

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta dopravní
Ústav aplikované informatiky v dopravě

ZVYŠOVÁNÍ KONKURENČNÍ SCHOPNOSTI POMOCÍ METODY LCC V OBLASTI ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Disertační práce

Jan Vogl

Praha, září 2020

Doktorský studijní program: *Inženýrská informatika*
Studijní obor: *Inženýrská informatika v dopravě a spojkách*

Školitel: *prof. Ing. Petr Moos, CSc.*

Školitel specialista: *doc. PhDr. Mária Jánešová, CSc.*

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou disertační práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

Jan Vogl

Abstrakt

Tato disertační práce se zabývá problematikou analýzy nákladů životního cyklu železničních kolejových vozidel. Disertační práce poskytuje manažerům novou aplikovatelnou metodiku analýzy nákladů životního cyklu kolejových vozidel, která přispěje k efektivnějšímu využívání finančních zdrojů podniků a ke zvýšení konkurenceschopnosti českých firem na zahraničních trzích. Význam této práce spočívá v tom, že propojuje teorii nákladů životního cyklu s teorií citlivosti se zaměřením na posílení konkurenceschopnosti železniční dopravy. V rámci disertační práce byla mimo jiné ověřena hypotéza, že analýza nákladů životního cyklu slouží ke zvýšení inovačního potenciálu železničního průmyslu. Součástí práce je také analýza vybraných mezinárodních výrobců kolejových vozidel.

Klíčová slova

Železniční kolejové vozidlo, náklady, analýza nákladů životního cyklu, konkurence, citlivost

Abstract

This dissertation deals with the issue of life cycle cost analysis of rolling stock. The dissertation provides managers with a new applicable methodology of life cycle cost analysis of rolling stock, which contributes to the efficient use of financial resources of the companies to increase the competitiveness of Czech companies in foreign markets. The importance of this work lies in the fact that it combines life cycle cost with sensitivity analysis with the purpose to increase the competitiveness of rail transport. Among other things, the dissertation verified the hypothesis that the analysis of life cycle cost serves to increase the innovation potential of the railway industry. This dissertation includes an analysis of selected international manufacturers of rolling stock.

Keywords

Rolling stock, costs, life cycle cost analysis, competition, sensitivity

Poděkování

Velmi rád bych na tomto místě poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady i rady pro vypracování této disertační práce. Můj veliký dík patří zejména mému školiteli prof. Ing. Petru Moosovi, CSc., a také školitelce specialiste doc. Ing. Márii Jánšové, CSc., a to za jejich odborné vedení, cenné rady, zkušenosti i vynaložený čas.

Obsah

SEZNAM ZKRATEK	3
1 ÚVOD	5
2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	7
2.1 Hypotézy disertační práce	8
3 POUŽITÁ METODOLOGIE	9
3.1 Výběr výzkumných metod.....	9
3.2 Metody využité v disertaci.....	10
4 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU VYUŽITÍ ANALÝZY LCC V OBLASTI ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY.....	13
4.1 Analýza LCC	13
5 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY	15
5.1 Stav železničního průmyslu v EU	15
5.2 Vývoj celosvětové produkce kolejových vozidel	16
5.3 Posílení konkurenceschopnosti evropského železničního průmyslu	16
5.4 Problematika veřejných zakázek	17
5.5 Vývoj zahraničního obchodu ČR.....	17
5.5.1 Vozidla železniční a zařízení související (SITC 791).....	18
5.5.2 Stav českého železničního průmyslu	19
5.6 Stav světové železniční infrastruktury.....	20
5.7 Stav české železniční infrastruktury.....	21
5.7.1 Základní charakteristika české železniční sítě	22
5.7.2 Trendy na české železnici.....	23
5.7.3 Budoucnost české železnice.....	23
5.8 Interoperabilita.....	24
5.8.1 Trakční soustavy	27
6 VÝROBCI KOLEJOVÝCH VOZIDEL	29
6.1 CRRC Corporation Limited	29
6.2 Siemens AG	30
6.3 Alstom SA	31
6.4 Bombardier Inc.	32
6.5 Hitachi, Ltd.	33
6.6 GE Transportation / Wabtec Corporation.....	33
6.7 Stadler Rail AG.....	34
6.8 Hyundai Rotem Company.....	35
6.9 ŠKODA TRANSPORTATION a.s.	36
6.10 CZ LOKO, a.s.....	37
6.11 Celkové srovnání.....	38

7 NÁVRH ÚPRAVY METODIKY LCC V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ.....	39
7.1 Strategická fáze	39
7.2 Analytická fáze.....	40
7.3 Implementační fáze.....	43
7.3.1 Metodika tvorby analýzy LCC.....	44
7.4 Vyhodnocovací fáze.....	48
8 TEORIE CITLIVOSTÍ SYSTÉMŮ A CITLIVOSTNÍ MATICE LCC V HODNOCENÍ NÁKLADŮ ŽKV	55
8.1 Citlivost a citlivostní funkce v manažerském rozhodování	55
8.2 Citlivostní matice.....	57
9 PARAMETRICKÉ CITLIVOSTI V PROCESU MANAŽERSKÉHO ROZHODOVÁNÍ	59
10 CITLIVOSTNÍ MATICE LCC V HODNOCENÍ EFEKTIVITY POŘÍZENÍ A PROVOZU ŽKV	61
11 VYTVOŘENÍ MODELU ANALÝZY LCC	65
11.1 Náklady na pořízení a financování	66
11.2 Náklady na údržbu	68
11.3 Náklady na energie	74
11.4 Náklady za využití železniční dopravní cesty.....	77
11.5 Náklady na pojištění.....	80
11.6 Náklady za úklid a čištění.....	81
11.7 Náklady na personál	83
11.8 Náklady na likvidaci.....	84
12 VÝSLEDKY ANALÝZY LCC	87
13 KOMPLEXNÍ NÁKLADOVÁ CITLIVOSTNÍ MATICE ŽKV	91
13.1 Citlivostní matice ŽKV A.....	92
13.2 Citlivostní matice ŽKV B.....	93
13.3 Citlivostní matice ŽKV C.....	94
13.4 Prvky citlivostních matic LCC	94
14 OVĚŘENÍ NAVRŽENÝCH HYPOTÉZ	95
15 PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE.....	97
15.1 Přínosy pro rozvoj vědního oboru.....	97
15.2 Přínosy pro praxi.....	97
15.3 Doporučení pro další výzkum.....	98
16 ZÁVĚR	99
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	101
SEZNAM OBRÁZKŮ	111
SEZNAM TABULEK	113
SEZNAM PŘÍLOH	115
Příloha A: Vyplněný strukturovaný dotazník (vzor)	117

SEZNAM ZKRATEK

A	Availability
AC	Alternating Current
ACRI	Asociace podniků českého železničního průmyslu
CRRC	China Railway Rolling Stock Corporation
ČD	České dráhy, a.s.
ČSÚ	Český statistický úřad
DC	Direct Current
DKV	Depo kolejových vozidel
DPH	Daň z přidané hodnoty
DÚR	Dokumentace k územnímu řízení
ECB	Evropská centrální banka
EK	Evropská komise
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
EU	Evropská unie
GE	General Electric
GSM-R	Global System for Mobile Communications - Railway
HKV	Hnací kolejové vozidlo
hrtkm	hrubý tunokilometr
Hz	Hertz
kV	kilo Volt
km	kilometr
LCC	Life Cycle Cost
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Restoration
MWh	Megawatthodina
ND	Náhradní díl
NKÚ	Nejvyšší kontrolní úřad
nh	normohodina
PBS	Product breakdown structure
PÚ	Preventivní údržba
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety

SITC	Standard International Trade Classification
SNCF	Société nationale des chemins de fer français
TEN-T	Trans-European Transport Networks
TK	Temeno kolejnice
UIC	Union Internationale des Chemins de fer
vlkm	vlakový kilometr
VRT	Vysokorychlostní tratě
VÚKV	Výzkumný ústav kolejových vozidel
ŽKV	Železniční kolejové vozidlo

1 ÚVOD

V dnešním dynamicky se měnícím světě je třeba neustále hledat invence i příležitosti, jak uspět mezi zákazníky se svými produkty. S čím výrobce na domácím i zahraničním trhu uspěl před několika lety, může být v budoucnu již zastaralé a v případě nejhoršího scénáře neprodejné.

Nacházíme se v období nástupu čtvrté průmyslové revoluce, která má za následek přeměnu nejen samotného průmyslu, ale i dalších odvětví hospodářství. Díky masovému zavádění moderních technologií do všech procesů výroby dochází k digitalizaci průmyslu. Jelikož je Česká republika tradiční průmyslovou zemí a zároveň i malou otevřenou ekonomikou, která je závislá na vývoji zahraničního obchodu, musí být připravena na nové výzvy plynoucí z nástupu technologických změn.

Nejvíce zboží z České republiky směřuje do zemí Evropské unie. Naším dlouhodobě největším obchodním partnerem je Německo. Pokud se blíže podíváme na komoditní strukturu českého exportu, zjistíme, že dlouhodobě dominantní položkou jsou Stroje a dopravní prostředky, resp. export silničních vozidel. Jedná se o export produktů převážně s nižší přidanou hodnotou. Aby si Česká republika mohla i nadále udržet konkurenční postavení, které nyní spočívá hlavně na levné pracovní síle, je potřeba se více zaměřit na výrobu produktů s vyšší přidanou hodnotou. Abychom toho dosáhli, je třeba se více zaměřit na podporu vědy, výzkumu a inovací. Je zapotřebí zlepšit kvalitu vzdělávání, posílit výzkum a rozvoj informačních technologií.

Východiskem, jak toho dosáhnout, je více zapojit finanční prostředky Evropské unie společně s národními i korporátními zdroji. Evropská unie se v rámci boje proti klimatickým změnám snaží více podporovat železniční dopravu oproti jiným druhům dopravy. Jedním z důvodů změn v průmyslové politice EU je fakt, že evropská železniční doprava, která byla v minulých dobách hybnou silou ve zvyšování hospodářského růstu a prosperity celé společnosti, ztrácí svoji konkurenční výhodu ve světě v porovnání se zvyšujícím se hospodářským růstem asijských zemí.

Železniční průmysl je jedním z tradičních odvětví. Proto je důležité zmíněné odvětví, které má stále obrovský ekonomický i ekologický potenciál, rozvíjet a snažit se do něho implementovat nové vědecké poznatky. Pro uskutečnění výše uvedených cílů, které by podpořily rozvoj nejen českého železničního průmyslu, může přispět analýza nákladů životního cyklu, již se budu v této práci zabývat.

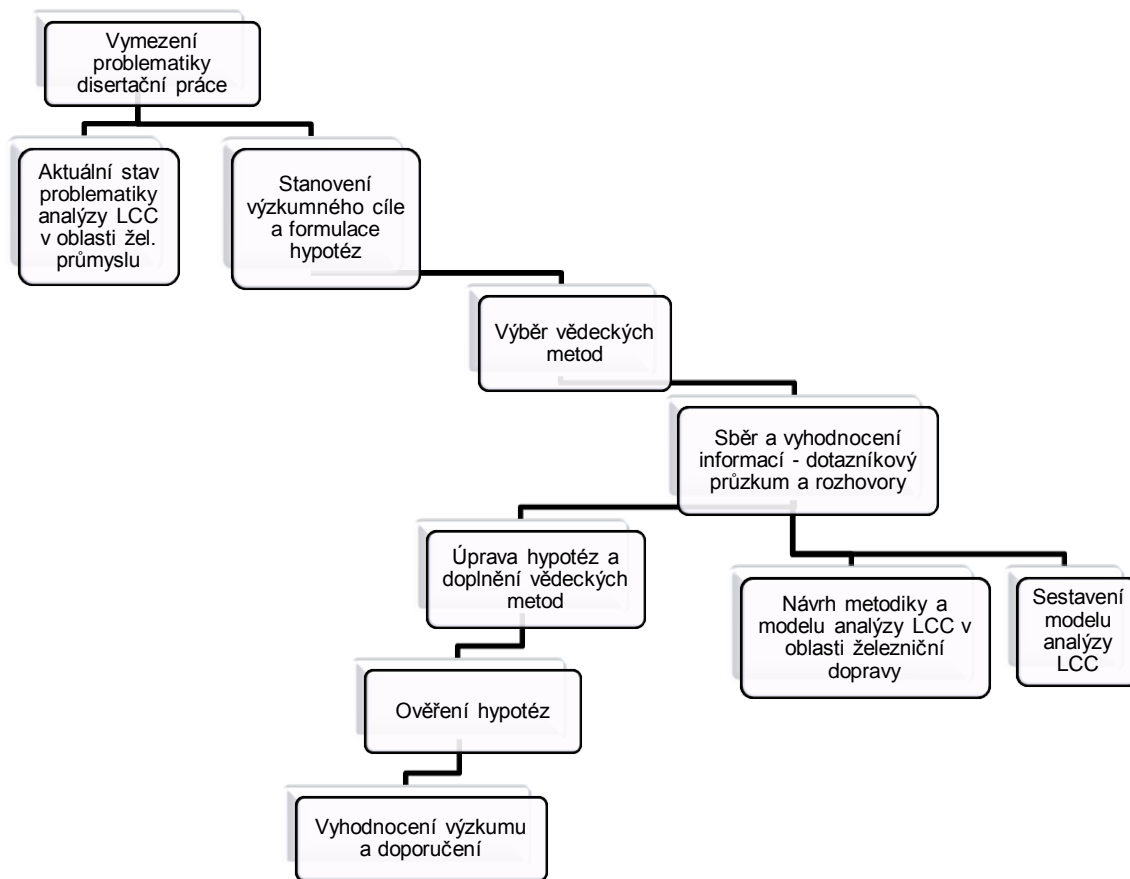
2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Na základě získaných teoretických poznatků z provedené rešerše relevantních informačních zdrojů k problematice využívání analýzy nákladů životního cyklu v oblasti železničního průmyslu a také s ohledem na doplňující teze, které jsem získal v rámci osobních konzultací s předními odborníky v dané vědecké oblasti, byl zformulován hlavní cíl disertační práce.

Hlavním cílem disertační práce je poskytnout manažerům vhodnou metodiku analýzy nákladů životního cyklu kolejových vozidel, která by byla použitelná pro oblast železničního průmyslu a navíc by přispěla nejen k efektivnějšímu využívání finančních zdrojů podniků, ale i pomohla díky její aplikaci zvýšit konkurenceschopnost českých firem na zahraničních trzích.

V disertační práci chci zdůraznit, že analýza nákladů životního cyklu není jen kalkulační metodou, ale měla by být i nástrojem pro aktivizaci inovačního úsilí v rámci podniku a tím by přispěla k posílení inovačního úsilí v tomto odvětví. Jako další dílčí cíl jsem si stanovil, že navržená metodika by neměla být složitým a těžce uchopitelným teoretickým nástrojem, ale naopak by měla být jednoduše aplikovatelná a prakticky využitelná v běžném firemním prostředí.

Pro zpracování zvoleného tématu disertační práce bylo nezbytné si na samém počátku definovat dle [52] všechny hlavní aktivity v procesu její tvorby. Mezi hlavní aktivity výzkumné práce patřily sběr signifikantních dat, výběr vhodných vědeckých metod, stanovení cíle a hypotéz, identifikace vstupních dat pro analýzu nákladů životního cyklu (analýza LCC), tvorba návrhu metodiky a modelu analýzy LCC, ověření hypotéz a vyhodnocení výzkumu. Samotný proces zpracování disertační práce je znázorněn na obr. 1, kde jsou uvedeny všechny podstatné činnosti.



Obr. 1 Proces zpracování disertační práce [zdroj autor]

2.1 Hypotézy disertační práce

V rámci vědeckého zkoumání jsem si položil výzkumné otázky (hypotézy), na které jsem hledal odpovědi. Následující formulace hypotéz vychází z prvotního vědeckého zkoumání, při kterém jsem využil především obecných vědeckých metod a logického myšlení.

Hypotéza č. 1: Analýza nákladů životního cyklu přispívá ke snížení nákladů a ke zlepšení technických a výkonových parametrů.

Hypotéza č. 2: Analýza nákladů životního cyklu přispívá ke zvýšení inovačního úsilí a ke zvýšení konkurenceschopnosti produktu.

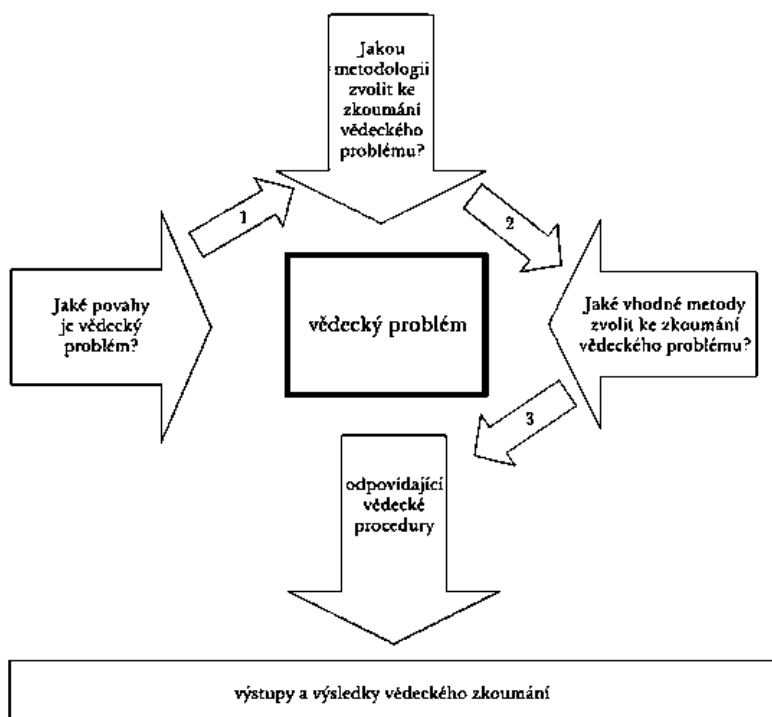
Hypotéza č. 3: Zahnutí teorie citlivosti do metodiky analýzy nákladů životního cyklu nám poskytne komplexní obraz o citlivosti nákladů na případné variace dílčích vnitřních parametrů.

3 POUŽITÁ METODOLOGIE

Kapitola se zabývá výběrem metod vědeckého zkoumání, včetně jejich popisu, které byly využity k dosažení hlavního cíle disertační práce a ke stanovení a ověření výzkumných hypotéz. Na základě vhodného výběru a také pomocí interakce několika použitých vědeckých metod byla sestavena metodika analýzy LCC kolejových vozidel, včetně vytvoření ekonomického modelu analýzy LCC. Při jejich popisu vycházím a čerpám z těchto odborných zdrojů: [52], [61], [70] a [86].

