)

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

5.2.1.2 Bodovací metoda

Důležitost variant dle kritéria je vyjádřena určitým počtem bodů v předem zvolené bodovací stupnici (např. od 0 do 10). Používají se i desetinná čísla a více variantám lze přiřadit shodnou bodovou hodnotu. Čím je kritérium důležitější, tím větším počtem bodů je ohodnoceno (při stupnici od 0 do 10 bodů je nejhorší hodnocení vyjádřeno 0 a nejlepší 10 body) v opačném případě je kritérium ohodnoceno menším počtem bodů. Výpočet vah se z bodového hodnocení provede stejně jako u metody pořadí (Brožová, Houška, Šubrt, 2003, str. 117).

5.2.1.3 Metoda párového porovnávání

Při této metodě se rozhodovateli předloží trojúhelníkové schéma, ve kterém jsou vyznačeny dvojice jednotlivých kritérií tak, že každá dvojice ve schématu vyskytuje právě jednou. Rozhodovatel zakroužkuje ten prvek, který považuje za důležitější (při stejné důležitosti označí obě dvě) (Jablonsky, 2002, str. 275). Metoda se využívá k určení vah kritérií v případě hodnocení jedním expertem. Při vytváření párového srovnání se využívá 9-ti bodové stupnice a lze použít i mezistupně (2,4,6,8) (Brožová, Houška, Šubrt, 2003, str. 118).

1 - rovnocenná kritéria i a j

3 - slabě preferované kritérium i před j

5 - silně preferované kritérium i před j

7 - velmi silně preferované kritérium i před j

9 - absolutně preferované kritérium i před j

Každá dvojice kritérií je porovnávána expertem a velikost preferencí i-tého kritéria vzhledem k j-tému kritériu zaznamená do Saatyho matice **S**. Pokud jsou i-té a j-té kritérium rovnocenná, je $s_{ij} = 1$, slabě preferované kritérium i-té před j-tým, je $s_{ij}=3$, silně preferované kritérium i-té před j-tým, je $s_{ij}=5$, velmi silně preferované kritérium i-té před j-tým, je $s_{ij}=7$, při absolutní preferenci i-tého před j-tým, je $s_{ij}=9$. Do Saatyho matice se zapisují převrácené hodnoty ($s_{ij}=1/3$ při slabé preferenci, $s_{ij}=1/5$ při silné preferenci). Na diagonále jsou vždy jedničky (každé kritérium je rovnocenné). Následně se pro každé kritérium vypočte geometrický průměr čísel s_{ij} (k-tá odmocnina jejich součinu) (Šubrt, 2016, str. 175). Příklad Saatyho matice:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 6 \\ 1/2 & 1 & 3 \\ 1/6 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

5.2.2 Metody řešení modelů vícekritériální analýzy variant

Existuje velké množství metod pro řešení modelů vícekritériální analýzy variant a jsou založeny na různých principech. Mezi nejvíce používané lze zařadit metodu AHP (Analytic Hierarchy Proces), metody ELECTRE, PROMETHEE, metodu váženého součtu, metodu funkce užitku, metodu TOPSIS a další. Podrobnější popis bude věnován metodě váženého součtu, která je použita pro výpočet ve vlastní práci této diplomové práce. (Jablonský, 2002, str. 280).

5.2.2.1 Metoda váženého součtu

Metoda je také označována jako metoda WSA (Weighted Sum Approach). Je speciálním případem metody funkce užitku. Princip metody se zakládá na konstrukci lineární funkce užitku na stupnici od 0 do 1. Čím je hodnota vyšší, tím je varianta výhodnější a hodnota funkce užitku vyšší. Celkový užitek varianty je znázorněn váženým součtem hodnot dílčích funkcí užitku (Šubrt, 2016, str.186).

Metoda využívá kritériální matici, konkrétní hodnoty vah a kardinální informace. Kardinální informace má kvalitativní i kvantitativní formu. Znázorňuje, o kolik nebo jak moc je dané hodnocení lepší než druhé, v případě preference kritérií se jedná o váhy (Šubrt, 2016, str. 171).

Pro určení vah kritérií použijeme Saatyho metodu, hodnotí-li pouze jeden expert. Stupeň důležitosti jednoho kritéria před druhým vyjadřuje rozhodovatel v celočíselné stupnici 1 až 9, hodnota 1 vyjadřuje stejnou důležitost dvojice, a hodnota 9 vyjadřuje, že důležitost jednoho kritéria absolutně převyšuje důležitost druhého (Jablonský, 2002, str. 276).

u_j – dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií

v_j – váhy kritérií

Postup metody váženého součtu je dán následujícími kroky:

1. Určíme ideální variantu H s ohodnocením (h_1, \dots, h_n) . Ideální varianta je hypotetická nebo reálná varianta dosahující ve všech kritériích najednou nejlepší možné hodnocení. Současně se určí i bazální varianta D s ohodnocením (d_1, \dots, d_n) . Bazální varianta je hypotetická nebo reálná varianta, jejíž ohodnocení je nejhorší dle všech kritérií.
2. Následně se vytvoří standardizovaná matice R , prvky matice se získají pomocí vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \quad (3)$$

3. Výsledná matice R představuje matici hodnot funkce užítku z i -té varianty dle j -tého kritéria, jelikož jsou prvky této matice jsou transformovanými kritériálními hodnotami tak, že $r_{ij} \in \langle 0; 1 \rangle$. Následně bazální varianta odpovídá hodnotě nula a ideální hodnotě jedna.
4. Agregovaná funkce užítku se vypočte pro jednotlivé varianty. Závěrem se varianty seřadí sestupně dle hodnot $u(a_i)$ a varianty s nejvyššími hodnotami užítku lze pokládat za řešení problému (Šubrt, 2016. str.186).

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij} \quad (4)$$

5.3 Floyd-Warshallův algoritmus

Algoritmus vyhledávání nejkratší cesty grafem. Floyd-Warshallův algoritmus modifikuje cestu přidáváním vrcholů grafů do možné množiny vnitřních vrcholů cesty. Po každém přidání následuje kontrola, zda se nezmenšila délka cesty přes tento vrchol. Z toho vyplývá, že Floyd-Warshallův algoritmus je založen na metodě postupného zlepšování (Šeda, 2003, str. 37)

Na vstupu se využívá matice délek (silniční vzdálenosti pro 205 vybraných obcí). Pro použití algoritmu je potřeba očíslovat vrcholy od 1 do n . Vzdálenosti mezi vrcholy jsou v matici $n \times n$. Vstupní matice d^{vstup} vyjadřuje vzdálenosti mezi jednotlivými vrcholy. Na diagonále matice jsou nuly, jedná se o vzdálenosti mezi jednotlivými vrcholy, ostatní indexy obsahují

číselné hodnoty. Při každé iteraci se matice vzdálenosti přepočítává, aby znázorňovala vzdálenosti všech dvojic vrcholů v postupně se zvětšující množině možných prostředníků. Matici pro $k \geq 1$ lze vyjádřit rekurzivním vztahem (Šeda, 2003, str. 38).

$$d_{ij}^{(k)} = \min(d_{ij}^{(k-1)}, d_{ik}^{(k-1)} + d_{kj}^{(k-1)}) \quad (5)$$

Postupu Floyd-Warshallova algoritmu lze porozumět z následující ukázky:

```
procedure FloydWarshal(d)
  for k = 1 to n do
    for i = 1 to n do
      for j = 1 to n do
        if d(i,k) + d(k,j) < d(i,j) then
          d(i,j) = d(i,k) + d(k,j)
```

(Gross, Yellen, 2004, str. 63)

6 Vlastní práce

6.1 Představení podniku

Společnost Medos, s.r.o. se sídlem Hvožd'any byla založena v roce 1990. V současné době provozuje 9 čerpacích stanic v České republice ve městech Pacov, Rožmitál pod Třemšínem, Hořovice, Verušičky, Stará Role, Ostrov, Kralupy nad Vltavou a dvě ve hlavním městě Praha. Společnost zaměstnává 110 pracovníků.

6.2 Výpočet vzdušné vzdálenosti

Pro získání výsledku bylo potřeba spočítat vzdušné vzdálenosti, které sloužily k výpočtům jednotlivých požadavků v dalších kapitolách.

Byly usuzovány body A a B na zemském povrchu o zeměpisných souřadnicích (α, β) kde α značí zeměpisnou délku a β zeměpisnou šířku (obojí měřeno v radiánech). Jejich vzdušnou vzdáleností byla myšlená délka nejkratšího oblouku po povrchu Země, která tato dvě místa spojuje. Při použití zjednodušujícího předpokladu, že Země má tvar dokonalé koule, je tímto obloukem část řezu povrchu Země rovinou procházející jejím středem (který je současně středem polárního souřadnicového systému) a body A a B. Délka tohoto oblouku je tak rovna velikosti úhlu, který svírají spojnice bodů A a B se středem Země (měřeného v radiánech), vynásobené velikostí R poloměru Země. Bylo uvažováno, že se $R = 6371,229$ km, což je udávaný střední poloměr Země (nasa.gov, 2019).

Uvažuje se, že souřadnicový systém je znormalizovaný tak, aby poloměr Země měl velikost 1. Kartézské souřadnice bodu A se vyjádří následovně:

$$a_1 = \cos(\alpha_A) \cos(\beta_A)$$

$$a_2 = \sin(\alpha_A) \cos(\beta_A)$$

$$a_3 = \sin(\beta_A)$$

Obdobně pro bod B. Cosinus úhlu svíraného polopřímkami $(0, A)$ a $(0, B)$ je roven skalárnímu součinu vektorů (a_1, a_2, a_3) a (b_1, b_2, b_3) :

$$\begin{aligned}
& a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 \\
& = \cos(\alpha_A) \cos(\beta_A) \cos(\alpha_B) \cos(\beta_B) + \sin(\alpha_A) \cos(\beta_A) \sin(\alpha_B) \cos(\beta_B) \\
& \quad + \sin(\beta_A) \sin(\beta_B) = \\
& = \cos(\beta_A) \cos(\beta_B) \cos(\alpha_A - \alpha_B) + \sin(\beta_A) \sin(\beta_B)
\end{aligned} \tag{6}$$

A tedy vzdušná vzdálenost bodů A a B je spočítaná jako

$$= \arccos [\cos(\beta_A) \cos(\beta_B) \cos(\alpha_A - \alpha_B) + \sin(\beta_A) \sin(\beta_B)] \cdot R \tag{7}$$

6.3 Použitá data a jejich zpracování

V této kapitole se postupně popisují všechny použité datové zdroje a způsob jejich nezbytného zpracování. Jak již bylo zmíněno, povaha a kvalita dostupných datových zdrojů do jisté míry určila podobu následně řešené úlohy. I z hlediska pracnosti tvořila tato část práce významnou část celé praktické části. Na data byly kladeny následující požadavky (splněné zcela v ideálním případě):

1. **strojová čitelnost** - data musí být dostupná a zpracovatelná hromadně, pomocí vhodných softwarových nástrojů a programového kódu.
2. **úplnost** - pochopitelně se preferují zdroje dat pokrývající danou oblast zcela (např. všechny obce ČR, ne jen vybrané).
3. **Aktuálnost** - je žádané pracovat s co nejaktuálnějšími daty.

V následujících podkapitolách jsou postupně popisovány jednotlivé zdroje dat. Je uveden a vysvětlen zdroj dat, vysvětlen obsah dat (a jejich účel pro následné výpočty) a z popisu bude také patrné, do jaké míry tato data vyhovují výše vysloveným požadavkům.

6.3.1 Počty obyvatel obcí ČR

Jednotlivé obce ČR budou v návrhu pro umístění čerpací stanice hrát významnou roli:

1. představovat kandidáty na lokace nové čerpací stanice,
2. zachycovat prostorové rozmístění populace – potenciálních zákazníků čerpacích stanic,

3. reprezentovat umístění stávajících čerpacích stanic – firmy Medos s.r.o. i konkurenčních.

Prvním datovým zdrojem je seznam všech obcí ČR a jejich počet obyvatel, dostupný na webových stránkách Českého statistického úřadu (czso.cz, 2109). Český statistický úřad (ČSÚ) zveřejňuje tato data vždy jednou ročně a zachycují stav k 1. lednu. V práci byly zpracovány dostupná data vztahující se k 1. 1. 2019. Data jsou dostupná ve formě souboru MS Excel a nevyžadovala žádné zvláštní zpracování. Obce jsou zde reprezentovány nejen svým oficiálním názvem („Název obce“), ale také kódem okresu (LAU 1) a především kódem obce (LAU 2). Kód obce je šestimístný číselný kód používaný ČSÚ k jednoznačné identifikaci každé obce v ČR (oproti tomu názvy jednoznačné nejsou, např. existuje hned 14 obcí s názvem „Nová Ves“).

Počet obyvatel v obcích České republiky k 1. 1. 2019

Population of municipalities of the Czech republic, 1 January 2019

Kód Code		Název obce Name of municipality	Počet obyvatel Population			Průměrný věk Average age		
okresu LAU 1	obce LAU 2		celkem Total	muži Males	ženy Females	celkem Total	muži Males	ženy Females
CZ0100	554782	Praha	1E+06	6E+05	7E+05	41,9	40,5	43,3
Okres Benešov								
CZ0201	529303	Benešov	16656	7985	8671	42,8	41,1	44,3
CZ0201	532568	Bernartice	235	113	122	45,1	48,4	42,0
CZ0201	530743	Bílkovice	214	105	109	43,3	43,9	42,7
CZ0201	532380	Blažejovice	116	56	60	46,5	42,3	50,5
CZ0201	532096	Borovnice	81	40	41	46,7	46,7	46,8
CZ0201	532924	Bukovany	765	382	383	40,0	40,8	39,3
CZ0201	529451	Bystřice	4422	2198	2224	41,3	40,2	42,5
CZ0201	532690	Ctiboř	144	74	70	36,4	36,1	36,7
CZ0201	529478	Čakov	127	65	62	40,1	39,8	40,4
CZ0201	529486	Čechtice	1403	671	732	42,5	41,1	43,7
CZ0201	529516	Čerčany	2868	1433	1435	41,7	41,2	42,3
CZ0201	529532	Červený Újezd	349	174	175	40,9	40,5	41,3
CZ0201	529541	Český Šternberk	164	78	86	44,6	44,3	44,9
CZ0201	529567	Čtyřkoly	704	339	365	40,2	40,1	40,3
CZ0201	532746	Děkanovice	61	32	29	44,9	44,8	45,1

Tabulka 2 Počet obcí v ČR, ukázka dat (zdroj: czso.cz)

Kromě celkového počtu obyvatel („Počet obyvatel – celkem“) obsahuje soubor i informace o počtu mužů, žen a průměrném věku obyvatel (opět zvlášť pro muže a ženy). Pro účel práce je dostačující počet všech obyvatel jako aproximací počet potenciálních zákazníků žijících v dané obci. Teoreticky by bylo správnější pracovat např. s počtem registrovaných motorových vozidel, avšak taková data jsou u v Centrálním registru vozidel (mdcr.cz, 2019) dostupná jen na úrovni obcí s rozšířenou působností.

