

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Optimalizace zimní údržby pozemních
komunikací ve městě/oblasti**

(Diplomová práce)

Přerov 2022

Bc. Michal Široký, DiS.



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání diplomové práce

student **Bc. Michal Široký, DiS.**
studijní program Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Optimalizace zimní údržby pozemních komunikací ve městě/oblasti**

Cíl práce:

Na základě analýzy současného stavu zimní údržby ve vybrané oblasti navrhnout řešení, které povede k optimalizaci činností a návrh řešení technicko-ekonomicky zhodnotit.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

- Úvod
- 1. Vymezení základních pojmů
- 2. Technologie zimní údržby
- 3. Metodika práce
- 4. Současný stav zimní údržby
- 5. Návrh řešení zimní údržby
- 6. Technicko-ekonomické zhodnocení
- Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

ČERNÝ, Jan. Operační výzkum pro managery I.: učební pomůcka pro studenty oboru Regionální management. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1993. ISBN 80-7040-088-9.

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

MELCHER, Karel. Posypové materiály pro zimní údržbu komunikací v ČR a v zemích EU [online]. Praha: BEZK(EkoList), c2021. [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/posypove-materialy-pro-zimni-udrzbu-komunikaci-v-cr-a-v-zemich-eu>.

WEST, Douglas Brent. Introduction to graph theory. 2nd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c2001. ISBN 978-0130144003.

ČESKO. Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích. In: Sběrka zákonů. Praha: Parlament ČR, 1997, částka 3, číslo 13. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>.

ČESKO. Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích. In: Sběrka zákonů. Praha: Ministerstvo dopravy a spojů ČR, 1997, částka 36, číslo 104. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-104>.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Rudolf Kampf, Ph.D.

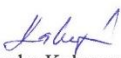
Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2021

Datum odevzdání diplomové práce:

12. 5. 2022

Přerov 31. 10. 2021


Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení

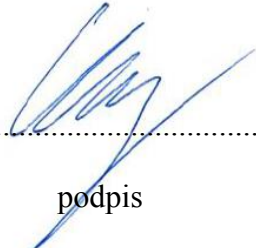
Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 12. 5. 2022


.....
podpis

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří se podíleli na vytvoření této práce. Konkrétněji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Rudolfu Kampfovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této diplomové práce.

Anotace

Diplomová práce se zabývá problematikou zimní údržby na pozemních komunikacích v okrese Hradec Králové. Práce pojednává o právní úpravě zimní údržby, o jednotlivých typech posypových materiálů a technologiích pro odstraňování sněhu a náledí. Dále obsahuje charakteristiku závodu zimní údržby v Hradci Králové a analýzu současného stavu. Na základě analýzy je navržen optimalizovaný plán zimní údržby pro vybranou trasu. V další části práce dochází k porovnání současného a optimalizovaného stavu a výsledky optimalizace jsou porovnány s aktuálním stavem a na závěr technicko-ekonomicky zhodnoceny.

Klíčová slova

Zimní údržba, závod Hradec králové, optimalizace, Eulerův tah, úloha čínského pošťáka, posypové materiály, technologie odstraňování sněhu

Annotation

This diploma thesis deals with issues connected to winter road maintenance in the Hradec Králové District. Firstly, it discusses the legislation of winter road maintenance, different types of road grit and snow and ice removal technologies. Secondly, it describes the winter road maintenance facility in Hradec Králové and analyzes its current state. An optimized plan of winter maintenance is designed for the selected route based on this analysis. The following parts of the thesis compare the current and the optimized state. Results of the aforementioned optimization are compared with the current state and in conclusion they are evaluated from technical and economical perspectives.

Keywords

Winter road maintenance, Hradec Králové facility, optimization, Eulerian trail, the Chinese postman problem, road grit, snow removal technologies

Obsah

Úvod.....	9
1 Vymezení základních pojmů	10
1.1 Logistika.....	10
1.2 Operační výzkum	11
1.3 Zimní údržba a právní úprava	13
1.3.1 Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.....	15
1.3.2 Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích	17
2 Technologie zimní údržby	21
2.1 Druhy posypů	21
2.2 Chemické rozmrazovací látky.....	21
2.2.1 Chlorid sodný.....	22
2.2.2 Chlorid vápenatý.....	22
2.2.3 Chlorid hořečnatý	22
2.2.4 Močovina	23
2.2.5 Alkoholy a glykoly	23
2.2.6 CMA	24
2.2.7 Všeobecné hodnocení jednotlivých druhů rozmrazovacích materiálů	24
2.3 Inertní materiály	24
2.4 Vliv posypů na životní prostředí	25
2.5 Možnosti odstraňování sněhu a náledí	26
2.5.1 Mechanické odklizení sněhu.....	26
2.5.2 Použití chemických rozmrazovacích materiálů	27
2.5.3 Posyp zdrsňovacími materiály	28
2.6 Odstraňování sněhu a náledí na místních komunikacích IV. třídy	28
2.7 Zajišťování sjízdnosti čištěním komunikací a mostů.....	29

3	Metodika práce	30
3.1	Eulerovský graf a Eulerovský tah	31
3.2	Úloha čínského pošťáka	34
4	Současný stav zimní údržby	35
4.1	Charakteristika Královehradeckého kraje	35
4.2	Údržba silnic Královehradeckého kraje a.s.....	36
4.2.1	Kalamitní plán.....	39
4.2.2	Stupně zimní silniční kalamity	40
4.3	Závod Hradec Králové	40
4.3.1	System komunikace a sběru dat o aktuálním stavu počasí a sjízdnosti	44
4.3.2	Sledování vozidel zimní údržby	45
4.4	Analýza vybraného úseku ZÚS.....	45
4.4.1	Analýza používané technologie ZÚS	47
4.4.2	Způsob údržby vybraného úseku	51
5	Navrhovaná řešení zimní údržby	55
5.1	Optimalizace trasy.....	55
5.1.1	Optimalizace trasy dle varianty A	59
5.1.2	Optimalizace trasy dle varianty B.....	61
5.1.3	Návrh optimalizace trasy úseku	64
6	Technicko-ekonomické zhodnocení	65
	Závěr	68
	Seznam zdrojů.....	69
	Seznam grafických objektů.....	72
	Seznam zkratk	74

Úvod

Jelikož dochází k neustálému nárůstu silniční dopravy a využívání silniční infrastruktury, jsou kladeny stále větší nároky na údržbu, a to zejména v zimním období. Řízení zimní údržby pozemních komunikací je zásadní pro zachování sjízdnosti silnic i v případě nepříznivých povětrnostních podmínek. Pro udržení sjízdnosti pozemních komunikací jsou používány základní technologie jako je například mechanické odklizení sněhu, odstraňování náledí pomocí chemických rozmrazovacích látek či zdršňování povrchu pozemních komunikací pomocí inertních materiálů.

Cílem diplomové práce je na základě analýzy současného stavu zimní údržby pozemních komunikací v okrese Hradec Králové a pomocí zvolených metod operačního výzkumu navrhnout optimální plán údržby pozemních komunikací. Město stanovuje plán zimní údržby vždy pro dané zimní období, které trvá dle Vyhlášky č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, od 1. 11. do 31. 3. následujícího roku. Pokud dojde ke zhoršení sjízdnosti pozemních komunikací vlivem povětrnostních podmínek, je zimní údržba prováděna i mimo toto stanovené období.

Hlavními užitými metodami práce bude komparace a analýza získaných informací z odborných publikací, platných právních předpisů, podkladů a rozhovorů s pracovníky vybrané společnosti ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s.

Teoretická část diplomové práce se bude zabývat vymezením pojmům, které se vztahují k praktické části práce. Je zde definována logistika, operační výzkum a jejich vývoj. Prostor je také věnován historii a právní úpravě zimní údržby. V této části je také kapitola věnovaná technologiím využívaných při zimní údržbě spolu s přehledem posypových hmot a technologií pro zmírňování závad ve sjízdnosti pozemních komunikací.

Praktická část práce se bude zabývat konkrétně okresem Hradec Králové a současným stavem zimní údržby, včetně přehledu využívaných vozidel. Na základě analýzy současného stavu bude v práci vytvořena optimalizovaná trasa zimní údržby pro vybraný úsek. V další části práce dojde ke zhodnocení současného a optimalizovaného stavu. V závěru bude celá práce a dosažené výsledky zrekapitulovány a zhodnoceny.

1 Vymezení základních pojmů

V této části práce jsou vytyčeny a definovány základní pojmy, které se vztahují k teoretické i praktické části práce. Je zde definována logistika, operační výzkum a jejich vývoj. Prostor je také věnován historii a právní úpravě zimní údržby.

1.1 Logistika

Slovo logistika je odvozeno z řeckého slova „logos“ (slovo, řeč, počítání, rozum) nebo „logistikon“ (důmysl, rozum). Původ slova „logistika“ lze také odvozovat od starofrancouzského „loger“ (zaopatřit) a anglického „to lodge“ (zachytit se).

Logistika se do dnešní podoby vyvíjela po celá tisíciletí, jelikož logistika jako obor historicky vznikla z důvodu potřeb armád, národů a posléze podniků. Například již byzantský císař Leon VI. Moudrý v 9. století našeho letopočtu prohlásil: *„mužstvo zaplatit, příslušně vyzbrojit a vybavit ochranou i municí, včas a důsledně se postarat o jeho potřeby a každou akci v polním tažení příslušně připravit, tzn. vypočítat prostor a čas, správně odhadnout terén z hlediska pohybu vojska, i možnosti protivníkovy odporu a tyto funkce zvládnout z hlediska pohybu vojsk i v případě jejich rozdělení.“* [1, s. 19] Toto prohlášení lze prakticky označit za historicky první definici logistiky.

Švýcarský generál baron A. H. De Jomini, jeden z nejvýznamnějších vojenských teoretiků, je zakladatelem moderní vojenské logistiky. Důstojníky, kteří zajišťovali ubytování a tábory pro vojenské útvary a určovali, popřípadě upřesňovali pochodové směry při přesunech, pojmenoval „major général de logis“. A. H. De Jomini definoval logistiku jako souhrn rozdělování hodnot, věcí a peněz pochodujícím vojákům a též souhrn vytváření dobrého pořádku mezi jednotlivými vojáky, času k jejich vypořádání a souhrn prostředků jejich komunikace. [2, s. 6]

V období 2. světové války probíhal výzkum nazvaný „Research in Military Operations“, jehož cílem bylo zvýšit efektivitu vojenských operací a zároveň také snížit ztráty. V návaznosti na to vznikly matematické metody pro řešení problémů převedených do matematických úloh. Výsledky z těchto matematických modelů byly interpretovány pro původní reálný problém. Mezi tyto modely patří například lineární programování nebo rozvozové plány. Tato plánovací matematika se označovala jako „Operations

research“ (Operační výzkum). V dnešní době je operační výzkum uplatňován v logistických procesech ve vztahu k zajištění materiálu, přesunu surovin, popřípadě plánování výroby. Operační výzkum je tedy soubor postupů, který využívá matematické modely pro řešení ekonomických, logistických, vojenských nebo organizačních úloh. Operační výzkum je dále vymezen v následující podkapitole. [3, s. 9]

Logistiku lze obecně označit jako určitý manažerský systém, který v sobě integruje marketingové, předvýrobní, výrobní, distribuční, obchodní i ekonomické aktivity.

Nejčastěji používaná definice logistiky zní: *„Logistika se zabývá plánováním a řízením toku materiálu a zboží, službami spojenými s jeho cestou od výrobce ke konečnému spotřebiteli a samozřejmě skladováním. V logistice je důležité, aby vše proběhlo ve správný čas a dostalo se na správné místo. Logistika je velice obsáhlý obor, který zahrnuje výrobní podniky, prodejce i státní správu.“* [4]

Plánování, realizace a efektivní řízení dopředných a zpětných toků výrobků, služeb a příslušných informací od místa původu do místa spotřeby a skladování a to tak, aby byly naplněny určité požadavky konečného zákazníka, je jedna z částí řízení dodavatelského řetězce, tato část je označována jako logistika. Mezi typické řízené aktivity patří zejména:

- doprava,
- správa vozového parku,
- návrh logistické sítě,
- řízení zásob,
- skladování a manipulace s materiály,
- plánování nabídky a poptávky,
- řízení poskytovatelů logistických služeb.

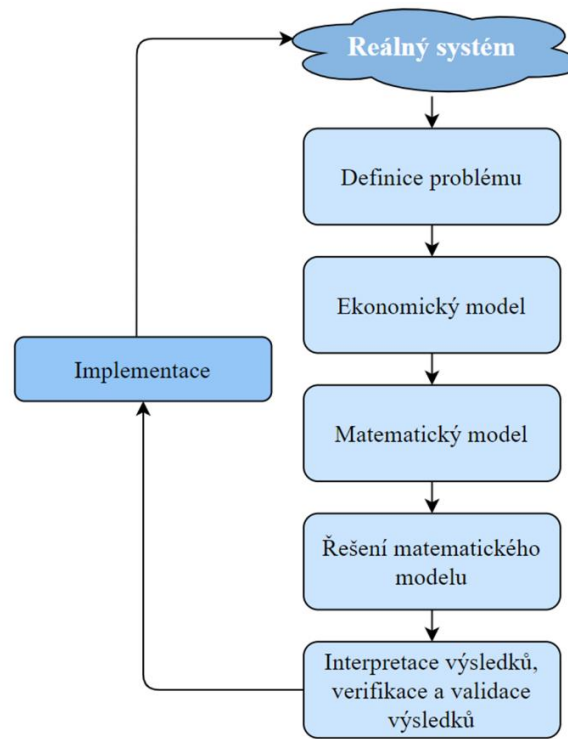
Správné řízení logistiky zahrnuje koordinaci a optimalizaci všech logistických činností spolu s propojením dalších funkcí jako jsou výroba, marketing, prodej, finanční prostředky či informační a komunikační technologie.[5, s. 25]

1.2 Operační výzkum

„Operační výzkum lze charakterizovat jako vědní disciplínu nebo spíše soubor relativně samostatných disciplín, které jsou zaměřeny na analýzu různých typů rozhodovacích problémů.“ [6, s. 9] Cílem takového operačního systému je vytvoření vhodného modelu

tak, aby zachytil významné vlastnosti systému, a to pro konkrétní dané situace a následně provedl optimalizaci daného modelu. [7]

Fáze řešení úloh operačního výzkumu jsou znázorněny na Obr. 1.1.



Obr. 1.1 Fáze řešení rozhodovacího problému

Zdroj: Vlastní zpracování podle [8, s. 11]

Z Obr. 1.1 je patrné, že rozhodovací proces lze rozdělit do následujících fází:

1. **Definice problému.** V reálném systému je zapotřebí zjistit existenci problému, při včasném rozpoznání to znamená například ušetření finančních prostředků.
2. **Ekonomický model.** Popis problému musí být stručný a musí vystihovat pouze významné znaky, tento popis může mít vliv na kvalitu konečného rozhodnutí.
3. **Matematický model.** Převedený ekonomický model do exaktních věd, kdy se jednotlivé části ekonomického modelu stávají funkcemi, parametry, síťovými grafy atd.
4. **Řešení matematického modelu.** V dnešní době se k řešení matematického modelu využívá výpočetní technika a software k tomu určený.
5. **Interpretace výsledků, verifikace a validace výsledků.** Slovní vyjádření matematických výsledků, ověření správnosti sestaveného modelu

z ekonomického na matematický a posouzení, zda získané výsledky jsou v realitě použitelné.

6. **Implementace.** Po úspěšné verifikaci a validaci modelu následuje implementace. Získané reálné výsledky mají být v tomto kroku zavedeny do praxe, čímž by mělo následně dojít ke zefektivnění a zlepšení fungování systému. S odstupem času by měla být provedena kontrola toho, zda tato změna byla skutečně zefektivněním a přínosem. [8, s. 12]

V rámci operačního výzkumu existují disciplíny, jejichž záměrem je vyřešit rozhodovací problém nalezením optimálního řešení. Mezi tyto disciplíny lze řadit například:

- vícekriteriální rozhodování,
- matematické programování,
- teorie grafů,
- teorie zásob (modely řízení zásob),
- teorie hromadné obsluhy (teorie front),
- modely obnovy,
- Markovovy rozhodovací procesy,
- teorie her, a
- počítačové simulace – simulační modelování. [8, s. 15-17]

1.3 Zimní údržba a právní úprava

V českých zemích lze počátky zimní údržby zařadit do 19. století, neboť dne 2. ledna 1877 byl vydán říšský zákon č. 33 s prováděcími nařízeními „*jimiž se ustanovuje, jak se má sněh na silnicích říšských odklízet*“. Jedním z ustanovení bylo, že „*odklizením sněhu se nerozumí jeho úplné odstranění, neboť je třeba míti na zřeteli ježdění na saních, a proto je třeba asi 20 centimetrů sněhu na silnici ponechati*“. Také bylo určeno, že „*kromě zvláštních případů se odklízetí sněh má jen v šířce jedné koleje s místy k vyhýbání. Na kusech silnice, kde se silněji jezdí, odklizen bud' sněh v šířce dvoji koleje; a to toliko na blízku velkých měst po celé vozové dráze*“. [9, s. 1] V tomto období bylo ruční prohazování postupně nahrazováno dřevěnými pluhy, které byly taženy dvěma až pěti páry koní. Počet párů se lišil podle toho, kde byly pluhy využívány – či v rovinnatém terénu, nebo na horách. K provozu také bylo potřeba přibližně šest až devět lidí. Sněhovými pluhy cestáři dokázali očistit přibližně jeden až dva

kilometry vozovky za jednu hodinu. Tyto pluhy tedy lze označit jako první zařízení sloužící k odstraňování sněhu. [10, s. 2]

Systematické odklízení sněhu bylo vykonáváno až po roce 1918, kdy byla zavedena zimní silniční služba vykonávající přípravné práce před napadením sněhu, v zimním období a po jeho skončení. V rámci přípravných prací měli silničáři povinnost postarat se o to, aby na krajnicích vozovky bylo připraveno dostatečné množství posypového materiálu na nadcházející zimní období, a naopak různé skládky nacházející se u cest byly zlikvidovány. Taktéž cestáři museli připravit veškeré sněhové náčiní, mezi něž patřily například sněhové ploty, sněhové pluhy včetně jejich výstroje (signalizační lampy, praporky a podobně), sypače písku či vytyčovací bílo-černé vysoké tyče. [10, s. 3]

V první polovině 20. století byla zřízena povětrnostní zpravodajská služba, která měla za úkol informovat o sjízdnosti silnic v zimním období. Dále byla zavedena sněhová hlásná služba, jejímž úkolem bylo podávání informací ohledně všech překážek vyskytujících se na silnicích. [10, s. 4 a s.11]

Sněhové pluhy montované obvykle na nákladní automobily značky Tatra 111 nebo Tatra 138 se obecně používaly začátkem druhé poloviny 20. století. Tyto pluhy měly tvar radlice či šípu. Pokud byla vrstva sněhu větší než 80 centimetrů, používaly se sněhové frézy, které odmetaly komínky sněhu na jednu či na druhou stranu od vozovky, popřípadě na obě její strany. Mezi sypké materiály zabraňující vzniku náledí patřily především písek, škvára, či drť. Kromě těchto tvrdých hmot se také využívaly dvě chemikálie, a to chlorid sodný NaCl – tedy kuchyňská sůl a chlorid vápenatý CaCl₂ – Kalkosan. Zimní údržba byla organizována podle předem stanovených operačních plánů, nejdříve se udržovaly mezinárodní silnice, poté dle důležitosti potřeb (například veřejná autobusová doprava, nákladní doprava) další vozovky. [10, s. 12-17]

Velkou změnu v kategorizaci pozemních komunikací, nastavení jednotlivých práv a povinností vlastníků pozemních komunikací, potažmo jejich uživatelů a v neposlední řadě výkon státní správy s sebou přinesl zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích (dále jen „Zákon“) ze dne 23. ledna 1997 a prováděcí vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích (dále jen „Vyhláška“) ze dne 23. dubna 1997. Tyto v současné době upravují na území České republiky problematiku zimní údržby. Jednotlivé kraje či obce upravují výkon zimní údržby formou vyhlášek či nařízení.

