

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Zavedení údržby zaměřené
na bezporuchovost**

(Diplomová práce)



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání diplomové práce

student	Bc. Michal Pospíšil
studijní program	Logistika
obor	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: Zavedení údržby zaměřené na bezporuchovost

Cíl práce:

S využitím zpracované analýzy navrhnout úpravu údržby vozidel a provést zhodnocení.

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. Systémy údržby silničních vozidel
2. Provoz a charakteristika mobilní požární techniky
3. Analýza současného stavu oprav požární techniky
4. Zpracování programu RCM
5. Zhodnocení navrhovaného řešení

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

MOUBRAY, John. Reliability-centered maintenance. 2nd ed. New York: Industrial Press, 1992. ISBN 08-311-3078-4.

DANĚK, Alois, Jaromír ŠIROKÝ a Jan FAMFULÍK. Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků. Ostrava: Repronis, 1999. ISBN 80-861-2241-7.

FAMFULÍK, Jan a Jana MÍKOVÁ. Teorie údržby. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, [2008]. ISBN 978-80-248-1509-1.

DANĚK, Alois. Opravárenství silničních vozidel: (vybrané statě). Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2000. ISBN 80-707-8779-1.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Alexander Čapka, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2019

Datum odevzdání diplomové práce:

14. 5. 2020

Přerov 31. 10. 2019

doc. Ing. Zdeněk Čujan, CSc.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivan Hlaváč, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji a svým podpisem stvrzuji, že jsem zadanou diplomovou prací „Zavedení údržby zaměřené na bezporuchovost“ vypracoval samostatně.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/200 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 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 prezenční účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Vysokou školu 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. Tímto prohlášením 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, elektronické verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 14. 05. 2020

.....

podpis

Poděkování

Na úvod mé diplomové práce bych tímto chtěl poděkovat vedoucímu práce, Ing. Alexanderovi Čapkovi, Ph.D. za jeho ochotu, odbornou konzultaci, zaslání odborných poznatků a odkazů na technické normy, zaslání materiálů souvisejících s diplomovou prací a za jeho cenné rady.

Děkuji tímto celé své rodině, svým dětem, za podporu a za trpělivost.

Děkuji tímto svému zaměstnavateli za pochopení a zvládnutí pracovních povinností v této náročné době při výkonu kombinovaného studia.

V poslední řadě poděkování pro Mgr. Kozáka, který pracuje u HZS v Litoměřicích, pod které spadá mnou analyzovaná detašovaná záchranná stanice v Roudnici nad Labem.

Anotace

Cílem diplomové práce je představení údržby pohotovostních vozidel současného systému HZS v Roudnici nad Labem.

Bude shrnuta údržba za určité časové období s vyčíslením nákladů, které byly vynaloženy.

Seznámím Vás s metodou RCM, kterou budu aplikovat na daném pracovišti pro vozový park. Po dílčích výpočtech bude tato metoda považována za inovační a bude dále prezentována pro daný podnik s ukázkou budoucích úspor a spolehlivosti.

Klíčová slova

strategie, rozhodnost, organizace, udržovatelnost, oprava a obnova, logistika, doprava

Annotation

The main goal of the thesis is to present the maintenance of fire brigades emergency vehicles in Roudnice nad Labem.

The maintenance for a certain period of time will be summarized and quantifying the total costs.

I will present the RCM method, which I will apply at the given workplace for the vehicle fleet. After partial calculations, this method will be considered innovative and will be further presented for the company with a demonstration of future savings and reliability.

Key words

strategic, decision, organization, competitiveness, innovation and renovation, logistics, transport

Obsah

Úvod	8
1 Systém údržby silničních vozidel.....	9
1.1 Teorie údržby a obnovy	10
1.1.1 Technologie údržby	13
1.2 Spolehlivost	13
1.3 Opotřebení	16
1.3.1 Adheze	17
1.3.2 Abraze.....	17
1.3.3 Kavitace	17
1.3.4 Koroze	18
1.3.5 Únava materiálu.....	19
1.4 Životnost	19
1.4.1 Životnost konstrukcí	20
1.5 Teorie metody RCM	22
1.5.1 Vznik metody a její využití	23
1.5.2 Cíl programu:.....	24
1.5.3 Rozdělení poruch (celek = C).....	24
2 Provoz a charakteristika mobilní požární techniky	27
2.1 Představení HZS v Roudnici nad Labem.....	28
2.1.1 Technické a věcné prostředky PO	31
2.1.2 Požární technika	32
3 Analýza současného stavu (praktická část).....	38
3.1 Základní charakteristiky provozu HZS.....	39
3.1.1 Ukazatele údržby	45

3.2	Popis závad na vozidlech HZS	46
3.3	SWOT	49
4	Zpracování metody RCM.....	50
4.1	Program údržby RCM » zvýšení spolehlivosti	51
4.1.1	Seskupení činností	51
4.1.2	Pozorování a stanovení způsobu neprovoznosti	53
4.1.3	Výpočty vedoucí k efektivnosti.....	53
4.1.4	Četnost a trvání poruch.....	55
4.1.5	Vyhodnocení výpočtů.....	58
4.1.6	Analýza tankování PHM	59
5	Zhodnocení navrhovaného řešení	66
	Závěr.....	67

Seznam zdrojů

Seznam grafických objektů

Seznam zkratk

Seznam příloh

Úvod

Úkolem diplomové práce je návrh zlepšení pro údržbu vozového parku v Hasičském záchranném sboru (HZS) v Roudnici nad Labem za využití prvků metody RCM (česky: údržba zaměřená na bezporuchovost; anglicky: reliability centred maintenance). RCM je ve skutečnosti logický strom rozhodování vedoucí k diagnostice použitých požadavků na údržbu pro technologická zařízení podle bezpečnostních, provozních a ekonomických důsledků. Cílem RCM je „zavedení programu preventivní údržby, který umožní čelně a účinně dosáhnout požadované úrovně bezpečnosti a pohotovosti výrobního zařízení a ... zlepšení celkové bezpečnosti, pohotovosti a hospodárnosti provozu.“ (Česká společnost pro jakost, 2004)

Metoda RCM byla vybrána pro konkrétní vozový park s cílem navrhnout opatření vedoucí ke zlepšování jakosti údržby, to znamená nižšími finančními náklady, kratší dobou údržby a při zachování bezpečnostních kritérií, jež jsou pro hasičský sbor naprostou nutností.

V teoretické části bude představen vozový park, zavedena terminologie metody RCM a jejím specifika pro konkrétní místo a druh provozu (HZS v Roudnici nad Labem). Pro každou komponentu logického stromu představíme v jednotlivých částech SP detailnější popis údržby a možnosti zavedení metody RCM.

Dále naváže praktická část diplomové práce, kde bude zhodnocen současný stav na základě pozorování a analýzy současných hodnot. Statistická analýza obsahuje základní statistické postupy popisující selhání vozidel a opravy. Vychází z konkrétních případů oprav ve vymezeném časovém horizontu. Vzhledem k současné (duben 2020) nepříznivé epidemiologické situaci nebyl sběr dat v plném rozsahu možný, proto se analýza opírá o dostupná data ze vzorku poruch a oprav a z tankování PHM z důvodu oprav motorové části.

V posledním kroku práce jsou předložena dle výpočtových analýz a statistik návrhová opatření. To znamená, že z dostupných informací, nasbíraných dat a připravených statistických analýz byl vytvořen model metody RCM, jež v důsledku povede ke zlepšování jakosti údržby vozového parku.

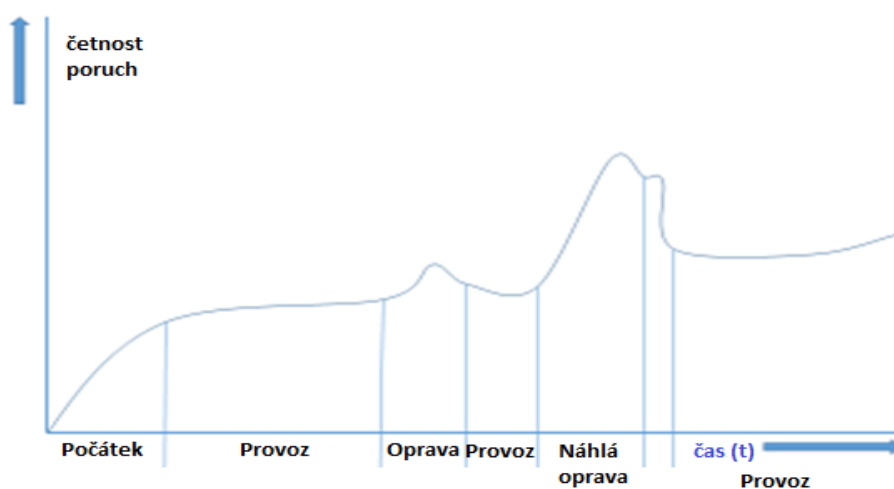
1 Systém údržby silničních vozidel

Historický vývoj údržbových systémů je možné monitorovat v souvislosti se vznikem a rozmachem dopravy. Od prvopočátku existovala vazba spojená s vozidlem a obsluhou. V situaci, kdy byla nízká intenzita, mělo využívané vozidlo nesčetně výhod, např. znalost technického stavu, nízký počet pracovníků na opravy atd.

S rozvojem věd, ať už matematických, statistických se na trhu objevovaly nástroje, které hodnotily spolehlivost, poruchové procesy, vývoj atd.

Údržba v popisovaném HZS v Roudnici nad Labem zahrnuje plánované prohlídky všech stupňů u vozidel a technologických vozidel, jejich opravy a modernizace dle požadavků, plánované prohlídky všech stupňů u vrchní stavby a rozvodných zařízení, včetně jejich oprav a modernizace v součinnosti s externími dodavateli, revize a inspekce, opravy veškerých zařízení a majetku a opravy pro externí zákazníky. Vzhledem ke svému rozsahu představuje velmi významnou část celkových nákladů, a proto je systém pro řízení údržby významnou součástí podnikového informačního systému IKIS.

Systém údržby je preventivní, toleruje průběh dílčích opotřeбенí částí vozidla jako celku a jeho zařízení. V počáteční fázi provozu vozidla jsou všechny díly ve standardizovaných rozměrech a opotřeбенí těchto komponentů je dá se říct nulové. Po odeznění této fáze je četnost poruch nízká $\lambda(t)$.



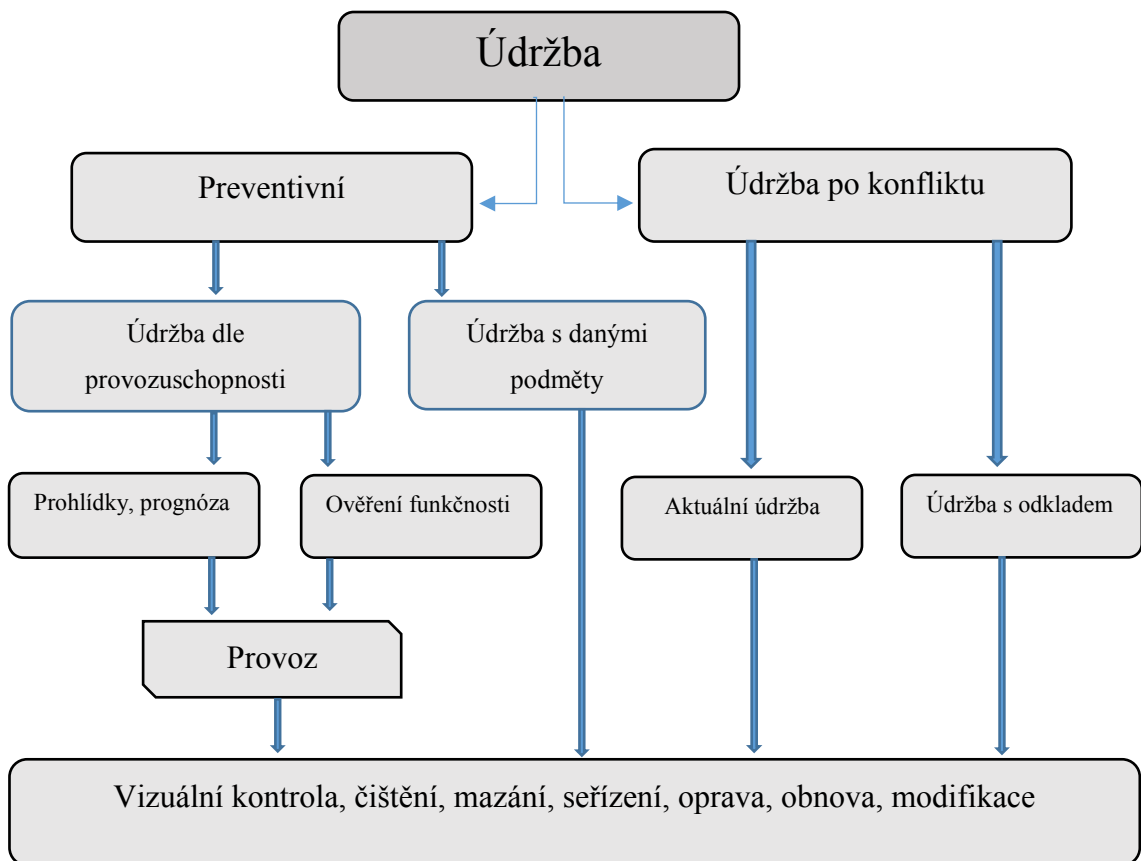
Obr. 1.1 Průběh fáze vozidla

Zdroj: vlastní zpracování.

Průběh fází vozidla je znázorněn na Obr. 1.1 a zachycuje individuální provozní dobu průběhu provozu, opravy, náhlé opravy. Při náhlé opravě je nárůst exponenciální.

1.1 Teorie údržby a obnovy

Jakmile vznikne na vozidle, či na jiném technickém prostředku závada, poškození, je dalším krokem oprava a následná provozuschopnost. Tyto jevy se posloupně střídají. Časy vzniku obou stavů jsou náhodné, příslušný náhodný proces se nazývá proces obnovy [2].



Obr. 1.2 Hierarchie údržbových úkonů

Zdroj: vlastní zpracování.

Údržba vozidel vychází z daných zásad periodické preventivní údržby, která je rozdělena do dvou základních skupin [2].

Do první skupiny patří inspekce, tj. technická prohlídka, která ověřuje reálný stav vozidla dle výrobcem nastaveného rozsahu prací, které jsou součástí bezporuchového celku.

Soubor všech předepsaných technologických zásahů pokrývá velké procento činností od zrakových kontrol až po demontáž konstrukčních celků, nebo jejich obnovy nejvíce namáhaných celků.

Druhá skupina systému udržovacích zákroků je definována jako obnova technologičnosti. Může se značit jako periodická oprava. Náročnost druhé skupiny je specifická v tom, že vyžaduje provádění oprav přímo na pracovišti, neboť značný rozsah konkrétní opravy musí být předem vyhodnocen, aby nedošlo ke zpětné obnově. Rozsah demontáže vozidel je specifikován a předepsán v závislosti na stupeň periodické opravy a je z velké části neměnný [2].

Periodicita údržby vozidel je odvozena od jejich reálných výkonů a zásahů, které se zpravidla měří na ujeté kilometry, na hodiny.

„Pro výpočet statistických údajů pro konstrukční celek C1, je potřeba nastavit algoritmus opotřebení a odpovědět si na tyto otázky:

- Může se „mazáním“ zabránit vzniku opotřebení? Ano – ne
- Může se provozní kontrolou zjistit úpadek prvku? Ano – ne
- Může se diagnostikou zjistit úpadek prvku? Ano – ne
- Může se opravou a obnovou celku snížit četnost poruch? Ano – ne
- Může se vyřazením prvku zabránit opotřebení? Ano – ne“

Odpovíme-li u 3., 4. a 5. otázky „ne“, je jednoznačné, že prvek u konstrukčního celku C1 je třeba změnit.

„Pro výpočet statistických údajů pro konstrukční celek C2, je potřeba nastavit algoritmus opotřebení a odpovědět si na tyto otázky:

- Může se „mazáním“ zabránit vzniku opotřebení? Ano – ne
- Může se provozní kontrolou zjistit úpadek prvku? Ano – ne
- Může se diagnostikou zjistit úpadek prvku? Ano – ne
- Může se opravou a obnovou celku snížit četnost poruch? Ano – ne
- Může se vyřazením prvku zabránit opotřebení? Ano – ne“

Odpovíme-li u 4. a 5. otázky „ano“, následuje ukončení daného algoritmu.

„Pro výpočet statistických údajů pro konstrukční celek C3, je potřeba nastavit algoritmus opotřebení a odpovědět si na tyto otázky:

- Může se „mazáním“ zabránit vzniku opotřebení? Ano – ne
- Může se provozní kontrolou zjistit úpadek prvku? Ano – ne (Ano - konec)
- Může se diagnostikou zjistit úpadek prvku? Ano – ne (Ano – konec)
- Může se opravou a obnovou celku snížit četnost poruch? Ano – ne (Ano – konec)
- Může se vyřazením prvku zabránit opotřebení? Ano – ne (Ano – konec)“

Odpovíme-li u 2., 3., 4. a 5. otázky „ano“, následuje ukončení daného algoritmu.

Prvotní program údržby – tento program slouží pro identifikaci vstupů a výstupů. Než se vozidlo, nebo jiný technologický prvek spustí do provozu, je důležité si s dodavatelem (výrobce) určit spolupráci ohledně dat. To je vytvoření vstupů a následných opatření.

Vstup - provozní podmínky, kategorizace, zdroje častých a méně častých poruch

Opatření – rozdělení údržby a určení úkolů, stanovení intervalů

Provozní podmínky v údržbě – tyto podmínky jsou závislé na prvotním programu a určují nám skutečnosti v běžném provozu. Cílem těchto podmínek je zdokonalení existujícího programu, ze kterého již vycházíme. V našem případě, kdy máme navrženy dané servisní intervaly, bylo toto nutností pro vytvoření stávajících úprav v koncepci.

„Vstupy:

- informace (data) o dané skutečnosti provozu,
- informace a popis závad při běžném provozu,
- informace a přesný popis opravárenských skutečností.“

„Doporučení:

- nové technologie opravárenství,
- použití nových údržbových celků (nástroje, přípravky),
- použití nových materiálů (větší životnost, váha).“

1.1.1 Technologie údržby

Zde se zaměříme na technologii, která musí být správně nastavena při hledání ekonomičnosti a zároveň praktičnosti v komplexní údržbě. Dále na snížení pravděpodobnosti příčiny poruchy.

„Technologií údržby se rozumí od prvopočátku:

- mazání součástí a ošetření vadných dílů,
- provozní kontrola,
- kontrola funkcí, diagnostické prohlídky,
- oprava a obnova funkčních celků,
- vyřazení konkrétní věci z oběhu funkčnosti.“

V [3] je popsáno, že základem veškerých údržbových systémů, které se používají v současné době u IZS (v mém případě se jedná o HZS) vozidel je prevence. To znamená předcházení vzniku poruch, a to pravidelnou kontrolou technického stavu. Na tomto principu je založena údržba vozidel osobních i nákladních.