3.1 Výběr výzkumných metod

Při výběru výzkumných metod vycházím ze dvou základních skupin, a to všeobecně používaných vědeckých metod (obecně teoretické, empirické) a specifických metod. V rámci řešení stanoveného vědeckého problému (předmět výzkumu) je podstatné si na samém začátku položit několik důležitých otázek, které po jejich zodpovězení (volba metodologie, metod a vědeckých postupů) směřují k hlavnímu cíli [70]. Samotný postup při zkoumání vědeckého problému je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2 Postup při zkoumání vědeckého problému [70]

3.2 Metody využití v disertaci

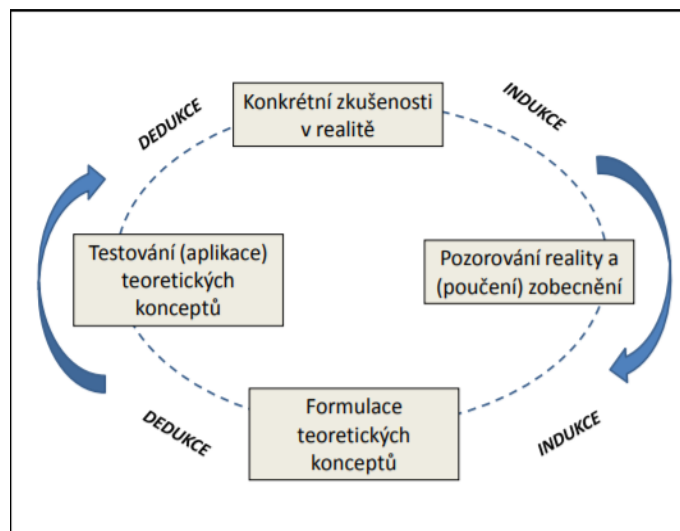
Obecné vědecké metody díky jejich univerzalitě jsou vhodným nástrojem v rámci prvotního vědeckého zkoumání napříč vědními obory [70]. V rámci empirických metod jsem mimo jiné využil v prvotní fázi výzkumu metodu pozorování, a to ke sběru dat ze strukturovaných dotazníků a rozhovorů. Pro dosažení hlavního cíle disertační práce jsem z vědeckých metod využil následující:

Analýza–Syntéza

Použití analýzy na zkoumaných objektech (železniční kolejová vozidla) mi umožnilo získat hloubkové poznatky, které byly klíčové pro sestavení samotné metodiky i následně specifického modelu analýzy LCC pro oblast železničního průmyslu.

Indukce–Dedukce

Metoda indukce staví do popředí získané poznatky o zkoumaném objektu a na základě těchto poznatků byl utvořen obecný závěr. Zatímco pomocí metody dedukce z určitých vyslovených premis (předpokladů), logickým myšlením, jsem mohl odvodit (dedukovat) závěry v disertační práci.



Obr. 3 Kolbův experimentální cyklus [61]

Analogie

Metodu analogie jsem využil v analytické části pro sestavování modelu analýzy LCC. Vybraná železniční kolejová vozidla (ŽKV) se v některých technických parametrech (vlastnostech) shodovala s jinými, v minulosti již zkoumanými vozidly. V modelu analýzy LCC se například jedná o stanovení nákladů na energie.

Modelování

Metoda modelování mi umožnila ověřit si vazby a získat potřebné informace prostřednictvím simulace reálných skutečností.

V disertační práci využívám kombinaci teoretického přístupu s analytickými postupy nad množinou konkrétních dat, které by bylo možné nazvat daty experimentálními, avšak vycházející z reality na trhu dopravních železničních technologií.

3.3 Metody sběru výzkumných dat

Při řešení výzkumného úkolu je jeho důležitou součástí sběr výzkumných dat. Pro získání (sběr) požadovaných dat můžeme využít dva přístupy, a to kvantitativní a kvalitativní [52]. V disertační práci je pro sběr výzkumných dat využit jak kvantitativní přístup, jehož logika je deduktivní, tak i kvalitativní přístup, jehož logika je naopak induktivní [86].

V rámci kvantitativního přístupu jsem zvolil nejprve metodu obsahové analýzy (sběr a vyhodnocení dostupných dat). Dále jsem využil i metody dotazování pomocí strukturovaného dotazníku, konkrétně formy uzavřených polytomických otázek, a to jak výběrových, tak i výčtových [52]. Sestavený strukturovaný dotazník byl pomocí aplikace Google Forms elektronicky rozeslán vybraným respondentům. Dotazník je součástí přílohy této práce.

V rámci kvalitativního přístupu jsem zvolil metodu rozhovoru [52]. Jednalo se o osobní i telefonické rozhovory, které měly rozšířit předtím získané informace z dotazníků o subjektivní pocity a postoje vybraných respondentů. Jelikož metoda dotazníkového šetření a rozhovorů přináší určitá úskalí (negativa), je na samém začátku důležité si je všechny uvědomit a snažit se je co nejvíce eliminovat. Pro názornost jsou v níže uvedené tabulce uvedeny jejich základní rozdíly.

Tab. 1 Základní rozdíly mezi standardizovaným rozhovorem a dotazníkem [52]

	standardizovaný rozhovor	standardizovaný dotazník
nákladnost (finanční, časová, personální, organizační)	vysoká	nízká
pocit anonymity pro respondenta	nižší	vyšší
míra „interview bias“ ¹	vyšší	téměř nulová
zajímavost pro respondenta	obvykle vyšší	obvykle nižší
reprezentativita	vysoká	nižší (dotazník může vyplnit jiná osoba, popřípadě více osob - rodina)
návratnost	vysoká	nižší
náročnost pro respondenta	nižší	vyšší
náročnost na osobu tazatele	vyšší – nutno proškolení	žádná

4 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU VYUŽITÍ ANALÝZY LCC V OBLASTI ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Kapitola se zaměřuje na aktuální trendy a poznatky o problematice analýzy nákladů životního cyklu, která je celosvětově známá pod názvem „*Life cycle cost (LCC)*“. Jsou zde uvedeny základní pojmy a definice, týkající se nejen analýzy nákladů životního cyklu, ale i dalších oblastí, které s touto problematikou úzce souvisí.

4.1 Analýza LCC

Poprvé se myšlenka „Cost Analysis“ (analýzy nákladů) objevuje v roce 1959 ve Spojených státech amerických. Za jejího původce je považován D. Novick [20]. Přípravou návrhu tehdejší nákladové analýzy pro stanovení nákladů zbraňových systémů pro americké vzdušné síly se zabývala od roku 1950 americká výzkumná organizace RAND Corporation, která k tomuto účelu vytvořila speciální výzkumné oddělení. Jeho součástí byl právě D. Novick [69].

Světově známý název „*Life cycle cost*“ (analýza nákladů životního cyklu) spatřil světlo světa až v roce 1965 v rámci zprávy Institutu pro logistické řízení určené pro americké ministerstvo obrany. Začátkem 70. let 20. století vznikly závazné pokyny amerického ministerstva obrany, které vyžadovaly zapojení analýzy nákladů životního cyklu do procesu zadávání veřejných zakázek. Díky tomuto kroku začal i americký vládní civilní sektor později využívat tento koncept pro zadávání veřejných zakázek ve zdravotnictví, stavebnictví i energetice [23].

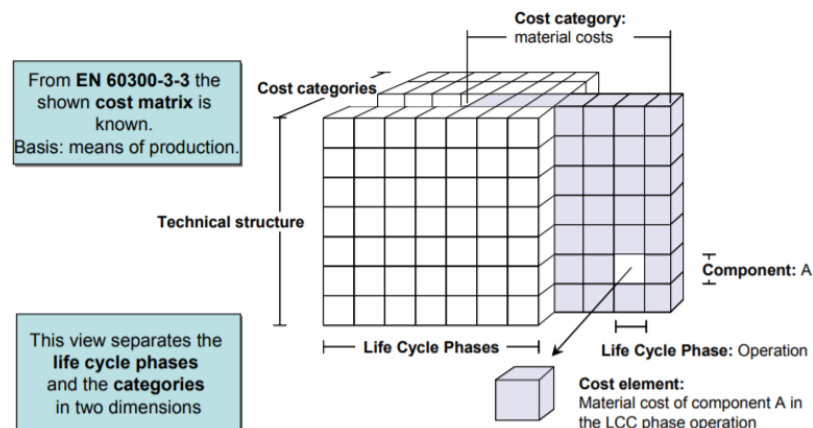
Dle [19] je analýza nákladů životního cyklu LCC (analýza LCC) definována jako: „*proces ekonomické analýzy pro posouzení celkových nákladů na pořízení, vlastnictví a vypořádání (likvidaci) produktu*“. Na základě výše uvedeného můžeme celkově vynaložené náklady (LCC) zjednodušeně rozdělit do tří základních složek, a to následovně:

$$LCC = F (\text{Pořizovací náklady} + \text{Vlastnické náklady} + \text{Náklady na vypořádání})$$

Je nutné si uvědomit, že vlastnické náklady mohou po dobu životnosti produktu převýšit pořizovací náklady. Dle [42] představují vlastnické náklady zhruba 60 % až 80 % celkových nákladů (LCC).

V této souvislosti je potřeba připomenout, že životní cyklus produktu můžeme dle [19] rozčlenit do šesti následujících etap: etapa koncepce a stanovení požadavků, etapa návrhu a vývoje, etapa výroby, etapa instalace, etapa provozu a údržby, etapa vypořádání

(likvidace). Pro posouzení celkových nákladů kolejového vozidla je potřeba provést jeho systematickou dekompozici na jednotlivé nákladové položky (viz obr. 4) [19].



Obr. 4 Dimenzionální nákladová matice LCC [14]

Pro sestavení co nejvíce přesné analýzy LCC je potřeba nastavit spolupráci mezi výrobcem a provozovatelem vozidla. Například v rámci etapy koncepce a stanovení požadavků lze učiněním správného či nesprávného rozhodnutí ovlivnit u poptávaného produktu více než 50 % jeho budoucích nákladů LCC [19].

V roce 2014 se stala analýza LCC součástí Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/24/EU ze dne 26. 2. 2014 o zadávání veřejných zakázek a o zrušení směrnice 2004/18/ES, která podporuje její větší zapojení do procesu samotného zadávání. Jedním z hlavních důvodů Evropské komise (EK) prosadit nové formy zadávání veřejných zakázek byla především úspora nákladů [100].

Na základě přijetí výše uvedené směrnice provedly členské státy její následnou transpozici do národních legislativ. ČR přijala zákon č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, ve znění pozdějších předpisů, ve kterém byla zahrnuta v § 117 a § 118 metoda nákladů životního cyklu [124].

Z provedené rešerše mohu konstatovat, že analýzou LCC se zabývá v ČR několik autorů. Nejčastěji popisovanou oblastí jejího použití je převážně ve stavebním průmyslu [28], [47], [56], [95]. Zatímco v oblasti železničního průmyslu není bohužel v ČR analýza LCC často zmiňována [10], [54], [96].

Jednou z největších překážek pro úspěšnou aplikaci analýzy LCC je problematika získávání validních dat. Jsou to nejčastěji data z provozu kolejového vozidla, které jsou pro výrobce, resp. projektanty zásadní [7], [117]. Z neúplnosti či zastaralosti dat (informací) plynou při sestavování analýzy LCC navazující problémy, a to větší časová pracnost zainteresovaných pracovníků, vyšší finanční náklady a na samém konci i pravděpodobná nepřesnost finální analýzy LCC [14], [116].

5 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Kapitola pojednává o aktuálních trendech a poznatcích v oblasti evropského železničního průmyslu. Zabývá se budoucím směřováním železniční dopravy, a to především v Evropě. Mimo jiné chci připomenout, že vývoj zahraničního obchodu hraje pro stav našeho hospodářství důležitou roli. Jelikož je ČR tradiční exportní průmyslovou zemí, je závislá na úspěchu našich výrobků v zahraničí. Popisují v ní některá úskalí, se kterými se nejen česká, ale i evropská železniční síť potýká.

Jedním ze základních problémů českých i evropských výrobců kolejových vozidel je stále se zvyšující konkurence ze strany neevropských výrobců kolejových vozidel. Jedním z možných impulsů, které mohou zvýšit ekonomický potenciál českého železničního průmyslu, je využití metody analýzy LCC. V této souvislosti je nutná úzká spolupráce celé Evropy pro překonání nejednotnosti v evropské železniční dopravě. Pro lepší pochopení výchozí situace uvádím současný stav v oblasti železniční dopravy ve světě i v ČR.

5.1 Stav železničního průmyslu v EU

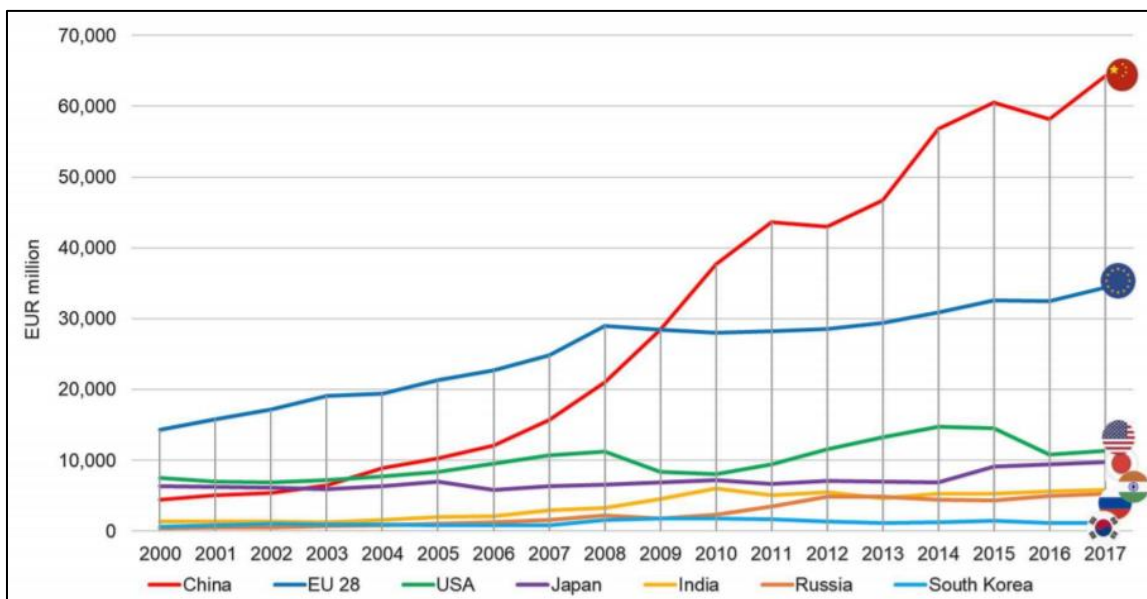
Odvětví železniční dopravy má důležitý význam i potenciál pro celou EU. Tento hospodářský sektor dosáhl v roce 2017 celkového obratu ve výši 49 mld. eur. Po překonání hospodářské krize se od roku 2011 toto odvětví významně podílí na růstu ekonomiky EU. V evropském železničním průmyslu působí přibližně 4 500 podniků, které zaměstnávají přes 400 tis. osob a nepřímo vytvářejí zaměstnání pro dalších cca 1,2 mil. osob [92].

Bilance zahraničního obchodu s kolejovými vozidly mezi EU a zbytkem světa, v roce 2017, skončila přebytkem ve výši 2,2 mld. eur. Celková hodnota vývozu se od roku 2012 snižovala a naopak docházelo, od roku 2014, k růstu dovozu. Jedním z hlavních důsledků je problematika přístupu na zahraniční trhy. V roce 2017 globální trh s tímto zbožím dosáhl celkové hodnoty 163,2 mld. eur. Evropa se na něm podílela cca 35 % [92].

Na růst světového železničního trhu má největší vliv zvyšující se světová populace (Asie, Indie a Afrika) urbanizace, zrychlení hospodářského růstu a s tím souvisejících investic, které směřují do tohoto strategického odvětví. V posledních letech také ke zmíněnému růstu napomáhá celosvětový zájem o snížení emisí CO₂, což právě přispívá nejen k rozvoji železniční, ale i vodní dopravy [92].

5.2 Vývoj celosvětové produkce kolejových vozidel

Od roku 2000 až do roku 2008 byla EU dominantní v celosvětové produkci kolejových vozidel. O toto prvenství nejenže přišla s nástupem celosvětové finanční krize v roce 2008, ale navíc zaznamenala od roku 2008 pokles produkce až do roku 2010. Od roku 2009 EU, v objemu produkce kolejových vozidel, vystřídala Čína. V rámci železničního odvětví si také s finanční krizí lépe poradily kromě Číny i Japonsko a Indie (viz obr. 5). Za rychlým růstem čínské produkce kolejových vozidel stojí státní podpora a masivní investice do dopravní infrastruktury [106].



Obr. 5 Vývoj celosvětové produkce lokomotiv a kolejových vozidel [106]

5.3 Posílení konkurenceschopnosti evropského železničního průmyslu

Pro udržení konkurenceschopnosti evropského železničního průmyslu i předních příček na celosvětovém železničním trhu bylo skupinou odborníků v této záležitosti doporučeno se zaměřit na posílení těchto klíčových oblastí [92]:

- digitalizace,
- inovací,
- dovedností a zkušeností,
- vnitřního trhu,
- standardizace,
- veřejných zakázek v rámci EU,
- programů podpory v rámci EU,

- přístupu na trhy a přístupu k financování malých a středních podniků,
- přístupu EU podniků na mezinárodní trhy veřejných zakázek,
- ochrany práv duševního vlastnictví.

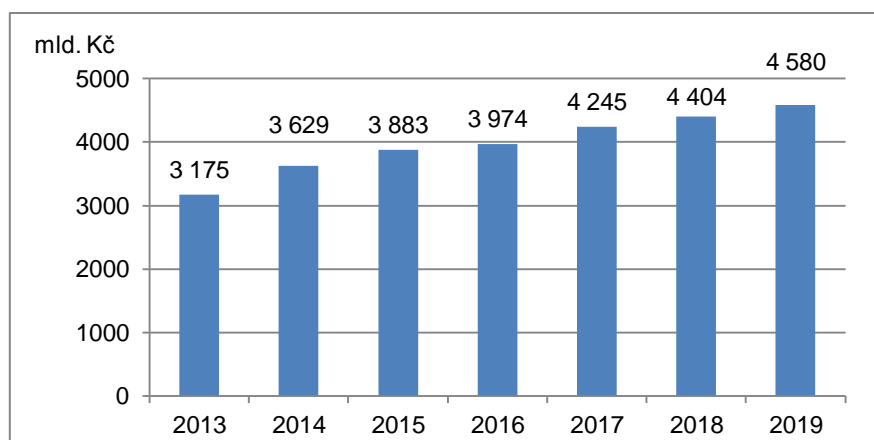
Aby si EU mohla v budoucnu udržet pozici mezi předními světovými lídry v oblasti železničního průmyslu, je potřeba se zaměřit nejen na posílení výše uvedených klíčových oblastí, ale také se snažit vytvářet výhodné podmínky pro přesun výroby zpět do členských států EU.