1.3.1 Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích

Sjízdností jednotlivých druhů komunikací a jejich zabezpečením se zabývá část šestá Zákona, konkrétně § 26 - § 29a – Sjízdnost dálnice, sjízdnost a schůdnost silnice a místní komunikace a její zabezpečení.

§ 26 odst. 1 tohoto Zákona definuje, že: *„Dálnice, silnice a místní komunikace jsou sjízdné, jestliže umožňují bezpečný pohyb silničních a jiných vozidel přizpůsobený stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto pozemních komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.“* [11] Dále dle § 26 odst. 2 *„V zastavěném území jsou místní komunikace a průjezdní úsek silnice schůdné, jestliže umožňují bezpečný pohyb chodců, kterým je pohyb přizpůsobený stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.“* [11] Mezi povětrnostní situace a jejich důsledky, které mohou podstatně zhoršit nebo přerušit sjízdnost, jsou dle § 26 odst. 5 zařazeny například:

- vánice a intenzivní dlouhodobé sněžení,
- vznik souvislé námrazy,
- mlhy,
- oblevy,
- mrznoucí déšť,
- vichřice. [11]

Dle § 26 odst. 6 a 7 se závadou ve sjízdnosti schůdnosti *„rozumí taková změna ve sjízdnosti dálnice, silnice nebo místní komunikace, kterou nemůže řidič vozidla předvídat při pohybu vozidla přizpůsobeném stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto pozemních komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.“* a závadou ve schůdnosti *„se rozumí taková změna ve schůdnosti pozemní komunikace, kterou nemůže chodec předvídat při pohybu přizpůsobeném stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.“* [11]

§ 27 odst. 2 a 3 dále upravují pravidla pro nárok náhrady škody. Zmíněný odst. 2 stanovuje, že *„vlastník dálnice, silnice, místní komunikace nebo chodníku je povinen nahradit škody vzniklé uživatelům těchto pozemních komunikací, jejichž příčinou byla závada ve sjízdnosti, pokud neprokáže, že nebylo v mezích jeho možností tuto závadu odstranit, u závady způsobené povětrnostními situacemi a jejich důsledky takovou závadu*

zmírnit, ani na ni předepsaným způsobem upozornit.“ [11] Odst. 3 říká, že „vlastník místní komunikace nebo chodníku je povinen nahradit škody, jejichž příčinou byla závada ve schůdnosti chodníku, místní komunikace nebo průjezdního úseku silnice, pokud neprokáže, že nebylo v mezích jeho možností tuto závadu odstranit, u závady způsobené povětrnostními situacemi a jejich důsledky takovou závadu zmírnit, ani na ni předepsaným způsobem upozornit.“ [11] Zákon také upravuje situaci, kdy je výkon správy pozemní komunikace zajišťován prostřednictvím správce, v takovém případě je povinen namísto vlastníka pozemní komunikace nahradit škodu správce a vlastník pozemní komunikace ručí za splnění povinnosti k náhradě škody. [11] V § 27 odst. 5 je stanoveno, že úseky silnic, místních komunikací a chodníků, na kterých se pro jejich malý dopravní význam nezajišťuje sjízdnost a schůdnost odstraňováním sněhu a náledí, je vlastník, popřípadě správce povinen označit podle zvláštního právního předpisu nebo prováděcího právního předpisu. Vymezení takových úseků silnic stanoví příslušný kraj svým nařízením a vymezení úseků místních komunikací a chodníků stanoví příslušná obec svým nařízením. [11]

Na Obr. 1.2 můžeme vidět příklad označení úseku, na kterém není zajišťována sjízdnost. K tomuto účelu slouží svislé dopravní značení, konkrétně výstražná dopravní značka A22 – Jiné nebezpečí doplněná dodatkovou tabulkou E13 s textem „silnice v zimě neudržuje“.



Obr. 1.2 Označení úseku bez zajištění sjízdnosti

Zdroj: autor

1.3.2 Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích

Rozsahem, způsobem a časovými lhůtami pro odstraňování závad ve sjízdnosti se zabývá část 8 Vyhlášky, konkrétněji § 41 - § 47.

§ 41 odst. 2 je jasně stanoveno, že „*Zimní údržbou se podle pořadí důležitosti zmírňují závady vznikající povětrnostními vlivy a podmínkami za zimních situací ve sjízdnosti komunikací a ve schůdnosti místních komunikací a průjezdných úseků silnic.*“ [12] Dále pak z § 41 odst. 2 plyne, že je zimní údržba prováděna dle plánu zimní údržby. V obvyklé zimní situaci vlastník, popřípadě správce komunikace odstraní nebo alespoň zmírní závady ve sjízdnosti či schůdnosti komunikace v časových lhůtách. Tyto lhůty jsou stanoveny plánem zimní údržby. [12]

Plán zimní údržby

V příloze 6 Vyhlášky jsou stanovena pravidla a náležitosti, které plán zimní údržby musí splňovat. Jsou zde stanoveny podmínky pro sestavení plánu zimní údržby dálnic, který je zpracováván ve dvou stupních. Prvním stupněm je operační plán jednotlivých středisek správy a údržby dálnic (také jen "SSÚD") a druhým stupněm je operační plán organizace. Nejzazší termín, do kdy musí organizace předložit plán Ministerstvu dopravy a spojů, je 20. října každého roku. Pro oba tyto stupně je velmi důležitá mapová dokumentace dálničního úseku v měřítku 1:50 000, ve které musejí být podrobně vyznačeny všechny náležitosti dle stanovených pravidel. Dále oba tyto stupně obsahují textovou část, ve které je mimo jiné uveden i přehled zaměstnanců, nebo způsob získávání meteorologických zpráv a předpovědí. Též zde jsou stanoveny podmínky pro sestavení plánu zimní údržby silnic. Tento plán musí správce silnic předložit příslušnému správnímu úřadu k zaujetí stanoviska a následně do 30. září každého roku pracovišti pověřenému Ministerstvem dopravy a spojů. Plán je složen ze dvou částí, první je mapová část, kde je uvedena udržovaná síť v měřítku 1:100 000 s vyznačením pořadí důležitosti jednotlivých komunikací. Taktéž by měla tato část obsahovat mapu v měřítku 1:50 000 s vyznačenými trasami jízd posypových mechanismů v běžných zimních podmínkách. Textová část by měla obsahovat soupis osob odpovědných za zimní údržbu a také soupis jednotlivých silnic včetně jejich udržované délky v kilometrech, technologii údržby

a soupis jednotlivých mechanismů a jiné. Dalším typem plánu zimní údržby je plán pro údržbu místních komunikací, zpracování tohoto plánu je zcela v režii dané obce. [12]

§ 41 odst. 3 se zabývá opatřeními před zahájením zimní údržby, včetně přehledu jednotlivých technologií používaných k zimní údržbě. Zimní období je stanoveno § 41 odst. 4 od 1. listopadu do 31. března následujícího roku, kdy je zimní údržba prováděna podle plánu zimní údržby. Jestliže vznikne zimní povětrnostní situace mimo toto stanovené období, jsou závady ve sjízdnosti či schůdnosti komunikace zmírňovány bez zbytečných odkladů přiměřeně k vzniklé situaci. [12]

Pořadí důležitosti komunikací

Silnice se pro potřeby plánu zimní údržby dle § 41 odst. 1 rozdělují dle pořadí důležitosti, dále se dle § 41 odst. 4 použijí technologie, které nejlépe vyhovují místním podmínkám:

- I. pořadí - silnice I. třídy a dopravně důležité silnice II. třídy. U těchto silnic je udržována celá šířka a délka vozovky. V případě náledí či zbytkové vrstvy sněhu po pluhování o tloušťce menší než 3 centimetry je tato situace řešena pomocí posypu chemickými rozmrazovacími materiály. Jestliže jsou chemické rozmrazovací materiály neúčinné, povrch vozovky se zdršňuje zdršňovacími materiály.
- II. pořadí - zbývající úseky silnic II. třídy nezařazené do I. pořadí a dopravně významné silnice III. třídy. Pro komunikace zařazené do II. pořadí platí shodné technologie údržby jako pro ty v I. pořadí. V případě nutnosti je na silnicích možné zanechávat uježděné vrstvy sněhu, které byly zdrsněny posypem zdršňovacími materiály. U těchto komunikací je možné provádět posyp pouze v místech, kde je to vyžadováno dopravně technickým stavem. Těmito místy jsou například křižovatky, velká stoupání, ostré oblouky a zastávky linkové osobní dopravy.
- III. pořadí - ostatní silnice III. třídy nezařazené do II. pořadí a udržované zpravidla jen pluhováním. Tyto komunikace jsou udržovány až následně po ošetření silnic zařazených v I. a II. pořadí důležitosti. Zpravidla bývají udržovány pouze pluhováním. V místech, kde to vyžaduje dopravně technický stav komunikace, je prováděn posyp zdršňovacími materiály.

- neudržované - silnice, na nichž není provozována osobní linková doprava a na nichž není nutno pro jejich nepatrný dopravní význam vykonávat zimní údržbu. Tyto silnice je podle Zákona nutné patřičně označit, viz informace a Obr. 1.2 v předchozí podkapitole. [12]

V případě místních komunikací o zpracování plánu zimní údržby § 42 odst. 2 rozhodují obce, s přihlédnutím k velikosti obce a dopravnímu významu místních komunikací. Jestliže se obce rozhodnou přistoupit ke tvorbě plánu k zajištění sjízdnosti místních komunikací I. až III. třídy, řídí se následujícími pravidly pro stanovení pořadí důležitosti:

- I. pořadí - rychlostní a sběrné místní komunikace s hromadnou veřejnou dopravou a s linkovou osobní dopravou. Dále také příjezdové místní komunikace ke zdravotnickým zařízením a další dopravně významné místní komunikace.
- II. pořadí - zbývající sběrné komunikace, které nebyly zařazeny do I. pořadí. Dále také důležité obslužné místní komunikace.
- III. pořadí - ostatní obslužné místní komunikace.
- neudržované - místní komunikace, na kterých není pro jejich malý dopravní význam nutno vykonávat zimní údržbu. [12]

Neudržované silnice je nutné dle Zákona patřičně označit, viz předchozí text a Obr. 1.2 v předchozí podkapitole. [12]

Způsob údržby dálnic

§ 43 charakterizuje způsob údržby dálnic, konkrétně § 43 odst. 1 říká, že: „Závady ve sjízdnosti se zmírňují na všech průběžných jízdních pružích, dále postupně na jízdních pružích křižovatek, pružích pro pomalá vozidla, na zpevněných krajnicích, na příjezdech a výjezdech z odpočívek a na odpočívkách. Potom se zmírňují závady ve schůdnosti odpočívek, a to vždy za denního světla.“ [12] V případě nepříznivých povětrnostních podmínek jsou však zmírňovány závady ve sjízdnosti alespoň na jednom jízdním pruhu v každém jízdním směru. § 43 odst. 3 jasně vymezuje, jak a kdy pracovat s posypy či postřiky a zdrsňovacími materiály. [12]

Lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti

Lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti dálnic a silnic jsou vymezeny § 45. Pro dálnice a silnice platí, že „*správci komunikací zabezpečují zimní údržbu 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.*“ [12] Časová prodleva od zjištění vzniku závady ve sjízdnosti dálnic nebo silnic do doby výjezdu prvních mechanismů údržby nesmí být v zimním období delší než půl hodiny. Mimo toto stanovené období jsou závady ve sjízdnosti zmírňovány bez průtahů dle aktuální situace. [12]

Zajištění sjízdnosti podléhá stanoveným lhůtám, ve kterých je nutné zajistit sjízdnost daných komunikací. Tyto lhůty jsou stanoveny podle jednotlivých typů komunikací a jsou měřeny od výjezdu posypových mechanismů:

- na dálnicích musí být zajištěna sjízdnost do 2 hodin,
- na silnicích zařazených do:
 - I. pořadí musí být zajištěna sjízdnost do 3 hodin,
 - II. pořadí musí být zajištěna sjízdnost do 6 hodin,
 - III. pořadí musí být zajištěna sjízdnost do 12 hodin. [12]

Uvedené lhůty platí pro dálnice a silnice zařazené do I. pořadí po celých 24 hodin, pro silnice zařazené do II. a III. pořadí po dobu, která je stanovena v plánu zimní údržby.

Lhůty pro zmírňování závad ve sjízdnosti místních komunikací I. až III. třídy jsou uvedeny v §46, rozčlenění je dle stanoveného pořadí:

- I. pořadí důležitosti musí být zajištěna sjízdnost do 4 hodin,
- II. pořadí důležitosti musí být zajištěna sjízdnost do 12 hodin,
- III. pořadí důležitosti musí být zajištěna sjízdnost po ošetření komunikací I. a II. pořadí, nejpozději však do 48 hodin. [12]

2 Technologie zimní údržby

K zimní údržbě, odstraňování sněhu a náledí je používáno několik základních technologií. Tyto technologie jsou popsány v příloze číslo 7 Vyhlášky. Dále je zapotřebí znát základní druhy posypů, které se v těchto technologiích běžně využívají.

2.1 Druhy posypů

Pro zajišťování sjízdnosti pozemních komunikací se nejen v České republice, ale i na celém území Evropské unie používají dva základní druhy posypových materiálů. Konkrétně se jedná o chemické rozmrazovací materiály, které svými vlastnostmi fyzikálně působí na vrstvu sněhu nebo ledu na vozovce a způsobují její tání, nebo v lepším případě zabrání vytvoření ledu snížením bodu mrazu vody. Druhým typem jsou zdrsňující (inertní) materiály, které mechanickým působením zvyšují součinitel tření zledovatělé vozovky nebo vrstvy sněhu na pozemní komunikaci. [13]

Vhodnost jednotlivých druhů posypů je často předmětem mnohých diskuzí, ve kterých se většinou řeší vliv chemických prostředků na životní prostředí. Bohužel praxe ukazuje, že bez použití chemických látek solí to není možné, protože při používání pouze zdrsňujících materiálů, by nebylo možné zabezpečit bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. [13]

2.2 Chemické rozmrazovací látky

Fyzikální vlastnosti solí svou schopností umožňují snížit bod mrazu vody, a tak v podstatě zabránit vytvoření ledu, nebo rozpustit sněh. Čím vyšší je koncentrace solného roztoku, o to hlouběji leží bod jeho zmrznutí. Tento pokles však není nekonečný. Pro jednotlivé druhy posypových solí existují určité limity maximálních koncentrací. Tato hranice odpovídá teplotě určené bodem stavového grafu roztoku, nazvaného "eutektický bod". Je to určitý bod mrazu, při kterém nasycený roztok stejnoměrně zmrzne. Soli účinkují jako rozmrazovací látky, jestliže absorbovaly vodní vlhkost z ovzduší, nebo byly předem navlhčeny vodou. Po získání potřebné vlhkosti pak uvolňují cestu roztoku vnitřním napětím menším, než je u vody nebo ledu. [13]

2.2.1 Chlorid sodný

Je to naprosto nejrozšířenější a nejpoužívanější solný materiál pro zimní údržbu pozemních komunikací. Pro účely zimní údržby se používá v pevném stavu nebo ve formě solankového roztoku. V pevném stavu je prodloužena doba, než začne účinkovat, proto je vhodné ho smáčet a na komunikace aplikovat ve formě solankového roztoku. Jeho získávání je poměrně jednoduché, buď je možné jej těžit v solných dolech, nebo získávat odpařováním ze slané mořské vody. Tento materiál se většinou dodává volně ložený a je nutné jej uchovávat v zakrytých halách, ideálně celodřevěné konstrukce. Chlorid sodný bývá běžně smícháván s přídatnou látkou, nejčastěji s ferrokyanidem draselným nebo ferrokyanidem sodným, která zpomaluje tvrdnutí, jedná se o tzv. protispékací přípravek. NaCl je účinný pro použití v zimní údržbě při teplotách do -5 až -7 °C. Pod touto teplotou již ztrácí svůj účinek, a pokud teplota klesne pod -11 °C stává neúčinným. Pro tyto případy je vhodné ho smíchat nebo nahradit chloridem vápenatým CaCl_2 . [13]

2.2.2 Chlorid vápenatý

Chlorid vápenatý CaCl_2 je pro účely zimní údržby velmi vhodný. Vzniká jako vedlejší produkt výroby sody. Je možné jej používat i při nízkých teplotách až do -35 °C a je i šetrnější k životnímu prostředí. Jeho velkou nevýhodou bránící jeho převaze nad chloridem sodným je jeho cena a do jisté míry také jeho negativní účinky na betonové konstrukce. Jelikož je přibližně šestkrát dražší než právě nejčastěji používaný NaCl. Proto bývá využíván hlavně, pokud teplota klesne pod -5 až -7 °C, a to smícháním s chloridem sodným, nebo samostatně v pevném stavu či smáčený ve formě solanky, koncentracemi pohybujícími se v rozmezí zhruba mezi 15 % až 32 %. Chlorid vápenatý se běžně dodává ve formě vloček nebo šupin v utěsněných 50 kg pytlích, ve kterých je i nadále skladován. V případě porušení tohoto obalu se mění na hexachlorid vápenatý a stává se pro účely zimní údržby nepoužitelný. [13]

2.2.3 Chlorid hořečnatý

Mezi další používané chemické rozmrazovací látky patří chlorid hořečnatý MgCl_2 . Tato látka vzniká jako vedlejší produkt při výrobě potaše a je používána ve formě solného roztoku, v této formě se rovněž také přepravuje, a to zpravidla rovnou z výroby. Používání MgCl_2 je vhodné pouze při odstraňování ledu z povrchu vozovky při teplotách

nižších než $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro preventivní použití je zcela nevhodný, protože by svým působením na holé komunikaci mohl snížit přilnavost pneumatik k vozovce, tzn. snížit součinitel tření, a podstatně snížit bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. [13]

2.2.4 Močovina

Močovina neboli $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ je krystalická substance dodávaná v zrnité formě o průměrné velikosti zrn cca 1-2 mm. Substance není žíravá, je však velmi lehká, a proto snadno unášena větrem. Z tohoto důvodu pro účinnou aplikaci musí být používána ve směsi s vodou, nebo v některých případech ve směsi s pískem. Nejnižší bod praktického užití materiálu je o něco vyšší než u NaCl, ale jeho rozmrazovací schopnosti pod teplotou $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ velice příkře klesají. Velkou předností je nízký korozivní účinek na materiály. Mimo vysokou pořizovací cenu je zásadním nedostatkem jeho schopnost "nadměrného hnojení", které způsobuje růst bujné vegetace na přilehlých pozemcích, a vodních plochách. Cena tohoto materiálu je velmi vysoká, až osmkrát vyšší než soli NaCl. I z tohoto důvodu je jeho konkrétní aplikování v zimní údržbě komunikací omezeno pouze pro určité specifické případy, jako jsou například letištní plochy. [13]

