

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA
Katedra technologie a řízení dopravy

**Optimalizace zimní údržby pozemních komunikací ve
vybrané městské části Pardubic**
Bc. Pavel Cypra

Diplomová práce
2010

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel CYPRA**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Optimalizace zimní údržby pozemních komunikací ve
vybrané městské části Pardubic**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

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

Úvod

1. Technologie zimní údržby a právní úprava
2. Analýza současného stavu provádění zimní údržby v Pardubicích
3. Návrhy optimalizace zimní údržby s využitím vybraných metod operačního výzkumu
4. Zhodnocení předložených návrhů

Závěr

Rozsah grafických prací: 3-5
Rozsah pracovní zprávy: 40-50
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

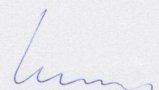
- [1] Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů
- [2] Vyhláška č. 104/1997 Sb. o provádění zimní údržby na pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů
- [3] Plán zimní údržby silnic a místních komunikací Statutárního města Pardubice pro zimní období 2008-2009
- [4] VOLEK, J.: Operační výzkum I., Univerzita Pardubice, Pardubice 2005, ISBN 80-7194-410-6.
- [5] Nařízení č. 9/2009 o provádění zimní údržby místních komunikací na území města Pardubic

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jaroslav Kleprlík, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **1. února 2010**
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2010**


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. února 2010

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární předpisy prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 16. dubna 2010

Bc. Pavel Cypra

ANOTACE

Diplomová práce je zaměřena na analýzu zimní údržby vybrané městské části Pardubic. V práci jsou uvedeny návrhy okruhů pro údržbové mechanismy pomocí vybrané metody operačního výzkumu. Konkrétně se jedná o úlohu čínského pošťáka. Na závěr práce jsou předloženy technologické návrhy tras společně s ekonomickým zhodnocením údržbových mechanismů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Okruhy mechanismů

Pořadí sjízdnosti

Posypové materiály

Sjízdnost místních komunikací

Údržbový mechanismus

Zimní údržba

TITLE

Optimization of winter road maintenance in selected urban areas of Pardubice

ANNOTATION

This thesis is focused on the analysis of winter maintenance of selected parts of the city of Pardubice. The paper includes suggestions for circuit maintenance mechanisms using the methods of the operational research. Specifically, the role of the Chinese postman. At the conclusion are presented by technological routes, together with the economic evaluation of maintenance mechanisms.

KEYWORDS

Circuits mechanisms

Rank practicability

Spreading materiál

Sledding local roads

Maintenance mechanism

Winter maintenance

OBSAH

ÚVOD	8
1 TECHNOLOGIE ZIMNÍ ÚDRŽBY A PRÁVNÍ ÚPRAVA	9
1.1 TERMINOLOGIE ZIMNÍ ÚDRŽBY	11
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PROVÁDĚNÍ ZIMNÍ ÚDRŽBY V PARDUBICÍCH.....	12
2.1 CHARAKTERISTIKA MĚSTA PARDUBICE	12
2.2 SOUČASNÝ STAV PROVÁDĚNÍ ZIMNÍ ÚDRŽBY V PARDUBICÍCH	13
2.2.1 <i>Seznam pracovních programů</i>	14
2.2.2 <i>Hlavní úkoly pro zajištění zimní údržby</i>	15
2.2.3 <i>Základní povinnosti vlastníka místních komunikací, poskytovatele služby a uživatele místních komunikací</i>	15
2.2.4 <i>Organizace a výkon zimní údržby</i>	17
2.2.5 <i>Zatřídění místních komunikací podle dopravní důležitosti</i>	19
2.2.6 <i>Technologie posypu dle zatřídění místních komunikací a lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti</i>	19
2.2.7 <i>Vybrané úseky místních komunikací udržované v nočních hodinách</i>	21
2.2.8 <i>Kalamitní situace</i>	21
2.2.9 <i>Vyhlašování pohotovostních stupňů zimní údržby</i>	22
2.2.10 <i>Skládky a zásoby posypového materiálu</i>	22
2.3 ANALÝZA VYBRANÉHO ÚZEMÍ	23
2.3.1 <i>Vliv výkonu zimní údržby místních komunikací na dopravní obslužnost</i>	24
2.3.2 <i>Koncentrace MHD</i>	24
2.3.3 <i>Seznam udržovaných místních komunikací</i>	26
2.3.4 <i>Problematická místa na dopravní síti</i>	27
2.3.5 <i>Technologie posypu a odstraňování sněhu z povrchu komunikací</i>	28
2.4 MECHANISMY URČENÉ PRO ŘEŠENOU OBLAST	29
2.5 SHRUTÍ ANALÝZY VYBRANÉHO ÚZEMÍ.....	34
3 NÁVRHY OPTIMALIZACE ZIMNÍ ÚDRŽBY S VYUŽITÍM NĚKTERÝCH VYBRANÝCH METOD OPERAČNÍHO VÝZKUMU	35
3.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA DOPRAVNÍ SÍTĚ.....	36

3.2 ÚLOHY A ALGORITMY PRO ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY ZIMNÍ ÚDRŽBY.....	37
3.2.1 Eulerovy tahy.....	37
3.2.2 Úloha čínského pošťáka	37
3.2.3 Algoritmy k řešení úlohy čínského pošťáka.....	38
3.3 VERBÁLNÍ MODEL OPTIMALIZAČNÍHO ŘEŠENÍ OKRUHŮ PRO ÚDRŽBOVÉ MECHANISMY	39
3.4 MATEMATICKÝ MODEL OPTIMALIZAČNÍHO ŘEŠENÍ OKRUHŮ PRO ÚDRŽBOVÉ MECHANISMY	39
3.5 NÁVRH OPTIMALIZAČNÍHO ŘEŠENÍ OKRUHŮ PRO ÚDRŽBOVÉ MECHANISMY.....	41
3.5.1 Návrh okruhu pro mechanismus MB Axor 1833 (2E6-2904).....	43
3.5.2 Návrh okruhu pro mechanismus MB Atego 816 (3E7-6275).....	45
3.5.3 Výpočet spotřeby posypového materiálu	50
4 ZHODNOCENÍ PŘEDLOŽENÝCH NÁVRHŮ	55
4.1 TECHNOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU TRAS PODLE POŘADÍ SJÍZDNOSTI	55
4.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ TECHNOLOGICKÉHO NÁVRHU TRAS.....	57
4.3 SHRUTÍ PŘEDLOŽENÝCH TECHNOLOGICKÝCH A EKONOMICKÝCH NÁVRHŮ TRAS.....	61
ZÁVĚR	62
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	63
SEZNAM OBRÁZKŮ	64
SEZNAM TABULEK	65
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	66
SEZNAM PŘÍLOH	67

ÚVOD

Zimní údržbou se rozumí včasné a správné zajišťování sjízdnosti na pozemních komunikacích v zimním období od 1. listopadu do 31. března následujícího roku, mimo zimní období pouze v případě náhlé změny povětrnostních a meteorologických podmínek. Služby města Pardubic, a. s. provádějící zimní údržbu musí mít zajištěn dispečerský aparát, jehož hlavním úkolem je včasné zajištění výjezdu mechanismů na základě žádosti zákazníka, nebo dle vlastního rozhodnutí podle aktuální meteorologické situace. Údržbové mechanismy, které mají nařízenou pracovní pohotovost, musejí vyjet z depa nejpozději do 30 minut od vyhlášení zásahu. Posyp povrchu pozemních komunikací je prováděn ve většině případů vlhčenou solí. U pozemních komunikací, kde nesmí být použitý chemický rozmrazovací materiál, se aplikuje inertní posypový materiál (písek, štěrk). Silnice I. třídy a důležité silnice II. třídy jsou udržovány ve spolupráci Služeb města Pardubic, a. s. a Správy a údržby silnic Pardubického kraje, příspěvková organizace. Místní komunikace ve městě jsou rozděleny do devíti samostatných programů podle časových lhůt tak, aby byla zajištěna sjízdnost komunikací. Vlastní provedení zimní údržby zajišťuje celkem sedm mechanismů, přičemž šest jich je v provozu a jeden v záloze.

V analýze vybraného území této diplomové práce je volba rajónu, na kterém je prováděna zimní údržba. Tento rajón je část městského obvodu I. **Cílem diplomové práce je nalézt optimální technologické a ekonomické řešení návrhu tras pro údržbové mechanismy ve vybraném rajónu podle vhodně zvolené metody operačního výzkumu.** Tím je myšleno, že z navrhovaných variant okruhů pro údržbové mechanismy pro jednotlivá pořadí sjízdnosti je vybrán ten okruh, kde je počet celkových ujetých kilometrů minimální.

1 TECHNOLOGIE ZIMNÍ ÚDRŽBY A PRÁVNÍ ÚPRAVA

Zimní údržba pozemních komunikací se organizačně provádí podle plánu zimní údržby (ZÚ), který vychází z následujících závazných podkladů: Zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů (1). Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů (2). Plán ZÚ je sestaven na řešení obvyklých zimních situací a je zapotřebí zdůraznit některé zásadní obecné podmínky jeho platnosti a účinnosti. V souladu s uvedenými právními předpisy je stanoveno, že ZÚ pozemních komunikací se podle stanoveného pořadí důležitosti zmírňují závady, vznikající povětrnostními vlivy a podmínkami ze zimních situací ve sjízdnosti pozemních komunikací (viz. znění § 41 odst. 1 prováděcí vyhlášky č. 104/1997 Sb.). Pro termínové upřesnění účinnosti plánu ZÚ je stanoveno právními předpisy ČR zimní období na dobu **od 1. listopadu do 31. března** následujícího roku. Pokud vznikne zimní povětrnostní situace mimo toto období, zmírňují se závady ve sjízdnosti pozemních komunikací bez zbytečných odkladů přiměřeně k vzniklé situaci (viz. znění § 41 odst. 4 prováděcí vyhlášky č. 104/1997 Sb.). Konkrétní aplikace obecných podmínek jsou obsahem plánu ZÚ. Pro účely plánu ZÚ se pozemní komunikace rozdělují podle pořadí důležitosti (viz. znění § 42 odst. 1 prováděcí vyhlášky č.104/1997 Sb.) na:

Silnice 1. pořadí

- silnice I. třídy a dopravně důležité silnice II. třídy

Silnice 2. pořadí

- zbývající úseky silnic II. třídy, které nebyly zařazeny do 1. pořadí a dopravně důležité silnice III. třídy

Silnice 3. pořadí

- ostatní silnice III. třídy nezařazené do 2. pořadí jsou udržovány zpravidla pluhováním

Součástí plánu ZÚ mohou být silnice a místní komunikace, které nejsou udržovány (např. komunikace, na kterých není provozována veřejná hromadná doprava nebo mají malý dopravní význam). Místní komunikace jsou rozděleny na:

Místní komunikace 1. pořadí

- rychlostní, sběrné a dopravně významné komunikace integrovaného záchranného systému (IZS)

Místní komunikace 2. pořadí

- zbývající sběrné komunikace a důležité obslužné komunikace

Místní komunikace 3. pořadí

- zbývající obslužné komunikace

Jednotlivé lhůty pro zajištění sjízdnosti silnic a místních komunikací jsou uvedeny v tabulce 1.1 a musí být součástí každého plánu ZÚ.

Tabulka 1.1 – Lhůty pro zajištění sjízdnosti silnic a místních komunikací

Silnice	Místní komunikace
1. pořadí do 3 hodin	1. pořadí do 4 hodin
2. pořadí do 6 hodin	2. pořadí do 12 hodin
3. pořadí do 12 hodin	3. pořadí do 48 hodin

Zdroj: (1)

Lhůty pro zajištění sjízdnosti silnic navrhuje správce pozemních komunikací a příslušný Krajský úřad je musí schválit. U místních komunikací lhůty navrhuje organizace provádějící ZÚ a magistrát příslušného města je musí schválit. Uvedené lhůty platí pro silnice zařazené do 1. pořadí důležitosti po celých 24 hodin. U silnic zařazených do 2. a 3. pořadí a místních komunikací je to po dobu stanovenou v plánu ZÚ.

1.1 Terminologie zimní údržby

Zimní údržba – Soubor prací, kterými se udržují pozemní komunikace v provozně a technicky vyhovujícím stavu za všech povětrnostních podmínek. (12)

Údržbový mechanismus – Vozidlo osazené radlicí nebo pluhem, s nástavbou pro posypový materiál, zajišťující sjízdnost pozemních komunikací. (12)

Sjízdnost PK – Zajištění bezpečného pohybu silničních a zvláštních vozidel přizpůsobených stavebnímu stavu, dopravně-technickému stavu PK a povětrnostním podmínkám. (12)

Závada ve sjízdnosti – Změna ve sjízdnosti PK, kterou nemůže řidič vozidla předvídat, při pohybu vozidla přizpůsobeném stavebnímu stavu a dopravně-technickému stavu těchto PK a povětrnostním podmínkám a jejich důsledkům. (12)

Stavební stav PK – Kvalita komunikace, stupeň opotřebení povrchu, podélné nebo příčné vlny, výtluky, které nelze odstranit běžnou údržbou, dále únosnost komunikace, krajnic, mostních objektů a vybavení PK. (12)

Dopravně-technický stav PK – Technické znaky komunikace (příčné uspořádání, příčný a podélný sklon, šířka a druh komunikace, směrové a výškové oblouky) a začlenění PK do terénu (rozhled, nadmořská výška). (12)

Povětrnostní situace – Změna ve sjízdnosti, kterou nemůže řidič vozidla předvídat při pohybu vozidla přizpůsobeném stavebnímu stavu a dopravně-technickému stavu těchto PK a povětrnostním podmínkám a jejich důsledkům. (12)

Rajón – Vymezená část území, na kterém se vykonává ZÚ.

Technologická jízda – Jízda údržbového mechanismu, při které se provádí pluhování a posyp.

Netechnologická jízda – Jízda údržbového mechanismu, při které se neprovádí pluhování a posyp.

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PROVÁDĚNÍ ZIMNÍ ÚDRŽBY V PARDUBICÍCH

Tato kapitola je rozdělena do dvou částí. První kapitola je soustředěna na analýzu provádění ZÚ v celém městě a dále na organizaci provádějící ZÚ a její povinnosti. Druhá kapitola už je podrobněji zaměřena na vybranou lokalitu (část městského obvodu I viz. obr. 2.1), na které je ZÚ prováděna. Součástí druhé kapitoly je také vliv dopravní obslužnosti (vedení tras linek MHD, které jsou součástí řešené oblasti) na výkon ZÚ. V poslední fázi analýzy jsou vybrány mechanismy, které jsou určeny pro obsluhu vybrané oblasti.

2.1 Charakteristika města Pardubice

Charakteristika území

Statutární město Pardubice má rozlohu téměř 78 km² (7), nachází se ve východočeském regionu a je také sídelním městem Pardubického kraje. Město se rozkládá v Polabské nížině v nadmořské výšce 215 až 237 metrů (7) na soutoku řek Labe a Chrudimka. Město leží na východ od hlavního města Prahy a jižně od dalšího krajského města Hradce Králové.

Geograficko – klimatické podmínky

Území Pardubic spadá do teplé oblasti východočeského regionu. V zimním období prochází území mírnou zimou (více než 50 dnů s teplotou vyšší než 25 °C a lednová teplota v průměru nad - 3 °C). Průměrná roční teplota vzduchu v převážné části je 8 - 9 °C. Průměrná teplota vzduchu ve vegetačním období se pohybuje od 14 °C do 15 °C, téměř v celém území. Roční průměrný úhrn srážek dosahuje v jižní části Pardubicka 550 – 600 mm, v severní části Pardubicka 600 – 650 mm. Průměrný úhrn srážek ve vegetačním období je v převážné části okresu 350 - 400 mm. V průměru je zde celkem 40 letních dnů, 110 mrazových dnů, 30 ledových dnů, 30 dnů sněží a 40 dnů leží sněhová pokrývka (max. 20 cm v průměru). (7)

Obyvatelstvo

Ke dni 4. 12. 2009 žilo ve městě Pardubice 90 765 trvale bydlících obyvatel, z toho 49,1 % mužů a 50,9 % žen. Tento počet řadí Pardubice na 10. místo v České republice v pořadí měst. (7)

Doprava na území města souvisejí s řešenou oblastí

Silniční doprava

Dopravní síť pro řešení ZÚ je tvořena převážně místními komunikacemi I. a II. třídy. Na jihu od zvolené oblasti vede silnice I/36, která se dále napojuje na silnici I/2 a I/37. Tyto silnice jsou udržovány ve spolupráci Služeb města Pardubic, a. s. (SmP, a. s.) a Správy a údržby silnic Pardubického kraje, příspěvková organizace (SÚS).

