



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## STACIONÁRNÍ JEDNOTKY PRO MAZÁNÍ HLAVY KOLEJNICE

OFF-BOARD SYSTEMS FOR TOP-OF-RAIL LUBRICATION

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Málek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radovan Galas

BRNO 2018



# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	<b>Jan Málek</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	<b>Ing. Radovan Galas, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Stacionární jednotky pro mazání hlavy kolejnice

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při průjezdu kolejového vozidla traťovým obloukem dochází k výraznému nárůstu hluku, který často přesahuje hygienické limity. Jednou z možností, jak tento hluk snížit, je aplikace tzv. modifikátorů tření. Tyto látky jsou zpravidla aplikovány na hlavu kolejnice pomocí tzv. stacionárních jednotek, které jsou umístěné podél trati.

Typ práce: rešeršně syntetická

### Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem práce je zpracovat přehled stacionárních jednotek používaných pro mazání hlavy kolejnice.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- popsat hlavní části jednotky,
- popsat použité senzory,
- popsat princip funkce jednotky,
- analyzovat výhody a nevýhody vybraných jednotek.

Požadované výstupy: průvodní zpráva.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2018.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2018.pdf)

**Seznam doporučené literatury:**

HARMON, Matthew a Roger LEWIS. Review of top of rail friction modifier tribology. Tribology - Materials, Surfaces & Interfaces, 2016, 10(3), 150-162.

STOCK, Richard, Louisa STANLAKE, Chris HARDWICK, Marcia YU, Donald EADIE a Roger LEWIS. Material concepts for top of rail friction management – Classification, characterisation and application. Wear, 2016, 366-367, 225-232.

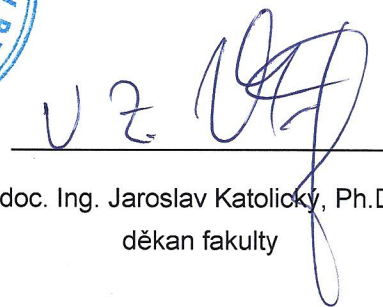
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 27. 10. 2017





prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

---

## ABSTRAKT

Předložená bakalářská práce se zabývá tématem stacionárních zařízení pro mazání hlavy kolejnice v oblasti drážní dopravy. Obsahem práce je také pohovoření o kontaktu kola a kolejnice, popis principu funkce těchto zařízení a rozbor několika zařízení této kategorie. V úvodu práce jsou vysvětleny některé pojmy z oblasti kontaktu kola a kolejnice jako typy a části kolejnic, adheze, skluz, trakční křivka. Práce se pak zabývá popisem systémů pro mazání temene hlavy kolejnice i systémy mazání pojížděné hrany hlavy kolejnice. V práci lze nalézt zařízení od nejvýznamnějších výrobců v tomto segmentu jako SKF-Lincoln, Whitmore, Loram a dalších. V práci je také zmíněn aktuální stav používání těchto zařízení v České republice. Závěr práce je pak věnován zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých popisovaných zařízení.

## KLÍČOVÁ SLOVA

kolo, kolejnice, adheze, tribologie, mazání, dráha

## ABSTRACT

This bachelor's thesis is focused on rail off-board lubrication system. The main part of this thesis is explaining of function and design few certain lubrication systems. In this thesis are explained aspects of wheel-rail contact, such as types and parts of rail, adhesion, slip, creep-traction diagram. Another part of this thesis is description of few certain lubrication system for top of rail and gauge face application. In this thesis are explained product of major companies of friction management industries such as SKF-Lincoln, Whitmore, Loram. Additional part of this thesis speaks about usage and development of this devices in Czech Republic. Output of this thesis is conclusion about advantages and disadvantages these certain devices.

## KEYWORDS

wheel, railtrack, adhesion, tribology, lubrication, railway

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MÁLEK, J. *Stacionární jednotky pro mazání hlavy kolejnice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. XY s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radovan Galas, Ph.D..

---



---

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že předloženou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením Ing. Radovana Galase Ph.D. a všechny literární zdroje, ze kterých jsem čerpal, jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne 18. května 2018

.....  
Jan Málek

---





**OBSAH**

<b>OBSAH</b> .....	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>11</b>
2.1 Analýza problému.....	11
2.2 Cíle práce.....	12
<b>3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b> .....	<b>13</b>
3.1 Popis styku kola a kolejnice .....	13
3.2 Popis konstrukce stacionárních jednotek a jejich rozdělení .....	17
3.3 Seznam používaných mazacích jednotek podle výrobců .....	20
3.3.1 SKF a Lincoln Wayside lubrication systems.....	20
3.3.2 Whitmore LubriCurve® .....	23
3.3.3 L. B. Foster PROTECTOR®IV .....	25
3.3.4 ELPA WONROS™ .....	28
3.3.5 LORAM TracShield®, GaugeShield® a YardGlide®.....	30
YardGlide® .....	32
3.3.6 DROPSA Track Lube .....	32
3.3.7 Moklansa E3S .....	33
<b>4 DISKUSE</b> .....	<b>35</b>
<b>5 ZÁVĚR</b> .....	<b>39</b>
<b>6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>41</b>
<b>7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČÍN</b> .....	<b>45</b>
<b>8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK</b> .....	<b>46</b>

## 1 ÚVOD

Kolejová doprava od jejího počátku v 19. století znamenala pro naši civilizaci změnu. Zkrátila vzdálenosti mezi lidmi, zlevnila přepravu zboží. Po dlouhá léta držela monopol v suchozemské dopravě. Po rychlém rozvoji automobilismu v 20. století se situace výrazně změnila a dnes na rozdíl od jejích počátků musí tvrdě soupeřit s ostatními přepravními módy. To vede k neustálému tlaku na zajištění co nejvyšší kvality, rychlosti, efektivity a bezpečnosti. Přesto v České republice potažmo Evropě stále představuje nezanedbatelný podíl v přepravě osob i nákladu [1][2].

V současné době je kolejová doprava v Evropě využívána k přepravě osob na krátké a střední vzdálenosti. Ve městech se můžeme setkat s dopravou tramvajovou a podzemní, jenž často spolu s dopravou železniční tvoří systémy městské hromadné dopravy. Na delší vzdálenosti je pak využívána dálková železniční doprava, kde se kromě konvenční železnice můžeme setkat i s vysokorychlostní dopravou. Přeprava nákladu je prováděna železniční nákladní dopravou v podobě kusových zásilek, ale dnes mnohem častěji v podobě ucelených vlaků na střední až dlouhé vzdálenosti. V Evropě nákladní vlaky využívají obvykle konvenční železniční síť a na železničních tratích je tedy provozována obvykle smíšená doprava.

Kolejová doprava je dnes v Evropě preferovaný dopravní mód a do budoucna se počítá s jejím ještě větším rozšířením [3]. To je způsobeno hlavně díky své nízké energetické náročnosti, bezpečnosti a malému dopadu na životní prostředí. Tyto aspekty jsou způsobeny nízkým jízdním odporem odvalujícího se kola a kolejnice, ale i přepravou dlouhých ucelených vlaků čímž se snižuje aerodynamický odpor. Také elektrifikace železnice napájené z centrální přenosové soustavy je dnes běžná technologie a umožňuje téměř nulové emise v místě přepravního výkonu.

Pro zachování výhod a konkurenceschopnosti kolejové dopravy je nutné neustálý vývoj nových technologických řešení. Jednou z technologií s ambicemi snížení jízdního odporu a nákladů na údržbu infrastruktury a vozidel, je mazání kolejnic pomocí stacionárních jednotek. V této práci se zaměřím na popis funkce a přehled vyráběných stacionárních jednotek pro mazání hlavy kolejnice.

## 2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE

**2**

---

2.1

---

### 2.1 Analýza problému

Stacionární jednotky pro mazání hlavy kolejnice, jsou zařízení instalované na drážní infrastrukturu. V katalozích českých firem se tato zařízení často vyskytují pod názvem kolejnicový mazník. Jejich účelem je nanášení maziv nebo modifikátorů tření na pojížděnou hranu nebo temeno hlavy kolejnice, případně i na další části traťového svršku především přídržnic. Aplikovaný materiál je následně roznesen po koleji koly projíždějícího drážního vozidla. Tímto způsobem se snažíme pozitivně měnit parametry kontaktu kola a kolejnice. Důvody k využívání této technologie jsou především:

- Snížení opotřebení kontaktních ploch
- Snížení hlukové zátěže vznikající kontaktem kola a kolejnice
- Snížení jízdního odporu

Dalším pozitivem používání mazníků je také zvýšení bezpečnosti proti vykolejení vlaku. Ošetření kolejnic vyjma temene hlavy provádíme pomocí plastických maziv nebo olejů. Pro ošetření temene hlavy kolejnice se používají speciální maziva nebo tzv. modifikátory tření. V anglofonní literatuře se stacionární jednotky pro mazání hlavy kolejnice označují jako tzv. off-board jednotky. Kromě stacionárních jednotek lze zařízení aplikující maziva a modifikátory tření na kolo instalovat přímo na drážním vozidle tzv. on-board jednotky.

Uživateli stacionárních jednotek pro mazání hlavy kolejnice jsou obvykle správci drážní infrastruktury. V podmínkách České republiky jsou to městské dopravní podniky provozující tramvajovou dopravu například *Dopravní podnik hlavního města Prahy* [4], *Dopravní podnik města Brna* [5]. U železniční infrastruktury je uživatelem mazníků státní organizace *Správa železniční dopravní cesty SŽDC* [6]. Kromě této organizace však mazníky provozují i někteří provozovatelé dalších drah, například firma *RAILTEC s.r.o.* dodavatel mazníků, má ve svých referencích hned několik tuzemských provozovatelů železničních vleček [7]. V zahraničí je to velice podobné, provozovateli jsou dopravní podniky a správci železniční infrastruktury. Technologie mazání kolejí pomocí stacionárních jednotek je tedy určena pro dráhy tramvajové, železniční a jiné uzavřené městské systémy kolejové dopravy například metro.

Z pohledu historického vývoje jsou stacionární mazací jednotky relativně nová technologie. První pokusy s použitím mazníků byly na konci 70. let v USA, kde prvotním cílem bylo mazáním koleje dosáhnout nižšího jízdního odporu, a také zvýšit bezpečnost proti vykolejení [8]. Díky tomu také v USA působí hned několik velkých firem zabývajících se touto technologií. V České republice se začalo s používáním kolejnicových mazníků mnohem později. Například *Dopravní podnik hlavního města Prahy* poprvé použil kolejnicový mazník až v roce 2002 [9]. Kdežto SŽDC na své síti měla v roce 2010 teprve několik mazacích jednotko převážně v rámci testování [8]. Oproti tomu tzv. on-board systémy, především pro mazání okolků, mají svoji historii delší. Byly používány i Československými státními drahami nejpozději v roce 1977 u některých typů lokomotiv [9]. Dnes musí být funkčním systémem mazání okolků vybaveno dle dopravního řádu drah vybaveno každé hnací vozidlo, jakožto i vozy řídicí, tramvajová vozidla a vozidla metra [10].

## **2.2 Cíle práce**

Obsahem této práce bude nejprve popis problematiky styku kola a kolejniče. Dále zde bude popsán obecně princip aplikování maziva na kolejniči pomocí stacionárních jednotek a jejich jednotlivé části. Provedeme rozdělení jednotlivých typů zařízení. Nejdůležitější částí práce pak bude seznam produktů vybraných výrobců s popisem jejich zařízení. V popisu se zaměřím na jednotlivé části zařízení a také na jejich odlišnosti ve způsobu aplikace maziva, či jiných konstrukčních specifik. Obsahem této práce bude také stručný popis stavu používání této technologie v podmínkách České republiky. Závěr bude věnován hodnocení jednotlivých mazacích systémů a jejich porovnání.

### 3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

3

3.1

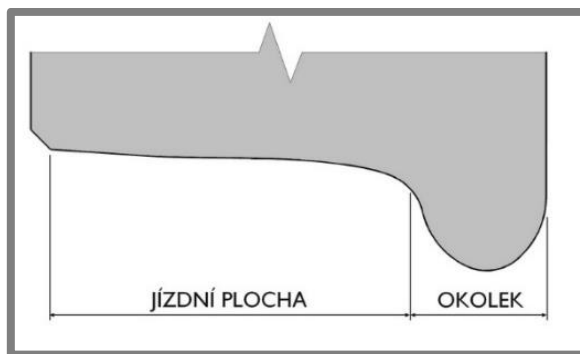
#### 3.1 Popis styku kola a kolejnice

##### Popis interagujících částí

Před samotným popisem dějů v kontaktu kola a kolejnice si nejdříve popíšeme jednotlivé interagující části. Tedy kolo, kolejnici a neméně důležitou tenkou vrstvou vytvořenou na povrchu obou těles nazývanou třecí vrstva. Kolo je nalisováno na nápravě a dohromady tvoří dvojkolí, které je uloženo ložisky v podvozku vozidla. Na obr. 3-2 je zobrazen jízdní obrys kola. Skládá se z okolku a jízdní plochy. Jízdní plocha kola nabývá mimo okolek přibližně tvar komolého kužele, tak aby zajišťovala středění dvojkolí při jízdě v rovné koleji a příčným posuvem vyrovnávala rozdíly v obvodových rychlostí kol při jízdě v oblouku. V současné době se používají různé jízdní obrysy kol v závislosti na typu vozidla a charakteru pojižděné drážní infrastruktury. Materiálem kol je obvykle ušlechtilá ocel tepelně zpracovaná [11]. Na obr. 3-1 jsou zobrazeny řezy širokopatní kolejnicí vlevo a žlábkovou kolejnicí vpravo. Nejběžnější širokopatní kolejnice je tvořena hlavou stojinou a patkou. Na hlavě kolejnice se pak nachází plochy zajišťující kontakt s kolem. Jsou to temeno hlavy kolejnice a pojižděná hrana kolejnice, v anglické literatuře se pro ně používají výrazy top of rail (TOR) a gauge face (GF). Širokopatní kolejnice je využívána ve všech typech drážní dopravy, kdežto žlábková kolejnice nachází uplatnění především v tramvajové dopravě. Rozdíl mezi nimi je patrný v absenci přídržnice oddělené žlábkem u širokopatní kolejnice. Kromě žlábkové se ještě u tramvajových drah můžeme setkat s kolejnicí blokovou, která je podobná žlábkové ovšem nemá stojinu. Kolejnice se obvykle vyrábí z uhlíkových ocelí, kde je sledovaným parametrem kromě meze pevnosti také tvrdost [12]. Pro železniční aplikace jsou kolejnice přesných parametrů jako například dle UIC900A, přičemž v poslední době lze vidět trend v užívání otěrvzdorných kolejnic tepelně zušlechťených nebo i legovaných. Uložení kolejnic v trati je pak obvykle realizováno se sklonem 1:20 [11]. Třecí vrstva je tvořena především oxidy železa vznikající reakcí kovů s kyslíkem, které navíc usnadňuje odírání stykových ploch. Dále lze v kontaktu nalézt řadu kontaminantů jako voda, sněh, listí, prach. Tato vrstva má výrazný vliv na chování celého kontaktu kola a kolejnice, především na velikost součinitele adheze. Právě aplikací maziv a modifikátorů tření pomocí kolejnicových mazníků se snažíme vlastnosti této vrstvy měnit.