Součet populace všech obcí ČR v tomto datovém zdroji je 10 649 800 obyvatel, což přesně odpovídá velikosti populace ČR dle souboru „Věkové složení obyvatel k 31. 12. 2018“

na webu ČSÚ. Celkově lze konstatovat, že tato data byla dostupná v úplné, aktuální a snadno zpracovatelné podobě.

6.3.2 Zeměpisné souřadnice obcí ČR

Jelikož obce reprezentují polohu jak čerpacích stanic, tak potenciálních zákazníků, je nezbytné nějakým způsobem pracovat s jejich prostorovým rozmístěním. V ideálním případě by se pracovalo se silničními vzdálenostmi každé dvojice obcí. Ovšem získat zdarma taková data se nepodařilo. Přístup zpracování tedy byl zkombinovat informace o zeměpisné poloze (použité posléze pro výpočet vzdušných vzdáleností) s informacemi o silničních vzdálenostech pro vybrané obce.

Zeměpisné (GPS) souřadnice všech obcí České republiky byly získány ze zdroje <http://33bccd.github.io/souradnice-mest>. Doprovodný text znázorňuje:

GPS souřadnice a PSČ měst (obcí) v ČR - CSV

Databáze by měla obsahovat všechna města (obce) v ČR k 1. 1. 2018

Počet obcí v databázi je 6 259 (z toho 5 vojenských újezdů)

Bez záruky, volně k použití

Náhled na prvních několika řádků datového souboru ve formátu CSV (*Column Separated Values*, tedy hodnoty oddělené čárkou):

Obec,Kód obce,Okres,Kód okresu,Kraj,Kód kraje,PSČ,Latitude,Longitude

```
Abertamy,554979,Karlovy Vary,CZ0412,Karlovarský kraj,CZ041,36235,50.368855,12.818377
Adamov,535826,České Budějovice,CZ0311,Jihočeský kraj,CZ031,37371,49.000624,14.539603
Adamov,581291,Blansko,CZ0641,Jihomoravský kraj,CZ064,67904,49.295708,16.663955
Adamov,531367,Kutná Hora,CZ0205,Středočeský kraj,CZ020,28601,49.857917,15.409018
Adršpach,547786,Náchod,CZ0523,Královéhradecký kraj,CZ052,54957,50.624387,16.083501
Albrechtice,598925,Karviná,CZ0803,Moravskoslezský kraj,CZ080,73543,49.786552,18.524545
Albrechtice,547981,Ústí nad Orlicí,CZ0534,Pardubický kraj,CZ053,56301,49.927643,16.644801
Albrechtice nad Orlicí,576077,Rychnov nad Kněžnou,CZ0524,Královéhradecký kraj,CZ052,51722,50.139886,16.064472
Albrechtice nad Vltavou,549258,Písek,CZ0314,Jihočeský kraj,CZ031,39816,49.253337,14.302929
Albrechtice v Jizerských horách,563528,Jablonec nad Nisou,CZ0512,Liberecký kraj,CZ051,46843,50.762400,15.275813
Albrechtičky,568741,Nový Jičín,CZ0804,Moravskoslezský kraj,CZ080,74255,49.701790,18.095627
Alojzov,506761,Prostějov,CZ0713,Olomoucký kraj,CZ071,79804,49.423541,17.041589
Andělská Hora,538001,Karlovy Vary,CZ0412,Karlovarský kraj,CZ041,36471,50.204490,12.962918
Andělská Hora,551929,Bruntál,CZ0801,Moravskoslezský kraj,CZ080,79331,50.060911,17.389192
```

Tabulka 3 GPS souřadnice měst, ukázka (zdroj: 33bccd.github.io)

Data obsahují následující sloupce: název obce, kód obce (stejný jako používá ČSÚ), název okresu, kód okresu, název kraje, kód kraje, PSČ, zeměpisná šířka (*Latitude*) a zeměpisná délka (*Longitude*).

Tato data rovněž nevyžadovala zvláštní zpracování. V programu MS Excel byla k těmto datům připojena informace o populaci. Pro tento účel posloužil v obou datových sadách použitý unikátní kód obce. Seznamy obcí v obou datových zdrojích byly identické, pouze ve zdroji ČSÚ chyběla obec „Brdy (vojenský újezd)“ s 0 obyvateli, která formálně zanikla 1. 1. 2016. Výsledkem byla následující tabulka, uložená do datového souboru „Obce.dat“ (náhled na prvních několik řádků):

obec	obec_kod	okres	okres_kod	kraj	kraj_kod	psc	lat	long	popul
Praha	554782	Praha	CZ0100	Hlavní město Praha	CZ010	11000	50.075638	14.437900	1308632
Brno	582786	Brno-město	CZ0642	Jihomoravský kraj	CZ064	60200	49.195160	16.606937	380681
Ostrava	554821	Ostrava-město	CZ0806	Moravskoslezský kraj	CZ080	70200	49.821023	18.262624	289128
Plzeň	554791	Plzeň-město	CZ0323	Plzeňský kraj	CZ032	30100	49.738531	13.373737	172441
Liberec	563889	Liberec	CZ0513	Liberecký kraj	CZ051	46001	50.766380	15.054439	104445
Olomouc	500496	Olomouc	CZ0712	Olomoucký kraj	CZ071	77900	49.593878	17.250979	100523
České Budějovice	544256	České Budějovice	CZ0311	Jihočeský kraj	CZ031	37001	48.975758	14.480355	94014
Ústí nad Labem	554804	Ústí nad Labem	CZ0427	Ústecký kraj	CZ042	40001	50.661216	14.053246	92952
Hradec Králové	569810	Hradec Králové	CZ0521	Královéhradecký kraj	CZ052	50002	50.210461	15.825311	92742
Pardubice	555134	Pardubice	CZ0532	Pardubický kraj	CZ053	53002	50.034409	15.781299	90688
Zlín	585068	Zlín	CZ0724	Zlínský kraj	CZ072	76001	49.224537	17.662863	74997
Havířov	555088	Karviná	CZ0803	Moravskoslezský kraj	CZ080	73601	49.780492	18.430725	71903
Kladno	532053	Kladno	CZ0203	Středočeský kraj	CZ020	27201	50.141799	14.106846	69054
Most	567027	Most	CZ0425	Ústecký kraj	CZ042	43401	50.501655	13.633012	66186
Opava	505927	Opava	CZ0805	Moravskoslezský kraj	CZ080	74601	49.940760	17.894899	56638

Tabulka 4 Datový soubor "Obce.dat" (zdroj: vlastní zpracování)

Tato tabulka byla nahrána do SQL databáze (tabulka „Obce“) pomocí následujícího kódu:

```
-- Obce ČR (název, kód, okres, kraj, GPS, počet obyvatel)
DROP TABLE Obce

-- Vytvoří prázdnou tabulku
CREATE TABLE Obce
(obec VARCHAR(50), obec_kod INT, okres VARCHAR(30), okres_kod
VARCHAR(6), kraj VARCHAR(30), kraj_kod VARCHAR(5), psc INT, lat
FLOAT, LONG FLOAT, popul INT)

-- Načte data z textového souboru
BULK INSERT Obce
FROM 'C:\Olga\DP\Data for import\Obce.dat'
WITH (FIELDTERMINATOR = ' ', ROWTERMINATOR = '\n', FIRSTROW = 2)

-- Náhled na vytvořenou tabulku
-- 6 259 row(s) affected
SELECT * FROM Obce
```

V SQL byla s pozitivním výsledkem provedena základní kontrola dat (počet řádků, počet unikátních kódů obcí, celková populace, počet krajů, počet okresů, rozdělení hodnot počtu obyvatel a GPS souřadnic).

Protože v následných výpočtech se bude pracovat se vzdušnými vzdálenostmi obcí, bude výpočetně účinné, když se předem vypočtou vzdušné vzdálenosti pro všechny dvojice obcí ČR. Při celkem 6 259 obcích to činí 39 175 081 dvojic. Při zohlednění symetričnosti matice by šlo o 19 584 411 vzdáleností, které je nutné spočítat.

Samotný výpočet v SQL probíhal jednoduchým napojením tabulky Obce samy na sebe (úplný kartézský součin) a použití vzorce uvedeného v kapitole 6.2. Přes velký počet dvojic trval výpočet cca jednu minutu. Zde je použitý SQL kód:

```
-- Vzdušné vzdálenosti
-- 39 175 081 rows affected
-- výpočet trvá 1 minutu
-- select top 1000 * from Vzdušne_vzdalenosti
DROP TABLE Vzdušne_vzdalenosti
SELECT
    o1.obec_kod AS kod1,
    o2.obec_kod AS kod2,
    CASE WHEN o1.obec_kod = o2.obec_kod THEN 0 ELSE
Round(Acos(Sin(o1.lat/180*pi())*Sin(o2.lat/180*pi())+Cos(o1.lat/180*pi()
i())*Cos(o2.lat/180*pi()))*Cos(Abs((o1.LONG-
o2.LONG)/180*pi())))*6371.229, 3)
    end AS vzduch_dist -- vzdušná vzdálenost v km
INTO Vzdušne_vzdalenosti
FROM Obce AS o1
JOIN Obce AS o2
    ON 1=1 -- každá s každou obcí
```

Pro zajímavost je zmíněno, že nejdlejší vzdušnou vzdálenost ze všech dvojic obcí ČR mají obce Hranice (u hranice s Německem v Ašském výběžku) a obec Hřčava (u Česko-Polsko-Slovenského trojmezí), konkrétně 484,5 km.

6.3.3 Seznam veřejných čerpacích stanic v ČR

Podstatnou informací při rozhodování o volbě místa pro rozšíření vlastní sítě čerpacích stanic je nejen poloha stávajících vlastních čerpacích stanic, ale i všech konkurenčních čerpacích stanic. Za tímto účelem byl zpracován seznam provozovaných veřejných čerpacích stanic pohonných hmot v ČR podle stavu evidence ke dni 6. 6. 2019 (mpo.cz, 2019). Ten vydává Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, konkrétně Odbor strategie a mezinárodní spolupráce v energetice, Oddělení analýz a datové podpory koncepcí a je ke stažení ve formě PDF souboru, viz náhled níže.

Číslo řádku	Ulice	Popis umístění	PSČ	Obec	LAU 1	Datum uvedení do provozu	1	2
1	Bohdalecká 3067/33		101 00	Praha 10	0100	1.11.1996	x	x
2	Černokostecká		100 00	Praha 10	0100	30.9.1997	x	x
3	Černokostecká 114		108 34	Praha 10	0100	1.4.1981	x	x
4	Hornoměcholupská, ČS PHM		109 00	Praha 10	0100	7.1.1999	x	x
5	Jižní spojka 2580/14		106 54	Praha 10	0100	1.9.2000	x	x
6	Jižní spojka, ČS PHM	Štěrboholská sever	100 00	Praha 10	0100	15.11.1996	x	x
7	Jižní spojka, ČS PHM	Štěrboholská jih	100 00	Praha 10	0100	19.12.1997	x	x
8	Limuzská 806/754		100 00	Praha 10	0100	3.5.2004	x	x
9	Na Hroudě 30		100 00	Praha 10	0100	4.8.2008	x	x
10	Nad Vršovskou horou 80		101 00	Praha 10	0100	1.1.1973	x	x
11	Nad Vršovskou horou, ČS PHM		101 00	Praha 10	0100	1.10.1995	x	x
12	Průběžná 82, PS CNG		100 00	Praha 10	0100	21.12.2015		
13	Průběžná, ČS LPG		100 00	Praha 10	0100	29.8.2003		
14	Průmyslová 42		108 00	Praha 10	0100	8.4.2004	x	x
15	Ruská, ČS PHM		100 00	Praha 10	0100	1.1.1994	x	x

Tabulka 5 Náhled veřejných čerpacích stanic v ČR, ukázka (zdroj: mpo.cz)

Data obsahují ke každé čerpací stanici následující informace:

1. Číslo řádku v souboru
2. Umístění (obec, okres – LAU 1, PSČ, ulice a č. p.)
3. Datum uvedení do provozu
4. Typu pohonných hmot prodávaných na dané čerpací stanici (sloupce 1, 2, 3, ..., 7 a 8)

Součástí souboru je i legenda k jednotlivým 8 typům pohonných hmot:

- 1 – Bezolovnaté automobilové benziny
- 2 – Motorové nafty
- 3 – Směsné motorové nafty obsahující methylestery mastných kyselin (FAME)
- 4 – Methylestery mastných kyselin (FAME) pro vznětové motory
- 5 – Zkapalněné ropné plyny (LPG)
- 6 – Stlačený zemní plyn (CNG)
- 7 – Ethanol E85
- 8 – Jiná paliva mimo elektrické energie

Prvním nezbytným krokem bylo převedení dat z podoby PDF souboru do podoby souboru MS Excel. Cílem bylo pomocí sloupců Obec a LAU 1 připojit informaci o počtu čerpacích stanic k již vytvořené tabulce obcí. Pouze ve dvou případech existují v daném okrese obce se stejným názvem – avšak v žádné z těchto obcí se nenachází čerpací stanice. Proto kombinace těchto dvou sloupců je použitelná pro jednoznačné připojení každé čerpací stanice příslušné obci.

Tento zdánlivě jednoduchý krok však vyžadoval několik hodin práce spočívající v čištění názvů obcí a kódů okresů. Především názvy obcí ve stovkách případů nepředstavovaly správný oficiální název obce, v jejímž katastru se daná čerpací stanice nachází. Následující

tabulka ukazuje jen namátkou vybrané příklady původní hodnoty ve sloupci „Obec“ a správného oficiálního názvu obce:

Původní	Správné
Antošovice	Ostrava
Horní Sloupnice	Sloupnice
Praha 10	Praha
Praha 10 - Zahradní město	Praha
Beroun 1	Beroun
Frýdlant v Čechách	Frýdlant
Bantice u Znojma	Bantice
Brandýs nad Labem	Brandýs nad Labem - Stará Boleslav
Blatnice pod Sv. Antonínkem	Blatnice pod Svatým Antonínkem
Frýdek - Místek	Frýdek-Místek
Dolní Dvořiště	Dolní Dvořiště
Semilyl	Semily

Tabulka 6 Chyby v souboru 1 (zdroj: vlastní zpracování)

V datech bylo nalezeno několik chyb:

1. místo názvu obce byl uveden název místní části obce,
2. název obce byl rozšířen ve stylu „Bantice u Znojma“ nebo „Frýdlant v Čechách“
3. jiný způsob zápisu názvu obce (např. „Sv.“ vs. „Svatý“),
4. obyčejný překlep.