Městská hromadná doprava

Hromadnou dopravu osob (MHD) na území města Pardubic zajišťuje Dopravní podnik města Pardubic, a. s. se stoprocentní účastí města. Městskou síť hromadné dopravy tvoří 23 linek, z toho 8 trolejbusových a 15 autobusových. Trasy linek trolejbusové č. 5 a autobusové č. 9 jsou vedeny územím zvolené oblasti městského obvodu I.

2.2 Současný stav provádění zimní údržby v Pardubicích

Pro zajištění výkonu ZÚ ve městě Pardubice je odpovědná organizace SmP, a. s. Tato organizace je pověřena k zajištění optimální sjízdnosti na všech místních komunikacích na území města. Zadavatelem služby je v tomto případě Magistrát města Pardubice. Pro posyp a pluhování jsou udržované místní komunikace rozděleny do devíti samostatných pracovních programů shodných pro pluhování i posyp. Výkon ZÚ na místních komunikacích zajišťuje celkem sedm mechanismů. Z toho šest je v provozu a jeden v záloze. V současné době je ZÚ na území města prováděna podle uvedených pracovních programů v tabulce 2.1. V reálné situaci se tedy obsluhují místní komunikace zařazené do 1. resp. 2. pracovního programu do té doby, než je na nich zajištěna optimální sjízdnost. Až poté jsou obsluhovány místní komunikace v ostatních pracovních programech. Samozřejmě se musí brát v úvahu dodržení lhůt pro zajištění sjízdnosti jednotlivých druhů místních komunikací (podrobně v kapitole 2.2.6). Pohyb údržbových mechanismů je uskutečňován podle tras, které jsou nahrány v navigačním systému každého vozidla. Konkrétní trasy jsou přiřazovány mechanismům podle pořadí sjízdnosti jednotlivých místních komunikací uvedených v pracovních programech. Vedoucí divize údržby komunikací organizuje mechanismy na obsluhu konkrétních místních komunikací.

2.2.1 Seznam pracovních programů

Pracovní programy jsou nedílnou součástí plánu ZÚ (3) a představují konkrétní silnice a místní komunikace s příslušnými délkami posypu. Seznamy pracovních programů jsou seřazeny podle pořadí sjízdnosti v tabulce 2.1. Místní komunikace, které nejsou součástí plánu ZÚ (3), nejsou udržovány z důvodu malé dopravní významnosti a nebo technické nedostupnosti. V případě náhlé uzavírky lze u některých komunikací v plánu ZÚ změnit pořadí sjízdnosti. Na ostatních místních komunikacích, které jsou vedeny v plánu ZÚ (3) a jsou v době ZÚ rekonstruovány nebo na nich nelze provádět ZÚ, nejsou z plánu odstraněny. Avšak musejí být po odsouhlasení s odborem dopravy Magistrátu města Pardubice z plánu ZÚ vyjmuty.

Tabulka 2.1 – Seznam pracovních programů podle Plánu ZÚ pro zimní období 2008/2009

Místní komunikace I. třídy udržovány v 1. pořadí:	
Pracovní program č. 1	32 850 m
Pracovní program č. 2	39 550 m
Celkem	72 400 m
Místní komunikace II. třídy udržovány v 2. pořadí:	
Pracovní program č. 3	20 840 m
Pracovní program č. 4	21 160 m
Pracovní program č. 5	16 820 m
Celkem	58 820 m
Místní komunikace III. třídy udržovány v 3. pořadí:	
Pracovní program č. 6	30 452 m
Pracovní program č. 7	14 180 m
Pracovní program č. 8	23 570 m
Pracovní program č. 9	12 125 m
Celkem	80 327 m

Zdroj: (3)

Na celém území Pardubic je prováděna ZÚ místních komunikací I. až III. třídy o celkové délce zhruba 212 km. (3)

2.2.2 Hlavní úkoly pro zajištění zimní údržby

Jedním z hlavních úkolů ZÚ je zmírňování závad ve sjízdnosti místních komunikací, vzniklých zimními povětrnostními vlivy a jejich důsledky. Jedná se zejména o tyto činnosti, které jsou uvedeny v plánu ZÚ (3):

- a) zajišťování včasné a přesné informovanosti o vývoji povětrnostní situace, stavu a sjízdnosti komunikací,
- b) předcházení vzniku ledových povlaků (ledovky, námrazy, náledí) na povrchu komunikací,
- c) odstranění z povrchu komunikací nepříznivé vlivy ledovky a náledí, které na komunikacích vznikly,
- d) odstranění z povrchu komunikací sněh, který se na ně dostal spadem, navátím nebo sesuvem z okolního terénu,
- e) odstranění nebo zmírnění kluzkosti zasněžené komunikace,
- f) ochrana komunikace před závějemi,
- g) vyznačení překážek v zasněžených komunikacích,
- h) provádění veškerých činností takovým způsobem, aby nebylo ohroženo životní prostředí,
- i) poskytování podkladů a informací veřejnosti o sjízdnosti komunikací.

Poskytování informací o aktuálním stavu sjízdnosti místních komunikací zajišťuje směnový vedoucí (viz. odrážky a, b, i). Pracovní čety a osádky mechanismů vykonávající ZÚ vedou záznamy o provedených činnostech, jež jsou uvedeny výše (viz odrážky c-h). Záznamy po odvedení práce odevzdávají směnovému vedoucímu. Vzorový záznam pracovních čet a osádek s uvedenými činnostmi není součástí této diplomové práce. Autor práce měl možnost pouze nahlédnout do záznamu o provedených činnostech, avšak záznam je interním materiálem podniku a není zveřejňován.

2.2.3 Základní povinnosti vlastníka místních komunikací, poskytovatele služby a uživatele místních komunikací

Jednotlivé povinnosti zainteresovaných fyzických a právnických osob, podílejících se na výkonu ZÚ, jsou součástí plánu ZÚ (3). Při porušení nebo nedodržení základních

povinností ze strany poskytovatele služby může být sankcionován vlastníkem místních komunikací. Sankce mohou být uloženy např. v případě nedodržení včasného zajištění sjízdnosti na místních komunikacích. Potom jsou účtovány poskytovateli služby za každý den, ve kterém není zajištěna sjízdnost místních komunikací podle uvedených lhůt v tabulce 1.1.

Základní povinnosti vlastníka místních komunikací

- zajistit potřebné finanční prostředky na provádění ZÚ,
- uzavřít smlouvy s dodavatelem prací potřebných pro provádění ZÚ,
- kontrola včasnosti a kvality prací při provádění ZÚ.

Základní povinnosti poskytovatele služby

- zajistit včasné přípravy na provádění prací spojených se ZÚ,
- v průběhu zimního období zmírňovat a odstraňovat závady ve sjízdnosti a schůdnosti s přihlédnutím k ekonomickým možnostem vlastníka místních komunikací,
- řídit a kontrolovat průběh zajišťování ZÚ komunikací a vést o těchto činnostech předepsanou evidenci,
- spolupracovat při zajišťování ZÚ s orgány města, s policií a jinými zainteresovanými orgány,
- kontrolovat provádění všech prací spojených se ZÚ.

Základní povinnosti uživatelů místních komunikací

- přizpůsobit chůzi a jízdu stavu komunikací,
- při chůzi po chodnicích a komunikacích, dbát zvýšené opatrnosti a věnovat pozornost stavu komunikace (např. zamrzlé kaluže, apod.),
- při chůzi po chodníku používat část chodníku, která je posypána posypovým materiálem,
- při přecházení komunikací použít označený přechod pro chodce, na němž jsou podle plánu ZÚ zmírňovány závady ve schůdnosti.

Výše uvedené základní povinnosti jsou stanoveny na dostatečné úrovni. Při dodržení těchto povinností bude fungovat systém ZÚ jako celek. Jestliže se však poruší jedna ze základních povinností, může to mít katastrofální následky. Např. při nepřizpůsobení rychlosti stavu komunikace uživatele MK může dojít k dopravní nehodě.

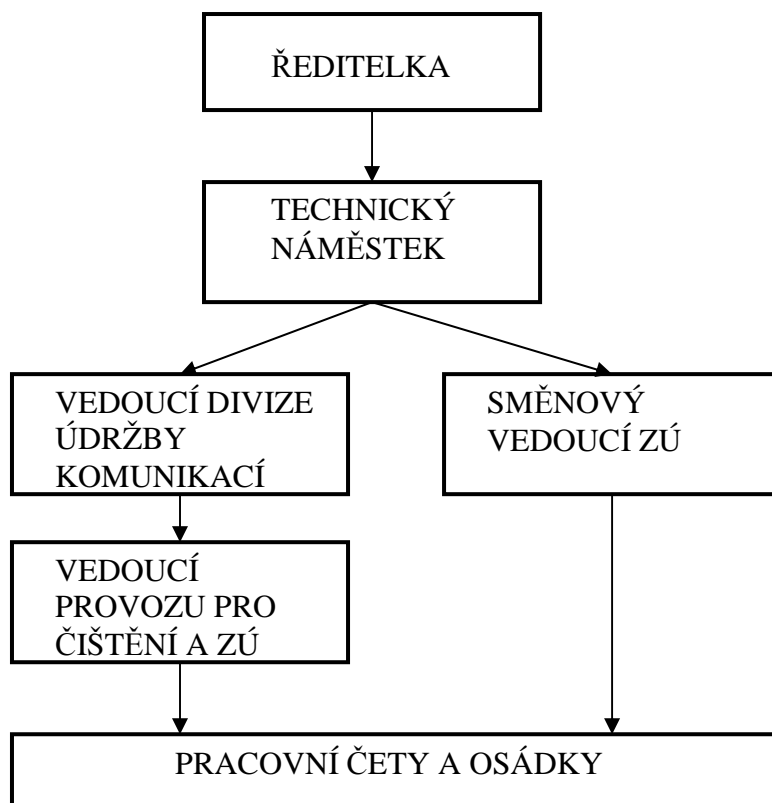
2.2.4 Organizace a výkon zimní údržby

V zimním období je na území statutárního města Pardubice odpovědná za sjízdnost pozemních komunikací organizace SmP, a. s.

Organizační struktura SmP, a. s. a povinnosti pracovníků

Před výkonem ZÚ je nutné proškolit všechny pracovníky o technologických postupech při používání chemických a inertních materiálů a také o bezpečnosti práce. Řidiči údržbových mechanismů musejí být seznámeni o přesném dávkování posypových materiálů na vyznačených trasách na mapě (mapa celého města není součástí této diplomové práce, neboť práce se zabývá pouze vybranou oblastí).

Organizační schéma společnosti SmP, a. s.



Zdroj: (3), úprava autor

Povinnosti vedoucího divize údržby komunikací

Odpovídá za organizaci a výkon ZÚ na místních komunikacích a veřejných prostranstvích. Zodpovídá za celý chod divize a je podřízen technickému náměstkovi.

Povinnosti směnového vedoucího zimní údržby

Tento pracovník má na starosti hlídání povětrnostních situací a meteorologických hlášení. Upřesňuje rozsah i obsah výkonu ZÚ na silniční síti a na území města v rámci schváleného plánu ZÚ (3). Směnový vedoucí odpovídá za vedení záznamů o realizovaných výkonech ZÚ v daném rozsahu a současně ještě zajišťuje zpravodajskou službu.

Povinnosti vedoucího provozu pro čištění a zimní údržbu

V nepřítomnosti vedoucího divize údržby komunikací přecházejí veškerá práva a povinnosti na vedoucího provozu pro čištění a ZÚ. Opatřuje smlouvy a objednávky s úřady městských obvodů (ÚMO), dále zajišťuje zimní údržbu silnic (ZÚS) ve spolupráci s SÚS Pardubického kraje dle smluv o dílech a dalších dílčích smluv. Společně se směnovými vedoucími zodpovídají za údržbu:

- místních komunikací (I.-III. třídy),
- místních komunikací (IV. třídy),
- zastávek MHD,
- tzv. nebezpečných míst (3),
- parkovišť,
- veřejných ploch.

Povinnosti pracovních čet a posádek

Neprodleně plní příkazy zadané v součinnosti se svým vedoucím pracovníkem, kterým je směnový vedoucí. Vede záznamy o provedených činnostech a pravidelně informuje vedoucího směny.

Organizační struktura SmP, a. s. je divizního typu. Dochází k rozdělení pravomocí a odpovědnosti na dvě základní úrovně řízení společnosti. **Vrcholové řízení** celé společnosti, kam patří generální ředitelka, představenstvo a valná hromada. **Jednotlivé divize** jsou vybavené pro samostatné fungování. Za celkový chod divizí zodpovídá technický náměstek. Pravomoci jednotlivých složek organizační struktury jsou v souladu s právními předpisy (1), (2), plánem ZÚ (3) a dalšími dílčími smlouvami.

2.2.5 Zatřídění místních komunikací podle dopravní důležitosti

Podle zákona č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů (viz. znění § 42 odst. 1 prováděcí vyhlášky č.104/1997 Sb.) se místní komunikace dělí podle pořadí sjízdnosti následovně:

1. pořadí

Rychlostní a sběrné místní komunikace s hromadnou veřejnou dopravou a s linkovou osobní dopravou, příjezdové místní komunikace ke zdravotnickým zařízením a další významné místní komunikace.

2. pořadí

Sběrné místní komunikace nezařazené do 1. pořadí a důležité obslužné místní komunikace.

3. pořadí

Ostatní obslužné místní komunikace.

Neudržované

Místní komunikace, na nichž není třeba vykonávat ZÚ z důvodu malé dopravní významnosti. V analýze řešené oblasti se to týká části ulice Spořilov.

2.2.6 Technologie posypu dle zatřídění místních komunikací a lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti

Pro zajištění ochrany povrchu místních komunikací před vznikem sněhové vrstvy nebo náledí je provedeno chemickými rozmrazovacími prostředky. Používaný chemický prostředek je chlorid sodný, který je při posypu zvlhčován.

1. pořadí

Udržuje se celá šířka a délka komunikace. Náledí a zbytková vrstva sněhu po pluhování o tloušťce menší než 3 cm se odstraňuje posypy chemickými rozmrazovacími materiály. Náledí a kluzkost sněhové vrstvy při neúčinnosti chemických rozmrazovacích materiálů se zdršňuje posypem inertními materiály. (3)

2. pořadí

Shodná technologie jako v 1. pořadí s tím, že v případě nutnosti se na místních komunikacích ponechávají uježděné sněhové vrstvy, které se zdrsňují posypem inertními materiály. Posyp je možno provádět pouze na místech, kde si to vyžaduje dopravně technický stav komunikace (křižovatky, velká stoupání, ostré oblouky, zastávky). V případě potřeby lze použít k posypu i chemické rozmrazovací materiály. (3)

3. pořadí

Udržují se až po ošetření místních komunikací 1.a 2.pořadí důležitosti v zásadě pluhováním a v místech, kde si to vyžádá dopravně technický stav komunikace, se provádí posyp inertními materiály. V případě potřeby lze použít k posypu i chemické rozmrazovací materiály. (3)

Lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti místních komunikací

SmP, a. s. zabezpečují úkoly ZÚ v plném rozsahu v době od 3:00 hodin do 23:00 hodin, v době kalamitního stavu nepřetržitě. Mimo tuto dobu, tj. v době od 23:00 hodin do 3:00 hodin jsou ošetřovány pouze vybrané úseky hlavních komunikací na průtahu městem Pardubice a vybraná nebezpečná místa. Doba pro zajišťování úkolů ZÚ je stanovena vlastníkem komunikací Magistrátem města Pardubic v souladu s požadavky složek IZS. Seznam těchto úseků a vybraných nebezpečných míst je uveden v plánu ZÚ (3). Poskytovatel služby SmP, a. s. na komunikacích zajišťuje ZÚ podle plánu ZÚ tak, aby pokyn k zahájení příslušného zásahu byl vydán neprodleně po zjištění jeho potřeby a aby pluhování bylo prováděno již v průběhu spadu sněhu a podle potřeby i po jeho skončení.

1. pořadí

do 4 hodin po posledním spadu.

2. pořadí

do 12 hodin po posledním spadu, není-li nutný opakovaný zásah na komunikacích 1. pořadí.

3. pořadí

po ošetření komunikací 1. a 2. pořadí, nejpozději však **do 48 hodin** po posledním spadu sněhu, není-li nutný opakovaný zásah na komunikacích vyššího pořadí.

2.2.7 Vybrané úseky místních komunikací udržované v nočních hodinách

Vybrané úseky jsou udržovány v nočních hodinách v době od 23:00 hod. do 3:00 hod. Konkrétní místní komunikace a nebezpečná místa jsou v této době udržovány pouze na výzvu státní nebo městské policie, hasičů, záchranné služby, dispečera dopravního podniku a kontrolního orgánu poskytovatele služby. Seznam úseků je uveden v plánu ZÚ (3). Součástí dopravní sítě řešené oblasti jsou ulice Dašická a Štrossova, které jsou zahrnuty mezi vybrané úseky. Na těchto úsecích je nutné zajistit posyp ve výše uvedených nočních hodinách, neboť se jedná o důležité úseky IZS.