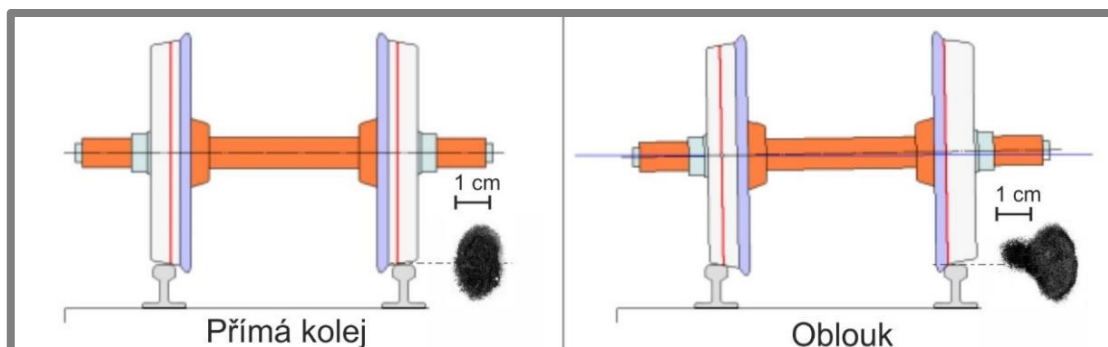
Obr. 3-1 Popis částí širokopatní a žlábkové kolejnice [12]



Obr. 3-2 Jízdní obrys kola [13]

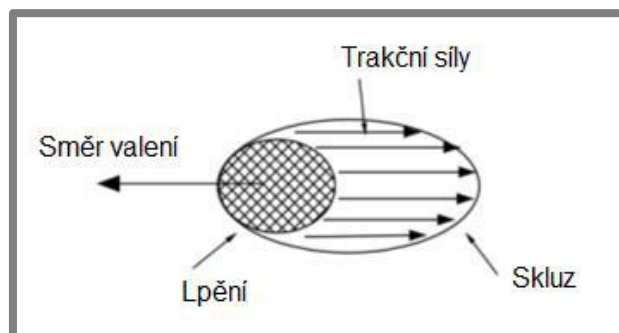
### Popis stykových ploch

Ke kontaktu kola a kolejnice může docházet na několika místech. Při uvažování jízdy vozidla přímoú kolejí by v ideálním případě mělo docházet ke kontaktu kola a kolejnice pouze jednobodově mezi temenem hlavy kolejnice a jízdní plochou kola. Tento styk se dá vyšetřit pomocí Hertzovi kontaktní teorie. Tím získáme přibližnou představu o stykové ploše, která je v tomto případě tvaru elipsy s hlavní diagonálou rovnoběžnou s osou koleje. Velikost stykové plochy je přibližně 1,5-2,5 cm<sup>2</sup>. Postavení dvojkolí v koleji je pak na obr. 3-3 vlevo, a to včetně přibližného vzhledu elipsovité stykové plošky [11]. V případě, že vozidlo projíždí traťovým obloukem posouvá se stykové místo na vnější kolejnici blíže k okolků, tak jako na obr. 3-3 vpravo. Rozdíly relativních rychlostí mezi koly jsou vyrovnávány díky konicitě kol, případně dochází ke skluzu, a to nejčastěji u kola na vnitřní straně oblouku vlivem jeho odlehčení dané dostředivým zrychlením. Kontakt kola a kolejnice by v ideálním případě i na vnější kolejnici oblouku měl zůstat jednobodový, ovšem při špatné geometrii kola nebo kolejnice, případně při malém poloměru oblouku může docházet ke dvoubodovému kontaktu. Při dvoubodovém kontaktu jsou kontaktními plochami temeno hlavy kolejnice s jízdní plochou kola a okolek s pojížděnou hranou. Zde může docházet k určitému předbíhání kontaktu okolků s pojížděnou hranou kolejnice vlivem úhlu náběhu kola, což je úhel mezi rovinou kola a tečnou k oblouku kolejnice v místě styku. Úhel náběhu se různí pro jednotlivá kola pojezdu vozidla a největší úhel lze pozorovat u prvního kola na vnější kolejnici ve směru jízdy. Vysoký úhel náběhu kola pak způsobuje růst skluzové rychlosti v kontaktu, především pak té příčné, jenž je nežádoucí [11]. Tvar a místo styku se také liší umístěním daného dvojkolí v podvozku vozidla. Kromě výše popsaných kontaktních míst může docházet u žlábkové kolejnice ke styku vnitřní strany okolků a přídržnice.



Obr. 3-3 Postavení dvojkolí v koleji s vyobrazením stykové plochy [14][15]

Samotnou stykovou oblast pak můžeme rozdělit na oblast lpění a oblast skluzu. Oblast lpění leží na náběžné straně kontaktu a skluzová oblast leží ve zbytku kontaktní plochy viz. obr. 3-4 [16]. Třecí síla vzniká pouze ve skluzové oblasti, tedy přenos trakčních sil je omezen na skluzovou oblast kontaktu kola a kolejnice.



Obr. 3-4 Oblasti stykové plochy [11]

### Síly působící ve stykové ploše

Styková plocha kola a kolejnice nese poměrnou zátěž vozidla a je daná velikostí svisle působící tíhové síly. Ta vytváří ve styku vysoký kontaktní tlak a kontakt se v tomto podobá valivým ložiskům. Oproti valivému ložisku však kontakt kola a kolejnice musí přenášet i podélné síly vznikající při akceleraci a brzdění drážního vozidla. Další významnou silou je pak síla odstředivá, působící v kontaktu kola a kolejnice při průjezdu obloukem. Vzhledem k tomu, že kontaktní plochy jsou vzájemně ve skluzu, který lze rozdělit na podélný a příčný, dochází v kontaktu ke vzniku laterálních třecích sil. Velikost těchto sil závisí na normálovém zatížení plochy a velikosti součinitele adheze. Tyto síly se pak podílejí na silové rovnováze a umožňují vozidlu zrychlovat a zpomalovat. Je třeba brát na vědomí, že pokud chceme zachovat silovou rovnováhu, je třeba aby síly trakční a brzdící nepřekročily síly třecí [11]. V takovém případě by mohlo dojít až k zablokování kola při brzdění, nebo výraznému nárůstu skluzové rychlosti v případě akcelerace. Oba děje doprovází výrazné opotřebení stykových ploch [14].

### Skluz

Je definován jako podíl skluzové rychlosti a dopředné rychlosti vozidla [16]. Přičemž skluzovou rychlostí vozidla myslíme rozdílnou obvodovou rychlostí otáčení kola a skutečnou dopřednou rychlostí.

$$w = r \cdot \omega - v \quad (1)$$

$$s = \frac{w}{v} \quad (2)$$

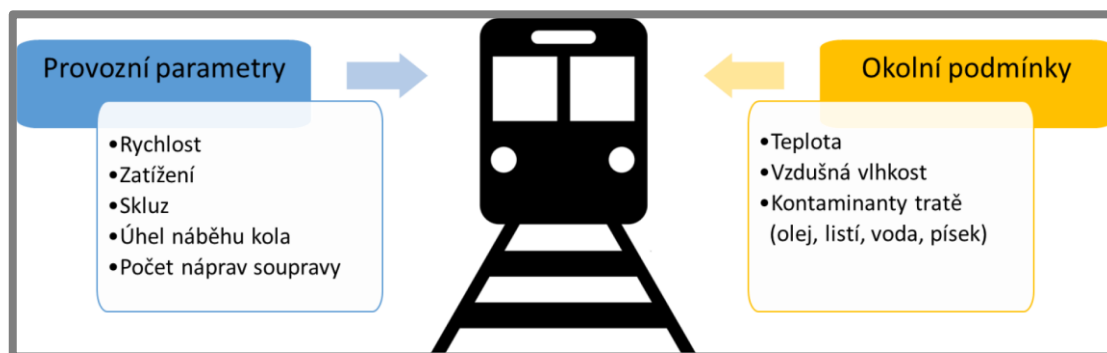
kde:

w	$[m \cdot s^{-1}]$	skluzová rychlost
r	$[m]$	poloměr otáčení kola
$\omega$	$[rad \cdot s^{-1}]$	úhlová rychlost kola
v	$[m \cdot s^{-1}]$	dopředná rychlost vozidla
s	$[-]$	skluz

V kontaktu dochází ke skluzu příčnému  $s_y$  a podélnému  $s_x$ . Podélný má tečný směr v oblouku a příčný má radiální směr v oblouku. Jejich součtem získáme celkový skluz.

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} = \sqrt{\left(\frac{w_x}{v}\right)^2 + \left(\frac{w_y}{v}\right)^2} \quad (3)$$

### Součinitel adheze



Obr. 3-5 Parametry ovlivňující adhezi v kontaktu kola a kolejnice [17]

Velikost třecí síly závisí na normálové síle v kontaktu a součiniteli adheze dle vztahu (4). Součinitel adheze je bezrozměrná veličina, kterou popisujeme schopnost stykové plochy přenášet tečné síly mezi kolem a kolejnicí. Její hodnota závisí na mnoha vlivech působících v kontaktní ploše, především pak na podílu skluzové plochy v kontaktu, vlastnosti třecí vrstvy, okolní podmínky, velikost vzájemné rychlosti povrchů. Důležité je též poznamenat, že při pohybu kola po kolejnici se hodnoty součinitele adheze, normálové síly, a tedy i třecí síly v čase mění. Součinitel adheze nabývá hodnot  $\langle 0, f_0 \rangle$ , kde  $f_0$  představuje součinitel smykového tření definující tření v čistě skluzovém kontaktu [17]. Běžné hodnoty součinitele adheze na suché koleji jsou okolo 0,6 [18]. Při kontaminaci kontaktu například vodou hodnota součinitele adheze klesá. Velikost součinitele adheze při různých okolních podmínkách popisuje tabulka 1-1.

$$\mu = \frac{T}{Q} \quad (4)$$

kde:

$\mu$	[-]	součinitel adheze
$T$	[N]	laterální třecí síla
$Q$	[N]	normálová síla

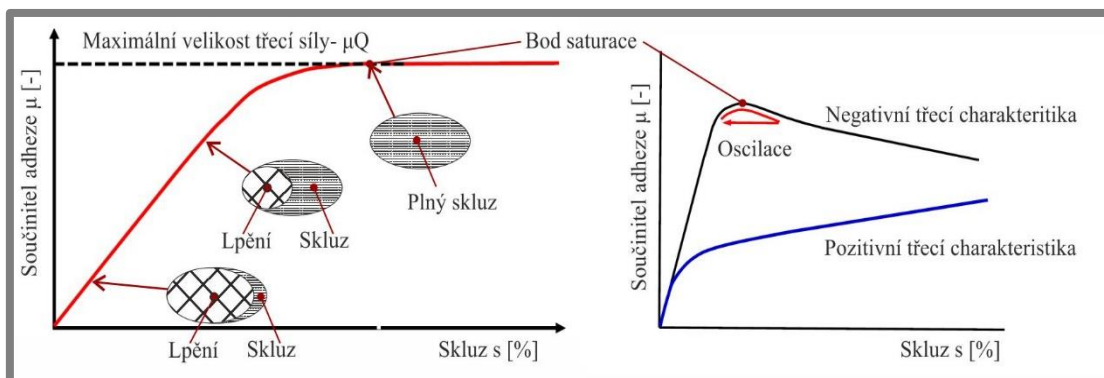
Tab. 1-1 Tabulka závislosti součinitele adheze na podmínkách koleje [18]

Povrchové podmínky koleje	Součinitel adheze
Suchá kolej, 19 °C	0,6 – 0,7
Mokrá kolej při dešti, 5 °C	0,2 – 0,3
S velkým množstvím maziva na koleji, 8 °C	0,05 – 0,1
Vrstva listí na koleji, 8 °C	0,05 – 0,1



### Trakční křivka

Popisuje závislost mezi součinitelem adheze a skluzem. Na obr. 3-6 vlevo je zobrazena závislost součinitele adheze na skluzové rychlosti v oblasti efektivního skluzu. V této oblasti součinitel adheze roste společně s podílem skluzové oblasti ve styku kola s kolejnici. Maximální hodnoty součinitel adheze dosáhne, když skluzová oblast pokryje celou stykovou plochu, tento bod pak nazýváme bodem saturace. Tohoto bodu je obvykle dosaženo při 1-2 % skluzu [19]. Bod saturace je doprovázen obvykle lokálním maximem součinitele adheze a při zvyšování hodnoty skluzu hodnota součinitele adheze klesá. Tomuto jevu se říká negativní třecí charakteristika a je vyobrazena na témže obrázku vpravo. S tím je spojeno i oscilační chování kontaktu. Když budeme uvažovat velikost normálového zatížení plochy jako konstantní, pak velikost třecí síly bude závislá pouze na hodnotě součinitele adheze a maximální velikost třecí síly bude dosaženo v bodě saturace. V tom případě, zvyšování obvodové síly kola (trakce, brzdění) nad maximální hodnotu velikosti třecí síly, povede k významnému zvyšování skluzové rychlosti, což způsobí další snížení hodnoty součinitele adheze. Abychom v kontaktu opět dosáhli silové rovnováhy musíme u kola snížit obvodovou sílu. Pro tento jev se v angličtině používá výraz stick-slip oscillations. Vrátime se tak v trakční křivce do oblasti před bodem saturace, což se nazývá jako oblast efektivní hodnoty skluzu [20]. Vhodnou úpravou kontaktních podmínek například aplikací maziv nebo modifikátorů tření lze charakteristiku tření změnit na neutrální nebo pozitivní [16].



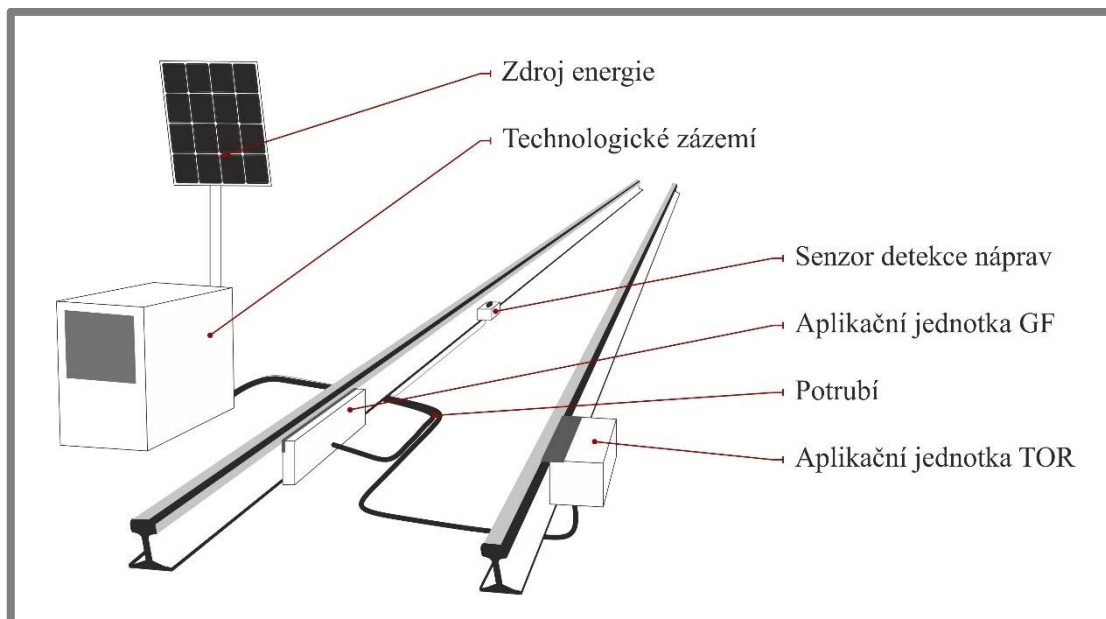
Obr. 3-6 Trakční křivky [19]

## 3.2 Popis konstrukce stacionárních jednotek a jejich rozdělení

3.2

### Konstrukce

Jak již bylo řečeno výše, stacionární jednotky pro mazání hlavy kolejnice slouží k nanášení maziv a modifikátorů tření na hlavu kolejnice. Rozlišujeme zde zařízení aplikující mazivo na temeno hlavy kolejnice nebo zařízení pro mazání pojížděné hrany kolejnice, případně přídržnice u žlábkové kolejnice. Konstrukce těchto zařízení je v principu mezi výrobcí obdobná a základní popis lze aplikovat téměř na všechny výrobky, abychom se tedy vyhnuli neustálému opakování popisu stejného schématu zařízení, provedeme si popis modelového zařízení a při popisu konkrétních produktů výrobců se více zaměříme na jejich odlišnosti.