5.4 Problematika veřejných zakázek

Díky změně strategie EK v rámci zadávání veřejných zakázek v EU je nyní kladen větší důraz u objednavatelů kolejových vozidel na posuzování kvality zakázky namísto ceny. Zpráva expertní skupiny zabývající se konkurenceschopností evropského železničního dodavatelského průmyslu také zmiňuje, že pouze polovina veřejných zakázek v rámci EU byla posuzována na základě využití kritéria kvality. Další palčivou problematikou je nerovné postavení při účasti evropských podniků ve veřejných soutěžích ve světě. Všechny uvedené aspekty mají značný vliv na konkurenceschopnost evropského železničního průmyslu [92].

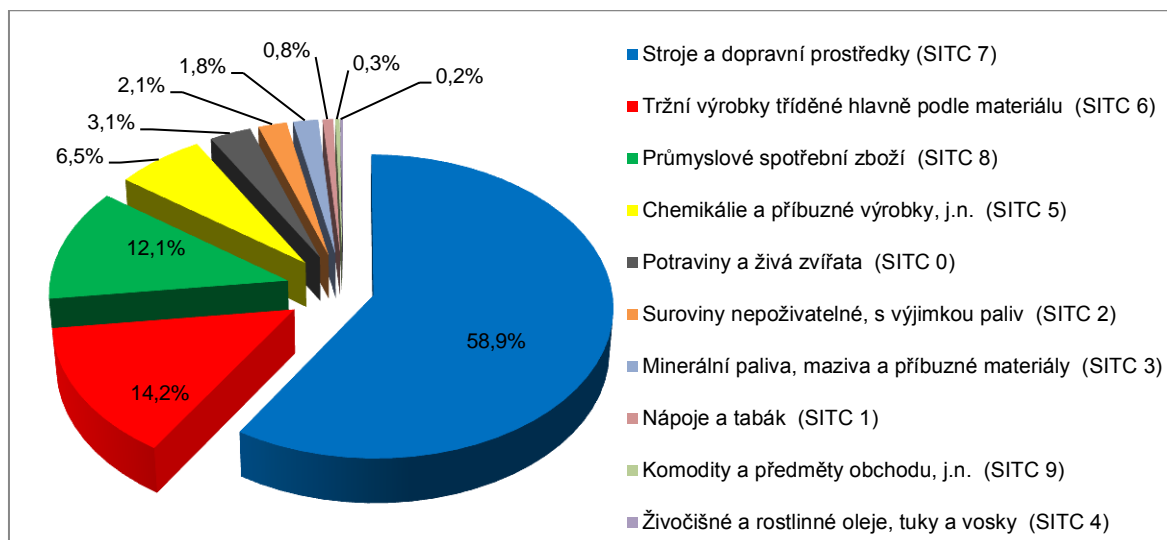
5.5 Vývoj zahraničního obchodu ČR

ČR je tradiční exportní průmyslovou zemí. Proto vývoj zahraničního obchodu hraje pro stav našeho hospodářství důležitou roli. Na základě dat Českého statistického úřadu mohu konstatovat, že od roku 2013 do roku 2019 rostly hodnoty vývozu z ČR. Největší objem českého exportu (90,3 %) mířil v roce 2019 do Evropy [77].



Obr. 6 Vývoj českého zahraničního obchodu mezi lety 2016–2019 [zdroj autor]

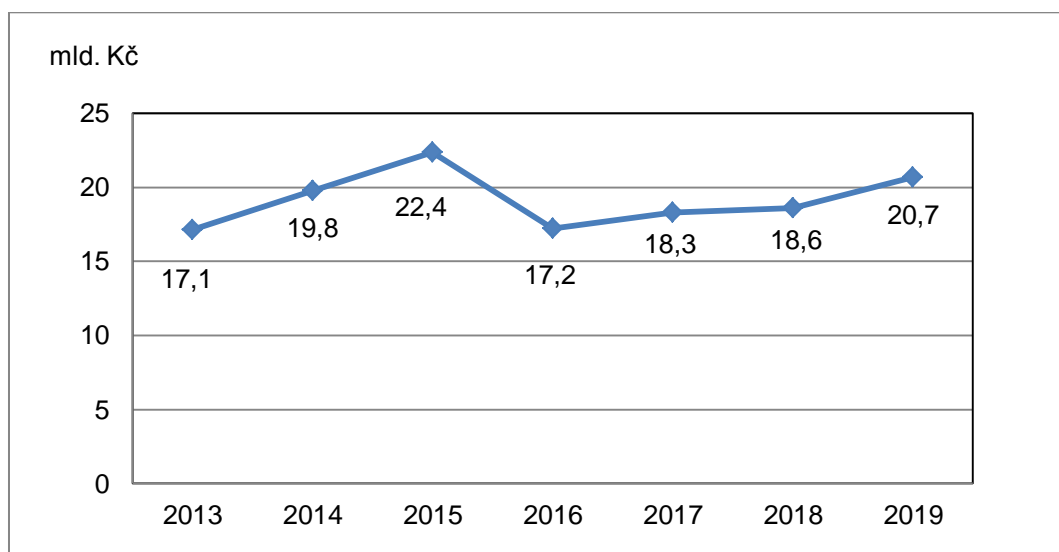
Z hlediska komoditní struktury v členění podle mezinárodní nomenklatury SITC jsou tradičně dominantní položkou Stroje a dopravní prostředky (SITC 7). Jejich podíl v roce 2019 na celkovém vývozu činil cca 59 %. Oproti roku 2018 došlo v rámci komoditní skupiny SITC 7 o 5,3% navýšení [77].



Obr. 7 Zbožová struktura vývozu podle tříd SITC, rok 2019 [zdroj autor]

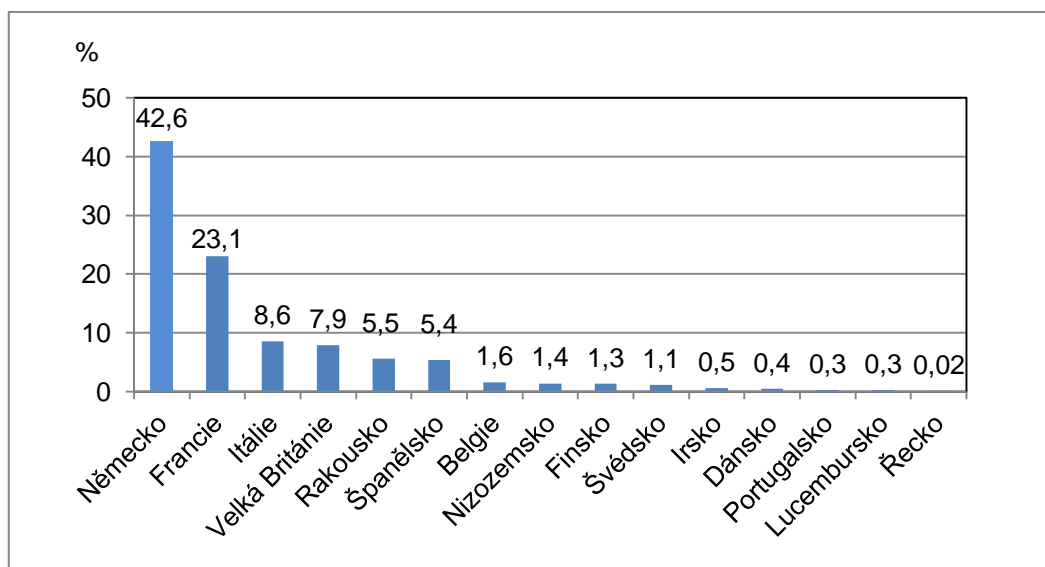
5.5.1 Vozidla železniční a zařízení související (SITC 791)

Součástí komoditní položky Stroje a dopravní prostředky (SITC 7) je i zbožová skupina pod názvem „Vozidla železniční a zařízení související“ (SITC 791). Z analýzy vývoje exportu zmíněné skupiny, dle dat Českého statistického úřadu, zjistíme, že od roku 2016 vývoz postupně rostl a v roce 2019 dosáhl hodnoty 20,7 mld. Kč [77]. Tato hodnota dokazuje rostoucí tendenci exportu v porovnání s minulými roky.



Obr. 8 Vývoj exportu zbožové skupiny SITC 791 v letech 2013–2019 [zdroj autor]

Největší objem českého exportu zbožové skupiny SITC 791 směřuje do Evropy. V roce 2019 se jednalo o 88,1% podíl na celkovém exportu této komodity. Na druhém místě byla Asie s 8,8 % a do Ameriky mířilo 2,6 % z celkového exportu zmíněné komodity. Co se týká zemí EU15, tak v roce 2019 mířil největší objem českého exportu zbožové skupiny SITC 791 do Německa (42,6 %) a Francie (23,1 %) [77].



Obr. 9 Členění exportu zbožové skupiny SITC 791 v rámci EU15, r. 2019 [zdroj autor]

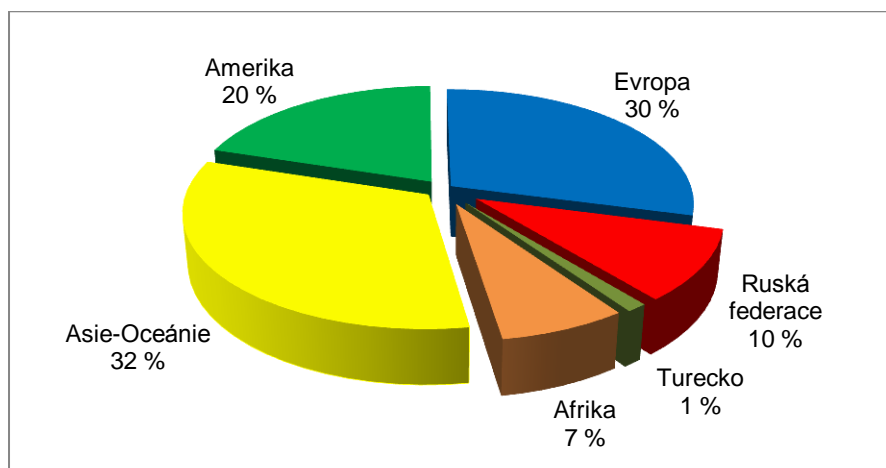
5.5.2 Stav českého železničního průmyslu

Na základě dat Asociace podniků českého železničního průmyslu (ACRI) mohou konstatovat, že společnosti sdružené v této asociaci v roce 2019 zaměstnávaly 19 726 zaměstnanců. Je nutné zmínit, že je zároveň na toto odvětví navázáno dalších 50 tis. zaměstnanců a více než polovina z celkových tržeb v tomto odvětví pochází z exportu [57].

Ze zveřejněné analýzy ACRI o vývoji českého železničního průmyslu v letech 2012–2019 vyplývá, že rok 2015 byl pro společnosti patřící do zmíněné asociace přelomový, a to z důvodu dosažení nejvyššího obrátu ve výši 91 mld. Kč (v roce 2019 došlo o cca 16,5% pokles oproti roku 2015), tak i celkového počtu zaměstnanců, kterých bylo 21 100 (v roce 2019 došlo o cca 6,5% pokles oproti roku 2015). Díky světové konkurenci na zahraničních trzích se v následujících letech zatím nepodařilo navázat či překonat úspěchy roku 2015 [3].

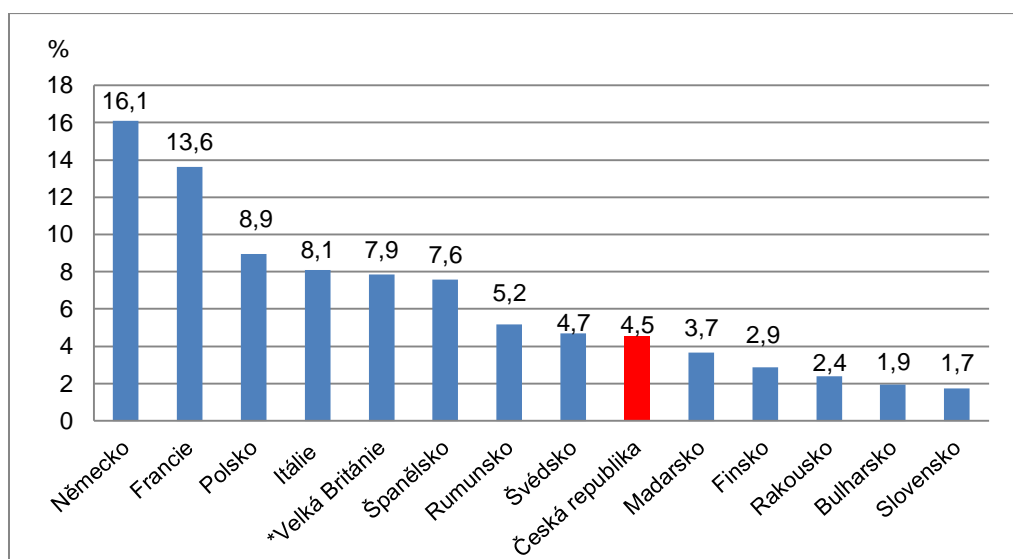
5.6 Stav světové železniční infrastruktury

Železniční statistika vydaná Mezinárodní železniční unií (UIC) v červnu 2020 ukazuje, že největší podíl (32 %) na celkové délce světové železniční sítě má Asie-Oceánie. V rámci celé Asie tvoří cca dvě třetiny tohoto podílu tři země. Jedná se o Čínu, Indii a Kazachstán. Na druhém místě je Evropa s 30% podílem na celkové délce světové železniční sítě. Dále ji následují Amerika (20 %, z toho Spojené státy americké 17,5 %), Rusko (10 %), Afrika (7 %, z toho Jižní Afrika 2,7 %) a Turecko (1 %) [91].



Obr. 10 Procentní podíl na celkové délce světové železniční sítě, upraveno dle [91]

Pokud provedeme na základě stejných dat bližší srovnání železniční sítě v rámci členských států EU, zjistíme, že téměř třetinový podíl na celkové délce železniční sítě EU mají dva státy, a to Německo (16,1 %), a Francie (13,6 %). ČR je na devátém místě s 4,5% podílem na celkové délce železniční sítě EU [91].



Pozn.: Velká Británie byla členem EU do 31. 1. 2020.

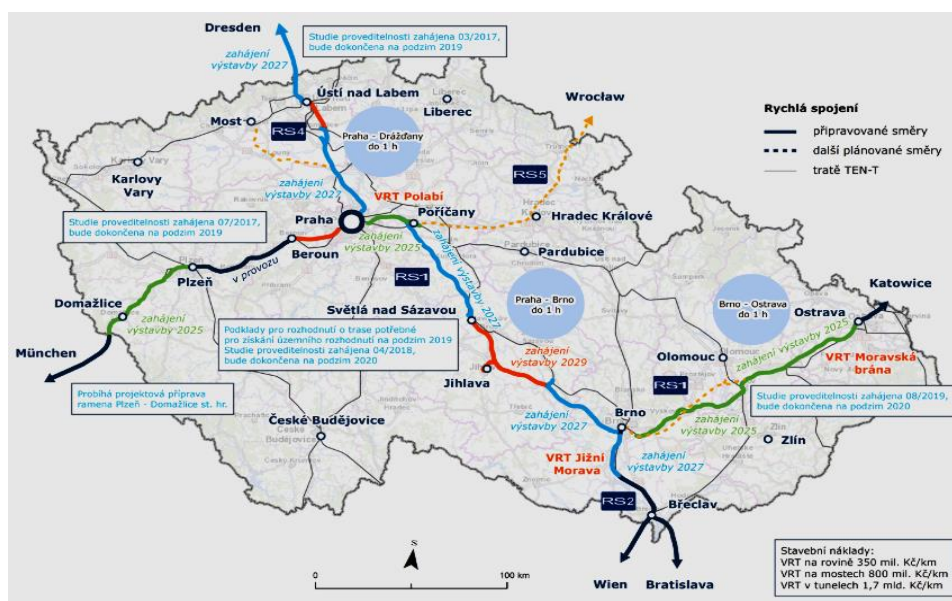
Obr. 11 Procentní podíl na celkové délce železniční sítě EU, rok 2020 [zdroj autor]

5.7 Stav české železniční infrastruktury

ČR se v rámci členství v EU zavázala, že určitá část národní železniční sítě bude splňovat nároky na interoperabilitu. To má zásadní vliv na modernizaci celé železniční infrastruktury. Díky tomu se na některých tratích mohla zvýšit traťová rychlost až na 160 km/h a také zvýšit bezpečnost provozu. Postupně dochází ke zkapacitnění železničních tratí a k rekonstrukci nádražních budov [85].

V rámci čerpání evropských prostředků z Operačního programu Doprava pro období 2007–2013 a Operačního programu Doprava 2 pro období 2014–2020 došlo k podpoře mnoha strategických investičních projektů, které významně přispěly ke zrychlení modernizace železniční infrastruktury v ČR. V aktuálně běžícím operačním programu Doprava 2 je celkově alokováno 5,364 mld. eur. Evropská unie se na této částce podílí ve výši 4,599 mld. eur. Z těchto evropských prostředků směřuje největší podíl do prioritní osy 1 pod názvem „Infrastruktura pro železniční a další udržitelnou dopravu“ (celkem cca 2,33 mld. eur) [73].

Postupně probíhají přípravy na vybudování vysokorychlostních tratí (VRT) v ČR. Tento finančně a technicky náročný projekt umožní nejen zkrácení doby cestování, ale především zvýší konkurenceschopnost železniční dopravy. Na problematice výstavby VRT v ČR spolupracuje Správa železnic, státní organizace (Správa železnic) se Société nationale des chemins de fer français (SNCF). Záměrem spolupráce je především urychlit výstavbu VRT, snížit náklady na jejich výstavbu a eliminovat rizika plynoucí z nedostatku potřebných informací [104].



Obr. 12 Strategie přípravy rychlých spojení [78]

Díky této spolupráci byl vytvořen důležitý technický dokument pod názvem „*Manuál pro projektování VRT ve stupni DÚR*“, který má za cíl přiblížit budoucnost vysokorychlostního cestování také na českých tratích [55].