Seznam vybraných úseků místních komunikací souvisejících s řešenou oblastí:

ulice Dašická (od křižovatky Dašická – Na Okrouhlíku až po křižovatku Dašická – Štrossova)

ulice Štrossova (od křižovatky Bubeníkova – Sakařova – Štrossova až po křižovatku Dašická – Štrossova)

2.2.8 Kalamitní situace

Tato situace je chápána jako mimořádné zhoršení sjízdnosti silnic na daném území, které vzniklo nadměrným spadem sněhu (vliv silných povětrnostních podmínek) nebo mimořádným mrznoucím mrholením nebo deštěm za předpokladu, že tyto živelné události způsobí nesjízdnost místních komunikací.

Kalamitní situaci vyhláší ředitelka SmP, a. s., když nastane III. pohotovostní stupeň (viz. kapitola 2.2.9). Další povinností vedoucího pracovníka je svolání operačního štábu ZÚS a podání informací nadřízeným orgánům a vhodným způsobem informovat i uživatele pozemních komunikací. V době kalamitní situace jsou povinni všichni zainteresovaní pracovníci, neprodleně nastoupit do práce a plnit úkoly, které jim byly zadány vedením. V případě kalamity musí být uzavřené smlouvy o výpomoci s provozovateli údržbových mechanismů, které mohou být na vyzvání využity. Tyto mechanismy jsou operativně řízeny vedoucím divize údržby komunikací tak, aby byla zajištěna optimální sjízdnost. V extrémním případě je nutné zajistit opatření pro průjezd složek IZS a v případě potřeby ve spolupráci s dopravním podnikem vytvořit tzv. kalamitní jízdní řád pro zajištění základní dopravní obslužnosti. (3)

2.2.9 Vyhlásování pohotovostních stupňů zimní údržby

Vyhlašování jednotlivých stupňů pohotovosti nebo jejich omezení provádí technický náměstek SmP, a. s. na základě meteorologických a povětrnostních situací. (3)

I. stupeň

Domácí pohotovost určených pracovníků. Pro mezidobí, před ustanovením stálé zimní situace a po jejím odvolání, podle vývoje povětrnostních podmínek (mimo pracovní dobu) je vyhlášena domácí pohotovost pro operativní skupinu pracovníků.

Operativní skupina: Směnový dispečer,
3 řidiči pro posypové nebo plánovací vozy,
1 řidič pro posypové multikáry.

II. stupeň

Stálá nepřetržitá směnová pohotovost s pracovním cyklem 12 hodin.

Čtyřsměnná pracovní skupina: Směnový dispečer,
Řidiči pro posypové nebo plánovací vozy.

III. stupeň

Vyhlášen při kalamitních situacích, kdy jsou nasazeni v první řadě pracovníci z domácí pohotovosti. Při vyhlášení III. stupně pohotovosti se na řízení ZÚ podílejí směnový dispečer s vedoucím divize údržby komunikací. Při vyhlášení III. stupně pohotovosti ředitelka SmP, a. s. neprodleně vyrozumí primátora města Pardubice. Je povinna informovat o rozsahu vzniklé kalamity, dohodne opatření a postup řešení na odstranění krizového dopravního stavu. Dále je zajištěna spolupráce mezi městskou policií a SmP, a. s. o vzájemné informovanosti, stavu, sjízdnosti komunikací a schůdnosti chodníků. Pro operativní řízení ZÚ je zajištěno spojení mobilními telefony.

2.2.10 Sklárky a zásoby posypového materiálu

Tato úložiště jsou charakterizována místem, druhem materiálu, kapacitou a předpokládaným stavem zásob k zimnímu období. Veškerý posypový materiál, chemický i inertní je uložen v zastřešených skladovacích prostorech v areálu na Hůrkách. Pro zimní

období je v zásobě k dispozici 400 tun chemického materiálu (posypová sůl), 400 tun inertního posypového materiálu a 8500 litrů solanky. V případě, že by posypový materiál nestačil na údržbu místních komunikací, je nutné zajistit dodávky materiálu vedoucími pracovníky SmP, a. s. (3)

Stav zásob uvedený výše je dostačující na průměrné zimní období. V letošním zimním období se spotřebovalo na údržbu komunikací 500 tun písku a 1200 tun soli, to je téměř trojnásobek spotřeby v průměrném zimním období. SmP, a. s. tak musely přestat prodávat posypový materiál soukromým osobám.

2.3 Analýza vybraného území

Vybraná lokalita k řešení ZÚ je část městského obvodu I, která je podrobněji znázorněna na obr. 2.1. Oblast osídlení je tvořena bytovou zástavbou a rodinnými domy, na území se také nachází základní a mateřská škola. Řidiči zde musejí dbát zvýšené pozornosti, protože je tu velká koncentrace obyvatel, hlavně dětí docházejících do základní školy Spořilov. Jedná se o poměrně klidnou lokalitu ležící u centra města. Vedle základní školy se nachází Pospíšilovo náměstí, jedná se o malý park zeleně osazený lavičkami. **Z hlediska místních komunikací je dopravní síť převážně tvořena jednosměrnými ulicemi, které jsou omezující podmínkou v řešení tras pro údržbové mechanismy.**

Z pohledu ZÚ místních komunikací lze dopravní síť charakterizovat jako heterogenní, protože u ulic Husova, Sakařova a Dašická musí být zajištěna sjízdnost v 1. pořadí. Ostatní ulice patří do 2. pořadí, resp. ulice Okružní do 3. pořadí, přesné znázornění jednotlivých pořadí sjízdnosti je na obr. 2.1. Místní komunikace jsou takto rozděleny, protože velikost dopravních proudů je odlišná u jednotlivých druhů komunikací, a tak se liší i požadavky na údržbu z hlediska času. V současné době nejsou vyřešeny okruhy vozidel ZÚ pro místní komunikace 2. a 3. pořadí. Na základě odborných konzultací mezi autorem práce a vedoucím údržby komunikací SmP, a. s. bylo zjištěno, že v praxi se obsluhují komunikace 1. pořadí do té doby než je zajištěna optimální sjízdnost, až poté začínají vybrané mechanismy obsluhovat komunikace 2. a 3. pořadí. Autor si vybral tuto oblast k řešení z důvodu znalosti místních částí a také z důvodu velké koncentrace jednosměrných ulic, které musejí být zohledněny při vytváření sledů tras.



Obr. 2.1 – Znárodnění řešené dopravní síť

Zdroj: www.maps.google.cz, úprava autor

2.3.1 Vliv výkonu zimní údržby místních komunikací na dopravní obslužnost

Hlavním úkolem ZÚ místních komunikací je zmírňování závad ve sjízdnosti způsobené povětrnostními vlivy a jejich důsledky. Cílem je také eliminovat narušení provozu dopravních prostředků. Kromě individuální automobilové dopravy se po síti místních komunikací pohybují autobusy a trolejbusy MHD, jejichž pohyb je organizován jízdním řádem. Důležité je zohlednit výkon ZÚ ve vazbě na dopravní obslužnost zejména v MHD tak, aby mohly být dodržovány jízdní řády. Tato vazba by měla být žádoucí i z opačného pohledu. V ideálním případě by měl být zajištěn průjezd sypače alespoň 10 min. před každým spojem. Ne vždy je tato podmínka splněna, a proto je navrhováno, aby řidiči MHD brali ohled na projíždějící mechanismus a dali mu přednost při obsluze zastávek.

2.3.2 Koncentrace MHD

Zvolenou oblastí procházejí dvě linky MHD, jedná se o trolejbusovou linku č. 5 a autobusovou linku č. 9. Na trase linky č. 5 je zastávka Židov točna, kde končí některé spoje a nepokračují směrem na Dubinu. Tato točna musí být zahrnuta do sledu trasy, aby mohly mít

trolejbusy zajištěno stání a průjezd točnou. V tabulce 2.2 jsou uvedeny zástavky, které patří do zvolené oblasti a musí na nich být zajištěn posyp (v obou směrech).

Tabulka 2.2 – Zástavky MHD v řešené oblasti

Linka č. 5	Linka č. 9
Židov točna	Husova
Bezdíčkova	Na Haldě
Holubova	Na Bukovině
Sakařova	Zlatá štika

Zdroj: autor

Na zastávkách uvedených v tabulce 2.2 je zajištěn posyp chemickými rozmrazovacími materiály a na nástupních hranách chodníků je proveden posyp inertním materiálem buď posypovým mechanismem nebo ručně pracovníky SmP, a. s. Na obr. 2.2 je možné vidět zastávku Na Bukovině, kde ještě nebyl proveden posyp.



Obr. 2.2 – Zastávka Na Bukovině

Zdroj: autor

2.3.3 Seznam udržovaných místních komunikací

Místní komunikace uvedené v tabulce 2.3 jsou součástí plánu ZÚ (3), místní komunikace I. třídy jsou zařazeny v prvním pracovním programu, místní komunikace II. třídy jsou zařazeny v druhém pracovním programu. **Změna pořadí sjízdnosti se týká ulic Věry Junkové a jednosměrné části ulice Štrossova.** U ulice Věry Junkové se změní pořadí sjízdnosti z 2. na 1. pořadí a to pro všechny varianty návrhu optimalizačního řešení. Současně dochází ke změně pořadí u jednosměrné části ulice Štrossova z 1. na 2. pořadí, podle toho ve které variantě je změna brána v úvahu (viz. kapitola 3.5). Optimální situace nastává, když se změní pořadí u ulice Věry Junkové a ulice Štrossova z 2. na 1. pořadí. Je to z důvodu zachování sledu okruhu pro 1. pořadí a dojde k minimalizaci počtu ujetých netechnologických kilometrů.

Tabulka 2.3 – Seznam vybraných ulic podle Plánu zimní údržby pro ZO 2008/2009

SEZNAM UDRŽOVANÝCH MK				
	Název místní komunikace	Třída	Číslo (řád) MK	Délka (m)
1	Bezdíčková	II.	b	710
2	Bubeníková	I.	a	180
3	Dašická	I.	a	1160
4	Gebauerova od ulice Kotkova k ulici Husova	II.	b	620
5	Holubova	II.	b	410
6	Husova	I.	a	1300
7	JUDr. Krpaty	II.	b	730
8	Ke Kamenci od ulice Štrossova k ulici Počápelská	II.	b	1160
9	Kotkova od ulice Dašická k ulici Spořilov	II.	b	320
10	Na Bukovině	II.	b	450
11	Na Okrouhlíku	II.	b	960
12	Okružní	III.	c	800
13	Počápelská	II.	b	150
14	Sakařova	I.	a	990
15	Sezemická	II.	b	900
16	Spořilov část ulice	II.	b	150
17	Studánecká	II.	b	350
18	Štrossova	I.	a	170
19	U Háje	II.	b	100
20	Ve Lhotkách	II.	b	510
21	Věry Junkové	II.	b	500
22	Wintrova I	II.	b	460

Zdroj: (3)

Neudržované místní komunikace

Pro neudržované místní komunikace rada města Pardubice vydala dne 29. 9. 2009 nařízení č. 9/2009 o provádění zimní údržby místních komunikací na území města Pardubice (6). Předmětem úpravy je vymezení místních komunikací, na kterých se ZÚ nevykonává z důvodu malé dopravní významnosti. Na zvolené dopravní síti se to týká části ulice Spořilov, která je označena svislou dopravní značkou č. A 22 s dodatkovou tabulí "Silnice se v zimě neudržuje", viz. obr. 2.3. Dále se neudržuje ulice Do Nového, avšak ta je už mimo řešenou oblast.

Výše uvedené nařízení č. 9/2009 o provádění zimní údržby místních komunikací na území města Pardubic (6) je nevyhovující. Neudržovaná ulice Spořilov by měla být zařazena mezi udržované komunikace, protože je součástí bytové zástavby a po komunikaci se pohybuje mnoho vozidel.



Obr. 2.3 – Neudržovaná ulice Spořilov

Zdroj: autor

2.3.4 Problematická místa na dopravní síti

V ulicích Gebauerova, JUDr. Krpaty, Na Bukovině, Ve Lhotkách, Holubova a Okružní je velmi omezený prostor pro údržbu celé šíře komunikace, což je zapříčiněno úzkým profilem komunikace, a také zaparkovanými automobily. V praxi to znamená nasazení

menšího mechanismu (např. MB Atego) na tyto komunikace. Na obr. 2.4 je vidět jak to např. vypadá v ulici Gebauerova.



Obr. 2.4 – Gebauerova ulice

Zdroj: autor

2.3.5 Technologie posypu a odstraňování sněhu z povrchu komunikací

Ochrana komunikací před vznikem náledí nebo před sněžením je prováděna chemickými rozmrazovacími materiály. Používá se chlorid sodný, který je při posypu zvlhčován. Preventivní posyp je prováděn na suchých površích místních komunikací, je-li teplota vzduchu $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$, nebo nižší a relativní vlhkost vzduchu stoupá. (3)

Způsob odstraňování sněhu z povrchu komunikací

Odstraňování sněhu je prováděno na místních komunikacích postupně podle pořadí sjízdnosti daného plánu ZÚ z povrchu komunikace tak, aby po provedeném pluhování zbylá sněhová vrstva nepřevýšila tloušťku 3 cm s výjimkou velmi nepříznivých podmínek. Na ostatních místních komunikacích se odstraňování sněhu provede tak, že v případě nutnosti se ponechají souvislé ujeté sněhové vrstvy a pluhováním se udrží rovnost povrchu. Šířka sypaného pruhu je volena tak, aby okraje pruhu nebyly od sebe vzdáleny více než 1,5 m. Komunikace široká do 7 m se sype jedním pruhem širokým 2-4 m. Na komunikacích širokých 8-9 m se sypou dva pruhy o šířce 2,5-3 m. Šířka pluhovaného pruhu je odvislá od použitého druhu radlice na

vozidle. Minimální šířka pluhovaného pruhu je 180 cm u traktorů, 200 cm u MB Axor a MB Atego. (3)

Způsob provádění posypu chemickým posypovým materiálem

Posyp chemickým materiálem je prováděn souvisle na místních komunikacích 1. pořadí v celé jejich šíři. Chemický posypový materiál je používán k odstraňování náledí a sněhových vrstev do 3 cm. U sněhových vrstev vyšších než 3 cm není dovoleno provádět posyp chemickými ani inertními materiály. Posyp lze provádět po provedeném pluhování. Při mrznoucím dešti nebo mrznoucím náledí je ve výjimečných případech možno použít směs inertního materiálu spolu s chloridem sodným. (3)

Způsob provádění posypu inertním posypovým materiálem

Posyp inertními materiály je prováděn na komunikacích, ze kterých se neodstraňuje sníh až na holý kryt komunikace, jedná se o komunikace 2. a 3. pořadí. Posyp inertními materiály se neprovádí na komunikacích, na nichž používají chemické posypové materiály. (3)

2.4 Mechanismy určené pro řešenou oblast

Výběr konkrétních mechanismů na údržbu vybrané dopravní sítě je zvolen na základě konzultace s vedoucím divize údržby komunikací. V příloze 1 je uveden kompletní seznam vozového parku, kterým disponují SmP, a. s.

Mechanismus MB Axor 1833 (2E6-2904)

Toto vozidlo je vhodné zejména pro údržbu místních komunikací 1. pořadí a dopravně důležitých komunikací podle smlouvy s SÚS Pardubického kraje. Velkou výhodou je velikost objemu nástavby Stratos, která činí 5 m³. Vezme-li se v úvahu, že předepsaná dávka posypových materiálů je pro všechna vozidla stejná, má tato nástavba největší objem ze všech vozidel. V praxi to znamená, že vozidlo dokáže obsloužit o několik kilometrů komunikací více než ostatní vozidla s menšími nástavbami. Dojde tak k menšímu počtu přejezdů na nakládku než u ostatních vozidel. Rok výroby vozidla je 2006 a technické údaje jsou uvedeny v tabulce 2.4.