2.2.5 Alkoholy a glykoly

Alkoholy a glykoly jsou další chemické látky, které se dají využít v zimní údržbě, vzhledem k jejich antikoročním vlastnostem jsou tyto chemikálie používány hlavně na letištních plochách. Při používání těchto produktů dochází k velmi intenzivnímu odpařování a jejich bod vzplanutí je nízký. Izopropylalkohol navíc snižuje povrchové napětí rozpouštěné vody, která se pak snadněji dostává do jemných trhlinek povrchu vozovky. Po odpaření alkoholu vlivem zamrznutí vody dochází k destrukci povrchu. Účinek rozmrazovací tekutiny působí zpočátku optimálněji než NaCl, ale proces tání ledu však potřebuje mnohem více času a daleko větší množství rozmrazovacích chemikálií. Alkoholy a glykoly smíšené s vodou také spotřebovávají značné množství kyslíku, proto nesmí ani zředěné roztoky uniknout do povrchových vod. Jejich vysoká pořizovací cena, slabá účinnost, a především negativní účinky těchto chemikálií na životní prostředí zabraňují širšímu uplatnění. Prakticky nikde se nepoužívají při zimní údržbě silnic. [13]

2.2.6 CMA

Poslední z představovaných chemických rozmrazovacích materiálů je látka označována zkratkou CMA (Calcium Magnesium Acetate - Octan hořečnatý vápenatý). Jedná se o poměrně nový výrobek objevený ve Spojených státech amerických. Jeho účinky jsou stále ještě testovány, ale již teď je známo že nemůže konkurovat hojně používaným chloridům. Jednak kvůli své vysoké ceně a nižším účinkům, ale i kvůli nutnosti manipulace s ním v rukavicích a ochranných pomůckách na nos a ústa. Jeho pozitivum ale tkví v tom, že po rozpadu nemá žádný negativní vliv na okolní vegetaci. [13]

2.2.7 Všeobecné hodnocení jednotlivých druhů rozmrazovacích materiálů

Z výše uvedeného rozboru jednoznačně vyplývá, že pro zimní údržbu pozemních komunikací nejvíce rozšířený a doporučovaný jako rozmrazovací materiál obyčejný chlorid sodný NaCl a chlorid vápenatý CaCl₂, který má ale negativní účinky na beton. Dále zmiňovaná Močovina, alkoholy a glykoly, jsou vzhledem k jejich neúměrným cenám málo využívané, a mohou být použity jen za zcela limitovaných okolností. CMA je materiál doposud užívaný v experimentálním stádiu a zejména také jeho vysoká pořizovací cena nedovoluje jeho plošnější nasazení v praxi. [13]

2.3 Inertní materiály

V praxi se používá velké množství zdrsňujících materiálů. Mezi ty základní patří zejména štěrk, písek, piliny. V domácím použití je možné se setkat s popelem, ale to je ve velké míře zakazováno kvůli jeho vysoké prašnosti. Vhodnost jednotlivých druhů posypu závisí na aktuálním stavu vozovky. V případě náledí je vhodnější použít jemnozrnný materiál, například písek. Naopak pokud na silnici leží ujetá vrstva sněhu, je vhodnější použít hrubozrnný materiál, například štěrk. [13] [14]

Velkou výhodou zdrsňujících materiálů je jejich ekologičnost, kdy jsou šetrnější nežli chemické rozmrazovací látky. Naopak mezi jejich nevýhody patří zejména nákladný, a ne zcela účinný zpětný sběr a v důsledku také zanášení kanalizací. Další nevýhody mohou plynout pro řidiče, kterým odlétávající štěrk od okolních účastníků silničního provozu, může způsobit škody na vozidle, zejména naprasknutí,

nebo úplnému prasknutí čelního skla. Rovněž ostrý štěrk může poškodit běhoun pneumatiky projíždějících vozidel. [13] [14]

Pro posyp komunikací byly vytvořeny speciální materiály, například na bázi drceného keramického kameniva, v podstatě se jedná o jíl bez soli a dalších chemických přísad. Jedním z takových výrobků je například Ekogrit. Jedná se o inertní posypový materiál z drceného liaporu, který je navíc ekologický a určený pro zimní údržbu komunikací. Díky své maximální zdravotní nezávadnosti je bezpečný pro člověka, zvířata i zeleň. Keramický štěrk Ekogrit je svou povahou ideální pro ošetření komunikací historických center měst a pro použití v blízkostech zdrojů pitné vody, v parcích, u rodinných domů. Je také velmi šetrný ke karoseriím vozidel i k ošetřeným plochám samotným. [13] [14]

2.4 Vliv posypů na životní prostředí

V praktickém použití se můžeme setkat zejména se dvěma chemickými látkami. Chloridem sodným a chloridem vápenatým. Jak již bylo v práci zmíněno, oba tyto chloridy představují určitou zátěž pro životní prostředí, zejména pro vegetaci v okolí pozemních komunikací. Chlorid vápenatý je o poznání šetrnější k přírodě, ale vzhledem k jeho citelně vyšší ceně není tolik rozšířen jako právě chlorid sodný. [13]

Na základě mnohých zkoumání, byl zjištěn negativní vliv solení na stromy v blízkosti komunikací a obecně na městskou zeleň. Nejhorší je zatékání solné břechky mezi stromový porost a tím chřadnutí stromů, nebo dokonce celého lesa. Vzhledem v dobré rozpustnosti chloridů ve vodě, jsou snadno přijímány a rozváděny transpiračním proudem do celého stromu. Na základě výzkumů bylo potvrzeno, že se vzdáleností od vozovky klesá úroveň soli v půdě a tím i poškození stromů. Při rozborech bylo zjištěno množství soli v půdě od 1,16 do 4,7 kg soli na 1 m² a způsoby odstranění této soli jsou velmi omezené. Nejlepším možným řešením bývá odvádění prosolené vody z tajícího sněhu mimo lesní porosty. Tím lze aspoň částečně zamezit poškozování vzdálenějších stromů, ke kterým by se tato voda dostala pomocí lesních potůčků či struh. U stromů nejčastěji trpí zejména listy, které postupně zasychají od okrajů směrem k řapíku, dalším důsledkem je předčasné opadávání nebo v horším případě zasychání celých větví či dokonce celé koruny stromu. U jehličnatých stromů je největším problémem dopadání sněhu se solí na větvičky, což se děje zejména při frézování sněhu z vozovky. V lepším případě se strom vzpamatuje, ale poměrně často dochází i k jeho úhynu. Jedním z nejodolnějších

druhů stromů, co se odolnosti vůči soli týče, jsou invazivní akáty, čehož se využívá zejména ve městech. [13] [14]

Solení škodí také zvířatům, nejčastěji je možné to pozorovat na tlapkách psů. Solení v zimním období má negativní účinky i na vodu v krajině. Sůl se při deštích dostává do řek, ale i do spodních vod. Škodlivost soli ve vodě je možné vidět na čističkách odpadních vod. Velké množství soli může nabourat celý její biologický stupeň čištění. [14] [15]

2.5 Možnosti odstraňování sněhu a náledí

Podle přílohy číslo 7 Vyhlášky jsou rozeznávány tři základní technologie odstraňování sněhu a náledí pro zmírňování závad ve sjízdnosti a bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích.

2.5.1 Mechanické odklizení sněhu

Jedná se o jednu z nejčastěji používaných technologií údržby. Protože použití chemických rozmrazovacích materiálů do vrstvy čerstvě napadaného sněhu vyšší než 3 cm, je bez předchozího pluhování neúčinné, a tudíž i nepřipustné. Za obvyklé zimní situace je třeba sníh odstraňovat tak, aby nedošlo k jeho přimrznutí k povrchu vozovky nebo k jeho ujetí provozem. Sněhovou břečku je také nutné z vozovky průběžně odstraňovat. Stejně tak je důležité při tání zabezpečit odtok vody. V případě trvalého sněžení se pluhování periodicky opakuje. Po skončení pluhování by na dopravně důležitých komunikacích neměla zbytková vrstva sněhu přesáhnout 3 cm. [12]

Pro odklizení sněhu se běžně využívají sněhové radlice. Pokud při sněžení vznikají závěje nebo pokud výška sněhu dosáhne cca 30–50 cm, jsou nasazovány šípové pluhy. Pokud je vrstva sněhu vyšší než 70 cm, je odstraňována pomocí sněhových fréz. Dále se pro mechanické odklizení sněhu, zejména pro rozšíření průjezdného prostoru vozovky, využívají sněhové metače. [16, s. 67]

Mechanické odklizení sněhu je rovněž velmi důležité při rozšiřování bočních sněhových valů, což je důležité zejména k zachování průjezdného prostoru komunikace a zabezpečení dobrého výhledu. [12]

U silnic s dvěma pruhy v každém jízdním směru je sníh odklizen ze středu jízdní dráhy k pravému okraji vozovky. U komunikací s více pruhy je vhodné sníh odklízet ve vícečlenných pracovních sestavách. Při mimořádném sněžení je v průjezdných úsecích a na místních komunikacích sníh shrnován pouze k okrajům chodníků a podle možností následně odvážen. Ve velmi výjimečných případech je přípustné i odklizení sněhu jízdou v protisměru, ale pouze při dodržení stanovených bezpečnostních opatření. [16, s. 67]

Na parkovištích a odpočívadlech je možné sníh nejprve shrnout do valů a ty následně odvézt. Na mostech je sníh odstraňován z celé šířky a délky mostu tak, aby byl sníh přesunován, pokud možno v podélném směru, nebo byl odvezen. Při odhozu do stran by totiž sníh padal na dopravní cesty nebo jiné objekty ležící pod ním. [12]

2.5.2 Použití chemických rozmrazovacích materiálů

Technologie odklizení sněhu za použití chemických rozmrazovacích materiálů je používána pouze na komunikacích určených v plánu zimní údržby. Posyp solí je možné provádět, jen pokud výška sněhu nepřesáhne 3 cm. Pokud je sněhová vrstva vyšší než 3 cm, není dovoleno posyp chemickými prostředky provádět. [12]

Dávkování posypu se provádí v závislosti na intenzitě sněžení. Tato dávka se pohybuje v rozmezí 10 až 20 g.m⁻². Při použití větších dávek již vzniká sněhová břečka. Pouze při mimořádně dlouhém sněžení je možné opakovat dávku 10 g.m⁻², ale vždy až po pluhování, aby se sůl dostala až k povrchu vozovky. [16, s. 67]

Chemické rozmrazovací materiály se v zásadě používají až na zbytkovou vrstvu sněhu, kterou již není možné odstranit či snížit pomocí mechanických prostředků. Těmito materiály je možné účinně odstraňovat vrstvy uježděného sněhu do tloušťky 1–2 cm nebo náledí do tloušťky 2 mm. Na vyšší vrstvy je nutné posyp opakovat a vhodně kombinovat s mechanickými prostředky. [12]

Jako minimální technologicky dostačující dávka pro tento typ posypu je 20 g.m⁻². Pro likvidaci vyšších vrstev náledí je obvykle nutné použít vyšší dávky, přičemž celková spotřeba posypových solí by v jeden zásahový den neměla překročit 60 g.m⁻². Tato dávka je možná překročit jen ve zcela výjimečných situacích, kdy je nutné rychle obnovit úplnou sjízdnost komunikace. [12]

Pokud je vrstva náledí tenká, nechává se posyp působit cca 2 hodiny. V případě silnější vrstvy náledí se posyp nechává působit po dobu 2 až 5 hodin. V případě nutnosti je možné dávku posypu opakovat, ale jak již bylo řečeno až po pluhování. [12]

2.5.3 Posyp zdrsňovacími materiály

Posyp inertními materiály je používán zejména pro komunikace, které nejsou udržovány chemickými rozmrazovacími materiály. Dochází ke zdrsňování náledí či ujetých sněhových vrstev posypem zdrsňovacími materiály. Tento postup je možné používat pouze občas, a to na dopravně důležitých místech nebo na místech, kde je to vyžadováno dopravně technickým stavem komunikace, jako jsou například křižovatky, velká stoupání, ostré oblouky či zastávky osobní linkové dopravy. Na takových místech je možné zřídit i samoobslužné skládky zdrsňovacích materiálů. [16, s. 68]

Posyp těmito materiály se provádí v celé šířce komunikace, nebo v celé šířce dopravního proudu, což znamená minimálně 3,5 m v jednom směru. [12]

V praxi je používáno velké množství druhů zdrsňovacích materiálů. Například při náledí je vhodné použít jemnozrnný materiál o velikosti zrna méně než 2 mm. Naopak pro posyp ujetých sněhových vrstev je vhodné použít materiál s obsahem hrubých frakcí o velikosti zrn větších než 4 mm. V zastavěných oblastech je zakázáno používat materiál se zrny většími než 8 mm. [12]

Vhodná dávka zdrsňovacího materiálu se pohybuje v rozmezí 70 až 100 g.m⁻², pouze místa, kde je to vyžadováno dopravně technickým stavem komunikace jsou sypána dávkou cca 300 g.m⁻². Větší dávku je vhodné rovněž použít na frekventovaných zledovatělých vozovkách, kde dochází k odletu materiálu k okraji komunikace. Použití dávky vyšší než 500 g.m⁻² je ale neúčelné. [16, s. 68]

2.6 Odstraňování sněhu a náledí na místních komunikacích IV. třídy

Místní komunikace IV. třídy mají oproti ostatním komunikacím několik dalších specifikací, které je při jejich údržbě nutné dodržovat. Tyto konkrétní podmínky podrobněji řeší příslušný obecní úřad, který má správu daných komunikací na starosti. Mezi komunikace IV. třídy jsou zařazeny zejména chodníky, pěší či obytné zóny a různé stezky. O údržbě těchto komunikací rozhodují obce, ale zpravidla je jejich schůdnost zajišťována odmetením nebo odhrnutím sněhu a posypem inertními materiály. Chemické

rozmrazovací materiály je možné použít pouze na ty chodníky a stezky, ve kterých nejsou uloženy inženýrské sítě, pokud nemají uzavřený kryt. Dále tyto chodníky a stezky musí být odděleny od zelených ploch a stromů tak, aby na ně nemohl stékat slaný roztok. [12]

2.7 Zajišťování sjízdnosti čištěním komunikací a mostů

Po zimním období je podle § 47 Vyhlášky nutné z komunikací a mostů odstranit zbytky zdrsňovacích materiálů a očistit dopravní značení a další dopravní zařízení. Toto čištění podléhá stanoveným lhůtám. Dálnice a silnice I. třídy a místní komunikace I. třídy je nutné očistit nejpozději do 30. dubna. Silnice II. a III. třídy a místní komunikace II. a III. třídy nutné očistit nejpozději do 30. května. Odstraňování přebytečného zdrsňovacího materiálu ale probíhá podle možností již v průběhu zimního období. [12]

Před začátkem zimního období, konkrétně do 30. listopadu, je nutné z komunikací odstranit spadané listí a zkontrolovat a zajistit funkčnost odvodnění. [12]

3 Metodika práce

Při realizaci této práce nejprve došlo k seznámení a prostudování dostupné literatury a dalších zdrojů k danému tématu. Na základě nezbytných informací a shromáždění potřebných podkladů získaných z těchto zdrojů byla vytvořena teoretická část práce.

Dalším velmi důležitým krokem pro tvorbu této práce bylo získání potřebných informací a interních dokumentů zimní údržby. Po vyhledání konkrétních oprávněných osob jsem kontaktoval pana Josefa Jirsáka z cestmistrovství Hradec Králové. Komunikace probíhala nejprve telefonickou formou, kde jsem mu nastínil moji situaci, a že bych měl zájem o problematice zimní údržby získat více vědomostí a informací. Následně jsme komunicovali přes email, až jsme se dohodli na osobní schůzce, přímo v závodu zimní údržby v Hradci Králové. Tato osobní schůzka pro mě byla nepostradatelným zdrojem informací pro tvorbu aplikační části práce. Pan Jirsák byl velice ochotný a ukázal mi celý areál závodu, kde mají sklad soli, jaká je jeho přibližná kapacita a jak se nakládá na vozidla, kolikrát se za zimní období doplňuje stav zásob ve skladu, kde parkují vozidla pro zimní údržbu, jak probíhá jejich údržba, speciální místo, kde se připravuje vodný roztok solanka. Následně mě provedl administrativní budovou, kde se nachází hlavní pracovna dispečerů, dal mi nahlédnout do interní databáze systému zimní údržby, který slouží pro monitorování vozidel. Dále také informace o ujetých kilometrech a nákladech spojených se zimní údržbou. Následně mi poskytl rozhovor s jedním řidičem posypového automobilu, který mi ze svých dlouholetých zkušeností sdělil, jak to přesně reálně funguje na pozemních komunikacích při zimní údržbě.

Další velké množství důležitých informací bylo získáno z plánu zimní údržby, jako jsou například technické informace o vozidlech, jejich využití, a především plán tras a mapové podklady pro vykonání zimní údržby. Pro vznik práce byla velmi důležitá znalost města Hradec Králové a okolí, zejména orientace v dané lokalitě.

Po získání a rozřídění veškerých informací bylo možné začít tvořit aplikační část práce. Na základě všech získaných informací dojde k analýze současného stavu a návrhu optimálního řešení daného problému.

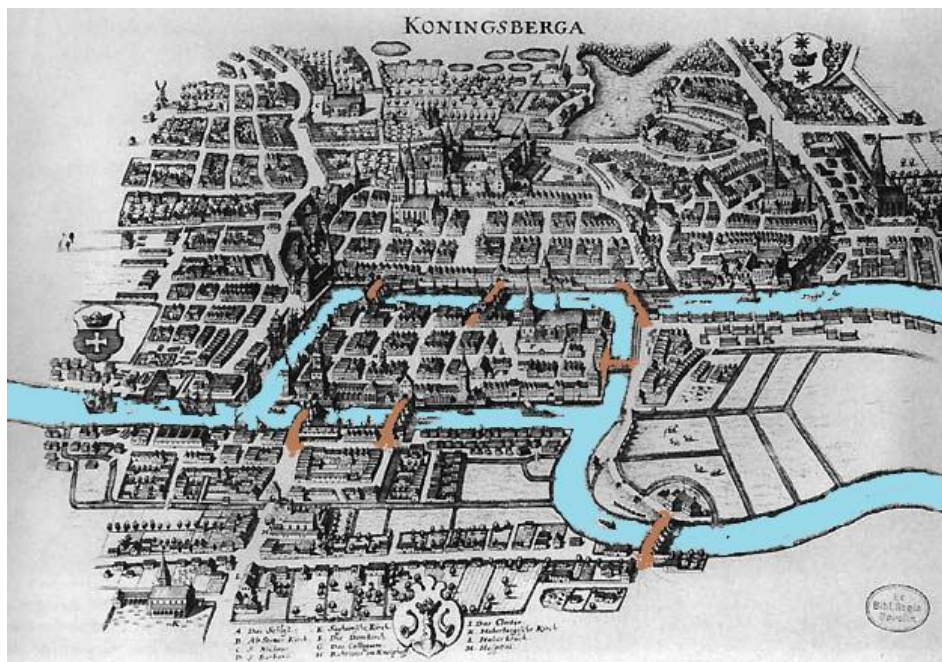
Následně dojde ke zhodnocení výsledků a bude vybrána optimální varianta.

Návrh optimálních variant bude probíhat pomocí metod operačního výzkumu. Konkrétně v práci budou využívány zejména metoda Eulerovského tahu a úloha Čínského pošťáka.

Tyto metody budou využívány pro sestavování grafů optimálních tras vozidel zimní údržby.