Poněkud překvapivě se nacházely chyby i ve sloupci LAU 1, tedy kódu okresu. Zde je zcela namátkově několik případů (ve většině případů jde o sousední okresy):

Číslo řádku	Obec	Původní - chybné		Správné	
		LAU 1	Okres	LAU 1	Okres
390	Kostelec nad Černými Lesy	204	Kolín	209	Praha-východ
2309	Vysoké Mýto	532	Pardubice	534	Ústí nad Orlicí
2395	Pardubice	534	Ústí nad Orlicí	532	Pardubice
2581	Pelhřimov	634	Třebíč	633	Pelhřimov
3520	Vsetín	724	Zlín	723	Vsetín

Tabulka 7 Chyby v souboru 2 (zdroj: vlastní zpracování)

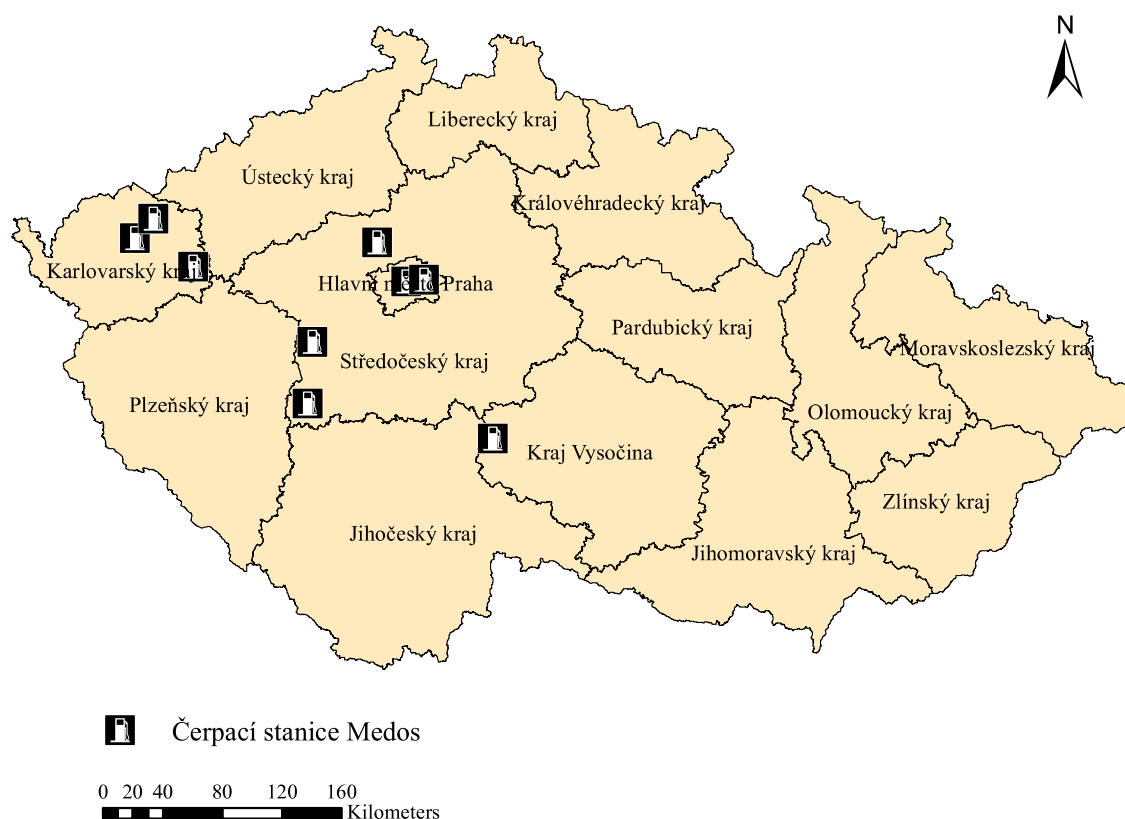
Opravy těchto sloupců byly prováděny v MS Excel, za pomoci databáze obcí, případně dalších zdrojů jako mapy.cz. Po těchto opravách již bylo možné čerpací stanice připojit k jednotlivým obcím (viz dále). Původní „název obce“ byl v datech ponechán jako sloupec „obec_orig“, opravený oficiální název obce pak jako „obec“.

Dalším krokem bylo označení čerpacích stanic Medos. Z veřejně dostupných informací o společnosti byla vytvořena následující tabulka jejich stávajících čerpacích stanic:

Obec	Ulice a č. p.	PSČ	Šířka	Délka
Pacov	Žižková 1075	395 01	49.4665	14.9926
Rožmitál pod Třemšínem	Nádražní 360	262 42	49.6022	13.8752
Hořovice	Tyršova	268 01	49.8430	13.9039
Verušičky	Verušičky 60	364 52	50.1366	13.1847
Stará Role	Závodu míru 897/82	360 17	50.2447	12.8333
Ostrov	Dolní Žďár 73	363 01	50.3199	12.9465
Kralupy nad Vltavou	Na Velvarské silnici	278 01	50.2297	14.2938
Praha	Vinohradská 2807/153d	130 00	50.0786	14.4697
Praha	Českokobrodská 831	190 00	50.0856	14.5776

Tabulka 8 Čerpací stanice Medos a jejich souřadnice (zdroj: vlastní zpracování)

Všech 9 čerpacích stanic bylo snadno manuálně dohledat v seznamu všech čerpacích stanic. Konkrétně se jedná o čerpací stanice číslo 54, 75, 295, 460, 778, 1429, 1435, 1451 a 2536. Označeny byly přidáním sloupce „medos“ do tabulky čerpacích stanic, s hodnotou 1 pro těchto 9 stanic a hodnotou 0 pro všechny ostatní stanice.



Mapa 1 Čerpací stanice Medos (zdroj: vlastní zpracování)

Bylo zjištěno, že pouze 5 z 8 typů pohonných hmot je prodáváno na významném (> 10) množství čerpacích stanic, typy 3 a 4 se dokonce neprodávají na žádné stanici v ČR. Proto je dále uvažováno jen těchto 5 typů: 1, 2, 5, 6, 7. Sloupce byly pojmenovány „benzin“, „nafta“,

„lpg“, „cng“ a „ethanol“ a naplněny hodnotami 0 (neprodává) či 1 (prodává, v původním PDF označeno křížkem). Všechny 9 čerpacích stanic společnosti Medos prodává právě a pouze bezolovnatý automobilový benzín („benzín“) a motorovou naftu („nafta“). Výsledná tabulka čerpacích stanic vypadala takto (náhled na prvních několika řádků)

číslo	Ulice	umístění	medos	PŠČ	obec_orig	obec	lau1	datum	benzín	nafta	lpg	cng	ethanol
1	Bohdalecká 3067/33		0	10 100	Praha 10	Praha	0100	1.11.1996	1	1	0	0	0
2	Černokostelecká		0	10 000	Praha 10	Praha	0100	30.9.1997	1	1	0	0	0
3	Černokostelecká 114		0	10 834	Praha 10	Praha	0100	1.4.1981	1	1	0	0	0
4	Hornoměřcholupská, ČS		0	10 900	Praha 10	Praha	0100	7.1.1999	1	1	0	0	0
5	Jižní spojka 2580/14		0	10 654	Praha 10	Praha	0100	1.9.2000	1	1	0	0	0
6	Jižní spojka, ČS PHM	Štěřboholská	0	10 000	Praha 10	Praha	0100	15.11.1996	1	1	0	0	0
7	Jižní spojka, ČS PHM	Štěřboholská	0	10 000	Praha 10	Praha	0100	19.12.1997	1	1	0	0	0
8	Limuzská 806/754		0	10 000	Praha 10	Praha	0100	3.5.2004	1	1	0	0	0
9	Na Hroudě 30		0	10 000	Praha 10	Praha	0100	4.8.2008	1	1	0	0	0
10	Nad Vršovskou horou 80		0	10 100	Praha 10	Praha	0100	1.1.1973	0	1	0	0	0
11	Nad Vršovskou horou, ČS		0	10 100	Praha 10	Praha	0100	1.10.1995	1	1	0	0	0
12	Průběžná 82, PS CNG		0	10 000	Praha 10	Praha	0100	21.12.2015	0	0	0	1	0
13	Průběžná, ČS LPG		0	10 000	Praha 10	Praha	0100	29.8.2003	0	0	1	0	0

Tabulka 9 Čerpací stanice ČR, náhled (zdroj: vlastní zpracování)

Tato data byla nahrána do SQL databáze do tabulky „Stanice“:

```
-- Čerpací stanice (obec, okres, typy pohoných hmot...)
DROP TABLE Stanice

-- Vytvoří prázdnou tabulku
CREATE TABLE Stanice
(cislo INT, ulice VARCHAR(50), umisteni VARCHAR(50), medos bit, psc
INT, obec_orig VARCHAR(50), obec VARCHAR(50), lau1 VARCHAR(4), datum
VARCHAR(10), benzín bit, nafta bit, lpg bit, cng bit, ethanol bit)

-- Načte data z textového souboru
BULK INSERT Stanice
FROM 'C:\Olga\DP\Data for import\stanice.dat'
WITH (FIELDTERMINATOR = ' ', ROWTERMINATOR = '\n', FIRSTROW = 2)

-- Náhled na vytvořenou tabulku
-- 3 920 row(s) affected
SELECT * FROM Stanice
```

Následující tabulka ukazuje statistiky, kolik čerpacích stanic (z celkových 3 920) nabízí určitý typ pohonných hmot:

Typ PH	Počet stanic	%
Všechny stanice	3 920	100
Benzín	2 799	71,4
Nafta	3 235	82,5
LPG	940	24
CNG	176	4,5
Ethanol	199	5,1

Tabulka 10 Nabízené pohonné hmoty v ČR (zdroj: vlastní zpracování)

Benzín je prodáván jen na 71 % čerpacích stanic, vyšší procento (83 %) má nafta. Z ostatních typů je nečastější LPG, zbývající dva se objevují spíše výjimečně. Zde je náhled na všechny vyskytující se kombinace:

Benzín	Nafta	LPG	CNG	Ethanol	Počet stanic	%
x	x				2 227	56,8
		x			524	13,4
	x				427	10,9
x	x	x			359	9,2
x	x			x	154	3,9
			x		153	3,9
x	x	x		x	42	1,1
	x		x		7	0,2
x	x		x		6	0,2
x	x	x	x		5	0,1
	x	x			5	0,1
x					4	0,1
		x	x		3	0,1
x	x	x	x	x	2	0,1
					1	0
	x			x	1	0

Tabulka 11 Kombinace prodeje pohonných hmot (zdroj: vlastní zpracování)

Nejčastější kombinací (57 % případů) je benzín a nafta. Na druhém místě (13,4 % případů) jsou stanice nabízející pouze LPG. Jelikož stanice Medos LPG nenabízejí, není možné tyto stanice považovat za skutečnou konkurenci. Proto nebudou v dalších výpočtech zvažovány. Podobně pro stanice nabízející pouze CNG (3,9 % případů). Celkem 71 % stanic nabízí benzín a naftu v případné kombinaci s dalšími typy pohonných hmot. V doplňku do 100 % pak kromě stanic nabízejících jen LPG či CNG existují ve významném počtu stanice

nabízející pouze motorovou naftu (10,9 % případů). Pohledem na dané adresy na mapy.cz pro vybrané stanice tohoto typu se dospělo k závěru, že jde typicky o čerpací stanice v areálech autodopravních či zemědělských podniků. Jde tedy formálně o „veřejné“ čerpací stanice dle kritérií Ministerstva dopravy, avšak o jejich využívání širší veřejností lze pochybovat. Proto se ani tyto stanice nebudou v následujících výpočtech zvažovány.

Jako „čerpací stanice“ budou tedy dále zvažovány jen ty, které prodávají benzín i naftu (a případně další typy pohonných hmot). Takových je přesně 2 795. Všechny 9 čerpacích stanic Medos je tohoto typu.

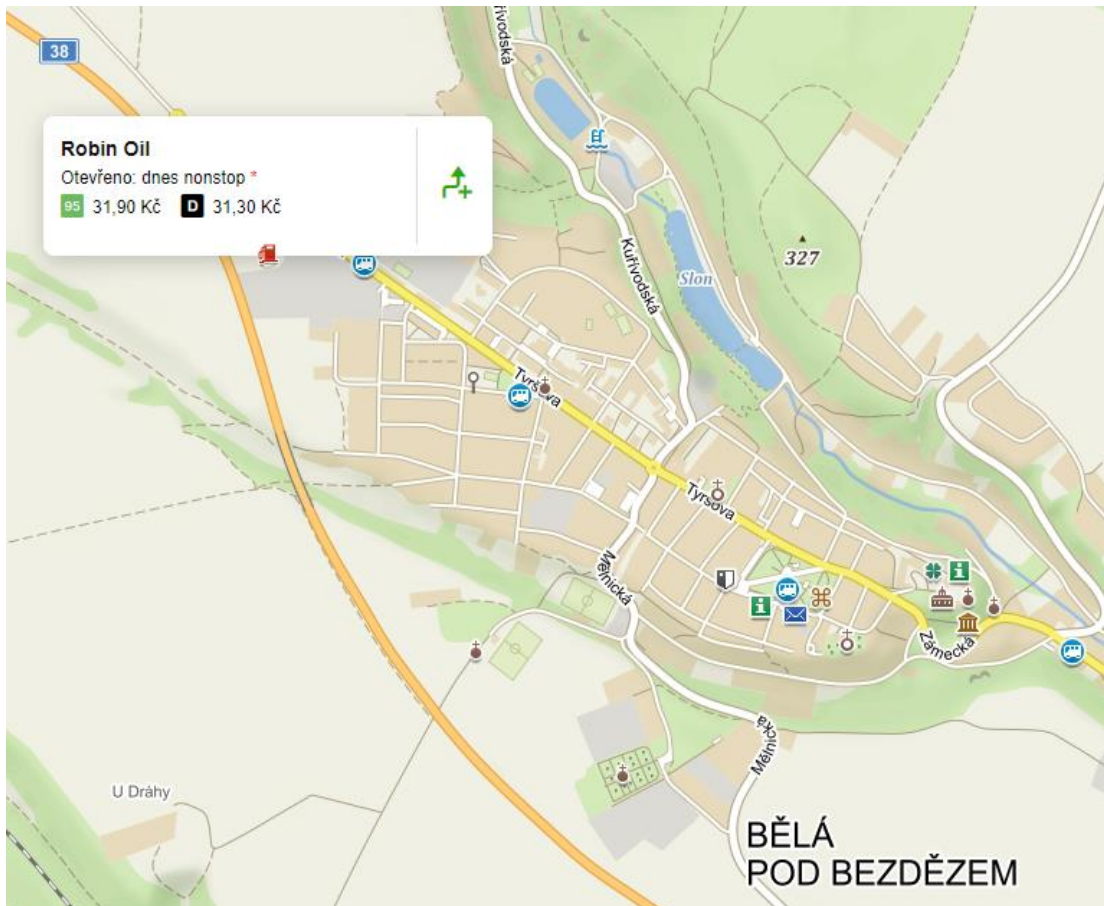
Následující SQL skript připojuje ke každé obci počet v jejím katastrálním území se nacházejících čerpacích stanic (dle námi přijaté zúžené definice):

```
-- Připojení informace o počtu čerpacích stanic k tabulce obcí
-- 6 259 rows affected
-- select * from Obce_Stаницe
DROP TABLE Obce_Stаницe
SELECT
  o.*,
  Sum(CASE WHEN benzin = 1 AND nafta = 1 THEN 1 ELSE 0 end) AS
  pocet_stanic, -- počet čerpacích stanic uvažovaného typu
  Sum(1*isnull(medos, 0)) AS pocet_medos -- počet čerpacích stanic Medos
  Agro
INTO Obce_Stаницe
FROM Obce AS o
LEFT JOIN Stаницe AS s
ON o.obec = s.obec AND o.okres_kod = concat('CZ', laul) -- shodný název
  obce a okres
GROUP BY o.obec, o.obec_kod, o.okres, o.okres_kod, o.kraj, o.kraj_kod,
  o.psc, o.lat, o.LONG, o.popul
```

Připojení probíhá pomocí názvu obce a kódu okresu, což jak bylo sděleno, představuje jednoznačné určení obce. Kromě počtu všech čerpacích stanic (sloupec „pocet_stanic“) byl napočten i počet stanic Medos v dané obci (ten je roven 0, 1 či 2). Bylo zkontrolováno, že součet počtů stanic přes všechny obce je roven počtu všech stanic, tj. všechny stanice byly úspěšně připojeny k obcím.