Tabulka 2.4 – Technické údaje mechanismu MB Axor

Typ	MB Axor 1833 K 4x2 S3
Počet válců/zdvihový objem [l]	6/7,2
Motor/Euro norma	DFZ (XU9J1)/EU-3
Jmenovitý výkon [kW/min⁻¹]	240/2200
Délka vozidla [mm]	6900
Šířka vozidla [mm]	2550
Výška vozidla [mm]	3000
Pohotovostní hmotnost [kg]	8250
Délka ložné plochy [mm]	4450
Šířka ložné plochy [mm]	2440
Objem ložné plochy [m³]	6,6
Pořizovací cena bez DPH [Kč]*	3 000 000

Zdroj: (8)

*) uvedená cena je bez nástavby a pluhu



Obr. 2.5 – Mechanismus MB Axor 1833

Zdroj: autor

Nástavba Schmidt Stratos 50-36 VCLN-660

Zásobníkový sypací automat s hydraulickým pohonem od agregátu podvozku. Technologie vlhčení soli, plně automatické řízení parametrů a vektoru posypu řídicí jednotkou přes sběrnici CAN Bus s kontrolou, vyhodnocováním a korekcí přes zpětnou vazbu. Objem zásobníku je 5 m³ na sůl, 2200 l na solanku. Pracovní záběr 2 – 8 m, rozsah dávky sůl/inert 5 – 40/25 – 320 g/m². Rozmetací kotouč – antikoro o průměru 660 mm. (10)



Obr. 2.6 – Nástavba Schmidt Stratos 50-36

Zdroj: autor

Přídavné zařízení na vozidle

Sněhový pluh je osazen na kloubových závěsech šířka pluhu/odklízecí šířka 3000/2600 mm, výška segmentů 900 mm. Hydraulické ovládání od agregátu podvozku, všestranně stavitelný, funkce plovoucí poloha, pryžové nebo ocelové břity, pojezdová kola, poziční osvětlení. (11)

Mechanismus MB Atego 816 (3E7-6275)

Vozidla MB Atego jsou koncipována jako univerzální multifunkční nosiče, na které se dle požadavků zákazníka montují různé typy speciálních nástaveb. Vynikají svojí spolehlivostí a profesionalitou technického řešení, provozní všestranností, vysokým výkonem, jízdním komfortem a ergonomií při ovládání. Tento typ vozidla se používá především pro úzké profily komunikací (komunikace 2. a 3. pořadí), ale v případě potřeby i na ostatní druhy komunikací. Nevýhodou tohoto mechanismu je, že má menší nástavbu pro posypový materiál. Velikost objemu nástavby je 2,5 m³, tudíž je zde předpoklad většího počtu přejezdů na nakládku.

Tím pádem jsou vyšší náklady na přejezdy a nakládku vozidla. Výhoda tohoto mechanismu je flexibilita výměnných nástaveb. V zimním období je vozidlo opatřeno nástavbou pro posypový materiál a v létě je opatřeno kropicí nástavbou sloužící k účelům letní údržby. Rok výroby je 2009, technické údaje o vozidle jsou uvedeny v tabulce 2.5.

Tabulka 2.5 – Technické údaje mechanismu MB Atego 816

Typ	MB Atego 816
Počet válců/zdvihový objem [l]	4/4,25
Motor/Euro norma	OM 904 LA,IV/2/EU-4
Jmenovitý výkon [kW/min⁻¹]	115/2200
Délka vozidla [mm]	8000
Šířka vozidla [mm]	2550
Výška vozidla [mm]	3400
Pohotovostní hmotnost [kg]	6650
Délka ložné plochy [mm]	6200
Šířka ložné plochy [mm]	2550
Objem ložné plochy [m³]	3,5
Pořizovací cena bez DPH [Kč]*	1 500 000

Zdroj: (9)

*) uvedená cena je bez nástavby a pluhu



Obr. 2.7 – Mechanismus MB Atego 816

Zdroj: autor

Nástavba Simed SVS 2.5

Zásobníkový sypací automat s hydraulickým pohonem. Technologie vlhčení soli, plně automatické řízení parametrů a vektoru posypu řídicí jednotkou přes sběrnici CAN Bus s kontrolou, vyhodnocováním a korekcí přes zpětnou vazbu. Objem zásobníku je 2,5 m³ na sůl, 800 l na solanku. Pracovní záběr 2 – 6 m, rozsah dávky sůl/inert 5 – 40/25 – 320 g/m². Rozmetací kotouč – plast o průměru 400 mm. (11)



Obr. 2.8 – Nástavba Simed SVS 2.5

Zdroj: autor

Přídavné zařízení na vozidle

Čelní sněhová radlice typu PPS k odstraňování souvislé vrstvy až do výše 350 mm. Vulkollanové odpružení čelního štítu umožňuje snadnou ovladatelnost a úklid v náročných podmínkách. Šířka pluhu/Odklízecí šířka 3000 mm/2600 mm. (11)

2.5 Shrnutí analýzy vybraného území

Předmětem analýzy bylo nalezení konkrétních problémů, které mohou mít vliv na návrh optimalizačního řešení okruhů pro údržbové mechanismy. Hlavní problémy analýzy jsou řešeny v kapitolách 2.3.1, 2.3.4 a 2.4.

- **projetí mechanismu alespoň 10 min před každým spojem MHD,**
- **problém zaparkovaných vozidel na některých úzkoprofilových komunikacích,**
- **volba mechanismu.**

První problém nemůže být časově přesně zkoordinován, protože podle povětrnostní a sněhové situace nelze stanovit přesně čas, kdy mechanismus bude právě obsluhovat zastávky MHD. Druhý problém má velký vliv na výkon ZÚ. Zaparkované automobily výrazně znepríjemňují průjezd mechanismu danou komunikací. SmP, a. s. provádějící ZÚ by měla zajistit ve spolupráci s policií zákaz stání na vymezených místních komunikacích. Volba mechanismů byla konzultována s vedoucím divize pro údržbu komunikací a přiřazení mechanismu bylo provedeno podle plánu nasazení vozidel na jednotlivé druhy komunikací (Příloha 1).

3 NÁVRHY OPTIMALIZACE ZIMNÍ ÚDRŽBY S VYUŽITÍM NĚKTERÝCH VYBRANÝCH METOD OPERAČNÍHO VÝZKUMU

Tato kapitola je zaměřena na nástroje k řešení problémů (např. tvorba okruhů pro údržbové mechanismy) v oblasti ZÚ metodami operačního výzkumu. Pro velké množství omezujících podmínek nelze řešit model ZÚ jako celek, ale je nutné zabývat se jednotlivými problémy zvlášť. Model si lze definovat jako záměrné zjednodušení skutečnosti. Podstatné při sestavování modelu je to, aby bylo zřejmé co je v modelu podstatné a co z něj lze vyloučit. Důležité je vytipovat problém, který je potřeba vyřešit, na jehož základě lze sestavit verbální model. Jde hlavně o stanovení vstupů a výstupů, omezujících podmínek a kritéria kvality řešení (účelová funkce). Dalším krokem je sestavení matematického modelu, jedná se o nejsložitější část celého řešení. Na základě verbálního modelu (kapitola 3.3) a matematického modelu (kapitola 3.4) je sestaven návrh okruhů pro údržbové mechanismy. Hlavním úkolem je převedení verbálního modelu na model matematický pomocí matematických zápisů (funkcí, rovnic, nerovnic). Dále je potřeba si zvolit vhodnou metodu nebo algoritmus řešení, protože je každý problém svým způsobem specifický a žádná metoda není univerzální. Poté na řadu přichází vlastní výpočet a interpretace výsledků, které jsou výstupem algoritmu a je nutné je posoudit s ohledem na jejich reálnost.

Řešení úloh v operačním výzkumu

V zásadě lze obecně řešit tyto úlohy dvěma způsoby:

Minimalizační – snaha minimalizovat ujeté kilometry, spotřebu posypového materiálu, počty údržbových mechanismů a pracovníků, technologické časy a náklady spojené se ZÚ. **Minimalizační řešení úlohy je použito v návrhu optimalizačního řešení okruhů pro údržbové mechanismy v kapitole 3.5. Prioritou optimalizačního řešení je minimalizace počtu ujetých technologických a netechnologických kilometrů a také minimalizace spotřeby posypového materiálu.**

Maximalizační – naopak při výkonu ZÚ je snaha využít všechny mechanismy a pracovníky, případně maximalizovat udržení sjízdnosti úseků. Tato metoda nebyla použita pro návrh

okruhů pro údržbové mechanismy, protože cíl návrhu je minimalizace celkových ujetých kilometrů.

Oblasti optimalizace zimní údržby

Posypové materiály – Nalezení optimálního počtu a rozmístění skládek posypového materiálu pomocí lokačně–alokačních úloh, využití teorie zásob pro určování okamžiků a velikosti dodávek, přechod na materiály šetrnější k životnímu prostředí.

Údržbové mechanismy – V této oblasti je možné vycházet z teorie obnovy, kde lze stanovit optimální dobu pro výměnu prostředku, efektivní pohyb sypačů, elektronické řízení nástavby sypačů se zvlhčováním solanky, mísící a skladovací zařízení na solanku.

Technologické postupy – Školení pracovníků, organizování ZÚ, zvyšování podílu chemicky udržovaných posypových tras, za předpokladu využití technologie zvlhčování soli.

Oblast dalších pomocných zařízení a činností – Maximální využití speciálních meteoroinformací, hlásičů náledí, kvalitního radiového spojení a informačních technologiích.

3.1 Obecná charakteristika dopravní sítě

Je to pevná složka dopravního systému. Jedná se o základní pojem teorie dopravy a lze ho definovat jako konečnou množinu uzlů a úseků. Ve skutečnosti jde o infrastrukturu dopravních cest sítě. Základní požadavek kladený na dopravní síť je, aby byla souvislá, tzn. že pro každou dvojici uzlů existuje alespoň jedna cesta spojující oba tyto uzly. Každému úseku je přiřazena struktura (určité hodnoty), např. cena, délka, propustnost vyjádřená ve vhodných jednotkách (např. počet kompletů, které mohou vstoupit do úseku za jednotku času, v jednotkách délky anebo jaká doba je potřebná k projetí úseku nebo cena za použití úseku).

(4)

Základní pojmy

Uzel – Významné středisko v síti, které plní a zajišťuje následující funkce:

- vstup dopravních elementů do sítě (pouze v uzlech, nikoliv úsekem),
- výstup elementů ze sítě,
- shromažďování elementů, za účelem vytvoření dávek, souprav a kompletů,
- tvorbu a rušení kompletů.

Uzly jsou vrcholy v grafu na obr. 3.1 resp. 3.2 na ohodnocené dopravní síti. Ve skutečnosti jde o křižovatky spojující jednotlivé hrany (ulice) s ostatními vrcholy.

Úsek – Spojnice dvou uzlů která, je z obou stran ohraničena, kromě těchto dvou uzlů neobsahuje úsek žádné další uzly. **Úseky jsou hrany v grafu na obr. 3.1 resp. 3.2 na ohodnocené dopravní síti. Ve skutečnosti se jedná o úseky (ulice) spojující alespoň dva vrcholy v grafu. Příslušné úseky z výše uvedených obrázků mají své délkové ohodnocení.**

3.2 Úlohy a algoritmy pro řešení problematiky zimní údržby

Pro řešení problematiky ZÚ existuje celá řada algoritmů. V této kapitole je uvedeno, co znamenají pojmy Eulerovy tahy a úloha čínského pošťáka s příslušnými algoritmy pro řešení úlohy s vazbou na návrh optimalizačního řešení okruhů pro údržbové mechanismy.

3.2.1 Eulerovy tahy

Může, ale nemusí začínat a končit ve stejném vrcholu. Podle toho se jedná o otevřený nebo uzavřený E–tah. Nutná a zároveň postačující podmínka k tomu, aby konečný souvislý graf $G = (V, X)$ mohl být sestrojen jedním otevřeným E–tahem je, aby graf obsahoval právě dva vrcholy lichého stupně, eulerovský tah v jednom z nich začíná a ve druhém končí. V konečném souvislém grafu, který má $2t$ uzlů lichého stupně $t \geq 1$, se každé minimální pokrytí grafu skládá z t otevřených E–tahů, z nichž každý spojuje dvojici uzlů lichého stupně. Na sestrojení uzavřeného E–tahu v E–grafu a grafu se dvěma vrcholy lichého stupně použijeme Fleuryho algoritmus. V grafech s počtem vrcholů lichého stupně větším než dva použijeme Edmondsův algoritmus. (4)

Ve své podstatě je jízda údržbového mechanismu Eulerovým tahem, jež začíná a končí buď ve stejném nebo odlišném vrcholu. Podle toho je odlišen na uzavřený resp. otevřený E-tah. Konkrétně v návrhu optimalizačního řešení okruhů pro údržbové mechanismy je uvedeno v každé variantě řešení, o který E-tah se jedná (viz. kapitola 3.5).

3.2.2 Úloha čínského pošťáka

Cílem této úlohy je najít co nejkratší cestu pro pošťáka, který má za úkol roznést poštu ve svém doručovatelském obvodu za předpokladu, že vyjde z nějakého místa (např. pošta)

a při své cestě doručí do každé ulice listovní zásilku a vrátí se zpět na místo odkud vyšel. Představíme-li si množinu ulic v grafické podobě společně s uzly, tak nám vznikne souvislý graf $G(V, h)$. Uzly jsou koncová místa, nebo místa kde se ulice setkávají (křižovatky).

Úloha tedy řeší nalezení uzavřeného sledu, který pokrývá celý graf (obsahuje všechny hrany grafu). Délka sledu je přitom součet všech ohodnocených hran. Nejkratší cesta pro poštěáka by byla projít každou ulici jen jednou, v teorii grafů by to znamenalo uzavřený tah, který pokrývá celý graf. To má ovšem jednu podmínku, již zmiňovaný tah by musel být eulerovský a to pouze v tom případě, že vrcholy mají sudý stupeň. Bohužel pro poštěáka to většinou splněno není, takže některé ulice musí projít dvakrát. **Na principu této úlohy je postaveno celé optimalizační řešení okruhů údržbových mechanismů. Mechanismus musí projet každým úsekem alespoň jednou, aby tam mohl provést pluhování resp. posyp. Bohužel v reálné situaci to vypadá trochu jinak. Ne všechny vrcholy grafu v obr. 3.1 resp. 3.2 jsou sudého stupně. Proto musí mechanismus některé hrany projet minimálně dvakrát, a tím pádem dochází k přejezdům mezi vrcholy a vznikají netechnologické jízdy. Snahou optimalizačního řešení je tyto jízdy eliminovat na minimum.**

3.2.3 Algoritmy k řešení úlohy čínské poštěáka

Fleuryho algoritmus

Tento algoritmus slouží pouze k určení uzavřeného E-tahu. Graf by tedy musel obsahovat maximálně dva vrcholy lichého nebo ostatní vrcholy by musely být sudého stupně. Přičemž mechanismus by musel projet hranou právě jen jednou, což ve skutečnosti nelze. Z těchto omezujících podmínek vyplývá, že tento algoritmus nemůže být použit pro návrh optimalizačního řešení okruhů pro údržbové mechanismy.

Edmondsův algoritmus

1. krok: V grafu $G = (V, h)$ určíme vrcholy lichého stupně $2t$, $t \geq 1$.
2. krok: Sestrojíme kompletní graf K_{2t} (jeho vrcholy jsou vrcholy lichého stupně grafu G).
3. krok: Hrany kompletního grafu ohodnotíme vzdáleností příslušných vrcholů v grafu G .
4. krok: Určíme párování minimální délky.
5. krok: Hrany minimálního párování přidáme do původního grafu mezi příslušné vrcholy, vznikne multigraf, který je E-grafem.
6. krok: V multigrafu z 5. kroku sestrojíme uzavřený E-tah Fleuryho algoritmem. Tento tah je E-tahem minimální délky.