3.1 Eulerovský graf a Eulerovský tah

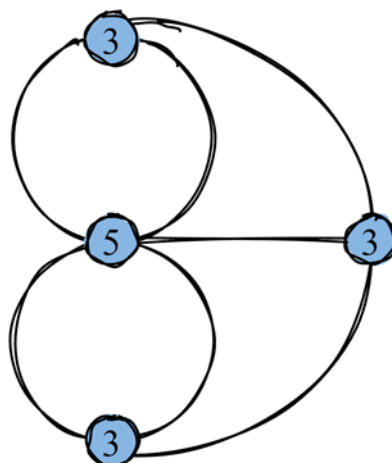
V 1. polovině 18. století se švýcarský matematik L. Euler snažil vyřešit tzv. „Problém sedmi mostů města Královce“. Pruské město Královec leží při ústí řeky Pregoly do Baltského moře. Z Obr. 3.1 můžeme vidět, že řeka vytvářela dva ostrovy spojené s okolním městem sedmi mosty.



Obr. 3.1 Sedm mostů města Královce

Zdroj: [17]

L. Euler se zabýval otázkou, zda je možné přejít všechny mosty tak, aby člověk vstoupil na každý most pouze jednou. Při řešení tohoto problému nevyužil žádnou dosud známou metodu, ale použil teorii, která je dnes známá jako teorie grafů.

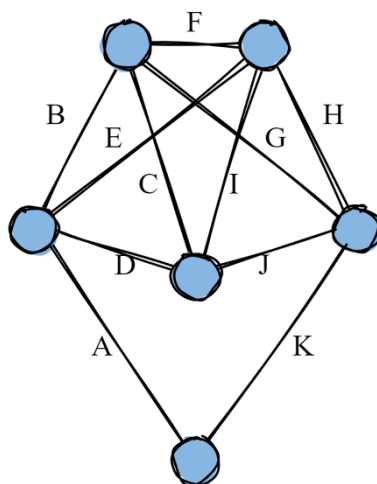


Graf 3.1 Sedm mostů města Královce – graf podle L. Eulera

Zdroj: Vlastní zpracování dle [18]

L. Euler jako první dokázal, že v grafu vytvořeném na základě mapy města Královce (viz Graf 3.1), eulerovský tah neexistuje, tedy sedm mostů města Královce netvoří eulerovský graf. Pouze eulerovské grafy mají tu vlastnost, že je možné je „nakreslit jedním tahem“. Jelikož sedm mostů města Královce eulerovský graf netvoří, dokazuje to, že tímto způsobem mosty není možné přejít. [17]

Již z výše popsaného je zřejmé, že eulerovský tah, potažmo eulerovský graf, který je znázorněn na Graf 3.2, je vhodné použít pro optimalizaci zimní údržby.



Graf 3.2 Eulerův graf

Zdroj: Vlastní zpracování dle [19]

Eulerovský tah je definován jako: „Tah v grafu se nazývá eulerovský, jestliže prochází

každou hranou.“ [20] Jinak řečeno, tah se nazývá eulerovský, jestliže obsahuje každou hranu právě nanejvýš jedenkrát. [20]

Eulerovský tah může být:

- otevřený – tah, který obsahuje všechny hrany grafu, ale výchozí vrchol se liší od koncového vrcholu;
- uzavřený – tah, který obsahuje všechny hrany grafu a zároveň začíná a končí ve stejném vrcholu daného grafu. [20]

Eulerovský graf, zkráceně E-graf, je tedy takový graf, ve kterém existuje uzavřený eulerovský tah. [20]

Aby bylo možné vytvořit v grafu uzavřený Eulerovský tah, musí být splněny následující podmínky:

- graf musí být souvislý,
- pokud je graf neorientovaný, musí být stupeň všech vrcholů sudý,
- v orientovaném grafu musí být počet hran vstupujících do vrcholu rovný počtu hran z vrcholu vystupujících. [20]

Pro vytvoření otevřeného Eulerovského tahu v grafu je nutné zajistit následující podmínky:

- graf musí být souvislý,
- v neorientovaném grafu musí obsahovat právě dva vrcholy lichého stupně a ostatní vrcholy stupně sudého,
- v orientovaném grafu musí existovat vrchol jehož počet vstupních hran se rovná počtu výstupních hran plus jedna a zároveň v něm musí existovat vrchol, jehož počet výstupních hran se rovná počtu vstupních hran minus jedna. Ostatní vrcholy musejí mít počet vstupních hran rovný počtu výstupních hran. [20]

3.2 Úloha čínského pošťáka

Úlohu čínského pošťáka, též nazývanou jako Problém čínského listonoše, zformuloval ve 2. polovině 20. století čínský matematik M.-K. Kwan. Tento problém je možné aplikovat na jakéhokoliv listonoše kdekoliv na světě.

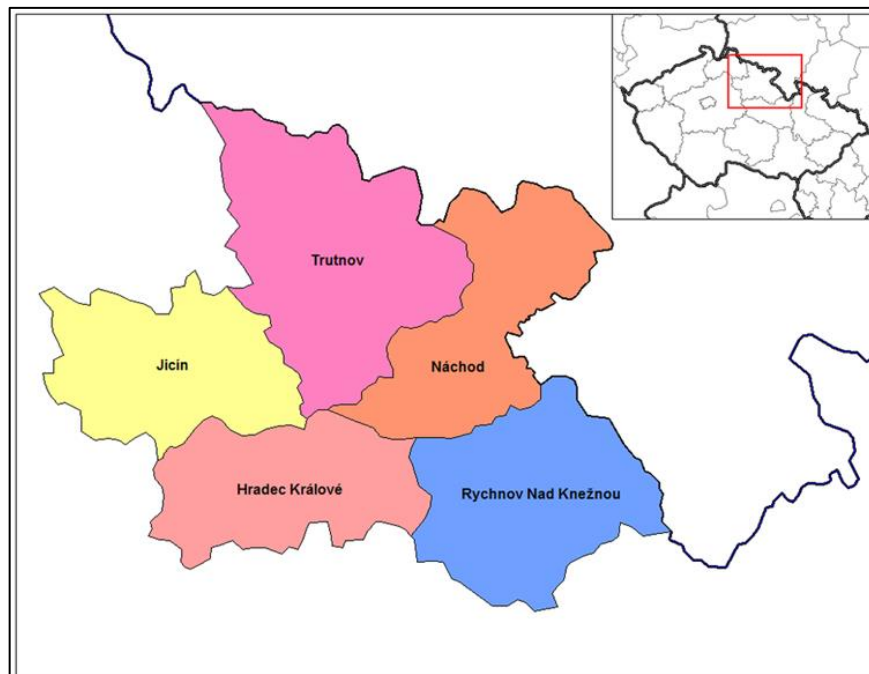
Úkolem listonoše je projít všechny ulice nacházející se v jeho okruhu. Základním požadavkem je nalezení nejkratší cesty listonoše tak, aby prošel ulicí, pokud možno pouze jednou, v nutném případě dvakrát, a přitom se vrátil zpět do výchozího bodu. Toto řešení by bylo neoptimálnější, zároveň by byla daná cesta uzavřeným sledem a jednalo by se tak o Eulerovský tah.

Listonoš může doručovat poštu po obou stranách každé ulice, což by znamenalo možnost projít ulici pouze jednou, ve skutečnosti však není toto řešení obvykle možné, a tak musí listonoš projít některou ulicí vícekrát, i když už žádnou poštu nedoručuje. [22]

4 Současný stav zimní údržby

4.1 Charakteristika Královehradeckého kraje

Královehradecký kraj je vyšší územní samosprávný celek České republiky, zaujímající severní část Východočeského kraje. Leží téměř celý na severovýchodě Čech. Na jihu sousedí s Pardubickým krajem, na jihozápadě se Středočeským krajem a na západě s Libereckým krajem. Na severu sousedí s polským Dolnoslezským vojvodstvím. Území kraje je vymezeno územími okresů Hradec Králové, Jičín, Náchod, Rychnov nad Kněžnou a Trutnov, jak můžeme vidět na Obr. 4.1.



Obr. 4.1 Mapa okresů Královehradeckého kraje.

Zdroj: [23]

V Královehradeckém kraji najdeme rozsáhlé roviny křídové tabule Polabí silně kontrastující s nejvyšším pohořím Čech, Krkonošemi a jejich „menším bratrem“ Orlickými horami. Oblast je protkaná říčkami a řekami povodí Labe, které jsou na jaře vydatně syceny vodou z horských pokrývek, které reprezentují každoročně kolem miliardy litrů. Přesně na takových místech se setkáváme s ideálními podmínkami pro využívání půdy k zemědělským účelům. Část Broumova je však odvodňována Stěnavou, která leží v povodí Odry.

V Královéhradeckém kraji žije přibližně 543 000 obyvatel. Počet obyvatel byl k 1. lednu 2020. Rozdělení okresů a počty obyvatel můžeme vidět v Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Rozdělení okresů a počty obyvatel

Okres	Počet obyvatel	Rozloha (km ²)	Hustota zalidnění (na 1 km ²)	Počet obcí
Hradec Králové (HK)	164 283	892	184	104
Jičín (JC)	80 045	887	90	111
Náchod (NA)	109 958	852	129	78
Rychnov nad Kněžnou (RK)	79 383	982	81	80
Trutnov (TU)	117 978	1 147	103	75

Zdroj: vlastní zpracování dle [23]

Královéhradecký kraj je oblastí s velmi hustou železniční sítí. Ale jen dvě trati jsou elektrifikovány a dvoukolejná trať je jen jedna a pouze částečně, což způsobuje nemalé problémy s propustností hlavně v okolí krajského města. Několik krátkých lokálek bylo zrušeno nebo je provozují soukromé společnosti. [23]

Královéhradecký kraj křižují dvě dálkové evropské silnice E67 (Praha–Varšava) a E442 (Liberec–Olomouc), které budou postupně převedeny na dálnice a rychlostní silnice. V současnosti na území kraje leží jen krátké úseky dálnic D11 a D35, ovšem v budoucnu se počítá s napojením na polskou dálniční síť hraničním přechodem v Královci. Silnice I/35 mezi Hradcem Králové a Jičínem bude nahrazena dálnicí a další úseky do Turnova budou modernizovány. Ale nyní jsou řidiči nuceni používat běžnou síť silnic dalších tříd. Mezi silnice I. třídy na území kraje patří čísla 11, 14, 16, 31, 32, 33, 35 a číslo 37, která je mezi Hradcem Králové a Pardubicemi přestavěna na čtyřproudovou silnici. Silnic druhé třídy je mnohem více a mezi nejdůležitější patří čísla 296, 300, 303, 308, 321, 324. [23]

Od roku 2010 je v kraji kompletně zaveden jednotný dopravní systém IREDO, zahrnující vlaky a autobusy. Od roku 2011 byl systém rozšířen i do sousedního Pardubického kraje, takže cestující mohou na jednu jízdenku procestovat oba kraje. [23]

4.2 Údržba silnic Královéhradeckého kraje a.s.

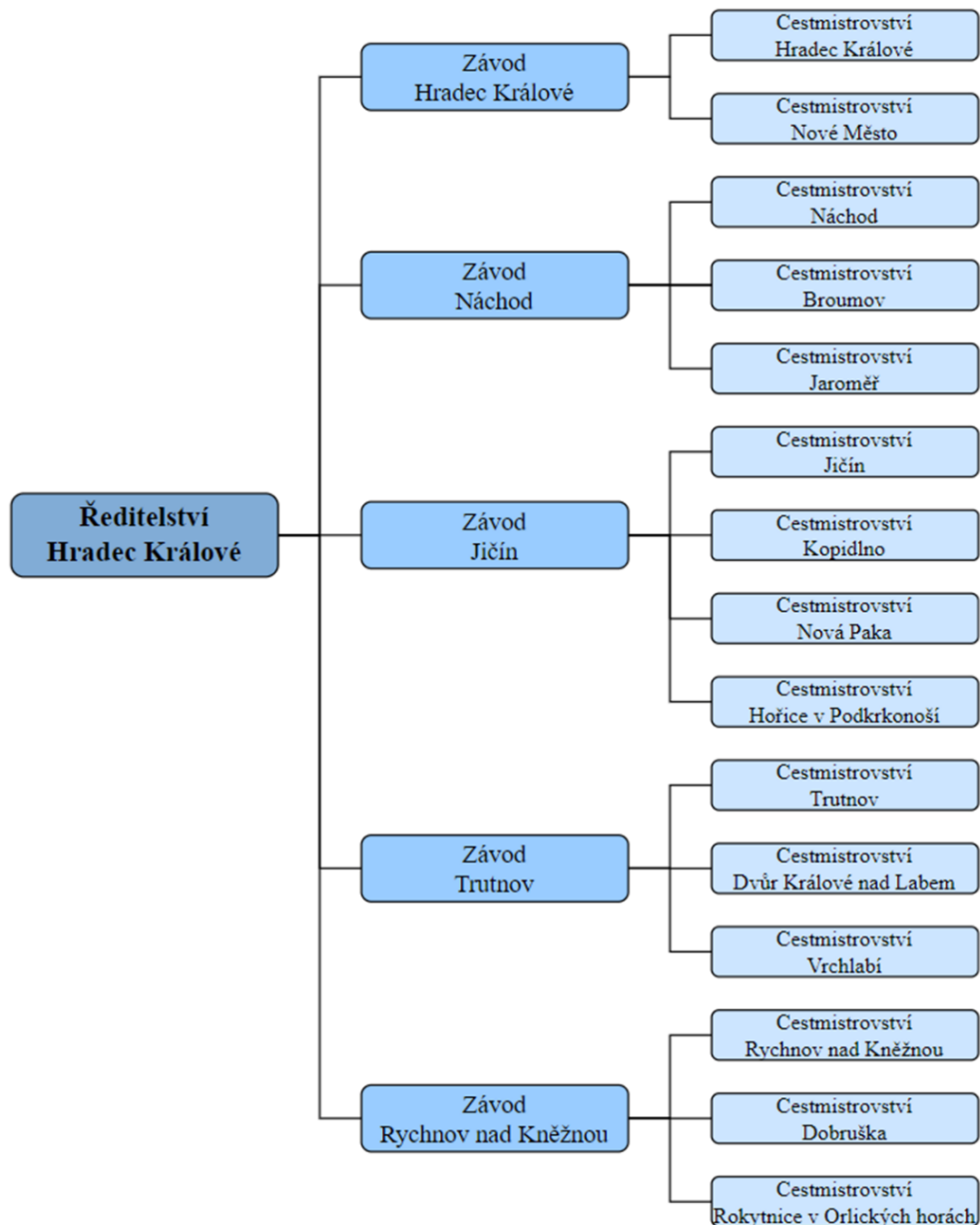
Společnost ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s., se sídlem v Hradci Králové-Pláčicích, Kutnohorská ulice 59, PSČ 500 04, zastoupená Ing. Jirí Brandejsem, ředitelem

společnosti nese odpovědnost v zimní údržbě silnic. V rámci společnosti ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s. Ve smyslu ustanovení § 26 a § 27 Zákona ve znění § 41 až 45 Vyhlášky a souvisejících metodických pokynů je v Královéhradeckém kraji subjektem, odpovědným za sjízdnost pozemních komunikací, v rozsahu zpracovaného Plánu zimní údržby silnic na zimní období.

Společnost ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s. vykonává zimní údržbu silnic a zpravodajskou službu zimní údržby na silnicích I. třídy, ve správě Ředitelství silnic a dálnic ČR, správa Hradec Králové a silnicích II. a III. třídy, ve správě Správy silnic Královéhradeckého kraje, příspěvková organizace, podle schváleného pořadí důležitosti. Společnost ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s. na výše uvedených komunikacích zajišťuje a je odpovědná za sjízdnost dopravních prostředků, ale nikoliv za schůdnost pro chodce.

Společnost zahájila svoji činnost ke dni 1. dubna 2007 pod názvem SÚS Královéhradeckého kraje a.s. Vznikla na základě rozhodnutí Zastupitelstva Královéhradeckého kraje ze Správy a údržby silnic Královéhradeckého kraje příspěvkové organizace a jejím jediným akcionářem je Královéhradecký kraj. S účinností od 1. října 2017 změnila společnost obchodní název na ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s. Hlavním důvodem této změny, mimo jiné je, aby nový obchodní název firmy vystihoval hlavní činnost společnosti, a to údržbu silnic. Předchozí obchodní název firmy byl trvale zaměňován s názvem a činností příspěvkové organizace Správa silnic Královéhradeckého kraje, která je majetkovým správcem silnic II. a III. třídy Královéhradeckého kraje.

ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s. působí na celém území Královéhradeckého kraje, hlavní sídlo má v Hradci Králové a dále je organizačně členěna na 5 závodů a 15 cestmistrovství, které můžeme vidět na Obr. 4.2.



Obr. 4.2 Organizační struktura Údržby silnic Královehradeckého kraje

Zdroj: vlastní zpracování dle [24]

Společnost hospodáří s ročním obratem okolo 500 mil. Kč a zaměstnává téměř 350 zaměstnanců, z toho více než 250 zaměstnanců v dělnické profesi. Společnost v zimní sezóně na území Královehradeckého kraje udržuje silnice I., II. a III. třídy v celkové délce 3 751 km. Chemicky udržovaných komunikací je 2 729 km, inertními materiály je udržováno 419 km a pluhováním 392 km. Neudržovaných úseků je 211 km. Ve skladech mají okolo 23 000 t soli a 12 000 t inertních materiálů.

Speciálně pro výkon zimní služby má Královehradecký kraj k dispozici následující mechanismy a zařízení které můžeme vidět v Tab. 4.2 většinu z nich vlastní, ale má k dispozici a dodavatelské výpomocné firmy.

Tab. 4.2 Seznam mechanismů Královehradeckého kraje

Seznam mechanismů	Vlastní	Dodavatelské
sypače	115	7
nosiče radlic bez posypu	1	1
radlice	116	8
šípové pluhy	5	1
traktorové radlice a škrabky	23	90
nakladače	31	20
sněhové metače	2	0
sněhové frézy	14	4

Zdroj: vlastní zpracování dle [24]

Údržba silnic se déle zabývá letní údržbou silnic, například jejich opravy a provádění opatření k zajišťování bezpečnosti silničního provozu. Mezi to patří odstraňování spadlých větví stromů z vozovky, usměrňování dopravy na závadných úsecích, vyznačování uzavírek nesjízdných úseků a jejich objížděk, umístování přenosných dopravních značek a zařízení a výměna poškozených či zcizených. Dále se zabývá zajišťování služeb spojených s údržbou a investicemi na nemovitém majetku ve vlastnictví Královehradeckého kraje.

4.2.1 Kalamitní plán

Zimní kalamita je takový stav silniční sítě, který není možno k zajištění sjízdnosti odstranit v časových limitech daných pro jednotlivá pořadí důležitosti silnic při nasazení kapacit určených rozpisem Plánu zimní údržby a jestliže tento stav neumožňuje sjízdnost běžným dopravním prostředkům.

Povětrnostními situacemi a jejich důsledky, které mohou podstatně zhoršit nebo i přerušit sjízdnost jsou vánice, dlouhodobé sněžení, vznik souvislé námrazy, mlhy, oblevy, mrznoucí déšť, vichřice, povodně a přívalové vody a jiné obdobné povětrnostní situace viz §26 odst. 5 Zákona.