5.7.1 Základní charakteristika české železniční sítě

Pro rychlou a zároveň názornou představu je nutné uvést základní charakteristiku tratí v ČR. Co se týká vývoje celkové délky železničních tratí v ČR, mohu ze statistických čísel Správy železnic, státní organizace, konstatovat, že se jejich délka v posledních třech letech nezměnila. Na základě porovnání statistických dat roku 2019 s rokem 2017 došlo v roce 2019 k zanedbatelnému poklesu v celkové délce tratí o 12 km oproti roku 2017. Díky modernizaci železniční infrastruktury se mimo jiné zvýšil počet kilometrů elektrizovaných dvou- a vícekolejných tratí, a také se zvýšila bezpečnost, viz tab. 2 [104].

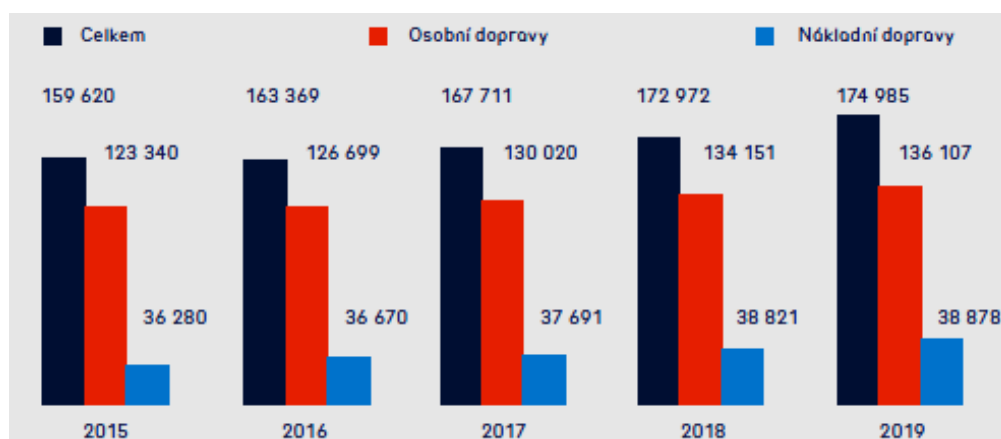
Tab. 2 Základní charakteristika železniční sítě v roce 2017 a 2019, upraveno dle [104]

Položky	Roky (stav k 31.12.)		Nárůst/ Pokles
	2017	2019	
Délka tratí celkem	9408 km	9 396 km	↓
Z toho:			
jednokolejně	7 438 km	7 372 km	↓
dvoukolejně	1 913 km	1 965 km	↑
vícekolejně	57 km	59 km	↑
Normální rozchod	9385 km	9373 km	↓
Úzký rozchod	23 km	23 km	=
Délka elektrizovaných tratí	3 218 km	3 213 km	↓
Elektrizované AC 25 kV / 50 Hz	1 381 km	1 372 km	↓
Elektrizované AC 15 kV / 16,7 Hz	14 km	14 km	=
Elektrizované DC 3 kV (1,5 kV)	1 799 km	1 803 km	↑
Elektrizované DC 1,5 kV	24 km	24 km	=
Neelektrizované	6190 km	6183 km	↓
Počet úrovňových přejezdů	7870	7825	↓
Počet nádražních budov	3239	3229	↓
Délka tratí vybavených vlak. zabezpečovačem	1957 km	2211 km	↑
Délka tratí vybavených GSM-R	1660 km	1903 km	↑
Realizované opravy	594,32 mil. Kč	683,46 mil. Kč	↑
Realizované investice	69,49 mil. Kč	485,83 mil. Kč	↑

5.7.2 Trendy na české železnici

Díky postupné modernizaci železniční dopravy v ČR dochází k nárůstu poptávky po dopravních službách. Z výroční zprávy Správy železnic, státní organizace, z roku 2019, lze identifikovat následující pozitivní trendy [119]:

- nárůst počtu dopravců (celkem 107 dopravců),
- nárůst výkonů v osobní dopravě (136 107 tis. vlkm),
- nárůst výkonů v nákladní dopravě (38 878 tis. vlkm),
- nárůst finančních prostředků do železniční infrastruktury,
- nárůst investičních prostředků na přípravu nových projektů.



Obr. 13 Vývoj výkonů dopravců na síti provozované Správou železnic, 2015-2019 [104]

Z celkového počtu všech dopravců získala v roce 2019 největší podíl na dopravních výkonech osobní dopravy firma České dráhy, a.s. (90,7 % vlkm). Za touto významnou státní společností se umístila na druhém místě společnost RegioJet, a.s. (4,07 % vlkm). Pak následovaly společnosti GW Train Regio, a.s. (1,88 % vlkm), Leo Express, s.r.o. (1,74 %), ARRIVA vlaky, s.r.o. (0,77 % vlkm), Die Länderbahn GmbH (0,36 % vlkm). Podíl ostatní dopravců na výkonech v osobní dopravě tvořil 0,41 % vlkm [119].

5.7.3 Budoucnost české železnice

Aby ČR mohla dohnat v železniční dopravě technologickou úroveň nejvíce vyspělých zemí, bude potřeba v příštích letech pravidelně a významně navyšovat investiční prostředky do železniční infrastruktury. Připravované projekty VRT jsou značně finančně i časově náročné. Z dokumentu Ministerstva dopravy ČR pod názvem „*Program rozvoje Rychlých železničních spojení v ČR*“ vyplývá, že pouze celkové investiční náklady

na realizaci VRT v úseku Praha–Brno (přes Poříčany, var. HB2a, délka 258,7 km) se odhadují na 122 mld. Kč [84].

Pokud si uvědomíme, že investiční náklady na výstavbu dvou jaderných bloků Jaderné elektrárny Temelín dosáhly téměř 100 mld. Kč, je výstavba těchto tratí skutečně finančně i technologicky náročná [40].

Na základě výše uvedeného je žádoucí, aby v rámci přípravy nového programového období 2021–2027 směřovala velká část evropských prostředků právě na projekty podporující modernizaci železniční infrastruktury. Jedná se zejména o podporu [72]:

- rozvoje rychlých železničních spojení,
- posílení koridorů železniční nákladní dopravy,
- modernizace trakční soustavy,
- rozvoje sítě TEN-T,
- rozvoje inteligentních dopravních systémů,
- rozvoje interoperability,
- udržitelné mobility,
- zvýšení bezpečnosti dopravy.

5.8 Interoperabilita

Prvotní fázi pro vznik společného Evropského systému řízení železniční dopravy (ERTMS) spustila EK v roce 1995, a to z důvodu existence desítky různých systémů zabezpečení železniční dopravy [66]. Pro příklad uvádím následující používané systémy vlakových zabezpečovačů v některých zemích dle [9] – ČR a Slovensko LS (Mirel), Maďarsko EVM (Mirel), Polsko KHP (SHP) viz obr. 14.

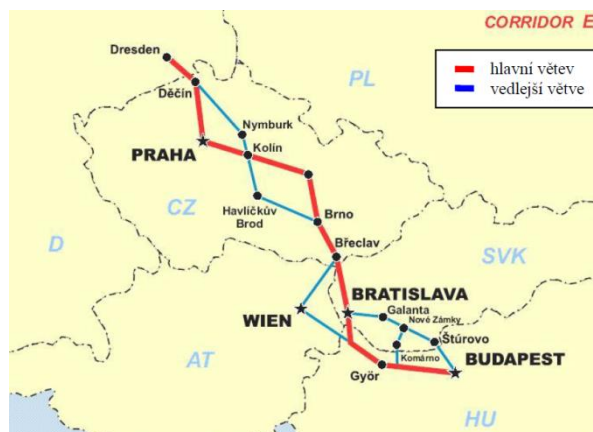
Železniční kolejové vozidlo (ŽKV) mířící do jiného evropského státu musí být opatřeno palubní jednotkou, která je kompatibilní se zabezpečovacím systémem daného státu, ve kterém se právě vozidlo nachází. Současný stav, kdy je zapotřebí vybavit ŽKV všemi potřebnými zabezpečovacími systémy, aby vozidlo mohlo vjet na území jiného evropského státu, je pro další rozvoj evropské železniční dopravy neudržitelný.



Obr. 14 Systémy zabezpečení železniční dopravy [9]

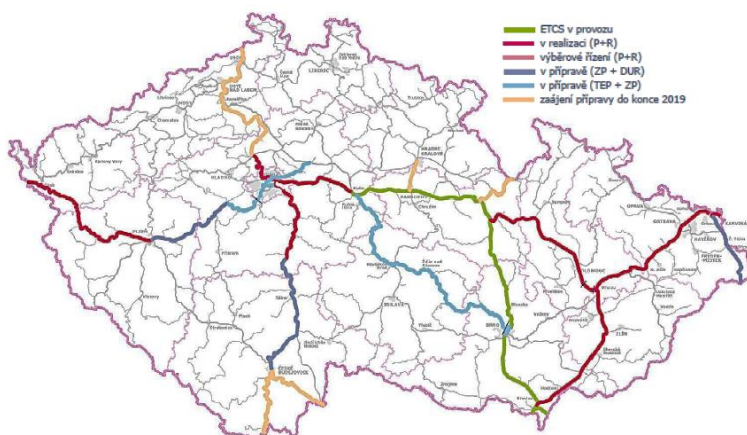
Evropský vlakový zabezpečovací systém (ETCS) tvoří společně traťová část (rozmístěné prvky v rámci železniční infrastruktury) a mobilní část (palubní jednotka umístěná v ŽKV). ETCS má mimo jiné pomoci sjednotit evropskou železniční síť (dosáhnout tzv. interoperability evropské železniční sítě) a zajistit nejen vyšší bezpečnost, spolehlivost a rychlost přepravy, ale i přispět ke zvýšení konkurenceschopnosti železniční dopravy (jak osobní, tak hlavně nákladní) [11], [66]. Z Národního implementačního plánu ze září 2007 vyplývá, že se EK již před cca 25 lety (od roku 1995) snažila o rozvoj sítě ETCS (systému ERTMS) na šesti evropských koridorech [66]:

- koridor A (Rotterdam–Janov),
- koridor B (Stockholm–Neapol),
- koridor C (Antverpy–Basilej–Lyon),
- koridor D (Valencie–Lyon–Ljubljana),
- koridor E (Drážďany–Praha–Vídeň/Bratislava–Budapešť),
- koridor F (Duisburg–Berlín–Varšava).



Obr. 15 Schéma koridoru E [66]

Pokud se podíváme na aktuální implementaci interoperability na území ČR, zjistíme, že jediným železničním úsekem, kde byl zprovozněn systém ETCS (Level 2) je úsek Kolín–Břeclav–státní hranice Rakousko/Slovensko. V roce 2019 začala příprava dalších projektů na rozšíření systému ETCS v úsecích směr Děčín [43]. Další úseky jsou ve stadiu zkušebních provozů či v realizaci (viz obr. 16).



Obr. 16 Národní implementační plán ERTMS – ETCS, stav ke 2. 10. 2019 [43]

Pro výstavbu VRT v ČR je nezbytné zavedení zabezpečovacího systému ETCS. V Národním implementačním plánu ERTMS z roku 2017 byly stanoveny první úseky, kde bude od 1. 1. 2025 povinností dopravců použít jedině zabezpečovací systém ETCS. Jedná se o následující úseky [67]:

- Děčín–Praha–Česká Třebová–Brno–Břeclav,
- Břeclav–Bohumín,
- Česká Třebová–Přerov.

Stát se v Národním implementačním plánu ERTMS zavázal, že bude finančně systematicky podporovat přechod ze současného železničního zabezpečovacího systému LS na jednotný evropský zabezpečovací systém ETCS (tzv. základní a doplňková

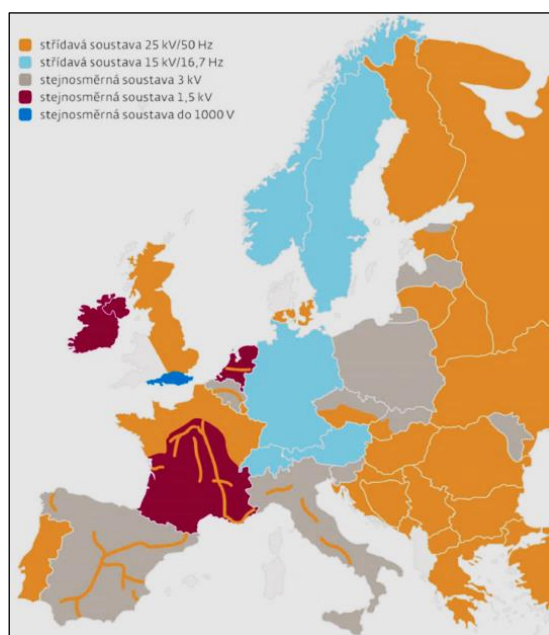
opatření). Základní opatření je v implementačním plánu myšleno jako forma dotace z finančních prostředků EU na pořízení a instalaci palubní jednotky, a to pouze pro dopravce registrované v ČR. Doplňkové opatření ve formě snížení ceny za použití dopravní cesty (zavedení koeficientu, který zohledňuje zabezpečovací systém ETCS) je další motivací státu pro dopravce, aby postupně přešli na nový zabezpečovací systém ETCS. Tento přechod bude mít zásadní vliv na délku životního cyklu u některých starších ŽKV, jelikož dovybavení vozidla palubní jednotkou ETCS stojí cca 14 mil. Kč [67].

5.8.1 Trakční soustavy

Dalším z problémů v interoperabilitě evropské železniční sítě je rozdílnost v používaných systémech trakčních soustav. Například v ČR jsou doposud zavedeny celkem čtyři systémy trakčních soustav. Jedná se o tyto následující soustavy [104]:

- Stejnosměrná trakční soustava 3 kV,
- Stejnosměrná trakční soustava 1,5 kV,
- Střídavá trakční soustava 25 kV / 50 Hz,
- Střídavá trakční soustava 15 kV / 16,7 Hz.

Pokud se rozhlédneme po celé Evropě, zjistíme, že evropská železniční síť má podobnou rozříštěnost systémů trakčních soustav, jako je i u nás. Systémů trakčních soustav můžeme dokonce napočítat celkem pět [93]. Kromě výše uvedených, existuje ještě stejnosměrná soustava do 1 kV, která se nachází na jihovýchodě Anglie (viz obr. 17).



Obr. 17 Napájecí systémy provozované v jednotlivých evropských státech [93]

Díky vynálezům, jakými byli Werner von Siemens, Thomas Edison, Kalmán Kádo, František Křižík, Nikola Tesla aj. došlo k dalšímu důležitému technickému pokroku v železniční dopravě. Jejich objevy měly za následek změnu v tehdejší technické koncepci pohonu lokomotiv, a to v postupném nahrazení jejich parních pohonů elektrickými. Díky této převratné změně mohlo dojít k dalšímu rozvoji železnice. Na samém počátku rozvoje závislé elektrické trakce se pro pohon lokomotiv používal stejnosměrný proud. Následně vlivem objevu střídavého proudu se postupně začala měnit koncepce v budování trakčních soustav v Evropě [24].

Dalšími podstatnými faktory, které hrály důležitou roli ve vývoji evropské trakční soustavy, byly nejen finanční, technické, politické, ale i bezpečnostní. Díky těmto faktorům nabízí dnešní výrobci ŽKV tzv. modulární uspořádání elektrické části, které umožňuje zákazníkovi bezproblémový provoz v rámci určité části evropské železniční sítě, podle zvolené trakční výbavy. Tyto lokomotivy mohou být i vícesystémové. Například lokomotiva Vectron MS od německé společnosti Siemens je vybavena napájecími systémy 25 kV/50 Hz, 15 kV/16,7 Hz (střídavé napětí) a 3 kV, 1,5 kV (stejnosměrné napětí) [9].

Aby mohlo dojít k dalšímu rozvoji železniční dopravy, bude potřeba postupně sjednotit evropskou trakční soustavu. Jako jeden z důležitých argumentů pro rozhodnutí o budoucím směru v dalším rozvoji určitého typu trakční soustavy může hrát roli například rozvoj VRT, pokrytí zvyšujících se energetických požadavků moderních ŽKV i ekonomická náročnost výstavby železniční infrastruktury.

Na základě provedené studie společnosti SUDOP Praha a.s. a SUDOP BRNO, spol. s r.o. vyplynulo, že střídavá trakční soustava přináší větší ekonomické i socioekonomické přínosy. Proto bude postupně probíhat v severní části ČR konverze ze stejnosměrné trakční soustavy na střídavou trakční soustavu [43].

6 VÝROBCI KOLEJOVÝCH VOZIDEL

Pro získání uceleného obrazu o světovém i českém železničním trhu, je nutné provést detailní analýzu vybraných významných výrobců kolejových vozidel. Mezi největší výrobce kolejových vozidel na světě patří Čína, Německo, Francie, Kanada, Spojené státy americké, Japonsko aj.

V rámci seznámení se s činností nejdůležitějších výrobců kolejových vozidel jsem provedl dotazníkové šetření pro zjištění, zda tyto firmy využívají metodu analýzy LCC. V této souvislosti jsem se zaměřil na významné mezinárodní společnosti, které působí i na území ČR. Díky dotazníkovému šetření jsem zjistil, že oslovené společnosti Bombardier Inc. (divize Transportation), Stadler Rail AG a Siemens AG, které představují evropské výrobce kolejových vozidel, využívají aktivně metodu analýzy LCC.

Z dostupných zdrojů mohu konstatovat, že podobně aktivní v této oblasti jsou americké i asijské firmy [30], [50], [81]. Z provedených šetření vyplynulo, že především evropské firmy ve spolupráci s EK považují analýzu LCC za důležitý prvek rozvoje konkurenceschopnosti evropské železniční výroby jak ve směru podpory vývozu (zajištění nejlepších kvalitativních podmínek pro zákazníky), tak i podpory zadávání veřejných zakázek. Současně si je však třeba uvědomit, jakým konkurentům čelí evropští výrobci kolejových vozidel a jak si v celosvětové konkurenci stojí české společnosti.

6.1 CRRC Corporation Limited

Největším celosvětovým hráčem mezi výrobci kolejových vozidel je čínská společnost China Railway Rolling Stock Corporation (CRRC), která sídlí v Pekingu. Společnost CRRC vznikla sloučením dvou velkých čínských výrobců kolejových vozidel (společnosti CSR a CNR) v červnu 2015. V roce 2019 CRRC zaměstnávala celkem 165 715 lidí. Výnosy této společnosti v roce 2019 dosáhly výše 229,01 mld. CNY, což je v přepočtu na eura podle kurzu Evropské centrální banky (ECB) k 31. 12. 2019 (1 EUR = 7,8205 CNY) cca 29,3 mld. eur [31]. Převážná část z celkových výnosů společnosti CRRC tvořily prodeje v rámci pevninské Číny (cca 91 %). Na celkových zahraničních výnosech společnosti CRRC se Evropa podílela cca 41 % (1,05 mld. eur) [5].