7. krok V E-tahu nahradíme každou hranu párování odpovídající cestou minimální délky. Dostaneme sled, který je uzavřeným E-sledem pokrývajícím hrany grafu minimální délky. (4) **V návrhu optimalizačního řešení pro údržbové mechanismy je nutné Edmondsův algoritmus trochu upravit, protože dopravní síť na obr. 3.1 resp. 3.2 je převážně tvořena jednosměrnými ulicemi. Jednosměrné ulice znemožňují sestavit kompletní graf a určit párování minimální délky přesně podle kroků Edmondsova algoritmu. V návrhu optimalizačního řešení v kapitole 3.5 jsou přesně dané hrany, které musejí být projety dvakrát. Tyto hrany jsou označeny jako násobné hrany (fiktivní). Tím pádem vznikne multigraf a je možné sestrojít E-tah.**

3.3 Verbální model optimalizačního řešení okruhů pro údržbové mechanismy

Účelem verbálního modelu je stanovení základních bodů pro návrh optimalizačního řešení okruhů pro údržbové mechanismy. Na ohodnocené dopravní síti je postupováno následovně podle jednotlivých kroků:

- 1. stanovení kritéria pro zajištění sjízdnosti MK**
- 2. tvorba variant návrhu okruhu pro MB Axor**
- 3. tvorba variant návrhu okruhu pro MB Atego**
- 4. vyhodnocení variant návrhu okruhů**
- 5. výběr kombinace variant s minimálním počtem ujetých celkových kilometrů**
- 6. výpočet spotřeby posypového materiálu**

3.4 Matematický model optimalizačního řešení okruhů pro údržbové mechanismy

Zadán neorientovaný graf $G = (V, X)$ (obr. 3.1. resp. 3.2), kde V je množina vrcholů a X množina hran. Z matematického hlediska lze problém popsat následovně (5):

- | | |
|-----------|------------------------------------|
| x_{ij} | počet průchodů hranou (v_i, v_j) |
| c_{ij} | délka hrany (v_i, v_j) |
| $st(v_i)$ | stupeň vrcholu v_i |

m	počet hran grafu
n	počet vrcholů grafu
N_l	množina vrcholů lichého stupně
N_s	množina vrcholů sudého stupně
V	množina všech vrcholů grafu

Minimalizujeme funkci $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$

Omezující podmínky:

$$\sum_{k=1}^n x_{ki} - \sum_{k=1}^n x_{ik} = 0 \quad \text{pro } i = 1, \dots, n \text{ počet vstupů do vrcholu musí být stejný jako počet výstupů z vrcholu}$$

$$x_{ij} + x_{ji} \geq 1 \quad \text{pro všechny hrany } (v_i, v_j) \in X$$

Po každé hraně je nutno projít alespoň jednou

$$x_{ij} \geq 0$$

K existenci alespoň jednoho řešení musí být v grafu sudý počet vrcholů lichého stupně:

$$\sum_{v_i \in V} st(v_i) = 2m$$

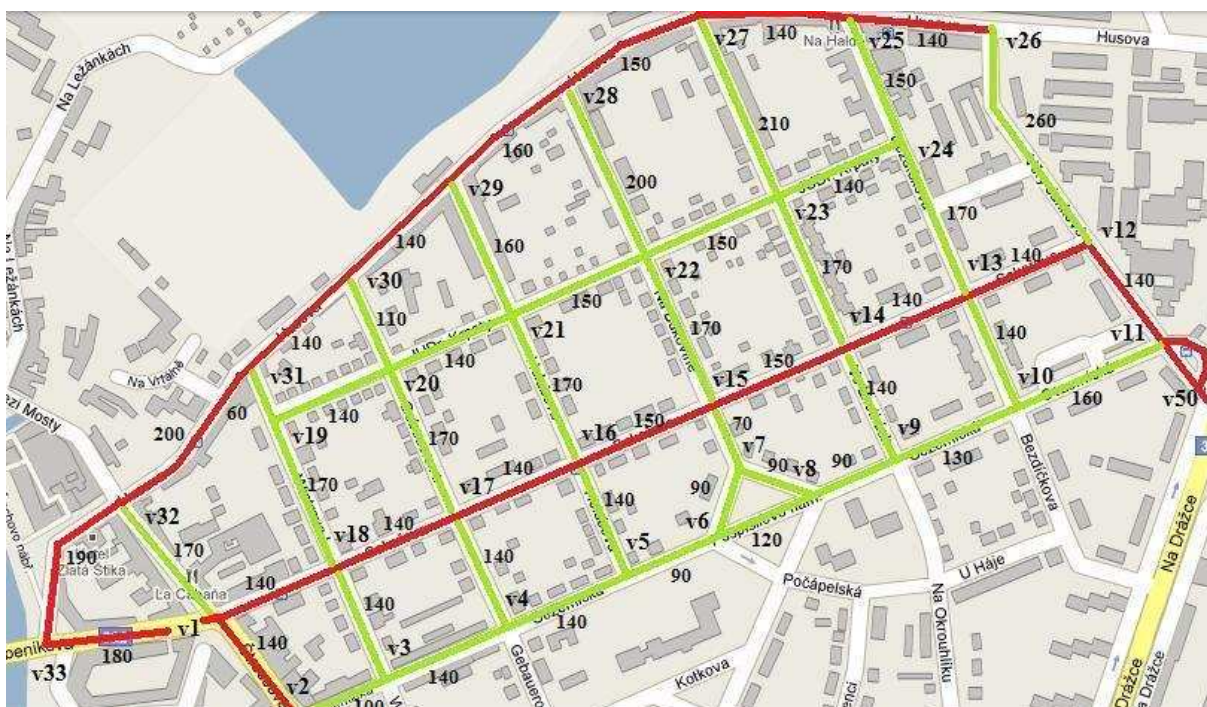
Z tvaru matematického modelu je zjištěno, zda-li existuje alespoň jedno optimalizační řešení pro údržbové mechanismy. Tvar účelové funkce je minimalizační, protože je snahou projet celou dopravní síť s minimálním počtem ujetých kilometrů. Omezující podmínky vyhovují řešení úlohy čínskému pošťáka, protože počet vstupů do hrany musí být roven počtu výstupů z hrany (vjezd/výjezd mechanismu z/do hrany). Je také splněna podmínka projet každou hranu alespoň jednou. Poslední podmínkou alespoň jednoho řešení úlohy je existence sudého počtu vrcholů lichého stupně. V návrhu optimalizačního řešení se to týká následujících dvaceti vrcholů lichého stupně:

v2, v7, v12, v19, v24, v25, v 27, v28, v29, v30, v31, v32, v36, v37, v38, v40, v42, v43, v44, v45

Účelová funkce a omezující podmínky vyhovují optimalizačnímu řešení návrhu okruhů pro údržbové mechanismy.

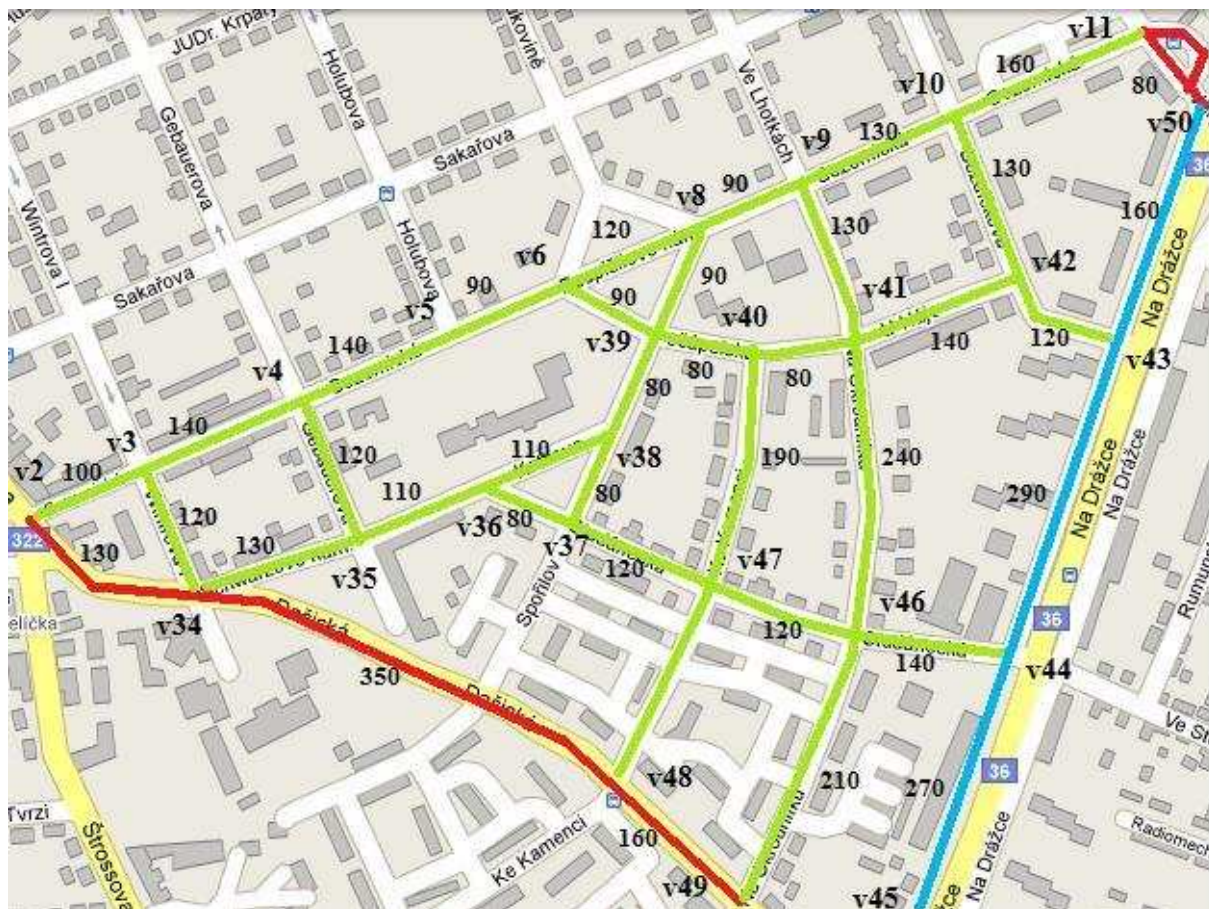
3.5 Návrh optimalizačního řešení okruhů pro údržbové mechanismy

Hledání optimálních tras v dopravní síti patří mezi nejčastěji řešené optimalizační úlohy teorie grafů. Nejkratší trasa obsahuje všechny úseky, které jsou vícenásobně udržované úseky a tvoří soustavu tras spojujících vždy dva vrcholy, proto je snahou pospojovat tyto vrcholy co nejkratší soustavou tras. Řešení úlohy spočívá v nalezení otevřeného eulerovského tahu minimální délky se zachováním pořadí sjízdnosti pro pluhování i posyp. Je zadán rajón, ve kterém se musí provést ZÚ. Rajón je převeden na hranově ohodnocený souvislý graf $G = (V, h)$. Ohodnocení hran je provedeno změřením délek hran na mapě (www.maps.google.cz). Celá oblast je rozdělena do dvou okruhů. Nejprve je navržen okruh pro 1. pořadí a potom pro 2. pořadí. Oba grafy jsou znázorněny na obr. 3.1 a obr. 3.2. S využitím úlohy čínského pošťáka je nalezeno optimální řešení.



Obr. 3.1 – Znázornění ohodnocené dopravní sítě (neorientovaný graf 1)

Zdroj: www.maps.google.cz, autor



Obr. 3.2 – Znáornění ohodnocené dopravní sítě (neorientovaný graf 2)

Zdroj: www.maps.google.cz, autor

Kritérium pro stanovení důležitosti a pro zajištění sjízdnosti místních komunikací

Pro řešení optimalizační úlohy bylo zapotřebí stanovit si kritérium, podle kterého se bude odvíjet tvorba okruhů. **Zvolené kritérium je jednosměrná část ulice Štrossova. Tento úsek je vybrán, protože je nejkratší spojníc ulic Husova a Sakařova, které patří do 1. pořadí. Dojde tak k minimalizaci počtu přejezdů.** Tato komunikace je podle plánu ZÚ obsluhována až v 2. pořadí, a proto kritérium je postupně zařazováno nebo nezařazováno v jednotlivých variantách návrhu okruhů, podle pořadí zajišťující sjízdnost komunikací. Kritérium umožní zjistit kombinace variant a projet trasu s minimalizací počtu ujetých kilometrů.

KRITÉRIUM OPTIMALIZACE – ulice Štrossova (jednosměrná část ulice) – hrana (v1, v32)

3.5.1 Návrh okruhu pro mechanismus MB Axor 1833 (2E6-2904)

Tento mechanismus je nasazen na údržbu komunikací, které musí být sjízdné podle plánu ZÚ v 1. pořadí. Aby byl zachován sled celé trasy jsou v tomto případě obslouženy i ulice Věry Junkové (v obou variantách) a ve variantě A část ulice Štrossova, jedná se o jednosměrnou ulici, mezi ulicemi Bubeníkova a Husova. V této situaci je nutné brát v úvahu, že ostatní komunikace musí být udržovány v obou směrech (základní i opačný směr). Netechnologické jízdy (fiktivní hrany) jsou označeny šedou barvou, aby se odlišily od technologických jízd.

Okruh pro mechanismus MB Axor

Varianta A (zahrnuta jednosměrná ulice Štrossova do E-tahu)

V tomto případě se bude jednat o otevřený Eulerův tah, protože počáteční a koncový vrchol není stejný.

Počáteční vrchol je v50 a koncový vrchol je v12

E-tah

{v50, (v50, v11), v11, (v11, v12), v12, (v12, 13), v13, (13, v14), v14, (v14, 15), v15, (v15, v16), v16, (v16, v17), v17, (v17, v18), v18, (18, v1), v1, (v1, v32) v32, (v32, 33), v33, (v33, v1), v1, (v1, v2), v2, (v2, v34), v34, (v34, 48), v48, (v48, v49), v49, (v49, v48), v48, (v48, v34), v34, (v34, v2), v2, (v2, v1), v1, (v1, v33), v33, (v33, v32), v32, (v32, v31), v31, (31, v30), v30, (v30, v29), v29, (v29, v28), v28, (v28, v27), v27, (v27, v25), v25, (v25, v26), v26, (v26, 12), v12, (v12, v11), v11, (v11, v50), v50, (v50, v11)*, v11, (v11, 12), v12, (v12, v26), v26, (v26, v25), v25, (v25, v27), v27, (v27, v28), v28, (v28, v29), v29, (v29, v30), v30, (v30, v31), v31, (v31, v32), v32, (v32, v33), v33, (v33, v1), v1, (v1, v18), v18, (v18, v17), v17, (v17, v16), v16, (v16, v15), v15, (v15, v14), v14, (v14, v13), v13, (v13, v12)}

*) údržba točny na Židově (MHD linka č. 5)

Fiktivní hrany

(v32, v33), v33, (v33, v1)

Délka E-tahu = 80 + 140 + 140 + 140 + 150 + 150 + 140 + 140 + 140 + 170 + 190 + 180 + 140 + 130 + 350 + 160 + 160 + 350 + 130 + 140 + 180 + 190 + 200 + 140 + 140 + 160 + 150 + 140 + 140 + 260 + 140 + 80 + 100 + 140 + 260 + 140 + 140 + 150 + 160 + 140 + 140 + 200 + 190 + 180 + 140 + 140 + 140 + 150 + 150 + 140 + 140 = 8180 m

Technologické jízdy (plné m) = 7810 m

Netechnologické jízdy (prázdné m) = 190 + 180 = 370 m

Varianta B (nezahrnuta jednosměrná ulice Štrossova do E-tahu)

V tomto případě se bude jednat o otevřený Eulerův tah, protože počáteční a koncový vrchol není stejný.

Počáteční vrchol je v50 a koncový vrchol je v12

E-tah

{v50, (v50, v11), v11, (v11, v12), v12, (v12, 13), v13, (13, v14), v14, (v14, 15), v15, (v15, v16), v16, (v16, v17), v17, (v17, v18), v18, (18, v1), v1, (v1, v33), v33, (v33, v32), v32, (32, v31), v31, (v31, v30), v30, (v30, 29), v29, (v29, v28), v28, (v28, v27), v27, (v27, v25), v25, (v25, 26), v26, (v26, v12), v12, (v12, v11), v11, (v11, v50), v50, (v50, 11)*, v11, (v11, v12), v12, (v12, v26), v26, (v26, v25), v25, (v25, v27), v27, (v27, v28), v28, (v28, v29), v29, (v29, v30), v30, (v30, v31), v31, (v31, v32), v32, (v32, v33), v33, (v33, v1), v1, (v1, v34), v34, (v34, v48), v48, (v48, v49), v49, (v49, v48), v48, (v48, v34), v34, (v34, v2), v2, (v2, v1), v1, (v1, v18), v18, (v18, v17), v17, (v17, v16), v16, (v16, v15), v15, (v15, v14), v14, (v14, v13), v13, (v13, v12)}

*) údržba točny na Židově (MHD linka č.5)

Délka E-tahu = 80 + 140 + 140 + 140 + 150 + 150 + 140 + 140 + 140 + 180 + 190 + 200 + 140 + 140 + 160 + 150 + 140 + 140 + 260 + 140 + 80 + 100 + 140 + 260 + 140 + 140 + 150 + 160 + 140 + 140 + 200 + 190 + 180 + 140 + 130 + 350 + 160 + 350 + 130 + 140 + 140 + 140 + 140 + 150 + 150 + 140 + 140 = 7480 m

Tabulka 3.1 – Varianty okruhů pro MB Axor

	Technologické jízdy [m]	Netechnologické jízdy [m]	Celkem ujeté [m]
Varianta A	7810	370	8180
Varianta B	7480	-	7480

Zdroj: autor

Z tabulky 3.1 je sice patrné, že ve variantě A mechanismus najede 370 m netechnologických jízd, tím pádem celkové ujeté metry jsou vyšší než u varianty B. Avšak v celkovém porovnání

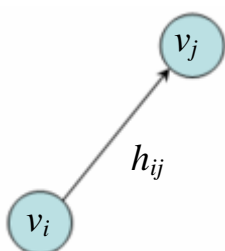
variant na konci řešení je zjištěno, že správná volba je varianta A, protože při celkovém hodnocení dojde k minimalizaci počtu ujetých celkových kilometrů.