Pro kontrolu úplnosti databáze bylo namátkou vybráno několik středně velkých měst (např. Kladno) a porovnán počet čerpacích stanic s daty webu mapy.cz – výsledky souhlasily. Následně se na mapy.cz prohlédlo 10 největších obcí (podle počtu obyvatel), v nichž podle databáze neexistuje žádná čerpací stanice. U 9 obcí se tato informace ukázal ve shodě s daty

mapy.cz, pouze u města Bělá pod Bezdězem (4 786 obyvatel) byla v mapě nalezena čerpací stanice Robin Oil.



Obrázek 3 Čerpací stanice Robin Oil (zdroj: mapy.cz)

Tato informace se zohlednila opravou příslušného políčka v tabulce „Obec_Stanice“:

```
-- Oprava (Bělá pod Bezdězem podle mapy.cz čerpací stanici má)  
UPDATE Obec_Stanice SET pocet_stanic = 1 WHERE obec_kod = 535443
```

6.4 Matice silničních vzdáleností

Protože jsou k dispozici zeměpisné souřadnice obcí ČR, bylo možné všechny výpočty založit na vzdušných vzdálenostech. Ty v některých případech velice přesně aproximují silniční vzdálenosti, v některých případech však méně přesně. Proto se v rámci řešení úlohy rozhodlo pracovat i se silničními vzdálenostmi.

Ideální situací by bylo získat silniční vzdálenost pro všechny dvojice obcí ČR. To se však ukázalo jako nerealizovatelné – taková data nejsou zdarma volně ke stažení. Je možné si

pomocí plánovačů typu mapy.cz či google maps nechat spočítat silniční vzdálenost pro konkrétní dvojici obcí, avšak ruční opakování takového postupu by bylo časově velice zdoluhavé. Řešením by bylo naprogramování „roboty“, který by postupně zadával jednotlivé dvojice obcí a ukládal spočtené vzdálenosti. To vyžaduje jisté programátorské vlohky a navíc by hrozilo riziko zablokování přístupu ze strany provozovatele webu (chrání se proti podobným hromadným dolování svých dat).

Jako řešení bylo zvoleno následující:

1. pracovat jen s obcemi nad jistou hranici populace (konkrétně 3 500 obyvatel),
2. pracovat jen s obcemi z okresů, které připadají v úvahu pro umístění 10. stanice Medos z hlediska udržení kompaktnosti sítě, které byly vybrány vedením podniku

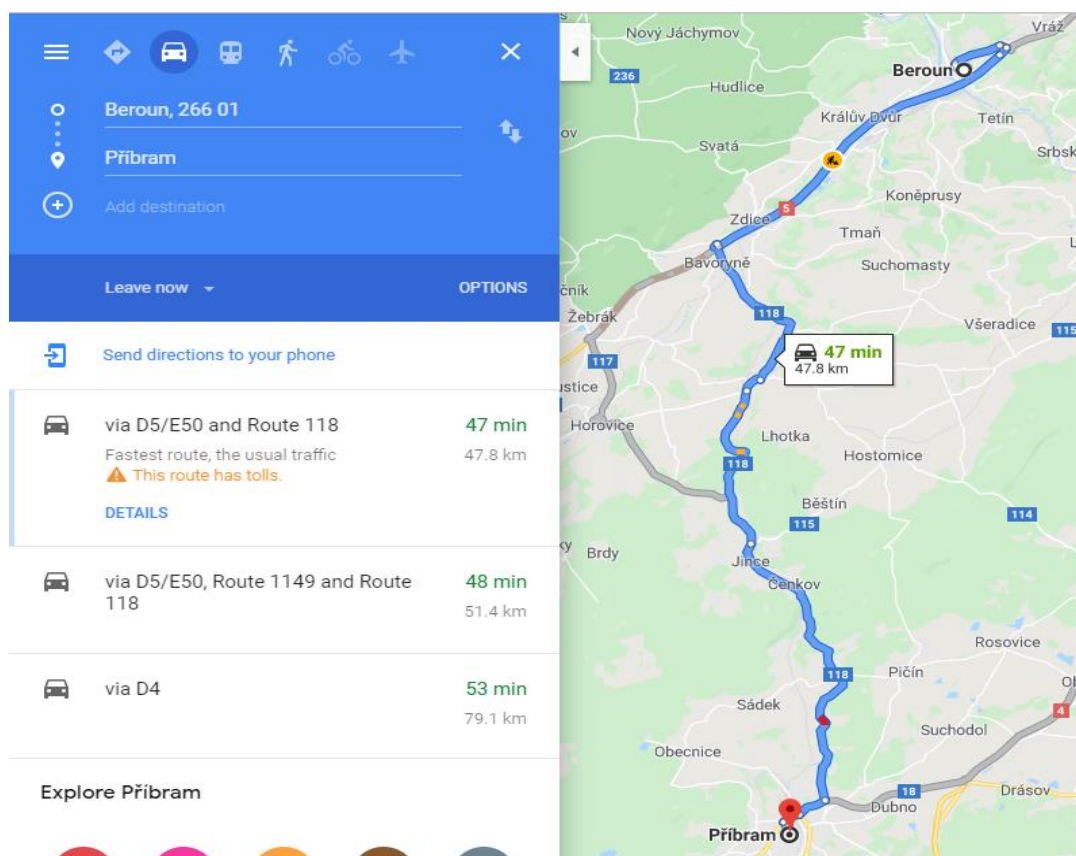


Mapa 2 Vybrané okresy (zdroj:vlastní zpracování)

Dále byla do seznamu obcí přidána obec Verušičky (okres Karlovy Vary), která sice nemá 3 500 a více obyvatel (ale pouze 473), avšak nachází se v ní jedna ze stávajících 9 čerpacích stanic Medos (zbývajících 8 stanic je umístěno v obcích nad 3 500 obyvatel). Celkem tak byl vytvořen seznam 205 obcí. V nich žije celkem 4 008 374 obyvatel z celkových 5 856 184 obyvatel daných 44 okresů (tj. 68,4 %). Není také příliš omezující zúžit množinu

kandidátů na umístění čerpací stanice ze všech obcí v ČR na pouze tento seznam 205 obcí. Silniční vzdálenosti pro každou dvojici z těchto 205 obcí byly získány pomocí nástroje google API.

Následující obrázek zobrazuje rozhraní webu Google Maps: po přepnutí do režimu „Directions“ vloží uživatel „Starting point“ a „Destinaton“ a zvolí způsob dopravy „driving“ (symbol osobního automobilu). Na mapě je poté vykresleno několik alternativních tras, přičemž ta doporučená je zvýrazněna modrou barvou. Její délka v kilometrech (na obrázku 47.8 km) je údaj, který je potřeba získat.



Obrázek 4 Trasy v rozhraní google maps (zdroj:google.cz)

Změřené vzdálenosti pro všechny dvojice 205 vybraných obcí byly získány jako matice 205 x 205 v MS Excelu. Před načtením do SQL databáze proto bylo třeba tato data transformovat do následující podoby („kod1“ je kód první obce, „kod2“ je kód druhé obce, „dist“ je silniční vzdálenost v km):

kod1	kod2	dist
554782	554782	0.000
554791	554782	98.462
563889	554782	113.609
544256	554782	147.751
554804	554782	91.028
555134	554782	124.654
532053	554782	35.087
567027	554782	100.606
586846	554782	125.811
567442	554782	92.549
562335	554782	114.506
562971	554782	98.642
554961	554782	127.475
535419	554782	66.797
561380	554782	92.473
552046	554782	90.968
539911	554782	62.944
554481	554782	173.177
533165	554782	73.315
549240	554782	106.675

Tabulka 12 Data vzdáleností pro 205 obcí (zdroj: vlastní zpracování)

Tato transformace byla provedena v programu MS Excel, pomocí funkcí SVYHLEDAT, NEPŘÍMÝ.ODKAZ a ODKAZ. Přetransformovaná tabulka byla načtena do tabulky „Vzdalenosti“ v SQL databázi následujícím skriptem:

```
-- Matice obec x obec, silniční vzdálenost v km
DROP TABLE Vzdalenosti
-- Vytvoří prázdnou tabulku
CREATE TABLE Vzdalenosti (kod1 INT, kod2 INT, dist FLOAT)
-- Načte data z textového souboru
BULK INSERT Vzdalenosti
FROM 'C:\Olga\DP\Data for import\vzdalenosti.dat'
WITH (FIELDTERMINATOR = ' ', ROWTERMINATOR = '\n', FIRSTROW = 2)
-- Náhled na vytvořenou tabulku
-- 42 025 row(s) affected
SELECT * FROM Vzdalenosti
```

6.4.1 Kontrola vzdálenosti

Následovala kontrola dat. Nejprve bylo úspěšně zkontrolováno, že vzdálenost z obce A do obce B je rovna 0 právě tehdy když $A = B$. Pro zajímavost je doplněno, že nejkratší vzdálenost mezi dvěma obcemi je 3,2 km (Meziboří a Litvínov). U obcí nad 3500 obyvatel – menší obce pochopitelně mohou mít i kratší vzdálenosti.

Dále byla provedená kontrola, zda jsou vzdálenosti symetrické, tedy zda vzdálenost z města A do města B je totožná se vzdáleností z B do A. Ukázalo se, že existují dvojice měst, kde se tyto vzdálenosti významně liší. Např. z Benešova nad Ploučnicí do Prahy byla zvolena

trasa dlouhá 94,4 km (přímější), zatímco v opačném směru trasa dlouhá plných 122,6 km (vedoucí z větší části po dálnici). Pro vyřešení situace bylo zvoleno, že pro každou dvojici obcí se bude v obou směrech pracovat s kratší z obou vzdáleností. Tyto upravené (symetrické) vzdálenosti byly uloženy do tabulky „Vzdalenosti_sym“:

```
-- Pro každou dvojici měst vezměme kratší ze vzdáleností
-- select * from Vzdalenosti_sym
-- 42 025 rows affected
DROP TABLE Vzdalenosti_sym
SELECT
  v1.kod1, v1.kod2,
  CASE WHEN v1.dist < v2.dist THEN v1.dist ELSE v2.dist end AS dist
INTO Vzdalenosti_sym
FROM Vzdalenosti AS v1
JOIN Vzdalenosti AS v2
  ON v1.kod1 = v2.kod2 AND v1.kod2 = v2.kod1
```

Průměrná silniční vzdálenost všech dvojic obcí klesla o 1,4 km z původních 143,9 km na nových 142,5 km.

Další vlastností, očekávanou od matice vzdáleností, je tzv. trojúhelníková nerovnost tzn, že vzdálenost z bodu A do bodu B nemůže být kratší než součet vzdáleností z bodu A do nějakého třetího bodu C a z C do B. Ovšem ani tato vlastnost pro data získaná z Google Maps neplatila. Jeden z výrazných příkladů byla trasa Rakovník → Hořovice → Příbram. Vzdálenost z Rakovníku do Hořovic byla určena jako 43,8 km a z Hořovic do Příbrami jako 23,9 km. Tedy vzdálenost z Rakovníku do Příbrami by neměla být delší než $43,8 + 23,9 = 67,7$ km. Byla však určena jako plných 111 km (jelikož preferována byla dálniční varianta přes Prahu).

Data byla upravená tak, aby splňovala trojúhelníkovou nerovnost. V konkrétním příkladu uvedeném výše to znamenalo opravit vzdálenost z Rakovníka do Příbrami na 67,7 km, případně na ještě kratší vzdálenost dosaženou jinými průjezdními body než jen Hořovice.

Jedná se tak o úlohou nalezení nejkratší cesty v grafu s ohodnocenými hranami mezi všemi dvojicemi jeho vrcholů. Vrcholy grafu tvoří 205 uvažovaných obcí, hrany grafu spojují každý vrchol s každým a jejich ohodnocení je tvořeno vzdálenostmi nalezenými pomocí Google Maps. Cílem je nalézt alternativní ohodnocení hran, které bude vyjadřovat délku nejkratší cesty v původním grafu.

6.4.2 Výpočet

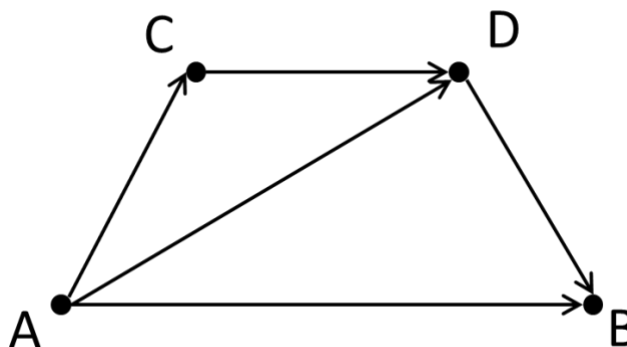
Jedním z algoritmů pro tento účel je Floydův–Warshallův algoritmus. Z důvodu snazší a přehlednější implementace v SQL byl použit lehce jiný postup algoritmu, i když hlavní

myšlenkou je Floyd–Warshallově algoritmu velice podobný. O něco nižší teoretická výpočetní efektivita tohoto algoritmu ve srovnání s Floyd–Warshallovým algoritmem není stěžejní, protože celý výpočet trval 18 vteřin.