Jejich nabízené portfolio výrobků a služeb je široké. Nejedná se tedy jen o vývoj a výrobu kolejových vozidel, jejich komponentů a železničních systémů, ale například o výrobu elektrických trakčních zařízení, autobusů, lodních zařízení, těžebních strojů, výhybek, větrných elektráren aj. Dále se společnost CRRC zabývá i rozvojem v oblasti smart city.

Své produktové portfolio (kolejová vozidla, technologie aj.), včetně nabízených služeb dodává celkem do 105 zemí po celém světě [5].



Obr. 18 Celosvětové působení společnosti CRRC [122]

Jedním ze zákazníků CRRC je i český dopravce Leo Express, který si od čínského výrobce objednal tři elektrické dvousystémové jednotky a pojmenoval je Sirius. Tento typ jednotek je jedním z prvních dodaných na evropský trh. V budoucnu může společnost Leo Express uplatnit opci na dalších 30 jednotek. Pozitivní zprávou je, že jedna pětina komponentů na jednotce pochází od českých výrobců [71].

Aby mohla být elektrická jednotka Sirius uvedena do provozu na českých tratích, musí projít komplexním schvalovacím procesem. V současné době probíhají zkušební testy této jednotky Výzkumným ústavem železničním, a.s., ve Velimi. Po důkladném testování a komplexním posouzení jednotky bude o finálním schválení rozhodovat Drážní úřad [103].

6.2 Siemens AG

Další významnou společností, která vyrábí mimo jiné kolejová vozidla, je německá společnost Siemens AG (Siemens). Hlavním sídlem této společnosti je Mnichov. Divize, která se zabývá touto problematikou, nese název Mobility. Výnosy divize Mobility v roce 2019 dosáhly výše 8,9 mld. eur [4].

Divize Mobility po celém světě zaměstnává přes 36 tis. lidí. Nabídka produktů a služeb je také velmi rozsáhlá. Jedná se hlavně o produkty a služby v oblasti osobní a nákladní dopravy, ale i dopravní a městské infrastruktury. Společnost Siemens působí ve 200 zemí (viz obr. 19).



Obr. 19 Celosvětové působení společnosti Siemens [65]

V únoru 2019 EK rozhodla, že nepovolí společností Siemens a Alstom SA jejich plánované spojení (fúzi), a to i po snaze obou společností učinit kroky, které by napomohly rozptýlit předkládané nesouhlasné argumenty EK. Hlavní důvody EK, která rozhodla o zamítnutí fúze těchto dvou velkých společností, byly následující: ohrožení hospodářské soutěže, zneužití dominantního postavení na trhu, snížení výběru produktů a služeb, zvýšení cen a snížení inovačního úsilí [58].

Nutno podotknout, že společnosti Siemens a Alstom SA jsou největšími výrobci vysokorychlostních vlaků v Evropě. Dále je také nutné zmínit, že společnost Alstom SA je největším výrobcem signalizačních systémů. Jedním z důvodů spojení zmíněných společností byla mimo jiné obava, že vstup čínských společností na evropský trh s vysokorychlostními vlaky ohrozí konkurenci [58].

6.3 Alstom SA

Jedná se o francouzskou mezinárodní společnost, která sídlí v Paříži. Mezi hlavní činnosti společnosti Alstom SA (Alstom) patří vývoj, nabídka produktů a dodávka služeb v oblasti dopravy. Tato společnost klade důraz na zelenou (zelená trakce, eco-design a výroba) a smart mobilitu (autonomní vlaky, flow management a multimodalitu), kterou díky inovačnímu úsilí aplikuje do svých produktů. Produktová nabídka kolejových vozidel je široká, a to od vysokorychlostních vlaků až po tramvaje. Dále společnost Alstom vyrábí i eklektické autobusy. Do portfolia společnosti patří mimo jiné i nabídka signalizační a bezpečnostní techniky, dodávka komponentů pro kolejová vozidla, výstavba dopravní infrastruktury, dodávka integrovaných systémů pro provoz tramvajů a metra [74].



Obr. 20 Celosvětové působení společnosti Alstom [15]

Celkové výnosy společnosti Alstom v roce 2019 dosáhly výše 8,2 mld. eur, z toho kolejová vozidla měla na nich 48% podíl, servis 18% podíl, signalizace 18% podíl a systémy 16% podíl. Více než polovina z celkových výnosů byla generována v Evropě (56 %). Podíly dalších částí světa byly následující: Amerika 16 %, Asie–Pacifik 11 % a Afrika–Blízký východ–Střední Asie 17 %. V roce 2019 Alstom zaměstnával cca 38 900 lidí a působil v 60 zemích [2].

Po neuskutečněném spojení společnosti Alstom se společností Siemens se na začátku roku 2020 v tomto odvětví udála další významná zpráva. Společnost Alstom se dohodla s kanadskou společností Bombardier Inc. o převzetí divize Bombardier Transportation. Oznámení o podmínkách akvizice proběhlo 17. 2. 2020 [1]. Dne 31. 7. 2020 EK souhlasila s výše uvedenou akvizicí. Díky převzetí divize Bombardier Transportation dojde k významnému posílení společnosti Alstom na celosvětových trzích [32].

6.4 Bombardier Inc.

Kanadská společnost Bombardier Inc. (Bombardier) je lídrem ve výrobě letadel a kolejových vozidel. Společnost má hlavní sídlo v Montrealu. Sídlo divize Bombardier Transportation je umístěno v Evropě, konkrétně v Berlíně. Výnosy divize Transportation v roce 2019 dosáhly výše 8,26 mld. USD, což je v přepočtu na eura podle kurzu ECB k 31. 12. 2019 (1 EUR = 1,1234 USD) cca 7,35 mld. eur. Výnosy z prodeje kolejových vozidel a systémů činily 5,19 mld. USD, což odpovídá 63% podílu na celkových výnosech divize Transportation. Výnosy společnosti za servisní služby v roce 2019 dosáhly výše 2,14 mld. USD (26% podíl na celkových výnosech). Zbytek výnosů tvořily prodeje

signalizačního zařízení. Více než polovina z celkových výnosů byla generována v Evropě (59 %). Podíly dalších částí světa byly následující: Severní Amerika 24 %, Asie-Pacifik 12 % a zbytek světa 5 %. V této divizi ke konci roku 2019 pracovalo celkem 36 050 lidí [34].

Své produkty exportuje celkem do 60 zemí. Nabízí, stejně jako ostatní velcí hráči v tomto segmentu, širokou škálu produktů a služeb. Jedná se například o vysokorychlostní vlaky, soupravy metra, lokomotivy, tramvaje. Dále nabízí železniční a důlní signalizační techniku, řídicí systémy pro kolejová vozidla, přepravní systémy, různé typy kolejových komponentů aj. [8].

6.5 Hitachi, Ltd.

Mezi další největší výrobce a inovátory v oblasti výroby kolejových vozidel patří japonská firma Hitachi Ltd. (Hitachi) Její centrála sídlí v hlavním městě Japonska, v Tokiu. Společnost Hitachi se stala průkopníkem v koncepci vysokorychlostních vlaků. Již v říjnu 1964 byl uveden do provozu mezi stanicemi Tokio a Shin-Osaka první vysokorychlostní vlak, který je znám pod názvem Shinkansen [39].

Výnosy skupiny Hitachi Rail dosáhly v roce 2019 celkové výše 580,3 mld. JPY, což je v přepočtu na eura podle kurzu ECB k 31. 12. 2019 (1 EUR = 125,85 JPY) cca 4,6 mld. eur [75]. Skupina Hitachi Rail nabízí v rámci svého hlavního produktového portfolia zákazníkům všechny typy kolejových vozidel, signalizační systémy, palubní jednotky, trakční jednotky, systémy řízení dopravy, elektrické systémy, staniční vybavení (výtahové systémy) aj. Tato skupina má zastoupení ve 27 zemích a zaměstnává zhruba 14 tis. lidí [36].

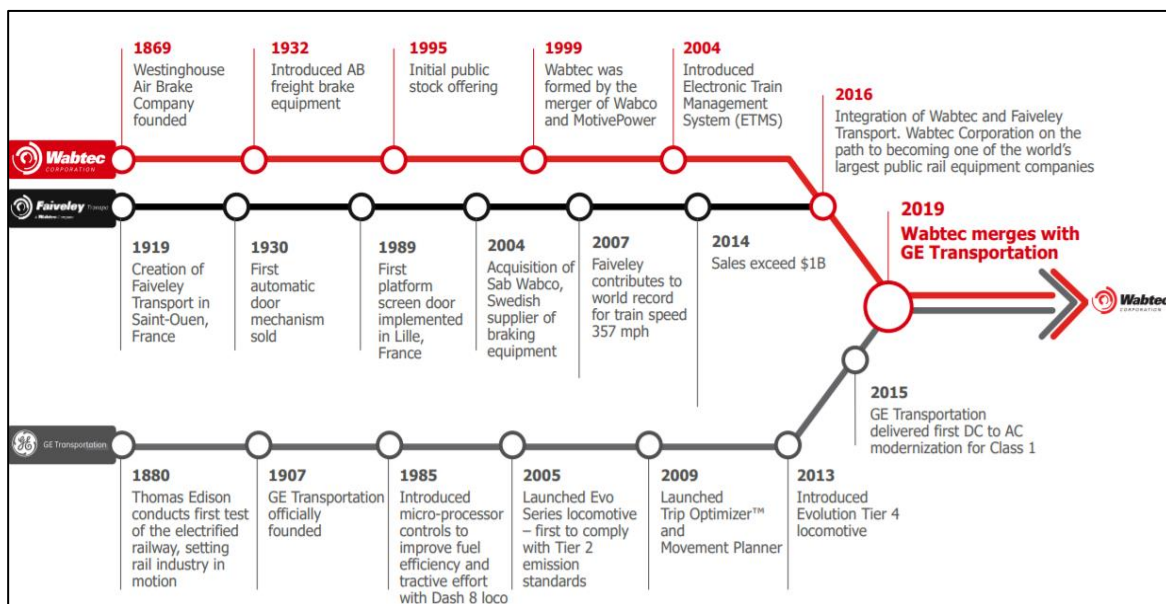
6.6 GE Transportation / Wabtec Corporation

V roce 2019 proběhla fúze významné americké společnosti GE Transportation (dopravní divize společnosti General Electric) se společností Wabtec Corporation. Díky tomuto spojení došlo k významnému posílení jejich postavení, aby mohly společně čelit světové konkurenci. Je nutné podotknout, že společnost Wabtec Corporation, dříve (Westinghouse Air Brake Technologies Corporation), se v roce 2017 spojila se společností Faiveley Transport [132].

V roce 2019 dosáhly výnosy Wabtec Corporation (Wabtec) výše 8,2 mld. USD, což je v přepočtu na eura podle kurzu ECB k 31. 12. 2019 (1 EUR = 1,1234 USD) 7,3 mld. eur. Nákladní segment představoval 66,4% podíl a dopravní segmenty 33,6% podíl na

celkových výnosech společnosti Wabtec. Téměř polovina z celkových výnosů byla vytvořena ve Spojených státech amerických (41,2 %). Podíly dalších zemí byly následující: Kanada 8,9 %, Indie 6,1 %, Velká Británie 4,6 %, Mexiko 4,4 %, Německo 4,2 %, Austrálie 3,6 %, Francie 3,6 %, Čína 3,5 %, zbytek světa 19,9 % [132].

Ve společnosti Wabtec ke konci roku 2019 pracovalo více než 27 500 zaměstnanců. Sídlo této společnosti je v americkém státě Pensylvánie, ve městě Pittsburgh. Společnost má svá zastoupení ve více než 50 zemích po celém světě. Mezi hlavní produkty této společnosti patří lokomotivy pro osobní a nákladní dopravu, komponenty pro osobní automobily, autobusy, kolejová vozidla. Dále se jedná o signalizační techniku, těžební stroje a informační těžební systémy, lodní motory, vrtací techniku, elektrické generátory, logistické informační systémy aj. [132].



Obr. 21 Historie společností Wabtec, Faiveley Transport a GE Transportation [121]

6.7 Stadler Rail AG

Švýcarská společnost Stadler Rail AG (Stadler Rail) se zabývá kolejovými vozidly už více než 78 let. Hlavním produktovým segmentem této společnosti je vývoj, výroba různých typů kolejových vozidel pro městskou, příměstskou, regionální a dálkovou dopravu. Dále nabízí svým klientům servis vozidel, dodávky náhradních dílů a komponentů, generální opravy [79].

V roce 2019 dosáhly výnosy společnosti Stadler Rail celkové výše 3,2 mld. CHF, což je v přepočtu na eura podle kurzu ECB k 31. 12. 2019 (1 EUR = 1,0854 CHF) cca 2,9 mld. eur. Výnosy z prodeje kolejových vozidel činily cca 3 mld. CHF, což odpovídá 93,8% podílu na celkových výnosech. Téměř polovina z celkových výnosů společnosti

byla vytvořena ve třech zemích, a to v Německu, Rakousku a Švýcarsku (46,9 %). Další podíly podle částí světa byly následující: Západní Evropa 40,9 %, Amerika 5,3 %, Společenství nezávislých států 4,5 %, Východní Evropa 1,2 % a zbytek světa 1,2 %. Ve společnosti Stadler Rail ke konci roku 2019 pracovalo 10 918 zaměstnanců. Ústředí společnosti se nachází ve švýcarském městě Bussnang. Společnost má své pobočky ve 20 zemích po celém světě. Převážná část zastoupení společnosti Stadler Rail je v Evropě [37].

6.8 Hyundai Rotem Company

Hyundai Rotem Company (Hyundai Rotem) je jihokorejská společnost, která poskytuje svým zákazníkům výrobky a služby v oblastech železničního, zbrojního, strojírenského a elektrárenského průmyslu. Společnost Hyundai Rotem je součástí holdingu Hyundai Motor Company. Centrála společnosti Hyundai Rotem sídlí ve městě Uiwang, které se nachází poblíž hlavního města Korejské republiky Soulu [13].

Výnosy společnosti Hyundai Rotem (pouze divize Railway) dosáhly v roce 2019 výše cca 1324 mld. KRW, což je v přepočtu na eura podle kurzu ECB k 31. 12. 2019 (1 EUR = 1296.28 KRW) cca 1,02 mld. eur [89].



Obr. 22 Vysokorychlostní vlak KTX-Sancheon [48]

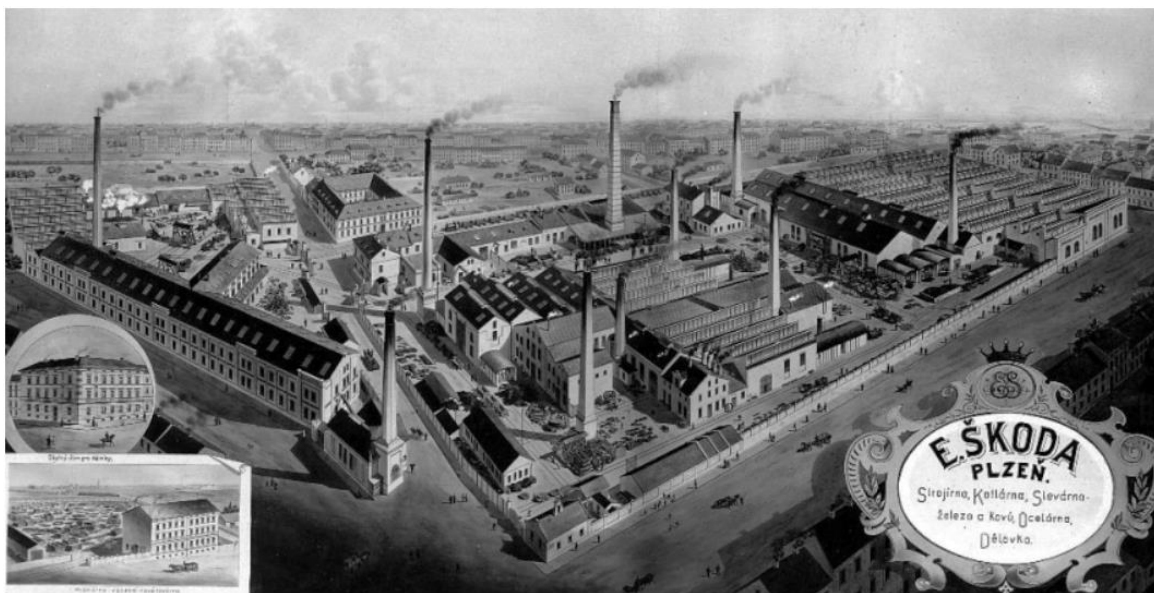
Společnost Hyundai Rotem vyrábí široké spektrum kolejových vozidel (například vysokorychlostní vlaky, lokomotivy, elektrické jednotky, Maglev, soupravy metra, tramvaje aj.) Dále vyvíjí a vyrábí různé systémy pro kolejová vozidla, a to například signalizační, komunikační, elektronické a bezpečnostní systémy. Své výrobky dodává do 36 zemí po celém světě [90].

6.9 ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Škoda Transportation a.s. (Škoda Transportation) je jednou z českých nejvýznamnějších průmyslových společností, jejíž výrobky se prodávají po celém světě. Tato společnost patří dlouhodobě mezi nejvýznamnější rozvíjející se značky českého strojírenského průmyslu. Historicky navazuje na tehdejší Škodovy závody.

Škoda Transportation je také známá svojí inovační politikou a využitím analýzy LCC, kterou aktivně aplikuje v rámci účasti v tendrech po celém světě. Společnost má své hlavní sídlo v Plzni. Současným majitelem společnosti Škoda Transportation je společnost PPF Beer Topholdco B. V. patřící do skupiny PPF, kterou ovládá významný český podnikatel P. Kellner [45].

Skupina Škoda Transportation má několik dceřiných společností, kterými jsou například Škoda Vagonka a.s., Škoda Electric a.s., Pars nova a.s., aj. [102]. Hlavní produkty této společnosti jsou kolejová vozidla (lokomotivy, elektrické jednotky tramvaje, soupravy metra, soupravy push-pull), trolejbusy, elektrické a hybridní autobusy. Dále vyrábí trakční elektrické pohony a motory, elektronické systémy a poskytuje kompletní servis [83].



Obr. 23 Pohled na Škodovy závody, rok 1899 [38]

Z výroční zprávy společnosti Škoda Transportation za rok 2019 vyplývá, že celkové výnosy této společnosti dosáhly výše 9,9 mld. Kč, což je v přepočtu na eura podle kurzu ECB k 31. 12. 2019 (1 EUR = 25,408 CZK) cca 0,39 mld. eur. Hlavními trhy, dle objemu výnosů, byly ČR (33,5 %), Finsko (25,2 %) a Německo (11,5 %). V roce 2019 společnost zaměstnávala 3 968 lidí [45].