3.5.2 Návrh okruhu pro mechanismus MB Atego 816 (3E7-6275)

Pro tento okruh musí být nasazen menší mechanismus, je to z důvodu úzkých a především jednosměrných ulic, které tvoří většinu dopravní sítě. V tomto případě stačí ulice projet pouze jednou. Samozřejmě v rámci zachování sledu jsou některé ulice projety 2x, ale posyp je proveden pouze při prvním projetí. V této situaci je zadána omezující podmínka projetí mechanismu jednosměrné ulice, pouze ve směru jízdy nikoliv opačně. Tento fakt značně komplikuje řešení dané situace. Netechnologické jízdy (fiktivní hrany) jsou označeny šedou barvou, aby se odlišily od technologických jízd.

Řešení problému jednosměrných ulic a násobných hran

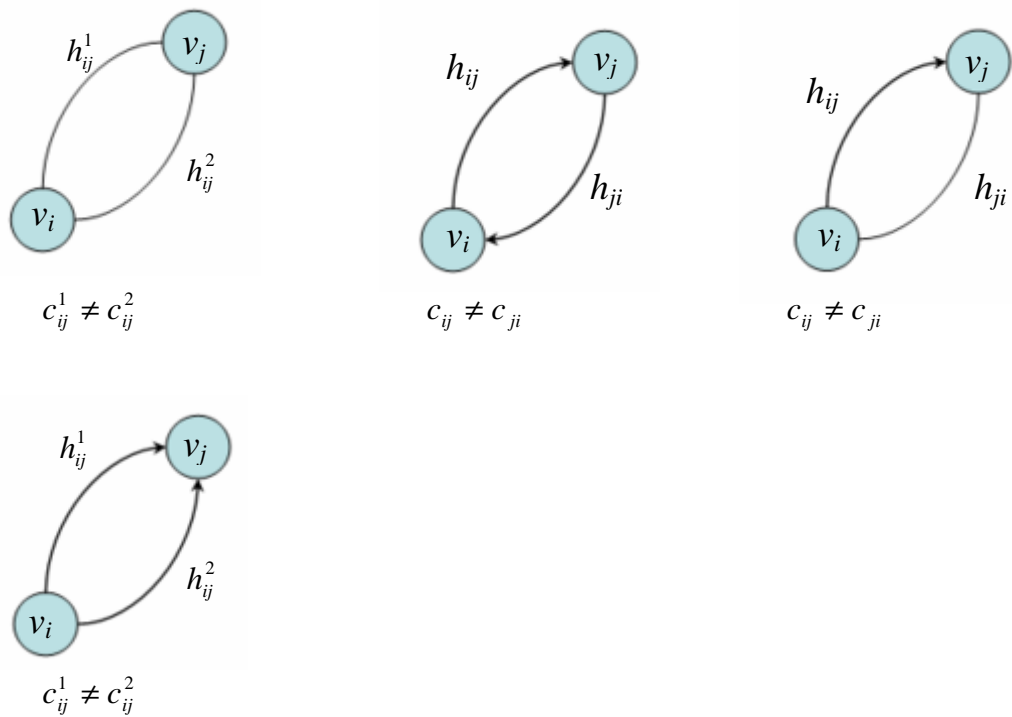
Při vytváření sledů tras, musely být zohledněny některé skutečnosti. Jednalo se o projíždění jednosměrných ulic a řešení situací při průjezdu násobných hran v grafu. Jednosměrné ulice jsou přímé orientované hrany h označené šipkou, která umožňuje určit výchozí a koncový vrchol hrany.



Obr. 3.3 – Jednosměrná ulice

Zdroj: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Graph_edge.png, úprava autor

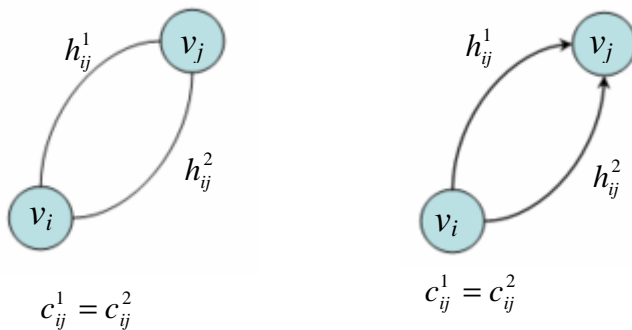
Některé vrcholy v grafu jsou spojeny násobnými hranami. Tyto hrany společně incidují se stejnými vrcholy, mohou být hranově ohodnocené a také orientované i neorientované. Pro řešení této úlohy se předpokládá, že maximální počet hran spojující dva stejné vrcholy jsou 2 hrany. (4)



Obr. 3.4 – Násobné hrany

Zdroj: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Graph_edge.png, úprava autor

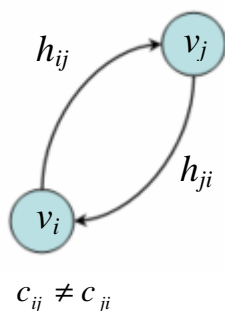
Zvláštním případem násobných hran jsou hrany fiktivní. Tyto hrany vznikají při metodě párování lichých vrcholů a v reálné situaci představují dvojnásobné projekce dané hrany (4). Tento případ je zahrnutý v návrhu optimalizačního řešení pro mechanismy projíždějící některé hrany 2x ve formě netechnologické jízdy.



Obr. 3.5 – Podoba fiktivních hran

Zdroj: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Graph_edge.png, úprava autor

Posledním důležitým případem reálné situace, která musí být zohledněna v rozhraní teorie grafů je, že vrcholy mohou mít předcházející a následující hranu sledu stejnou (4). V reálné situaci to znamená, že vozidlo se po projetí ulice otočí na místě a projede předchozí ulici zpět. Při řešení úlohy se to týká slepých ulic, v návrhovém řešení to je např. ulice Okružní.



Obr. 3.6 – Předcházející a následující hrana

Zdroj: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Graph_edge.png, úprava autor

Okruh pro mechanismus MB Atego

Varianta A (nezahrnuta jednosměrná ulice Štrossova do E-tahu)

V tomto případě se bude jednat o otevřený Eulerův tah, protože počáteční a koncový vrchol není stejný.

Počáteční vrchol je v_{11} a koncový vrchol je v_{50}

E-tah

{ $(v_{11}, (v_{11}, v_{10}), v_{10}, (v_{10}, v_9), v_9, (v_9, v_8), v_8, v_6, (v_6, v_5), v_5, (v_5, v_4), v_4, (v_4, v_3), v_3, (v_3, v_2), v_2, (v_2, v_3), v_3, (v_3, v_{34}), v_{34}, (v_{34}, v_{35}), v_{35}, (v_{35}, v_{36}), v_{36}, (v_{36}, v_{37}), v_{37}, (v_{37}, v_{38}), v_{38}, (v_{38}, v_{39}), v_{39}, (v_{39}, v_8), v_8, (v_8, v_7), v_7, (v_7, v_{15}), v_{15}, (v_{15}, v_{22}), v_{22}, (v_{22}, v_{28}), v_{28}, (v_{28}, v_{27}), v_{27}, (v_{27}, v_{25}), v_{25}, (v_{25}, v_{24}), v_{24}, (v_{24}, v_{23}), v_{23}, (v_{23}, v_{22}), (v_{22}, v_{21}), v_{21}, (v_{21}, v_{20}), v_{20}, (v_{20}, v_{19}), v_{19}, (v_{19}, v_{20}), v_{20}, (v_{20}, v_{30}), v_{30}, (v_{30}, v_{31}), v_{31}, (v_{31}, v_{19}), v_{19}, (v_{19}, v_{18}), v_{18}, (v_{18}, v_3), v_3, (v_3, v_4), v_4, (v_4, v_{17}), v_{17}, (v_{17}, v_{20}), v_{20}, (v_{20}, v_{30}), v_{30}, (v_{30}, v_{29}), v_{29}, (v_{29}, v_{21}), v_{21}, (v_{21}, v_{16}), v_{16}, (v_{16}, v_5), v_5, (v_5, v_6), v_6, (v_6, v_7), v_7, (v_7, v_6), v_6, (v_6, v_{39}), v_{39}, (v_{39}, v_{40}), v_{40}, (v_{40}, v_{41}), v_{41}, (v_{41}, v_{42}), v_{42}, (v_{42}, v_{43}), v_{43}, (v_{43}, v_{42}), v_{42}, (v_{42}, v_{10}), v_{10}, (v_{10}, v_{13}), v_{13}, (v_{13}, v_{24}), v_{24}, (v_{24}, v_{25}), v_{25}, (v_{25}, v_{27}), v_{27}, (v_{27}, v_{23}), v_{23}, (v_{23}, v_{14}), v_{14}, (v_{14}, v_9), v_9, (v_9, v_{41}), v_{41}, (v_{41}, v_{46}), v_{46}, (v_{46}, v_{49}), v_{49}, (v_{49}, v_{48}), v_{48}, (v_{48}, v_{47}), v_{47}, (v_{47}, v_{40}), v_{40}, (v_{40}, v_{39}), v_{39},$ }

(v39, v38), v38, (v38, v36), v36, (v36, v37), v37, (v37, v47), v47, (v47, v46), v46, (v46, v44), v44, (v44, v45), v45, (v45, v44), v44, (v44, v43), v43, (v43, v50)}

Fiktivní hrany

v2, (v2, v3), v28, (v28, v27), v27, (v27, v25), v19, (v19, v20), v30, (v30, v31), v3, (v3, v4), v20, (v20, v30), v30, (v30, v29), v5, (v5, v6), v7, (v7, v6), v24, (v24, v25), v25, (v25, v27), v49, (v49, v48), v39, (v39, v38), v36, (v36, v37), v45, (v45, v44)

Délka E-tahu = 160 + 130 + 90 + 120 + 90 + 140 + 140 + 100 + 100 + 120 + 130 + 110 + 80 + 80 + 80 + 90 + 90 + 70 + 170 + 200 + 150 + 140 + 150 + 140 + 150 + 140 + 150 + 150 + 140 + 140 + 140 + 110 + 140 + 60 + 170 + 140 + 140 + 140 + 90 + 90 + 90 + 90 + 80 + 80 + 140 + 120 + 120 + 130 + 140 + 170 + 150 + 140 + 210 + 170 + 140 + 130 + 240 + 210 + 160 + 170 + 190 + 80 + 80 + 110 + 80 + 120 + 120 + 140 + 270 + 270 + 290 + 160 = 9850 m

Technologické jízdy (plné m) = 7510 m

Netechnologické jízdy (prázdné m) = 100 + 150 + 140 + 140 + 140 + 140 + 110 + 140 + 90 + 90 + 120 + 150 + 140 + 160 + 80 + 80 + 270 = 2340 m

Varianta B (zahrnuta jednosměrná ulice Štrossova do E-tahu)

V tomto případě se bude jednat o otevřený Eulerův tah, protože počáteční a koncový vrchol není stejný.

Počáteční vrchol je v11 a koncový vrchol je v50

E-tah

{(v11, (v11, v10), v10, (v10, v9), v9, (v9, v8), v8, v6, (v6, v5), v5, (v5, v4), v4, (v4, v3), v3, (v3, v2), v2, (v2, v3), v3, (v3, v34), v34, (v34, v35), v35, (v35, v36), v36, (v36, v37), v37, (v37, v38), v38, (v38, v39), v39, (v39, v8), v8, (v8, v7), v7, (v7, v15), v15, (v15, v22), v22, (v22, v28), v28, (v28, v27), v27, (v27, v25), v25, (v25, v24), v24, (v24, v23), v23, (v23, v22, (v22, v21), v21, (v21, v20), v20, (v20, v19), v19, (v19, v20), v20, (v20, v30), v30, (v30, v31), v31, (v31, 32), v32, (v32, v33), v33, (v33, v1), v1, (v1, v32), v32, (v32, v31), v31, (v31, v19), v19, (v19, v18), v18, (v18, v3), v3, (v3, v4), v4, (v4, v17), v17, (v17, v20), v20, (v20, v30), v30, (v30, v29), v29, (v29, v21), v21, (v21, v16), v16, (v16, v5), v5, (v5, v6), v6, (v6, v7), v7, (v7, v6), v6, (v6, v39), v39, (v39, v40), v40, (v40, v41), v41, (v41, v42), v42, (v42, v43), v43, (v43, v42), v42, (v42, v10), v10, (v10, v13), v13, (v13, v24), v24, (v24, v25), v25, (v25, v27),

v27, (v27, v23), v23, (v23, v14), v14, (v14, v9), v9, (v9, v41), v41, (v41, v46), v46, (v46, v49), v49, (v49, v48), v48, (v48, v47), v47, (v47, v40), v40, (v40, v39), v39, (v39, v38), v38, (v38, v36), v36, (v36, v37), v37, (v37, v47), v47, (v47, v46), v46, (v46, v44), v44, (v44, v45), v45, (v45, v44), v44, (v44, v43), v43, (v43, v50)}

Fiktivní hrany

v2, (v2, v3), v28, (v28, v27), v27, (v27, v25), v19, (v19, v20), v30, (v30, v31), v31, (v31, 32), v32, (v32, v33), v33, (v33, v1), v32, (v32, v31), v3, (v3, v4), v20, (v20, v30), v30, (v30, v29), v5, (v5, v6), v7, (v7, v6) v43, (v43, v42), v24, (v24, v25), v25, (v25, v27), v49, (v49, v48), v39, (v39, v38), v36, (v36, v37), v45, (v45, v44)

Délka E-tahu = 160 + 130 + 90 + 120 + 90 + 140 + 140 + 100 + 100 + 120 + 130 + 110 + 80 + 80 + 80 + 90 + 90 + 70 + 170 + 200 + 150 + 140 + 150 + 140 + 150 + 140 + 150 + 150 + 140 + 140 + 140 + 110 + 140 + 200 + 190 + 180 + 170 + 200 + 60 + 170 + 140 + 140 + 140 + 90 + 90 + 90 + 90 + 80 + 80 + 140 + 120 + 120 + 130 + 140 + 170 + 150 + 140 + 210 + 170 + 140 + 130 + 240 + 210 + 160 + 170 + 190 + 80 + 80 + 110 + 80 + 120 + 120 + 140 + 270 + 270 + 290 + 160 = 10 830 m

Technologické jízdy (plné m) = 8020 m

Netechnologické jízdy (prázdné m) = 100 + 150 + 140 + 200 + 190 + 180 + 140 + 140 + 140 + 110 + 140 + 90 + 90 + 120 + 150 + 140 + 160 + 80 + 80 + 270 = 2810 m

Tabulka 3.2 – Varianty okruhů pro MB Atego 816

	Technologické jízdy [m]	Netechnologické jízdy [m]	Celkem ujeté [m]
Varianta A	7510	2340	9850
Varianta B	8020	2810	10830

Zdroj: autor

Tabulka 3.3 – Kombinace variant návrhu okruhů pro údržbové mechanismy

Kombinace variant A-A	Kombinace variant B-B	Rozdíl
18030 m	18310 m	280 m

Zdroj: autor

Kombinací variant A-A je možné celou dopravní síť projet o 280 metrů méně než v kombinaci B-B a tím ušetřit náklady. Cílem optimalizace byla kilometrská úspora (minimalizace najetých technologických a netechnologických km) na dané dopravní síti, dále minimalizace počtu mechanismů při jejich maximálním využití. Úloha je zjednodušena tím, že na údržbu celé dopravní sítě jsou potřeba právě dva mechanismy. Větší MB Axor je určen k obluzě širších komunikací. Menší MB Atego je určen k obluzě užších komunikací (MK 2.a 3. pořadí). Významnou úlohu ve stanovení okruhů pro údržbové mechanismy hrála ulice Štrossova, která byla hlavním kritériem jednotlivých variant pro určení Eulerova tahu.

3.5.3 Výpočet spotřeby posypového materiálu

Pro výpočet spotřeby posypových materiálů je nutné znát jaké množství bude dávkováno, na jaký druh komunikace a podle toho jaký je aktuální stav vozovky (suchý povrch, vlhký povrch).

Dávkování chemických posypových materiálů

Preventivní posyp je prováděn dávkou 5–20 g/m². Suché vozovky jsou sypány dávkou 5–10 g/m² a vlhké vozovky jsou sypány dávkou 10–20 g/m² (3). Maximální dávka chemických materiálů nesmí překročit dávku 60 g/m². Jen zcela ve výjimečných případech, kdy by bylo nezbytné obnovit rychlou a úplnou sjízdnost komunikací, je dovoleno použít dávku vyšší než 60 g/m². (3)

Dávkování inertních posypových hmot

Přímé rovinné úseky místních komunikací jsou sypány dávkou 70–300 g/m² (3). Dopravně exponované úseky (zatačky, křižovatky a úseky, na nichž lze očekávat potřebu náhlého brždění, se sypou dávkou 300 g/m²) (3).