Obr. 3-7 Schéma stacionárního zařízení pro mazání hlavy kolejnice

Každé stacionární mazací zařízení se obvykle skládá z aplikačních jednotek, senzorů, zdroje energie, potrubí, dále pak ze zásobníku, čerpadla a řídicí jednotky, jež jsou umístovány do společné skříně technologického zázemí. Schéma je vyobrazeno na obr. 3-7. Zařízení obvykle potřebují k provozu elektrickou energii. Ta se zajišťuje buď lokální přípojkou z veřejné distribuční sítě, nebo využitím systému baterií a solárních panelů. V aplikacích pro železniční infrastrukturu je nezávislý zdroj energie nutný, protože tratě se obvykle nacházejí mimo zastavěné území s veřejnou elektrickou distribuční sítí. Sensory využívané jsou nejčastěji pro detekce náprav, bez nich by zařízení nebylo možné používat. Sensory se nejčastěji používají na mechanickém nebo elektromagnetickém principu. Zejména u senzorů elektromagnetických je důležité dbát na kompatibilitu s provozovaným zabezpečovacím zařízením. Potrubím je mazivo vedeno k aplikačním jednotkám i na vzdálenost několika metrů. V případě tramvajových drah v městské zástavbě je pak potrubí skrýváno pod úroveň terénu, kvůli bezpečnosti a v estetickým nárokům v centrech měst. Z jednoho technologického zázemí lze obvykle obsluhovat i několik aplikačních jednotek zároveň, pokud to dané zařízení umožňuje. To je výhodné zejména při instalacích na vícekolejných tratích. Aplikační jednotky jsou obvykle v koleji umístovány symetricky. Ve skříně technologického zázemí je pak zásobník maziva, jenž nabývá objemu od jednotek až po několik stovek litrů maziva v závislosti na typu zařízení a možnostech výrobce. Typ čerpadla pak závisí především na jaké mazivo je dané zařízení konstruováno, a je tedy dodáváno výrobcem. Systém dávkování maziva ovládaný řídicí jednotkou je asi největším know-how výrobců.

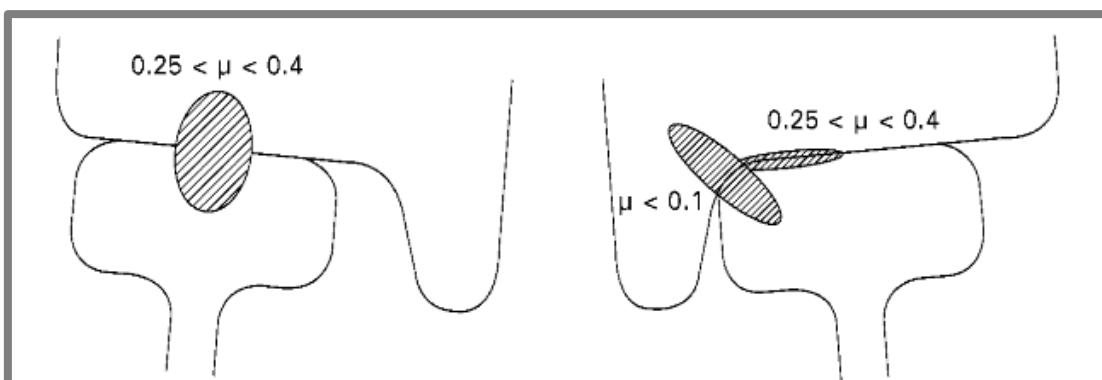
Princip zařízení je, že na základě informací ze senzorů a nastavení řídicí jednotky je spouštěn cyklus mazání, tedy čerpání maziva do soustavy potrubí. Potrubím je mazivo dopravováno k aplikačním jednotkám. Aplikační jednotky mohou být v provedení různých lišt, jenž vytlačené mazivo otírají o projíždějící dvojkolí vlaku, přičemž zařízení pro mazání okolků je umístováno na vnitřní stranu kolejí a zařízení pro mazání temene hlavy kolejnice je umístováno na vnější straně kolejnice. Tímto způsobem se ošetřují širokopatní kolejnice na železniční infrastruktuře. Dráhy s lehkým provozem jako jsou například tramvajové dráhy, využívají systémů vrtaných

kolejnic. Ten umožňuje skrze vrtané otvory přímou distribuci maziva do cíleného kontaktu a je z tohoto hlediska vhodnější. Jejich zjevnou nevýhodou je pak vytvoření vrubu, který může být iniciátorem trhliny v kolejnici, proto se vrtané kolejnice až na výjimky nepoužívají k aplikacím na železniční infrastrukturu.

### Aplikované látky

Pomocí stacionárních jednotek pro mazání hlavy kolejnice aplikujeme dva druhy materiálů. Rozlišujeme zde především materiály používané na ošetření pojížděné hrany kolejnice a okolků, a dále materiály na ošetření kontaktu mezi temenem hlavy kolejnice a jízdni plochy kola, které jsou označovány jako TOR materiály [20]. Aplikované materiály se mísí s již zde na kolejnici přítomnými kontaminanty, a tak mění vlastnosti třecí vrstvy. Sledovaným parametrem v kontaktu je pak především hodnota součinitele adheze. Její optimální hodnota je mezi 0,25 až 0,4 pro styk na temenu hlavy kolejnice, aby byla zajištěna dostatečná velikost třecí síly pro trakci a brzdění. V kontaktu na pojížděné hraně je naopak třecí síla nežádoucí, a proto se zde snažíme dosáhnout součinitele adheze co nejnižší hodnoty. Optimální hodnoty součinitele adheze společně s daným místem kontaktu jsou k vidění na obr. 3-8. To je důvodem používání rozdílných materiálů pro aplikování do kontaktu kola a kolejnice. Materiály aplikovanými mezi okolek a pojížděnou hranu jsou plastická maziva. Základem těchto maziv je syntetický nebo rostlinný olej a obsahují přísady zlepšující jejich mechanické vlastnosti, zejména odolnost vůči tlaku. Plastická maziva slouží k snížení součinitele adheze a modifikaci třecí vrstvy, tak aby bylo dosaženo co nejnižšího hodnoty. Toho je dosaženo tím, že v kontaktu vzniká hydrodynamické mazání [21]. Například na síti SŽDC velice používané plastické mazivo BECHEM Ecorail 5501 je biologicky snadno odbouratelné plastické mazivo na bázi lithium-vápenatého zpevňovačla a syntetických esterových olejů s aditivou [22].

Materiály pro ošetření temene hlavy kolejnice se liší speciálními přísadami nazývanými modifikátory tření, které zajišťují požadovaný součinitel adheze. Tyto přísady pak daly jméno také jedné kategorii těchto materiálů. Obecně materiály pro aplikace na temenu hlavy kolejnice se označují jako TOR materiály. Lze je dělit na dvě kategorie, a to na neschnoucí a schnoucí. Neschnoucí jsou plastická maziva nebo oleje s přísadami. Do této kategorie spadají též takzvané TOR hybridy, což jsou látky jejichž základem je kombinace oleje a vody. Naproti tomu látky označované jako schnoucí mají základem vodu. Voda je v tomto případě nositelem a umožňuje distribuci látky do kontaktu, kde požadujeme její rychlé odpaření. Tyto látky se dnes nazývají modifikátory tření [23].



Obr. 3-8 Optimální hodnoty součinitele adheze kontaktu kola a kolejnice [18]

### 3.3 Seznam používaných mazacích jednotek podle výrobců

#### 3.3.1 SKF a Lincoln Wayside lubrication systems

Tato firma založená v roce 1907 ve Švédsku známá především díky výrobě ložisek, patří dnes mezi největší strojírenské firmy na světě. Dnes se kromě dalších odvětví také zabývá technologií mazání, a tak jako některé další firmy zabývající se technologií mazání, vyvíjí mazací systémy pro kolejovou dopravu. Zabývá se jak on-board-systémy tak také off-board systémy. Své postavení na světovém trhu s technologií mazání firma upevnila v roce 2010 akvizicí americké firmy Lincoln Industrial Corporation, která je z perspektivy této práce zajímavá především vývojem stacionárních systémů mazání pro americké a kanadské železnice. Takto firma SKF pronikla na jinak dosti uzavřený a specifický severoamerický trh. Dnes jsou produkty společnosti Lincoln Industrial a SKF nabízeny v rámci jednoho katalogu [25].

Produkty firem SKF a Lincoln typu off-board se v jejich katalogu označují jako Wayside lubrication systems. Produkty tohoto typu vyrábějí jako jednotky pro mazání boku nebo temena hlavy kolejnice, případně i jako kombinace obou předchozích. Produkty jsou koncipovány jako stavebnice, takže výsledné zařízení lze sestavit dle požadavků zákazníka a s cílem optimalizace lokálních specifík. Na výběr je zde z několika aplikačních jednotek, kterými se nanáší mazivo případně i modifikátor tření na hlavu kolejnice. O dávkování maziva a jeho skladování se starají další komponenty variabilního systému, včetně mnoha dalšího možného příslušenství. Na obr. 3-9 je přehledně zobrazeno, jaké off-board aplikační jednotky zvolit podle aplikace v drážní dopravě. A zda systém upravuje povrch boku hlavy kolejnice či temena hlavy kolejnice.

Systém mazání	Železniční aplikace								
	Mazání boku hlavy kolejnice	Mazání temeno hlavy kolejnice, top of rail (TOR)	Těžká nákladní doprava	Nákladní doprava	Vysokorychlostní železnice	Osobní doprava	Uzavřené osobní dopravní systémy	Metro	Tramvaj
Off-board jednotky									
Wiper bar	•		•	•		•	•	•	
Contact Applicator	•	•	•	•		•	•	•	
SLID	•	•		•		•	•	•	•
Vrtané díry	•	•						•	•

Obr. 3-9 Určení jednotlivých stacionárních mazacích zařízení firem SKF a Lincoln [24]

#### Systém mazání okolky

V katalogu lze najít pod názvem Wiper bar. Využívá aplikačních lišt upevněných na vnitřní strany kolejnic pomocí šroubů. Aplikační lišta je tvořena kartáčem, do kterého je dávkováno plastické mazivo. Průjezdem vlaku se okolky otírají o kartáč a tím mazivo roznáší dále po trati. Mazací lišta má v sobě integrované progresivní dávkovací zařízení, které zajišťuje rovnoměrnou aplikaci maziva na všech 12 vývodech maziva v liště. Mazací tuk je dopravován pomocí tlaku až 27,6 MPa, což zajišťuje funkci i při nízkých teplotách a zamezuje případnému ucpání [25].



Obr. 3-10 Aplikační lišta Wiper bar připevněná na bok kolejnice [24]

### Systemy mazání temena kolejnice

Zde jsou nabízeny dva rozdílné produkty. Jejich nevýhodou je poměrně krátká vzdálenost ošetření kolejnic v rozsahu do 500 m. Velice zajímavý systém Single-Line Injection Device (SLID) využívá aplikační jednotky instalované z vnitřní, nebo vnější strany kolejnice. Aplikační jednotka je vyhřívána a v tomto případě modifikátor tření je před průjezdem vlaku vstříknut na hlavu kolejnice pomocí čtyř trysek. To umožňuje nanášení MT bez kontaktu s kolem nebo kolejnicí. Tento systém se dá použít i pro mazání pojížděné hrany hlavy kolejnice. [24]



Obr. 3-11 Aplikační jednotka SLID a její instalace na kolejnici [24]

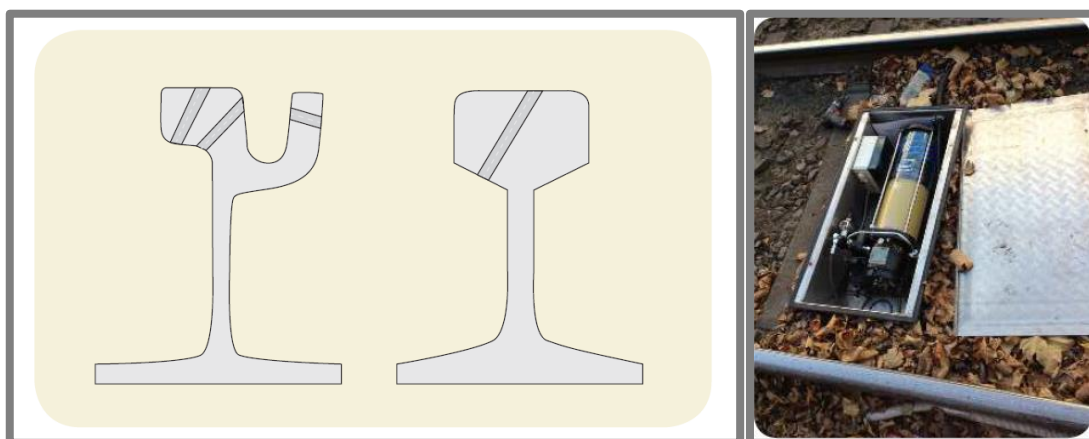
Další zařízení aplikující modifikátor tření na temeno hlavy kolejnice se nazývá Contact Applicator. Tato aplikační lišta je montována na vnější stranu kolejnice. Lišta je k montážní základně připevněna pružinami, a při průjezdu kola se může lišta „promáčknot“. Odpružená část lišty je složená z pryžové desky s vyvrtanými otvory, kterými je dávkováno mazivo. Při průjezdu vlaku se část kola přesahující bok kolejnic otírá o aplikační lištu. Tato lišta také využívá progresivní dávkovací zařízení, které zajišťuje rovnoměrnou aplikaci maziva do všech otvorů. [24]



Obr. 3-12 Aplikační lišta Contact Applicator od firmy Lincoln [26]

### Systém mazání skrze vrtané otvory v kolejnici

Další možností mazání hlavy kolejnice, které firma SKF nabízí je přívod maziva skrze vrtané otvory v kolejnici. Tímto lze zajistit mazání jak boku, tak i temena hlavy kolejnice. Kolejnice je vrtána tak jak je zobrazeno na obr. 3-13. Mazivo nebo modifikátor tření je zde přiváděn pomocí vysokotlakých hadic. Počet a umístění vyvrtaných děr závisí na lokálních podmínkách dráhy a daného místa. V případě tohoto systému se počítá s možností zapuštění technologického zázemí do země nebo v případě klasického umístění nad úroveň terénu je celá technologie jako čerpadlo, zásobník a řídicí jednotka umístěna v ocelovém boxu. V případě montáže technologie pod úroveň terénu, je v nabídce menší speciální čerpadlo spojené s řídicí jednotkou a zásobníkem na 20 kg maziva nebo modifikátoru tření.