1.2 Spolehlivost

Spolehlivost dle ISO 9000:2000 je vlastnost norem, která svým souhrnným produktem tvoří tyto činitele:

Porucha znamená ztrátu provozuschopnosti,

Bezporuchovost (reliability) je, kdy v daných podmínkách a v daném čase dokáže produkt nepřetržitě vyvíjet funkční stav,

Udržovatelnost (maintainability) se řídí vlastností, která funguje daným předpisem, z čehož vyplývá setrvat ve stavu vlastnostmi daného předmětu,

Pohotovost (availability) je činitel, který plní požadované funkce v daném časovém okamžiku za daných podmínek,

Životnost (useful lifetime) plní požadované funkce do okamžiku dosažení mezního stavu z hlediska systému předepsané údržby,

Zajištěnost (maintenance support performance) provádí přidělená organizace, jež vykonává komplexní údržbu dle požadavků dílčích stanovisek a podmínek,

Bezpečnostní rizika (safety risks) zahrnují kontroly a zkoušky všech zařízení, aby nebylo dosaženo nebezpečných věcí. Sama údržba je velmi riziková činnost, proto je nezbytná pravidelnost úkonů za účelem minimalizace defektů.

Spolehlivost, spolehlivý produkt, jakost, toto vše lze definovat jako kvalitu výrobku, která musí být zachována v časovém období při jeho použití, respektive v okamžiku poruchy být obnovitelná.

„Bez spolehlivosti není jakosti“

V [11] se zabývají detailně přibližně s 50 technickými normami, zavedených do ČSN.

„Uvedené normy lze rozdělit dle předmětu do několika skupin:

- Názvoslovné normy,
- normy pro management spolehlivosti,
- pokyny k udržování zařízení,
- normy pro odhady hodnot ukazatelů a analýzy spolehlivosti,
- normy pro ověřování a zjišťování dosažených hodnot ukazatelů spolehlivosti,
- normy pro zlepšování ukazatelů spolehlivosti,
- ostatní související normy.“

Zákonitosti každého fyzikálního jevu je funkcí komplexu podmínek, při kterých pokus probíhá [12]. Když se řekne spolehlivost, rozumíme pod tímto pojmem realizaci technického procesu, kdy výsledek zformulujeme jako jev (zárodek defektu, průběh opravy, ukončení obnovy).

Jevy rozlišujeme na existence čtyř druhů:

Jev jistý – jev nastane vždy, když je při dodržení stejného komplexu podmínek opakovaná realizace. Je roven jedné: $P(A) = 1$

Jev nemožný – při dodržení stejného komplexu podmínek a při opakované realizaci takovýto jev nenastane. Je roven nule: $P(A) = 0$

Jev náhodný – při splnění náhody, při dodržení stejného komplexu podmínek, při opakované realizaci jev je možný, i nemožný. Nastane s určitou pravděpodobností a tou je konstanta, či proměnná. Pravděpodobnost náhodného jevu je v intervalu: $0 \leq P(A) \leq 1$.

Jev chaotický – je vymknut uvedeným jevům. Chaotický jev je velmi složitého charakteru, proto se jím zabývají speciální metody. Nelze jej detailně popsat.

Bezporuchovost lze charakterizovat několika ukazateli bezporuchovosti, např.:

MTBF (střední doba mezi poruchami, Mean Time Between Failures, měřená v jednotkách času) je střední doba mezi poruchami. Je to veličina sloužící k ohodnocení spolehlivosti výrobku, výrobního zařízení, které se opravují. Určuje se jako skutečný výrobní čas (čas, kdy je zařízení v provozu) děleno počtem poruch. Skutečný výrobní čas je čas, kdy zařízení funguje celkem minus čas prostojů, tedy časů, kdy je zařízení v opravě či nefunguje.

Čím vyšší je hodnota MTBF, tím vyšší je spolehlivost zařízení.

Míra poruchovosti je dána jako reciproční hodnota ke střední době mezi poruchami, tj. $1/MTBF = R/T$.

MTTF (střední doba do poruchy, Mean Time to Failure) je střední doba do poruchy.

Uvádí se u výrobků nebo zařízení, která se neopravují. U neopravitelných prostředků, kde porucha znamená dočasné vyřazení z provozu, je četnost poruch nazývána jako pravděpodobnost, se kterou může dojít během časového intervalu k poruše objektů, které byly do téže doby v provozu.

Pravděpodobnost bezporuchovosti zařízení je ukazatelem provozu. $R(t)$ udává pravděpodobnost, že zařízení bude fungovat bez poruchy po dobu t (hodina, počet cyklů atd.), v exponentu se dosazuje parametr MTBF – střední doba mezi poruchami.

$$R(t) = \exp^{-t/MTBF} \quad (1.1)$$

Pravděpodobnost vzniku poruchy $F(t)$ za jednotku času t lze vypočítat takto:

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (1.2)$$

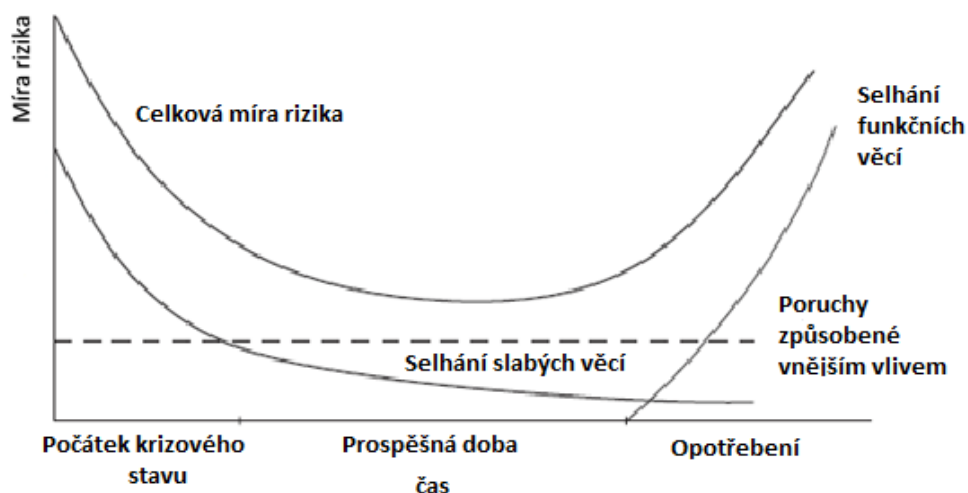
1.3 Opotřebenění

Nežádoucí oddělování částeczek povrchu strojních součástí a náradí působením vnějších sil, jemuž říkáme opotřebenění, vzniká valivým i kluzným třením, avšak také kapalinami, proudem plynů i chemickým a elektrickým působením prostředí.

V praxi je velmi důležité vědět, jaký vliv má ochrana povrchu na odolnost proti opotřebenění.

Četností případných poruch se vystavujeme špatné údržbě, a proto využijeme vanovou křivku, viz Obr. 1.3, která je složena ze tří hlavních faktorů.

- Klesající četnost oprav s častými menšími defekty,
- Konstantní četnost oprav,
- Rostoucí četnost oprav, nikoli exponenciální.



Obr. 1.3 Vanová křivka

Zdroj: vlastní zpracování podle [1].

Opotřebenění dále je ovlivněno dalšími faktory, které budou popsány níže. Snahou výrobců a technických konstruktérů je zamezení, snížení těchto příčin. Působících vlivů, které toto ovlivňují, je několik a jsou nazývány mechanismem poruch.

K dosažení dlouhé životnosti a provozuschopnosti vozidel jsou zapotřebí klíčové požadavky.

„Na tento jev je kladen velký důraz, podílejí se na tom tyto vlivy:

- Místo umístění techniky, ve kterém je technika nasazena,
- počasí,
- terén, ve kterém se technika převážně pohybuje,
- schopnost řidiče, jenž se o techniku stará a obsluhuje ji.“

1.3.1 Adheze

Adhezní opotřebení je způsobeno relativním pohybem, který je uskutečněn při fyzickém zatížení. Toto zatížení povrchů přinese vzájemný dotyk a tím se poruší jednotlivé vrstvy. Poté dochází k surovému styku daných ploch, kde se rodí vznik mikrosvarů s následným porušením. Při tomto ději dochází k přenosu z jednoho povrchu na druhý, kdy jsou uvolněny částice materiálu. Proces je hojně doprovázen přítomností maziva. Jakmile mazivo přirozenou cestou odezní, mluvíme již o adhezi, kdy další opotřebení nazýváme zadírání, až zadření. Adhezivní opotřebení můžeme sledovat na průběhu životnosti kluzného ložiska, kde je průběh vidět posoupně.

1.3.2 Abraze

Abrazivní opotřebení se projevuje řeznými silami, kdy působí na povrch tělesa, které má měkkší povrch. Opět jsou zde uvolněny volné částice. Erozivní opotřebení je způsobeno dopadem hmotných částic, které jsou obsaženy v médiu (voda, plyn) na daný povrch funkčního celku. Jakmile částice dosáhne potřebné energie, tak v závislosti na úhlu dopadu způsobí vytlačení, nebo roštěp materiálu z funkční plochy celku. Narušení materiálu je zcela nepravidelné, zdeformované a materiál je narušený i v jádru. Konečný tvar opotřebení je dán strukturou částic, daným úhlem dopadu, rychlostí souběžnou a materiálem, na který toto vše působí.

1.3.3 Kavítace

Kavítace je způsobena v kapalině, kde je způsobeno oddělování částic a poškozování povrchu. Tyto děje se odehrávají v proudící kapalině, poněvadž se zvyšuje rychlost proudění a tím se snižuje tlak kapaliny. Dutiny se nacházejí v místech, kde dochází ke snížení tlaku pod hodnotu nasycených par kapaliny. Toto vede k tvoření dutin, které bývají vyplněny párou kapaliny. Kde se nachází vysoký tlak, tyto dutiny zanikají. Je to

tzv. hydrodynamický ráz, který poškozují povrch materiálu. Povrch, který je napaden kavitací, je nepravidelný, hrubý.

1.3.4 Koroze

Koroze kovů a jejich slitin je samovolný nevratný proces rozrušení kovových materiálů v důsledku jejich chemických, nebo elektrochemických reakcí s obklopujícím agresivním prostředím, který směřuje ke ztrátě funkčních vlastností daných produktů.

Celkové ztráty koroze, včetně nákladů na protikorozi ochranu dosahují u průmyslově vyspělých států až 6% národního důchodu. Korozi podléhají všechny materiály, kovové i nekovové materiály, keramika, sklo, beton, organické látky jako je např. guma a další.

Z definice koroze je zřejmé, že koroze je vlastně vzájemné působení materiálu a prostředí. K tomu je ještě přiřazen časový děj, tzn. rychlost koroze.

„Při ochraně koroze je zapotřebí se zaměřit na tyto základní celky uceleného systému:

- materiál,
- prostředí (elektricky vodivé a nevodivé),
- rychlost.“

Koroze tedy může probíhat samovolně tehdy, jakmile energie původních složek korozních systémů je větší, než energie produktů jím podléhajících. Nestabilita složek v daném systému je identifikována velikostí úbytku volné entalpie. Téměř skoro všechny kovy jsou z termodynamického hlediska nestabilní. V současné době je snaha eliminovat působení korozního prostředí na kovové materiály nejen vytvořením odolného povlaku, ochranné vrstvy, ale je zapotřebí v celém objemu legovací proces.

„Způsoby ochrany proti korozi:

- úprava korozního prostředí,
- volba vhodného materiálu,
- konstrukční řešení,
- technologie výroby,
- elektrochemické ochrany,
- povrchové úpravy.“

1.3.5 Únava materiálu

Únavové opotřebení je způsobeno při postupném nasycení poruch a to v každé funkční vrstvě celku. Jakmile se děj opakuje s časovou proměnnou, vznikne zárodek povrchových trhlin. Trhliny se šíří, až se zcela spojí a začnou značnou silou uvolňovat částice z materiálu.

Poruchy krystalové struktury: reálné krystaly, monokrystaly mají odchylky od přísné periodicity uspořádání atomů v krystalové struktuře. Všechny nedokonalosti mají vliv na jejich mechanické a fyzikální vlastnosti. Tyto vady krystalové struktury se mohou podle svého geometrického tvaru dělit na **bodové, čárové, plošné a prostorové**.

Z geometrického hlediska lze tyto vady rozdělit na bezrozměrné, jednorozměrné, dvojrozměrné, trojrozměrné.

Z termodynamického hlediska jsou stabilní a nestabilní.

Migrace bodových poruch znamená, že poruchy se mohou pohybovat krystalem. Mechanismem jejich pohybu jsou diskrétní přeskoky z jednoho uzlového bodu do sousedního. Tento jev se nazývá vakance. Přeskok vakance je dán relativně přeskokem sousedního atomu na její místo, přičemž musí překonat energetickou bariéru.

1.4 Životnost

Obecně je životnost chápána jako schopnost objektu plnit požadovanou funkci v daných podmínkách používání a údržby do dosažení mezního stavu. V této práci jde o únavovou životnost (fatigue life), což je počet vložených cyklů do dosažení definovaného kritéria porušení (mezního stavu).

Životnost je obecná vlastnost, kterou lze kvantifikovat užitečnou dobou života. V definici užitečné doby života, která zní „časový interval od prvního použití do doby, kdy již nejsou požadavky uživatele nadále plněny z důvodu hospodárnosti provozu a údržby nebo z důvodu zastarání“ není exaktně zakotvena hranice, která by jednoznačně identifikovala konec užitečné doby života.

Únava (materiálu), rozumíme tím souhrn degradačních procesů probíhajících v materiálu pod účinkem časově proměnných vnějších sil. Ve strojírenství je to nejdůležitější mezní stav únosnosti.

Únavová životnost (fatigue life) je počet vložených cyklů do dosažení definovaného kritéria porušení.

Mezní stav (MS) je stav, při kterém musí být ukončeno používání objektu z technických, technologických, ekonomických, bezpečnostních, aj. důvodů. Je to okamžik poruchy, kdy je ukončena schopnost neopravovaného výrobku plnit funkci. Mezní stav únavy materiálu je definován jako stav, kdy v důsledku působení časově proměnných dynamických zatížení dojde k poruše funkční způsobilosti součásti. Charakteristické pro tento proces je to, že maximální hladina kmitavého napětí je mnohem nižší, než činí statická pevnost součásti. V [3] je podrobně popsána teorie mezních stavů a mezní stav je definován jako „stav výrobku, kdy stavová veličina dosáhne své mezní hodnoty“. „Mezní hodnoty musí být stanoveny v technických podmínkách“. Z toho vyplývá nutnost definovat mezní stav.

1.4.1 Životnost konstrukcí

Reálné konstrukce jsou obvykle v provozu zatěžovány kmitavými zatíženími, která mají složitý časový průběh. U strojních konstrukcí, na rozdíl např. od točivých strojů, se jedná prakticky vždy o náhodné (stochastické) zatížení. Pro vyhodnocování zatížení existuje mnoho metod a výsledky zkoumání je nutno vždy statisticky zpracovat s využitím pravděpodobnostního přístupu zpracování.

Křivku, která detailně popisuje statisticky vyhodnocené experimenty únavového zatěžování nazýváme Wöhlerova křivka (S-N)

Tato křivka zobrazuje závislost amplitudy napětí σ_a na počtu cyklů N a většinou bývá zobrazena v $(\log_{\sigma} \log N)$ souřadnicích a poté se křivka změní na přímku, jejíž šikmou část lze popsat rovnicí.

$$\log N + b \log \sigma_a = \log c \quad (1.3)$$

kde: σ_a - amplituda napětí [MPa],

N - počet kmitů [-],

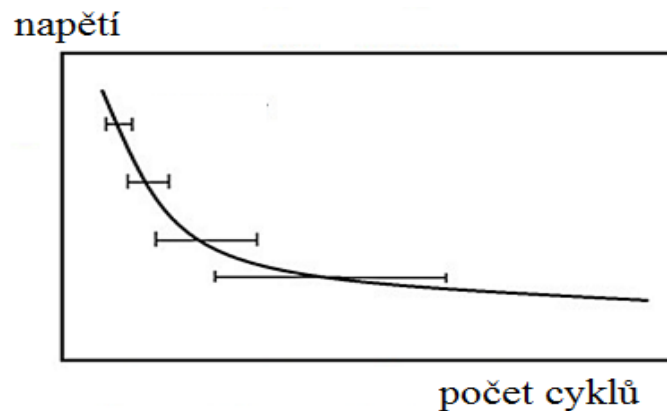
b, c - konstanty [-].

Po exponencializaci (odlogaritmování) má rovnice tvar dle rovnice.

$$N \cdot \sigma_a^2 = c \quad (1.4)$$

Na svislé ose S může být vynesena i jiná jednotka, než je napětí, např. poměrná deformace, normovaná zbytková tuhost, amplituda průhybu (v mm), nebo hladiny v % z maximální síly (poslední dvě použity v této práci).

Pokud není napětí σ_a symetrické (střídavé), pak je nutné připojit informaci o nesouměrnosti cyklu (viz též CLD diagram, v této práci nepoužito).



Graf 1.1 Teoretická Wöhlerova (S-N) křivka

Zdroj: vlastní zpracování.

Teoretickou Wöhlerovu křivku, viz Graf 1.1 lze rozdělit na oblast nízkocyklové (do 10^5 cyklů) a vysokocyklové únavy (od 10^6 cyklů do lomu). Od určité hodnoty počtu cyklů, kdy je Wöhlerova křivka rovnoběžná s osou x se jedná o mez únavy σ_{muc} , nebo o neomezenou životnost.

U HZS je problematika počtu zkušebních cyklů dána předpisy, které byly vytvořeny na základě výsledků dlouhodobých zkoušek a provozu. Prvotní problematikou pro stanovení počtu zkušebních cyklů a velikosti zatěžovacích hladin je zjištění spekter zatížení pro konkrétní konstrukci. U pozemních dopravních prostředků je problematika zatěžování rozpracována do příslušných předpisů. U silničních vozidel jde především o interní informace, navek nezveřejňované v podobě obecných předpisů. V [1] je uveden příklad doporučeného počtu zkušebních cyklů pro rámy a nosníky: 10^6 a pro sklápěcí mechanismy: $5 \cdot 10^4$ cyklů.

Při dostatečném množství vzorků (od 20ks) se pro statistické rozdělení životů vzorků nejčastěji volí normální, logaritmickeo-normální, nebo Weibullovo rozdělení. Pro získání

křivky se využije regresivní křivka proložená průměrnými, lépe mediánovými hodnotami, nebo odhady střední hodnoty. Vodorovné úsečky, na obr. 2.3 znázorňují rozptyly naměřených hodnot na daných hladinách zatížení. V této práci bude ověřena hypotéza, že rozptyly jsou největší na nejnižší hladině zatěžování (jako u oceli).

1.5 Teorie metody RCM

Údržbou zaměřenou na bezporuchovost (RCM) se zabývá metoda pro zavedení programu preventivní údržby, který umožní reálně a účelně dosáhnout požadované úrovně bezpečnosti a spolehlivosti výrobního zařízení. Dále je určena k tomu, aby vedla ke zlepšení celkové bezpečnosti, bezporuchovosti a hospodárnosti provozu.

Tímto krokem chci přiblížit tuto normovanou metodu [1] (jako jeden z nástrojů zlepšování jakosti údržby) jak širší odborné veřejnosti, tak složkám, kde je nezbytná bezporuchovost.