Vztah pro výpočet plochy pro posyp

Pro výpočet plochy pro posyp je použitý vzorec (1). Příklad výpočtu je uveden za použitým vzorcem a konkrétní údaje jsou uvedeny v tabulce 3.4.

$$S = d * \check{s} \quad [m^2] \quad (1)$$

Kde:

S velikost plochy pro posyp [m^2]

d délka udržovaných komunikací [m]

š šířka sypaného pruhu [m]

Příklad výpočtu:

$$S = 7810 * 6 \quad [m^2]$$

$$S = 46860 \quad m^2$$

Tabulka 3.4 – Výpočet celkové plochy pro posyp

	Varianta trasy A (MB Axor)	Varianta trasy A (MB Atego)
Celková délka ÚK [m]	7810	7510
Šířka sypaného pruhu [m]	6	4
Celková plocha [m^2]	46 860	30 040

Zdroj: autor

Vztah pro výpočet spotřeby posypového materiálu

Pro výpočet spotřeby posypového materiálu je použitý vzorec (2). Příklad výpočtu je uveden za použitým vzorcem a konkrétní údaje jsou uvedeny v tabulce 3.5 resp. 3.6.

$$C = \frac{S * D_{PM}}{1000} \quad [kg] \quad (2)$$

Kde:

C spotřeba posypového materiálu [kg]

S velikost plochy pro posyp [m^2]

D_{PM} dávka posypového materiálu [g/m^2]

Příklad výpočtu:

$$C = \frac{46860 * 10}{1000} \quad [kg]$$

$$C = 469 \quad kg$$

Uježděná vrstva po pluhování menší než 3 cm je sypána chemickým posypovým materiálem. Na vrstvě náledí, nebo sněhu větší než 3 cm není dovoleno provádět posyp chemickým ani inertním materiálem. To znamená, že posyp je proveden po odpluhování větších vrstev sněhu. Při neúčinnosti chemického rozmrazovacího materiálu se použije inert. V tabulce 3.5 a 3.6 je uvedena spotřeba obou posypových materiálů.

Tabulka 3.5 – Spotřeba chemického PM pro posyp komunikací 1. pořadí

	Preventivní posyp	Vlhké vozovky	Suché vozovky
Dávka PM [g/m²]	10	15	8
Max dávka [g/m²]	60	60	60
Celková plocha [m²]	46 860	46 860	46 860
Spotřeba PM [kg]	469	703	375
Max spotřeba PM [kg]	2812	2812	2812

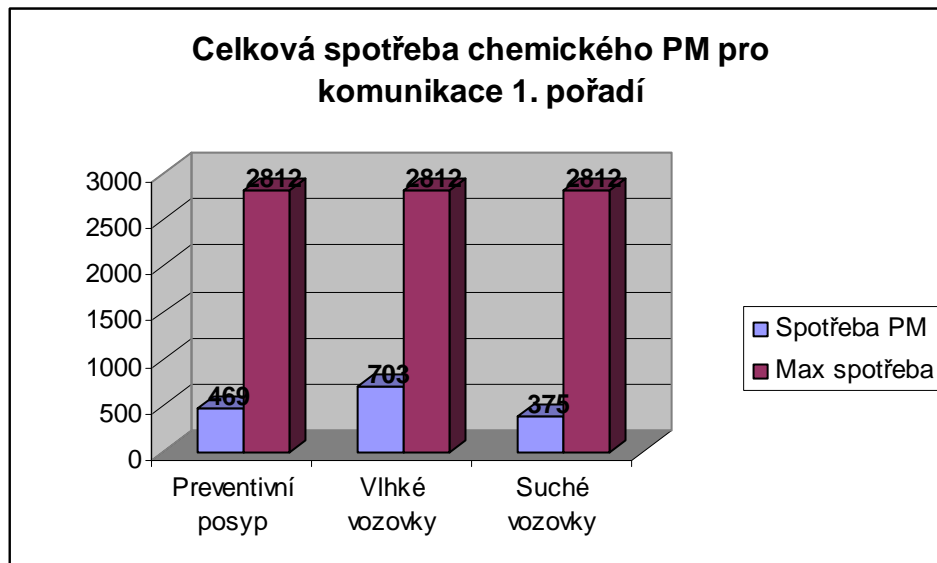
Zdroj: autor

Tabulka 3.6 – Spotřeba inertního PM pro posyp komunikací 1. pořadí

Dávka PM [g/m²]	70
Max dávka [g/m²]	300
Celková plocha [m²]	46 860
Spotřeba PM [kg]	3280
Max spotřeba PM [kg]	14 058

Zdroj: autor

Na obr. 3.7 je uvedena celková spotřeba pouze chemického posypového materiálu, pro jednotlivé druhy posypu, které jsou voleny na základě předpovědí a povětrnostních podmínek dané situace. V praxi se posyp na těchto komunikacích provádí právě chemickým rozmrazovacím materiálem, tabulka 3.6 je tedy spíše informativní.



Obr. 3.7 – Celková spotřeba chemického PM pro komunikace 1. pořadí

Zdroj: autor

Na povrchu komunikací 2. pořadí není prováděn preventivní posyp, z hlediska malé dopravní významnosti stačí provést posyp pouze po odpluhovaných uježděných vrstvách. Bude-li sněhová vrstva menší než 3 cm a půjde odpluhovat vozidlem MB Atego, posyp se provede chemickým posypovým materiálem, jehož spotřeba je uvedena v tabulce 3.7.

Tabulka 3.7 - Spotřeba chemického PM pro posyp komunikací 2. pořadí

Dávka PM [g/m²]	15
Max dávka [g/m²]	60
Celková plocha [m²]	30 040
Spotřeba PM [kg]	450
Max spotřeba PM [kg]	1802

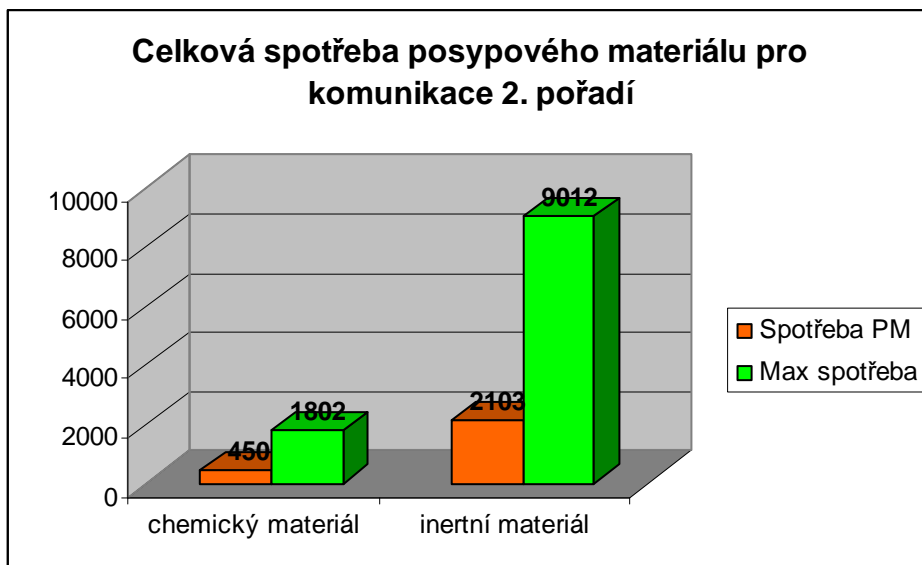
Zdroj: autor

Při velkém přívalu sněhu, bude-li tloušťka sněhové vrstvy větší než 3 cm a přimrzlá vrstva na vozovce nepůjde odpluhovat vozidlem MB Atego, musí být proveden posyp inertním materiálem pouze na uježděné vrstvě sněhu. Spotřeba inertního posypového materiálu je uvedena v tabulce 3.8. Na komunikacích 2. pořadí se neprovádí preventivní posyp. Posyp je proveden chemickým rozmrazovacím materiálem, jen v případě jeho neúčinnosti se použije inert.

Tabulka 3.8 – Spotřeba inertního PM pro posyp komunikací 2. pořadí

Dávka PM [g/m ²]	70
Max dávka [g/m ²]	300
Celková plocha [m ²]	30 040
Spotřeba PM [kg]	2103
Max spotřeba PM [kg]	9012

Zdroj: autor



Obr. 3.8 – Celková spotřeba PM pro komunikace 2. pořadí

Zdroj: autor

4 ZHODNOCENÍ PŘEDLOŽENÝCH NÁVRHŮ

Tato kapitola je věnována předloženým návrhům tras a jejich technologickému a ekonomickému zhodnocení. Jako podklad pro tvorbu tras jsou použity okruhy, které byly sestaveny v kapitole 3.5.

4.1 Technologické zhodnocení návrhu tras podle pořadí sjízdnosti

Základním předpokladem je, že mechanismus začne svoji trasu z depa areálu Na Hůrkách. Trasa povede z areálu po silnici I/36 až na křižovatku ulic Na Drážce a Věry Junkové, kde začne mechanismus svoji práci. Trasa mechanismu MB Axor určeného pro první pořadí je uvedena v tabulce 4.1. Trasa mechanismu MB Atego určeného pro druhé pořadí je uvedena v tabulce 4.2.

Tabulka 4.1 – Trasa pro mechanismus MB Axor (1. pořadí)

Úsek	Název úseku	Délka úseku [m]	Druh jízdy	Poznámka
Depo-v50	Na Drážce	1200	Netechnologická	
v50-v12	Věry Junkové	220	Technologická	Základní směr
v12-v1	Sakařova	1000	Technologická	Základní směr
v1-v32	Štrossova	170	Technologická	
v32-v33	Husova	190	Technologická	Základní směr
v33-v1	Bubeníkova	180	Technologická	Základní směr
v1-v2	Štrossova	140	Technologická	Základní směr
v2-v49	Dašická	640	Technologická	Základní směr
v49-v2	Dašická	640	Technologická	Opačný směr
v2-v1	Štrossova	140	Technologická	Opačný směr
v1-v33	Bubeníkova	180	Technologická	Opačný směr
v33-v26	Husova	1260	Technologická	Opačný směr
v26-v50	Věry Junkové	580	Technologická	Opačný směr
v50-v26	Věry Junkové	260	Technologická	Základní směr
v26-v32	Husova	1070	Technologická	Základní směr
v32-v33	Husova	190	Netechnologická	Základní směr
v33-v1	Bubeníkova	180	Netechnologická	Základní směr
v1-v12	Sakařova	1000	Technologická	Opačný směr
v12-depo	Na Drážce	1200	Netechnologická	

Zdroj: autor

Tabulka 4.2 – Trasa pro mechanismus MB Atego (2. pořadí)

Úsek	Název úseku	Délka úseku [m]	Druh jízdy	Poznámka
Depo-v11	Na Drážce	1200	Netechnologická	
v11-v2	Sezemická	970	Technologická	
v2-v3	Sezemická	100	Netechnologická	
v3-v34	Wintrova I	120	Technologická	
v34-v38	Kotkova	350	Technologická	
v38-v8	Spořilov	170	Technologická	
v8-v28	Na Bukovině	530	Technologická	
v28-v25	Husova	290	Netechnologická	
v25-v24	Bezdíčková	150	Technologická	
v24-v19	JUDr. Krpaty	720	Technologická	
v19-v20	JUDr. Krpaty	140	Netechnologická	
v20-v30	Gebauerova	110	Technologická	
v30-v31	Husova	140	Netechnologická	
v31-v34	Wintrova I	450	Technologická	
v34-v4	Kotkova	140	Netechnologická	
v4-v30	Gebauerova	540	Technologická	
v30-v29	Husova	140	Netechnologická	
v29-v5	Holubova	470	Technologická	
v5-v6	Sezemická	90	Netechnologická	
v6-v7	Na Bukovině	90	Technologická	
v7-v6	Na Bukovině	90	Netechnologická	
v6-v41	Počápejská	250	Technologická	
v41-v42	U Háje	140	Technologická	
v42-v43	Bezdíčková	120	Technologická	
v43-v42	Bezdíčková	120	Netechnologická	
v42-v25	Bezdíčková	440	Technologická	
v25-v27	Husova	140	Netechnologická	
v27-v9	Ve Lhotkách	520	Technologická	
v9-v49	Na Okrouhlíku	580	Technologická	
v49-v48	Dašická	160	Netechnologická	
v48-v40	Ke Kamenci	360	Technologická	
v40-v39	Počápejská	80	Netechnologická	
v39-v38	Spořilov	80	Netechnologická	
v38-v36	Kotkova	110	Netechnologická	
v36-v44	Studánecká	460	Technologická	
v44-v45	Okružní	270	Technologická	
v45-v44	Okružní	270	Netechnologická	
v44-v50	Okružní	450	Technologická	
v50-depo	Na Drážce	1200	Netechnologická	

Zdroj: autor

Tabulka 4.3 – Technologické zhodnocení návrhu tras pro MB Axor

Technologické km	7,8 km
Netechnologické km	2,8 km
Celkem ujeté km	10,6 km
Spotřeba PM	1547 kg (3280 kg)

Zdroj: autor

Tabulka 4.4 – Technologické zhodnocení návrhu tras pro MB Atego

Technologické km	7,5 km
Netechnologické km	5,2 km
Celkem ujeté km	12,7 km
Spotřeba PM	450 kg (2103 kg)

Zdroj: autor

Pozn.: Uvedená spotřeba PM v závorce je pro inertní materiál

Výsledné hodnoty technologického návrhu tras jsou uvedeny v tabulce 4.3 a 4.4. Při porovnání hodnot ve výše uvedených tabulkách je patrné, že počet ujetých technologických kilometrů je téměř stejný u obou vozidel. Přičemž u netechnologických kilometrů je značný rozdíl, protože je velký počet omezení (jednosměrné ulice) a tím i víc přejezdů. Spotřeba chemického posypového materiálu se liší, protože u komunikací 2. pořadí se sype pouze jeden pruh.

4.2 Ekonomické zhodnocení technologického návrhu tras

V této kapitole jsou uvedeny jednotlivé náklady podle druhu prováděné činnosti v souladu s celkovými náklady. Celkové náklady obou mechanismů jsou uvedeny v tabulce 4.5 resp. 4.6. Vstupní data v podobě jednotlivých sazeb byla získána z účetnictví SmP, a. s. Ekonomické zhodnocení technologického návrhu tras je orientační informací pro budoucí řešení ZÚ po rajónech. Hodnoty celkových nákladů udávají hrubou představu o tom, kolik by musely SmP, a. s. vynaložit na údržbu jednoho rajónu.

Kilometrické sazby mechanismu

- posyp komunikací (včetně materiálu a nakládky) je 680 Kč/km
- přejezdové km (netechnologické jízdy) je 27,60 Kč/km
- pluhování komunikací je 126 Kč/km

Nákupní ceny PHM a posypových materiálů

- nákupní cena soli je 2000 Kč za 1 tunu
- nákupní cena písku je 190 Kč za 1 tunu
- nákupní cena PHM je 26 Kč za litr

Uvedené ceny u jednotlivých sazeb a nákupních cen jsou bez DPH

Určení nákladů na pluhování pro mechanismus MB Axor jsou vypočteny podle vztahu (3). Náklady na posyp podle vztahu (4) a náklady na přejezdy podle vztahu (5). Celkové náklady jsou vypočteny podle vztahu (6). Vzorový výpočet s konkrétními hodnotami je pro mechanismus MB Axor. Výpočet nákladů pro mechanismus MB Atego je stejný jako u MB Axor. Pro výpočet nákladů na MB Atego jsou použity stejné výpočtové vztahy jako u MB Axor. Vypočtené hodnoty obou mechanismů jsou uvedeny v tabulce 4.5 resp. 4.6.