Obr. 3-13 Systém vrtání kolejnic firmy SKF a skříň technologického zázemí [24]

### Technologické zázemí

Jak jsem již zmínil tyto produkty jsou stavebnicového charakteru, celá stacionární jednotka se skládá z čerpadla, nádrže, řídicí jednotky, detekce náprav, již popsanými aplikátory maziva a zdroje energie. O řízení se stará řídicí jednotka. Nabízena je jednoduchá verze pro mazání pouze jedné koleje a pak řídicí jednotka postavená na programovatelném automatu PLC. Tento umožní ovládat více aplikačních jednotek současně, přesné nastavení dávkování aplikovaného materiálu a také vzdálenou správu pomocí mobilní sítě. Vzdálená správa pak umožňuje dostávat upozornění o poruchách

a stavu obsahu zásobníku, také umožňuje posílání povelů a mazník například na dálku vypnout [27]. K volitelnému zařízení pak patří vyhřívání skříně s technologií, senzor dešťových srážek, indikační světlo indikující poruchu. Pro dopravu maziv a modifikátoru tření je používáno pístové čerpadlo FlowMaster, které je konstruované pro nasazení v průmyslu. Velikost nádrže si může zákazník vybrat z několika velikostí 25, 90, 363 kg případně si nechat vyrobit o vlastní kapacitě. K detekci náprav je využíváno vlastních bezkontaktních senzorů pracujících na elektromagnetickém principu. Zdroj energie může být napojení na místní rozvodné síť, případně v nepřístupných oblastech může funkci zdroje plnit solární panel s baterií. [24]



Obr. 3-14 Senzor detekce náprav SKF [24]

### 3.3.2 Whitmore LubriCurve®

3.3.2

Tato americká firma založená už v roce 1893 se zabývá průmyslovými řešeními zvýšení výkonosti, spolehlivosti a prodloužení životního cyklu. Své řešení nabízí ve 120 zemích po celém světě. Firma se zabývá výrobou pouze off-board jednotek a dodává k nim i širokou škálu maziv a modifikátoru tření, použitelných pro různé podmínky a k dosažení různých cílů. Zařízení lze zkombinovat dle lokálních specifik a přání zákazníka. V katalogu výrobce lze najít několik druhů aplikačních lišt, ty lze kombinovat s různými systémy dávkování a nakládání s aplikačním materiálem. Můžeme zde najít dvě odlišné modelové řady. Klasický systém s elektricky poháněným čerpadlem a elektronicky řízeným dávkováním a pak systém založený na mechanické energii nepotřebující k svému provozu elektrickou energii.

#### Aplikační lišty

LubriCurve® EasiBlade je aplikační lišta sloužící k mazání boku hlavy kolejnice. Jako mazivo se používá tuk. Její délka je variabilně 40 cm nebo 60 cm, variabilní je také počet výtokových otvorů a jejich průměr 12 mm nebo 16 mm. Montuje se na vnitřní stranu kolejnic a lze ji kombinovat se zařízením EasiLegs. To umístí mazací lištu na otočný mechanismus umožňující sklopení mazací lišty při broušení kolejnic, aniž by bylo nutné mazací lištu demontovat a pak znovu složitě připevňovat [28]. Na obr. 3-15 je vpravo vidět, jak vypadá mazací lišta ve sklopeném stavu.



Obr. 3-15 Mazací lišta EasiBlade od společnosti Whitmore [29]

LUBRICURVE EasiCheck je jednoduchá aplikační lišta se šesti vývody a slouží k mazání přídržnice u výhybek nebo na širé trati. Toto zařízení slouží k mazání kontaktu vnitřní strany okolků a mazané plochy přídržnice. Zařízení má snadno demontovatelné víko, pro snadné čištění mazacích kanálků. Toto zařízení je zde uvedeno pro zajímavost, protože se nejedná přímo o technologii mazání hlavy kolejnice.

Gauge Face Wiping Bars zařízení velice podobné EasiBlade ovšem bez možnosti umístění na kloubovém mechanismu. Tato lišta je primárně určena pro tratě s těžkou nákladní dopravou. Vyrábí se v délkách přibližně 40 cm, 60 cm a 150 cm s 8, 16, 32 otvory.

PolyTOR Wiping Bars je aplikační lišta instalovaná vně kolejnice. Jak už název napovídá jedná se o systém na mazání temena hlavy kolejnice TOR. K mazání je možné využít jeden ze tří dostupných modifikátorů tření od firmy Whitmore. Lišta je tvořena kovovým rámem ošetřeným práškovým povlakováním zajišťující vysokou odolnost vůči povětrnostním vlivům a vyměnitelnou polyuretanovou deskou zajišťující nanášení modifikátoru tření na odvalující se kola. Výrobce slibuje odolnost polyuretanové desky vůči UV záření a snadnou údržbu. Poškození zařízení vlivem jízdy kola se špatnou geometrií nebo vícestopým vozidlem zasahující do profilu polyuretanové lišty je zabráněno jejím elastickými vlastnostmi. Toto řešení výrobce vyzdvihuje nad použití mechanických pružin k tlumení takto vzniklých rázů. Samotná aplikační lišta je pak přibližně 90 cm dlouhá a je v ní pouze jeden mazací otvor.



Obr. 3-16 Mazací lišta PolyTOR od společnosti Whitmore [29]

### Elektricky řízené dávkovací systémy

Systémy Electro 10, 20, 30, AccuTrack, LubriCurve Electro 5, Electro™ 15, jsou velice podobné a v závislosti na typu mají různé rozměry a výkonost podle požadavků



dané aplikace. V závislosti na typu mají široký rozsah velikosti zásobníků od 36 kg u LubriCurve Electro 5 až po 630 kg u systému AccuTrack. V závislosti na typu je také rozdílné kolik a jak velké aplikační lišty lze použít. Systémy využívají k řízení dávkování řídicí jednotku a bezkontaktní snímače náprav, které lze instalovat i v obou směrech trati v případě obousměrně projížděného úseku. Mazivo může být dopravováno na vzdálenost 8 m až 15 m a lze dávkování řídit pro jednotlivé kolejnice zvlášť. Patentovaná dávkovací jednotka zajišťuje konstantní množství aplikovaného maziva při různých teplotách a mění se viskozitě maziva. Všechny tyto systémy lze použít pro maziva na bázi tuků a olejů i pro modifikátory tření. [28]

### Mechanický dávkovací systém

Alternativou k výše popsanému systému je systém nepotřebující k provozu elektrickou energii a je konstrukčně jednoduší levnější. Skládá se z LUBRICURVE PD50 což je válcovitý zásobník s pístem naplněný mazacím tlukem, který je umístěn vedle trati a jeho kapacita je podle typu 9, 35, 70 kg. Společně s LUBRICURVE EasiPump, který se stará o dávkování maziva do 2 nebo 4 aplikačních lišt pro mazání boku kolejnice. Systém pracuje tak, že na píst v zásobníku působí pružina, která udržuje v mazivu tlak. Ze zásobníku je vyvedeno potrubí do LUBRICURVE EasiPump, který je umístěn na boku kolejnice. Z tohoto zařízení vyčnívá píst, který je při průjezdu kola stlačen. Tímto se uvolní ventil a mazivo proudí do aplikačních lišt. Tento systém se používá pouze pro mazání okolku [29].

Zajímavostí je, že tyto produkty používají dvě české firmy První Signální, a.s. a RAILTEC s.r.o. Obě tyto firmy se mimo jiné zabývají technologií mazání kolejí a produkty na této bázi shodně nazývají kolejnicové mazníky. První signální tento systém prodává pod obchodním názvem LubriCurve 50 a má tento produkt schválený na síti SŽDC a aktuálně je to pouze jeden ze dvou schválených stacionárních systémů mazání hlavy kolejnice [6][30]. Firma RAILTEC se zabývá čistě dodáváním kolejnicových mazníků a má za sebou několik instalací na železničních tratích mimo síť SŽDC. Její zařízení je používáno na několika železničních vlečkách například ve Třineckých železárnách [31].



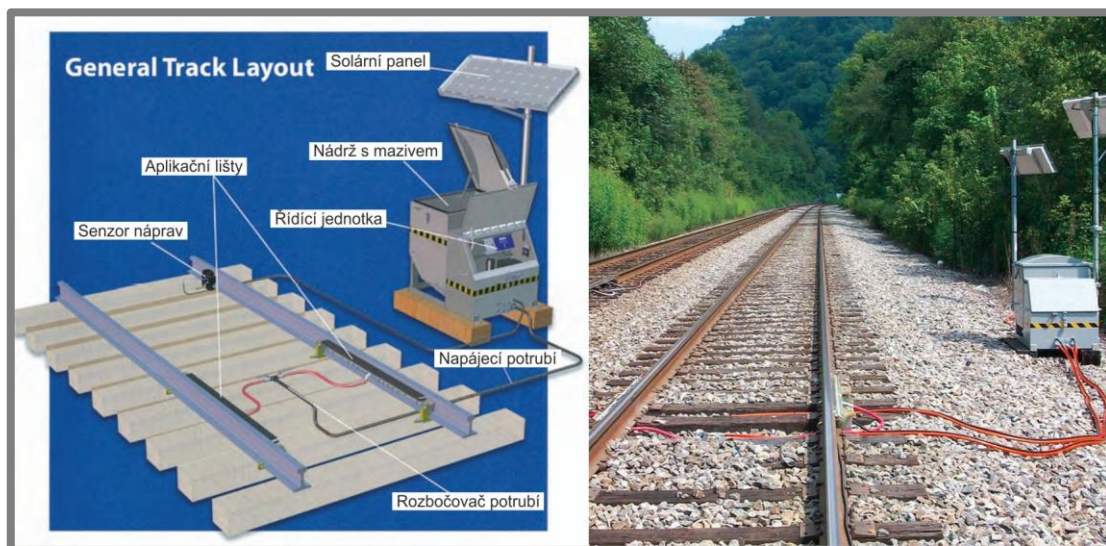
Obr. 3-17 Zařízení LUBRICURVE EasiPump vlevo a LUBRICURVE 50 vpravo

### 3.3.3 L. B. Foster PROTECTOR®IV

3.3.3

Tato americká průmyslová skupina založená v roce 1902 se zabývá stavbou dodávkou kompletní škály výrobků pro stavbu železničních tratí, energetikou a výrobou hutních polotovárů. Součástí této skupiny je i divize Rail Technologies, která se zabývá třecím

managementem v železniční dopravě. Firma má také pobočku ve Velké Británii, takže její produkty jsou i v Evropě dostupné a instalace lze najít kromě Spojeného království, také například v Maďarsku a Itálii [32]. Nabízeny jsou produkty typu „on-board“ i „off-board“ a k nim současně firma dodává i vlastní maziva a MT. Pro naši práci zajímavá je produktová řada PROTECTOR®IV, která obsahuje „off-board“ jednotky, a to jak pro mazání okolků (GF), tak i pro mazání temene hlavy kolejnice (TOR). Výrobce se ve svých materiálech chlubí, že bylo nainstalováno přes 5000 těchto zařízení [33].

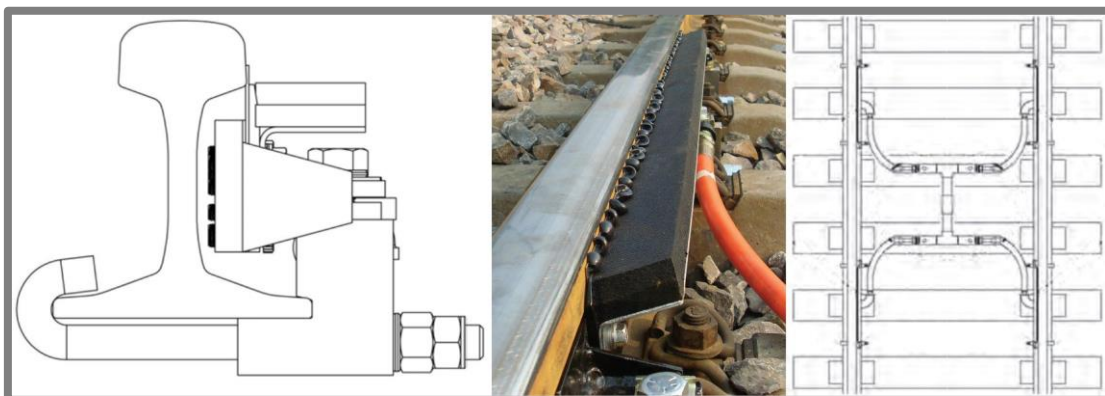


Obr. 3-18 Systém mazání PROTECTOR®IV od L. B. Foster [34]

Zařízení koncipované stejně jak již bylo popsáno v úvodu této kapitoly. Tedy skládá se ze skříně obsahující zásobník a řídicí jednotku s pumpou. Ty se pak starají o distribuci maziv a MT do aplikačních lišt. Zásobníky jsou nabízeny v širokém rozsahu velikostí od 90 do 360 l. Pumpa je zubová dvoustupňová a navržena na čerpání plastických maziv o různých viskozitách i široké škále MT. Řídicí jednotka se stará o dávkování maziva na základě informací ze senzoru detekce náprav. Jednotka dále hlídá napětí baterie, okolní teplotu a obsahuje počítadlo celkového počtu projetých náprav. Navíc se dá zařízení vybavit systémem vzdálené správy. To je užitečné pro rychlejší detekci a odstranění závad, ale také pro optimalizaci doplňovacích intervalů maziva a MT. Dávkování probíhá podle předem přesně nastaveného množství a pohybuje se okolo 0,34 kg / 1000 náprav pro plastická maziva, či 0,5 l pro MT [33]. Sensory označované jako „Smart Wheel Sensor“ jsou postavené na elektromagnetickém principu a jsou aktivovány při pohybu kovového předmětu (kola) kolem senzoru. Pro oblasti s vysokým magnetickým rušením, například při užití u elektrických drah využívající napájení z třetí kolejnice, je v nabídce vysoce odolný senzor. Výhodou je pak možnost instalace štíhlejší skříně technologického zázemí na stěnu v místech s úzkým průřezem, například pro instalace v tunelu. Samozřejmostí je pak odolnost vůči vodě. K napájení zařízení se využívá lokální přípojka z veřejné distribuční sítě nebo systému baterií a solárního panelu. Napájení také obsahuje ochranu proti přepětí. Z jednoho technologického zázemí pak lze obsluhovat více aplikačních lišt instalovaných i ve více kolejích.

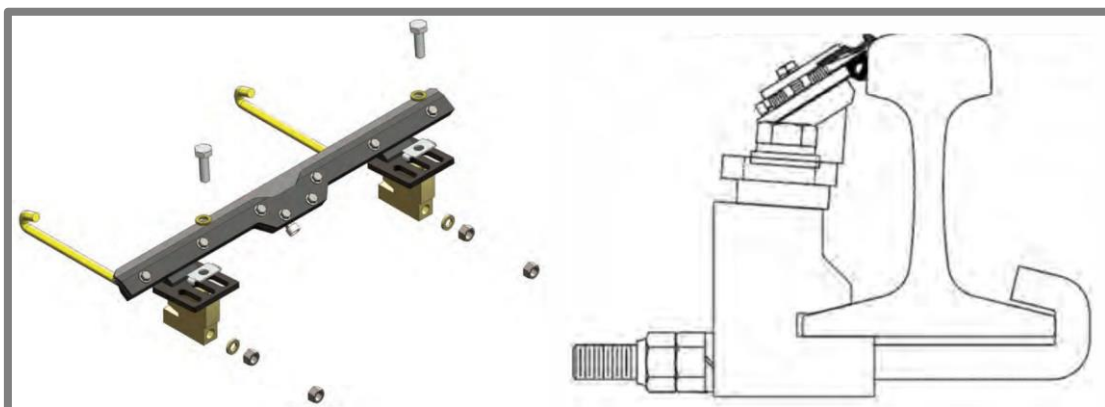
Aplikační lišty jsou dvojího druhu pro mazání GF a TOR. Lišty pro mazání okolků jsou několika typů v závislosti na délce, a také typu kolejnice na kterou jsou

montovány. Lišty jsou z uhlíkové oceli a provrtány rozváděcími otvory. Tyto mazací cesty jsou povlakovány teflonem, aby nedocházelo k zablokování maziva. Na liště samotné je pak pěnová deska starající se o lepší nanesení maziva na okolek kola. Tyto lišty jsou uzpůsobeny k používání plastických maziv, přičemž výrobce například nabízí ELM® TempFlex™. Toto plastické mazivo, jehož základem je rostlinný olej a zahušťovadlem je lithné mýdlo [33].