Metoda RCM umožňuje používat strom logického rozhodování ke zjišťování použitelných a efektivních požadavků na preventivní údržbu pro výrobní zařízení podle bezpečnostních, provozních a ekonomických důsledků zjistitelných poruch a podle mechanismu degradace způsobujícího tyto poruchy. Konečným výsledkem práce s použitím rozhodovací logiky je posouzení nutnosti provádění určitého úkolu (operace, zásahu) údržby. Cílem této metody je vytvoření strategie údržby.

„Principy metody RCM:

- definice hranic systému (stroje, technologická zařízení),
- definice funkcí každého systému,
- identifikace významných prvků, např. vybraných součástí,
- identifikace příslušné příčiny poruch funkce funkčně významných prvků (FSI),
- předpověď následků poruch a pravděpodobnosti jejich výskytu,
- použití stromu logického rozhodování ke kategorizaci následků poruch FSI,
- identifikace použitelnosti opravárenských zásahů,
- zavedení dynamického programu údržby.“

Tento systém tzv. bezporuchové údržby zaručuje předem stanovenou míru funkčnosti. Je zde prováděna údržba a obnova v hlídaných časových intervalech. Ať už jsou to motohodiny, kilometry, počet cyklů (například vysunutí požárního žebříku, atd.)

Po každém výjezdu, ukončení konkrétní akce je nutné vést provozní záznamy, které eliminují budoucí nefunkčnost. Po dané době jsou prvky nahrazovány novými a stabilními pro vykonání své funkce. Metoda RCM má své výhody i nevýhody.

První nevýhodou je velká nákladnost a časová náročnost, dále obtížnost přizpůsobení se současnému provozu.

Výhody jsou pozitivnější a již dopředu víme, co budeme obnovovat, tudíž logistika je zde v tomto případě jednoduchá. Dále je zde omezení lokálních poruch.

1.5.1 Vznik metody a její využití

Počátky této metody sahají cca do období šedesátých let minulého století, kde bylo z počátku využíváno hlavně v letectví. Tato strategie se vytvářela pro potřeby tehdejšího režimu pro aktuální informace, ne dezinformace při provozu letadel. Zásadní rozhodnutí učinilo ministerstvo obrany USA, pár let po jejím vzniku, když chtělo předložit detailní zprávu o podstatě údržby letectví. Tato zpráva je předlohou pro název RCM.

Metoda označuje údržbu, která má největší spolehlivost. Ihned poté, bylo hojně využíváno v ostatních sektorech, jako např. zdravotnictví, hasičské složky a postupně se rozšiřovalo do všech odvětví průmyslu.

K tomu, aby vše fungovalo dle nastavených pravidel, musí být zahájeny tyto kroky. Všechny dodavatelem doporučené úkony musí být zapracovány do pracovních listů, ze kterých se data předávají do nového systému údržby. K naprosté spokojenosti a ke zkvalitnění údržby jako celku je to nezbytnou součástí. Aplikovaná nová metoda RCM vede k jasnému zlepšení efektivnosti a spolehlivosti.

„Důležitými kroky v manažerském nastavení projektu jsou:

- Plánování,
- Analýza současného stavu,
- Interní a externí audit,
- Obnova.“

Výše uvedené kroky jsou nedílnou součástí implementace. Tato strategie je podpůrná v tom, že je nastavena na daný konkrétní subjekt a její pozadí je nastaveno k potřebám zákazníka.

„Jakmile máme data zpracovány, provede se kontrola strategie a stavu a poté je následná implementace finálním krokem.

- Činnost údržby dle dodaných dat,
- Činnost údržby dle implementovaného technologického předpisu,
- Doporučené procesy.“

Je přínosné, že metoda RCM dodává trvalý užitek v oblastech jako je bezpečnost, spolehlivost. Vše za předpokladu důslednou aplikací, a to přiměřeně proškolenými a kvalifikovanými osobami, protože jsou trvale a osobně zainteresované do procesu.

Procesní strategie mapuje funkční provoz každého prvku a stanovuje průběh a důsledky závad.

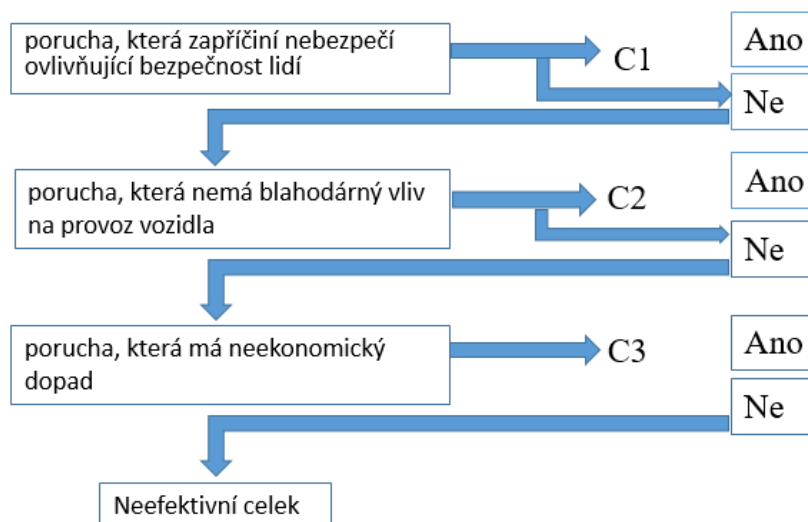
1.5.2 Cíl programu:

- udržovat funkci systému v mezích požadované bezpečnosti,
- udržovat úroveň vnitřní bezpečnosti a bezporuchovosti,
- optimalizovat pohotovost,
- získat informace nutné pro zlepšení návrhu těch prvků systému, jejichž vnitřní bezporuchovost se ukázala jako nepřiměřená,
- uskutečnit tyto cíle s minimálními celkovými náklady životního cyklu,
- získat informace nutné pro zavedení dynamického programu

1.5.3 Rozdělení poruch (celek = C)

C1	porucha, která zapříčiní nebezpečí ovlivňující bezpečnost lidí porucha, která způsobí ohrožení životního prostředí
C2	porucha, která nemá blahodárný vliv na provoz vozidla porucha, která zapříčiní provozní omezení (pomalý výjezd hasičů atd.) porucha, která aktivuje nefunkčnost celku
C3	porucha, která má neekonomický dopad

Rozdělení celků do konstrukčních skupin. Cílem tohoto rozdělení je identifikace poruch, proto bude nastavena údržba RCM.



Obr. 1.4 Předpokládaná porucha-algoritmus

Zdroj: vlastní zpracování.

Pravděpodobnost je ukazatelem provozu, který má být co nejvíce bezporuchový $R(t)$ za časový úsek t (hodina, počet cyklů atd.), kde je uveden parametr MTBF – střední doba mezi poruchami.

$$R(t) = \exp^{-t/MTBF} \quad (1.5)$$

Pravděpodobnost vzniku poruchy $F(t)$ za jednotku času t :

$$F(t) = 1-R(t) \quad (1.6)$$

Předpokládejme, že poruchu, která je při zrodu vzniku, můžeme modelovat exponenciálním rozdělením, viz rovnice uvedená výše $R(t)$ a znázorněna na Obr. 1.4.

Cituji z [11], že takovýto předpoklad bývá většinou splněn u elektronických produktů provozovaných po odeznění období výskytu tzv. časných poruch (early mortality failures). U neelektrických produktů je pro prvé přiblížení exponenciální zákon také přijatelný, pokud jde o provozní období mimo doby záběhu, nebo časového úseku kdy je vozidlo sledováno a kde se již značně ukazuje opotřebení.

Předpoklad možnosti namodelování vznikající poruchy exponenciálním zákonem musí být ověřen testy, vizuální kontrolou dle ČSN IEC 60605-6:1998 – zkoušení bezporuchovosti zařízení.

MTBF – je pravděpodobnost bezporuchovosti při plném provozu za jednotku času a to:

$$\mathbf{R(t) = 37\%, tj. 0,37.}$$

Z tohoto ukazatele dokážeme vypočítat pravděpodobnost, kdy vznikne porucha a to:

$$\mathbf{F(f) = 1-R(t) = 63\%, tj. 0,63.}$$

Dalším pravděpodobnostním ukazatelem bezporuchového stavu je provoz, který odpovídá jedné desetíně ukazatele MTBF, tj. $t = 0,1$ MTBF,

$$\mathbf{R(t) = 0,90 tj. 90\% .}$$

Pravděpodobnost bezporuchového stavu a provozu, který odpovídá jedné setině parametru je **99 %**.

Z poskytnutých informací budeme schopni posoudit skutečnost a měli bychom znát, které ukazatele mohou naše vozidla dosahovat, abychom mohli splnit požadavky s co nejvyšším procentem úspěšnosti.

2 Provoz a charakteristika mobilní požární techniky

Plynulý provoz požární techniky a jeho evidence se provádí v centralizovaném interním programu IKIS, kde je zaznamenán každý servisní úkon, každý výjezd požární techniky. Kterýkoliv pracovník, na každé směně, jež má činnost s technikou, je povinen vznést požadavek, záznam do interního programu. Tyto záznamy jsou kontrolovány a předkládány auditu, při kterém se provádí kontrola techniky za daný územní odbor.

Efektivnost údržby je ovlivněna podstatnou volbou výběru systému údržby, který je v organizaci nataven. Při sestavení návrhu údržbového systému je třeba položit si a odpovědět na tyto otázky:

„Je úroveň spolehlivosti provozu úměrná k charakteru zařízení?

- bezporuchovost, diagnostika zařízení, udržitelnost,
- podpora na mechanické úrovni,
- bez podpory (žádná teorie, žádná praxe).“

„Jaká je příčina vzniku závady při běžném provozu?

- je ohrožena bezpečnost, životní prostředí,
- není schopné plnit provozní funkci.“

„Charakteristika provozních podmínek?

- jsou neměnné, bez viditelnosti provozních výkyvů,
- viditelné kolísání provozních podmínek,
- rázové výměny provozních podmínek.“

„Máme dostatečné informace o charakteristice údržby?

- je dohledatelná historie údržby a informace o stávajících stavech?
- jsou k dispozici podrobné informace?
- je kvalitní náš informační systém?
- softwarové vybavení pro plánování údržby?
- písemné záznamy?“

„Zajištění provozní údržby?

- dodavatelsky (převážně u zařízení podléhající záruce),
- partnery, kteří jsou ošetřeny RSoD,
- vlastními silami.“

Odpovědi na uvedené otázky nelze stanovit na nejlepší úrovni, vždy záleží na individuálním posouzení daného kritéria. Když hovoříme o HZS, mohu konstatovat, že výrobci tohoto zařízení dodržují velmi specificky charakteristickou kvalitu a následnou údržbu, obnovu.

2.1 Představení HZS v Roudnici nad Labem

Požární stanice v Roudnici nad Labem (Žižkova 729, 413 01 Roudnice nad Labem) je provozována s menším vozovým parkem, který bude v Praktické části detailně představen a který nikdy nebyl inovován technickou metodou.

Po sběru dat bude tento vozový park podroben detailnímu průzkumu v oblasti údržby (Obr. 2.1), opravárenství a tankování PHM, abychom mohli navrhnout spolehlivější chod vozového parku. Velký podíl na poruchy má v případně náročného provozu vozidel hasičského záchranného sboru degradace materiálů.

Roudnice nad Labem spadá do okresu Litoměřice, který leží v hornatém kraji, podél řeky Labe a Ohře. Do těchto toků se dále vlévají menší toky.

Na území okresu Litoměřice žije k aktuálnímu datu 55 397 obyvatel.

Data k 4/2020:

Litoměřice.....	23 319 obyvatel
Roudnice nad Labem.....	12 305 obyvatel
Lovosice.....	8 577 obyvatel
Štětí.....	8 454 obyvatel
Ústěck.....	2 742 obyvatel

Hospodářské činnosti v okrese Litoměřice jsou velmi obsáhlé. Jsou zde lokalizovány veškeré specifické objekty. Z průmyslového hlediska patří mezi významné podniky Lovochemie (výroba hnojiv), Mondi (výroba papíru), Čepro (ropné produkty). Dále Meva, Glazura, Papei, Pracner, ROSS, letiště Aeroklub Roudnice nad Labem.

Hasícím obvodním místem stanice vede dálnice D8 a také hlavní železniční koridor z Německa do Prahy.

V minulosti se stanice nacházela přímo v centru města, kde pro ni postupem času nebyla vhodná logistika.

Nyní je umístěna na příjezdu do Roudnice nad Labem, na adrese Žižkova 729, kde je pro ni po všech stránkách alokační výhodnost. HZS Roudnice nad Labem je detašovaná stanice, která se svými blízkými stanicemi jako je Lovosice, Ústěk a Štětí spadá pod centrální stanici v Litoměřicích. Zde je provázanost při výjezdech a akutních zásazích.

Z hlediska zákona o PO je obsazení pracovníků na HZS takto:

Velitel čety je řídicí a vůdčí osobnost, který se stará o chod stanice při zásahu a organizuje četu mimo zásah.

Velitel družstva organizuje družstvo při zásahu.

Strojník je řidičem vozidel, provádí jejich obsluhu na místě výjezdu (obsluha plošiny, čerpadel apod.)

Hasič provádí hasící zásahy, záchranné akce, údržbu prostředků apod.

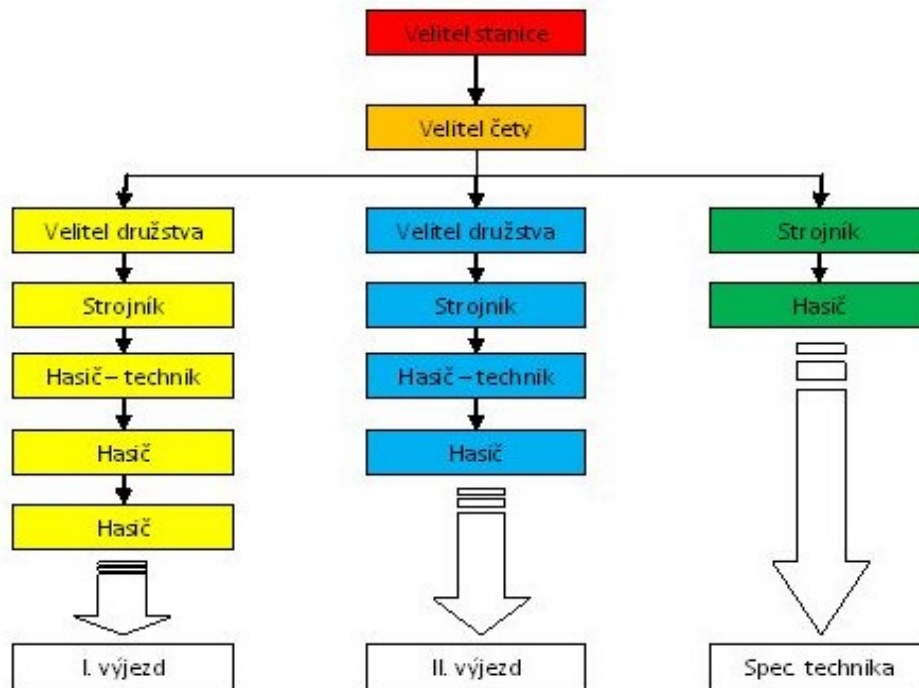
Hasiči jsou v jednotce PO rozděleni do dílčích čet, družstev, družstev o zmenšeném početním stavu, případně skupin. Službu v jednotce HZS vykonávají zaměstnanci HZS, jejichž pracovně právní vztah se řídí zákonem č. 262/2006 Sb., zákoníkem práce, ve znění pozdějších předpisů. Zaměstnanci, stejně jako příslušníci mohou mít dobu služby rozvrženou dle potřeby a to nerovnoměrně.

Taková doba služby je nejčastěji organizována na 3 směny, které se značí A, B, C.

Každá směna zabezpečuje nepřetržitou připravenost jednotky po dobu 12 hodin. Střídání směn probíhá vždy v 6:00 hodin a v 18 hodin.

Četu tvoří 2 až 3 družstva, příp. skupiny. Družstvo je uspořádáno vedoucím velitelem a dalšími pěti hasiči (1+5). Družstvo o zmenšeném početním stavu se skládá z velitele a dalších tří hasičů (1+3). Skupinu tvoří velitel skupiny a 1 až 2 hasiči.

Tato jednotka PO je organizovaná profesně vyškolenými zaměstnanci, technikou k jejímu obsahu vykonávanou, věcnými prostředky (spotřební materiál, který je nedílnou součástí).



Obr. 2.1 Schéma pracovníků

Zdroj: vlastní zpracování.

„Vozový park HZS v Roudnici nad Labem se skládá z níže uvedených vozidel:

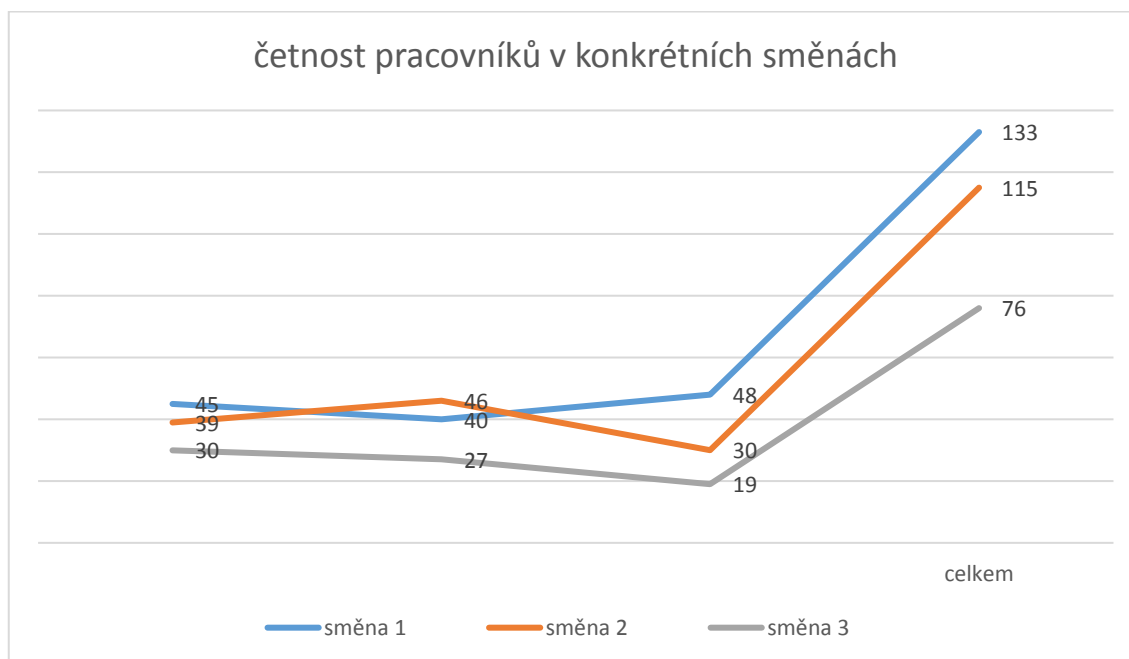
- 2 x FORD RANGER 2,5D XL L-2-R,
- 2 x CAS 20/4600/300,
- 2 x CAS 30/9000/540,
- 1 x IFA AZ 30 W50 L,
- 2 x ŠKODA FABIA.“

Stáří vozidel je dle dohledaných dat v rozmezí od tří let do dvaceti let.