Tento algoritmus využívá agregační funkce v SQL, které jsou zde přirozenější než vnořené „for cykly“, které používá Floydův–Warshallův algoritmus. Algoritmus lze popsat takto:

1. Jako nejkratší objevené vzdálenosti ulož délky hran spojující jednotlivé dvojice vrcholů. Pokud daná hrana neexistuje, přiřaď $+\infty$.
2. Zapamatuj si průměrnou nejkratší vzdálenost všech dvojic vrcholů v grafu.
3. Ke každé dvojici vrcholů A a B vyzkoušej postupně každý vrchol C a pokud $\text{dist}(A, B) > \text{dist}(A, C) + \text{dist}(C, B)$, pak aktualizuj $\text{dist}(A, B)$ na hodnotu $\text{dist}(A, C) + \text{dist}(C, B)$
4. Porovnej nově dosaženou průměrnou nejkratší vzdálenost všech dvojic vrcholů s poslední hodnotou z bodu 2. Pokud nedošlo ke zlepšení, ukonči algoritmus. Jinak se vrať na bod 2.

Jde tedy o opakovanou kontrolu splnění trojúhelníkové nerovnosti a vylepšování nejkratší nalezené cesty v případě jejího nesplnění. Je zřejmé, že algoritmus musí v konečném čase skončit – při konečném počtu vrcholů grafu není možné vylepšovat nejkratší cesty v nekonečně krocích. Po ukončení algoritmu je trojúhelníková nerovnost z definice algoritmu splněna pro všechny trojice vrcholů grafu. To lze chápat také tak, že nelze vylepšit nejkratší cestu mezi žádnou dvojicí vrcholů cestou přes jeden jediný průjezdní vrchol. Matematickou indukcí lze však snadno ukázat, že pokud nelze najít zlepšení nejkratší cesty pomocí n průjezdních bodů, pak to nelze ani pomocí $n + 1$ průjezdních bodů.



Obrázek 5 Matematická indukce vylepšení cesty (zdroj: vlastní zpracování)

Indukční krok pro $n = 1$ vypadá následovně. V diagramu výše plyne ze splnění trojúhelníkové nerovnosti, že:

$$\text{dist}(A, B) \leq \text{dist}(A, D) + \text{dist}(D, B),$$

$$\text{dist}(A, D) \leq \text{dist}(A, C) + \text{dist}(C, D).$$

Dosažením za $\text{dist}(A, D)$ dle druhé nerovnosti do první nerovnosti pak dostaneme:

$$\text{dist}(A, B) \leq \text{dist}(A, C) + \text{dist}(C, D) + \text{dist}(D, B).$$

Tedy délku cesty z A do B není možné vylepšit ani pomocí dvou průjezdů bodů C a D. Podobně vypadá indukční krok i pro vyšší n .

Níže je implementace použitého algoritmu v SQL, pomocí WHILE cyklu a použití dočasné tabulky #Vzdalenosti_sym pro ukládání výsledků po jednotlivých iteracích. Jádrem výpočtu je funkce SELECT napojující třikrát stejnou tabulku Vzdalenosti_sym, což představuje jednotlivé členy nerovnosti $\text{dist}(A, B) > \text{dist}(A, C) + \text{dist}(C, B)$. Jelikož se nekladou žádné podmínky na různost vrcholů A, B a C, stačí vždy nastavit novou vzdálenost $\text{dist}(A, B)$ na minimum z výrazů $\text{dist}(A, C) + \text{dist}(C, B)$ přes všechny vrcholy C.

```
-- Úprava nejkratší cesty.
-- Iterativní algoritmus, podobný Floyd-Warshall
-- výpočet potřeboval 4 iterace

DECLARE @dist_sum FLOAT
SET @dist_sum = (SELECT Avg(dist) FROM Vzdalenosti_sym) + 100

WHILE (SELECT Avg(dist) FROM Vzdalenosti_sym) < @dist_sum - 0.000001
BEGIN

SELECT * INTO #Vzdalenosti_sym FROM Vzdalenosti_sym -- kopíruji data
do dočasné tabulky
SET @dist_sum = (SELECT Avg(dist) FROM Vzdalenosti_sym) -- zapamatuji
si součet všech vzdáleností
PRINT @dist_sum -- výpis průměrné vzdálenosti

DROP TABLE Vzdalenosti_sym -- aktualizuji vzdálenosti
SELECT
    v1.kod1, v1.kod2,
    Min(v2.dist + v3.dist) AS dist
INTO Vzdalenosti_sym
FROM #Vzdalenosti_sym AS v1
JOIN #Vzdalenosti_sym AS v2
    ON v2.kod1 = v1.kod1
JOIN #Vzdalenosti_sym AS v3
    ON v3.kod1 = v2.kod2 AND v3.kod2 = v1.kod2
GROUP BY v1.kod1, v1.kod2

DROP TABLE #Vzdalenosti_sym -- smazání dočasné tabulky

END
```


Algoritmus provedl 4 iterace a celý výpočet trval 18 vteřin. Průměrná silniční vzdálenost všech dvojic obcí klesla z původních 142,5 km (po symetrizaci) na 133,4 km.

Poslední kontrolou bylo připojení vzdušných vzdáleností k tabulce silničních vzdáleností (uloženo do tabulky „Vzdalenosti2“) a kontrola, že silniční vzdálenost je vždy vyšší než vzdálenost vzdušná. Tato kontrola proběhla s pozitivním výsledkem.

6.5 Výpočty požadovaných kritérií

V této kapitole byly vypočteny jednotlivá kritéria na množině kandidátů pro umístění nové čerpací stanice společnosti Medos. Následně byla vyřešena úloha vícekritériálního rozhodování.

Výběr lokace pro novou čerpací stanici Medos byl proveden v detailu jednotlivých obcí ČR. Nebylo nalezeno zcela konkrétní místo (pozemní komunikace, pozemek), ale daná obec jako celek. Pracovalo se s 205 obcemi (obce nad 3500 obyvatel z vybraných 44 okresů), pro které byly vypočteny vzájemné silniční vzdálenosti.

Jako kritéria byla použita tato tři:

1. Maximalizace počtu zákazníků nové čerpací stanice na základě zjednodušeného modelu, s využitím databáze všech obcí a všech uvažovaných čerpacích stanic.
2. Maximalizace velikosti vhodně definovaného „přiblížení se“ sítě čerpacích stanic Medos obyvatelům 205 vybraných obcí (měřeno silniční vzdáleností k nejbližší čerpací stanici Medos).
3. Minimalizace součtu silničních vzdáleností nové čerpací stanice od stávajících 9 čerpacích stanic Medos (kritérium udržení kompaktnosti sítě).

6.5.1 Výpočet počtu zákazníků

Je žádoucí, aby čerpací stanice získala co nejvíce zákazníků a generovala tak co největší tržby. Jelikož některé náklady jsou fixní (cena či pronájem pozemku, do jisté míry cena obsluhy a údržby), bude s rostoucími tržbami růst i zisk z dané stanice.

Bude použit následující zjednodušený model: Každý obyvatel tankuje nejbližší svému bydlišti, měřeno vzdušnou čarou mezi středem obce bydliště a obce, v jejímž katastru se nachází čerpací stanice. Pokud je v dané nejbližší obci více než jedna čerpací stanice, daný člověk je

rovnoměrně střídá (nebo si představme, že pokaždé zvolí náhodně jednu ze stanic v obci). Byly zvažovány jen čerpací stanice nabízející benzín a naftu (a případně další typy pohonných hmot). Všechny obyvatelé se přitom počítají za rovnocenné, od batolat po seniory. Vycházelo se z předpokladu, že počet provozovaných motorových vozidel je poměrně dobře aproximován velikostí populace dané obce.

Tento model má pochopitelně řadu nepřesností oproti realitě:

- „Nejbližší čerpací stanice“ je určena pomocí vzdušné vzdálenosti středů obcí, nikoli podle přesného místa bydliště a přesného umístění čerpací stanice. Zvláště ve velkých městech je to významné zjednodušení.
- Nejbližší čerpací stanice nemusí být ta nejbližší místu bydliště, ale stejně tak ta na často vykonávané trase (do zaměstnání, na chalupu...). Proto hraje roli, u jaké komunikace s jak intenzivním provozem se stanice nachází.
- Lidé netankují benzín vždy u nejbližší (nejdostupnější) čerpací stanice, ale řídí se také cenou, službami, značkou, zvykem apod.

Přesto je kritérium vzešlé z tohoto silně zjednodušujícího modelu považováno jako zajímavé a přínosné pro rozhodování o umístění čerpací stanice. Toto kritérium bylo spočítáno pro všechny obce ČR, i když následně bude použito jen pro 205 vybraných obcí.

Pro výpočet počtu zákazníků nové čerpací stanice pro každou obec, dle výše popsaného modelu chování zákazníků, je potřeba postupně vypočítat následující.

Pro každou obec určit vzdálenost k nejbližší čerpací stanici. Pokud se čerpací stanice nachází přímo v dané obci, bude tato vzdálenost rovna 0. Použitý SQL kód je jednoduchý (k tabulce obcí připojujeme tabulku obcí s filtrem na ty s čerpací stanicí a počítáme minimum vzájemných vzdáleností, připojených z tabulky vzdušných vzdáleností):

```
-- Pro každou obec spočteme vzdálenost k nejbližší čerpací stanici
-- 6 259 rows affected
-- select * from min_vzduch_dist_stanice
DROP TABLE min_vzduch_dist_stanice
SELECT
  o.obec_kod,
  o.Popul,
  o.pocet_stanic,
  Min(d.vzduch_dist) AS min_vzduch_dist_stanice
INTO min_vzduch_dist_stanice
FROM Obce_stanice AS o
JOIN Obce_stanice AS s
  ON s.pocet_stanic > 0
JOIN Vzdušné_vzdálenosti AS d
  ON d.kod1 = o.obec_kod AND d.kod2 = s.obec_kod
GROUP BY o.obec_kod, o.Popul, o.pocet_stanic
```

Výpočet výše však nezobrazuje, ve které konkrétní obci tato nejbližší čerpací stanice leží. Avšak i tato informace byla pro další postup nezbytná. Proto další kus SQL kódu dohledá kód obce s čerpací stanicí, jejíž vzdálenost je rovna dané minimální vzdálenosti. Sloupec „cnt“ nabývající ve všech případech hodnotu 1 potvrzuje, že vždy existuje právě jedna nejbližší obec s čerpací stanicí.

```
-- Informace o tom, ve které obci je tato nejbližší stanice
-- select * from min_vzduch_dist_stanice2 order by cnt desc
-- 6 259 rows affected
DROP TABLE min_vzduch_dist_stanice2
SELECT
  o.obec_kod,
  o.Popul,
  o.pocet_stanic,
  min_vzduch_dist_stanice,
  Min(v1.kod2) AS stanice_obec_kod,
  Count(*) AS Cnt
INTO min_vzduch_dist_stanice2
FROM min_vzduch_dist_stanice AS o
JOIN Vzduzne_vzdalenosti AS v1
  ON v1.vzduch_dist = o.min_vzduch_dist_stanice AND v1.kod1 =
o.obec_kod -- podmínka nejbližší vzdálenosti
JOIN obce_stanice AS s1
  ON s1.obec_kod = v1.kod2 AND s1.pocet_stanic > 0
GROUP BY o.obec_kod, o.Popul, o.pocet_stanic,
o.min_vzduch_dist_stanice
```

Následně se pro každou obec s čerpací stanicí určilo, jak velká (z hlediska počtu obcí a hlavně velikosti populace) je její tzv. „spádová oblast“: Tj. kolik obyvatel má tuto obec jako svoji nejbližší s čerpací stanicí. Použitý SQL kód pouze agreguje počet obcí a jejich celkovou populaci dle kódu obce představující nejbližší čerpací stanici:

```
-- Počet obcí a obyvatel ze spádové oblasti dané obce s čerpací stanicí
-- select * from spadove_oblasti
-- select count(*) as cnt from obce_stanice where pocet_stanic > 0
-- 1 193 rows affected
DROP TABLE spadove_oblasti
SELECT
  stanice_obec_kod AS obec_kod,
  Count(*) AS spadova_pocet_obci,
  Sum(Popul) AS spadova_popul
INTO spadove_oblasti
FROM min_vzduch_dist_stanice2
GROUP BY stanice_obec_kod
```

Pokud by se 10. čerpací stanice společnosti Medos umístila do některé z obcí, kde již některá čerpací stanice (jakákoliv) je, tak počet jejich zákazníků by se rovnal velikosti populace dané spádové oblasti dělené počtem stávajících čerpacích stanic zvětšených o 1.

Pokud by se nová čerpací stanice umístila do obce, kde doposud žádná nebyla, bude situace o něco málo složitější. Vznikne tím totiž nová spádová oblast, která pojme část populace okolním spádovým oblastem. Velikost této nové spádové oblasti bude představovat počet zákazníků nové čerpací stanice. Tuto spádovou oblast tvoří ty obce bez čerpací stanice, jejichž vzdálenost do vybrané obce je kratší než do jejich stávající nejbližší čerpací stanice. Použitý SQL kód:

```
-- Jak velkou spádovou oblast bychom vytvořili přidáním čerpací stanice
-- do dané obce, kde zatím žádná stanice není?
-- select * from nove_spadove_oblasti order by nova_spadova_popul desc
-- 5 066 rows affected
DROP TABLE nove_spadove_oblasti
SELECT
    o1.obec_kod,
    Sum(o2.Popul) AS nova_spadova_popul,
    Count(*) AS nova_spadova_pocet_obci
INTO nove_spadove_oblasti
FROM obce_stanice AS o1
JOIN min_vzduch_dist_stanice2 AS o2
    ON o2.pocet_stanic = 0 -- ani tam stanice není
JOIN Vzdušne_vzdalenosti AS v
    ON v.kod1 = o1.obec_kod AND v.kod2 = o2.obec_kod
WHERE o1.pocet_stanic = 0 -- zatím tam stanice není
    AND v.vzduch_dist < o2.min_vzduch_dist_stanice -- nová stanice
    bude blíž
GROUP BY o1.obec_kod
```

obec	obec_kod	okres	okres_kod	kraj	kraj_kod	psc	nova_spadova_pocet_o	nova_spadova_popul	zakaznici
Vidče	545198	Vsetín	CZ0723	Zlínský kraj	CZ072	75653	5	11692	11692
Zubří	545252	Vsetín	CZ0723	Zlínský kraj	CZ072	75654	4	11184	11184
Hostěrádky-Rešov	593052	Vyškov	CZ0646	omoravský l	CZ064	68352	9	10649	10649
Střítež nad Bečvou	544922	Vsetín	CZ0723	Zlínský kraj	CZ072	75652	4	9945	9945
Zašová	545236	Vsetín	CZ0723	Zlínský kraj	CZ072	75651	4	9945	9945
Újezd u Brna	584045	Brno-venkov	CZ0643	omoravský l	CZ064	66453	8	9878	9878

Tabulka 13 Přehled obcí s vybranými kritérii (zdroj: vlastní zpracování)

Obec s nejvyšší hodnotou tohoto kritéria - 11692 zákazníků případně nově otevřené čerpací stanice - je obec Vidče v okrese Vsetín s 1747 obyvateli. Avšak jak ilustruje mapa okolí této obce, je to hodnota v tomto případě značně nerealistická. Model např. předpokládá, že v nově otevřené čerpací stanici v obci Vidče by tankovali obyvatelé obce Zubří (5540 obyvatel). Ovšem ti mají velice dobré dopravní spojení k čerpacím stanicím v Rožnově pod Radhoštěm a naopak Zubří od Vidče odděluje řeka Bečva. Podobně neexistuje přímé silniční spojení mezi obcemi Velká Lhota a Vidče.