Obr. 3-19 Lišta pro mazání okolků L. B. Foster MC-4® GDU [35]

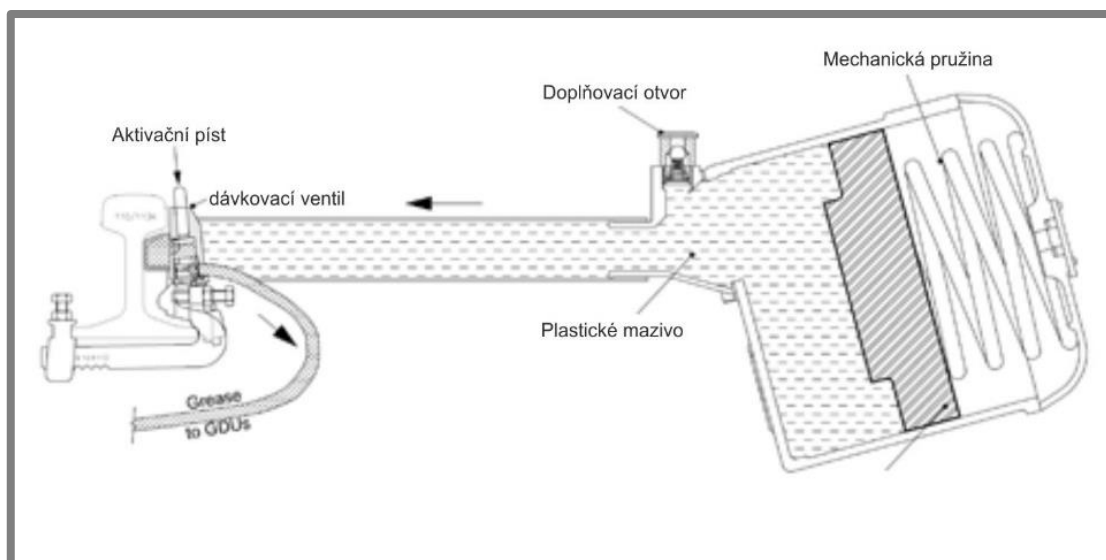
Lišty pro mazání temene hlavy kolejnice jsou montovány z vnější strany kolejnice. Na výběr je ze dvou typů TOR-ML Bar™ a MC-4TR® Bar. První jmenovaný typ je velice podobný výše popsaným GF lištám. Také využívá otírání pěnové desky přidělané na ocelové liště s teflonem povlakovanými rozvodovými drážkami. Druhá jmenovaná pak neobsahuje pěnovou desku a spoléhá se pouze na ocelovou lištu s vrtanými a teflonem povlakovanými drážkami aplikuje mazivo na temeno hlavy kolejnice přímo. Přičemž lišta je instalována skloněna pod úhlem přibližně 45°. Obě lišty jsou určeny k používání modifikátorů tření typu KELTRACK®. Společně s tímto modifikátorem tření je dosahováno součinitele adheze 0,3 – 0,4 v kontaktu kola a kolejnice na temenu hlavy na vzdálenost až 4 km [37].



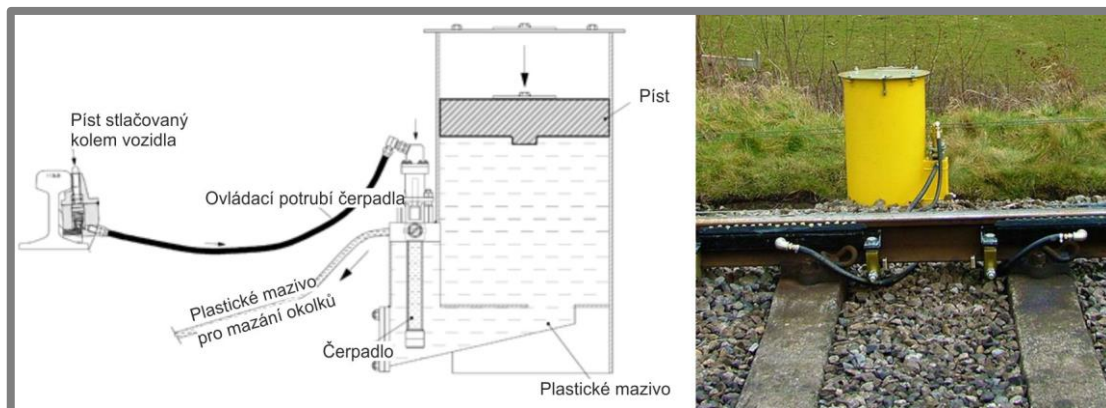
Obr. 3-20 Lišta pro mazání temene hlavy kolejnice L. B. Foster MC-4TR® [36]

Kromě této klasické koncepce s elektrickým čerpadlem a elektronickou řídicí jednotkou nabízí firma i mazací systém využívající mechanické nebo hydraulické čerpadlo. Tyto systémy jsou zcela nezávislé na elektrické energii, ale jsou použitelné pouze pro mazání okolků pomocí plastických maziv. Zařízení využívá standardních aplikačních lišt popsaných výše např. MC-4® GDU. Mechanické zařízení pracuje na

principu podobný Whitmore LubriCurve EasiPump. Skládá se tedy ze zásobníku o kapacitě 9 kg nebo 25 kg ve kterém je mechanická pružina udržující tlak v mazivu. Zásobník je propojen potrubím s ventilem, který se při průjezdu vlaku otevírá. To je způsobeno mechanickým stačením pístu okolkem projíždějícího kola. Hydraulický systém pak funguje podobně, ovšem navíc obsahuje hydraulické čerpadlo, jemuž je dodávána energie stlačením pístu umístěného u kolejnice. Píst je napojen na ovládací hydraulické potrubí, jenž vyvolaným tlakem aktivuje pumpu, která načerpá ze zásobníku plastické mazivo a distribuuje je do mazacích lišt. Systém lze montovat až 3,5 m od kolejí a kapacita zásobníku je od 12,5 kg do 75 kg. Navíc je tento systém možné montovat i na dvojkolejně tratě. [36][38]



Obr. 3-21 Mechanické mazací zařízení L. B. Foster PL Series [38]



Obr. 3-22 Hydraulické mazací zařízení L. B. Foster PW Series [38]

### 3.3.4 ELPA WONROS™

Tato slovinská firma založená v roce 1991 se specializuje na mazací techniku v těžkém průmyslu, a především pak v drážní dopravě. Kromě toho se zabývá projektováním protihlukových opatření a jejich realizací. Její technologie WONROS™ je určena především pro snižování hluku a opotřebení v drážní dopravě. Obsahuje zařízení typu „on-board“ i „off-board“ a u stacionárních zařízení cílí jak na železniční, tak i na tramvajovou dopravu. V tomto příspěvku se zaměříme na popis jejího stacionárního mazacího zařízení CL – E1 jenž je úspěšně provozováno i v české republice [39].

V současné době je vyvíjen nástupce označovaný jako CL – E2. V souvislosti s firmou ELPA je ještě zajímavé zmínit, že dodává systém pro snížení hlukové zátěže kolejových brzd jménem BREMEX-ANNSYS. Tento systém pracuje podobně jako popisované systémy na mazání hlavy kolejnice. Rozdílem je, že mazivo je nanášeno na boky disku kola, kde působí síla přitlačovaných čelistí kolejové brzdy [40]. Tato technologie přispívá k značnému snížení hlukové zátěže až o 20 dB [41]. Zařízení jsou používána také v Česku, a to hned na několika seřadovacích nádražích vybavených kolejovými brzdami [39]. Zařízení je vyobrazeno na obr. 3-23, zejména pak vpravo je detail aplikačních kartáčků.



Obr. 3-23 ELPA BREMEX-ANNSYS mazací zařízení určené pro kolejové brzdy [40]

### Stacionární mazací zařízení CL–E1

Zařízení je to klasické konstrukce. Tedy se skříní obsahující technologické zázemí a mazivo nebo modifikátor tření je distribuován do kontaktu kola a kolejnice pomocí aplikačních lišt nebo vrtaných otvorů. Systém se dělí na klasický mazací pouze pojížděnou hranu kolejnice, jenž využívá aplikační lištu nebo vrtané otvory, a pak na systém s dovětkem TOP v názvu, jenž mazivo aplikuje na pojížděnou hranu i temeno hlavy kolejnice. Ten přivádí modifikátor tření vrtanými otvory v kolejnici. Kromě otvorů je zde však také lišta s „kartáčky“, sloužící k zachytávání vytlačeného maziva a jeho zpětnou aplikaci kartáčky na okolek kola, takto je dosaženo až 99,8 % využití modifikátoru tření [40]. Díky tomu také nedochází k nadbytečné kontaminaci okolí mazacího zařízení. Tedy jediným modifikátorem tření je ošetřen povrch temene i pojížděné hrany kolejnice. Je zde také zajímavé zmínit, že tento systém s vrtanými kolejnicemi se používá ve Slovinsku i na konvenční železnici s širokopátními kolejnicemi typu UIC60 a S49 [39]. Zároveň systém vrtaných děr pro mazání kolejnice má firma patentovaný, v tomto patentu je také částečně popsán použitý senzor, jenž je mechanický a je umístěn v jednom z vrtaných otvorů v kolejnici viz. obr. 3-24 [42]. Skřín s technologickým zázemím obsahuje nádrž o objemu 24 l. Skřín může být umístěna vedle kolejového pásu na povrchu (název pak obsahuje ws) nebo v šachtě pod úrovní terénu (název pak obsahuje ug). Zařízení pak může být napájeno z lokální distribuční sítě (název obsahuje slovo Electro) nebo využívá baterií a solárního panelu (název obsahuje slovo Solar). Klasickým systémem pro mazání pojížděné hrany kolejnice instalovaný i v České republice využívá jako maziva KL-trinAl, což je plastické mazivo s vysokým obsahem pevných částic založené na základu z biologicky rozložitelného oleje. Toto mazivo zaručuje vysokou odolnost vůči kontaktním tlakům při širokém rozsahu okolních teplot -30 °C až 100 °C [40]. Pro aplikace na temenu

hlavy kolejnice je dodáváno mazivo TORAX tato látka označovaná jako CHFC to obsahuje více jak 40 % pevných částic [434-3]. Při testování tohoto zařízení CL – E1 top ws ve Slovinsku bylo aplikováním modifikátoru tření při množství 7 kg/měsíc a přibližné hustotě dopravy 40 000 náprav/měsíc po dobu šesti měsíců dosaženo snížení bočního ojetí kolejnice na polovinu a redukcí hluku až o 20 dB [41].



Obr. 3-24 ELPA CL-E1 top ws, vlevo senzor detekce náprav vpravo vrtaná kolejnice [40] [42]

### 3.3.5 LORAM TracShield®, GaugeShield® a YardGlide®

Tato americká firma s více než šedesátiletou tradicí se zabývá především výrobou zařízení pro mechanizovanou stavbu a údržbu traťového svršku. Oblastí kontrolování tření v železniční dopravě se Loram začal zabývat v roce 2011 akvizicí firmy Tranergy, významné firmy v této oblasti z této oblasti [43]. V jejím produktovém katalogu dnes najdeme systémy „on-board“ i „off-board“. Firma se specializuje na americký trh a dodávané stacionární systémy pro kontrolování tření jsou určeny pro železniční dopravu. V nabídce je systém GaugeShield®, což je standartní systém mazání okolů pomocí aplikačních lišt umístěných na vnitřní straně kolejnice mezi, další je TOR systém TracShield® také využívající aplikačních lišt umístěných na vnější straně kolejnice a zajímavý systém mazání YardGlide® sloužící k mazání jízdní plochy kola na seřadovacích nádražích rozstříkem modifikátoru tření pomocí trysky. Firma k těmto zařízením dodává také své vlastní oleje, plastická maziva a modifikátory tření [44].

#### TracShield®

Tento systém klasické konstrukce se skříní technologického zázemí a aplikačními lištami se dodává ve třech konfiguracích v závislosti na objemu zásobníku modifikátoru tření. Ty jsou dodávány o kapacitě 204 l, 379 l a 757 l. Kromě největšího pak zásobníky lze vyměňovat, což je výhodné, pokud se používají rozdílné modifikátory tření v závislosti na ročním období a nemusí se tak celý obsah zásobníku přečerpávat. Naopak kromě zařízení s nejmenší kapacitou zásobníku, lze ostatní zařízení používat pro aplikování maziva i na dvojkolejně trati. Výhodou největšího je senzor srážek a bezpečnostní čidlo pro víko technologické skříně. Všechny systémy pak umožňují vzdálenou správu zařízení skrze webovou aplikaci. Ta je aktualizována každý den a dokáže sledovat až deset parametrů z jednoho zařízení. Především jde o kontrolu obsahu zásobníku modifikátoru tření, napětí baterie, množství spotřebovaného maziva, počet projetych náprav a teploty [44]. Sensory pro detekování náprav jsou k dispozici dva. Jeden je běžný pracující na elektromagnetickém principu označený jako WDS2™ [43]. Citlivost na ovlivnění detekce náprav jinými zdroji

elektromagnetických polí lze regulovat potenciometrem. Senzor je použitelný do teploty  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a pro maximální rychlost 130 km/h. Druhý je jmenovaný WDS22A™ pak spojuje dva předchozí senzory do jednoho bloku a tím umožňuje navíc určení směru a rychlosti vozidla [45]. To je pak výhodné používat v místech, kde požadujeme mazání tratě pouze v jenom směru. O napájení zařízení se stará solární panel s ochranou proti odcizení společně s bateriemi nebo lokální elektrická přípojka z veřejné sítě. Aplikační lišty jsou instalovány z vnější strany, mají délku 80 cm a skládají se ze tří částí. Spodní hliníkový blok se stará o přívod a rozvod aplikovaného materiálu v liště. Kontakt s jízdni plochou kola a nanášení aplikovaného materiálu provádí pryžová deska s jedním otvorem, která je odolná vůči mechanickému opotřebení projíždějících kol a také vůči UV záření. Poslední hliníková část slouží ke sešroubování celé lišty dohromady. Celou lištu pak lze variabilně umístit do svěrek, které umožňují rychlé odstranění mazacího zařízení například v případě broušení. Pro aplikaci je na výběr z několika druhů modifikátorů tření ošetřená délka kolejí je kolem 4 km. Kromě nich je v nabídce TOR-H<sub>2</sub>Ox (TOR hybrid) a TOR-Xtend® (TOR olej) poskytující prodloužení ošetřené délky kolejí až na 10 km v jednom směru [44].