4.2.2 Stupně zimní silniční kalamity

Stupně silniční kalamity vycházejí z intenzity, rozsahu a doby jejího trvání a určují rámcovou redukci udržované silniční sítě. Stupně kalamity navrhuje ředitel společnosti ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s., popřípadě výrobní náměstek a potvrzuje je mimořádný kalamitní operační štáb.

- I. stupeň - kalamita v rozsahu cca jednoho cestmistrovského obvodu. Udržují se přednostně silnice I. a II. pořadí důležitosti a III. pořadí pak jen dle možnosti a jen ty, kde projíždějí autobusové spoje.
- II. stupeň - kalamita v rozsahu rozšíření na více než polovinu území okresu. Udržuje se sjízdnost především na silnicích I. pořadí důležitosti, na II. pořadí důležitosti se udržují jen dopravně nejzatíženější vozovky, selekci stanoví operační štáb ZÚS.
- III. stupeň - kalamita působí minimálně na území celého okresu nebo i části území dalších okresů kraje. Udržují se přednostně silnice zařazené v I. pořadí důležitosti. Mimořádný operační štáb, popřípadě stanoví prioritu pro nové trasy určené pro vedení objížděk.

4.3 Závod Hradec Králové

Silniční síť okresu Hradec Králové měří ke dni 1. 1. 2021 celkem 810 km, jejichž rozdělení a délku ukazuje Tab. 4.3.

Tab. 4.3 Silniční síť okresu Hradec Králové

Silniční síť okresu Hradec Králové	
dálnice	21 km
silnice I. třídy	98 km
silnice II. třídy	154 km
silnice III. třídy	537 km
celkem	810 km

Zdroj: vlastní zpracování dle [25]

Závod Hradec Králové sídlí v ulici Kutnohorská 59, Hradec Králové. Dále se dělí na dvě střediska cestmistrovství, jedno v Novém Městě u Chlumce nad Cidlinou a druhé samotné Hradec Králové. Mezi hlavní činnosti, kterými se závod zabývá, patří zimní údržba, údržba a opravy silnic, zřizování a opravy dopravního značení a bezpečnostních zařízení

a vybavení, odvodnění silničního tělesa, údržba a opravy mostů, propustků a ostatních silničních objektů a sadovnictví. Letecký pohled na závod Hradec Králové můžeme vidět na Obr. 4.3.



Obr. 4.3 Letecký pohled na závod Hradec Králové

Zdroj: [26]

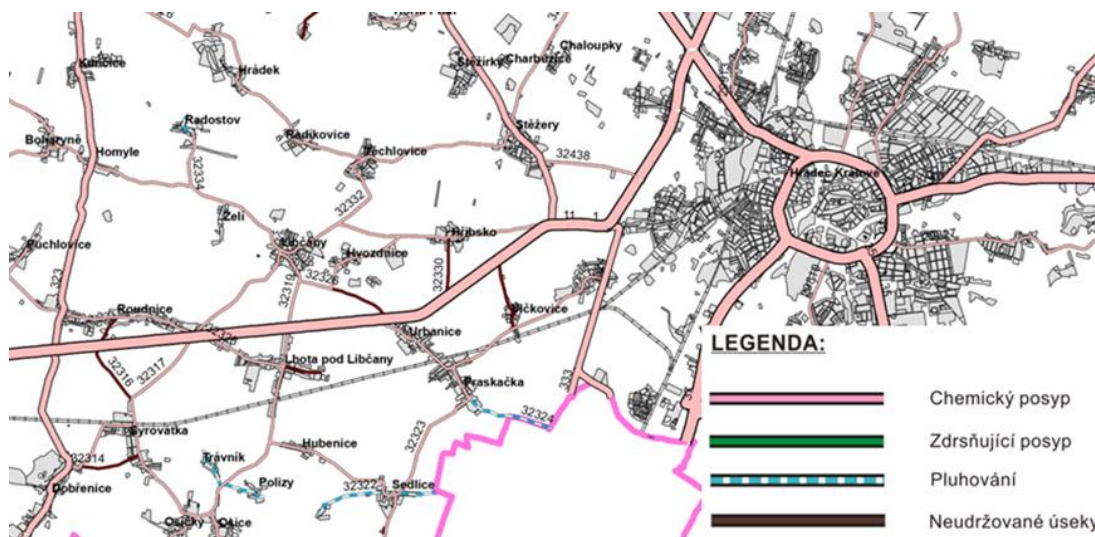
Závod Hradec Králové má na starosti zimní údržbu na celkem 624 km silnic, následné rozdělení v pořadí důležitosti, počtu ujetých kilometrů a systému údržby můžeme vidět v Tab. 4.4.

Tab. 4.4 Souhrn silnic závodu Hradec Králové

		Celkem (km)	Posyp (km)	Pluh (km)	Neudrž. (km)
Souhrn - Hradec Králové	Celkem v 1. pořadí důležitosti	116,53			
	Celkem v 2. pořadí důležitosti	152,4			
	Celkem v 3. pořadí důležitosti	325,96			
	Úseky neudržované				29,292
	Úseky udržované pluhováním			23,74	
	Úseky udržované posypem		571,15		
	Úseky udržované	594,89			
	Úseky celkem	624,182			

Zdroj: vlastní zpracování dle [24]

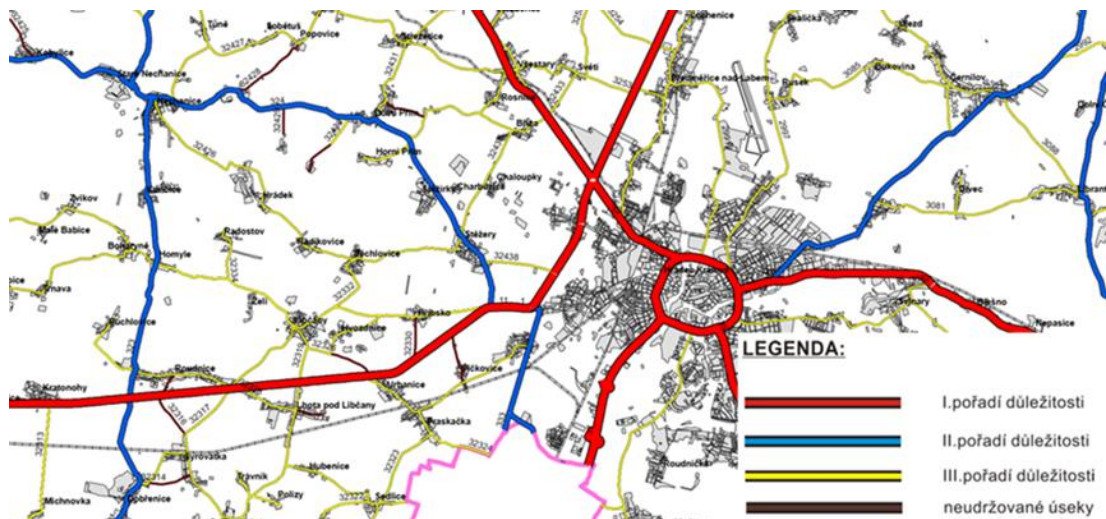
Zaměstnanci zimní údržby mají k dispozici mapové podklady, na kterých jsou vyznačeny úseky pozemních komunikací, které náleží pod jejich správou údržby. Na Obr. 4.4 můžeme vidět mapový podklad vybraného území a vyznačenou technologii pro vykonání zimní údržby. Z největší části se pozemní komunikace ošetřují chemickým posypem a pluhováním, nebo jen samotným pluhováním bez chemického posypu, dále zde vidíme i úseky silnice, které se vůbec neudrží a o jejich průjezdnost se starají místní obce, nebo najmutí soukromníci. Zdrsňují posyp se v cestmistrovství Hradec Králové vůbec nepoužívá, využívá se jen v hornatých oblastech v okresech Náchod a Trutnov, kde je zakázáno využívat chemický posyp v chráněných oblastech.



Obr. 4.4 Mapová část technologie údržby

Zdroj: [24]

Na Obr. 4.5 můžeme vidět mapový podklad pozemních komunikací a jejich příslušné pořadí důležitosti pro jejich zimní údržbu. Jak vyplývá z Tab. 4.4 je nejvíce udržovaných komunikací ve třetím pořadí důležitosti, které je znázorněno žlutou barvou, následuje druhé pořadí důležitosti vyznačeno modrou barvou, a nakonec silnice prvního pořadí důležitosti, kterých je přibližně 116 km, která nám znázorňuje červená barva.



Obr. 4.5 Mapová část pořadí důležitosti

Zdroj: [24]

Speciálně pro výkon zimní služby má závod Hradec Králové k dispozici následující mechanismy a zařízení, viz Tab. 4.5.

Tab. 4.5 Seznam vozidel pro zimní údržbu v okrese Hradec Králové

Okruh č.	Typ vozidla	Rok výroby	Nástavba - typ	Rok výroby nebo GO	V. č. sypač. návstavy	Sněhová radlice - typ
CH21/1	IVECO TRAKKER	2015	SYKO 5H	2016	241/480/01 GO	RSDS 3500
CH21/2	SCANIA	2019	SYKO 8H	2019	2517/4462/19	LLV 35 K
CH21/3	TATRA 815-2	2001	SYKO 5H	2017	2247/4446/17	LVV 35/II - K
CH21/4	IVECO TRAKKER	2011	SYKO 5H	2007	1103/445/07	PSVA 300.4
CH21/5	MERCEDES AXOR	2010	CO SYKO 5H	2010	1486/4447/10	RSK-T-030
záloha	TATRA 815-2	2005	SYKO 5H	2016	709/480/05 GO	LVV 35 K
CH23/1	TATRA PHOENIX	2013	SYKO 8H	2013	1729/4463/14	RSK 30
CH23/2	IVECO TRAKKER	2014	SYKO 5H	2014	255/480/01	PSVA 300.4
CH23/3	IVECO TRAKKER	2017	SYKO 5H	2017	2244/4446/17	PSV 290/4
CH23/4	IVECO TRAKKER	2012	SYKO 5H	2005	2407/4449/18	LVV 35 K
CH23/5	TATRA 815-2	2003	SYKO 5H	2016	391/480/03 GO	LLV 35 K

Okruh č.	Typ vozidla	Rok výroby	Nástavba - typ	Rok výroby nebo GO	V. č. sypač. nástavby	Sněhová radlice - typ
záloha	TATRA 815-3	2001	SYKO 5H	2016	517/480/04 GO	LVV 35 K
záloha	TATRA 815-4	2004	SYKO 5H	2019	2539/4449/19	LVV 35 K

Zdroj: vlastní zpracování dle [24]

Za výkon zimní údržby odpovídá na celém spravovaném území příslušného okresu v pracovní době vedoucí závodu, tedy vedoucí zimní údržby okresu. Mimo pracovní dobu službukonající dispečer ZÚS na hlavním dispečerském stanovišti (směnový vedoucí zimní údržby). Na obvodu cestmistrovství v pracovní době vedoucí cestmistr, v mimopracovní době službu konající dispečer ZÚS.

Povinnosti vedoucího zimní údržby (dispečera ZÚS) je podle meteorologických předpovědí a zpráv, okamžitých meteorologických podmínek a kontrolní činnosti samostatně upřesňovat dle schváleného plánu ZÚ rozsah a obsah výkonu zimní služby na silniční síti v rámci územní působnosti cestmistrovství. Operativně zde zajišťuje zmírňování, případně odstraňování vzniklých závad ve sjízdnosti. V případě vzniku kalamitních situací, kdy síly a prostředky nestačí na obnovu sjízdnosti dle pořadí důležitosti, neprodleně informuje příslušného vedoucího nebo přímo vedoucího zimní údržby (výrobně-provozního náměstka a ředitele společnosti), konzultuje s ním další postup organizování zimní údržby, případně se řídí pokyny dané Operačním štábem.

4.3.1 Systém komunikace a sběru dat o aktuálním stavu počasí a sjízdnosti

Zprávy o stavu počasí a sjízdnosti včetně aktuálního nasazení mechanizace jsou z jednotlivých dispečerských pracovišť zadávány do Webové aplikace zimní zpravodajské služby, přihlašovací adresa www.jsdi.cz/portal. Každý službu konající dispečer má zřízeno svoje vlastní přístupové oprávnění uživatelské jméno a heslo a zadává vždy zprávu za svoje spravované území – cestmistrovství.

Zprávy jsou zadávány standardně čtyřikrát denně v časech:

- 3:00 – 4:00 hodin,
- 7:00 – 8:00 hodin,
- 14:00 – 15:00 hodin.
- 18:00 – 19:00 hodin.

Před zahájením zimní údržby jsou časy upřesněny dle aktuálního pokynu ŘSD k organizaci ZÚS, mimo tyto časy se zadá nová zpráva, při jakékoliv podstatné změně počasí nebo sjízdnosti.

4.3.2 Sledování vozidel zimní údržby

Mimo jiné veškerá vozidla ve správě zimní údržby jsou vybavena sledovacím zařízením GPS. Díky tomuto lokátoru je možné sledovat nejen polohu vozidel, ale zaznamenává i množství dalších důležitých informací, jako jsou například informace o práci vozidla, zda se jedná o technologickou či netechnologickou jízdu, o zastávkách, tankování a mnoho dalších údajů.

Sledovací zařízení je v dnešní době neodmyslitelnou součástí veškerých státních, městských či firemních automobilů. Slouží nejen pro kontrolu zaměstnanců a zabezpečení vozidel, ale je velmi užitečný i při sporech jako důkazní materiál. Například v případě stížností, že dané vozidlo neprovedlo na komunikaci zimní údržbu, je velice snadné dokázat, že vozidlo daným úsekem projelo a vykonávalo technologickou jízdu, což je zaznamenáno v knize jízd daného vozidla. Veškeré údaje je možné zpětně dohledat, a mít tak dokonalý přehled o činnostech jednotlivých vozidel vozového parku.

Tyto drahocenné informace se dále zpracují a mohou se odeslat do aplikace, ve které uživatel může v reálném čase dané vozidlo sledovat, nebo jsou zpřístupněny odpovídajícím zaměstnancům zimní údržby. Zároveň zařízení vede podrobnou knihu jízd včetně historie, rozdělení a popisu jednotlivých tras. Je možné zaznamenávat i údaje o rychlosti vozidla, přestávkách, ale i právě již zmiňované rozdělení, zda například vozidlo zimní údržby má zapnuté posypové zařízení, v jakém poměru sype posypový materiál se solankou, kolik celkového množství mu ještě zbývá, nebo zda má radlici dole a pluhuje, či jede netechnologickou jízdu, například při přejezdech mezi jednotlivými úseky.

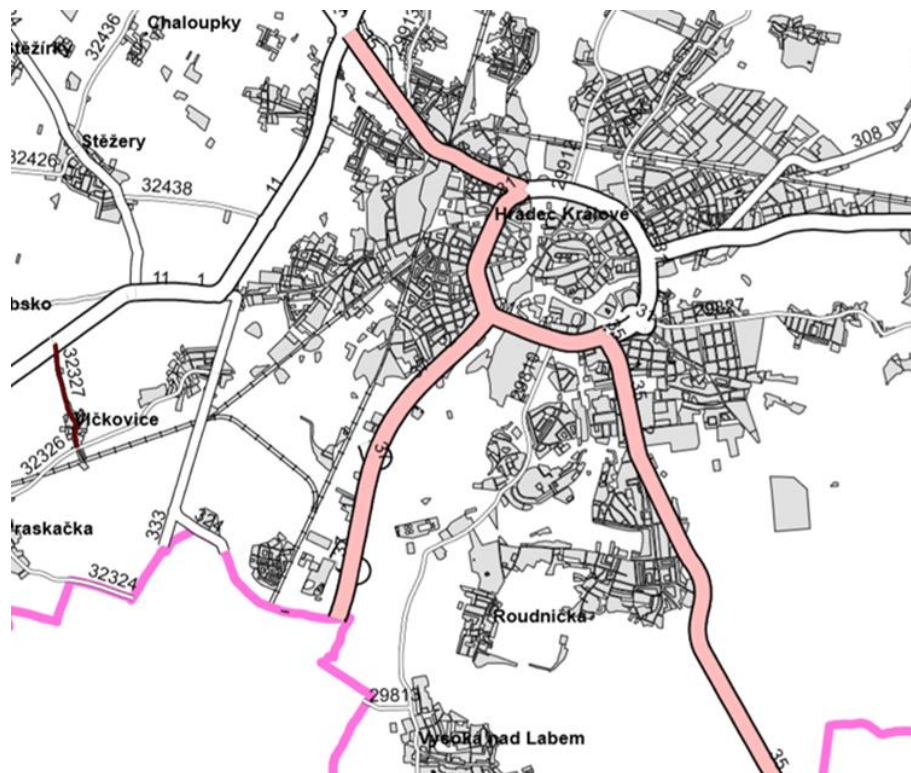
4.4 Analýza vybraného úseku ZÚS

Vybrání úseku k optimalizaci bylo pro mě velice složité, v okrese Hradec Králové je pod správou hned několik úseků, které by se daly dobře analyzovat, ale nakonec jsem si pro svoji optimalizaci vybral úsek CH 23/5-V. Tento úsek patří přímo pod cesmistrovství Hradec Králové a vybral jsem ho z toho důvodu, že zahrnuje hlavní

průtah městem Hradec Králové, a to směrem od příjezdu nově vybudované a nyní otevřené dálnice D11 (kruhový objezd ČKD) následné projetí po městském okruhu a napojení na silnici I/37 která je směrem na sousední město Pardubice, nebo pokračování po městském okruhu až po křižovatku I/35 (kruhový objezd Malšovice) a napojení na silnici I/35, která dále pokračuje na Holice a Vysoké Mýto.

Tento úsek zimní údržby je velice důležitý zejména pro samotnou obslužnost města, ať už se jedná o ranní a odpolední špičky denního provozu, kdy jsou lidé dojíždějí za prací, a s tím i spojená linka MHD, která svou trasou kříží část úseku CH 23/5, ale také tento úsek slouží jako tranzitní síť pro osobní a nákladní dopravu, která je pro ni klíčová.

Na vybraném úseku zimní údržby se nachází hned několik rizikových míst, které zvláště v zimním období a nepřízni počasí hrají pro řidiče velkou roli, a proto je jejich údržba důležitá. Myslím tím především mosty přes řeku, důležité křižovatky, mostky a další rizikové oblasti na úseku. Díky těmto rizikům a z hlediska sjízdnosti v zimním období, reprezentuje úsek většinu aspektů, které lze zahrnout do optimalizace zimní údržby. Mapový náhled na trasu CH 23/5 můžeme vidět na Obr. 4.6.



Obr. 4.6 Mapový náhled vybraného úseku

Zdroj: [24]

V zimním období je na středisku zaveden směnný provoz. Sypač má tříčlennou posádku, a tedy se řidiči střídají v třísměnném provozu. Časy těchto směn nejsou v zimním období přesně stanoveny a záleží vždy na okolnostech, jakou jsou zejména počasí a sněhové podmínky, ale také i docházka zaměstnanců. Směny řidičů se střídají po týdnu ranní, odpolední, noční. Směnný provoz mají také cestmířtři. Noční směna cestmířtra začíná ve 2:30 v noci, kdy tento vykoná kontrolní jízdu na komunikacích spadajících pod správu střediska a hlásí případné závady sloužícímu dispečerovi, který následně vysílá na úseky s nahlášenými závadami údržbové mechanizmy. V průběhu ranní směny vykonává cestmířtr kontrolní jízdy podle potřeby a podle stavu komunikací vysílá údržbové mechanizmy. Kromě cestmířtrů hlásí dispečerovi závady na komunikacích také policie či samotní účastníci silničního provozu.