6.10 CZ LOKO, a.s.

Jedná se o významnou českou společnost, která vyrábí, modernizuje, opravuje, pronajímá a schvaluje kolejová vozidla. Společnosti se postupně daří posilovat svou pozici na evropském železničním trhu. CZ LOKO, a.s. (CZ LOKO) navazuje na dlouholetou strojírenskou tradici tehdejších železničních dílen v České Třebové, jejichž začátek provozu se datuje do roku 1849. Proto je hlavním sídlem společnosti právě Česká Třebová. Výrobní závody společnosti jsou v České Třebové a Jihlavě. Servisní střediska jsou v Lovosicích, Ostravě a Letohradu [120].

Produktové portfolio společnosti CZ LOKO je široké. Jedná se převážně o posunovací dieselelektrické, elektrické a hybridní lokomotivy pro různé rozchody kolejí, a to pro rozchod normální (1 435 mm) i pro rozchod široký (1 520 a 1 524 mm), který se používá v bývalých státech Sovětského svazu, Finsku a Mongolsku [76]. Dále společnost vyrábí i speciální vozidla pro údržbu železničních tratí [80].

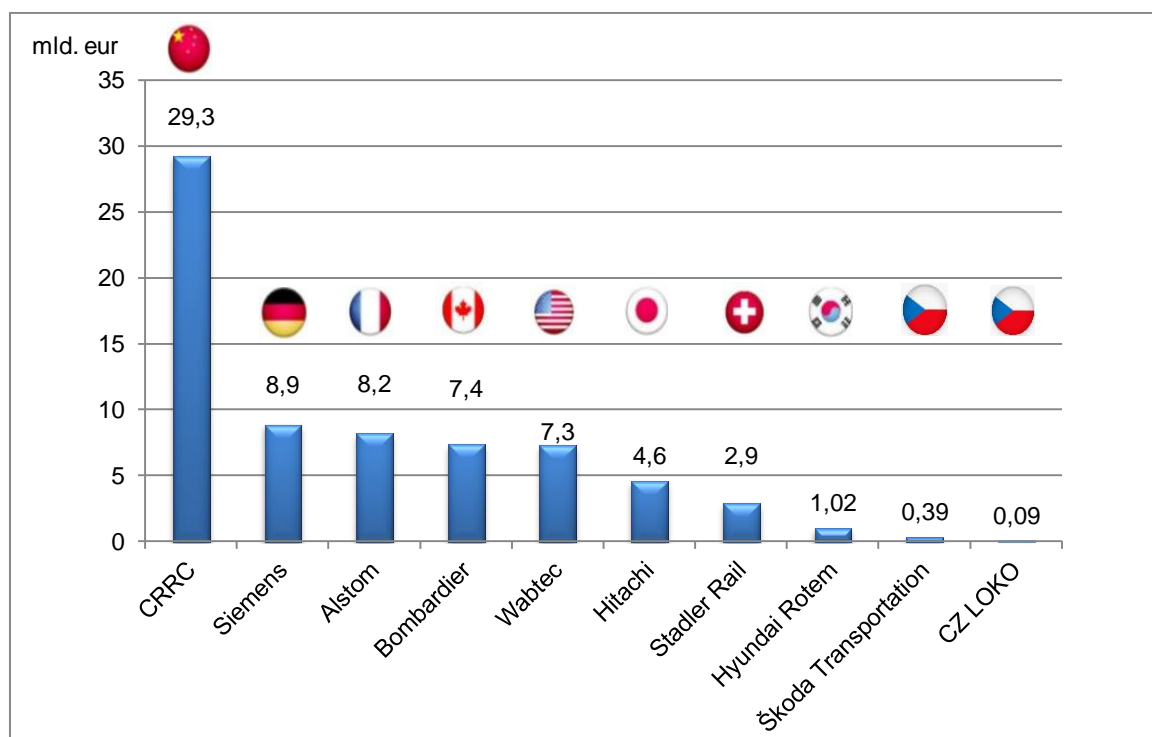
Z výroční zprávy společnosti CZ LOKO, za hospodářský rok od 1. 10. 2018 do 30. 9. 2019, vyplývá, že celkové výnosy této společnosti, ve zmíněném období, dosáhly výše 2,47 mld. Kč, což je v přepočtu na eura podle kurzu ECB k 30. 9. 2019 (1 EUR = 25,816 CZK) cca 0,09 mld. eur. Hlavními trhy, dle objemu výnosů, byly Itálie, Slovensko, Turecko, Estonsko a Polsko. V roce 2019 tato společnost zaměstnávala 693 lidí [131].



Obr. 24 Zákazníci společnosti CZ LOKO [82]

6.11 Celkové srovnání

Pokud provedeme srovnání významných světových i českých výrobců kolejových vozidel podle celkových výnosů v roce 2019, shledáme, že čínská společnost CRRC má na světovém železničním trhu dominantní postavení. Když sečteme celkové výnosy dvou největších evropských společností (Siemens a Alstom) a porovnáme je s celkovými výnosy čínské společnosti CRRC, zjistíme, že tyto dvě evropské společnosti tvoří pouze cca 58 % výnosů společnosti čínské. Srovnání ukazuje převahu Číny v oblasti železničního průmyslu nad ostatními zeměmi (viz obr. 25).

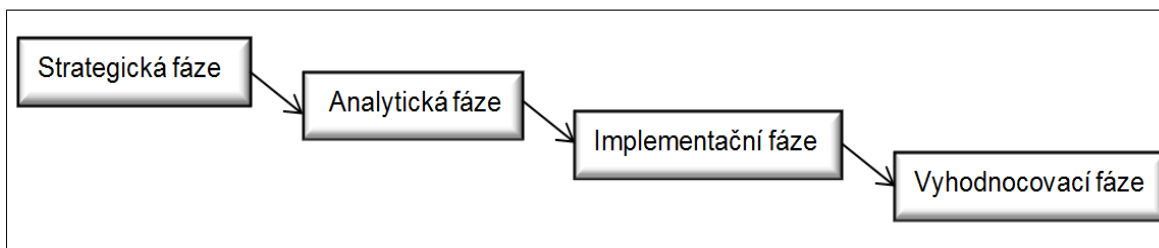


Obr. 25 Přehled výnosů vybraných výrobců kolejových vozidel za rok 2019 [zdroj autor]

7 NÁVRH ÚPRAVY METODIKY LCC V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ

Jak již bylo v teoretické části zmíněno, v současné době je použití analýzy LCC nejvíce rozpracováno především v oblasti stavebního průmyslu. Odběratelé a dodavatelé pohybující se v tomto odvětví, tak disponují znalostní a konkurenční výhodou oproti jiným průmyslovým odvětvím. Proto je cílem disertační práce přispět k efektivnějšímu využití zdrojů a ke zvyšování konkurenceschopnosti v oblasti železničního průmyslu. Z tohoto důvodu je potřeba analyzovat současný stav, nalézt problematické úseky a navrhnout úpravy dosud používané metodiky analýzy LCC tak, aby toto odvětví nebylo znevýhodněno.

Proces tvorby návrhu upravené metodiky a modelu analýzy LCC je členěn celkem do čtyř hlavních fází. Na samém počátku stojí analytická fáze (rešerše literatury, konzultace s odborníky, sběr výzkumných dat a identifikace problémových míst). Po ní následuje strategická fáze (stanovení cíle a výběr vhodných nástrojů k jeho dosažení). Na ní dále navazuje implementační fáze (návrh na zlepšení dosavadního systému využívání analýzy LCC). Závěrečná fáze je fáze samotného vyhodnocení [59].



Obr. 26 Proces tvorby metodiky a modelu analýzy LCC [zdroj autor]

7.1 Strategická fáze

Strategická fáze pomáhá autorovi s vytvořením základní struktury samotného výzkumu. Před samotným výzkumem je nejprve nutné si položit tyto základní výzkumné otázky: kdo, kdy, kde, jak a proč [61].

Pokud si v souvislosti s touto disertační prací položíme otázku kdo, ptáme se na cílovou množinu případných subjektů, které s tímto výzkumem úzce souvisí a které nesmíme vynechat. Další činností je nastavení si reálného harmonogramu a s tím souvisejících aktivit. Naše myšlení nás nesmí omezit jen na domácí problematiku, ale musíme se zajímat o problematiku komplexně.

Pro ucelený pohled na zkoumanou problematiku je potřeba uvažovat v mezinárodním měřítku. Je potřeba vybrat si vhodné nástroje a vědecké metody, kterými lze stanoveného výzkumného cíle dosáhnout. Vždy musíme vědět, z jakého důvodu se zabýváme námi zvoleným tématem.

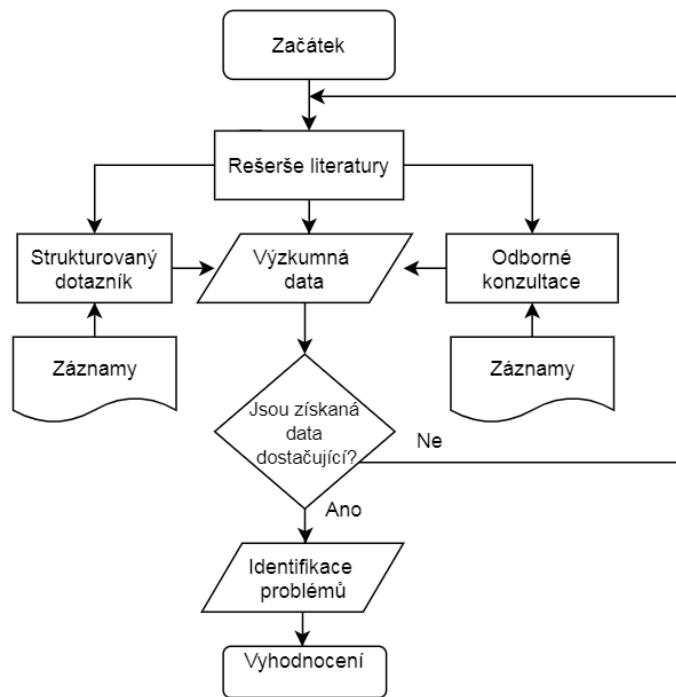
7.2 Analytická fáze

Analytická fáze slouží ke sběru všech dostupných informací (znalostí) s cílem zachytit současný stav ve zkoumané oblasti, zde v oblasti železničního průmyslu. Dále je potřeba získané odborné znalosti konfrontovat i s odbornými názory z podnikatelského prostředí. V neposlední řadě je nutné provést na základě analýzy identifikaci problematických míst.

Samotný průběh analytické fáze je rozdělen do tří částí. První část je již zmiňovaný sběr potřebných dat k sestavení strukturovaného dotazníku a podkladů k odborným konzultacím ve vybraných podnicích vyrábějících kolejová vozidla. V první řadě se jedná o rešerši zahraniční literatury, odborných článků a dalších informačních zdrojů tematicky zaměřených na problematiku analýzy LCC v oblasti kolejových vozidel, teorie citlivosti, produkčních funkcí a železniční dopravy.

Ve druhé části se rozesílají sestavené strukturované dotazníky předním podnikům vyrábějícím kolejová vozidla (Bombardier, CZ LOKO, Siemens, Škoda Transportation, Stadler Rail). Jedná se o stěžejní nástroj k ověření aktuálních trendů a k identifikaci problémů, se kterými se oslovené firmy v této oblasti potýkají. Zároveň je dotazníkové šetření doplněno o odborné konzultace s příslušnými zaměstnanci těchto podniků. Zde je splněna důležitá a žádoucí podmínka, a to nastavení vazby (spolupráce) mezi vysokou školou a tímto průmyslovým odvětvím.

V poslední, třetí části se provádí celkové vyhodnocení získaných výzkumných dat, která jsou potřebná ke splnění cíle disertační práce a k ověření položených hypotéz. Průběh analytické fáze je znázorněn na obr. 27.



Obr. 27 Schéma postupu analytické části [zdroj autor]

Analýza výzkumných dat

Z provedeného kvantitativního a kvalitativního výzkumu mezi předními společnostmi vyvíjejícími a vyrábějícími kolejová vozidla (Bombardier, CZ LOKO, Siemens, Škoda Transportation, Stadler Rail) a také i mezi předními odběrateli (ARRIVA TRANSPORT ČESKÁ REPUBLIKA a.s., ČD Cargo a.s., České dráhy a.s., Leo Express s.r.o., Die Länderbahn CZ s.r.o., RegioJet a.s.) vyplynuly nejen aktuální pohledy, názory, ale i potřebná data pro tvorbu metodiky a modelu LCC analýzy.

Dále jsem se z provedeného terénního výzkumu dozvěděl o problémech, se kterými se vybrané firmy v této oblasti potýkají. Relevantní data získaná pomocí strukturovaných dotazníků i osobních a telefonických rozhovorů byla dále statisticky zpracována a následně vyhodnocena.

Strukturovaný dotazník

Strukturovaný dotazník byl vytvořen pro zachycení aktuálního stavu ve využívání analýzy LCC mezi předními výrobci, ale i odběrateli kolejových vozidel. Dále bylo třeba identifikovat slabá místa, se kterými se všichni aktéři při aplikaci analýzy LCC nejčastěji potýkají, s cílem pokusit se je co nejvíce eliminovat. Pro sběr velkého množství komplexních dat v krátkém čase se jevila forma elektronických strukturovaných dotazníků jako velmi efektivní. Jedním z podstatných důvodů k jejich využití byla skutečnost, že

někteří z vyjmenovaných výrobců kolejových vozidel mají své centrální týmy, které se zabývají problematikou analýzy LCC, umístěny mimo ČR (např. Francie, Německo a Švýcarsko).

První část otázek se zabývá samotným rozsahem využívání analýzy LCC.

- 1) Používáte ve Vašem podniku analýzu nákladů životního cyklu (LCC)?
- 2) Jak často se setkáváte s požadavkem zákazníka na zpracování analýzy LCC v ČR?
- 3) V jakých částech světa je požadavek zákazníka na zpracování analýzy LCC zcela běžný?

Druhá část cílí na problematiku práce s nákladovými položkami, získávání dat a zastarávání.

- 4) Jaké nákladové položky jsou běžně součástí Vaší LCC analýzy?
- 5) Jak velkou roli v současné době představuje problematika zastarávání (obsolescence) u některých klíčových komponentů výrobku při tvorbě analýzy LCC?
- 6) Zabýváte se u Vašich výrobků i náklady na provoz a údržbu u zákazníka?
- 7) Jaká data analyzujete u Vašich zákazníků?
- 8) Jak získáváte informace (data) o provozovaném výrobku?

Třetí a poslední část otázek se snaží identifikovat, resp. ověřit některé závěry z prvotního základního výzkumu (rešerše literatury) o analýze nákladů životního cyklu.

- 9) Využíváte analýzu LCC pro optimalizaci Vašich produktů?
- 10) Dochází podle Vás pomocí aplikace analýzy LCC ke zvýšení inovačního úsilí a zvýšení kvality výrobků?
- 11) S jakými problémy se setkáváte při aplikaci analýzy LCC?
- 12) Jak důležitou roli hraje analýza LCC při tendrech a výběrových řízeních?

Na základě vyhodnocení dotazníkového šetření jsem si ověřil některé ze svých závěrů v rámci provedené rešerše. Pro získání detailních informací bylo zapotřebí provést osobní rozhovory s kompetentními zaměstnanci z oslovených podniků. Pro získání širšího spektra dat jsem si vybral podniky napříč celou republikou a i s ohledem na jejich postavení na trhu.

7.3 Implementační fáze

V rámci odborných konzultací jsem sestavil ve spolupráci s předními výrobci a odběrateli kolejových vozidel upravenou metodiku i model analýzy LCC pro oblast železniční dopravy, který by umožnil systémové a efektivní hodnocení nákladů životního cyklu kolejových vozidel.

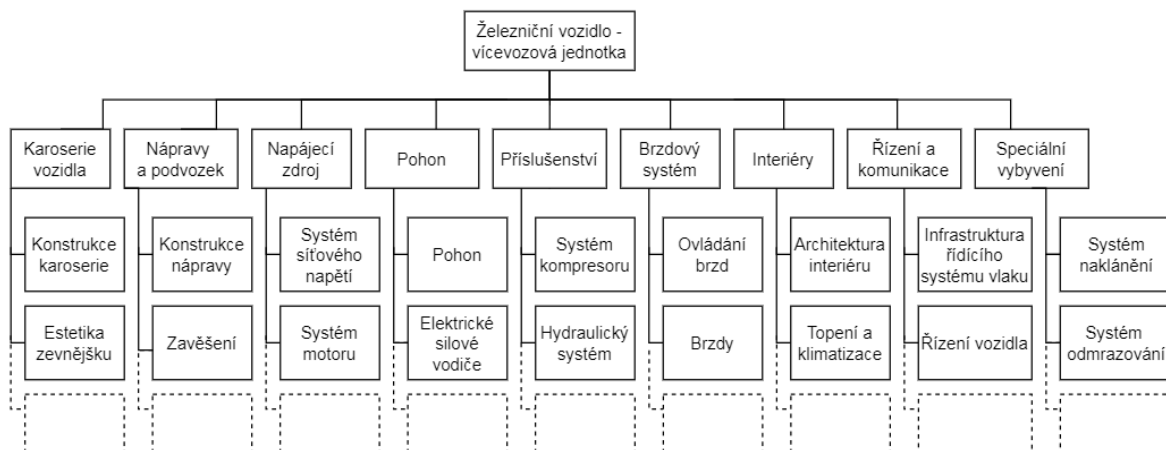
V rámci tvorby modelu analýzy LCC je důležité si nejprve nadefinovat (získat) základní vstupní parametry (data), které vycházejí buď přímo z požadavků zákazníka, nebo jsou uvedeny v zadávací dokumentaci veřejné zakázky. Zákazník rozhoduje o jejich rozsahu. Jelikož tvorba analýzy LCC je komplexní a časově náročná, musí se jí zabývat speciálně vyškolený tým, který je za ni zodpovědný. Právě správná a bezchybná příprava v rámci procesu tvorby analýzy LCC je velice důležitá, jelikož může podstatně ovlivnit její samotný výsledek ve výběru zákazníka. Následný zpracovaný výstup – analýza LCC je pak součástí obchodní nabídky.