Tab. 2.1 Počet pracovníků HZS Rce n/L

	Přítomnost 4 příslušníků	Přítomnost 5 příslušníků	Přítomnost 6 příslušníků
	(četnost směn)	(četnost směn)	(četnost směn)
směna 1	45	39	30
směna 2	40	46	27
směna 3	48	30	19
Celkem	133	115	76

Zdroj: vlastní zpracování.



Graf 2.1 Počet pracovníků HZS Rce n/L v 2019/2020

Zdroj: vlastní zpracování.

2.1.1 Technické a věcné prostředky PO

Požární technika PO slouží k zamezení, omezení šíření a hašení požáru, ochranu osob a materiálních hodnot před požárem. V další řadě se tímto pojmem rozumí používané

jednotky požární ochrany při záchraně osob, technických zásazích a k likvidaci ekologických havárií.

Prostředky používané k ochraně, záchraně a evakuaci osob, k hašení požáru u záchranné akce a všechny mobilní prostředky, které jsou používány při činnosti jednotek PO.

„Věcné prostředky dělíme na:

- hasicí přístroje (mobilní, přenosné),
- ochranné pomůcky,
- evakuační prostředky (lana, matrace, plachty, žebříky, pneumatické pytle),
- prostředky při práci nad volnou hloubkou, ve vodě, pod vodou,
- prostředky při práci s nebezpečnými látkami,
- požární výzbroj, stejnokroje,
- mobilní zásahové technologie (generátory, ventilátory, fukary).“

Prostředky používané k ochraně, záchraně a evakuaci osob, k hašení požáru a prostředky, které se používají při činnosti jednotky požární ochrany při záchranných a likvidačních pracích a ochraně obyvatelstva při plnění úkolů civilní ochrany.

2.1.2 Požární technika

Zásahové požární automobily musí být po dobu svého zařazení do pohotovosti nebo do zálohy vybaveny požárním příslušenstvím, minimálně v rozsahu s jakým byly posouzeny autorizovanou osobou podle platného právního předpisu [10].

„Označení musí tvořit tyto údaje:

- druh zásahového požárního automobilu,
- údaj o množství hasiva, hodnota výkonového parametru,
- hmotnostní třída
 - L (lehké) s hmotností od 2000 kg do 7 500 kg,
 - M (střední) s hmotností nad 7500 kg do 14 000 kg,
 - S (těžké) s hmotností nad 14 000 kg,
- kategorie zásahového požárního automobilu,
- provedení požárního automobilu dle rozsahu příslušenství.“

CAS 20/4600/300 – S2 Z T815-2 4x4

Cisternová automobilová stříkačka je určena pro přepravu družstva požárníků 1+5 a hasebních prostředků pro požární zásah vodou, pěnou, kdy se použije nízký či vysoký tlak vody.

Tab. 2.2 Technické údaje

Celková hmotnost	18 000 kg
Délka bez navijáku / šířka / výška	7 700 mm / 2 550 mm / 3 100 mm
Emisní norma / výkon	Euro 5 / 325 kW při 1800 ot/min
Převodovka	Manuální / automatická
Nádrž na vodu	4 600 l
Nádrž na pěnidlo	300 l
Čerpací zařízení / jmenovitý průtok	1,0 MPa / 2 000 l za min.
Vysoký tlak / jmenovitý průtok	4,0 MPa / 250 l za min.
Obsazení posádky	1 + 5
Nástavba	Profily z hliníkových slitin
Brodivost	Max 1200 mm

Zdroj: (Technické prostředky požární ochrany).



Obrázek 1 CAS 20/4600/300

Zdroj: vlastní zpracování.

CAS 30/9000/540 – S3 VH T815-7 6x6

Cisternová automobilová stříkačka, jež je zařazena do kategorie jako požární automobil těžké hmotnostní třídy. Je schopna provozu na všech komunikacích i v terénu. Automobil je postaven na třínápravovém podvozku TATRA T815-731R32 6x6.1 s přípojným pohonem přední nápravy a s průběžným rámem.

Tab. 2.3 Technické údaje

Celková hmotnost	25 000 kg
Délka bez navijáku / šířka / výška	9 170 mm / 2 550 mm / 2 830 mm
Emisní norma / výkon	Euro 5 / 325 kW při 1800 ot/min
Převodovka	Manuální / automatická
Nádrž na vodu	9 000 l
Nádrž na pěnidlo	540 l
Čerpací zařízení / jmenovitý průtok	1,0 MPa / 3 000 l za min.
Vysokotlak / jmenovitý průtok	4,0 MPa / 250 l za min.
Obsazení posádky	1 + 3
Nástavba	Profily z hliníkových slitin
Brodivost	Max 1200 mm

Zdroj: (Technické prostředky požární ochrany).



Obr. 2.2 CAS 30/9000/540

Zdroj: (Facebook).

IFA AZ 30 W50 L

Automobilový žebřík osazený čtyřdobým motorem, čtyřválcem, pohonem na motorovou naftu s max. rychlostí do 90 km/hod. slouží k rychlému zásahu hasičů ve výškách. Žebřík je postaven na podvozku IFA W50 L, s nosností do 5 tun. Nástavba se skládá z několika konstrukčních prvků, otočné věže, zdvihacího rámu, žebříkové sady, hnacího mechanismu a bezpečnostních prvků. Může být použit pro: dopravu zasahujících hasičů nebo zachraňovaných osob pomocí výstupu (sestupu) po žebříkové sadě. Dopravu hasiva na místo požáru hadicí položenou na žebříkové sadě. Dopravu požárního příslušenství a dalších technických prostředků.

Tab. 2.4 Technické údaje

Celková hmotnost	9 800 kg
Délka bez navijáku / šířka / výška	8 900 mm / 2 550 mm / 3 200 mm
Třída	Euro 5
Výkon motoru	92 kW / 2 300 ot./min.
Převodovka	manuální
Obsazení posádky	1 + 3
Nejvyšší dostup	30 m
Pohon žebříku	Hydraulická soustava na pohon motoru

Zdroj: (Technické prostředky požární ochrany).



Obr. 2.3 IFA AZ 30 W50 L

Zdroj: vlastní zpracování.

FORD RANGER 2,5D XL L-2-R

Velitelský automobil, který zajišťuje dopravu a zajištění činnosti velitele jednotky požární ochrany, nebo řídicího velitele na místo mimořádné události, zejména v těžkém a zatopeném terénu. Dále též slouží pro evakuaci obyvatel postižených mimořádnou událostí.

Tab. 2.5 Technické údaje

Celková hmotnost	3 140 kg
Délka/šířka/výška	5351 mm/1850 mm/1948 mm
Max. rychlost	175 km/hod.
Převodovka	manuální
Výkon motoru	110 kW/2300 ot./min.
Zdvihový objem	2499 cm ³
Pohon	4x4
Obsazení posádky	1+4
Podvozek	Ford Ranger

Zdroj: (Technické prostředky požární ochrany).



Obr. 2.4 FORD RANGER 2,5D XL

Zdroj: (Facebook).

Výbava:

Elektrický lanový naviják o tažné síle 35 kN, izolační dýchací přístroj, náhradní tlaková lahev, měnič napětí 12 V/230 V, přenosný hasicí přístroj práškový 6 kg, lékárnička, ruční LED svítilny v provedení ATEX (do výbušného prostředí), ruční vyprošťovací nástroj, pákové kleště, megafon, reflexní vesty k označení členů štábu velitele zásahu, prostředky pro označení místa události.

ŠKODA FABIA

Vozidlo je určeno pro převoz velitele HZS, pro obslužnost stanice a plní zpravidla hospodářskou funkci. V méně častých případech se dá OA využít při zásazích na tahání motorového člunu.

Tab. 2.6 Technické údaje

Celková hmotnost	1 270 kg
Délka/šířka/výška	4 232 mm/1 646 mm/1 451 mm
Max. rychlost	168 km/hod.
Motor	Zážehový, kapalinou chlazený čtyřválec
Převodovka	manuální
Podvozek	Samonosná ocelová karoserie s pohonem přední nápravy
Výkon motoru	47 kW/4 000 ot./min.
Zdvihový objem	1898 cm ³
Obsazení posádky	1+4

Zdroj: (Technické prostředky požární ochrany).

3 Analýza současného stavu (praktická část)

V praktické části se zaměřuji na sběr a zpracování dat vztahujících se k opravám konkrétních vozidel, které se nacházejí v HZS v Roudnici nad Labem, aby mohla být zhodnocena poruchovost v závislosti na četnosti výjezdů. Tato kapitola obsahuje empirické měření ukazatelů údržby v HZS v Roudnici nad Labem a statistické zpracování těchto údajů vedoucích k využití metody RCM – údržby zaměřené na bezporuchovost.





Analýza aktuálního stavu HZS Roudnice nad Labem byla provedena převážně na vozovém parku, nikoliv na technických prostředcích. Bylo zde doporučení na základě komunikace s velitelem jednotky, pozorování bylo provedeno v pravidelných intervalových návštěvách v roce 2019 a částečně v roce 2020.

V pozorované době jsem se zaměřil na program IKIS, kde jsou dohledatelné jednotlivé závady objemnějšího charakteru, viz Obr. 2.6. Vzhledem k epidemiologickému stavu, který nastal a který nastavil nouzový stav, byla provedena analýzy menšího charakteru.

Při navrhování metody RCM jsem se zaměřil na jednotlivé subjekty, které jsou uvedeny níže v dílčích tabulkách.

Každá oprava je závislá na funkčnost celé stanice, proto každá strategie na zlepšení efektivnosti je velmi důležitým posláním.

Seznam poruch zaměřený na jednotlivé komponenty:

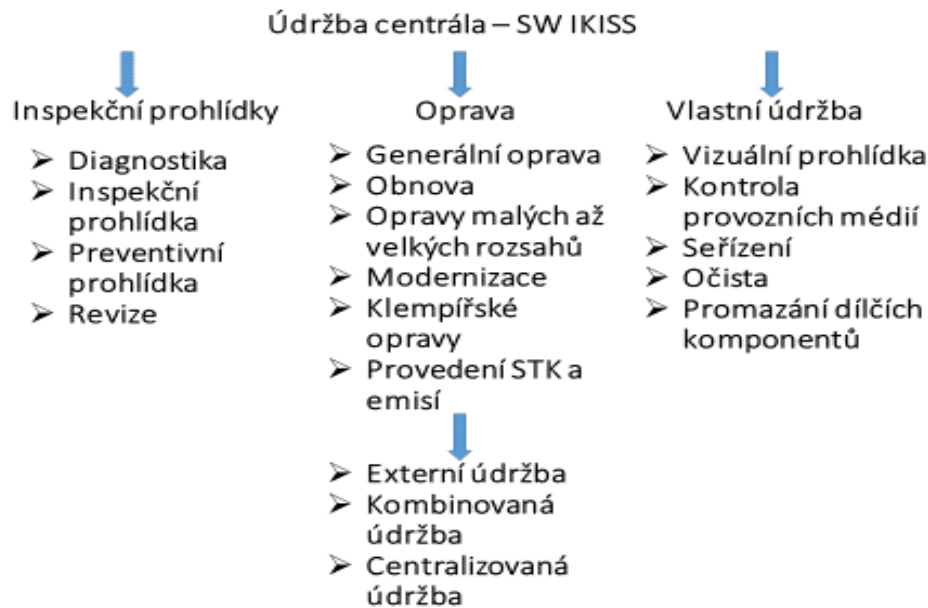
		Název + RZ (Evid. číslo)	Volací znak
	T	DA 8- A 30K (RZ: NBA 08-64)	
	T	plošina 30m	
	T	CAS 32 (RZ: NBA 15-68)	STU 732
	P	Hydraulické nůžky (EČ: 1287)	

Obr. 3.1 Náhled do pracovního příkazu IKIS

Zdroj: .interní zpracování.

3.1 Základní charakteristiky provozu HZS

Představíme si normu ČSN EN 13306, kde je stanovena kombinace technickoadministrativních a manažerských postupů během životaschopnosti daného produktu, který je zaměřen na jeho návratnou obnovu, aby mohl plnit požadovanou funkci. Při splnění optimálních podmínek a nákladů a požadavcích na bezpečnost. [9]



Obr. 3.2 Schéma údržby HZS v Reici n/L

Zdroj: vlastní zpracování.

HZS provádí řízení údržby celoplošně v programu IKIS (Obr. 2.7), kde je zahrnuta komplexní logistika údržby, jako je GPS vozidla, plánování, údržbové úkony, řízení lidských zdrojů atd. Program je manažersky náročný, sleduje vyhodnocení údržby, zvyšuje racionálnost a snižuje provozní náklady.

K jakémukoliv zásahu na vozidle jsou předurčeny vozové doklady:

Vozová kniha je průvodní část dokladu o vozidle, která slouží k evidenci pravidelných prohlídek (GO, pravidelná výměna médií, oprava agregátu, oprava čerpadla).

Zadávací list je pracovní příkaz, který zaznamenává evidenci činností na vlastní údržbové dílně. Tento ZL vystavuje velitel a slouží jako průvodní doklad k zajištění činnosti z důvodu BOZP.

Technický průkaz způsobilosti je prvotní doklad, kde jsou uvedeny základní údaje o technickém stavu, o uvedení věci do provozu a přesný popis detailní specifikace jednotlivých parametrů.

Revize neboli kontrola prostředku je stanovena výrobcem, technickou normou, nebo právním předpisem. Pro provedení revize je nutností zvláštního opatření a oprávnění a vždy se realizuje dodavatelsky.

STK je dle zákona č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích kontrola technického stavu a fungování silničního vozidla, jeho systémů, konstrukčních částí a dále samostatných technických celků a jejich vliv na životní prostředí.

Rozpis údržby vozidel, při kterém jsou prováděny pravidelné údržbové a servisní prohlídky jsou odborné činnosti, které probíhají v prostorách HZS. Zajišťují dva pracovníci, vykonávající službu na pracovišti. Všichni pracovníci jsou odborně a způsobilě proškoleni k provádění činností. Veškeré nastavené prohlídky se liší svým harmonogramem, výrobcem vozidla. Obecně lze konstatovat, u nových vozidel se prohlídka provádí ve speciálním režimu po 1tis. km/po 100hod. Další prohlídky jsou předepsány výrobcem a jsou prováděny dle rozpisu kontrol a na jednotlivé dílčí období.

„Denní servisní prohlídka (vlastní údržba)

Denní servisní prohlídka je kontrolou všeobecnou a obsahuje příkladný report provozuschopnosti po všech stránkách před případným výjezdem požární techniky:

- Stav čistoty – skla, SPZ, světlomety,
- funkčnost světlometů a signálních zařízení,
- nastartování motoru a poslech pravidelného chodu,
- doplnění provozních hmot – pohonné hmoty, olej v motoru a v agregátech, brzdová kapalina, voda, hasivo a pěnidlo v nádržích,
- stav nahuštěnosti pneumatik, jejich vzorku, upevnění kol,
- stav nástaveb, rozumí se tím uložení žebříku, plošiny aj.“

„Týdenní servisní prohlídka (vlastní údržba)

- Kontrola brzdového ústrojí a podvozku (45 min.),
- kontrola médií-(motor, servořízení, médium v chladicí soustavě (30 min.),
- kontrola filtrů a jejich vyčištění/odkalení (30 min),
- kontrola agregátů (35 min.).“

„Měsíční servisní prohlídka (externí údržba)

- kontrola elektro/akumulátoru (30min.),
- kontrola médií-motoru, servořízení, chladicí soustava (30min.),
- kontrola filtrů a jejich vyčištění/odkalení (30 min).“

„Roční servisní prohlídka (externí údržba)

- kontrola vozidla-motor, převodovka, diferenciál, podvozek (45min.),
- diagnostika brzdového ústrojí (30 min.),
- diagnostika náplní vozidla-mazání vozidla (45 min.),
- kontrola pneumatické části (30 min.),
- kontrola podvozku (30 min.).“

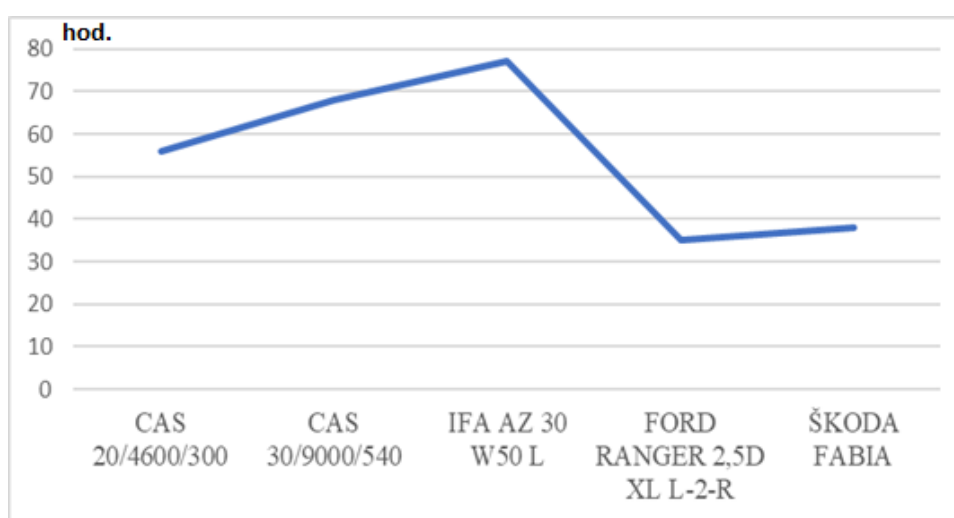
Tab. 3.1 Přehled výkonů a nákladů na vozový park

2019 / 2020	CAS 20/4600/300	CAS 30/9000/540	IFA AZ 30 W50 L	FORD RANGER 2,5D XL L- 2-R	ŠKODA FABIA	Průměr
Počet vozidel	2	2	2	1	2	
Ujetá výkonová vzdálenost	5 875 km	7 930 km	5 121 km	15 338 km	18 750 km	5 890 km
Údržba hod/100km	56	68	77	35	38	47
Přímé náklady (celkem)	454 tis Kč	563 tis Kč	304 tis Kč	199 tis Kč	118,5 tis Kč	182 tis Kč
Z toho: náklady na opravu 2019	365 tis Kč	497 tis Kč	260 tis Kč	178 tis Kč	102 tis Kč	156 tis Kč
Z toho: náklady na opravu 2020	89 tis Kč	66 tis Kč	44 tis Kč	21 tis Kč	16,5 tis Kč	26 tis Kč
Náklady materiálové	292 tis Kč	327 tis Kč	175 tis Kč	165 tis Kč	53 tis Kč	112 tis Kč
Náklady služby	162 tis Kč	236 tis Kč	129 tis Kč	34 tis Kč	65,5 tis Kč	70 tis Kč
NÁKLADY CELKEM	908 tis Kč	1 126 tis Kč	608 tis Kč	398 tis Kč	237 tis Kč	3 277 tis Kč

Zdroj: vlastní zpracování.

Uvedená Tab. 3.1 udává základní přehled výkonů a nákladů na provoz vozidel HZS. Jedná se celkem o 9 vozidel, z toho 4 cisternové automobilové stříkačky (CAS).