Obrázek 10 Okolí obce Vidče (zdroj: mapy.cz)

Tento příklad poukazuje na to, že kritéria založená na zjednodušení reality (např. použití vzdušných vzdáleností) nejde slepě následovat, ale vždy bude třeba u konkrétních kandidátů pohledem do mapy.cz apod. ověřit reálnou situaci v dané lokalitě.

Výše vypočítaná data jako vedlejší produkt umožnily vytvořit zajímavý přehled hustoty a dostupnosti sítě čerpacích stanic napříč kraji a pásmy velikosti obce:

Kraj	Počet obcí	Počet okresů	Počet obyvatel	Počet stanic	Obyvatel / stanici	% obyvatel v obci s čerpacími stanicí	Prům. vzdálenost ke stanicí (km)
Hl. město Praha	1	1	1 308 632	178	7 352	100,0%	0,000
Středočeský	1 145	12	1 369 332	418	3 276	65,0%	1,176
Jihočeský	624	7	642 133	218	2 946	72,7%	1,234
Plzeňský	501	7	584 672	191	3 061	71,6%	1,290
Karlovarský	134	3	294 896	97	3 040	80,9%	0,752
Ústecký	354	7	820 789	251	3 270	80,8%	0,721
Liberecký	215	4	442 356	125	3 539	78,1%	0,835
Královéhradecký	448	5	551 021	159	3 466	70,5%	1,072
Pardubický	451	4	520 316	129	4 033	65,6%	1,429
Kraj Vysočina	704	5	509 274	163	3 124	64,5%	1,592
Jihomoravský	673	7	1 187 667	296	4 012	71,6%	1,015
Olomoucký	402	5	632 492	161	3 929	66,5%	1,309
Zlínský	307	4	582 921	152	3 835	68,6%	1,139
Moravskoslezský	300	6	1 203 299	258	4 664	84,0%	0,640
Celá ČR	6 259	77	10 649 800	2 796	3 809	75,8%	0,935

Tabulka 14 Hustota a dostupnosti čerpacích stanic (zdroj: vlastní zpracování)

6.5.2 Maximalizace přiblížení se síti stanic obyvatelům

V situaci, kdy obyvatelé preferují tankovat pohonné hmoty u konkrétní značky čerpacích stanic, má pro každou značku smysl snažit se svoji síť maximálně rozprostřít v prostoru. Cílem však není jistá maximalizace vzdáleností mezi jednotlivými čerpacími stanicemi sítě, nýbrž přiblížit se síti v co největší míře co největšímu počtu zákazníků. Cílem bylo minimalizovat jisté kritérium vzdálenosti nově vzniklé sítě 10 čerpacích stanic obyvatelům vybraných 205 obcí ČR. Omezení se na těchto 205 obcí bylo z důvodu, použití silničních vzdálenosti a nikoli vzdálenosti vzdušné.

Zohlednění tohoto kritéria zabraňuje umístění 10. čerpací stanice velice blízko některé z 9 již existujících, nebylo v prvním kritériu (počet zákazníků) třeba zohledňovat případné přetahování zákazníků některé stávající stanice stanicí novou.

Nejprve se pro každou obec vypočetla vzdálenost k nejbližší čerpací stanici Medos.

Použitý SQL kód:

```
-- Vzdálenost z obcí do nejbližší čerpací stanice Medos
-- select * from min_dist_medos order by min_dist_medos
-- 205 rows affected
DROP TABLE min_dist_medos
SELECT
  o.obec_kod,
  o.obec,
  o.Popul,
  Min(v.dist) AS min_dist_medos
INTO min_dist_medos
FROM Obce_stanice AS o
JOIN Obce_stanice AS s
  ON s.pocet_medos > 0
JOIN Vzdalenosti2 AS v
  ON v.kod1 = o.obec_kod AND v.kod2 = s.obec_kod AND v.dist IS NOT
NULL
GROUP BY o.obec_kod, o.obec, o.Popul
```

Po přidání 10. čerpací stanice do sítě se pro danou obec buď vzdálenost k nejbližší stanici sítě nezmění anebo se sníží na vzdálenost k nově přidané stanici, pokud ta bude kratší než dosavadní nejkratší vzdálenost. Protože od jisté hranice vzdálenosti již je přítomnost čerpací stanice nepodstatná (lidé nejsou ochotni za svou oblíbenou značkou dojíždět dále než jistý počet kilometrů), bylo rozhodnuto pracovat se vzdáleností „useknutou“ hodnotou 25 km. Bude se pracovat s transformací vzdálenosti v podobě $\min(\text{dist}, 25)$.

Podobně jako v kapitole 6.5.1 nevychází výše popsané kritérium ze zcela realistického popisu chování zákazníků čerpacích stanic. Formulovat nějaké kritérium bylo zapotřebí pro

přiblížení se sítě novým potenciálními zákazníky, které bude dávat alespoň teoretický smysl a prakticky povede z rozumnému zohlednění tohoto aspektu.

Použitý SQL kód pro každou obec vypočte celkovou transformovanou vzdálenost pro všechny obyvatele uvažovaných 205 obcí:

```
-- Celková (transformovaná) vzdálenost obcí od dítě čerpacích stanic
Medos
-- select * from sum_dist_medos order by sum_popul_dist
-- 205 rows affected
DROP TABLE sum_dist_medos
SELECT
  o1.obec_kod,
  o1.obec,
  Sum((CASE WHEN (v.dist < 25 OR md.min_dist_medos < 25)
    THEN (CASE WHEN v.dist < md.min_dist_medos THEN v.dist ELSE
md.min_dist_medos end)
    ELSE 25 end)*o2.Popul) AS sum_popul_dist
INTO sum_dist_medos
FROM Obce_stanice AS o1
JOIN Obce_stanice AS o2
  ON 1=1
JOIN min_dist_medos AS md
  ON md.obec_kod = o2.obec_kod
JOIN Vzdaleni2 AS v
  ON v.kod1 = o1.obec_kod AND v.kod2 = o2.obec_kod
GROUP BY o1.obec_kod, o1.obec
```

Obcí s nejlepší hodnotou tohoto kritéria je Plzeň. Je to dáno jejím vysokým počtem obyvatel (po Praze jde o největší město uvažované oblasti) a tím, že žádná ze stávajících 9 čerpacích stanic Medos Agro se nenachází v blízkosti Plzně (nejbližší stanice v Hořovicích i Rožmitálem pod Třemšínem jsou vzdáleny téměř 50 km).

6.5.3 Udržení kompaktnosti sítě stanic

Posledním kritériem je udržení kompaktnosti sítě čerpacích stanic. Z mapy č. 1 je zřejmé, že všech 9 stávajících čerpacích stanic společnosti Medos se nachází v relativně omezeném území České republiky, zhruba vymezeného městy Karlovy Vary, Praha, Pelhřimov a Příbram. To má své historické důvody a také to skýtá praktické výhody při správě sítě čerpacích stanic. Pokud by 10. čerpací stanice měla být umístěna např. v Moravskoslezském kraji, znamenalo by to vysoké dojezdové vzdálenosti do této stanice z ostatních stanic a také navýšení vzdálenosti při zásobování (společnost vlastní cisternu zajišťující rozvoz pohonných hmot). Proto byl výběr lokality omezen na skupinu 44 okresů ČR – stále dost širokou oblast,

aby bylo možné zvýšit pokrytí sítí stanic, avšak nezahrnující zcela odlehlé lokality z hlediska stávajících 9 stanic.

Kritérium bylo definováno jako součet silničních vzdáleností od nové čerpací stanice ke všem jednotlivým 9 existujícím stanicím. Použitý SQL kód tedy vypadá následovně:

```
-- Kritérium udržení kompaktnosti sítě stanic Medos: součet vzdáleností
-- od současných stanic Medos
-- select * from soucet_vzdalenosti_medos order by sum_stanice_dist
-- 205 rows affected
DROP TABLE soucet_vzdalenosti_medos
SELECT
  o1.obec_kod,
  o1.obec,
  Sum(o2.pocet_medos * v.dist) AS sum_stanice_dist -- součet silničních
vzdáleností od všech stanic Medos
INTO soucet_vzdalenosti_medos
FROM Obce_stanice AS o1
JOIN Obce_stanice AS o2
  ON o2.pocet_medos > 0
JOIN Vzdalenosti2 AS v
  ON v.kod1 = o1.obec_kod AND v.kod2 = o2.obec_kod AND v.dist IS NOT
NULL
GROUP BY o1.obec_kod, o1.obec
```

Obce nejvíce vyhovující tomuto kritériu se nachází v okresech Praha-západ, Kladno a Beroun.

7 Výsledky a diskuse

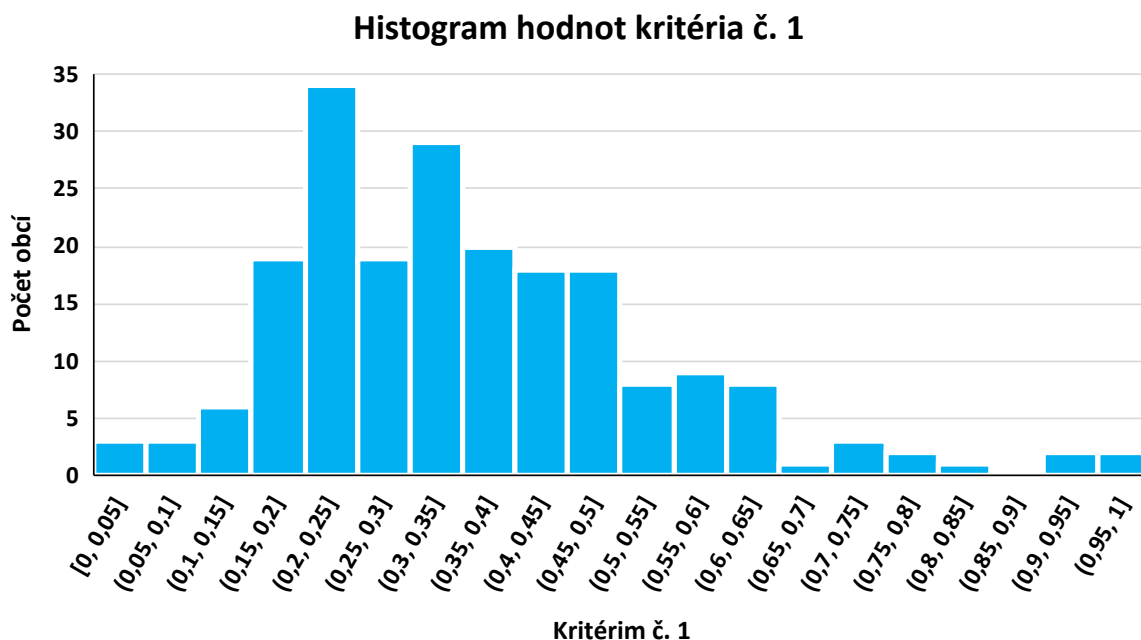
7.1 Nalezení kompromisních variant

V kapitole 6. byla pro všech 205 uvažovaných obcí postupně vypočtená následující tři kritéria, s uvedením, zda má být dané kritérium maximalizováno či minimalizováno:

1. počet zákazníků nové čerpací stanic – maximalizováno
2. vzdálenost sítě obyvatelů vybraných obcí – minimalizováno
3. součet vzdáleností nové stanice od stávajících 9 stanic – minimalizováno

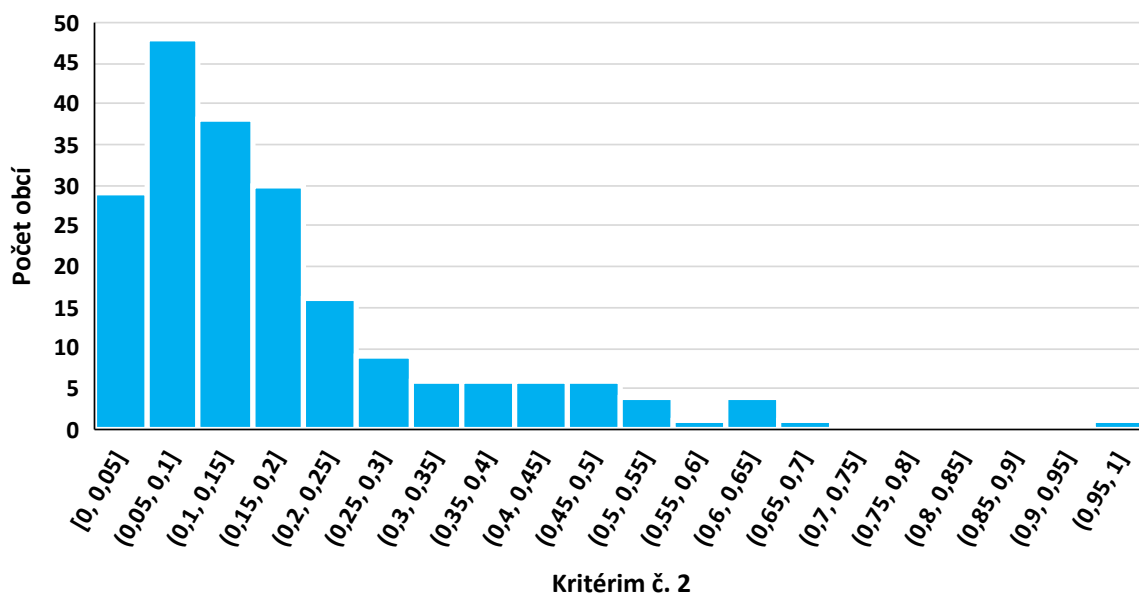
Všechna kritéria byla nejprve spojena do jedné SQL tabulky. Jelikož jednotky a škály hodnot všech tří kritérií jsou značně odlišné, byly dále pro lepší interpretaci znormalizována do intervalu $(0; 1)$ a to tak, aby hodnota 1 odpovídala nejlepší a hodnota 0 nejhorší hodnotě (v závislosti na směru optimalizace).