Jízda sypače po úseku se skládá z jízdy technologické, kdy se provádí vlastní údržba a jízdy netechnologické, tedy přejezdy mezi úseky bez použití údržbových zařízení. Vybraný úsek je udržován plužením a posypem chemickým materiálem. K odstranění sněhu z komunikací se používá předsazená sněhová radlice nasazená na sypači. K posypu chemickým rozmrazovacím materiálem slouží sypačová nástavba SYKO 5H, namontovaná na nákladním automobilu Tatra 815-2.

4.4.1 Analýza používané technologie ZÚS

Jako hlavní údržbový mechanismus pro vybraný úsek CH 23/5 je určena Tatra 815-2 se sypačovou nástavbou SYKO 5H a předsazenou sněhovou radlicí LLV 35 K. Tatra 815-2 byla pořízena a uvedena do provozu v roce 2003 a sypačová nástavba SYKO 5H je z roku 2016.

Tatra 815-2 je nákladní automobil na dvounápravovém podvozku v provedení 4x4 se stálým pohonem obou náprav, s vzduchem chlazeným osmiválcem přeplňovaným jedním turbodmychadlem a s elektronickou regulací chlazení, třecí jedno-lamelovou pružinovou spojkou s hydraulickým ovládním a automatickým seřizováním vůle. Tatra 815-2 disponuje hlavní desetistupňovou převodovkou která je mechanická, řadí se pomocí vzduchového posilovače řadicí pákou, normální a redukovaný chod se řadí elektropneumaticky s předvolicem na řadicí páce a dělí tak rychlostní stupně. Řízení je levostranné s monoblokovým servořizováním. Brzdový systém se skládá ze čtyř na sobě nezávislých systémů (provozní brzda, nouzová brzda, parkovací brzda a odlehčovací brzda). Dále je brzdový systém vybavený ABS systémem a brzdovými jednotkami

s automatickým seřizováním vůle mezi brzdovým obložením a brzdovým bubnem. Trambusová kabina řidiče je sklopná pomocí hydraulického agregátu, celokovová, krátká, dvoumístná s oblým čelním sklem, vybavená závislým olejovým a nezávislým naftovým topením. Objem nádrže je 220 l paliva a maximální rychlost vozidla je 85 km/h s omezovačem rychlosti. Příklad Tatra 815-2 můžeme vidět na Obr. 4.7.



Obr. 4.7 Tatra 815-2 s předním pluhem

Zdroj: autor

Na Obr. 4.8 je sypač SYKO 5H určený k rozmrazování sněhu a náledí na vozovkách. Sypač dovoluje rozhoz suché soli nebo soli zvlhčené solným roztokem. Zásobník posypového materiálu a rám sypače tvoří jeden celek, v němž jsou uloženy i plastové nádrže na solanku. Všechny díly jsou vyrobeny s maximální ochranou proti korozi a korozi zvláště ohrožené části jsou vyrobeny z nerezové oceli nebo odolných plastů. Zdrojem tlakového oleje pro pohon a ovládání sypače je hydraulické čerpadlo nosného vozidla. Sypač je vybaven dvěma šnekovými dopravníky, které jsou uloženy ve spodní části zásobníku materiálu a podávají posypový materiál do rozmetadla. Jsou poháněny dvěma hydromotory. Rozmetadlo je možné výškově nastavit a jeho natáčení se provádí pomocí servomotoru. Talíř rozmetadla je vyroben z nerezové oceli a jeho pohon zajišťuje hydromotor.



Obr. 4.8 Tatra 815-2 se sypačovou nástavbou SYKO 5H

Zdroj: autor

Elektronický řídicí systém umožňuje snadné nastavení provozních parametrů dle požadavků a typu posypového materiálu. Ovládání všech funkcí provádí řidič ze svého pracoviště prostřednictvím ovládacího panelu. Nastavené parametry jsou množství rozhazovaného materiálu a šířka rozhozu, tyto nastavené parametry jsou automaticky udržovány pomocí elektronické regulace, a to i při změně rychlosti vozidla. Systém umožňuje přenos dat přes standardizované rozhraní pro další zpracování. Kontrolní systém zajišťuje pomocí čidel průběžné sledování činností hlavních funkcí nástavby a zároveň signalizaci případné závady. Detailní pohled na rozmetadlo, které je možné výškově nastavit můžeme vidět na Obr. 4.9.



Obr. 4.9 Pohled na rozmetadlo sypače SYKO 5H

Zdroj: autor

V Tab. 4.6 jsou uvedena technická data sypače SYKO 5H, jako jsou například rozměry, hmotnost, dávkování soli, poměr spotřeby soli a solanky.

Tab. 4.6 Technická data sypače SYKO 5H

Technická data sypače SYKO 5H	
délka v přepravní poloze	4740 mm
šířka	2130 mm
výška nad ložnou plochou	1650 mm
výška v přepravní poloze celková	2750 mm
jmenovitý objem násypky	5 m ³
užitečný objem násypky	5,2 m ³
užitečný objem solankové nádrže	1500 l
pohotovostní hmotnost	1540 kg
způsob vynášení materiálu	šnek
dávkování sůl	5 – 50 g.m ⁻²
základní poměr solanky a soli	1 : 3
šířka rozmetu	2 – 10 m
pracovní rychlost	0 - 60
napájení	12/24 V km/h
snímání rychlosti	od vývodu tachometru
maximální tlak oleje	210 bar

Technická data sypače SYKO 5H	
maximální průtočné množství oleje	75 l/min
tepelná odolnost	-30°C až +80°C

Zdroj: vlastní zpracování dle [24]

Sněhová radlice LLV 35 K je určena pro středně těžké sněhové podmínky. Na centrálním nosníku je uchyceno horní zakřivení tělesa radlice i 3 odklopné segmenty bříty. Centrální kyvný systém zajišťuje vedení radlice v závislosti na nerovnostech vozovky, systém tlumení rázů v podobě pružinových klapek zabraňuje poškození sekcí radlice při nárazu na pevnou překážku na vozovce. Je vybavena kompletním hydraulickým systémem umožňujícím natáčení radlice a její spouštění a zvedání. Technická data radlice jsou uvedena v Tab. 4.7.

Tab. 4.7 Technická data sněhového pluhu LLV 35 K

Technická data sněhového pluhu LLV 35 K	
délka bříty pluhu	3500 mm
pracovní šířka při natočení radlice 32°	2960 mm
výška pluhu na levé straně	800 mm
výška pluhu na pravé straně	1700 mm
hmotnost pluhu	1200 kg

Zdroj: vlastní zpracování dle [27]

4.4.2 Způsob údržby vybraného úseku

Jak vyplývá ze zkušeností cestmistra úsek je udržován podle toho, jaké je počasí. Pokud nesněží, komunikace namrzají, nebo se na nich tvoří náledí, údržbu celého úseku provádí chemickým posypem, a to podle předem určeného pořadí. V případě sněžení se na údržbě podílí Tatra 815-2 se sypačem SYKO 5H a radlicí LLV 35 K.

Jako posypový materiál se používá NaCl zvlhčovaný solankou s koncentrací cca 20 %. Zvlhčování, nebo také zkrápění znamená, že suchá sůl je na rozmetacím talíři sypače zkrápěna solným roztokem, čímž se zlepšuje se přilnavost posypové látky k povrchu vozovky, prodlouží se doba účinnosti NaCl na komunikacích, plným využitím rozpouštěcí látky se může výrazně snížit množství posypového materiálu a zlepšuje se rozpouštěcí výkon tím, že se urychlí počátek rozpouštěcího působení. Na Obr. 4.10 můžeme vidět halu kde se skladuje sůl v závodě Hradec Králové. A Obr. 4.11 ukazuje vnitřní pohled do haly s uskladněnou solí.



Obr. 4.10 Venkovní pohled na halu s posypovou solí

Zdroj: autor



Obr. 4.11 Vnitřní pohled na halu s posypovou solí

Zdroj: autor

Sůl se nakupuje převážně v letním období a skladuje v hale s kapacitou 1 260 tun, to ale na celé zimní období nestačí a sůl je do haly dodávána i v zimním období, především se dováží z Polska a Německa. Různí dodavatelé soli sebou nese i odlišnou

kvalitu soli, a to má za následek její nižší účinnost a tím pádem se pak musí použít větší množství, nebo se na vybraný okruh musí vyjet častěji.

K výrobě solanky slouží míchací zařízení se zásobníkovou nádrží, které můžeme vidět na Obr. 4.12.



Obr. 4.12 Míchací zařízení na výrobu solanky

Zdroj: autor

Na Obr. 4.13 pak můžeme vidět zařízení, kterým se rozmíchaný roztok solanky dopravuje do přistaveného zásobníku na vozidle Tatra 815-2 se sypačem SYKO 5H.



Obr. 4.13 Dopravní zařízení solanky do vozidel

Zdroj: autor

5 Navrhovaná řešení zimní údržby

Do optimalizace zimní údržby vybraného úseku jsem se rozhodl zahrnout hledání nejkratší cesty, tedy optimalizaci trasy, která by mohla zimní údržbu zlepšit, zrychlit, zjednodušit a také především snížit náklady na její provoz. Ceny pohonných hmot stále rostou, a proto by optimalizace trasy měla vést k jejich úspoře a tím pádem i snížení celkových nákladů na provoz zimní údržby.

5.1 Optimalizace trasy

Než začneme s konkrétní optimalizací vybrané trasy je nejprve potřeba pro porovnání uvést trasu podle Plánu zimní údržby, kdy vozidlo Tatra 815-2 se sypačem SYKO 5H určené pro tuto trasu vyjíždí z areálu závodu Hradec Králové v ulici Kutnohorská silnice II/324, pokračuje po II/324 přes kruhový objezd I/11 směrem ke křižovatce I/35 – ČKD HK. Od této křižovatky začíná technologická jízda, která dále pokračuje po I/35 – ulicí Koutníkova až ke křižovatce I/35 – ulice Resslerova, tady vozidlo odbočuje doprava do Střelecké ulice, po níž pokračuje dále přes Sokolskou ulici ke kruhovému objezdu Malšovice, kde se otáčí a jede zpět přes ulici Sokolskou, Střeleckou až ke křižovatce I/35 v ulici Resslerova, tady končí část technologické jízdy, vozidlo se otáčí a začíná netechnologickou jízdu po Střelecké ulici ke křižovatce I/31 Labská Kotlina. Odtud opět začíná technologická jízda po ulici Rašínova třída až na hranici okresu, kde se sypač otáčí a vrací se zpět na křižovatku I/31 Labská Kotlina, kde končí další část technologické jízdy. Od křižovatky I/11 Labská Kotlina jede vozidlo netechnologickou jízdu po ulici Sokolská ke kruhovému objezdu Malšovice, kde opět začíná technologickou jízdu po ulici Brněnská, Holická, až po silnici I/35 na hranici okresu kde se otáčí jede samou trasu v opačné jízdním pruhu zpět až ke kruhovému objezdu v Malšovicích, kde končí sypač poslední část své technologické jízdy. Od kruhového objezdu se vrací zpět do areálu zimní údržby, a to po trase, kruhový objezd Malšovice, přes ulice Sokolská a Střelecká, na křižovatce I/35 v ulici Resslerova odbočuje doleva na ulici Koutníkova po které dojede až ke kruhovému objezdu ČKD HK, který opouští třetím výjezdem a dále jede po silnici I/11 přes kruhový objezd který opouští druhým výjezdem a jede na silnici II/324 – Kutnohorská, po které se vozidlo vrací zpět do areálu závodu zimní údržby Hradec Králové, kde končí svůj okruh. Celkový popis trasy včetně vzdáleností v metrech

a časového rozvrhu můžeme vidět v Tab. 5.1, z které vyplývá, že celková délka trasy je 52 392 m a čas potřebný na její projetí 57 minut, ale to záleží na hustotě dopravy a povětrnostních podmínkách. Technologická jízda, která má délku 32 669 m a netechnologická jízda měří 19 732 m. Dále zde můžeme vidět i spotřebu materiálu při technologické jízdě, kterého je potřeba 3,92 tuny.

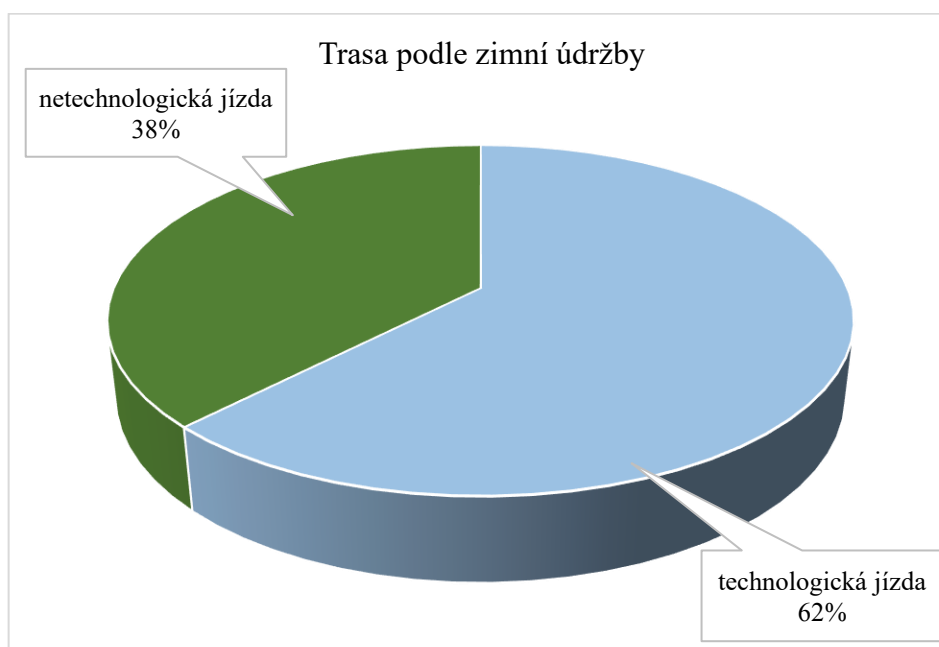
Tab. 5.1 Celkový popis trasy včetně vzdáleností a času podle zimní údržby

Technologie	Místopis	Celkem (m)	Posyp (m)	Pluh (m)	Přejezd (m)	Čas (min)	Materiál (t)
Nakládka	Nakládka	0				0	
Přejezd	stř. Plačice - II/324 - kř.I/11 kruh. obj.	1590			1590	2	
Přejezd	kř.I/11 kruh. obj. - kř. I/35 ČKD HK	3562			3562	6	
CH	kruh. obj. ČKD - kř. I/35 Resslova	2967	2967	2967		9	0,36
CH	kř. I/35 Resslova - ul. Střelecká	522	522	522		10	0,06
CH	ul. Střelecká- kř. I/35 kruh. obj. Malšovice	2708	2708	2708		13	0,32
CH	kř. I/35 kruh. obj. Malšovice - ul. Střelecká	2700	2700	2700		16	0,32
CH	ul. Střelecká - kř. I/35 Resslova	522	522	522		17	0,06
Přejezd	kř. I/35 Resslova - ul. Střelecká	522			522	18	
Přejezd	ul. Střelecká - kř. I/37	1233			1233	19	
CH	kř. I/31 Labská Kotlina – úsek za Březhradem	4300	4300	4300		23	0,52
CH	úsek za Březhradem - kř. I/31 Labská Kotlina	4300	4300	4300		27	0,52
Přejezd	kř. I/37 Labská Kotlina - kř. I/35 kruh. obj. Malšovice	1475			1475	28	
CH	kř. I/35 kruh. obj. Malšovice - Plachta (Lidl)	1506	1506	1506		30	0,18
CH	Plachta (Lidl) - Koliba	5820	5820	5820		36	0,7
CH	Koliba - Plachta (Lidl)	5820	5820	5820		42	0,7
CH	Plachta (Lidl) - kř. I/35 kruh. obj. Malšovice	1504	1504	1504		44	0,18
Přejezd	kř. I/35 kruh. obj. Malšovice - ul. Střelecká	2700			2700	47	
Přejezd	ul. Střelecká - kř. I/35 Resslova	522			522	48	
Přejezd	kř. I/35 Resslova - kruh. obj. ČKD	2967			2967	51	

Technologie	Místopis	Celkem (m)	Posyp (m)	Pluh (m)	Přejezd (m)	Čas (min)	Materiál (t)
Přejezd	kř. I/35 ČKD HK - kř.II/324 kruh. obj.	3562			3562	55	
Přejezd	kř.I/11 kruh. obj. - stř. Plačice - II/324	1590			1590	57	
SUMA:		52392	32669	32669	19723	57	3,92

Zdroj: vlastní zpracování dle [24]

Na Graf 5.1 vidíme, v jakém poměru jsou v původní trase jednotlivé jízdy podle druhu vykonávané činnosti, kde je poměr technologické a netechnologické jízdy skoro v poměru 3:2 což je poměrně hodně.



Graf 5.1 Poměr jízd dle druhu vykonávané činnosti na trase podle zimní údržby.

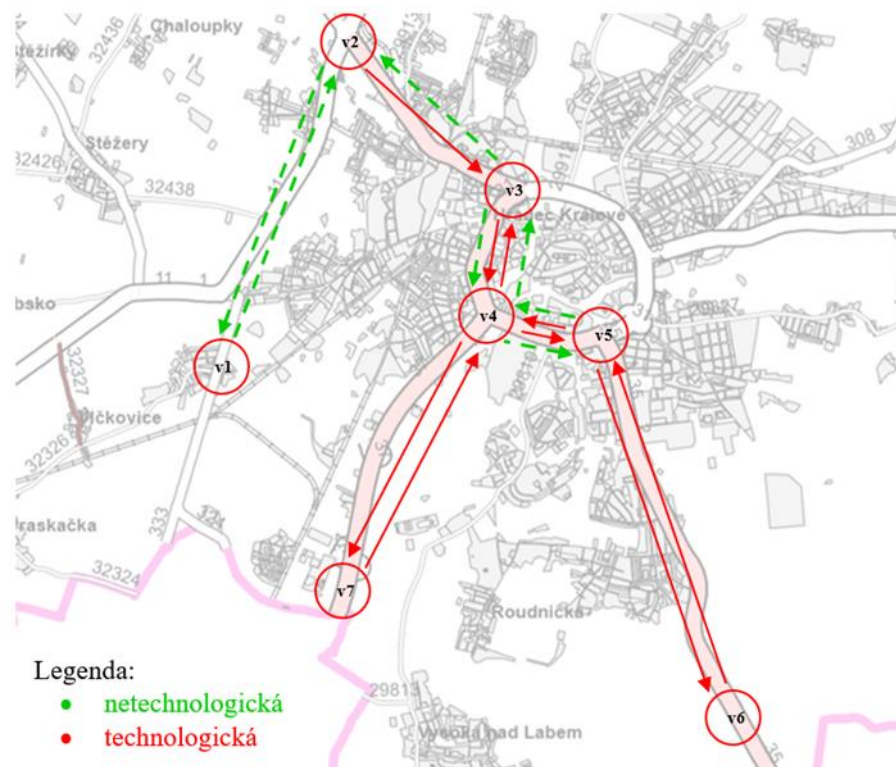
Zdroj: vlastní zpracování dle dat [24]

Spotřeba posypového materiálu je znázorněna v Tab. 5.2.