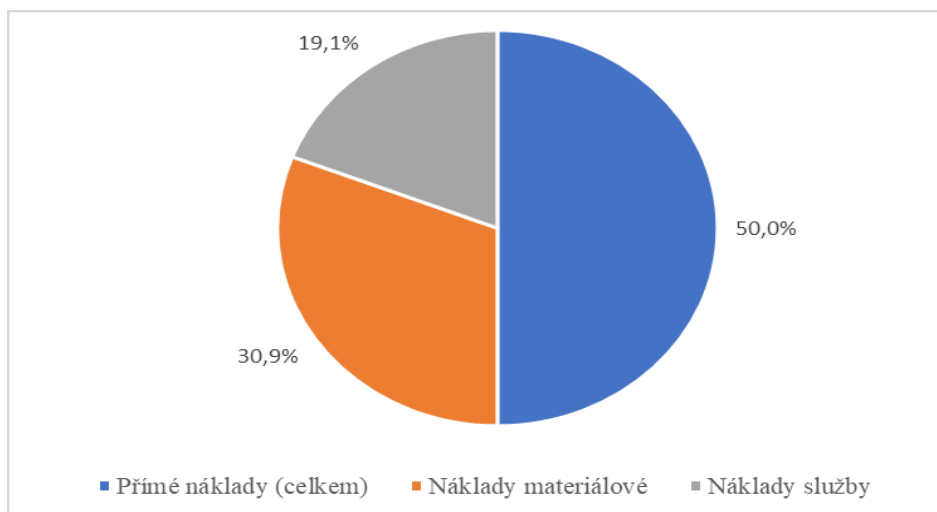
Relativní ukazatel údržby vyjádřený v hodinách na 100 km ujetých kilometrů ukazuje, že nejvyšší penzum času vyžaduje IFA a cisterna 30/9000/540 (srovnatelné počty 68 a 77 hodin na 100 km), nejméně naopak bylo potřeba pro osobní automobily Ford Ranger a Škoda Fabia, viz Graf 3.1. Tento čas zahrnuje veškerý čas potřebný na opravy (prováděné na stanici, u dodavatelů, v opravně apod.), tankování, běžnou údržbu, administrativní činnosti a v neposlední řadě i organizační nepřesnosti, jako je zpoždění dodavatelů oprav a dalších služeb a čekání na náhradní díly. Protože se jedná o relativní ukazatel na 100 km provozu, nebudu ho dále uvádět v přehledu na jedno vozidlo.



Graf 3.1 Průměrný počet hod. na údržbu na 100 km na vozidlo

Zdroj: vlastní zpracování.

Celkové náklady za sledované období na vozidlový park činily 3,277 milionu Kč. Průměrně každé vozidlo ujelo téměř 6 tisíc kilometrů a průměrnými náklady 364 tisíc Kč na jedno vozidlo. Z toho byly přímé náklady 182 tisíc Kč (50 %), materiálové náklady 112 tisíc Kč (31 %) a náklady na služby 70 tisíc Kč (19 %). Graf 3.2 ukazuje rozdělení celkových nákladů. Je zřejmé, že náklady na opravy vozidel tvoří největší část.



Graf 3.2 Rozdělení nákladů na chod vozidel 2019/2020

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 3.2 Přehled výkonů a nákladů na vozový park, náklady v tis. Kč

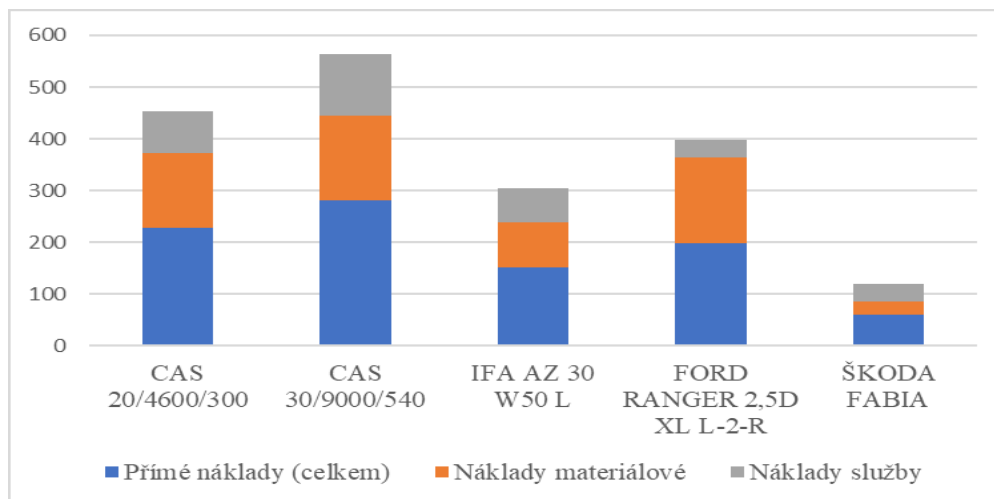
2019 / 2020	CAS 20/4600/300	CAS 30/9000/540	IFA AZ 30 W50 L	FORD RANGER 2,5D XL L- 2-R	ŠKODA FABIA
Ujetá výkonová vzdálenost	2 938	3 965	2 561	15 338	9 375
Údržba hod./100km	28	34	39	35	19
Přímé náklady (celkem)	227	282	152	199	59
Z toho: náklady na opravu 2019	183	249	130	178	51
Z toho: náklady na opravu 2020	45	33	22	21	8
Náklady materiálové	146	164	88	165	27
Náklady služby	81	118	65	34	33
NÁKLADY CELKEM	454	563	304	398	119

Zdroj: vlastní zpracování.

Je zřejmé, že jednotlivá vozidla mají jiný účel a používají se v extrémním prostředí (hašení požárů, zásahy v těžko dostupném terénu). Proto jsou náklady na jejich údržbu rozdílné, viz Tab. 3.2.

Nejvyšší náklady na jedno vozidlo byly na cisternu typu 30/9000/540, nejnižší naopak na osobní automobil Fabia, viz Graf 3.3 níže. Nejrizikovější skupinou zásahových vozidel

jsou oba typy CAS (CAS 20/4600/300 – S2 Z T815-2 4x4 a CAS 30/9000/540 – S3 VH T815-7 6x6), kde bylo zaznamenáno nejvíce vážných oprav. U vozidla IFA byla v minulém roce prováděna celková generální oprava (GO) motorové části za značné náklady. Tato oprava nebyla náhodná, ale věruhodná.



Graf 3.3 Průměrné náklady na vozidlo v tis.Kč

Zdroj: vlastní zpracování.

„Rozdíly mezi jednotlivými typy vozidel jsou dány také následujícími okolnostmi:

- **Typ vozidla:** cena náhradních dílů, oprav a dalších služeb je různá pro různé typy vozidla. Také spotřeba paliva se liší, v závislosti na motoru a dalších parametrech výkonu vozidla,
- **Stáří vozidla:** některé vozidla jsou staršího data a nespádají do záručních oprav svých dodavatelů, proto se opravy menšího charakteru provádí přímo na stanici (ač doposud v malé míře). Jestliže má být program co nejpřesnější, nesmí být nezhledněna jakákoliv sebemenší oprava,
- **Typ zásahu:** určitý typ vozidla je vhodný pro určitý typ zásahu (hašení, vyprošťování, preventivní činnost), při kterých může docházet k různým typům poškození. Z toho vyplývají různé náklady na opravy,
- **Způsob záznamu dat:** Na základě pozorování při sběru dat jsem zjistil, že zachycení a přenos informací není zcela přesný, poněvadž závisí na konkrétních jedincích, kteří vykonávají službu, a na dílčích opravách, které se provádí na stanici.“

U konkrétní HZS v Roudnici nad Labem je to cca 10 let, kdy se přecházelo z písemných stavů na stavy digitální. Tento proces se uskutečňoval souběžně a docházelo k němu zapisováním dat do softwaru IKIS. K tomuto kroku byl umožněn přístup do zaplombované archivace, kde bylo vše k nahlédnutí. Podle archivačního řádu jsou záznamy o údržbě 10 let a výše postupně

automaticky skartovány. V tomto rozhraní přechodu bylo obtížnější vybrat přesná data, poněvadž některé údaje nebyly úplné, nebyly k dispozici vůbec, zdály se nepřesné, část z nich nebylo je možno ověřit. S nepřesností ve vstupních datech dané administrativními procesy, přechodem na počítačový systém apod. je potřeba počítat při vyhodnocování dat a uvědomit si, že jistá míra nepřesnosti v datech je a nelze ji zcela odstranit, i když pro metodu RCM je potřeba co nejpresnějších vstupů.

3.1.1 Ukazatele údržby

Ve většině případech, kde se realizuje údržba je myšleno, mohu potvrdit, že i praktikováno-bez dostatečné informovanosti, tj. bez patřičné teorie spolehlivosti údržby. Nejde jen o zbytečné výpočty a vzorce, ale jde o podporu výstupů dat, kde se po výpočtech setkáme se zvýšenou kvalitou údržby.

Norma ČSN EN 15341 Údržba-klíčové indikátory výkonnosti údržby popisuje indikátory, z toho dva vycházejí z teorie spolehlivosti, a to střední doba mezi poruchami a střední doba do opravy [9].

Ukazatel pro střední dobu provozu se bude aplikovat na dílčí subjekty, CAS, motor, převodovka, podvozek, nápravy, dílna. Jakmile hodnota bude zvyšována, znamená to, že ukazatel spolehlivosti je vyšší, tzn. „vyšší bezporuchovost“.

Tato hodnota má nastavenou svou horní hranici.

Silné stránky

Údržba je pojata individuálně, záleží však na počtu najetých kilometrů, na výkonnostním ukazateli, který je měřen v hodinách. Tato data společně s informacemi jsou poté dále využita při vytváření osnov potřeb a rozsahu prováděných oprav v rámci celé periodické údržby. Důležitým faktorem pro údržbu je systém evidence oprav, opět chápáno individuálně, abychom identifikovali z konkrétní HZS, z konkrétních zásahů jejich dislokace. V praxi to chápeme tak, že HZS je garantem běžné provozní prohlídky, která zprostředkovává odbornou kontrolu o odpovídajícím technickém stavu.

Slabé stránky

Zde máme problematické statě a těmi jsou periodičita údržby, která je jednotvárně nastavena. V [2] se uvádí, že sledování průběhu je z hlediska provozního využívaných vozidel dosti cenným a osobitým údajem, který neobsahuje žádnou informaci

o skutečnosti využití na konkrétních výkonech v době plného obratu, výjezdů, nebo intervalu mezi dvěma po sobě jdoucími údržbovými zásahy.

Tato informace nemůže být nikdy 100% přesná, protože se může lišit z hlediska rozlišných řad vozidel, které jsou zařazeny do stejné údržovací skupiny. U moderních, novějších vozidel, kde je již nasazeno masivní automatické ovládání spojené se SW diagnostikou, jsou tyto problémy umocněny.

Rozvoj systému

S přihlédnutím k budoucnosti je nynější využívaný údržbový systém vozidel schopen dalšího rozvoje [2]. Pro tento předpoklad je vyžadáno usilovné zlepšení údržby, a to z hlediska digitalizace, dále z hlediska přerozdělení údržby jako celku.

Rozhodujícím kritériem jsou již v teoretické části zmíněné vstupní informace o technickém stavu vozidla. Celá problematika metody RCM, zaměřená na bezporuchovost je vhodným nástrojem pro stávající údržbu.

3.2 Popis závad na vozidlech HZS

Tab. 3.3 Popis závad na vozidlech HZS v období 2019/2020

sledované období 1/2019 - 3/2020	CAS 20/4600/300	CAS 30/9000/540	IFA AZ 30 W50 L	FORD RANGER 2,5D XXL L-2-R
motor	výměna oleje + filtrů diagnostika motoru	výměna oleje + filtrů nepravidelný chod motru	GO motoru výměna termostatu	výměna oleje + filtrů rozvodový řemen + kladka
převodovka	kontrola hladiny + doplnění	diagnostika automatické převodovky	výměna spojkového obložení	diagnostika
karosérie	oprava nosného rámu oprava blatníku	GO nápravy	oprava kabiny výměna čelního skla	výměna předního světlometu
náprava	výměna čepů přední nápr. kontrola diferenciálu diagnostika tlumičů	oprava uložení přípojného pohonu oprava shrnovacího mechanismu k agregátu	oprava uložení tlumičů	oprava elektroniky u tažného zař. výměna kloubu řízení
nádrž (voda, pěnídlo) plošina	oprava pláště + BOZP povrchu revize těsnosti	netěsnost na armaturách- oprava	oprava pohonu plošiny oprava nosné konstrukce	
čerpadlo NT, VT, proudové	GO NT čerpadla oprava komponentů VT čerpadla	čerpadlo dává malý výkon - oprava	oprava uložení(fréma)	
Potrubí sací, plnicí, ZK	výměna proudnice 4ks výměna armatury, BOZP nátěry			
Chlazení systému - vývěva (Trokomat)	Oprava chladiče výměna náplně	repase čerpadla	výměna chladiče výměna chl. kapaliny	diagnostika chl. systému doplnění provozních médií

Zdroj: vlastní zpracování.

Uvedená data jsou jen informačního charakteru, poněvadž se zde nemůžeme zabývat hospodářským výsledkem z hlediska zachraňování lidských životů občanů a majetku.

Z uvedených údržbových dat, viz Tab. 3.3 a Tab. 3.4. Tab. 3.5 ukazuje rozdělení do jednotlivých celků, aby bylo zřejmé porovnání údržbových zásahů jednotlivých komponentů a poté vyhotoven závěr s doporučením dílčích opatření.

Tab. 3.4 Detailní popis závad na vozidlech HZS v období 2019/2020

komponenta	závada	popis funkce
motor	diagnostika motoru	report správného chodu motoru a diagnostika řídicího systému
	termostat	technické zařízení pro udržení stále teploty v motoru
	rozvody	technické zařízení pro správné časování funkčnosti ventilů
	výměna oleje	mazadlo motorových soustav (minerál)
převodovka	výměna oleje	mazadlo převodových soustav (minerál)
	Tribotechnická diagnostika převodovky	důležitá kontrola funkčnosti. Jedná se o stav těsnosti, stav převodového oleje, který čelí vysokým teplotám, stav otěrových částic zachycených na magnetických zátkách. Zkoumání obsahu mědi v částicích.
karosérie	nosný rám	nosný spojovací prvek pro pro karosérii a části podvozku
	karoserie	technologická část vozidla
náprava	kontrola diferenciálu	mech.zařízení pracující na principu rozdělení otáček na výstupu
	tlumič	technické zařízení tlumící rázy
	GO nápravy	pevná část podvozku nesoucí kola
nádrž na vodu nádrž na pěnidlo plošina	oprava nádrže-plášť	zásobárna užitkové vody pro okamžitý zásah při použití NT, VT
	oprava pohonu plošiny	zařízení pro zdvih nad úroveň vozovky
čerpadlo NT čerpadlo VT	GO čerpadla	mechanické zařízení určené k přepravě vody
	sací část - oprava	
	uložení čerpadla	
	výtlačné potrubí	
Potrubí (sací, plnicí, ZK)	výměna proudnice	slouží k usměrnění proudu hasiva
	armatury	konstrukční prvek spojující jednotlivé komponenty systému
clazení systému	repase vývěvy	zařízení odčerpávající plyny, vzduch
	oprava chladiče	tepelný výměník (TV) pro výměnu tepla (princip zachování energie)

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 3.5 Údržbové náklady vozidel HZS Roudnice nad Labem

2019 / 2020	CAS 20/4600/300	CAS 30/9000/540	IFA AZ30 W50 L	FORD RANGER 2,5D XLL2-R	ŠKODA FABIA	Jednotka	Součet	Průměr na vozidlo
Ujetá výkonová vzdálenost	5 875	7 930	5 121	15 338	18 750	km	53 014	5 890
Údržba hod./100km	56	68	77	35	38		274	47
Počet vozidel	2	2	2	1	2		9	
Náklady na opravu 2019	365	497	260	178	102	tisíc Kč	1 402	156
Náklady na opravu 2020	89	66	44	21	17	tisíc Kč	237	26
Přímé náklady (celkem)	454	563	304	199	118,5	tisíc Kč	1 639	182
Náklady materiálové	292	327	175	165	53	tisíc Kč	1 012	112
Náklady služby	162	236	129	34	65,5	tisíc Kč	627	70
NÁKLADY CELKEM	908	1 126	608	398	237	3 277	3 277	364
Přímé náklady (celkem)	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%		50,0%	50,0%
Náklady materiálové	32,2%	29,0%	28,8%	41,5%	22,4%		30,9%	30,9%
Náklady služby	17,8%	21,0%	21,2%	8,5%	27,6%		19,1%	19,1%

Zdroj: vlastní zpracování.

3.3 SWOT

V této praktické části se budeme zabývat detailními rozbory jednotlivých částí metody SWOT, kde budeme vycházet z definiční strategie. Ideální strategií považujeme takovou, aby neutralizovala hrozby vnějšího prostředí, čerpala příležitosti ze stávajících silných stránek a slabé stránky, aby byly eliminovány.

Tato metoda je založena na principu kombinace silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb ve vnitřníma a vnějším okolí HZS Roudnice nad Labem.

Při analýze hrozeb jsem vycházel z komplexního okolí HZS.

Byla provedena SWOT analýza, viz Tab. 3.6:

Tab. 3.6 SWOT analýza

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> • Nízké stáří vozidel (kromě IFA) • Dopravní součinnost s ostatními IS • Napojení na infrastrukturu • Finanční chod napojený na státní aparát • Mladistvý kolektiv pracovníků 	<ul style="list-style-type: none"> • Tankování PHM v dojezdové vzdálenosti • Nízké zabezpečení PHM • Minimum kvalifikovaných pracovníků v oblasti údržby • Minimální sklady ND • 90 % zásahů realizováno dodavatelsky • Malé množství přípojných vozidel
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> • Vlastní autorizovaný servis v dojezdové vzdálenosti • Nová HZS + garáže s dílnou • Nové umístění HZS v Roudnici n/L 	<ul style="list-style-type: none"> • Provozování vozidla IFA • Státní regulace systému • Zastaralý rozvoj systému • Hrozba vstupu nových dodavatelů

Zdroj: vlastní zpracování.

4 Zpracování metody RCM

V praktické kapitole se zaměřuji na sběr dat vztahujících se k opravám konkrétních vozidel, které se nacházejí v HZS v Roudnici nad Labem, aby byla detailně zhodnocena poruchovost v závislosti na četnosti výjezdů.

Vycházím z aktuálních dat uvedených v kapitole 3.

Podle vypočítaných přenosů dat jsem zjistil, že tento přenos informací není z velké části přesný, poněvadž závisí na konkrétních jedincích, kteří vykonávají službu a na dílčích opravách, které se provádí. Uvedeme skutečnost, že některé vozidla jsou staršího data a nespádají do záručních oprav svých dodavatelů, proto se opravy menšího charakteru provádí přímo na stanici (ač doposud v malé míře). Jestliže má být program co nejpřesnější, nesmí být nezohledněna jakákoliv sebemenší oprava.

U konkrétní HZS v Roudnici nad Labem je to cca 10 let, kdy se přecházelo z písemných stavů na stavy digitální. Tento proces se uskutečňoval souběžně a docházelo k němu zapisováním dat do softwaru IKIS. K tomuto kroku byl umožněn přístup do zaplombované archivace, kde bylo vše k nahlédnutí. Archivace údržbových záznamů 10 let a výše bývají postupně automaticky skartovány. V tomto rozhraní přechodu bylo obtížnější vyselektovat přesná data, poněvadž některé údaje nebyly třeba pravdivé, smyšlené, nebo nebyly poskytnuty vůbec.