Následující tři grafy ukazují histogramy hodnot normalizovaných kritérií, spolu s průměrem a směrodatnou odchylkou:



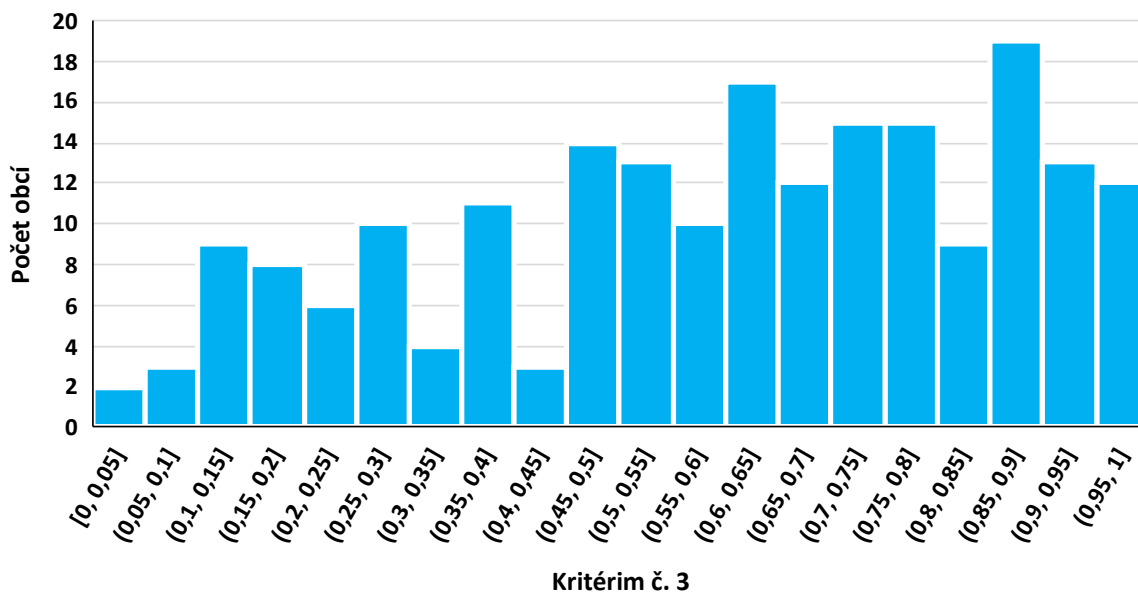
Obrázek 6 Histogram č.1

Histogram hodnot kritéria č. 2



Obrázek 7 Histogram č.2

Histogram hodnot kritéria č. 3



Obrázek 8 Histogram č.3

	Kritérium 1	Kritérium 2	Kritérium 3
Kritérium 1	1	0,195	0,375
Kritérium 2	0,195	1	0,013
Kritérium 3	0,375	0,013	1

Tabulka 15 Korelační tabulka kritérií (zdroj: vlastní zpracování)

Poněkud překvapující může na první pohled být, že kritérium 2 (vzdálenost sítě obyvatelů vybraných obcí) a kritérium 3 (součet vzdáleností nové stanice od stávajících stanic) spolu prakticky nekorelují, tedy kritéria přiblížení se zákazníkům a udržení kompaktnosti sítě nejsou ve vzájemném konfliktu. To souvisí s použitím hranice 25 km, od které již vzdálenost stanice k dané obci při výpočtu kritéria 3 nehraje roli. Pokud by tento parametr použit nebyl (či jeho hodnota byla např. 250 km), pak by tato dvě kritéria v souladu s intuitivním očekáváním skutečně vykazovala negativní korelaci.

Skutečnost, že kritéria 1 (počet zákazníků nové čerpací stanic) a 2 (vzdálenost sítě obyvatelů vybraných obcí) spolu pozitivně korelují, lze vysvětlit tím, že obě pozitivně zohledňují velikost populace dané obce nebo nejbližších obcí. Speciálně tedy pro menší obce např. do 10 000 obyvatel nabývají tato kritéria v průměru horších hodnot.

Jak již bylo uvedeno, napočtená číselná kritéria jsou jen aproximací reálných kritérií. A to faktorům jako je neexistence silničního spojení (tam, kde se pracovalo se vzdušnými vzdálenostmi) či specifická poloha silničních komunikací, zástavby a čerpacích stanic v rámci katastrálního území obcí. Navíc budou pro užší výběr použita další kritéria výběru umístění čerpací stanice, která nebyla zatím zohledněna: intenzita dopravy, průměrná cena pozemků, průměrná mzda, vzdálenost k nejbližšímu skladu. Proto cílem následujícího výpočtu není nalezení jednoho řešení, ale určení množiny kandidátů.

SQL skript pro nalezení kompromisních řešení a řešení dominovaných max. 1 variantou je následující. Ke každému řešení se najdou všechna, která ho dominují, a určí se jejich počet:

```
-- dominovaná řešení
-- select * from kompromisni_reseni
-- 205 rows affected
DROP TABLE kompromisni_reseni
SELECT
  k1.obec_kod, k1.obec,
  Count(k2.obec) AS pocet_domin
INTO kompromisni_reseni
FROM obce_kriteria2 AS k1
LEFT JOIN obce_kriteria2 AS k2
  ON k2.norm_krit1 > k1.norm_krit1 AND k2.norm_krit2 > k1.norm_krit2
AND k2.norm_krit3 > k1.norm_krit3
GROUP BY k1.obec_kod, k1.obec
```

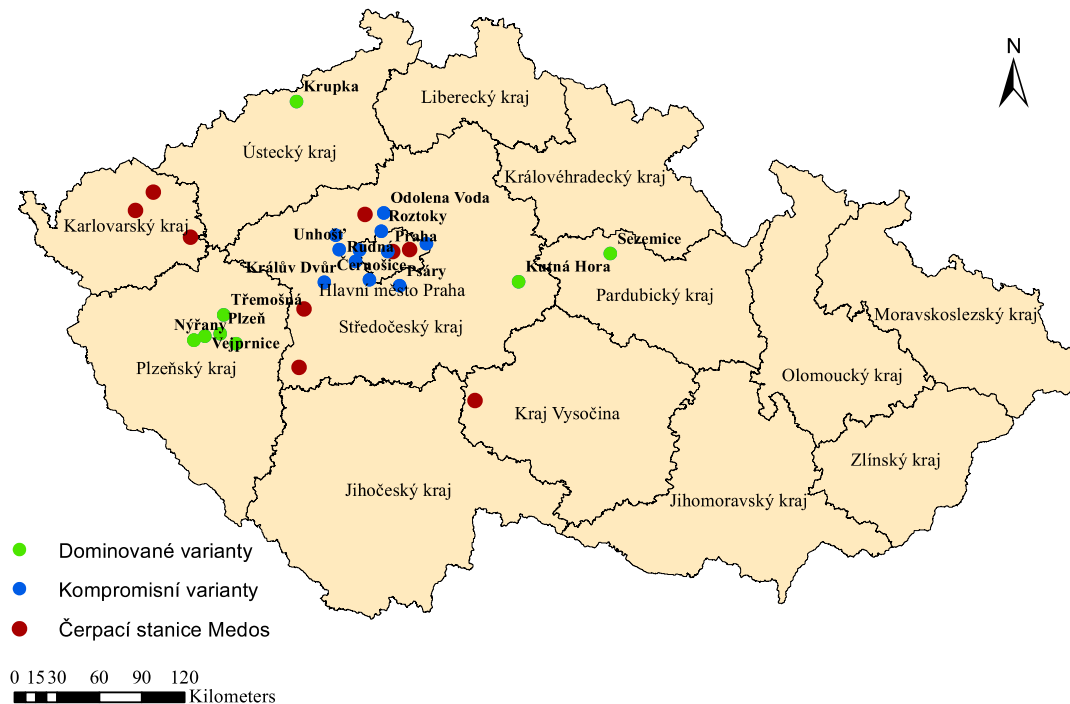
Úloha má 11 kompromisních variant a 8 variant dominovaných max. 1 variantou.

Těchto 19 řešení je obsaženo v následující tabulce:

	Obec	Okres	Zem. šířka	Zem. délka	Obyvatel	Počet stanic	Počet zákazníků	Normaliz. kritérium 1	Normaliz. kritérium 2	Normaliz. kritérium 3
1	Králův Dvůr	Beroun	49,95	14,03	9 357	1	5 743	0,71	0,12	0,97
2	Kladno	Kladno	50,14	14,11	69 054	17	3 893	0,47	0,39	0,97
3	Unhošť	Kladno	50,09	14,13	4 779	1	4 591	0,56	0,28	0,99
4	Rudná	Praha-západ	50,04	14,23	5 137	3	3 555	0,42	0,15	1,00
5	Hostivice	Praha-západ	50,08	14,26	8 546	1	4 273	0,52	0,15	0,99
6	Černošice	Praha-západ	49,96	14,32	7 170	1	4 947	0,61	0,05	0,95
7	Roztoky	Praha-západ	50,16	14,40	8 529	1	5 005	0,62	0,03	0,95
8	Odolena Voda	Praha-východ	50,23	14,41	6 022	1	4 762	0,58	0,07	0,90
9	Praha	Praha	50,08	14,44	1 308 632	178	7 310	0,92	0,00	0,99
10	Psáry	Praha-západ	49,94	14,51	3 974	0	5 884	0,73	0,12	0,89
11	Šestajovice	Praha-východ	50,11	14,68	3 833	0	6 700	0,84	0,17	0,83
12	Nýřany	Plzeň-sever	49,71	13,20	6 975	1	6 112	0,76	0,44	0,78
13	Vejprnice	Plzeň-sever	49,73	13,28	4 240	1	2 120	0,23	0,68	0,82
14	Plzeň	Plzeň-město	49,74	13,37	172 441	33	5 091	0,63	1,00	0,86
15	Třemošná	Plzeň-sever	49,82	13,40	5 031	1	5 057	0,62	0,62	0,86
16	Starý Plzenec	Plzeň-město	49,70	13,47	5 105	1	6 060	0,76	0,62	0,86
17	Krupka	Teplice	50,68	13,86	12 624	1	7 875	1,00	0,49	0,61
18	Kutná Hora	Kutná Hora	49,95	15,27	20 580	2	7 562	0,96	0,22	0,53
19	Sezemice	Pardubice	50,07	15,85	3 945	0	7 283	0,92	0,43	0,19

Tabulka 16 Vybrané obce (zdroj: vlastní zpracování)

Níže je mapa, na které jsou obce se stávající čerpací stanicí Medos s.r.o. vyznačena červenou značkou a obce z výběru 19 skoro efektivních řešení značkou modrou.



Těchto 19 řešení tvoří především dva shluky. První, větší shluk tvoří 11 obcí v okolí Prahy, především na západ od ní (v tabulce výše označeno modrou barvou): Praha, Šestajovice, Unhošť, Kladno, Králův Dvůr, Psáry, Hostivice, Černošice, Roztoky, Rudná, Odolena Voda. Tyto obce si svoje místo ve výběru zasloužily především téměř maximální hodnotou kritéria č. 3 (součet vzdáleností nové stanice od stávajících stanic), díky čemuž nebylo pro ostatní obce snadné jim dominovat. Naopak (až s výjimkou Kladna) spíše propadají v kritériu č. 2 (vzdálenost sítě obyvatelů vybraných obcí), tedy přiblížení sítě Medos obyvatelům vybraných 205 obcí. Důvodem je fakt, že v Praze již dvě čerpací stanice jsou a v blízkém okolí Prahy (právě s výjimkou Kladna) se žádné velké město nenachází. Hodnoty kritéria č. 1 (počet zákazníků nové čerpací stanic) jsou v průměru obdobné jako u zbytku výběru.

Druhým, menším shlukem jsou obce v okolí Plzně: Plzeň, Starý Plzenec, Třebošná, Vejprnice a Nýřany. Ty si stále vedou relativně slušně v kritériu č. 3 (nepředstavují výrazné roztažení sítě do prostoru), ale především (s výjimkou Nýřan) jde o řešení s nejlepší hodnotou kritéria č. 2. Představují tedy největší přiblížení se sítě vybraným 205 obcím, a to právě díky městu Plzeň, v jehož 50 km okolí doposud žádná stanice Medos není. Úplně nejsilnější v tomto kritériu je město Plzeň jako takové. Hodnoty kritéria č. 1 jsou opět v průměru obdobné jako u zbytku výběru.

Zbývající tři obce (Krupka, Kutná Hora a Sezemice) jsou izolované. Vyznačují se velice dobrou hodnotou kritéria č. 1 (počet zákazníků nové čerpací stanic), tedy představují obce s nízkým počtem čerpacích stanic v okolí v poměru k v oblasti žijící populaci. Hodnoty kritéria č. 2 (vzdálenost sítě obyvatelů vybraných obcí) jsou také nadprůměrné, tedy tyto obce by představovali přiblížení se sítě Medos podstatnému počtu obyvatel (především díky blízko ležícím velkým městům Hradec Králové, Pardubice, Teplice a Ústí nad Labem). Podprůměrné jsou naopak hodnoty kritéria č. 3, vyjadřující fakt, že by šlo o poměrně značné roztažení sítě Medos do prostoru.

7.2 Vícekriteriální analýza variant

Pro užší výběr variant byla použita metoda váženého součtu. Výběr 11 obcím byl doplněn o následující kritéria: průměrná mzda, cena pozemků, vzdálenost k nejbližšímu skladu (společnost odebírá ze skladu v Kralupech nad Vltavou a Litvínově) a hustota dopravy. Jedním

z důvodů využití této metody je využití pouze jednoho experta, který určuje důležitost kritérií. Dalším důvodem je výpočet pomoci užítku, tato proměnná je známá a dobře zpracovatelná.

Prvním krokem metody váženého součtu je určení váh kritérií, za odborné pomoci jednatele společnosti Medos, s.r.o byly tato kritéria určena a zapsána do tabulky. Váhy kritérií byly vypočítané pomocí Saatyho metody. Nejdůležitějšími kritérií dle významnosti byly: 1. cena pozemků, 2. vzdálenost ke skladů, 3.hustota dopravy, 4. průměrná mzda.