K sestavení analýzy LCC je třeba mít k dispozici velké množství informací a ověřených dat. Data jsou shromažďována týmem tzv. LCC specialistů, kteří je získávají od jednotlivých příslušných útvarů. Pokud bychom se úzce zaměřili na jednotlivé vstupy LCC analýzy, jednalo by se o následující základní okruhy, které objednatelé požadují:

- požadavky na vlastnosti vozidla (např. výkon, hmotnost, kapacita),
- požadavky na vybavení vozidla (prvky jednotlivých konstrukčních celků),
- požadavky na provoz vozidla (např. životnost, nájezd vozidla),
- požadavky na údržbu vozidla (např. preventivní periodická údržba, pravidelné technické kontroly),
- požadavky na ekonomiku provozu vozidla (např. energie, ceny přístupu na trať, mzdy obsluhy vozidla).

Struktura rozčlenění produktu

Pro vytvoření základu modelu analýzy LCC se využívá struktura rozčlenění produktu (Product breakdown structure, PBS). Na níže uvedeném obrázku je znázorněna základní dekompozice kolejového vozidla, a to pouze pro základní představu jeho některých částí [19]. Pro každou z uvedených částí se shromažďuje množství údajů od dodavatelů. Jedná se například o informace o celkových nákladech, včetně servisní náročnosti, potřeby náhradních dílů, spolehlivosti dílů aj.



Obr. 28 Základní dekompozice ŽKV dle PBS, upraveno dle [19]

7.3.1 Metodika tvorby analýzy LCC

Na začátku samotného procesu tvorby analýzy LCC je potřeba, aby výrobce kolejového vozidla získal od zákazníka co nejvíce možných vstupních dat (vstupních parametrů), a to z důvodu přesnosti výsledků provedené analýzy LCC. Nejprve je potřeba společně vybrat konkrétní typ kolejového vozidla. S tímto výběrem souvisí následující otázky. Zajímá se zákazník o nákup lokomotivy, elektrické jednotky, soupravy metra nebo tramvaje? Jaká bude konfigurace a provozní parametry požadovaného kolejového vozidla? V jaké části světa bude kolejové vozidlo provozováno? Bude se o opravy vozidla starat zákazník nebo ji přenechá výrobci? Jaké konkrétní výstupní parametry bude chtít zákazník znát? Jak bude probíhat financování vozidel? V rámci veřejné zakázky na dodávku kolejových vozidel, jsou všechny důležité požadavky na produkt vyspecifikovány v zadávací dokumentaci k veřejné zakázce [115].

Tab. 3 Vstupní parametry pro provedení analýzy LCC (příklad), upraveno dle [29], [123]

Základní požadavky na ŽKV	Příklad
Typ vozidla	dvoupodlažní elektrická jednotka
Skladba vozidla	3 vozová
Trolejové napětí	3 kV DC
Instalovaný výkon	4×500 kW
Počet sedadel (z toho 1. třída)	310 (23)
Celková kapacita cestujících	640
Hmotnost soupravy	155,4 t
Délka soupravy	79 200 mm
Maximální rychlost	140 až 160 km/h
Rozchod kolejí	1 435 mm
Zrychlení	1 m/s ²

Nástupní výška	550 mm nad TK
Počet toalet na jeden vůz	2
Počet míst pro ortopedické vozíky	4
Speciální vybavení vozidla	klimatizace také v odstaveném stavu
Roční nájezd	220 000 km
Místo provozu	Česká republika
Životnost vozidla	30 let
Financování	bankovní úvěr
Výstupní podoba LCC	stanovení celkových nákladů na km a sedadlo

Následně by měl zákazník stanovit svůj požadavek na výslednou podobu analýzy LCC, včetně výběru nákladových položek, které budou zakomponovány do analýzy LCC (modelu). Jedná se o náklady, které jsou úzce spjaty s provozem kolejového vozidla. Na základě informací z technické normy ČSN EN 60300-3-3 a zjištěných informací od výrobců a provozovatelů kolejových vozidel se můžeme bavit o následujících nákladových položkách [19]:

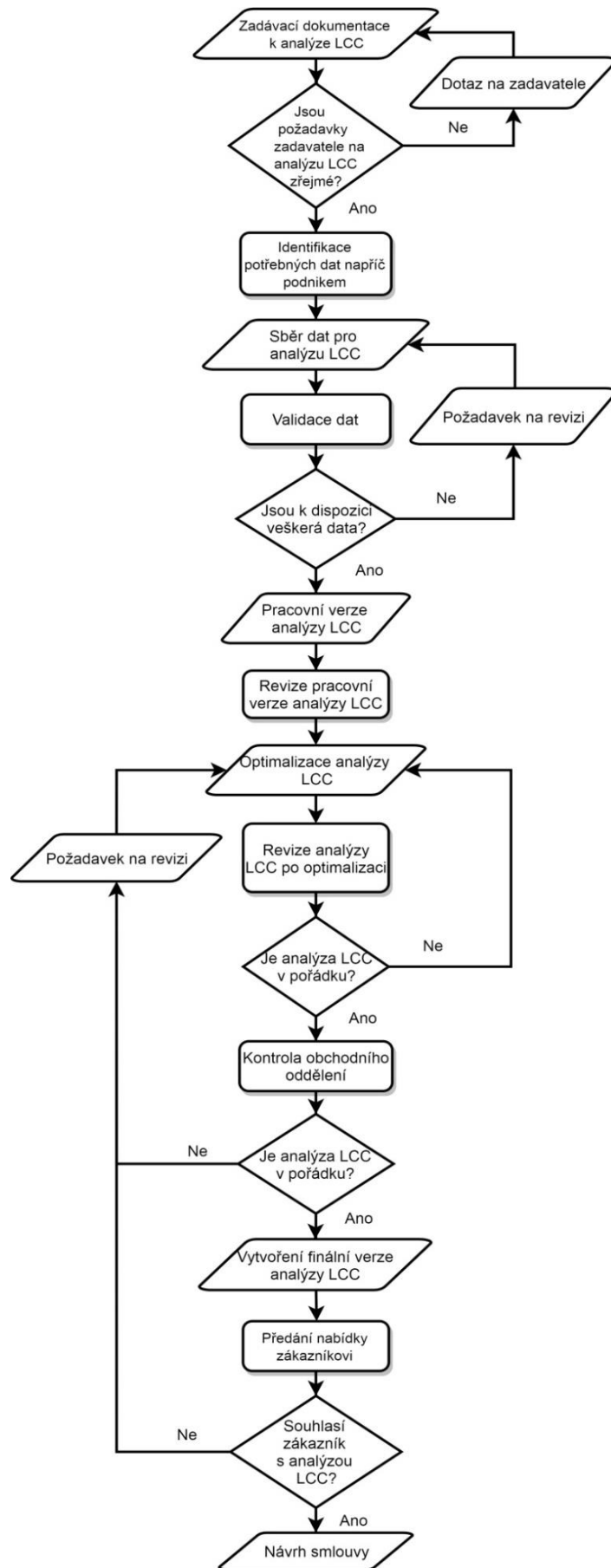
- náklady na pořízení,
- náklady na preventivní údržbu a korektivní údržbu,
- náklady na spotřebu energie,
- náklady na náhradní díly,
- náklady na mzdy spojené s vozidlem,
- náklady za použití železniční dopravní cesty,
- náklady za úklid a čištění,
- náklady na likvidaci,
- náklady odpovědnosti za škodu způsobenou vozidlem,
- náklady na režie vozidla,
- záruční náklady aj.

Na základě výběru zákazníka z výše uvedeného výčtu možných nákladů a shromáždění všech důležitých dat napříč příslušnými útvary podniku (vstupů), začne samotný proces vytváření analýzy LCC. Výsledná podoba struktury nákladů je pak na domluvě se zákazníkem. Zákazník se musí rozhodnout, které náklady jsou pro něj v analýze LCC důležité. Pro snížení náročnosti i nákladů na samotný proces tvorby výsledné podoby analýzy LCC mohou příslušní pracovníci vycházet v některých částech procesu tvorby analýzy z analogie, tj. předchozích zkušeností s podobnou nabídkou produktů, a také pomáhá modularita některých konstrukčních celků kolejových vozidel.

Po shromáždění všech potřebných vstupních dat dochází k procesu vytvoření pracovní verze analýzy LCC, která se předává příslušným útvarům podniku ke kontrole, aby se tak mohly odstranit všechny možné chyby. Tato fáze je jedna z klíčových, jelikož se zde provádí důkladná kontrola všech vstupních dat, která mohou podstatným způsobem ovlivnit finální výstup analýzy LCC a tím i celý proces nákupu vozidla. Pokud by analýza LCC vykazovala chyby, ponese veškerá s tím spojená rizika dodavatel vozidla.

Důležité je také brát zřetel na teritoriální specifika. Proto by se měla analýza LCC konzultovat také s obchodními zástupci pro jednotlivé trhy, kde by se měl produkt provozovat [22]. Jde o to, aby analýza LCC odpovídala konkrétnímu trhu, kam se předpokládá vývoz produktu. Po vzájemné konzultaci příslušných odborníků napříč podnikem dojde k úpravě (optimalizaci) podoby analýzy LCC. Na základě tohoto procesu vznikne finální analýza LCC podle požadavků zákazníků. Po kontrole obchodního oddělení je předána finální verze analýzy LCC spolu s dalšími, zákazníkem požadovanými dokumenty.

Jak již bylo zmíněno, příprava analýzy LCC je finančně i časově náročná. Na její tvorbě se podílí několik útvarů v rámci celého podniku. Jedná se například o obchodní oddělení, finanční oddělení, výrobu, technický úsek, servisní oddělení. Samotný návrh průběhu sestavení analýzy LCC je znázorněn na obr. 29, kdy prvotním impulsem je požadavek zákazníka na vyhotovení analýzy LCC. V konečné fázi je finální analýza LCC součástí nabídky a následně smlouvy.

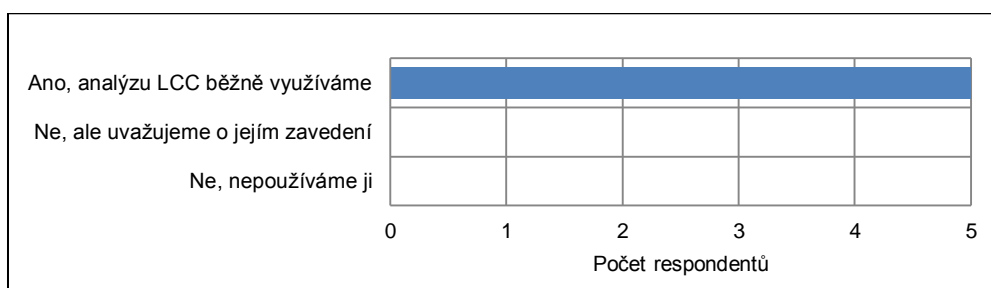


Obr. 29 Vývojový diagram - proces tvorby analýzy LCC [zdroj autor]

7.4 Vyhodnocovací fáze

Z provedeného vlastního výzkumu (dotazníkový průzkum, osobní i telefonické rozhovory) u společností vyvíjejících a vyrábějících kolejová vozidla (Bombardier, CZ LOKO, Siemens, Škoda Transportation, Stadler Rail) vyplývají následující fundamentální zjištění (viz jednotlivé grafy).

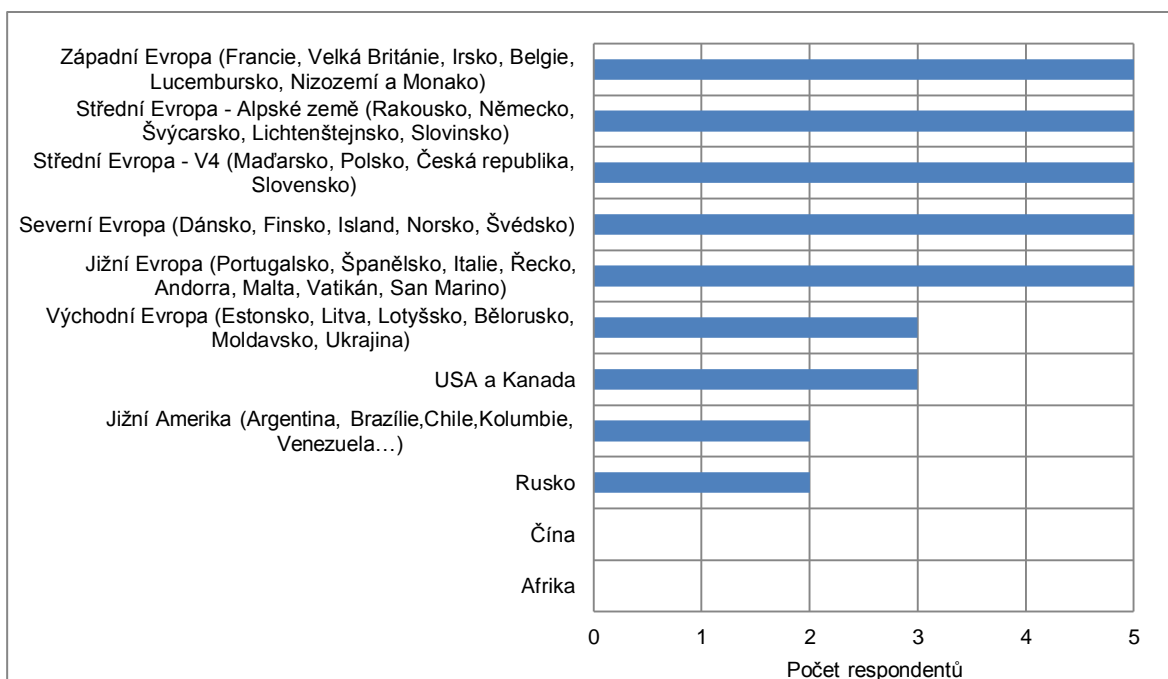
Na první otázku, zda vybrané podniky využívají analýzu LCC, mi byly prostřednictvím jejich příslušných zástupců sděleny následující odpovědi.



Obr. 30 Využívání analýzy LCC napříč podniky v ČR [zdroj autor]

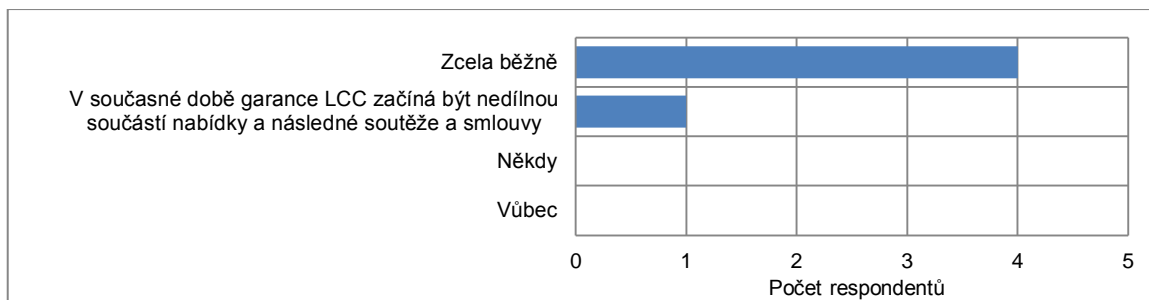
Z výše uvedeného obr. 30 vyplývá skutečnost, že analýza LCC je běžně využívána napříč oslovenými společnostmi vyvíjejícími a vyrábějícími kolejová vozidla (respondenty).

Na druhou a třetí otázku, v jakých částech světa je požadavek zákazníka na zpracování analýzy LCC zcela běžný a jak často se podniky setkávají s požadavkem zákazníka na zpracování analýzy LCC v ČR, mi byly sděleny následující odpovědi.



Obr. 31 Požadavek zákazníka na zpracování analýzy LCC ve světě [zdroj autor]

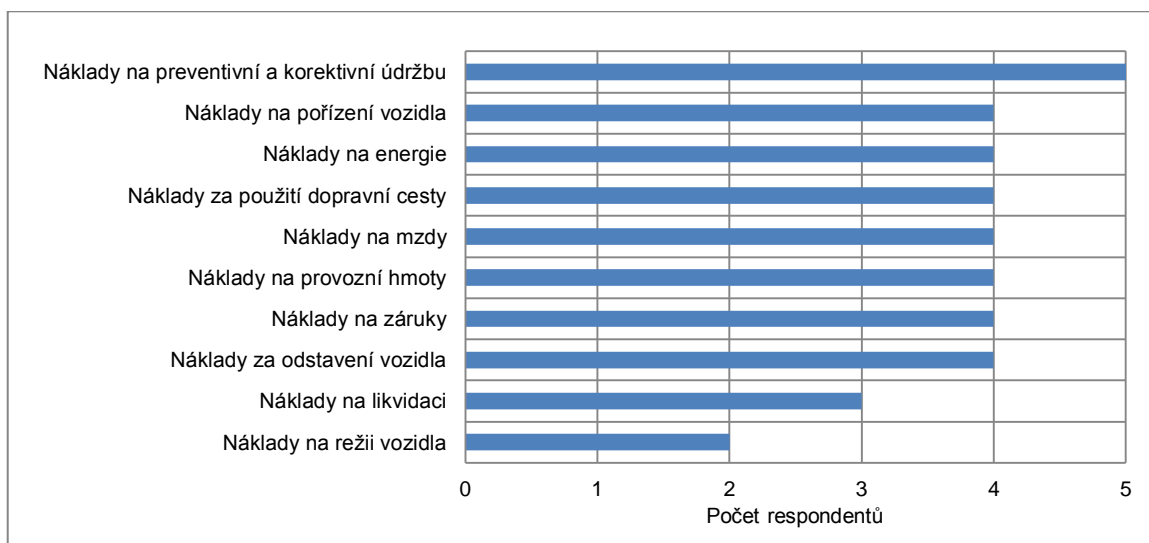
Z obr. 31 je patrné, že analýza LCC je dle vyjádření respondentů standardně žádána ve všech částech Evropy, což úzce souvisí se Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2014/24/EU ze dne 26. února 2014, o zadávání veřejných zakázek a o zrušení směrnice 2004/18/ES a zákonem č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, ve kterých jsou stanovena pravidla pro hodnocení ekonomické výhodnosti nabídky (například podle nákladů životního cyklu). Pokud jde o Čínu a africké státy, jedná se o země, které se řídí vlastními zákony a předpisy. Dále je nutné zmínit, že většina oslovených respondentů se orientuje hlavně na evropský trh.