Aby byla metoda RCM správně pojata (v našem případě vycházíme z oprav za dané období), jsou vstupní data nedílnou součástí.

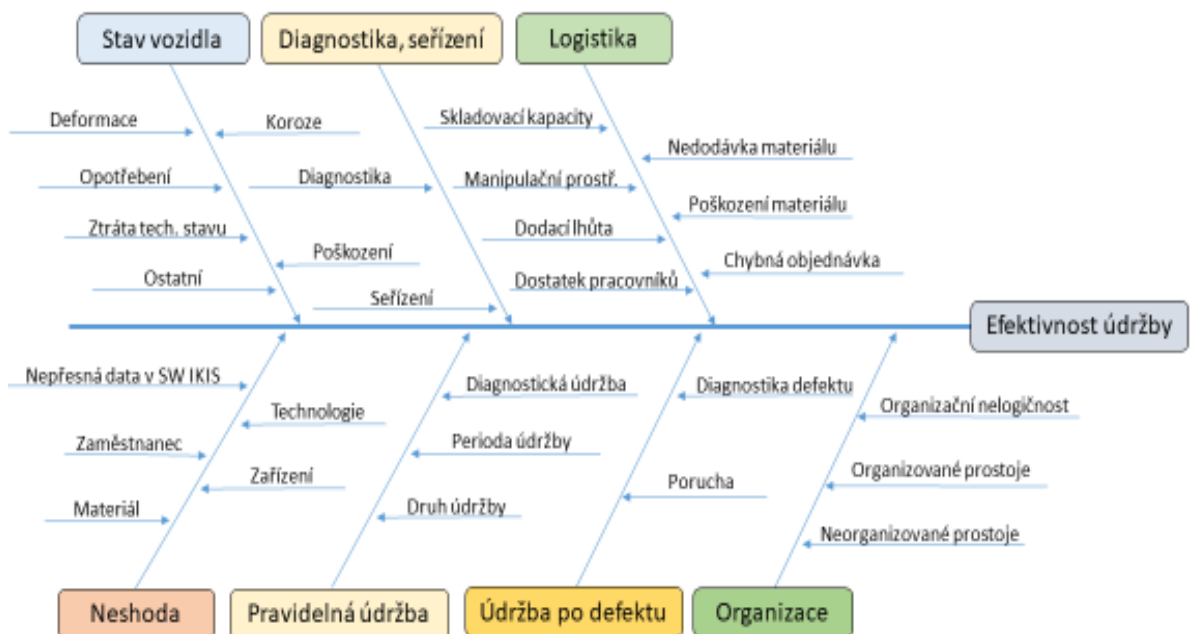
„V aplikovaném postupu RCM jsem vozový park zařadil do příslušných celků, kde je potřeba si rozčlenit činnosti:

- Pozorování a stanovení způsobu selhání,
- Pro každý způsob selhání stanovit odhad střední doby,
- Prozkoumání doby do poruchy,
- Uspořádání nového toku údržby,
- Vyhodnocení (BOZP, ŽP, ekonomické),
- Vypracování systému údržby.“

4.1 Program údržby RCM » zvýšení spolehlivosti

Cílem práce je zlepšení programu údržby. Tento program musí být jednoznačně efektivní, racionální a musí obsahovat pouze vybrané typy úkolů, které jsou nutné pro splnění konkrétních cílů. Nesmí obsahovat nadbytečnosti, protože by se to promítalo v nákladech na údržbu a nepřinášelo kvalifikované zvýšení vnitřně sjaté úrovně bezporuchovosti a efektivity.

Graf 4.1 ukazuje dílčí komponenty údržby:



Graf 4.1 Celková údržba vozidla – jednotlivé komponenty

Zdroj: vlastní zpracování.

4.1.1 Seskupení činností

Abychom navrhli jednotný program údržby pro případ hasičského sboru, je potřeba analyzovat pracovní výkazy s tím, že je nutno práce na údržbě vozidla racionálně seskupit, aby byla snížena doba prostoje a aby byl příznivě ovlivněn součinitel pohotovosti. To vše současně s co nejnižší pracností přípravy k realizaci úkolů. Sestavení jednotného programu vyžaduje vypracování souhrnného přehledu. Shrnutí výkazů tvoří jeden celek a slouží pro návrh programu RCM, viz níže uvedená Tab. 4.1.

Práce se musí racionálně seskupit, aby byla snížena doba prostojů a aby byl příznivě ovlivněn součinitel pohotovosti. To vše současně s co nejnižší pracností přípravy k realizaci úkolů.

V [2] se uvádí, že stanovené prohlídky musí vycházet z náchylnosti objektů, z rozsahu údržbářské činnosti v zóně a ze zkušeností výrobce vozidla a posléze provozovatele vozidla. Intervaly prohlídek by se měli blížit limitně intervalům, které byly analyzovány.

4.1.2 Pozorování a stanovení způsobu neprovoznosti

„Kvůli pozorování a stanovení poruch jsem sledoval:

- ukazatele spolehlivosti jednotlivých vozidel,
- poruchy z hlediska příčin, následků a četnosti,
- zapisování stavu náhradních dílů a včasnost provozuschopnost.“

Jelikož každá závada je vždy závislá na náhodném jevu, jsou zapotřebí vytvářet statistiky. Při sledování chování vozidla při jednotlivých zásazích je důležité správně nastavit sledovací proces, zda se jedná o poruchu náhodnou, či systematickou.

4.1.3 Výpočty vedoucí k efektivnosti

V praktické části práce čerpám z konkrétních oprav a navrhuji výpočty poruchových indikátorů pomocí statistických metod.

V teoretické části v kapitole o spolehlivosti byla definována doba do poruchy, která je nedílnou součástí výpočtu o spolehlivosti. Exponenciální rozdělení v tomto směru údržby nemůžeme použít, proto se zaměříme na výpočty s využitím Weibullova rozdělení, které je zobecněním exponenciálního rozdělení pro popis životnosti materiálů. Na rozdíl od exponenciálního rozdělení nepředpokládá Weibullovo rozdělení konstantní riziko výskytu sledované události v čase, ale uvažuje monotónní rizikovou funkci (tedy s časem monotónně rostoucí nebo klesající funkci), z čehož plyne také jeho širší uplatnění v praxi.

První parametr (parametr polohy) γ závisí na průběhu provozu, namáhání a materiálu.

Udává minimální hodnotu náhodné veličiny t , tj. minimální dobu, po jejíž uplynutí může nastat porucha. Tedy, lze ho interpretovat jako nejdříve možný čas, po jehož uplynutí může nastat porucha. Zde se nastavuje jako 0, protože porucha vozidel může nastat okamžitě po začátku jejich používání.

Druhý parametr (parametr měřítka) η mění měřítko na časové ose, například hodiny,

měsíce, cykly atd. Určuje roztažení rozdělení na x-ové ose. Parametr měřítka udává dobu (tj. např. počet hodin/cyklů), při kterých došlo k poruše u 63,2 % výrobků, tj. že tuto dobu přežije 36,8 % výrobků. Parametr měřítka bývá proto někdy nazýván Weibullovým charakteristickým životem, protože bez ohledu na aktuální tvar rozdělení 63,2 % populace se porouchá v čase $t = \eta + \gamma$.

Třetí parametr (parametr sklonu) β závisí na četnosti poruch. Vzhledem k této flexibilitě existuje mnoho empiricky zjištěných intenzit poruch, které mohou být vhodně modelovány Weibullovým rozdělením, například čas do poruchy elektronických součástí, čas do poruchy objektů, které jsou opotřebený, systémy, kde porucha nastane při poruše nejslabší komponenty systému. Nejčastěji nabývá hodnot mezi 0,5 a 0,8.

Náhodná veličina X čas do poruchy vozidla se chová podle Weibullova rozdělení $X \sim W(0, \eta, \beta)$ a je to případ dvouparametrického Weibullova rozdělení.

Pro správný výpočet pravděpodobnosti v rizikovém provozu uvažujeme distribuční funkci Weibullova rozdělení:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Známe-li střední dobu mezi poruchami a prostoj za poruchu, můžeme vypočítat

součinitel pohotovosti:

$$K_p = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}).$$

Dalším zde důležitým výpočtem je **střední počet poruch**, který znamená převrácenou hodnotu střední doby připadajících na jedno vozidlo (výrobek, zařízení) za jednotku času:

$$n_1 = n / \sum t_p = 1 / \text{MTBF}.$$

Pravděpodobnost, ke které je nutno přihlídnout, je součinitel prostoje za poruchu, protože v tuto chvíli je stroj mimo provoz:

$$K_0 = 1 - K_p.$$

4.1.4 Četnost a trvání poruch

Jednotlivé komponenty jsou vybrány k analýze z důvodu největší pravděpodobnosti oprav ve sledovaném období. Doba do případné poruchy byla stanovena na základě teoretických zkušeností z konkrétní HZS kvalifikovanými pracovníky, a to velitelem, strojníkem a mechanikem dodavatelské údržby vozového parku. Odhad doby do poruchy uvádí následující Tab. 4.3.

Sloupce ukazují rozdíly, jak by se mohla prodloužit doba fungování nejčastěji poruchových součástí vozidla, pokud by byla nastavena lepší úroveň péče (údržba). Zřetelně největší zlepšení (prodloužení doby fungování vozidla do poruchy) bylo odhadnuté při péči o nápravu (z 1 měsíce, tj. 0,083 roku, na 1 rok nebo dokonce na 2 roky, to je zlepšení o 1100 %, respektive o 2300 %). V průměru se lze dostat na prodloužení fungování částí vozidla, které by při své poruše zapříčinily chod celého vozidla, o 948 %.

Tab. 4.3 Tabulka s výpočtovými hodnotami

	zlepšení (prodloužení doby bez poruchy) o:		
	2 versus 1	3 versus 2	3 versus 1
	150%	160%	550%
	350%	78%	700%
	300%	400%	1900%
	1100%	100%	2300%
	500%	100%	1100%
	300%	100%	700%
	100%	50%	200%
	67%	40%	133%
Max	1100%	400%	2300%
Průměr	358%	128%	948%

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 4.4 Odhad doby do poruchy a prodloužení doby v %

	Bez údržby (1)	Vlastní údržba (2)	Dodavatelská údržba (3)	(2) versus (1)	(3) versus (2)	(3) versus (1)
Motor	1 rok	2,5 roku	6,5 roku	150 %	160 %	550 %
Převodovka	1 rok	4,5 roku	8 let	350 %	78 %	700 %
Karoserie	3 měsíce	1 rok	5 let	300 %	400 %	1900 %
Náprava	1 měsíc	1 rok	2 roky	1100 %	100 %	2300 %
Nádrž (voda, pěnídlo)	3 měsíce	1,5 roku	3 roky	500 %	100 %	1100 %
Čerpadlo (NT, VT)	3 měsíce	1 rok	2 roky	300 %	100 %	700 %
Potrubí	1 rok	2 roky	3 roky	100 %	50 %	200 %
Chlazení systému	1,5 roku	2,5 roku	3,5 roku	67 %	40 %	133 %
Průměrné zlepšení o				358 %	128 %	948 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Časy v předchozí Tab. 4.4 považuji za empirické odhady **MTBF**, střední doby mezi poruchami. Záměrně neoznačuji takovou úroveň jako optimální, protože nemám dostatek informací a pozorování, které by vedly k takovému závěru.

Doba údržby, udávaná v hodinách na 100 km provozu, mě vedla k další úvaze. Nejprve jsem vypočítal celkovou dobu věnovanou údržba jako součin údržby [v hod/100 km] a kilometrů provozu děleno 100. To dává 25 119 hodin za sledované období. Tato hodnota, 25 119 hodin, je v průměru 2 791 hodin na jedno vozidlo z vozového parku HZS Roudnice nad Labem, což je 0,319 roku, tedy asi 3,8 měsíce. To je opravdu vysoké časové zatížení celého sboru a má smysl se zabývat metodami vedoucími k jeho snížení.

Určil jsem průměrnou dobu údržby na 100 km na typy vozidel jako vážený průměr:

$$\frac{\text{Celkový počet hodin údržby [hod]} \quad 25\,119}{\text{Celkový objem km [100 km]} \quad 53\,014} = \text{-----} = \mathbf{47,38 \text{ hodin.}}$$

Čas 2 791 hodin = 0,319 roku na údržbu připadající v průměru na jedno vozidlo z vozového parku HZS Roudnice nad Labem považuji za **MTTR**, tedy dobu, po kterou je vozidlo v opravě. Vypočítal jsem průměr na vozidlo, protože nemám k dispozici vstupy dle jednotlivých typů vozidla (CAS, IFA, Ford Ranger, Škoda Fabia).

Znovu uvádím, že údržba zde je myšlena v širším smyslu, nejen opravy v případě poruchy, ale i čas tankování PHM, běžné údržby a péče a administrativních úkonů.

MTBF v Tab. 4.4 (odhad doby do poruchy)

MTTR = **0,319 roku**

Následují tabulky (Tab. 4.5 a Tab. 4.6) s vypočítanou střední dobou poruch a součinitelem pohotovosti dle uvedených vzorců: $n_1 = 1/\text{MTBF}$ a $K_p = \text{MTBF}/(\text{MTBF} + \text{MTTR})$.

Tab. 4.5 Střední počet poruch

n_1	Bez údržby	Vlastní údržba	Dodavatelská údržba
Motor	1,00	0,40	0,15
Převodovka	1,00	0,22	0,13
Karoserie	4,00	1,00	0,20
Náprava	12,00	1,00	0,50
Nádrž (voda, pěnidlo)	4,00	0,67	0,33
Čerpadlo (NT, VT)	4,00	1,00	0,50
Potrubí	1,00	0,50	0,33
Chlazení systému	0,67	0,40	0,29
Maximum	12,00	1,00	0,50
Průměr	3,46	0,65	0,30

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 4.6 Součinitel pohotovosti v %

K_p	Bez údržby	Vlastní údržba	Dodavatelská údržba
Motor	75,8 %	88,7 %	95,3 %
Převodovka	75,8 %	93,4 %	96,2 %
Karoserie	44,0 %	75,8 %	94,0 %
Náprava	20,7 %	75,8 %	86,3 %
Nádrž (voda, pěnidlo)	44,0 %	82,5 %	90,4 %
Čerpadlo (NT, VT)	44,0 %	75,8 %	86,3 %
Potrubí	75,8 %	86,3 %	90,4 %
Chlazení systému	82,5 %	88,7 %	91,7 %

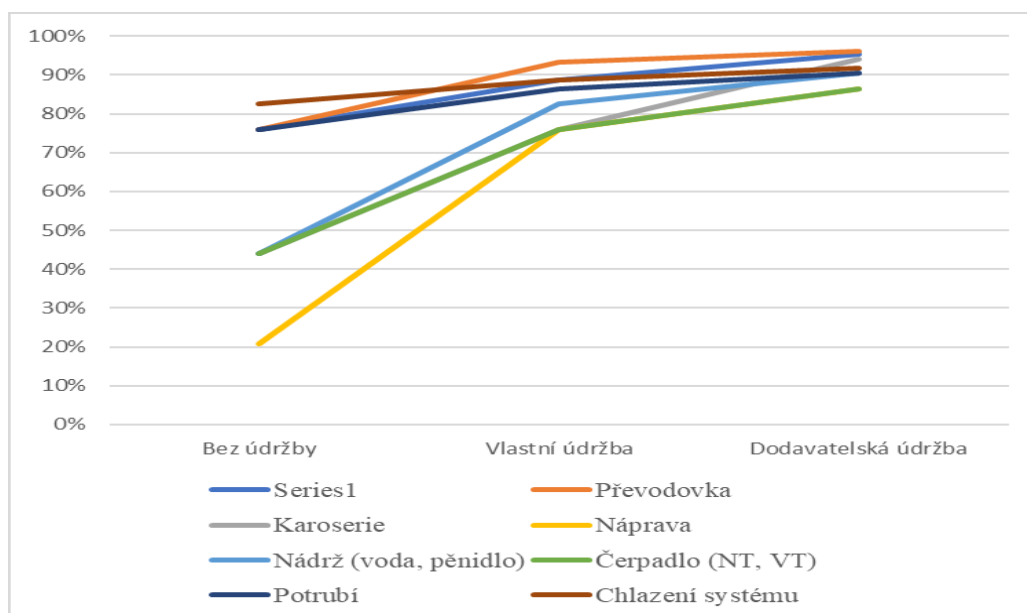
Zdroj: vlastní zpracování.

4.1.5 Vyhodnocení výpočtů

Za zjednodušujících předpokladů lze výpočty uvedené v předchozích dvou tabulkách interpretovat následujícím způsobem:

Střední počet poruch se v případě důsledné péče pomocí dodavatelské údržby snižuje z několik (až 12 v případě nápravy) na méně než jednu za sledované období. V průměru z 3,5 opravy na 0,5 opravy, konkrétně to je **zlepšení o 91 %**.

U součinitele pohotovosti se hodnoty mezi 21 % a 82 % mohou zlepšit do intervalu mezi 86 % a 96 %. To ilustruje následující graf. Odhadované **zlepšení je tak o několik desítek procentních bodů**, například u nápravy o 65,5 procentního bodu. Už vlastní údržba přináší podstatné zlepšení u všech vyjmenovaných částí vozidla, viz Graf 4.2.



Graf 4.2 Součinitel pohotovosti – odhadované zlepšení

Zdroj: vlastní zpracování.

Zjednodušující předpoklady, které jsem zmínil, jsou tyto:

1. Nezvažuji souběh selhání různých částí auta. Výpočet jsem provedl nezávisle pro jednotlivé části (motor, převodovka, karoserie, náprava atd.), ačkoliv v praxi by opravy probíhaly souběžně. U preventivních kontrol a oprav by se kontrolovalo více částí vozidla. V případě poškození, například při výjezdu k požáru, by se opět kontrolovalo

více částí (všechny důležité části) vozidla a došlo by k jejich opravě. Tento typ úvah a propočtů je již nad rozsahem této práce.

2. Odhadované propočty jsou hodnoceny pro „průměrné“ vozidlo v HZS Roudnice nad Labem. Takové neexistuje. Vozidla nasazovaná při zásazích hasičského sboru jsou namáhána jiným způsobem než osobní automobily a vystaveny jiným rizikům.

3. Nepřesnosti ve vstupních datech, nedostupnost nedigitalizovaných dat a omezení provozu v době karantény nedovolují detailní analýzy pro každé vozidlo zvlášť a za delší časové období, které je uvedeno v Tab. 4.7:

Tab. 4.7 Průměr na vozidlo daného typu

2019 / 2020	CAS 20/4600/300	CAS 30/9000/540	IFA AZ 30 W50 L	FORD RANGER 2,5D XL L-2-R	ŠKODA FABIA	
Ujetá výkonová vzdálenost	2 938	3 965	2 561	15 338	9 375	
Náklady na opravu 2019	183	249	130	178	51	
Náklady na opravu 2020	45	33	22	21	8	
Přímé náklady (celkem)	227	282	152	199	59	
Náklady materiálové	146	164	88	165	27	
Náklady služby	81	118	65	34	33	
NÁKLADY CELKEM	454	563	304	398	119	
hodin údržby celkem	3 290	5 392	3 943	5 368	7 125	25 119
hodin údržby na jedno vozidlo						2 791
roky údržby celkem	0,376	0,616	0,450	0,613	0,813	2,867
roky údržby na jedno vozidlo						0,319

Zdroj: vlastní zpracování.