Vztah pro výpočet jednotlivých nákladů

$$N_{pl} = s_{plkm} * T_{km} \quad [Kč] \quad (3)$$

$$N_{po} = s_{pokm} * T_{km} \quad [Kč] \quad (4)$$

$$N_p = s_{pkm} * N_{km} \quad [Kč] \quad (5)$$

Kde:

N_{pl}	náklady na pluhování [Kč]
S_{plkm}	sazba za jeden pluhovaný km [Kč/km]
N_{po}	náklady na posyp [Kč]
S_{pokm}	sazba za jeden posypový km [Kč/km]
N_p	náklady na přejezdy [Kč/km]
S_{pkm}	sazba za jeden přejezdový km [Kč/km]
T_{km}	technologické jízdy [km]
N_{km}	netechnologické jízdy [km]

Příklady výpočtu:

$$N_{pl} = 126 * 7,8 \quad [Kč]$$

$$N_{pl} = 983 \text{ Kč}$$

$$N_{po} = 680 * 7,8 \quad [Kč]$$

$$N_{po} = 5304 \text{ Kč}$$

$$N_p = 27,60 * 2,8 \quad [Kč]$$

$$N_p = 78 \text{ Kč}$$

Vztah pro výpočet celkových nákladů

$$N_c = N_{pl} + N_{po} + N_p \quad [Kč] \tag{6}$$

Kde:

N_c celkové náklady mechanismu [Kč]

N_{pl} náklady na pluhování [Kč]

N_{po} náklady na posyp [Kč]

N_p náklady na přejezdy [Kč]

Příklad výpočtu:

$$N_c = 983 + 5304 + 78 \quad [Kč]$$

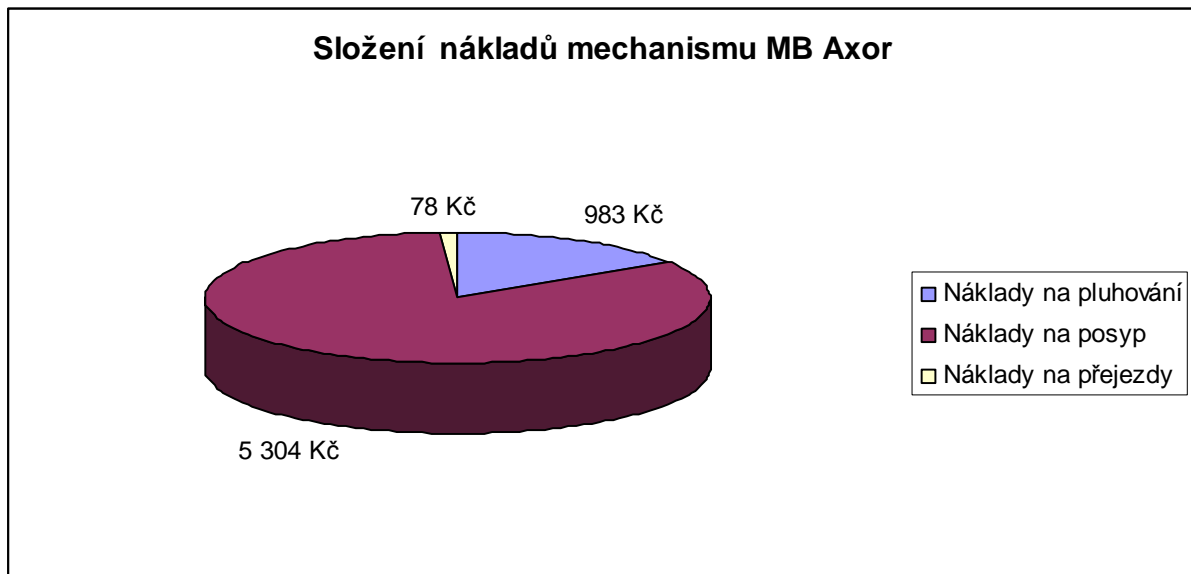
$$N_c = 6365 \text{ Kč}$$

Tabulka 4.5 – Ekonomické zhodnocení technologického návrhu trasy pro MB Axor

Cena přejezdového km	27,60 Kč/km
Cena pluhovaného km	126 Kč/km
Cena posypového km	680 Kč/km
Náklady na pluhování	983 Kč
Náklady na posyp	5304 Kč
Náklady na přejezdy	78 Kč
Celkové náklady	6365 Kč

Zdroj: autor

Pozn.: Uvedené ceny jsou bez DPH



Obr. 4.1 - Složení nákladů mechanismu MB Axor

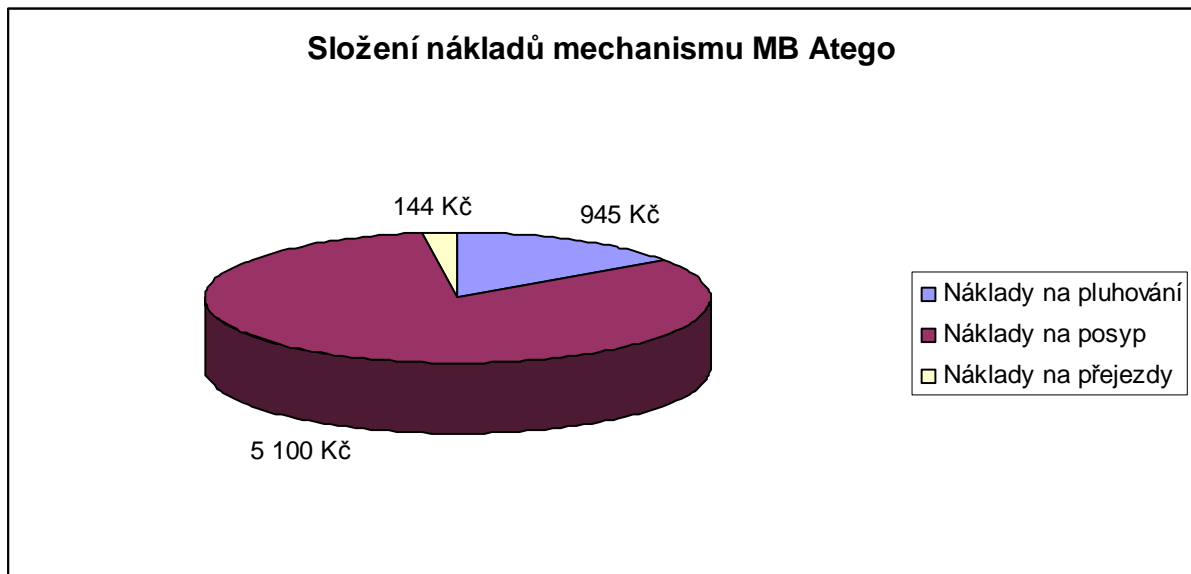
Zdroj: autor

Tabulka 4.6 – Ekonomické zhodnocení technologického návrhu trasy pro MB Atego

Cena přejezdového km	27,60 Kč/km
Cena pluhovaného km	126 Kč/km
Cena posypového km	680 Kč/km
Náklady na pluhování	945 Kč
Náklady na posyp	5100 Kč
Náklady na přejezdy	144 Kč
Celkové náklady	6189 Kč

Zdroj: autor

Pozn.: Uvedené ceny jsou bez DPH



Obr. 4.2 - Složení nákladů mechanismu MB Atego

Zdroj: autor

4.3 Shrnutí předložených technologických a ekonomických návrhů tras

V této části práce jsou shrnuty předložené technologické a ekonomické návrhy tras. Cílem bylo maximální využití obou mechanismů a minimalizace počtu ujetých kilometrů. Tyto podmínky byly splněny a v tabulce 4.7 jsou uvedeny údaje o obou mechanismech.

Tabulka 4.7 – Výsledné ukazatele obou mechanismů

MB Axor (2E6 2904)		MB Atego (3E7 6275)	
Celkem ujeté km	10,6 km	Celkem ujeté km	12,7 km
Spotřeba PM	1547 kg (3280 kg)	Spotřeba PM	450 kg (2103 kg)
Celkové náklady	6365 Kč	Celkové náklady	6189 Kč

Zdroj: autor

Pozn.: Uvedená spotřeba PM v závorce je pro inertní materiál

Z uvedených údajů v tabulce 4.7 je patrné, že oba mechanismy ujely skoro stejný počet kilometrů. Spotřeba posypového materiálu je odlišná, protože u místních komunikací 1. pořadí je nutné sypat 2 pruhy o stanovené šířce, přičemž u místních komunikací 2. pořadí se sype pouze jeden pruh. Posypový materiál vystačí na posyp celého rajónu, není tedy nutná nákladka v průběhu posypové údržby na zvolené dopravní síť u obou mechanismů.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala řešením zimní údržby ve vybrané městské části Pardubic, konkrétně se jednalo o část městského obvodu I vymezeného na obr. 2.1. K řešení problému zimní údržby v této lokalitě byla použita metoda operačního výzkumu. Konkrétně se jednalo o úlohu čínského pošťáka. Na základě volby této metody byl sestaven verbální a matematický model úlohy. Dále bylo nutné stanovit si kritérium, podle kterého se odvíjelo řešení úlohy. Tímto kritériem byla jednosměrná část ulice Štrossova. Poté bylo možno začít řešit návrhy okruhů pro údržbové mechanismy. Tyto návrhy jsou předloženy ve čtyřech variantách (A,B,A,B) pro každé vozidlo dvojice variant. Výsledkem byla volba dvojice variant (A-A), pro kterou byl celkový počet ujetých kilometrů menší než u druhé dvojice variant (B-B). Proto byla vybrána kombinace variant (A-A). Tím byly stanoveny okruhy pro údržbové mechanismy. Celková trasa pro oba mechanismy začala v depu v areálu Na Hůrkách přejezdem do počátečního vrcholu a poté následovala vlastní údržba řešené dopravní sítě. Cílem diplomové práce bylo navrhnout vhodné technologické řešení návrhu tras pro údržbové mechanismy spolu s ekonomickým zhodnocením. Výše stanovený cíl práce byl naplněn v kapitole 4 a podařilo se vytvořit optimální trasy mechanismů. Z ekonomického hlediska jsou obě trasy charakterizovány celkovými a dílčími náklady na jednotlivé druhy činnosti (pluhování, posyp, přejezdy). Tato práce může být do budoucna použita jako návod na řešení zimní údržby ve městě po jednotlivých rajónech.

Přínosy diplomové práce:

- technologické návrhy tras údržbových mechanismů,
- ekonomické zhodnocení návrhu tras,
- začlenění nových tras do navigačního systému vozidel.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Zákon číslo č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů
2. Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů
3. Plán zimní údržby silnic a místních komunikací Statutárního města Pardubice pro zimní období 2008-2009
4. VOLEK, J.: Operační výzkum I., *Univerzita Pardubice, Pardubice 2005*, ISBN 80-7194-410-6
5. BRÁZDOVÁ, M.: Využití optimalizačních metod k řešení svozových a rozvozových úloh, *Univerzita Pardubice, Pardubice 1998*.
6. Nařízení č. 9/2009 o provádění zimní údržby místních komunikací na území města Pardubice
7. *Zeměpisné a přírodovědné údaje*, [online]. [cit. 2010-01-20], dostupné z: <<http://stanovsky.eu/pardubic/texty/zemepis.htm>>.
8. *Technické parametry vybraných nákladních vozidel IMOS group s.r.o.*, [online]. [cit. 2010-02-26], dostupné z: <http://www.imos.cz/files/soubory/IMOS_group/03-SDZ/Download/IMOS-SDZ-technicke-parametry-vybranych-nakladnich-vozidel.pdf>.
9. *Mercedes Benz Atego 816 4x2*, [online]. [cit. 2010-02-26], dostupné z: <<http://www.automotorevue.cz/truck/testy/mercedes-atego-816-bluetec-4.html>>.
10. *Eko-patrol.*, [online]. [cit. 2010-01-15], dostupné z: <<http://www.ekopatrol.cz/sypace-a-pluhy.html>>.
11. *SIMED zimní a letní komunální technika*, [online]. [cit. 2010-03-05], dostupné z: <<http://www.simed.cz/sortiment/sypace-vozovek-svs-pro-nosice-nad-5t-n2-n3-59/>>.
12. Sylaby z předmětu Optimalizace technologických procesů část silniční doprava.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 – Znázornění řešené dopravní sítě.....	24
Obr. 2.2 – Zastávka Na Bukovině	25
Obr. 2.3 – Neudržovaná ulice Spořilov	27
Obr. 2.4 – Gebauerova ulice	28
Obr. 2.5 – Mechanismus MB Axor 1833	30
Obr. 2.6 – Nástavba Schmidt Stratos 50-36	31
Obr. 2.7 – Mechanismus MB Atego 816.....	32
Obr. 2.8 – Nástavba Simed SVS 2.5	33
Obr. 3.1 – Znázornění ohodnocené dopravní sítě (neorientovaný graf 1).....	41
Obr. 3.2 – Znázornění ohodnocené dopravní sítě (neorientovaný graf 2).....	42
Obr. 3.3 – Jednosměrná ulice	45
Obr. 3.4 – Násobné hrany	46
Obr. 3.5 – Podoba fiktivních hran	46
Obr. 3.6 – Předcházející a následující hrana	47
Obr. 3.7 – Celková spotřeba chemického PM pro komunikace 1. pořadí.....	53
Obr. 3.8 – Celková spotřeba PM pro komunikace 2. pořadí	54
Obr. 4.1 - Složení nákladů mechanismu MB Axor	60
Obr. 4.2 - Složení nákladů mechanismu MB Atego.....	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1.1 – Lhůty pro zajištění sjízdnosti silnic a místních komunikací	10
Tabulka 2.1 – Seznam pracovních programů podle Plánu ZÚ pro zimní období 2008/2009 ..	14
Tabulka 2.2 – Zástavky MHD v řešené oblasti	25
Tabulka 2.3 – Seznam vybraných ulic podle Plánu zimní údržby pro ZO 2008/2009.....	26
Tabulka 2.4 – Technické údaje mechanismu MB Axor	30
Tabulka 2.5 – Technické údaje mechanismu MB Atego 816.....	32
Tabulka 3.1 – Varianty okruhů pro MB Axor	44
Tabulka 3.2 – Varianty okruhů pro MB Atego 816	49
Tabulka 3.3 – Kombinace variant návrhu okruhů pro údržbové mechanismy.....	49
Tabulka 3.4 – Výpočet celkové plochy pro posyp	51
Tabulka 3.5 – Spotřeba chemického PM pro posyp komunikací 1. pořadí.....	52
Tabulka 3.6 – Spotřeba inertního PM pro posyp komunikací 1. pořadí.....	52
Tabulka 3.7 - Spotřeba chemického PM pro posyp komunikací 2. pořadí	53
Tabulka 3.8 – Spotřeba inertního PM pro posyp komunikací 2. pořadí.....	54
Tabulka 4.1 – Trasa pro mechanismus MB Axor (1. pořadí).....	55
Tabulka 4.2 – Trasa pro mechanismus MB Atego (2. pořadí)	56
Tabulka 4.3 – Technologické zhodnocení návrhu tras pro MB Axor	57
Tabulka 4.4 – Technologické zhodnocení návrhu tras pro MB Atego.....	57
Tabulka 4.5 – Ekonomické zhodnocení technologického návrhu trasy pro MB Axor	59
Tabulka 4.6 – Ekonomické zhodnocení technologického návrhu trasy pro MB Atego.....	60
Tabulka 4.7 – Výsledné ukazatele obou mechanismů.....	61

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

DPH	daň z přidané hodnoty
IZS	integrovaný záchranný systém
MDS	ministerstvo dopravy a spojů
MHD	městská hromadná doprava
MK	místní komunikace
PHM	pohonné hmoty
PK	pozemní komunikace
PM	posypový materiál
SmP	Služby města Pardubic
SÚS	Správa a údržba silnic
ÚMO	úřad městského obvodu
ZO	zimní období
ZÚ	zimní údržba
ZÚS	zimní údržba silnic

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Vozový park mechanismů pro kompletní zimní údržbu

Příloha 2 – Snímky pořízené autorem při výkonu prací mechanismů

PŘÍLOHY

Příloha 1 – Vozový park mechanismů pro kompletní zimní údržbu

	RZ-vozidla	Typ	Nástavba	Přídavné zařízení	Rok výroby
Vozovky	3E4-6785	MB Axor 1833	Stratos B 40-36	Pluh	2002
	2E6-2904	MB Axor 1833	Stratos 50-36	Pluh	2006
	PUP-8609	MB Axor 1828	Stratos II B 50-36	Pluh	2007
	2E9-0466	MB Atego 1624	SAB 40-36 FH	Pluh	1998
	PUB-0747	MB Unimog	Stratos B 24-18	Pluh+koště	1999
	3E7-6275	MB Atego 816	Simed SVS 2.5	Pluh	2009
	2E4-4693	MB Atego 1015	Stratos 20-27	Pluh	2008
Chodníky	2E1-1581	Multicar M-30	Bellhack BBS 1000	Pluh+koště	1988
	1E1-6510	Multicar M-26	Kobit SP-1	Pluh+koště	1992
	PUP-6779	Multicar M-26	Kobit SP-1	Koště	2001
	1E1-6273	Multicar M-25	Bellhack BBS 1000	Pluh+koště	1988
	3E4-7142	Multicar M-26	Simed	Koště	1995
	3E8-7304	Multicar M-26	Simed	Koště	1997
	PU-8189	Multicar M-25	Bellhack BBS 1000	Koště	1977
		BUCHER 1	Sypač	Koště	2009
		BUCHER 2	Sypač	Koště	1996

Zdroj: interní materiály SmP a. s.

Legenda k tabulce P-1:

Červená – mechanismy určené pro 1. a 2. pracovní program (1. pořadí)

Zelená – mechanismy určené pro obsluhu úzkoprofilových komunikací (2. a 3. pořadí)

Žlutá – záložní mechanismus

Příloha 2 – Snímky pořízené autorem při výkonu prací mechanismů



Obr. P-1 – Zetor 7211

Zdroj: autor



Obr. P-2 – Vega 36 HP

Zdroj: autor



Obr. P-3 – Multicar M-30

Zdroj: autor