Tab. 5.2 Spotřeba posypového materiálu

Spotřeba posypového materiálu	
Plocha	196014 m ²
Spotřeba	0,02 kg.m ⁻²
Spotřeba celkem	3920 kg

Zdroj: vlastní zpracování dle [24]



Obr. 5.1 Ohodnocený síťový graf dle plánu zimní údržby

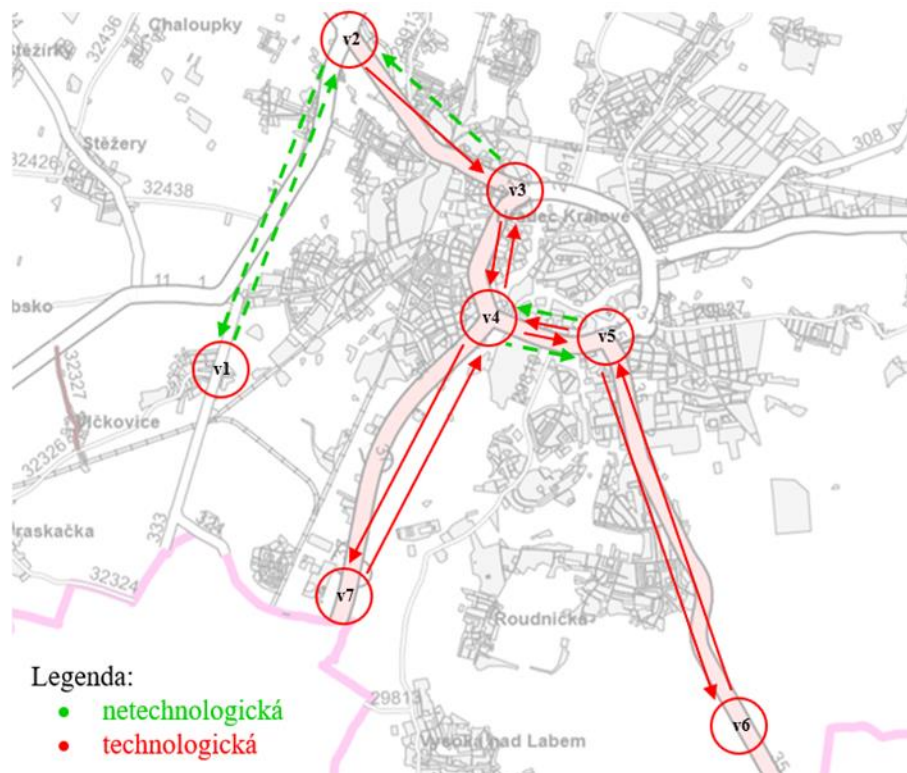
Zdroj: vlastní zpracování dle dat [24]

Jak vidíme na Obr. 5.1, síťový graf obsahuje i násobné hrany, které představují silnice I/31 a I/35 a které je potřeba ošetřit v obou jízdních směrech vzhledem k jejich šířce, jelikož jsou silnice zařazené do I. pořadí důležitosti s časovým limitem údržby do tří hodin je na ně kladen i časový limit. Dále zde vidíme úseky technologické a netechnologické jízdy sypače. Z Tab. 5.1 ale vidíme že do časového limitu se vejdeme, ale jak už jsem uváděl bereme v potaz jen teoretickou časovou rezervu, při nepřízní počasí se čas údržby prodlužuje. Jak je vidno z Obr. 5.1, mechanismus vstupuje do grafu ve vrcholu v1 a opouští ho ve stejném vrcholu, tudíž tvoří uzavřený Eulerův tah.

Z Tab. 5.1 a Tab. 5.2 vyplývá, že celková délka těchto komunikací je 52 392 m, průměrná rychlost údržbového mechanismu je cca 30 km/h a doba údržby je přibližně 57 minut. Rovněž kapacita sypače je dostačující, protože při posypu 20 g/m^2 a velikosti udržované plochy přibližně $196\,014 \text{ m}^2$ vychází spotřeba posypového materiálu 3 920 kg, což dovoluje silnice ošetřit v časovém limitu pro I. pořadí důležitosti a není potřebné vracet se na závod a doplňovat posypový materiál či solanku.

5.1.1 Optimalizace trasy dle varianty A

Varianta A vychází z trasy a časového rozvrhu zimní údržby. Sypač vyjíždí z vrcholu v1, kde se nachází závod Hradec Králové, a pokračuje k v2 kde začíná technologická jízda vozidla, ta vede přes vrcholy v3, v4 až do vrcholu v5, kde se vozidlo otáčí a vrací se zpět do vrcholu v4 a z něho dál pokračuje technologickou jízdou do v7, tady se opět otáčí a vrací do v4, kde se netechnologickou jízdou dostává do v5, od kterého opět technologickou jízdou do v6, kde se otáčí a vrací do v5, od ní jede netechnologickou jízdou do v4, z níž opět pokračuje technologickou jízdou do v3, kde vozidlo končí svoji zimní údržbu a jen se musím vrátit netechnologickou jízdou přes v2 do v1, kde svou trasu sypač začal. Celkový pohled na trasu nám popisuje Obr. 5.2, kde vidíme síťový graf optimalizace zimní údržby podle varianty A.



Obr. 5.2 Ohodnocený síťový graf dle varianty A

Zdroj: vlastní zpracování

Celkový popis trasy dle varianty A můžeme vidět v Tab. 5.3 z níž vyplývá, že celková délka trasy u této varianty je 48 874 m, z toho 32 669 m je jízda technologická, ta je stejná jako ve výchozí variantě dle plánu zimní údržby, dále zde můžeme vidět jízdu netechnologickou 16 205 m, která se nám oproti stávající trase zkrátila. Čas potřebný

na projetí trasy je při průměrné rychlosti sypače 30 km/h celkem 54 minut, ten se nám zkrátí o 3 minuty.

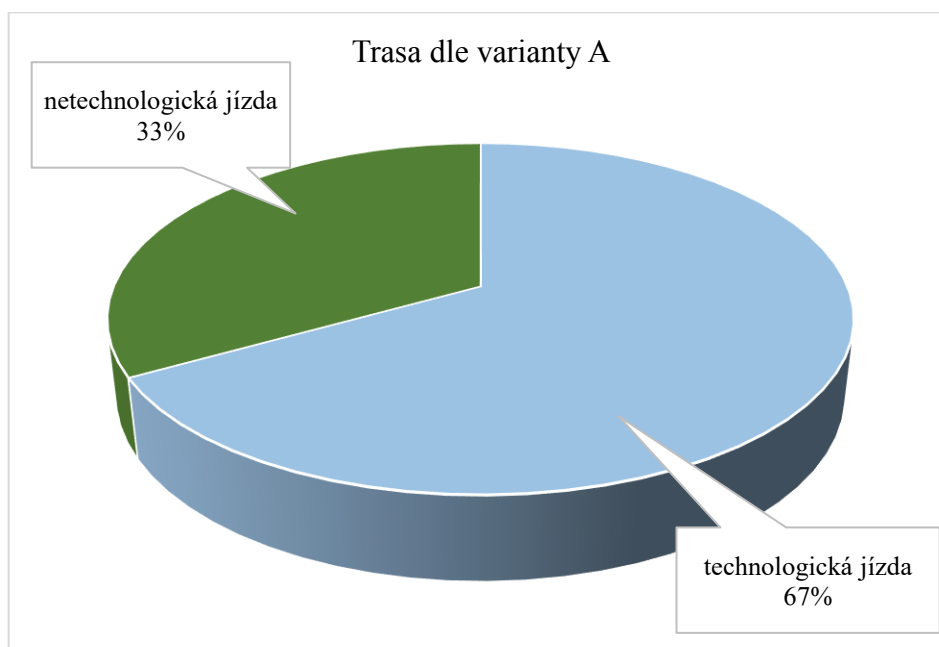
Tab. 5.3 Celkový popis trasy včetně vzdáleností a času dle varianty A

Technologie	Místopis	Celkem (m)	Posyp (m)	Pluh (m)	Přejezd (m)	Čas (min)	Material (t)
Nakládka	Nakládka	0				0	
Přejezd	stř. Plačice - II/324 - kř.I/11 kruhový objezd	1590			1590	2	
Přejezd	kř.I/11 kruhový objezd - kř. I/35 ČKD HK	3562			3562	6	
CH	kruh. Obj. ČKD - kř. I/35 Resslova	2967	2967	2967		9	0,36
CH	kř. I/35 Resslova - ul. Střelecká	522	522	522		10	0,06
CH	ul. Střelecká- kř. I/35 kruhový objezd Malšovice	2708	2708	2708		13	0,32
CH	kř. I/35 kruhový objezd Malšovice - kř. I/31 Labská Kotlina	1467	1467	1467		15	0,17
CH	kř. I/31 Labská Kotlina - úsek za Březhradem	4300	4300	4300		19	0,52
CH	úsek za Březhradem - kř. I/31 Labská Kotlina	4300	4300	4300		23	0,52
Přejezd	kř. I/31 Labská Kotlina - kř. I/35 kruhový objezd Malšovice	1467			1467	25	
CH	kř. I/35 kruhový objezd Malšovice - Plachta (Lidl)	1506	1506	1506		27	0,18
CH	Plachta (Lidl) - Koliba	5820	5820	5820		33	0,7
CH	Koliba - Plachta (Lidl)	5820	5820	5820		39	0,7
CH	Plachta (Lidl) - kř. I/35 kruhový objezd Malšovice	1504	1504	1504		41	0,18
Přejezd	kř. I/35 kruhový objezd Malšovice - kř. I/31 Labská Kotlina	1467			1467	43	
CH	kř. I/31 Labská Kotlina - ul. Střelecká	1233	1233	1233		44	0,15
CH	ul. Střelecká - kř. I/35 Resslova	522	522	522		45	0,06
Přejezd	kř. I/35 Resslova - kruh. Obj. ČKD	2967			2967	48	
Přejezd	kř. I/35 ČKD HK - kř.II/324 kruhový objezd	3562			3562	52	

Technologie	Místopis	Celkem (m)	Posyp (m)	Pluh (m)	Přejezd (m)	Čas (min)	Material (t)
Přejezd	kř.I/11 kruhový objezd - stř. Plačice - II/324	1590			1590	54	
SUMA:		48874	32669	32669	16205	54	3,92

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 5.2 nám ukazuje podíl jízdy technologické a netechnologické v optimalizaci trasy dle varianty A, kde tedy můžeme vidět mírný pokles netechnologické jízdy sypače oproti výchozí variantě zimní údržby, která nyní představuje 33 % z celkové jízdy.



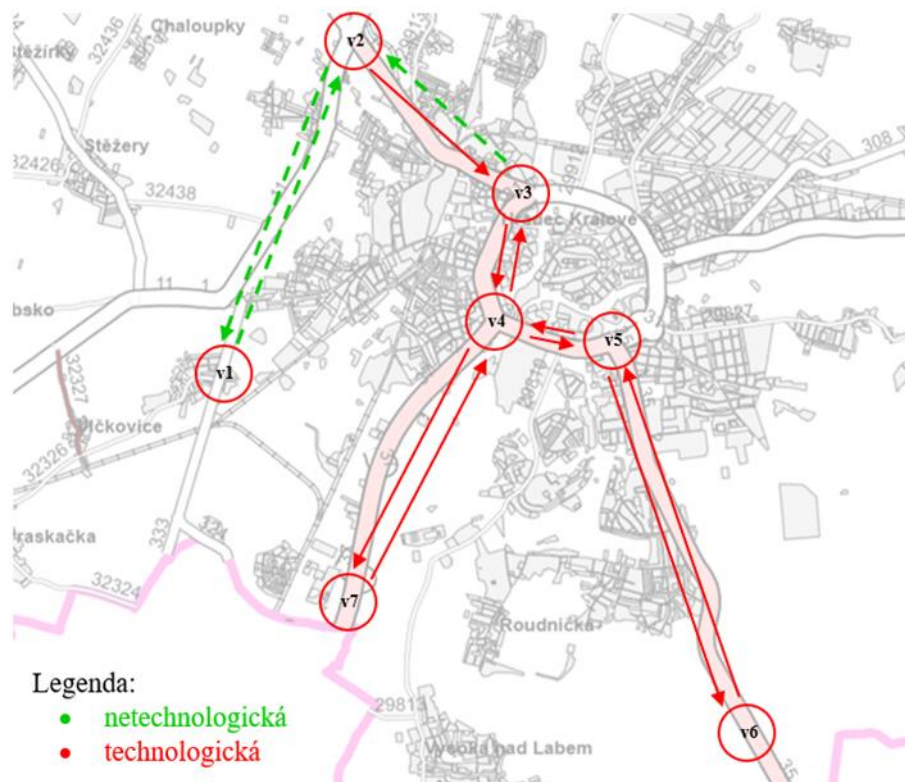
Graf 5.2 Jízdy dle varianty A

Zdroj: vlastní zpracování

5.1.2 Optimalizace trasy dle varianty B

Trasa varianty B rovněž vychází z plánu a časového rozvrhu zimní údržby, kdy sypač začíná a končí svou trasu ve vrcholu v1. Abych ještě více optimalizoval počáteční trasu, navrhl jsem, že sypač pojedje od vrcholu v2, kde bude začínat jeho technologická jízda a projede zbytek vrcholů v následujícím pořadí, v2 → v3 → v4 → v7 → v4 → v5 → v6 → v5 → v4 → v3, kde končí jeho technologická jízda a sypač se pak přes vrchol v2 vrací do v1, kde jeho jízda končí. Celkový pohled na trasu popisuje Obr. 5.3 ohodnocený

síťový graf dle varianty B, jenž jsou zde opět znázorněny vrcholy a technologické a netechnologické jízdy sypače.



Obr. 5.3 Ohodnocený síťový graf dle varianty B.

Zdroj: vlastní zpracování

Celkový popis trasy dle varianty B můžeme vidět v Tab. 5.4 z níž vyplývá, že celková délka trasy u této varianty je 45 940 m, z toho 32 669 m je jízda technologická, ta je opět stejná jako ve výchozí variantě dle plánu zimní údržby a variantě B, dále zde můžeme vidět jízdu netechnologickou 13 271 m, která se nám oproti stávající trase zimní údržby i varianty trasy B zkrátila. Čas potřebný na projetí trasy je při průměrné rychlosti sypače 30 km/h celkem 49 minut, ten se nám zkrátí o 8 minut od výchozí trasy zimní údržby.

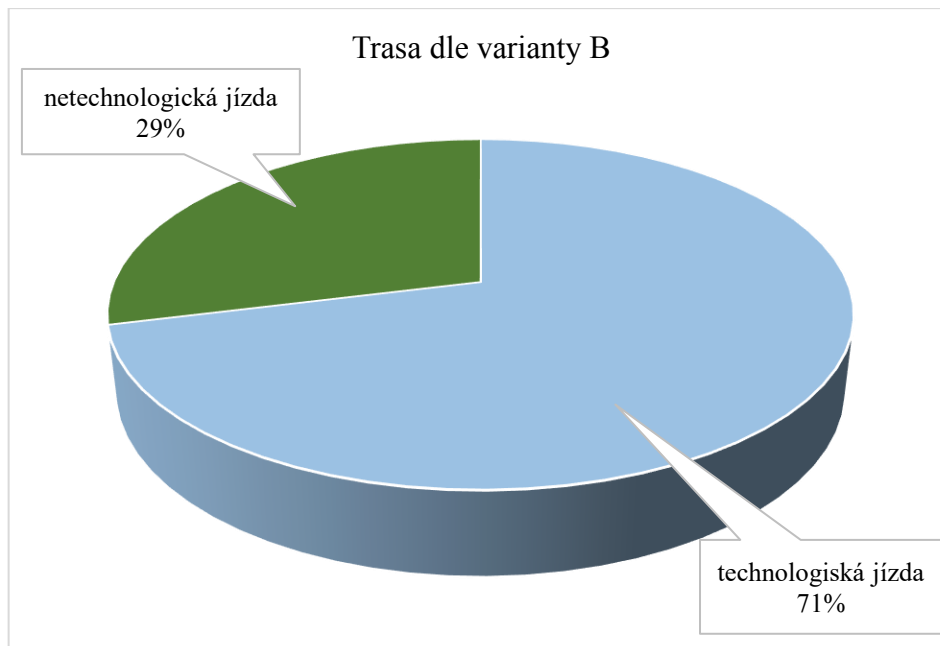
Tab. 5.4 Celkový popis trasy včetně vzdáleností a času dle varianty B

Technologie	Místopis	Celkem (m)	Posyp (m)	Pluh (m)	Přejezd (m)	Čas (min)	Material (t)
Nakládka	Nakládka	0				0	
Přejezd	stř. Plačice - II/324 - kř.I/11 kruhový objezd	1 590			1 590	2	

Technologie	Místopis	Celkem (m)	Posyp (m)	Pluh (m)	Přejezd (m)	Čas (min)	Materiál (t)
Přejezd	kř.I/11 kruhový objezd - kř. I/35 ČKD HK	3562			3562	6	
CH	kruh. Obj. ČKD - kř. I/35 Resslova	2967	2967	2967		9	0,36
CH	kř. I/35 Resslova - ul. Střelecká	522	522	522		10	0,06
CH	ul. Střelecká - kř. I/37	1233	1233	1233		11	0,15
CH	kř. I/31 Labská Kotlina - úsek za Březhradem	4300	4300	4300		15	0,52
CH	úsek za Březhradem - kř. I/31 Labská Kotlina	4300	4300	4300		19	0,52
CH	kř. I/37 Labská Kotlina - kř. I/35 kruhový objezd Malšovice	1475	1475	1475		20	0,17
CH	kř. I/35 kruhový objezd Malšovice - Plachta (Lidl)	1506	1506	1506		22	0,18
CH	Plachta (Lidl) - Koliba	5820	5820	5820		28	0,7
CH	Koliba - Plachta (Lidl)	5820	5820	5820		34	0,7
CH	Plachta (Lidl) - kř. I/35 kruhový objezd Malšovice	1504	1504	1504		36	0,18
CH	kř. I/35 kruhový objezd Malšovice - ul. Střelecká	2700	2700	2700		39	0,32
CH	ul. Střelecká - kř. I/35 Resslova	522	522	522		40	0,06
Přejezd	kř. I/35 Resslova - kruh. Obj. ČKD	2967			2967	43	
Přejezd	kř. I/35 ČKD HK - kř.II/324 kruhový objezd	3562			3562	47	
Přejezd	kř.I/11 kruhový objezd - stř. Plačice - II/324	1590			1590	49	
SUMA:		45940	32669	32669	13271	49	3,92

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 5.3 nám ukazuje podíl jízdy technologické a netechnologické v optimalizaci trasy dle varianty B, kde tedy můžeme vidět už výraznější pokles netechnologické jízdy sypače oproti výchozí variantě zimní údržby, která nyní představuje 29 % z celkové jízdy.



Graf 5.3 Poměr jízd dle druhu vykonávané činnosti na trase dle varianty B

Zdroj: vlastní zpracování

5.1.3 Návrh optimalizace trasy úseku

Pro optimalizaci trasy vybraného úseku navrhuji variantu trasy B, která nejvíce zkracuje netechnologickou jízdu posypového vozu, celkový nájezd a čas potřebný na projetí udržované trasy. Musíme ale brát v potaz, že optimalizace nastane za příznivých podnebních podmínkách a dobré průjezdnosti trasy, která může být ovlivněna provozem na pozemních komunikacích daného optimalizovaného úseku, tedy to znamená že sypači v cestě neblokuje provoz nějaká nenadále vzniklá dopravní situace jako třeba dopravní nehoda, či hustý provoz na pozemních komunikacích, popřípadě i světelné signalizační zařízení. Všechny tyto aspekty mohou vést k časovému prodloužení průjezdnosti trasy.