4.1.6 Analýza tankování PHM

Dále byl pozorován poruchový stav motorových agregátů, proto jsem se zaměřil na podrobnější diagnostiku motoru. Poruchy tohoto důležitého agregátu byly za posledních 15 měsíců četné a po konzultacích s vedením HZS byly tyto poruchy již

dříve. Kritériem těchto četností bylo zmapováno tankování PHM u smluvního partnera Benzina v Litoměřicích.

Po konzultaci s vedením HZS mi byla odsouhlasena analýza ohledně tankování PHM, kde jsme testovali na 4 různých čerpacích stanicích. Po ujetí příslušných náhodných km jsem vyhodnotil stav a v poslední řadě spotřebu paliva.

Byl proveden zkušební plán a to, že řidič uskuteční testovací jízdy v běžném provozu i v rizikovém provozu. Počty ujetých kilometrů jsou náhodně vybrány a výsledky všech testů, změřené průměrné spotřeby na 100 km jsem podrobil detailní analýze rozptylu.

Uvedená Tab. 4.8, mi umožnila zjistit, zda jednotlivé druhy různých jakostí PHM mají vliv na spotřebu a na řídicí systém vozidla, který je spojen s motorovou částí vozidel.

Tab. 4.8 Analýza pozorování průměrné spotřeby (1-20)

1	A	B	C	D	E	F
Aral	7,5	6,9	7,9	7,3	6,9	7,8
Shell	7,6	7,2	7,5	8	7,3	8,2
Benzina	8,1	7,8	7,6	7,8	6,9	6,9
Slovnaft	7,3	7,2	7,5	8,2	7,7	7,7
2	A	B	C	D	E	F
Aral	7	6,4	7,4	6,8	6,4	7,3
Shell	7,1	6,7	7	7,5	6,8	7,7
Benzina	7,6	7,3	7,1	7,3	6,4	6,4
Slovnaft	6,8	6,7	7	7,7	7,2	7,2
3	A	B	C	D	E	F
Aral	6,9	6	7	6,5	6	6,9
Shell	7	6,3	6,6	7,2	6,4	7,2
Benzina	7,5	6,9	6,7	7	6	5,9
Slovnaft	6,7	6,3	6,6	7,4	6,8	6,7
4	A	B	C	D	E	F
Aral	7,4	6,5	7,5	7	6,6	7,5
Shell	7,5	6,8	7,1	7,7	7	7,8
Benzina	8	7,4	7,2	7,5	6,6	6,5
Slovnaft	7,2	6,8	7,1	7,9	7,4	7,3

5	A	B	C	D	E	F
Aral	8,2	7,5	7,8	8,4	7,7	8,5
Shell	8,7	8,1	7,9	8,2	7,3	7,2
Benzina	7,9	7,5	7,8	8,6	8,1	8
Slovnaft	7,9	7,5	7,8	8,6	8,1	8
6	A	B	C	D	E	F
Aral	7,4	6,7	7	7,6	6,9	7,7
Shell	7,8	7,2	7	7,3	6,4	6,3
Benzina	7	6,6	8,5	9,3	8,8	8,7
Slovnaft	7,6	7,2	7,5	8,3	7,8	7,7
7	A	B	C	D	E	F
Aral	8,1	7,5	7,9	7,7	7,5	8,4
Shell	8,5	8	7,9	7,4	7	7
Benzina	7,7	7,4	9,4	9,4	9,4	9,4
Slovnaft	8,3	8	8,4	8,4	8,4	8,4
8	A	B	C	D	E	F
Aral	8,3	7,7	8,1	7,9	7,7	8,6
Shell	8,7	8,2	8,1	7,6	7,2	7,2
Benzina	7,9	7,6	9,6	9,6	9,6	9,6
Slovnaft	8,5	8,2	8,6	8,6	8,6	8,6
9	A	B	C	D	E	F
Aral	8,5	7,9	8,3	8,1	7,9	8,8
Shell	8,9	8,4	8,3	7,8	7,4	7,4
Benzina	8,1	7,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Slovnaft	8,7	8,4	8,8	8,8	8,8	8,8
10	A	B	C	D	E	F
Aral	8,2	7,6	7,9	8,2	8	8,9
Shell	9	8,1	7,9	7,9	7,5	7,5
Benzina	8,2	7,5	9,4	9,9	9,9	9,9
Slovnaft	8,8	8,1	8,4	8,9	8,9	8,9
11	A	B	C	D	E	F
Aral	8,9	8,4	8,3	8,3	8,6	9,6
Shell	9,7	8,9	8,3	8	8,1	8,2
Benzina	8,9	8,3	9,8	10	10,5	10,6
Slovnaft	9,5	8,9	8,8	9	9,5	9,6

12	A	B	C	D	E	F
Aral	9,4	8,6	8,8	8,8	9,2	9,2
Shell	10,2	9,1	8,8	8,5	8,7	7,8
Benzina	9,4	8,5	10,3	10,5	11,1	10,2
Slovnaft	10	9,1	9,3	9,5	10,1	9,2
13	A	B	C	D	E	F
Aral	8,9	8,1	8,5	8,2	8,7	8,7
Shell	9,7	8,6	8,5	7,9	8,2	7,3
Benzina	8,9	8	10	9,9	10,6	9,7
Slovnaft	9,5	8,6	9	8,9	9,6	8,7
14	A	B	C	D	E	F
Aral	8,8	7,7	8,1	7,9	8,3	8,3
Shell	9,6	8,2	8,1	7,6	7,8	6,8
Benzina	8,8	7,6	9,6	9,6	10,2	9,2
Slovnaft	9,4	8,2	8,6	8,6	9,2	8,2
15	A	B	C	D	E	F
Aral	9	8,5	9	8	8,9	9
Shell	9,8	9	9	7,7	8,4	7,5
Benzina	9	8,4	10,5	9,7	10,8	9,9
Slovnaft	9,6	9	9,5	8,7	9,8	8,9
16	A	B	C	D	E	F
Aral	9,2	8,7	9,2	8,1	9,1	9,2
Shell	10	9,2	9,2	7,8	8,6	7,7
Benzina	9,2	8,6	10,7	9,8	11	10,1
Slovnaft	9,8	9,2	9,7	8,8	10	9,1
17	A	B	C	D	E	F
Aral	9,9	9,4	9,9	8,8	9,8	9,6
Shell	10,7	9,9	9,9	8,5	9,3	8,1
Benzina	9,9	9,3	11,4	10,5	11,7	10,5
Slovnaft	9,9	9,3	11,4	10,5	11,7	9,5
18	A	B	C	D	E	F
Aral	7,5	6,9	9	7,3	6,9	7,8
Shell	7,6	7,2	7,5	8	7,3	8,2
Benzina	8,1	7,8	9,9	7,8	6,9	6,9
Slovnaft	7,3	7,2	8,9	8,2	7,7	7,7

19	A	B	C	D	E	F
Aral	8,2	7,7	9,4	7,5	7,5	8,5
Shell	8,3	8	7,9	8,2	7,9	8,9
Benzina	8,8	8,6	10,3	8	7,5	7,6
Slovnaft	8	8	9,3	8,4	8,3	8,4
20	A	B	C	D	E	F
Aral	8,9	8,3	9,8	7,6	7,6	9,2
Shell	9	8,6	8,3	8,3	8	9,6
Benzina	9,5	9,2	10,7	8,1	7,6	8,3
Slovnaft	8,7	8,6	9,7	8,5	8,4	9,1

Zdroj: vlastní zpracování.

Anova: Single Factor (č. 17)

Tab. 4.9 Řešení

SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Aral	6	57,4	9,566666667	0,178666667		
Shell	6	56,4	9,4	0,94		
Benzina	6	63,3	10,55	0,807		
Slovnaft	6	62,3	10,38333333	0,993666667		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	5,968333333	3	1,989444444	2,725888711	0,071295181	3,098391212
Within Groups	14,59666667	20	0,729833333			
Total	20,565	23				

Zdroj: vlastní zpracování.

Z uvedené Tab. 4.9, jednofaktorové analýzy rozptylu vychází, že jakost motorové nafty zásadně neovlivňuje průměrnou spotřebu vozidla a ani řídicího systému.

Provoz u HZS je velmi rizikový a chaotický. Tuto analýzu jsem provedl z četností poruch spojených s palivovým systémem a poruch motoru, dále z méně dostupných konkrétních údržbových dat.

Porucha čerpacích zařízení na CAS – odhad střední doby

V HZS Roudnici nad Labem máme u jednotlivých CAS čerpacích zařízení, které je spjato pevně s konstrukcí vozidla. Na každém vozidle byly provedeny zkoušky těchto zařízení, kde bylo cílem zjistit střední hodnotu, neboli hodnotu do chvíle, kdy nastane defekt.

Dle vztahu $T_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ vypočteme průměrnou dobu nastávající poruchy.

T_i je doba do nastávající poruchy u daného čerpadla,

N je počet cyklů, defektů.

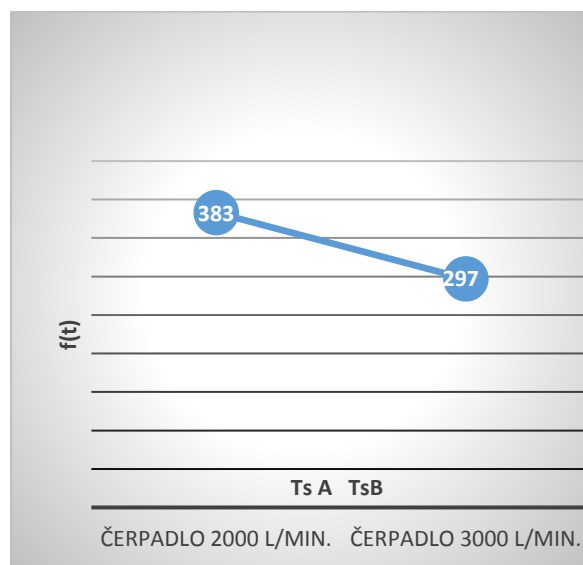
Tab. 4.10 Odhad střední doby

	Čerpadlo 2000 l / min.	Čerpadlo 3000 l / min.
	(A)	(B)
1	25	20
2	40	55
3	115	224
4	150	291
5	160	315
6	216	325
7	420	400
8	765	420
9	890	430
10	1050	485
	$T_s = 383$	$T_s = 297$

$f(t)$ - hustota pravděpodobnosti

T_{sA} - odhad střední doby do 1. nastávající poruchy

T_{sB} - odhad střední doby do 1. nastávající poruchy



Graf 4.3 Graf střední doby do poruchy

Zdroj: vlastní zpracování.

Zdroj: vlastní zpracování.

Jestliže porovnáme dva typy čerpacích zařízení, které jsou umístěny na konkrétních vozidlech, tak máme u T_{sA} hodnotu s nižší procentuální poruchovostí, než u T_{sB} .

Z mnou provedených a naměřených údajů je jednoznačné, že 60% čerpacích zařízení bude mít defekt dříve, než je střední doba Ts. U čerpacího zařízení 3000 l/min. je poruchovost na 40 %. Z těchto údajů je zřejmé, že střední hodnota není vždy přesným parametrem, který odhaduje a z velké části dává vodítko náhodné veličiny (Tab. 4.10 a

Graf 4.3). Dle sloupcového histogramu zjistíme průběh náhodné veličiny. Sloupce v něm nám udávají četnosti, stupnice na vodorovné ose je v našem případě v hodinách a šířka sloupce je úměrná veličině posuzované.

Interval spolehlivosti:

Další četné poruchy byly u čerpacích zařízení u nejmíce využívaných vozidel CAS.

Po dobu 15 měsíců bylo provedeno místními pracovníky pozorování čerpacího zařízení, v počtu 250ks. Tyto údaje jsou nezbytné pro výpočet spolehlivosti dané technologie.

Měřili jsme průměr čerpadla na vačkovém hřídeli za předpokladu normálního rozdělení souboru. Z výsledků měření byl určen výběrový průměr a výběrový rozptyl:

$$x_p = 995,6 \quad s^2 = 134,7$$

Pro výpočet kritické hodnoty normálního rozdělení pomocí předdefinované funkce = **NORMSINV**

$$P = \alpha$$

$$P \left(\mu \in \left(\bar{x} - u_p \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \bar{x} + u_p \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \right) = 1 - p$$

počet pozorování		250
Průměr		995,60
výběrový rozptyl		134,70
výběrová směrodatná odchylka		11,61
		alfa = 0,05
kritická hodnota normálního rozdělení		1,96
dolní mez intervalu spolehlivosti pro střední hodnotu		994,16
horní mez intervalu spolehlivosti pro střední hodnotu		997,04

95% interval spolehlivosti pro funkčnost dodávaných čerpadel do výtlačné části je 994,16 až 997,04.

5 Zhodnocení navrhovaného řešení

V mnou zkoumané metodě jsem přiblížil údržbu HZS vozového parku zaměřenou na opravy důležitých komponent.

Při vyhotovení výsledků použité analýzy metody RCM jsem navrhl změny v údržbě.

Doba do poruch netěsností a úniků na provozních armaturách byla necelé dva roky a po konzultaci s veliteli příslušných čet bylo zjištěno, že tyto závady trvají ne pravidelně v četnosti cca dva roky. Proto navrhuji pravidelnou kontrolu těchto komponent každým rokem, kde bude vyhotoven přesný rozpis a popis dílčích kontrol.

Navrhuji zefektivnění diagnostiky a kontroly čerpacích zařízení. Tyto opravy nejsou nijak nastaveny, proto bych zefektivnil roční prohlídku, do které bych toto zařadil.

Dalším prvkem, který bych zařadil do měsíční prohlídky je diagnostika náprav, poněvadž samotná kontrola zabere 1 hodinu, kde z této kontroly jsme schopni diagnostikovat stav zařízení.

Při propočtu údržby jsem zjistil vysoké náklady na pravidelné výměny olejů, ať už motorový, převodový, hydraulický. Tyto náklady zatím necháme na stejném parametru, neboť většina nových CAS a vozidel je hlídána elektronickou diagnostikou, kterou mají v garantovaných servisech.

Např. u vozidla IFA bych tento úkon provedl vlastními silami, kde zaznamenáme další snížení nákladů.

Navrhuji vykonávat měsíční servisní prohlídku vlastními silami ve své údržbové dílně, z důvodu častých přejezdů k subdodavateli na plánované intervaly kontrol. V tomto směru údržby budou pracovníci HZS důkladněji proškoleni k vykonání servisních úkonů dle potřebných parametrů.

Všechny tyto úkony jsou hodně individuální v závislosti na četnosti výjezdů a terénu.

Závěr

Touto prací jsem přiblížil a zhodnotil funkčnost stanoveného modelu strategie údržby a provozu prostředků u HZS v Roudnici nad Labem.

Největší částí metody RCM je přesné posouzení jakéhokoliv možného selhání zařízení, které je využíváno jak v provozu, tak i mimo provoz. Jsou zde zohledněny všechny provozní a bezpečnostní vlivy s minimálním dopadem na životní prostředí.

Výsledkem celého kontextu dané studie jsou co nejpřesnější požadavky pro správu tak, aby vozový park mohl být provozován na požadované úrovni bezpečnosti a spolehlivosti s nejmenší eliminací vedlejších vlivů. Z hlediska vlastníka je toto rozhodující fakt jako celku.

Úroveň, která je bezpečně akceptovatelná je součástí výpočtu pravděpodobnosti poruchy.

Po důsledné aplikaci RCM pracovníky, kterým na závěru záleží a jsou trvale a osobně zainteresovaní do procesu, se výsledky obvykle velmi rychle dostaví. Ke zpracování požadavků na údržbu klíčových zařízení využívají v praxi velmi mnoho organizací svých vlastních zaměstnanců.

Je-li metoda RCM správně aplikována, výsledkem je vždy lépe zaměřena, systematictější a efektivnější údržba, což je jedním z nezbytných znaků odpovědného managementu hmotných prostředků.

Největším přínosem metody RCM je správné nasměrování stávající údržby na vozový park, odstranění zásahů, které spadaly do týdenní kontroly, které nebyly tak efektivní. Máme zde na malém množství vozidel menší úsporu nákladů, snížení počtu oprav, ač je to čistě specifická analýza. U všech integrovaných složek se nemůžeme nikdy trefit přesnějším ukazatelem, z důvodu nepředvídatelných zásahů, výjezdů apod.

Seznam zdrojů

- [1] MOUBRAY, John. *Reliability-centered maintenance*. 2nd ed. New York: Industrial Press, c1997. ISBN 08-311-3078-4.
- [2] FAMFULÍK, Jan a Jana MÍKOVÁ. *Teorie údržby* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita, [2008] [cit. 2020-03-11]. ISBN 978-80-248-1509-1.
- [3] DANĚK, Alois, Jaromír ŠIROKÝ a Jan FAMFULÍK. *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*. Ostrava: Repronis, 1999. ISBN 80-8612241-7.
- [4] DANĚK, Alois. *Oprávenství silničních vozidel: (vybrané statě)*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2000. ISBN 80-707-8779-1.
- [5] DRAHOTSKÝ I., ŘEZNÍČEK B., 2003. *Logistika–procesy a jejich řízení*. Brno: Computer Press. ISBN 80-7226-521-0.
- [6] FOTR J., 2012. *Tvorba strategie a strategické plánování: teorie a praxe*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3985-4.
- [7] KRATOCHVÍL, Michal a Václav KRATOCHVÍL. *Technické prostředky požární ochrany*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2007. ISBN 978-80-86640-86-0.
- [8] Zákon č. 361/2003 Sb. o služebním poměru příslušníků bezpečnostních sborů, ve znění pozdějších předpisů
- [9] LEGÁT, Václav. *Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007. ISBN 978-80-02-01949-7.
- [10] SBÍRKA interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR a NMV
- [11] Bez spolehlivosti není jakosti (sborník přednášek), Kolektiv autorů, r.v. 2008, 1. vydání. ISBN 978-80-02-02104-9
- [12] Aplikované techniky spolehlivosti v automobilovém inženýrství: materiály ze 75. semináře Odborné skupiny pro spolehlivost konaného dne 11.6.2019 na Univerzitě obrany v Brně. Brno: Univerzita obrany v Brně, 2019. ISBN 978-80-7582-102-7.
- [13] Zpravodaj České společnosti pro jakost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2012. ISSN 1210-1753.