Obr. 3-25 Loram TracShield® TOR aplikační lišta a senzor detekce dvojkolí WDS22A™ [45]

### GaugeShield®

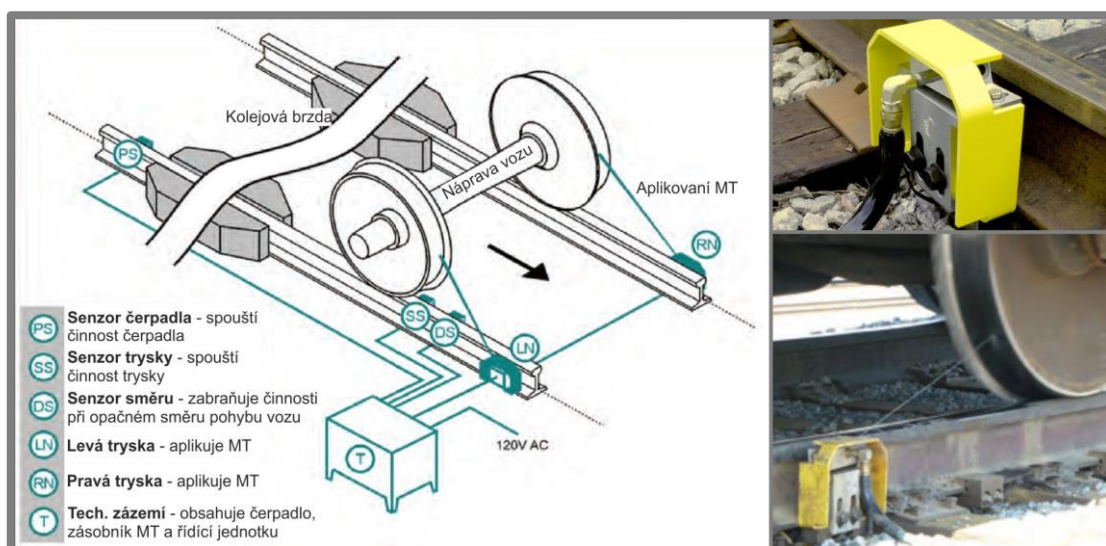
Systém je velice podobný předchozímu popisovanému, co se technologického zázemí týče. Je však nabízen pouze v provedení 91 kg a 363 kg, které jsou ekvivalenty předchozích dvou menších TOR zařízení. Mají také stejné vlastnosti až na absenci senzoru pro kontrolu stavu maziva v zásobníku. Konstrukce lišt je obdobná a mazivo je vytlačeno k okolku skrze pryžovou lištu umístěnou v hliníkovém rámu. V pryži je však vytvořeno větší množství děr. Délka lišt je pak variabilní 60, 120, 240 cm. Tento systém využívá ekologicky šetrné plastické mazivo EcoCurve. [44]



Obr. 3-26 Loram GaugeShield® aplikační lišta [44]

### YardGlide®

Tento systém je využíván k mazání jízdní plochy kol na seřadovacích nádražích. Na rozdíl od popisovaného řešení od společnosti ELPA, tento systém aplikuje modifikátor tření až po opuštění vozu z kolejové brzdy. Cílem aplikace modifikátoru tření je snížení jízdního odporu a tím umožnění nižší rychlosti na výjezdu vozidla z kolejové brzdy a větší kontrolu nad jedoucími vozy při vlakovorbě [46]. Kromě toho dochází ke snížení opotřebení plochy kola a brzdového obložení vozu. Systém je zde zařazen především svým unikátním systémem nanášení modifikátoru tření. Ten je pomocí aplikační jednotky tryskán přímo na kolo vozu při průjezdu kolem mazacího zařízení. Pro nanášení aplikačního materiálu na správné místo systém využívá soustavu senzorů, které detekují směr jízdy vozidla a zabraňují tak mazání, pokud místem projíždí vozidlo v opačném směru. Princip zařízení je pak popsán na obr. 3-27. Systém není nabízen ve variantě pro traťovou službu zřejmě kvůli nutnosti nízké rychlosti vozidla, tak aby byla aplikační látka správně nanášena. [46]



Obr. 3-27 Loram YardGlide® WL1000 [46]

### 3.3.6 DROPSA Track Lube

Tato dnes celosvětově působící italská firma založená v roce 1946 se zabývá výrobou a vývojem mazací techniky a maziv. V oblasti drážní dopravy se zabývá výrobou stacionárních mazacích zařízení a zařízení pro mazání nápravových ložisek železničních vozidel [47].

Zařízení, které nabízí je určeno pro mazání pojížděné hrany hlavy širokopatní kolejnice. Jeho specialitou je možnost umístění přídavných lubrikačních „štětečků“ pro mazání vnitřní strany okolků. To má v železniční dopravě pozitivní dopad na snížení opotřebení a hluku při průjezdu výhybkami, kde dochází ke kontaktu s přídržnicí. Zásobníkem jsou 50 kg barely s plastickým mazivem. Toto mnohoúčelové plastické mazivo NLGI 2, jehož základem je lithné mýdlo, a je použitelné až do teplot  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  [436-1]. Mazivo je vytlačeno přímo z barelu pomocí odnímatelného pístu poháněného elektromotorem, který slouží jako čerpadlo. Díky tomu lze doplnění maziva provést pouhou výměnou barelu s plastickým mazivem. Celé zařízení je řízeno pomocí řídicí jednotky, která je stejná jako v dalších aplikacích této firmy. To poskytuje jisté výhody v podobě vzdálené správy zařízení díky připojení



na internet skrze mobilní síť, a dokonce i možnost na dálku přeprogramovat, nevýhodou je že zařízení není primárně zaměřeno na použití s mazacím zařízením pro železniční dopravu. Jednou z funkcí je také kontrola stavu maziva v barelu skrze laserové čidlo. Zařízení je napájeno z lokální distribuční sítě, nebo solárním panelem, přičemž s integrovanými bateriemi vydrží pracovat nejvýše čtyři hodiny. Spouštění mazacího cyklu zajišťuje senzor vibrací. Ten může být jeden pro více aplikačních jednotek, nebo zařízení může dávkovat mazivo individuálně každé z až dvanácti aplikačních jednotek s odpovídajícím množstvím senzorů. Aplikační jednotka je složená z rozbočovače, který rozvádí mazivo na čtyři výstupy. Z těchto výstupů vedou kovové trubičky do aplikovaného místa na boku kolejnice. Celá jednotka je pak krytována do podoby 42 cm dlouhé lišty. Příkladné mazání vnitřní strany okolků je pak vidět na Obr. 27. Zařízení ošetřuje úsek dlouhý až 4 km dlouhý v závislosti na lokálních podmínkách [48]. Celé zařízení pak pracuje v teplotním rozsahu  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V současné době je zařízení provozováno a licencováno Italskými železnicemi [47].



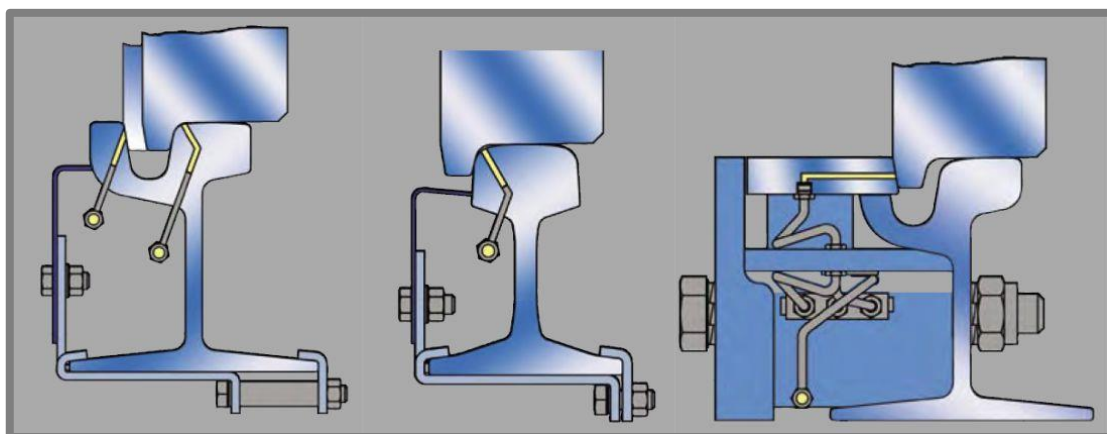
Obr. 3-28 DROPSA Track Lube vlevo skříň s technologií, vpravo aplikační lišta [48]

### 3.3.7 Moklansa E3S

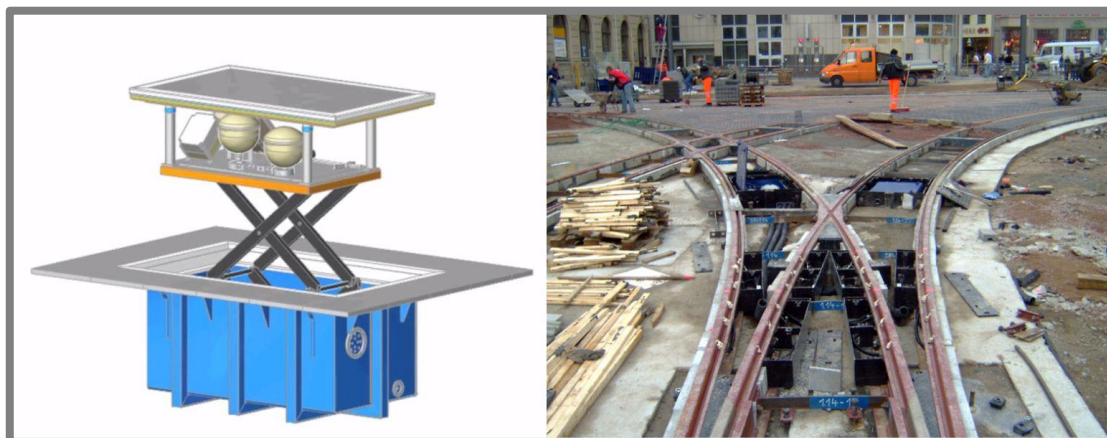
3.3.7

Tato německá firma se sídlem v Dortmundu byla založená v roce 1993. Tato firma se dnes soustřeďuje na stacionární mazací systémy pro tramvajové tratě a průmyslové dráhy. Její zařízení využívá výhradně mazání skrze vrtané otvory v kolejnici. Zařízení je standardní konstrukce se skříní technologického zázemí obsahující čerpadlo, řídicí systém a zásobník. Tu lze umístit standardně na betonový základ vedle tratě, upnout na stěnu nebo umístit v šachtě s víkem mezi kolejnicemi. Speciální verze označovaná jako „Bus system“ dokáže obsluhovat aplikační místa až 120 m daleko. Další specialitou je pak možnost instalace zařízení v šachtě na vysouvací plošině (obr. 30), která umožňuje snadnou kontrolu zařízení a doplňování maziva. Zásobník maziva je v podobě výměnné nádoby opatřené ventilem, jenž zabraňuje znečištění zařízení při výměně. Zásobníky se dodávají ve velikosti 12 l (9 l efektivní hodnota) a 5 l (3,75 l efektivní hodnota). V případě potřeby je možné zásobník zdvojit. Zařízení je řízeno pomocí PCL automatu, která obsahuje displej zobrazující aktuální stav zařízení. Zařízení dokáže regulovat množství dodávaného maziva na základě okolní teploty,

vybavit ho lze také senzorem srážek, který mazání vypne mazací cyklus při detekování většího množství srážek. Pro detekci vozidla a spouštění mazacího cyklu slouží elektromagnetický senzor. Variabilně lze použít jiný externí zdroj signalizace pro spuštění mazacího cyklu. Dále systém umožňuje posílání informací o aktuálním stavu a poruchách skrze textové zprávy. K napájení je možné použít lokální distribuční síť, nebo solárního panelu s bateriemi. Vrtání kolejnice probíhá firmou a lze využívat pro širokopatní i žlábkové kolejnice. Dle zvoleného vrtání kolejí lze mazat pojížděnou hranu, přídržnici i temeno hlavy kolejnice. Pro jednotlivé aplikace je nutné použít správně zvolený aplikační materiál, který ovšem firma nenabízí. Jako výhodou tohoto systému je možnost umístění všech komponent pod povrch tramvajové tratě v k tomu dodávaných boxech, zařízení pak v městské zástavbě působí decentně. [49]



Obr. 3-29 Moklansa E3S systém vrtaných otvorů a úplně vpravo systém mazání přídržnice [49]



Obr. 3-30 Moklansa E3S výsuvný systém a instalace mazacího zařízení ve výhybce [49]

## 4 DISKUSE

V provedené rešerši jsme se zaměřili na nejvýznamnější výrobce a jejich stacionárních mazacích zařízeních. Celkem bylo popisováno 17 zařízení od sedmi výrobců, mezi kterými nechybí lídři v tomto segmentu SKF-Lincoln, Whitmore a Loram. Mezi popisovanými zařízeními jsou výrobky pro mazání temene hlavy kolejnice a mazání pojížděné hrany hlavy kolejnice. K nanášení aplikovaného materiálu v podobě maziv a modifikátorů tření na hlavu kolejnice se využívají aplikační lišty nebo otvory vrtané kolejnici. Kromě toho některá zařízení používají aplikační jednotky, jež aplikují materiál rozstříkem pomocí trysky. Aplikační lišty pro mazání pojížděné hrany bývají vybaveny kartáčky (Dropsa, SKF-Wiper bar) nebo pryžovou deskou (Loram, L. B. Foster MC-4), které pomáhají k rovnoměrnějšímu nanesení maziva na okolek a zároveň chrání zařízení před poškozením. Aplikační lišty pro TOR aplikace se umísťují z vnější strany kolejí. Konstrukčně se buď podobají lištám pro mazání okolku nebo používají jediný lubrikační otvor (Loram, Whitmore), jímž aplikační materiál vytéká na povrch kolejnice a kolo se do něj namáčí. Činností všech typů lišt obvykle dochází ke kontaminaci okolí aplikovaným materiálem, což výrobci řeší použitím biologicky rozložitelných maziv nebo instalací ochranné geotextílie kolem zařízení. Mazání pomocí vrtaných otvorů je určeno pro lehké drážní provozy obvykle tramvajové dráhy a v železniční dopravě se nepoužívají kromě zařízení od firmy ELPA. Některé společnosti vyvíjejí ke svým zařízením i aplikační materiály, které jsou důležitou součástí zařízení a mají přímý dopad na celkovou výkonnost zařízení.

Všechny popisované systémy nabízejí variabilně systém napájení z přípojky veřejné distribuční sítě nebo solárního panelu v kombinaci s bateriemi. K řízení jsou obvykle používány programovatelné logické automaty PLC. Jejich úroveň řízení je však různá a většina výrobců nabízí pouze dávkování předem stanoveného množství aplikačního materiálu, daného nastaveným časem chodu pumpy, v závislosti na určitém počtu projetych náprav. Pouze jediný výrobce Moklansa ve svých materiálech uvádí, že množství dávkovaného materiálu je počítáno na základě informací z teplotního čidla. Velké množství popisovaných zařízení také umožňuje vzdálenou správu, ovšem často je řešena pouze jednostranně v podobě zasílání upozornění o stavu zařízení skrze textové zprávy nebo e-mail. Zásobníky maziva nabízejí výrobci obvykle v několika velikostech, tak aby vyhověli požadavkům zákazníků a náročnosti daného provozu. Určitě je vzhledem k nárokům na doplňování aplikačního materiálu vhodné používání větších zásobníků, ovšem v některých instalacích je investor omezen prostorovými podmínkami. Dalším omezením pak je, že zejména modifikátory tření a také kvalitnější plastická maziva mohou být poměrně drahá a ve větším množství by se zásobník mohl stát terčem zlodějů. Ochranou proti zlodějům a vandalům, výrobci také řeší u solárních panelů, které jsou proto umísťovány na stožár a někdy i zajištěny ocelovým rámem zamezující jejich odcizení. Protože výrobci zařízení pro mazání hlavy kolejnice jsou často firmy zabývající se obecně technologií mazání, mají některé použité komponenty převzaté z jiných průmyslových odvětví, a to platí především pro čerpadla. Ostatní výrobci se pak musí spoléhat na subdodavatele. To platí i pro senzory pro detekování vozidla, pouze ti největší výrobci si mohou dovolit vyrábět vlastní senzory. Výroba stacionárních mazacích zařízení jako celku je dnes hlavně kusová záležitost, a tak každá instalace těchto zařízení je téměř unikátní. I katalogích firem lze pozorovat jisté odlišnosti mezi jednotlivými instalovanými zařízeními. Výrobci však

díky tomu přistupují k jednotlivým zakázkám více individuálně a pokud se jedná o významného zákazníky, je možné jim vytvořit produkt na míru.