	Průměrná_m zda	cená pozemků (Kč/m2)	Vzdálenost_ k nejbli.sklad	Hustota dopravy aut/den	G průměr	vij
Průměrná_m zda	1,00	0,13	0,20	0,17	0,25	0,04
cená pozemků (Kč/m2)	8,00	1,00	5,00	4,00	3,56	0,59
Vzdálenost_ k nejbli.sklad	5,00	0,20	1,00	4,00	1,41	0,24
Hustota dopravy aut/den	6,00	0,25	0,25	1,00	0,78	0,13

Tabulka 17 Váhy kritérií (zdroj: vlastní zpracování)

Hodnoty průměrné mzdy a ceny pozemků jsou dostupné on-line na stránkách Českého statistického úřadu. Intenzita dopravy na jednotlivých komunikacích je poskytována v pravidelných pětiletých cyklech na stránkách Ředitelství silnic a dálnic, byly využity data pro rok 2016. Váhy jednotlivým kritériím byla přiřazena pomocí spolupráce s jednatelem společnosti Medos, s.r.o.. Proměnná H označuje ideální variantu, ze všech možností v daném sloupci. Vzhledem k tomu, že byly použita minimalizační (cena pozemků, vzdálenost ke skladů) i maximalizační kritéria (hustota dopravy, průměrná mzda), jedná se tak o nejmenší nebo největší hodnotu daného sloupce. Proměnná D označuje bazální variantu neboli nejhorší možnou z konkrétního sloupce hodnot. Dalším mezikrokem je výpočet v absolutní hodnotě potřebný do matice R . Následně na místa která obsahovala nejlepší variantu byly doplněny 1 a pro nejhorší 0. Hodnoty v zbývajících buňkách byly vypočítány dle vzorce (2). Rozhodující proměnná určující pořadí u_i byly vypočítá dle vzorce (3).

Obec	Okres	Průměrná mzda (Kč)	cená pozemků (m2)	Vzdálenost_ k nejbli.sklad (km)	Hustota dopravy aut/den
Králův Dvůr	Beroun	36153	1021	53,2	617514
Kladno	Kladno	36153	2114	24,8	1028725
Unhošť	Kladno	36153	1021	24,7	1028725
Rudná	Praha-západ	36153	2179	33,9	997667
Hostivice	Praha-západ	36153	2179	29,7	997667
Černošice	Praha-západ	36153	2179	52,4	997667
Roztoky	Praha-západ	36153	2179	20,7	997667
Odolena Voda	Praha-východ	36153	2331	9,1	1738151
Praha	Praha	42297	10902	31,9	951063
Psáry	Praha-západ	36153	2179	59,2	997667
Šestajovice	Praha-východ	36153	2331	27,5	1738151
vij		0,04	0,59	0,24	0,13
fce		MAX	MIN	MIN	MAX
H ideální		42297	1021	9,1	1738151
D bazální		36153	10902	59,2	617514
(H-D)		6144	9881	50,1	1120637

Tabulka 18 Výpočty analýzy variant (zdroj: vlastní zpracování)

Obec	Okres	u_i
Unhošť	Kladno	0,71
Roztoky	Praha-západ	0,66
Kladno	Kladno	0,64
Odolena Voda	Praha-východ	0,62
Králův Dvůr	Beroun	0,62
Hostivice	Praha-západ	0,62
Rudná	Praha-západ	0,60
Šestajovice	Praha-východ	0,53
Černošice	Praha-západ	0,51
Psáry	Praha-západ	0,48
Praha	Praha	0,05

Tabulka 19 Výsledné seřazení dle užitku (zdroj: vlastní zpracování)

Výsledná tabulka č. 19 zobrazuje, že nejvyšší hodnotu u_i získala obec Unhošť. Obec Roztoky se umístila na druhé pozici s rozdílem 5 %, obec Kladno byla pouze o 2 % pozadu od druhé varianty. Společnost byla s těmito výsledky seznámena. Při výběru výsledné lokality je doporučeno sledovat ceny pozemků v konkrétní obci zvlášť, protože data poskytnuta Českým

statistickým úřadem jsou z roku 2019. Je známo, že vývoj cen nemovitosti a pozemků v posledních letech prudce roste.

8 Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh pro čerpací stanice pro společnost Medos, s.r.o.. V teoretické části práce jsou vysvětleny pojmy související s oblastí logistiky a jsou popsány lokační problémy. Podrobně je rozepsaná stávající situace sítě čerpacích stanic v České republice, která patří mezi nejhustší v Evropě. Jsou také popsána evidovaná ložiska ropy a plynovody, kterými proudí ropa do České republiky ze zahraničních zdrojů.

Dále byl v teoretické části popsán dotazovací jazyk SQL, pomocí jeho příkazu byly dolovány požadované informace. V diplomové práci byl také popsán Floyd-Warshallův algoritmus, který se využívá pro hledání nejkratší cesty v grafu. Následně byla popsána vícekritériální analýza variant a metoda váženého součtu, použitá k samotnému výběru navrhované varianty.

V praktické části jsou popsány použité zdroje dat a jejich význam pro výpočty. Prvním zdrojem dat byl počet obyvatel obcí v ČR, který je dostupný na webových stránkách Českého statistického úřadu, je aktualizován jednou ročně vždy k 1.lednu. Tato data byla dostupná v úplné a zpracovatelné podobě. Dalším zdrojem byly zeměpisné souřadnice obcí ČR, které byly připojeny k informacím o počtu obyvatel. Výsledkem tohoto spojení byla tabulka „Obce.dat“, která byla nahraná do SQL databáze. Dále byly vypočteny vzdušné vzdálenosti pro všechny dvojice obcí. Důležitým zdrojem dat byl také seznam veřejných čerpacích stanic v ČR vydávaný Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR, bylo nutné ho konvertovat do podoby souboru MS Excel. Následovalo označení čerpacích stanic Medos přidáním sloupce „medos“ do tabulky čerpacích stanic s hodnotou 1 pro 9 již existujících stanic a 0 pro všechny ostatní, pak proběhlo připojení ke každé obci počet čerpacích stanic v jejím katastrálním území. Pomocí nástroje google API se získaly silniční vzdálenosti pro 205 obcí vybraných podnikem. Matice vzdálenosti 205 obcí byly načteny do SQL databáze, následovala kontrola dat (zda vzdálenost z města A do města B je totožná se vzdáleností z B do A). Prokázalo se, že existují dvojice měst, kde se vzdálenosti liší, proto se pracovalo s kratší vzdálenosti.

Dílním cílem bylo nalezení alternativní ohodnocení hran, které bude vyjadřovat délku nejkratší cesty v původním grafu (vrcholy grafu - 205 obcí, hrany grafu- vzdálenosti mezi nimi

nalezenými pomoci google API). K tomu byl využit postup založený na Foyd-Warshallově algoritmu. Místo „for cyklu“ byla využita agregační funkce v SQL. Šlo o opakovanou kontrolu splnění trojúhelníkové nerovnosti a vylepšování nejkratší cesty v případě jejího nesplnění. Průměrná silniční vzdálenost všech dvojíc se zmenšila o 9,1 km.

Následně byly dopočítány požadovaná kritéria jako: potenciální počet zákazníků, přiblížení sítě čerpacích stanic Medos obyvatelům vybraných obcí a minimalizovat součet silničních vzdáleností nové čerpací stanice. Výpočet počtu zákazníku byl spočítán pro všechny obce ČR (využité vzdušné vzdálenosti), následně bylo použito jen pro 205 vybraných obcí. Druhé kritérium přiblížení se sítě obyvatelům zamezuje umístění 10. čerpací stanice velice blízko některé z 9 již existujících. Třetí kritérium udržení kompaktnosti sítě zabraňuje, aby 10. čerpací stanice byla umístěna např. na Moravě, důsledkem by byly vysoké dojezdové vzdálenosti do této stanice z ostatních stanic a také zvýšení vzdálenosti při zásobování. Všechna kritéria byla sloučená do jedné SQL tabulky a znormalizována. Byl použit skript pro nalezení množiny kompromisních řešení, ke každému řešení se najdou všechna, která ho dominují, a určí se jejich počet. Výpočet zobrazil 11 kompromisních variant a 8 variant dominovaných max. 1 variantou, do metody váženého součtu se použily pouze kompromisní varianty.

Závěrečnou metodou byla metoda váženého součtu. V této metodě jsou důležitá zvolená kritéria, která byla jiná než v první části výpočtu. Jednatel společnosti zvolil následující kritéria: průměrná mzda, cena pozemků, vzdálenost k nejbližšímu skladu, hustota dopravy. Kritéria byla maximalizační (průměrná mzda, hustota dopravy) i minimalizační (cena pozemků, vzdálenost ke skladu), což značí, že je potřeba jak největší tak i nejmenší hodnota těchto kritérií. Další významnou proměnnou jsou váhy kritérií, které jim přidělil jednatel společnosti Medos s.r.o. a autorka práce použila Saatyho metodu pro určení jejich vah. Pomocí závěrečné metody váženého součtu se varianty seřadily sestupně podle výsledné hodnoty u_i . Nejvyšší hodnota patří obci Unhošť na druhé pozici za ní se umístila obec Roztoky rozdílem 5 %.

Všechny návrhy byly s prezentovány společnosti Medos s.r.o. Společnost sdělila, že při potenciální rozšíření sítě bude výsledné varianty, ke kterým dospěla autorka práce zvažovat. Stanovené cíle práce byly naplněny.

Seznam použitých zdrojů

BINHACK, Petr a Lukáš TICHÝ. *Energetická bezpečnost ČR a budoucnost energetické politiky EU*. Praha: Ústav mezinárodních vztahů, 2011. ISBN 978-80-87558-02-7.

BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: Credit, 2003. ISBN 978-80-213-1019-3.

DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNÍČEK. *Logistika - procesy a jejich řízení*. Brno: Computer Press, 2003. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 80-7226-521-0.

HRUBÝ, Zdeněk a Libor LUKÁŠEK. *Energetická bezpečnost České republiky*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2974-2.

GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

GROSS, Jonathan L. a Jay YELLEN. *Handbook of graph theory*. Boca Raton: CRC Press, 2004. ISBN 1-58488-090-2.

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 8086419428.

NICKEL, Stefan, PUERTO, Justo. *Location theory : a unified approach*. Berlin : Springer, 2005. ISBN 3-540-24321-6.

LACKO, Ľuboslav. *1001 tipů a triků pro SQL*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3010-0.

LAURENČÍK, Marek. *SQL: podrobný průvodce uživatele*. Praha: Grada Publishing, 2018. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-271-0774-2.

PERNICA, Petr. *Logistika: Aktivní prvky : Určeno pro studenty fakulty podnikohospodářské VŠE Praha*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-808-4.

ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.

Internetové zdroje

CO2: Parlament schválil nové emisní limity pro osobní auta a dodávky | Zpravodajství | Evropský parlament. [online]. Copyright ©AP Images [cit. 30.03.2020]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/press-room/20190321IPR32112/co2-parlament-schvalil-nove-emisni-limity-pro-osobni-auta-a-dodavky>

Doc. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D., Teorie grafů [online], 2003 [cit. 29.02.2020]. Dostupné z : http://www.uai.fme.vutbr.cz/~mseda/TG03_MS.pdf

Evropský parlament podpořil pokročilá biopaliva | Zpravodajství | Evropský parlament. [online]. Copyright ©BELGA [cit. 30.03.2020]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/press-room/20130906IPR18831/evropsky-parlament-podporil-pokrocila-biopaliva>

Earth Fact Sheet. *Welcome to the NSSDCA* [online]. Dostupné z: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>

MND.eu [online]. Dostupné z: <https://www.mnd.eu/wp-content/uploads/2018/05/TZ-KKCG-a-innogy.pdf>

Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. Copyright © [cit. 30.03.2020]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/2019/8/Zprava-o-vyvoji-energetiky-v-oblasti-ropy-za-roky-2017-a-2018.pdf>

OECD Economic Outlook, Interim Report March 2020. *OECD.org* - *OECD* [online]. Copyright © 2019 [cit. 31.03.2020]. Dostupné z: <https://www.oecd.org/economic-outlook/>

Oil 2020 – Analysis - IEA. *IEA – International Energy Agency*[online]. Copyright ©IEA [cit. 31.03.2020]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/oil-2020>

O NÁS. *Document Moved* [online]. Copyright ©2016 UNIPETROL RPA, s.r.o. [cit. 29.02.2020]. Dostupné z: <https://www.benzina.cz/cs/o-nas/Stranky/main.aspx>

O Skupině MOL - MOL Česká republika, s.r.o.. [online]. Copyright © 2017 [cit. 29.02.2020]. Dostupné z: <https://molcesko.cz/cz/o-nas/o-skupine-mol/>

O OMV | *OMV.cz. 301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2020 [cit. 29.02.2020]. Dostupné z: <https://www.omv.cz/cs-cz/o-omv>

OPEC : Member Countries. *Object moved* [online]. Copyright © 2020 Organization of the Petroleum Exporting Countries [cit. 31.03.2020]. Dostupné z: https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm

Detail komodity Ropa WTI - *Patria.cz. Investice, ekonomika a finance, kurzy, akcie, měny a komodity - Patria.cz* [online]. Copyright © 2020 [cit. 31.03.2020]. Dostupné z: <https://www.patria.cz/komodity/energie/NYMEX+WTI/ropa-wti.html>

Produktovodní síť a sklady | Čepro a.s.. *Přeprava, skladování a prodej ropných produktů | Čepro a.s.* [online]. Copyright © Created by [cit. 29.02.2020]. Dostupné z: <https://www.ceproas.cz/o-nas/produktovodni-sit-a-sklady>

Relační databáze a dotazovací jazyk SQL - Online kurz na Distančně.cz. *Distanční online vzdělávací kurzy a školení - Distančně.cz* [online]. Copyright © 2015 [cit. 29.02.2020]. Dostupné z: <https://www.distancne.cz/kurz/relacni-databaze-a-dotazovaci-jazyk-sql/>

Ropa je nejlevnější za téměř dvacet let | *E15.cz. E15.cz - Byznys, politika, ekonomika, finance, události* [online]. Copyright © 2001 [cit. 30.03.2020]. Dostupné

z: <https://www.e15.cz/byznys/burzy-a-trhy/ropa-je-nejlevnejsi-za-temer-dvacet-let-poptavka-po-ni-zkolabovala-1368193>

Subscribe to read | Financial Times. *Financial Times* [online]. Copyright © THE FINANCIAL TIMES LTD 2020. [cit. 31.03.2020]. Dostupné z: <https://www.ft.com/content/bc938195-82d3-43eb-b031-740028451382>

Tank ONO. [online]. Dostupné z: <http://www.tank-ono.cz/cz/index.php?page=pumpy>

Unipetrol RPA. *Document Moved* [online]. Dostupné z: <https://www.unipetrolrpa.cz/CS/onas/Rafinerie/Stranky/Rafinerie-Kralupy.aspx>

Značka Shell | Shell Česká republika. *Shell v České republice | Shell Česká republika* [online]. Dostupné z: <https://www.shell.cz/about-us/the-shell-brand.html>

Zdroje použitých statistických dat

GPS souřadnice měst v České republice. *Site not found · GitHub Pages* [online]. Dostupné z: <http://33bcdd.github.io/souradnice-mest/>

Obyvatelstvo - časové řady | ČSÚ. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/oby_cr

Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. Copyright © Copyright 2005 [cit. 19.03.2020]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/statistika-cerpacich-stanic-pohonnych-hmot/archiv.htm>

Prezentace výsledků sčítání dopravy 2016. *Object moved* [online]. Copyright © Copyright [cit. 19.03.2020]. Dostupné z: <http://scitani2016.rsd.cz/pages/informations/default.aspx>