Seznam grafických objektů

Seznam obrázků

Obr. 1.1	Průběh fáze vozidla	9
Obr. 1.2	Hierarchie údržbových úkonů	10
Obr. 1.3	Vanová křivka	16
Obr. 1.4	Předpokládaná porucha-algoritmus.....	25
Obr. 2.1	Schéma pracovníků	30
Obr. 2.2	CAS 30/9000/540.....	34
Obr. 2.3	IFA AZ 30 W50 L.....	35
Obr. 2.4	FORD RANGER 2,5D XL	36
Obr. 3.1	Náhled do pracovního příkazu IKIS	38
Obr. 3.2	Schéma údržby HZS v Rce n/L	39

Seznam grafů

Graf 1.1	Teoretická Wöhlerova (S-N) křivka.....	21
Graf 2.1	Počet pracovníků HZS Rce n/L v 2019/2020	31
Graf 3.1	Průměrný počet hod. na údržbu na 100 km na vozidlo.....	42
Graf 3.2	Rozdělení nákladů na chod vozidel 2019/2020	43
Graf 3.3	Průměrné náklady na vozidlo v tis.Kč	44
Graf 4.1	Celková údržba vozidla – jednotlivé komponenty.....	51
Graf 4.2	Součinitel pohotovosti – odhadované zlepšení	58
Graf 4.3	Graf střední doby do poruchy	64

Seznam tabulek

Tab. 2.1	Počet pracovníků HZS Rce n/L.....	31
Tab. 2.2	Technické údaje	33
Tab. 2.3	Technické údaje	34
Tab. 2.4	Technické údaje	35
Tab. 2.5	Technické údaje	36
Tab. 2.6	Technické údaje	37
Tab. 3.1	Přehled výkonů a nákladů na vozový park	41

Tab. 3.2	Přehled výkonů a nákladů na vozový park, náklady v tis. Kč	43
Tab. 3.3	Popis závad na vozidlech HZS v období 2019/2020	46
Tab. 3.4	Detailní popis závad na vozidlech HZS v období 2019/2020.....	47
Tab. 3.5	Údržbové náklady vozidel HZS Roudnice nad Labem.....	48
Tab. 3.6	SWOT analýza	49
Tab. 4.1	Výkaz navrhovaného programu údržby	52
Tab. 4.2	Ukázka výkazu údržby	52
Tab. 4.3	Tabulka s výpočtovými hodnotami.....	55
Tab. 4.4	Odhad doby do poruchy a prodloužení doby v %.....	56
Tab. 4.5	Střední počet poruch	57
Tab. 4.6	Součinitel pohotovosti v %	57
Tab. 4.7	Průměr na vozidlo daného typu.....	59
Tab. 4.8	Analýza pozorování průměrné spotřeby (1-20)	60
Tab. 4.9	Řešení	63
Tab. 4.10	Odhad střední doby	64

Seznam zkratek

CAS	Cisternová automobilová stříkačka
ČSÚ	Český statistický úřad
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
GIS	Geographic Information System – Geografický informační systém
GPS	Global Position System - globální poziční systém
HS	Hasičská stanice
HZS	Hasičský záchranný sbor
IKIS	Integrovaný informační systém HZS
IVR	Hlasová poruchová služba
IZS	Integrované záchranné složky
JIT	Just in Time
JPO	Jednotka požární ochrany
KN	Katastr nemovitostí
KÚ	Katastrální úřad
MTBF	Střední doba mezi poruchami
MTTR	Střední doba prostoje v čase poruchy
NT	Nízký tlak
OČ	Oběhové čerpadlo
OTBF	Doba provozu mezi dvěma opravami
PO	Požární ochrana
PT	Požární technika
RCM	Metoda zaměřená na bezporuchovost
RnL	Roudnice nad Labem

RSoD	Rámcová smlouva o dílo
Ts	Odhad střední doby
ÚO	Územní odbor
VT	Vysoký tlak

Seznam příloh

Příloha A Výpočty k sestavení metody RCM

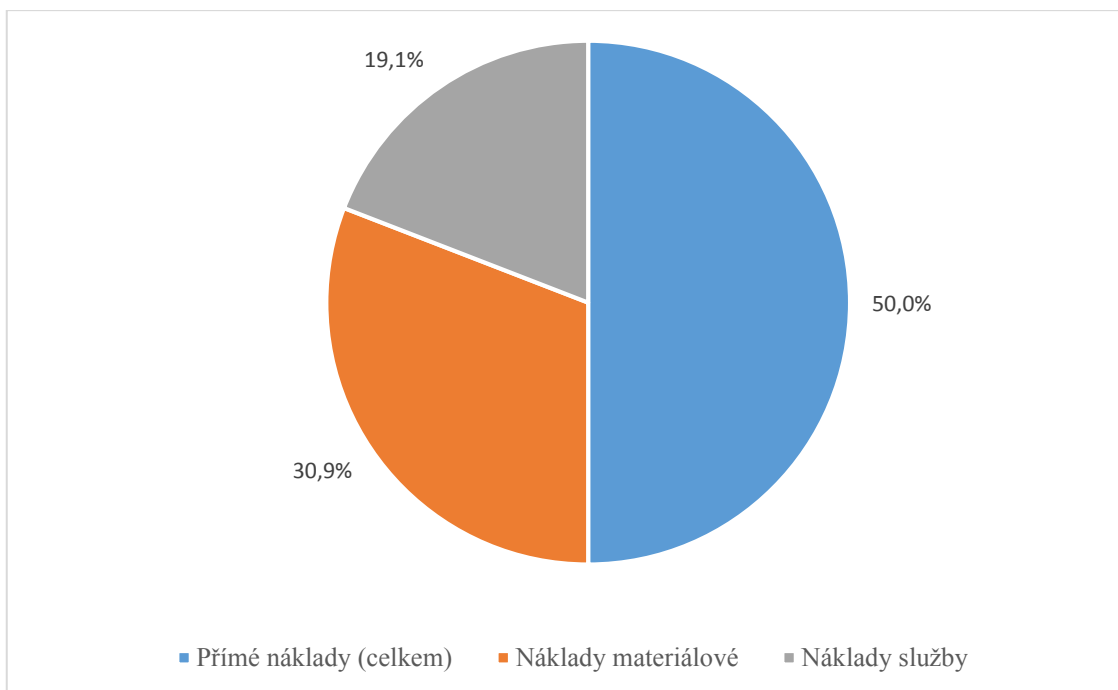
Výpočty k sestavení metody RCM

2019 / 2020	CAS 20/4600/300	CAS 30/9000/540	IFA AZ 30 W50 L	FORD RANGER 2,5D XL L-2-R	ŠKODA FABIA	Jednotka		Součet	Průměr na vozidlo	
Ujetá výkonová vzdálenost	5 875	7 930	5 121	15 338	18 750	km		53 014	5 890	
Údržba hod./100km	56	68	77	35	38			274	47	25119
Počet vozidel	2	2	2	1	2			9		
Náklady na opravu 2019	365	497	260	178	102	tisíc Kč		1 402	156	
Náklady na opravu 2020	89	66	44	21	17	tisíc Kč		237	26	
Přímé náklady (celkem)	454	563	304	199	118,5	tisíc Kč		1 639	182	
Náklady materiálové	292	327	175	165	53	tisíc Kč		1 012	112	
Náklady služby	162	236	129	34	65,5	tisíc Kč		627	70	
NÁKLADY CELKEM	908	1 126	608	398	237	3 277		3 277	364	
Přímé náklady (celkem)	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%			50,0%	50,0%	
Náklady materiálové	32,2%	29,0%	28,8%	41,5%	22,4%			30,9%	30,9%	
Náklady služby	17,8%	21,0%	21,2%	8,5%	27,6%			19,1%	19,1%	

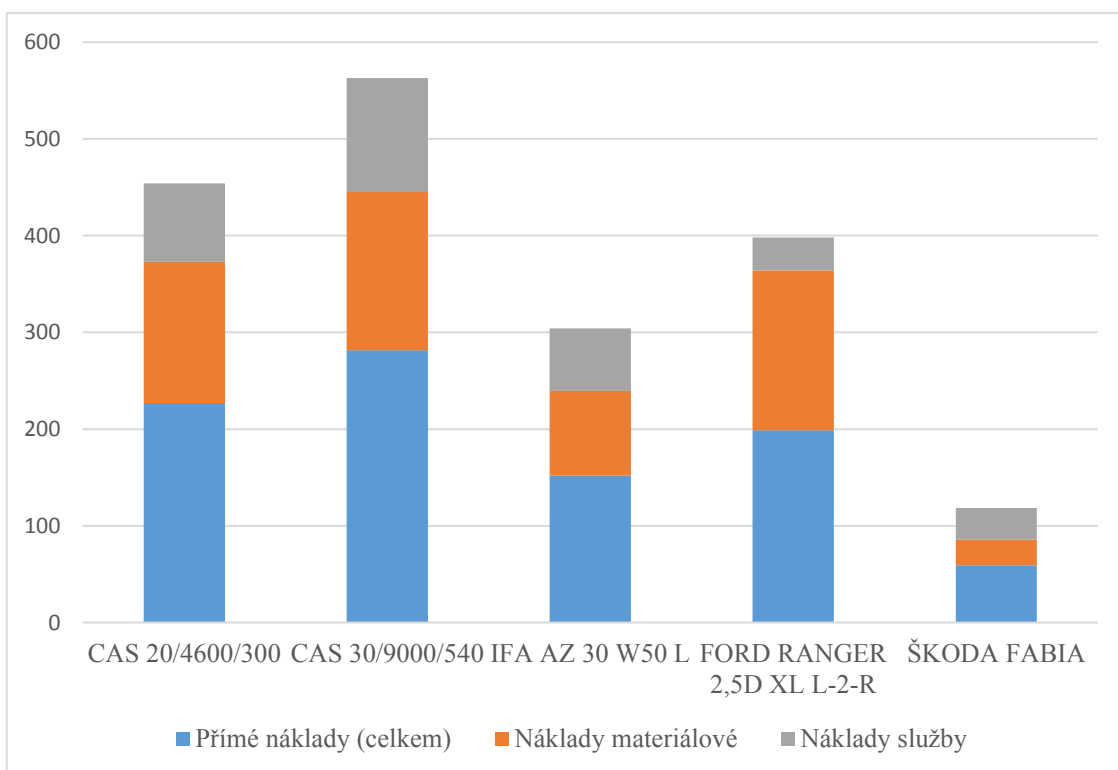
Údržbové náklady vozidel HZS Roudnice nad Labem

2019 / 2020	CAS 20/4600/300	CAS 30/9000/540	IFA AZ 30 W50 L	FORD RANGER 2,5D XL L-2-R	ŠKODA FABIA	
Ujetá výkonová vzdálenost	2 938	3 965	2 561	15 338	9 375	
Náklady na opravu 2019	183	249	130	178	51	
Náklady na opravu 2020	45	33	22	21	8	
Přímé náklady (celkem)	227	282	152	199	59	
Náklady materiálové	146	164	88	165	27	
Náklady služby	81	118	65	34	33	
NÁKLADY CELKEM	454	563	304	398	119	
hodin údržby celkem	3 290	5 392	3 943	5 368	7 125	25 119
hodin údržby na jedno vozidlo						2 791
roky údržby celkem	0,376	0,616	0,450	0,613	0,813	2,867
roky údržby na jedno vozidlo						0,319

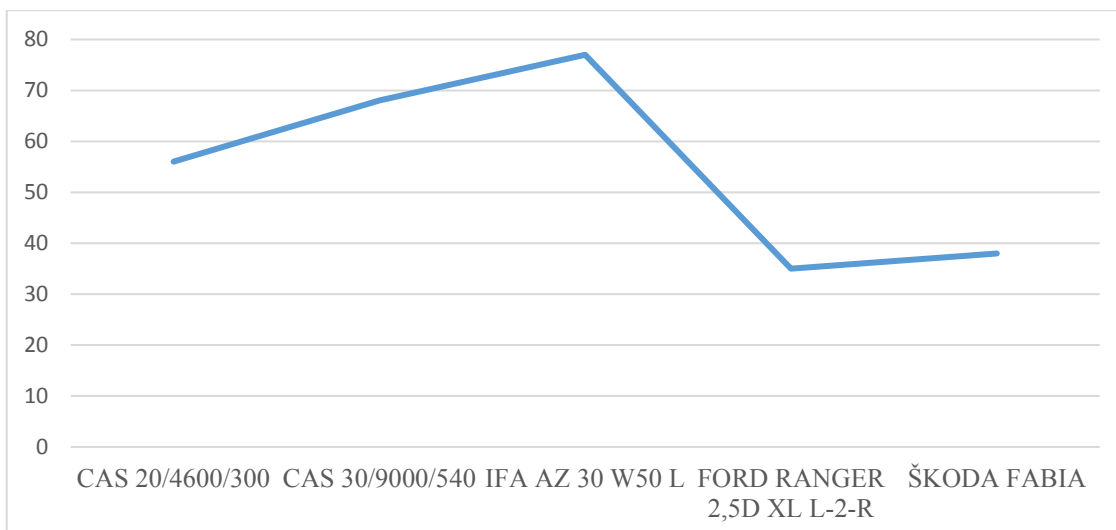
Průměr na vozidlo daného typu



Rozdělení nákladů



Průměrné náklady na vozidlo podle typu:



Průměrná doba na údržbu podle typu:

Průměrná doba do poruchy (odhad):					zlepšení (prodloužení doby bez poruchy) o:			
MTBF	(roky)	Bez údržby	Vlastní údržba	Dodavatelská údržba	2 versus 1	3 versus 2	3 versus 1	
	Motor	1	2,5	6,5	150%	160%	550%	
	Převodovka	1	4,5	8	350%	78%	700%	
	Karoserie	0,25	1	5	300%	400%	1900%	
	Náprava	0,083	1	2	1100%	100%	2300%	
	Nádrž (voda, pěnidlo)	0,25	1,5	3	500%	100%	1100%	
	Čerpadlo (NT, VT)	0,25	1	2	300%	100%	700%	
	Potrubí	1	2	3	100%	50%	200%	
	Chlazení systému	1,5	2,5	3,5	67%	40%	133%	
					max	1100%	400%	2300%
					průměr	358%	128%	948%

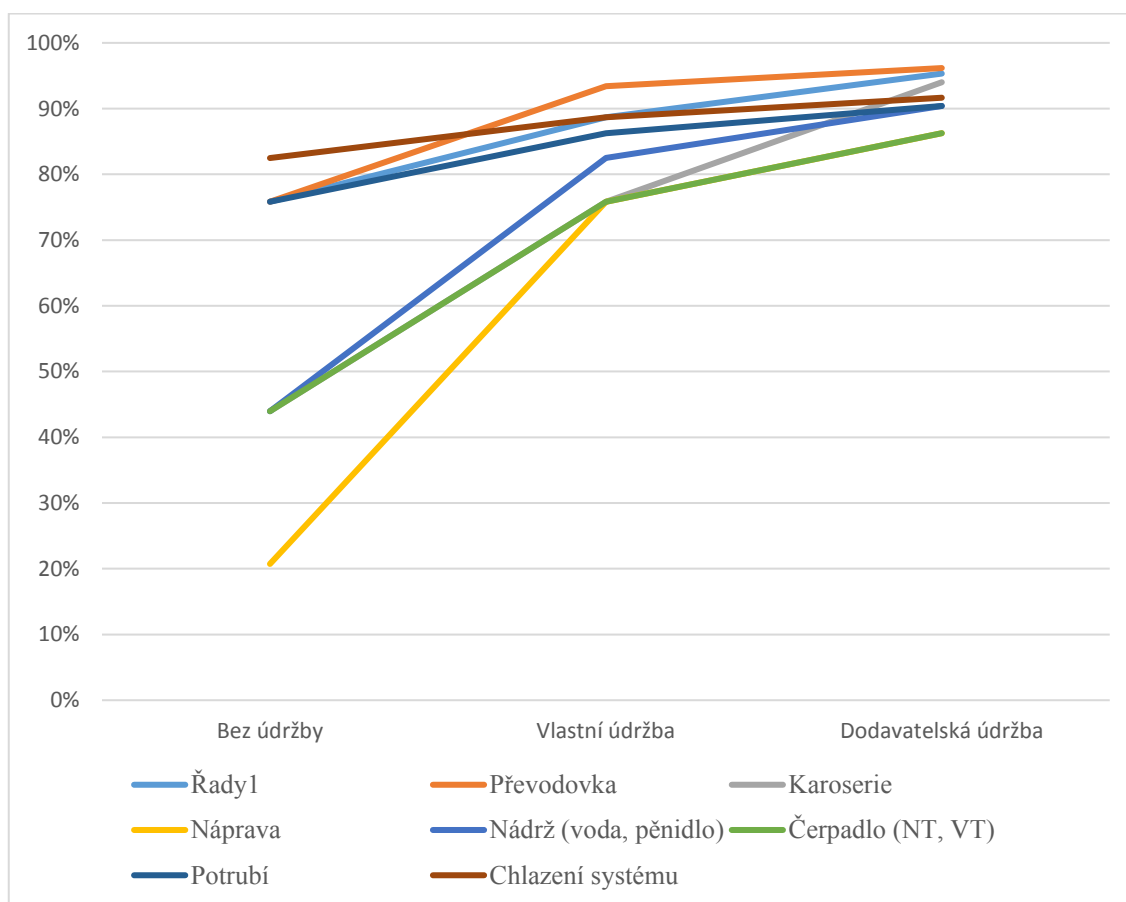
MTBF

Průměrná doba trvání poruchy					
MTTR		Bez údržby	Vlastní údržba	Dodavatelská údržba	
		0,319	0,319	0,319	
Součinitel pohotovosti:					
		Bez údržby	Vlastní údržba	Dodavatelská údržba	
	Motor	75,8%	88,7%	95,3%	19,5%
	Převodovka	75,8%	93,4%	96,2%	20,3%
	Karoserie	44,0%	75,8%	94,0%	50,0%
	Náprava	20,7%	75,8%	86,3%	65,5%
	Nádrž (voda, pěnidlo)	44,0%	82,5%	90,4%	46,4%
	Čerpadlo (NT, VT)	44,0%	75,8%	86,3%	42,3%
	Potrubí	75,8%	86,3%	90,4%	14,6%
	Chlazení systému	82,5%	88,7%	91,7%	9,2%

MTTR

	Bez údržby	Vlastní údržba	Dodavatelská údržba	
Motor	1,00	0,40	0,15	
Převodovka	1,00	0,22	0,13	
Karoserie	4,00	1,00	0,20	
Náprava	12,00	1,00	0,50	
Nádrž (voda, pěnidlo)	4,00	0,67	0,33	
Čerpadlo (NT, VT)	4,00	1,00	0,50	
Potrubi	1,00	0,50	0,33	
Chlazení systému	0,67	0,40	0,29	
Maximum	12,00	1,00	0,50	-95,8%
Průměr	3,46	0,65	0,30	-91,2%

Střední počet poruch



Součinitel pohotovosti – odhadované zlepšení

Autor (vypracoval)	Bc. Michal Pospíšil
Název DP	Zavedení údržby zaměřené na bezporuchovost
Studijní obor	LOG
Rok obhajoby DP	2020
Počet stran	60
Počet příloh	1
Vedoucí DP	Ing. Alexander Čapka, Ph.D.
Anotace	<p>Cílem diplomové práce je představení údržby pohotovostních vozidel současného systému HZS v Roudnici nad Labem.</p> <p>Bude shrnuta údržba za určité časové období s vyčíslením nákladů, které byly vynaloženy.</p> <p>Seznámím Vás s metodou RCM, kterou budu aplikovat na daném pracovišti pro vozový park. Po dílčích výpočtech bude tato metoda považována za inovační a bude dále prezentována pro daný podnik s ukázkou budoucích úspor a spolehlivosti.</p>
Klíčová slova	Strategie, rozhodnost, organizace, udržovatelnost, oprava a obnova, logistika, doprava
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoká škola logistiky v Přerově
Signatura	