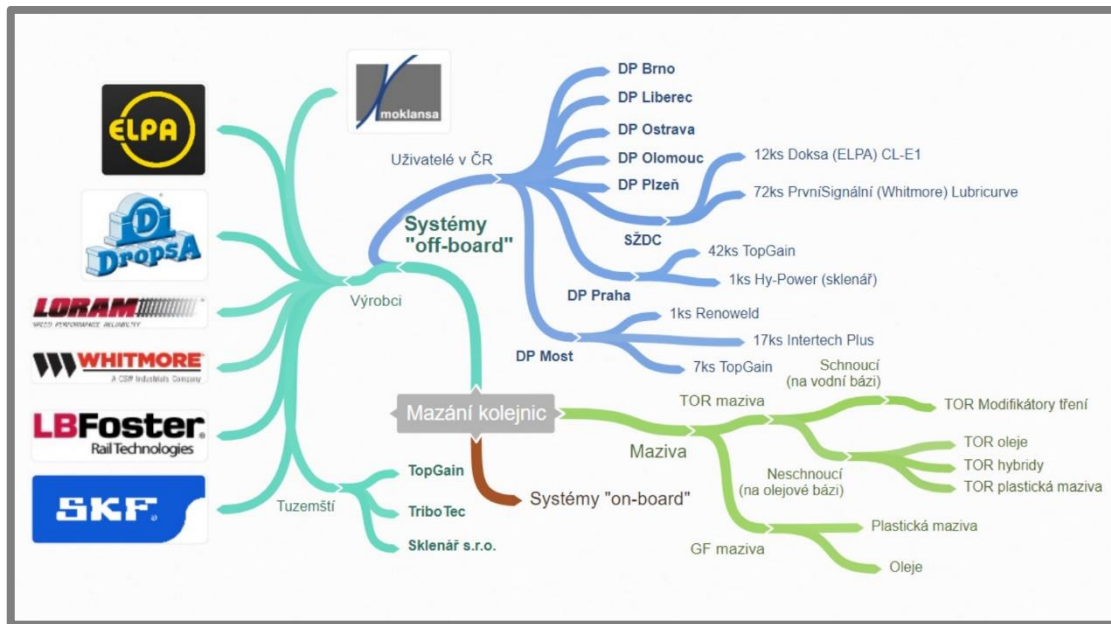
Srovnání jednotlivých typů zařízení podle výbavy je provedeno přehledně v tabulce 2. Zařízení jsou rozdělena podle typu na systémy pro mazání okolků (GF) a systémy pro mazání temene hlavy kolejnice (TOR). V tabulce jsou také vyznačeny zařízení, které dávají mazivo bezkontaktně rozstříkem. Dalšími sledovanými parametry jsou pak typ kolejnic, způsob pohonu čerpadla, možnost vzdálené správy zařízení, typ použitého senzoru pro detekci vozidla. Označeny byly také zařízení firem, které dodávají ke svým výrobkům vlastní aplikační materiály. Posledním sledovaným kritériem pak byla velikost zásobníku, kde ji výrobci obvykle uvádí v litrech pro modifikátory tření nebo TOR materiály a v kilogramech pro plastická maziva. Další porovnávání těchto zařízení mezi sebou je velice obtížné. Je to jednak nedostatkem informací, které jsou výrobci ochotni poskytnout, ale také velkými lokálními specifiky jednotlivých instalací. Dá se říct, že každá instalace mazacího zařízení vyžaduje zhodnocení lokálních specifik dané dráhy, ale také konkrétního místa. Proto je tak obtížné porovnávat veličiny, které by se k porovnání hodily, jako například množství aplikovaného materiálu nebo délka ošetřeného úseku. Pokud je tato hodnota výrobcem zařízení zveřejněna má pouze orientační charakter. Lze však konstatovat, že zařízení využívající modifikátory tření jejichž základem je voda, zajišťují ošetření úseku kratšího, než zařízení využívající aplikační materiály na bázi oleje nebo plastická maziva [23]. Tuto skutečnost potvrzuje například výrobce SKF se svým systémem wayside, který pro ošetření delšího oblouku doporučuje používat více TOR mazacích zařízení užívajících modifikátoru tření umístěných 500 m od sebe, kdežto zařízení pro mazání okolků využívající právě plastického maziva stačí instalovat pouze jedno na začátku oblouku. Další aspekt vhodný k porovnání by bylo snížení hlukové zátěže. To by však i s provedenými testy bylo značně zkrácené, jediný výrobce, který se snížením hlukové zátěže podrobněji zabýval a má ji podloženou testováním, tak je zařízení CL – E1 od firmy ELPA. Ta má zveřejněnou zprávu od slovinského úřadu pro bezpečnost práce, která poukazuje na snížení hlukové zátěže až o 20 dB v některých frekvenčních pásmech [50]. Obecně lze však říct, že všechny zařízení z principu snižují hladinu hluku vznikající z kontaktu kola a kolejnice [51].

Zařízení používané k mazání pojížděné hrany kolejnice mohou snížit boční ojetí boku kolejnice a také okolků, negativním vlivem však je růst únavových trhlin. Ten je navíc podpořen působením tlaku kapaliny v trhlině vznikajícího průjezdem kola [23]. Dalším benefitem je snížení hluku, který vzniká v kontaktu pojížděné hrany a okolku, ten však v některých případech nemusí být dominantním, a tak je vhodné řešit problém hluku v podobě zařízení, které bude ošetřovat pojížděnou hranu i temeno hlavy kolejnice [51]. Důležitým důvodem k používání systému mazání pojížděné hrany je zvýšení bezpečnosti drážního vozidla vůči vykolejení.

Benefity plynoucí z používání zařízení pro mazání temena hlavy kolejnice jsou závislé především na použitém aplikačním materiálu. Obecně lze říct, že mazáním temene hlavy kolejnice lze snížit opotřebení materiálů kontaktních ploch a snížit jízdní odpor, tedy dosáhnout úspory paliva. Pouze modifikátory tření pak poskytují snížení únavového poškození a tvorbu vlnkovitosti kolejnice. Další výhodou modifikátoru tření je pak pozitivní charakteristika trakční křivky a také menší náchylnost na propad součinitele adheze při nadměrném aplikovaném množství tak jako u neschnoucích TOR materiálů [51].

V současné době v České republice využívá technologii stacionárních mazacích systémů všech sedm dopravních podniků provozující tramvajovou dopravu. Například opravní podnik města Prahy využívá celkem 42 ks stacionárních mazacích zařízení pro od tuzemské firmy TopGain s.r.o. Všechny tyto zařízení používají plastické mazivo a jsou určeny k mazání pojížděné hrany kolejnice. Zajímavostí je pak u některých zařízení použití senzoru detekce vozidla umístěného v troleji [4]. Na tramvajové síti v Praze je také testováno nové mazací zařízení vyvíjené společností Sklenář s.r.o. ve spolupráci rakouskou firmou MBM. Zařízení využívá TOR plastické mazivo HeadLub® TS-1-1 od švýcarské společnosti IGRALUB. Dopravní podnik města Mostu používá celkem 25 ks stacionárních zařízení pro mazání pojížděné hrany kolejnice skrze vrtané otvory v kolejnici od firem TopGain s.r.o., INTERTECH plus s.r.o. a Renoweld. Dalším uživatelem je pak správce železniční infrastruktury SŽDC. Ten využívá převážně zařízení LubriCurve50 v počtu 72 ks dodávané společností PrvníSignální a.s, ovšem jak již bylo zmíněno, toto zařízení vyrábí firma Whitmore. Dalších 12 ks jsou zařízení typu CL – E1 ws dodávané společností Doksa s.r.o. a jejich výrobcem je slovinská firma ELPA. Oba tyto typy zařízení slouží k mazání pojížděné hrany kolejnice. Z tohoto průzkumu je tedy patrné, že systém stacionárních mazacích zařízení je v České republice poměrně rozšířený, ovšem naprostá většina instalací jsou zařízení pro mazání pojížděné hrany kolejnice. Je zde tedy značný potenciál v podobě dodání zařízení pro ošetření temene hlavy kolejnice, jenž by mohlo vyřešit některé problémy s infrastrukturou, které se mazáním pojížděné hrany kolejnice nepodařilo vyřešit. Například problémy s hlukem vznikajícím na temenu hlavy kolejnice, vzniku vlkovitosti nebo ztráty adheze a nutnost využití pískování ve sklonově náročných úsecích za nepříznivých povětrnostních podmínek.

Stacionární mazací systémy jsou moderní technologie umožňující snížení opotřebení, snížení spotřeby paliva, snížení výskytu únavových poškození, snížení hlukové emise a zvyšující bezpečnost proti vykolejení. Mezi nevýhody pak patří nutná údržba a náklady spojené s doplňováním aplikovaného materiálu. Další nevýhodou pak může být, že se jedná o další zařízení instalované na kolejový svršek, jenž stěžuje jeho údržbu, například při broušení kolejí. Styk kola a kolejnice je komplexní problém a mazání pomocí stacionárních jednotek pro mazání hlavy kolejnice je jen jeho částí. Pro řešení konkrétních problémů jako nadměrné opotřebení, nebo hluk je třeba porovnávat mazání kolejí s dalšími technologiemi jako jsou: jako broušení kolejnic, mazací zařízení používané na vozidlech, otěruvzdorné kolejnice, použití speciálních jízdnic obrysů kol, asymetrické jízdnic profily kolejí, absorbéry hluku. Případně tyto technologie mezi sebou kombinovat, tak aby bylo dosaženo nejlepších výsledků.



Obr. 4-31 Myšlenková mapa shrnující získané poznatky

Tab. 4-2 Srovnání popisovaných zařízení z hlediska jejich výbavy

	Typ aplikace	Bezkontaktní aplikace (rozstřík MT)	Typ kolejnice		Pohon čerpadla			Vzdálená správa	Dodávány vlastní aplikované materiály	Typ senzoru			Délka ošetřeného úseku	Velikost zásobníku
			širokopatní	žlábková	Elektrický	Mechanický	Hydraulický			mechanický	elektromagnetický	optický		
SKF	TOR - top of rail		x	x	x			x			x		?	20, 25, 90, 363 kg
	GF - gauge face		x	x	x			x			x		?	20, 25, 90, 363 kg
		x		x	x			x			x		okolo 0,5 m	20, 25, 90, 363 kg
		x		x	x			x			x		?	20, 25, 90, 363 kg
Whitmore			x	x				x			x		?	9, 35, 70 kg
			x	x				x			x		více jak 1 km	35 ÷ 630 kg
LBFOSTER			x	x				x			x		?	90 ÷ 360 kg
		x		x				x			x		až 3 km	98 ÷ 379 l
		x		x				x			x		?	9, 25 kg
		x		x				x			x		?	12, 25, 37, 50, 75 kg
ELPA			x	x				x			x		?	24 l
			x	x				x			x		?	24 l
		x		x				x			x		?	24 l
		x		x				x			x		?	24 l
LORAM			x	x				x			x		až 10 km	95, 379, 757 l
		x		x				x			x		?	91, 363 kg
Dropsa			x	x				x		x		až 10 km	204, 379, 757 l	
Moklansa			x	x				x			x	okolo 4 km	50 kg	
E3S			x	x				x			x	?	3,75; 9; 18 l	

---

## 5 ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce se zabývá problematikou stacionárních zařízení pro mazání hlavy kolejnice. Obsahem této práce je popis činnosti a konstrukce těchto zařízení, součástí práce je také kapitola věnující se problematice kontaktu kola a kolejnice, jako důležité součásti teorie mazání hlavy koleje. Hlavní náplní této práce je ovšem zpracování přehledu těchto zařízení a analýza jejich výhod a nevýhod. Popisována byla zařízení celkem sedmi výrobců, přičemž ve vypracovaném přehledu jsou zařízení sloužící k mazání temene i pojížděné hrany hlavy kolejnice. Popisovaná zařízení jsou určena pro těžkou nákladní železniční dopravu, konvenční železniční dopravu, tramvajovou dopravu a další drážní dopravní systémy. Výběr zařízení se soustředil na komerčně dostupná zařízení a obsáhl velkou část komerčně dostupných zařízení. Práce se také okrajově věnuje používání těchto zařízení v České republice. Výstupem práce je mimo jiné tabulka shrnující nejdůležitější vlastnosti popisovaných zařízení.



## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Přeprava věcí a osob, přepravní výkony, 2018. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD: *Statistiky* [online]. Praha: Český statistický úřad, 15.4.2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: [https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=1613&katalog=31028&pvo=DOP05-D&pvo=DOP05-D&c=v3~8\\_\\_RP2016](https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=1613&katalog=31028&pvo=DOP05-D&pvo=DOP05-D&c=v3~8__RP2016)
- [2] *Energy, transport and environment indicators: Transport indicators* [online], 2017. Edice 2017. Luxembourg: Eurostat [cit. 2018-04-15]. ISBN 978-92-79-74192-0. ISSN 2363-2372. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-statistical-books/-/KS-DK-17-001>
- [3] ČESKÁ REPUBLIKA, *BÍLÁ KNIHA: Plán jednotného evropského dopravního prostoru*, 2011. In: . Brusel: Evropská komise, ročník 2011, číslo 144. Dostupné také z: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Evropska-unie/Zakladni-dokumenty/Bila-kniha-Plan-jednotneho-evropskeho-dopravniho>
- [4] Stacionární mazací zařízení v síti DP Praha, 2018. Praha. Dopravní podnik hlavního města Prahy.
- [5] Po Brně budou jezdit méně 'skřípající' tramvaje., c1997-2018. *IROZHLAS: Regiony: Brno* [online]. Praha: iROZHLAS, 14.9.2016 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: [https://www.irozhlas.cz/regiony/po-brne-budou-jezdit-mene-skripajici-tramvaje-dp-testuje-novy-system-mazani-\\_201609142128\\_kbrezovska](https://www.irozhlas.cz/regiony/po-brne-budou-jezdit-mene-skripajici-tramvaje-dp-testuje-novy-system-mazani-_201609142128_kbrezovska)
- [6] Přehled schválených součástí železničního svršku, c2009-2012. *Správa železniční dopravní cesty: Provozní schopnost dráhy: Železniční svršek* [online]. Praha: Správa železniční dopravní cesty, 1.1.2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/soubory/zeleznicni-svrsek/sez.kol.bez.xls>
- [7] *RAILTEC* [online], c2012. Ostrava: Railtec [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.railtec.cz>
- [8] Brigita Altenbaher, The Anti-Noise and Anti-Wear Systems for Railways. journal = {International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering}, [online]. World Academy of Science, Engineering and Technology. June 2013, vol. 78(6). 1025 - 1028 [viewed 12 May 2018]. Available from: <http://waset.org/publications/15724>.
- [9] Mazníky na ošetření kolejnic, c2001-2018. *Pražské tramvaje: 27.04.2012* [online]. Praha: Pražské tramvaje [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cislocianku=2012042702>
- [10] ČESKÁ REPUBLIKA, *VYHLÁŠKA Ministerstva dopravy, kterou se vydává dopravní řád drah: OBSAH TECHNICKÝCH PODMÍNEK*, 2017. In: . Praha: Ministerstvo dopravy, ročník 1995, číslo 173.
- [11] DOSTÁL, Josef a Petr HELLER, 2010. *KOLEJOVÁ VOZIDLA I*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 978-80-7043-960-9.
- [12] Kolejnice a příslušenství kolejového svršku: Katalog kolejnic s podrobnými technickými informacemi, c2018. In: *TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY* [online]. Třinec: TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [https://www.trz.cz/modul\\_werk\\_vyrobky/pdf/Leaflet2014\\_kolejnice.pdf](https://www.trz.cz/modul_werk_vyrobky/pdf/Leaflet2014_kolejnice.pdf)