6 Technicko-ekonomické zhodnocení

Zhodnocení optimalizace vybraného úseku zimní údržby Hradec Králové se týká pouze netechnologických jízd posypového mechanismu z hlediska ujeté vzdálenosti, času a ekonomického dopadu. Náklady na jeden kilometr jízdy činí 58,50 Kč¹. Celkový popis optimalizované trasy můžeme vidět v Tab. 6.1.

Tab. 6.1 Optimalizovaná trasa vybraného úseku

Místopis	Celkem (m)	Posyp (m)	Pluh (m)	Přejezd (m)	Čas (min)
Nakládka	0				0
stř. Plačice - II/324 - kř.I/11 kruhový objezd	1590			1590	2
kř.I/11 kruhový objezd - kř. I/35 ČKD HK	3562			3562	6
kruh. Obj. ČKD - kř. I/35 Resslova	2967	2967	2967		9
kř. I/35 Resslova - ul. Střelecká	522	522	522		10
ul. Střelecká - kř. I/37	1233	1233	1233		11
kř. I/31 Labská Kotlina - úsek za Březhradem	4300	4300	4300		15
úsek za Březhradem - kř. I/31 Labská Kotlina	4300	4300	4300		19
kř. I/37 Labská Kotlina - kř. I/35 kruhový objezd Malšovice	1475	1475	1475		20
kř. I/35 kruhový objezd Malšovice - Plachta (Lidl)	1506	1506	1506		22
Plachta (Lidl) - Koliba	5820	5820	5820		28
Koliba - Plachta (Lidl)	5820	5820	5820		34
Plachta (Lidl) - kř. I/35 kruhový objezd Malšovice	1504	1504	1504		36
kř. I/35 kruhový objezd Malšovice - ul. Střelecká	2700	2700	2700		39
ul. Střelecká - kř. I/35 Resslova	522	522	522		40
kř. I/35 Resslova - kruh. Obj. ČKD	2967			2967	43
kř. I/35 ČKD HK - kř.II/324 kruhový objezd	3562			3562	47
kř.I/11 kruhový objezd - stř. Plačice - II/324	1590			1590	49
SUMA:	45940	32669	32669	13271	49

Zdroj: vlastní zpracování

V Tab. 6.2 je porovnání původní a optimalizované trasy CH 23/5-V při jednom výjezdu zimní údržby z hlediska úspory vzdálenosti, času a nákladů. Celková trasa výjezdu

¹ Údaj pochází z vnitropodnikového účetnictví správy údržby silnic Královehradeckého kraje, závod Hradec Králové a zahrnuje náklady na materiál, PHM, mzdy, opravy, údržbu a režijní náklady.

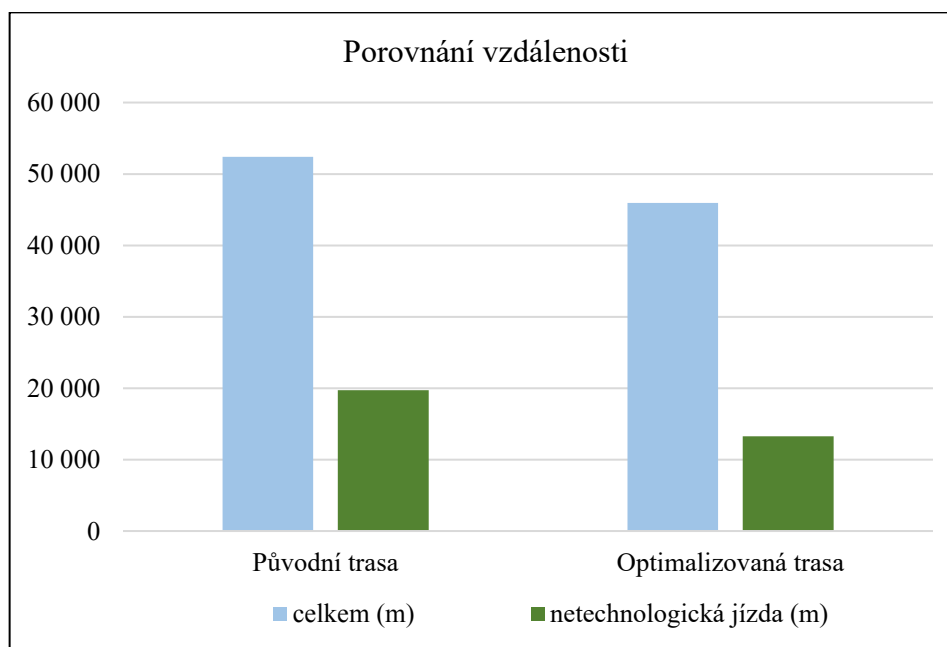
se optimalizací zkrátí o 6 452 m a netechnologická jízda o 6 452 m, čímž dojde k úspoře 377,44 Kč na jeden výjezd, procentuálně vyjádřeno optimalizací se ušetří celkem 12,31 % a 32,71 % nákladů na netechnologickou jízdu posypového vozidla.

Tab. 6.2 Porovnání tras

	Výchozí trasa ZÚ		Optimalizovaná trasa	
	celkem	netechnologická jízda	celkem	netechnologická jízda
vzdálenost (m)	52 392	19 723	45 940	13 271
čas (min)	57	20	49	12
náklady (Kč)	3 064,93	1 153,80	2 687,49	776,35
úspora vzdálenosti (m)	x	x	6 452	6 452
úspora času (min)	x	x	8	8
úspora nákladů (Kč)	x	x	377,44	377,44
úspora nákladů (%)	x	x	12,31	32,71

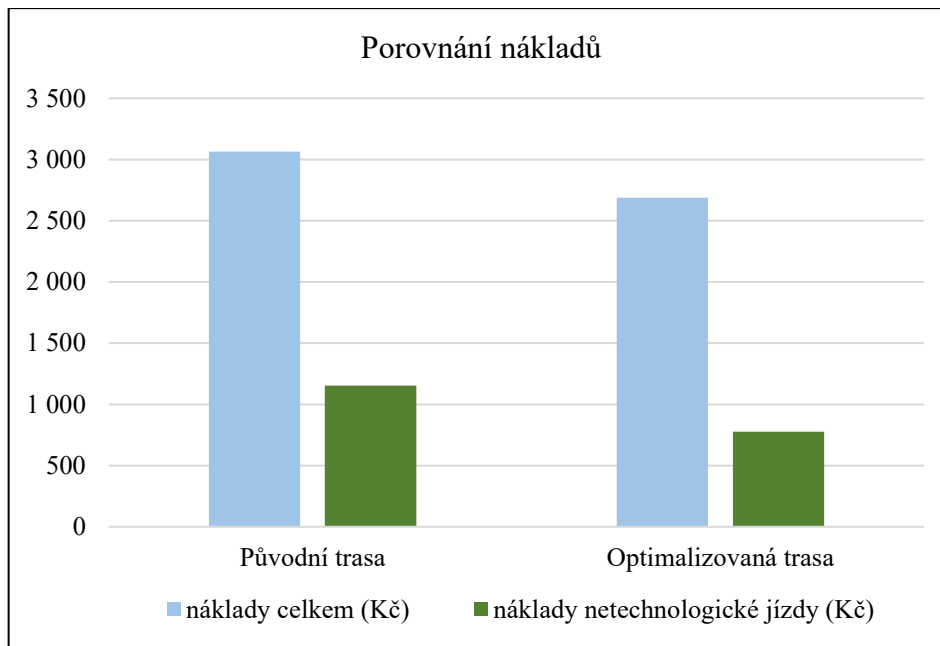
Zdroj: vlastní zpracování

Grafické zobrazení je vyjádřeno na Graf 6.1, kde je porovnání celkové vzdálenosti a netechnologické jízdy v původní a optimalizované trase. Graf 6.2 pak prezentuje porovnání nákladů.



Graf 6.1 Porovnání vzdálenosti původní a optimalizované trasy

Zdroj: vlastní zpracování



Graf 6.2 Porovnání nákladů původní a optimalizované trasy

Zdroj: vlastní zpracování

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo na základě analýzy současného stavu zimní údržby pozemních komunikací v okrese Hradec Králové a pomocí zvolených metod operačního výzkumu navrhnout optimální plán údržby pozemních komunikací.

Po konzultaci s odpovědným pracovníkem společnosti Údržba silnic Královéhradeckého kraje a.s. jsem si vybral závod Hradec Králové, po prostudování podkladů jsem vybral úsek vhodný pro optimalizaci.

V teoretické části jsem se věnoval vymezení základních pojmů jako je logistika, operační výzkum a zimní údržba. Dále jsem se v teoretické části práce zabýval právní úpravou zimní údržby a technologií úklidu sněhu a používaných posypových materiálů. V rámci metodiky práce jsem se také zaměřil krátce na Eulerův tah, Eulerův graf a Problém čínského pošťáka.

V praktické části práce byl krátce charakterizován Královéhradecký kraj. Dále byly uvedeny základní informace týkající se společnosti ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s. spolu s kalamitním plánem a závodu Hradec Králové včetně popisu vozidel zimní údržby. Následně byla popsána současná situace zimní údržby závodu Hradec Králové. Na základě informací plynoucích z teoretické části a potřebných podkladů jsem v praktické části vyhodnotil současný stav zimní údržby a v návaznosti na to byla navržena optimalizovaná trasa zimní údržby. Porovnáním současné a optimalizované trasy byla určena úspora kilometrů, tato úspora činila oproti původnímu stavu přibližně 6,5 km. Dle úspory ujetých kilometrů byla stanovena úspora nákladů týkající se mimo jiné pohonných hmot, režijních nákladů atd. na jeden výjezd, tato úspora činila přibližně 380 Kč.

Potřebné podklady pro analýzu a následné vypracování optimalizovaného plánu odpovídají skutečnosti, zjišťoval a měřil jsem je všemi dostupnými prostředky.

Na základě vyhodnocení výsledků optimalizace mohu konstatovat, že cíl práce byl splněn.

Seznam zdrojů

- [1] KORTSCHAK, Bernd H., *Úvod do logistiky - (co je logistika)*. Praha: 1995, Babtext. ISBN 80-85816-06-7.
- [2] JINDRA, Jiří. *Obchodní logistika: učební skripta*. Dot. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1995. ISBN 80-7079-806-8.
- [3] OUDOVÁ, Alena. *Logistika: základy logistiky*. Kralice na Hané: Computer Media, 2013. ISBN 978-80-7402-149-7.
- [4] SCHOELLER ALLIBERT. *Pojem logistika: Co znamená logistika?* [online]. [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <http://www.nosped.cz/doprovody>
<https://www.schoellerallibert.com/cz/novinky/trhy/pojem-logistika-co-znamen-logistika/>.
- [5] GROS, Ivan. *Logistika*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996. ISBN 80-7080-262-6.
- [6] JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-864-1942-8.
- [7] PRECTENO.COM. JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování* [online]. 2002 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <http://www.precteno.com/jablonsky-josef-operacni-vyzkum-1941>.
- [8] FÁRBY, Jan. *Operační výzkum pro prezenční a kombinovanou formu studia*. Mladá Boleslav: ŠAVŠ o.p.s., 2019. ISBN 978-80-87042-84-7.
- [9] DOBRAVODAUCB.CZ. *Dobrovodský zpravodaj* [online]. 2009 [cit. 2022-01-22]. Dostupné z: https://www.dobravodaucb.cz/modules/file_storage/download.php?file=a548ce18%7C93.
- [10] SILNICNISEMINAR.CZ. TURKOVÁ, Alena. *Zimní starosti silničářů aneb z historie zimní údržby silnic* [online]. [cit. 2022-01-28] Dostupné z: http://silnicniseminar.cz/files/09_Turkova_Historie-zimni-udrzby.pdf.
- [11] ČESKO. *Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů*. In: ÚZ. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>.

- [12] ČESKO. *Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-104>.
- [13] EKOLIST.CZ. *Posypové materiály pro zimní údržbu komunikací v ČR a v zemích EU* [online]. [cit. 2022-02-14]
Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/posypove-materialy-pro-zimni-udrzbu-komunikaci-v-cr-a-v-zemich-eu>.
- [14] VERONICA.CZ. KYSELÝ, Jan. *Čím nahradit posypovou sůl* [online]. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.veronica.cz/poradna-v-casopiseveronica?i=60>.
- [15] NASE-VODA.CZ. *Negativní vliv posypových solí pocitují lesy i během léta* [online]. [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/negativni-vlivposypovych-soli-pocituji-lesy-behem-leta/>.
- [16] DOCPLAYER.CZ. KLEPRLÍK, Jaroslav. *Organizace zimní údržby pozemních komunikací organization of winter road maintenance* [online]. 2015 [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/15924914-Organizace-zimni-udrzby-pozemnich-komunikaci-organization-of-winter-road-maintenance.html>.
- [17] MARGARITAMAYORALVILLA. *Leonhard Euler and the seven bridges of konigsberg the beginning of graph theory* [online]. [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://margaritamayoralvilla.wordpress.com/2013/04/15/leonhard-euler-and-the-seven-bridges-of-konigsberg-the-beginning-of-graph-theory/>.
- [18] PHYSICS.WEBER. *Konigsberg* [online]. [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://physics.weber.edu/carroll/honors/konigsberg.html>.
- [19] WIKIPEDIA.ORG. *Eulergraph* [online]. [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Eulerovsk%C3%BD_graf#/media/Soubor:Labelled_Eulergraph.svg.
- [20] CVUT.CZ. DEMLOVÁ, Marie. *Logika a grafy* [online]. 2018 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: https://math.fel.cvut.cz/en/people/demlova/lgr/text_lgr_2018.pdf.
- [21] VOLEK, Josef. *Operační výzkum I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2005. 111 s. ISBN 80-7194-410-6.
- [22] ČERNÝ, Jan. *Operační výzkum pro managery I.: učební pomůcka pro studenty oboru "Regionální management"*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1993. ISBN 80-7040-088-9.

- [23] WIKIPEDIA.ORG. *Královéhradecký kraj* [online]. [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kr%C3%A1lov%C3%A9hradeck%C3%BD_kraj
- [24] Podklady od společnosti ÚDRŽBA SILNIC Královéhradeckého kraje a.s.
- [25] CZSO.CZ. *Statistická ročenka Královéhradeckého kraje* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/142303936/33008921.pdf/402be968-af2c-4955-bab2-f4d8c885ac18?version=1.3>.
- [26] MAPY.CZ. [online]. [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&x=15.7760897&y=50.1887348&z=18&base=ophoto>.
- [27] MTMTECH.CZ. *Sněhový pluh llv35k* [online]. [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.mtmtech.cz/snehovy-pluh-llv35k>.

Seznam grafických objektů

Obr. 1.1 Fáze řešení rozhodovacího problému	12
Obr. 1.2 Označení úseku bez zajištění sjízdnosti.....	16
Obr. 3.1 Sedm mostů města Královce	31
Obr. 4.1 Mapa okresů Královehradeckého kraje.	35
Obr. 4.2 Organizační struktura Údržby silnic Královehradeckého kraje	38
Obr. 4.3 Letecký pohled na závod Hradec Králové.....	41
Obr. 4.4 Mapová část technologie údržby	42
Obr. 4.5 Mapová část pořadí důležitosti	43
Obr. 4.6 Mapový náhled vybraného úseku	46
Obr. 4.7 Tatra 815-2 s předním pluhem.....	48
Obr. 4.8 Tatra 815-2 se sypačovou nástavbou SYKO 5H	49
Obr. 4.9 Pohled na rozmetadlo sypače SYKO 5H.....	50
Obr. 4.10 Venkovní pohled na halu s posypovou solí	52
Obr. 4.11 Vnitřní pohled na halu s posypovou solí	52
Obr. 4.12 Míchací zařízení na výrobu solanky	53
Obr. 4.13 Dopravní zařízení solanky do vozidel	54
Obr. 5.1 Ohodnocený síťový graf dle plánu zimní údržby	58
Obr. 5.2 Ohodnocený síťový graf dle varianty A	59
Obr. 5.3 Ohodnocený síťový graf dle varianty B.	62
Graf 3.1 Sedm mostů města Královce – graf podle L. Eulera	32
Graf 3.2 Eulerův graf.....	32
Graf 5.1 Poměr jízd dle druhu vykonávané činnosti na trase podle zimní údržby.	57
Graf 5.2 Jízdy dle varianty A.....	61
Graf 5.3 Poměr jízd dle druhu vykonávané činnosti na trase dle varianty B	64
Graf 6.1 Porovnání vzdálenosti původní a optimalizované trasy	66
Graf 6.2 Porovnání nákladů původní a optimalizované trasy.....	67
Tab. 4.1 Rozdělení okresů a počty obyvatel.....	36
Tab. 4.2 Seznam mechanismů Královehradeckého kraje.....	39
Tab. 4.3 Silniční síť okresu Hradec Králové	40

Tab. 4.4 Souhrn silnic závodu Hradec Králové	41
Tab. 4.5 Seznam vozidel pro zimní údržbu v okrese Hradec Králové	43
Tab. 4.6 Technická data sypače SYKO 5H	50
Tab. 4.7 Technická data sněhového pluhu LLV 35 K	51
Tab. 5.1 Celkový popis trasy včetně vzdáleností a času podle zimní údržby.....	56
Tab. 5.2 Spotřeba posypového materiálu.....	57
Tab. 5.4 Celkový popis trasy včetně vzdáleností a času dle varianty B	62
Tab. 6.1 Optimalizovaná trasa vybraného úseku	65
Tab. 6.2 Porovnání tras	66

Seznam zkratek

%	procento
§	paragraf
°C	stupeň Celsia
CaCl ₂	chlorid vápenatý
cm.....	centimetr
CMA	Calcium Magnesium Acetate - Octan hořečnatý vápenatý
CO (NH ₂) ₂	Močovina
č.....	číslo
g	gram
GPS	Global Positioning Systém - globální polohový systém
kg	gilogram
km	kilometr
MgCl ₂	chlorid hořečnatý
mm	milimetr
m ²	metr čtverečný
NaCl.....	chlorid sodný
l	litr
Obr.	obrázek
Odst.....	odstavec
Vyhláška	Vyhláška č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích
Sb.	sbírka
t	tuna
Tab.	tabulka

ŘSD..... ředitelství silnic a dálnic

Zákon Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích

ZÚS..... zimní údržba silnic

Autor	Bc. Michal Široký, DiS.
Název DP	Optimalizace zimní údržby pozemních komunikací ve městě/oblasti
Studijní obor	Logistika
Rok obhajoby DP	2022
Počet stran	60
Počet příloh	0
Vedoucí DP	doc. Ing. Rudolf Kampf, Ph.D.
Anotace	Diplomová práce se zabývá problematikou zimní údržby na pozemních komunikacích v okrese Hradec Králové. Práce pojednává o právní úpravě zimní údržby, o jednotlivých typech posypových materiálů a technologiích pro odstraňování sněhu a náledí. Dále obsahuje charakteristiku závodu zimní údržby v Hradci Králové a analýzu současného stavu. Na základě analýzy je navržen optimalizovaný plán zimní údržby pro vybranou trasu. V další části práce dochází k porovnání současného a optimalizovaného stavu a výsledky optimalizace jsou porovnány s aktuálním stavem a na závěr technicko-ekonomicky zhodnoceny.
Klíčová slova	Zimní údržba, závod Hradec králové, optimalizace, Eulerův tah, úloha čínského pošťáka, posypové materiály, technologie odstraňování sněhu
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	