- [13] MICHÁLEK, Tomáš, c2001-2018. Jízdní obrys kola. In: *ZelPage* [online]. Praha: ZelPage, 19.11.2011 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [http://www.zelpage.cz/story/ythomas1/dp-kv/fig\\_4.jpg](http://www.zelpage.cz/story/ythomas1/dp-kv/fig_4.jpg)
- [14] KOHOUT, Martin, 2009. *Výzkum kontaktní geometrie dvojkolí-kolej při průjezdu vozidel oblouky malých poloměrů*. Pardubice: Univerzita Pardubice. Disertační práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta. Vedoucí práce Jaromír Zelenka.
- [15] Postavení železničního dvojkolí, 2001. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 1.1.2009 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Průjezd\\_obloukem#/media/File:Axle\\_Train\\_in\\_Radius.png](https://cs.wikipedia.org/wiki/Průjezd_obloukem#/media/File:Axle_Train_in_Radius.png)
- [16] GALAS, Radovan, 2013. *KONSTRUKCE EXPERIMENTÁLNÍHO ZARÍZENÍ PRO STUDIUM PÍSKOVÁNÍ KOLEJOVÝCH VOZIDEL*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Petr Šperka.
- [17] KNÁPEK, Jiří, 2017. *EXPERIMENTÁLNÍ STUDIUM MODIFIKÁTORŮ TŘENÍ V KOLEJOVÉ DOPRAVĚ*. BRNO. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Radovan Galas.
- [18] GALAS, Radovan, 2017. *FRICTION MODIFICATION WITHIN WHEEL-RAIL CONTACT*. Brno. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Martin Hartl.
- [19] ZHU, Y. Adhesion in the wheel-rail contact. Stockholm, 2013. Disertační práce. Royal Institute of Technology. Department of Machine Design.
- [20] KVARDA, Daniel, 2017. *VLIV SLOŽENÍ MODIFIKÁTORŮ TŘENÍ NA TRAKCI V KONTAKTU KOLA A KOLEJNICE*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Radovan Galas.
- [21] FRÝZA, Josef, 2013. *EXPERIMENTÁLNÍ STUDIUM MAZÁNÍ OKOLKU KOLEJOVÝCH VOZIDEL*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Milan Omasta.
- [22] Rail Lubricants, c2018. In: *BECHEM: Lubrication Solutions for Industry* [online]. Hagen: CARL BECHEM [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: [https://www.bechem.de/fileadmin/downloads/BECHEM\\_Rail\\_Lubricants\\_2015\\_GB.pdf](https://www.bechem.de/fileadmin/downloads/BECHEM_Rail_Lubricants_2015_GB.pdf)
- [23] HARMON, Matthew a Roger LEWIS. Review of top of rail friction modifier tribology. *Tribology -Materials, Surfaces & Interfaces*, 2016, 10(3), 150-162.
- [24] SKF: Managing friction successfully, c2014. In: SKF: Wayside lubrication system [online]. Gothenburg: Svenska Kullagerfabriken AB, 2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.skf.com/binary/68-160324/14824-EN.pdf>
- [25] *LINCOLN: Lubrication for the Railroad Industry* [online], c2017. St. Louis: SKF Lubrication [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.lincolnindustrial.com/products/automaticlubrication/railroadlubrication.aspx>
- [26] Rail Automatic Lubrication Systems, c2018. In: *FLD components: Total lube solutions* [online]. Mississauga: FLO COMPONENTS, 30.1.2017 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: [https://www.flocomponents.com/wp-content/uploads/2017/01/Rail\\_Automatic\\_Lubrication\\_5.jpg](https://www.flocomponents.com/wp-content/uploads/2017/01/Rail_Automatic_Lubrication_5.jpg)

- [27] SKF: *Wayside lubrication systems* [online], c2018. Gothenburg: Svenska Kullagerfabriken AB [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.skf.com/uk/products/lubrication-solutions/lubrication-systems/lubrication-solutions-for-specific-markets/railway/wayside-lubrication-systems/index.html>
- [28] WHITMORE: *Rail* [online], c2017-2018. Rockwall: Whitmore [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.whitmores.com/industries/rail>
- [29] WHITMORE: rail, 2017. In: *WHITMORE: Rail [online]*. Rockwall: Whitmore, c2017-2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.whitmores.com/assets/brochures/Rail-Applicator-brochure.pdf>
- [30] Kolejnicové mazníky, *První Signální* [online]. Ostrava: První Signální [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.1sig.cz/cs/kolejnicove-mazniky>
- [31] RAILTEC [online], c2012. Ostrava: Railtec [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.railtec.cz>
- [32] LB Foster: Rail Technologies (UK) [online], c2012. Sheffield: L.B. Foster [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://www.lbfoster.co.uk>
- [33] FRICTION MANAGEMENT, In: L.B. Foster: Rail Technologies [online]. Pittsburgh: L.B. Foster, 2014 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: [http://www.lbfoster-railtechnologies.com/pdf/LBFoster\\_Rail\\_Technologies\\_Brochure-2014.pdf](http://www.lbfoster-railtechnologies.com/pdf/LBFoster_Rail_Technologies_Brochure-2014.pdf)
- [34] PROTECTOR® IV: Trackside friction management system, In: L.B. Foster: Rail Technologies [online]. Pittsburgh: L.B. Foster, 2014 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: [http://www.lbfoster-http://www.lbfoster-railtechnologies.com/pdf/PROTECTOR\\_IV\\_Quick\\_Start\\_Guide-mm.pdf](http://www.lbfoster-http://www.lbfoster-railtechnologies.com/pdf/PROTECTOR_IV_Quick_Start_Guide-mm.pdf)
- [35] PROTECTOR® IV: Installation, Operation & Maintenance Manual for GAUGE FACE, In: L.B. Foster: Rail Technologies [online]. Pittsburgh: L.B. Foster, 2017 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: [http://www.lbfoster-railtechnologies.com/pdf/PROTECTOR\\_IV\\_Gauge\\_Face\\_User\\_Manual\\_pre-2017\\_mm.pdf](http://www.lbfoster-railtechnologies.com/pdf/PROTECTOR_IV_Gauge_Face_User_Manual_pre-2017_mm.pdf)
- [36] PROTECTOR® IV: Installation, Operation & Maintenance Manual for TOP OF RAIL, In: L.B. Foster: Rail Technologies [online]. Pittsburgh: L.B. Foster, 2017 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: [http://www.lbfoster-railtechnologies.com/pdf/PROTECTOR\\_IV\\_Top\\_of\\_Rail\\_User\\_Manual\\_pre-2017\\_mm.pdf](http://www.lbfoster-railtechnologies.com/pdf/PROTECTOR_IV_Top_of_Rail_User_Manual_pre-2017_mm.pdf)
- [37] PROTECTOR® IV: Distribution Bars, In: L.B. Foster: Rail Technologies [online]. Pittsburgh: L.B. Foster, 2017 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: [http://www.lbfoster.co.uk/\\_pdf/LBF-Distribution-Bars.pdf](http://www.lbfoster.co.uk/_pdf/LBF-Distribution-Bars.pdf)
- [38] L.B. Foster: *Rail Lubrication and Friction Management* [online], c2012. Sheffield: L.B. Foster Rail Technologies (UK) [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.lbfoster.co.uk/friction-management.php>
- [39] *Doska: Doska Česká Lípa, s.r.o.* [online], 2018. Česká Lípa: Doska Česká Lípa [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.doska.cz>
- [40] ELPA: *Environmental management and tribotechnology* [online], c2002-2018. Velenje: ELPA [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.elpa.si>

- [41] Brigita Altenbaher, The Anti-Noise System for Rail Brakes on Hump Yards. journal = {International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering}, [online]. World Academy of Science, Engineering and Technology. June 2013, vol. 78(6). 1029 - 1032 [viewed 13 May 2018]. Available from: <http://waset.org/publications/5881>.
- [42] PAVCNIK, Bojan, 2013. *METHOD AND DEVICE FOR REDUCTION OF CORRUGATION OF RAILS, OF NOISE AND OF FRICTION BETWEEN WHEEL AND RAIL*. EP1747134B1 B61K 3/00. Uděleno Slovinsko. Zapsáno 27.02.2013.
- [43] Loram: Speed Performance Reliability [online], c2018. Minneapolis: Loram Maintenance of Way [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.loram.com>
- [44] LORAM: Friction management, c2018. In: *Loram: Speed Performance Reliability* [online]. Minneapolis: Loram Maintenance of Way, 2017 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: [https://www.loram.com/wp-content/uploads/2017/09/LORAM\\_FM\\_Catalog-SINGLE.pdf](https://www.loram.com/wp-content/uploads/2017/09/LORAM_FM_Catalog-SINGLE.pdf)
- [45] Dual Wheel Detection System: Wheel detector WDS22A, c2018. In: *Loram: Speed Performance Reliability* [online]. Minneapolis: Loram Maintenance of Way, 2012 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: [https://www.loram.com/wp-content/uploads/2017/08/Detector\\_Dual\\_SpecSheet.pdf](https://www.loram.com/wp-content/uploads/2017/08/Detector_Dual_SpecSheet.pdf)
- [46] THE TOTAL YARD SOLUTION: YARDGLIDE® WL1000Speed, c2018. In: *Loram: Speed Performance Reliability* [online]. Minneapolis: Loram Maintenance of Way, 2012 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: [https://www.loram.com/wp-content/uploads/2017/08/YardGlideWL1000\\_0512\\_web-1.pdf](https://www.loram.com/wp-content/uploads/2017/08/YardGlideWL1000_0512_web-1.pdf)
- [47] Dropsa: Lubrication system [online], c2016. Milano: DropsA [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.dropsa.com/en/industry/rail-lubrication-system>
- [48] Dropsa: Track lube, 2018. In: *Dropsa: Lubrication systém [online]*. Milano: DropsA [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.dropsa.com/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/EN/D/0%252F3%252F%252FD.154003ef8a4126bdc61b/P/BLOB%3AID%3D1983/E/pdf>
- [49] MOKLANSA [online], c2012-2017. Dortmund: moklansa [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.moklansa.de/>
- [50] The investigation of noise generated between wheel and rail, c2018. In: *ZDV: Zavod za varstvo pri delu* [online]. Ljubljana: ZDV, 4.10.2012 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.elpa.si/files/file/ZVD.pdf>
- [51] EADIE, D.T., M. SANTORO and J. KALOUSEK. Railway noise and the effect of top of rail liquid friction modifiers: changes in sound and vibration spectral distributions in curves. *WEAR*, 2005, 258(7–8), 1148-1155.

**Seznam zkratek**

SŽDC	Správa železniční dopravní cesty s.o.
TOR	Top of rail (temeno hlavy kolejnice)
GF	Gauge face (Pojížděná hrana hlavy kolejnice)
MT	Modifikátor tření
DP	Dopravní podnik
PLC	Programmable Logic Controller (Programovatelný logický automat)

**Seznam symbolů a veličin**

Označení	Jednotka	Název
w	$[m \cdot s^{-1}]$	skluzová rychlost
r	$[m]$	poloměr otáčení kola
$\omega$	$[rad \cdot s^{-1}]$	úhlová rychlost kola
v	$[m \cdot s^{-1}]$	dopředná rychlost vozidla
s	$[-]$	skluz
$\mu$	$[-]$	součinitel adheze
T	$[N]$	laterální třecí síla
Q	$[N]$	normálová síla

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

### Seznam obrázků

OBR. 3-1 POPIS ČÁSTÍ ŠIROKOPATNÍ A ŽLÁBKOVÉ KOLEJNICE [12]	13
OBR. 3-2 JÍZDNÍ OBRYS KOLA [13]	14
OBR. 3-3 POSTAVENÍ DVOJKOLÍ V KOLEJI S VYOBRAZENÍM STYKOVÉ PLOCHY [14][15]	14
OBR. 3-4 OBLASTI STYKOVÉ PLOCHY [11]	15
OBR. 3-5 PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ ADHEZI V KONTAKTU KOLA A KOLEJNICE [17]	16
OBR. 3-6 TRAKČNÍ KŘIVKY [19]	17
OBR. 3-7 SCHÉMA STACIONÁRNÍHO ZAŘÍZENÍ PRO MAZÁNÍ HLAVY KOLEJNICE	18
OBR. 3-8 OPTIMÁLNÍ HODNOTY SOUČiniteLE ADHEZE KONTAKTU KOLA A KOLEJNICE [18]	19
OBR. 3-9 URČENÍ JEDNOTLIVÝCH STACIONÁRNÍCH MAZACÍCH ZAŘÍZENÍ FIREM SKF A LINCOLN [24]	20
OBR. 3-10 APLIKAČNÍ LIŠTA WIPER BAR PŘIPEVNĚNÁ NA BOK KOLEJNICE [24]	21
OBR. 3-11 APLIKAČNÍ JEDNOTKA SLID A JEJÍ INSTALACE NA KOLEJNICI [24]	21
OBR. 3-12 APLIKAČNÍ LIŠTA CONTACT APPLICATOR OD FIRMY LINCOLN [26]	22
OBR. 3-13 SYSTÉM VRTÁNÍ KOLEJNIC FIRMY SKF A SKŘÍŇ TECHNOLOGICKÉHO ZÁZEMÍ [24]	22
OBR. 3-14 SENZOR DETEKCE NÁPRAV SKF [24]	23
OBR. 3-15 MAZACÍ LIŠTA EASIBLADE OD SPOLEČNOSTI WHITMORE [29]	24
OBR. 3-16 MAZACÍ LIŠTA POLYTOR OD SPOLEČNOSTI WHITMORE [29]	24
OBR. 3-17 ZAŘÍZENÍ LUBRICURVE EASIPUMP VLEVO A LUBRICURVE 50 VPRAVO	25
OBR. 3-18 SYSTÉM MAZÁNÍ PROTECTOR®IV OD L. B. FOSTER [34]	26
OBR. 3-19 LIŠTA PRO MAZÁNÍ OKOLKŮ L. B. FOSTER MC-4® GDU [35]	27
OBR. 3-20 LIŠTA PRO MAZÁNÍ TEMENE HLAVY KOLEJNICE L. B. FOSTER MC-4TR® [36]	27
OBR. 3-21 MECHANICKÉ MAZACÍ ZAŘÍZENÍ L. B. FOSTER PL SERIES [38]	28
OBR. 3-22 HYDRAULICKÉ MAZACÍ ZAŘÍZENÍ L. B. FOSTER PW SERIES [38]	28
OBR. 3-23 ELPA BREMEX-ANNSYS MAZACÍ ZAŘÍZENÍ URČENÉ PRO KOLEJOVÉ BRZDY [40]	29
OBR. 3-24 ELPA CL-E1 TOP WS, SENZOR DETEKCE NÁPRAV, VRTANÁ KOLEJNICE [40] [42]	30
OBR. 3-25 LORAM TRACSHIELD® TOR APLIKAČNÍ LIŠTA A SENZOR DETEKCE DVOJKOLÍ [45]	31
OBR. 3-26 LORAM GAUGESHIELD® APLIKAČNÍ LIŠTA [44]	31
OBR. 3-27 LORAM YARDGLIDE® WL1000 [46]	32
OBR. 3-28 DROPSA TRACK LUBE VLEVO SKŘÍŇ S TECHNOLOGIÍ, VPRAVO APLIKAČNÍ LIŠTA [48]	33
OBR. 3-29 MOKLANSA E3S SYSTÉM VRTANÝCH OTVORŮ A SYSTÉM MAZÁNÍ PŘÍDRŽNICE [49]	34
OBR. 3-30 MOKLANSA E3S VÝSUVNÝ SYSTÉM A INSTALACE MAZACÍHO ZAŘÍZENÍ VE VÝHYBCE [49]	34
OBR. 4-31 MYŠLENKOVÁ MAPA SHRNUJÍCÍ ZÍSKANÉ POZNATKY	38

### Seznam tabulek

TAB. 3-1 TABULKA ZÁVISLOSTI SOUČiniteLE ADHEZE NA PODMÍNKÁCH KOLEJE [18]
TAB. 4-2 SROVNÁNÍ POPISOVANÝCH ZAŘÍZENÍ Z HLEDISKA JEJICH VÝBAVY