Obr. 32 Požadavek zákazníka na zpracování analýzy LCC v ČR [zdroj autor]

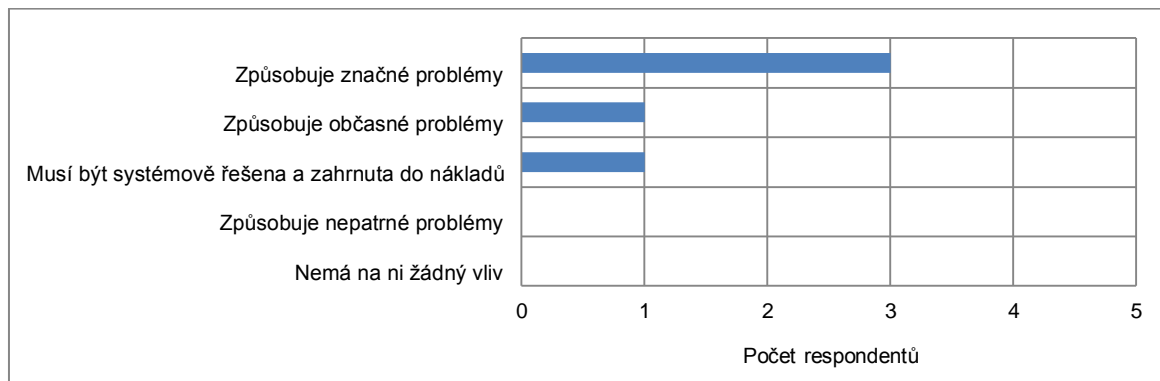
Z výše uvedeného obr. 32 vyplývá fakt, že analýza LCC je zcela běžně požadována od českých zákazníků, kteří odebírají produkty od vybraných společností (respondentů) vyvíjejících a vyrábějících kolejová vozidla (opět souvislost s pravidly pro hodnocení veřejných zakázek – zákon č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek).

Na čtvrtou a pátou otázku, jaké nákladové položky jsou běžně součástí analýzy LCC a jak velkou roli v současné době představuje problematika zastarávání (obsolescence) u některých klíčových komponentů výrobku při tvorbě analýzy LCC, mi byly od výrobců kolejových vozidel sděleny následující odpovědi.



Obr. 33 Nákladová struktura analýzy LCC [zdroj autor]

Z obr. 33 je patrné, že nejdůležitější nákladovou položkou v analýze LCC jsou u respondentů náklady na preventivní a korektivní údržbu. Dále jsou to náklady na pořízení vozidla (leasing, úvěr), náklady na energie, náklady za použití dopravní cesty náklady na mzdy atd.

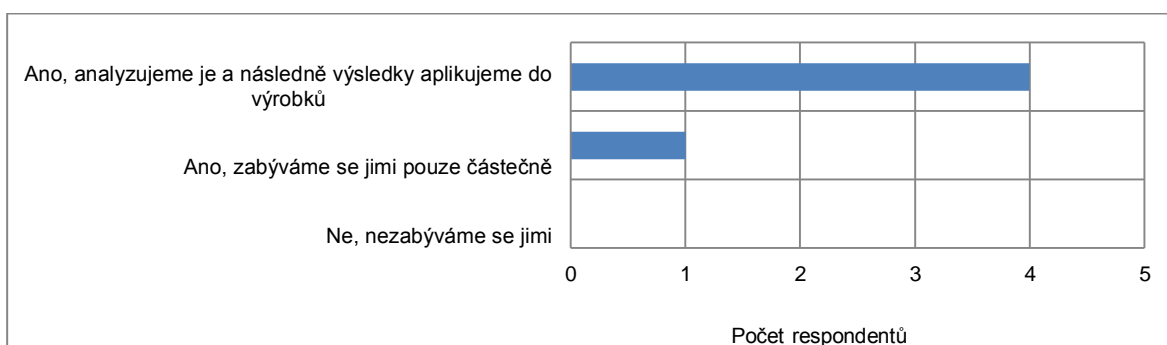


Obr. 34 Vliv problematiky zastarávání u klíčových komponentů [zdroj autor]

Jelikož doba životnosti ŽKV je dle [26] převážně 30 let a vozidlo je sestaveno z mnoha klíčových komponentů, které se časem porouchají a potřebují vyměnit, zabýval jsem se i problematikou zastarávání komponentů (viz obr. 34).

Dle vyjádření respondentů mohu konstatovat, že problematika zastarávání klíčových komponentů způsobuje problémy, které s mohutným nástupem moderních technologií klade čím dál tím větší nároky na skladování náhradních dílů. V neposlední řadě musím zmínit i potíže, které nastávají v důsledku aktualizace či změny softwaru.

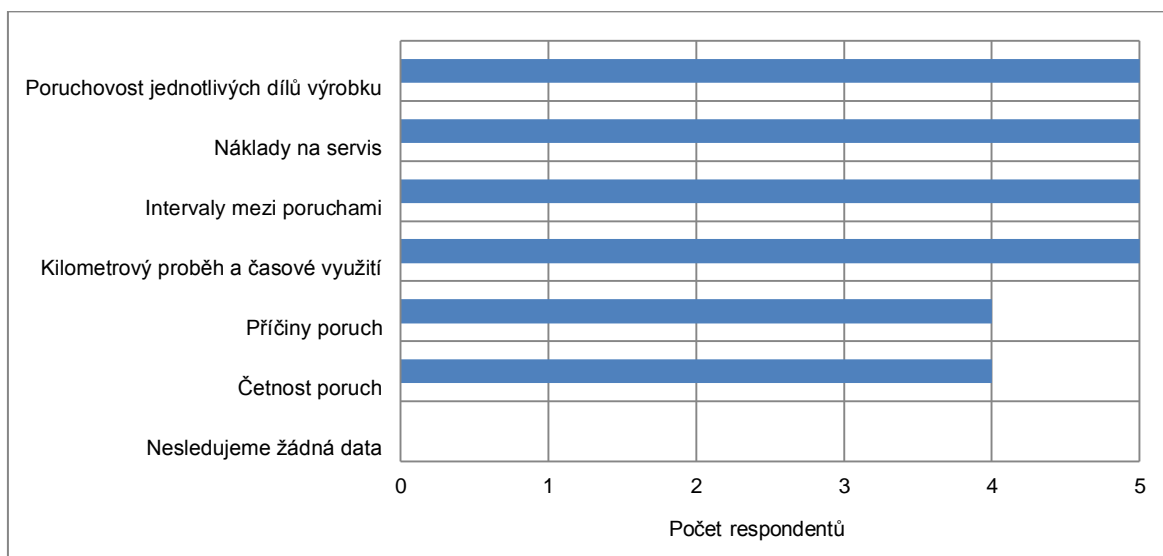
Na otázku šestou, zda se výrobci zabývají u svých výrobců i náklady na provoz a na údržbu u zákazníka, mi byly sděleny následující odpovědi.



Obr. 35 Analýza nákladů na provoz a údržbu u zákazníka [zdroj autor]

Z výše uvedeného obr. 35 vyplývá, že oslovení výrobci analyzují náklady na provoz u zákazníků a díky těmto informacím provádějí úpravy svých výrobků (inovace). Jedním z příkladů je monitorovací systém společnosti Škoda Transportation, díky kterému může výrobce získávat aktuální data například o pohybu a technickém stavu nasazeného kolejového vozidla [98].

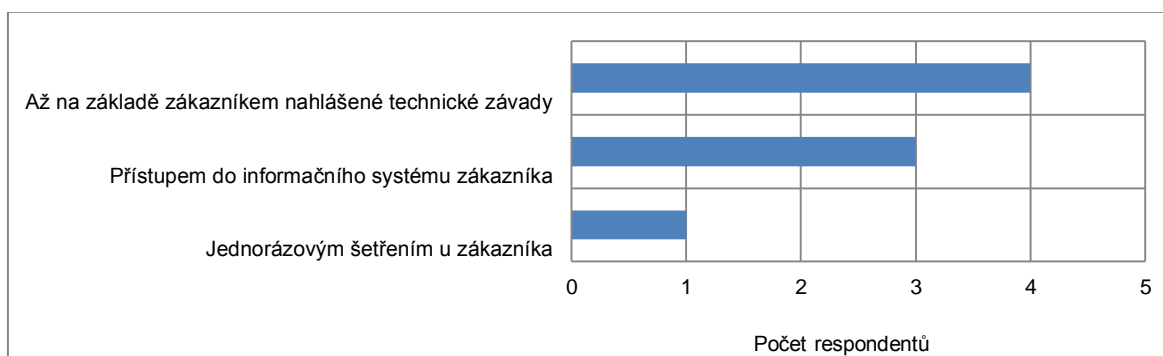
Na sedmou otázku, jaká data analyzují výrobci kolejových vozidel u zákazníků, mi byly sděleny od výrobců kolejových vozidel následující odpovědi.



Obr. 36 Analýza dat výrobce u zákazníka [zdroj autor]

Z výše uvedeného obr. 36 se můžeme dozvědět, že výrobce se v rámci získávání dat u zákazníka soustředí hlavně na poruchovost jednotlivých dílů, vynaložené náklady na servis, zkoumání intervalů mezi poruchami, kilometrový proběh a časové využití.

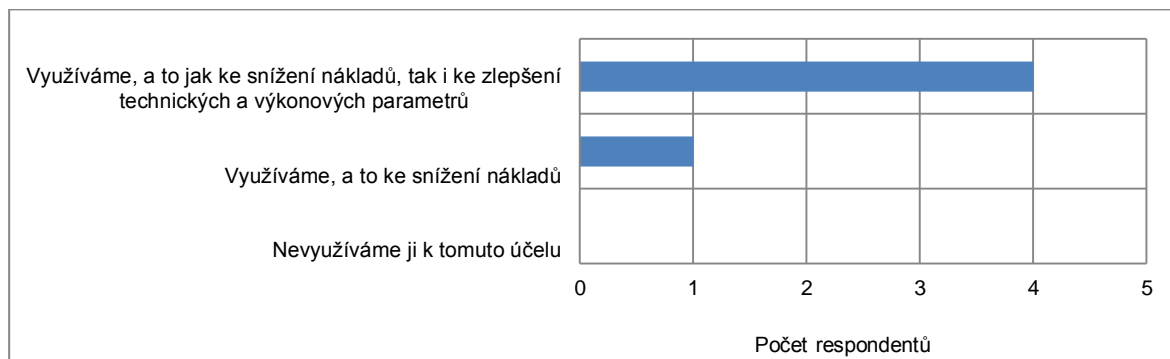
Na osmou otázku, jak výrobci kolejových vozidel získávají informace (data) o provozovaném výrobku, mi byly sděleny následující odpovědi.



Obr. 37 Možnosti sběru dat o provozovaném výrobku u zákazníka [zdroj autor]

Z obr. 37 je patrné, že výrobci kolejových vozidel mají, kromě tradičních způsobů hlášení závady zákazníkem, přístup do jeho informačního systému. Navíc se čím dál víc začíná objevovat zájem odběratelů o tzv. full servis, kde výrobce zákazníkovi provádí veškerý servis svého produktu [21].

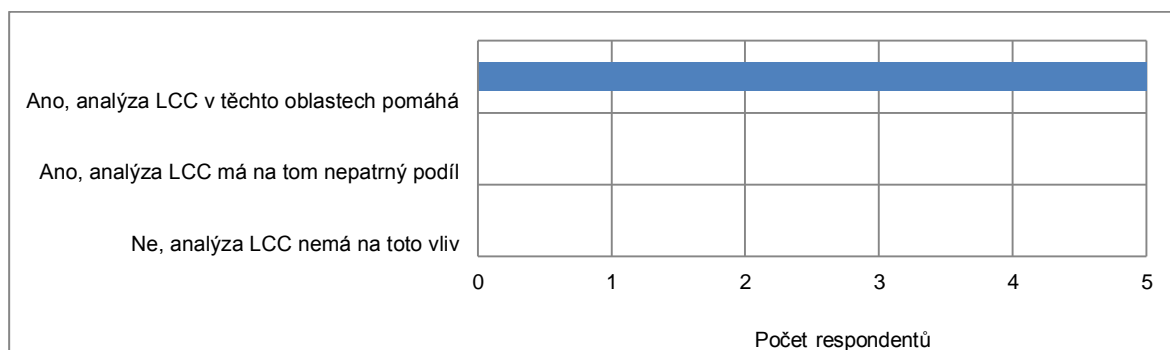
Na otázku devátou, zda výrobci kolejových vozidel využívají analýzu LCC pro optimalizaci svých produktů, mi byly sděleny následující odpovědi.



Obr. 38 Využití analýzy LCC pro optimalizaci výrobků [zdroj autor]

Výše uvedený obr. 38 potvrzuje jednu z prvotních hypotéz, že analýza LCC přispívá ke snížení nákladů a ke zlepšení technických a výkonových parametrů.

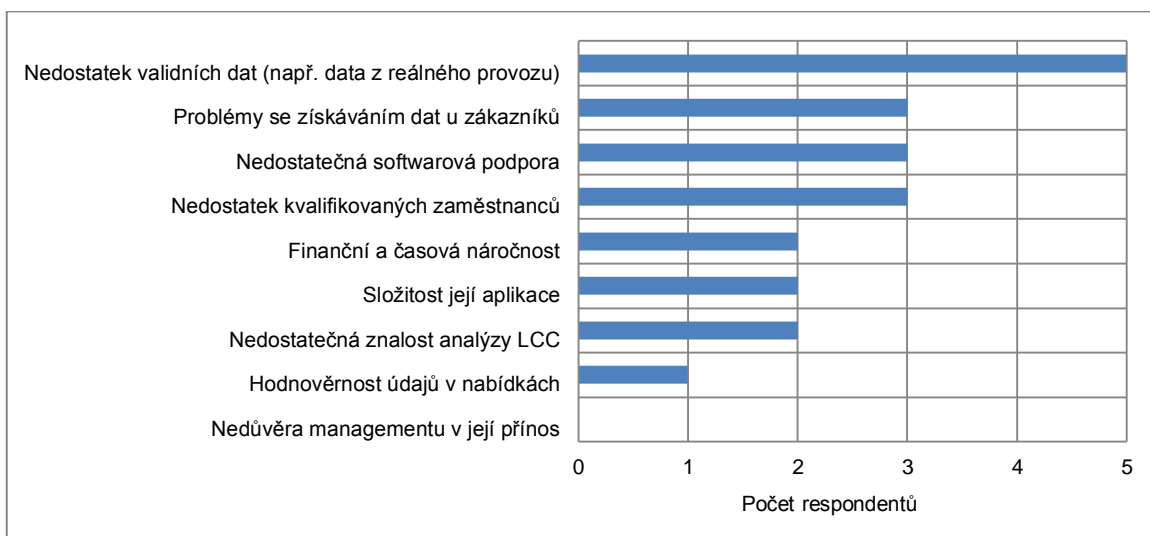
Na otázku desátou, zda dochází pomocí aplikace analýzy LCC ke zvýšení inovačního úsilí a zvýšení kvality výrobků, mi byly sděleny od výrobců kolejových vozidel následující odpovědi.



Obr. 39 Vliv aplikace analýzy LCC na zvýšení inovačního úsilí a kvality [zdroj autor]

Na obr. 39 je znázorněna jedna ze signifikantních výzkumných informací, která vystihuje potenciál analýzy LCC. Nejen, že analýza LCC přispívá ke zvýšení inovačního úsilí, ale také přispívá ke zvýšení kvality výrobků.

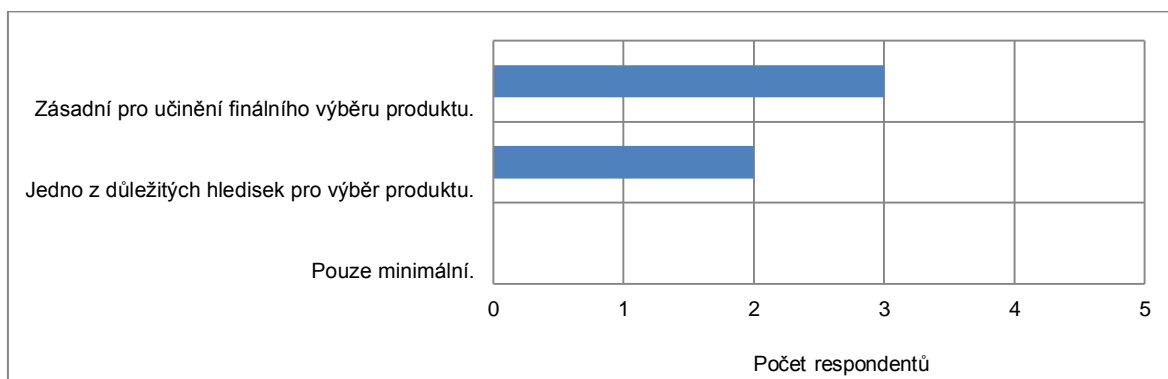
Na otázku jedenáctou, s jakými problémy se výrobci kolejových vozidel setkávají při aplikaci analýzy LCC, mi byly sděleny následující odpovědi.



Obr. 40 Výskyt problémů při aplikaci analýzy LCC [zdroj autor]

Z obr. 40 vyplývá jedno z největších úskalí analýzy LCC, kterým je nedostatek validních dat. Aby analýza LCC nejlépe odpovídala realitě, je potřeba disponovat širokou informační databází. V rámci výzkumu problematiky analýzy LCC jsem se setkal u významných odběratelů kolejových vozidel s pochybnostmi o validitě některých zpracovaných analýz LCC.

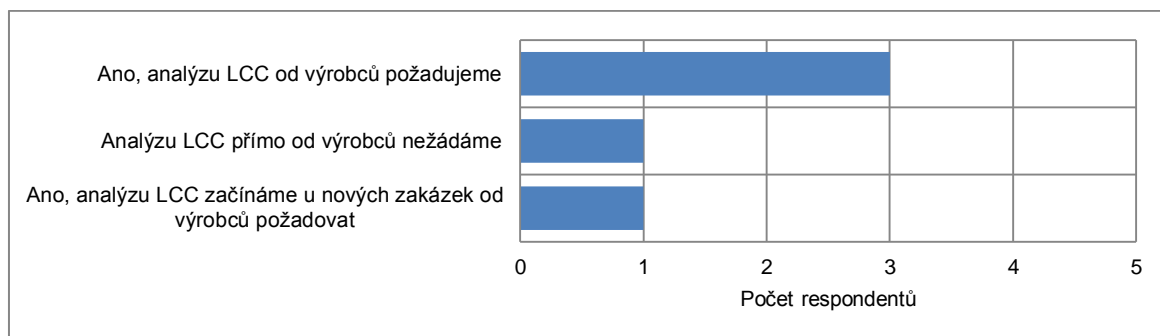
Na otázku dvanáctou, jak důležitou roli hraje analýza LCC při tendrech a výběrových řízeních, mi byly sděleny od výrobců kolejových vozidel následující odpovědi.



Obr. 41 Role analýzy LCC při tendrech a výběrových řízeních [zdroj autor]

Výše uvedený obr. 41 potvrzuje důležitost analýzy LCC, která přispívá k zásadnímu rozhodnutí o finálním výběru produktu.

Dále bylo potřeba k problematice analýzy LCC provést také sběr dat i od velkých dopravců provozujících ŽKV (ARRIVA TRANSPORT ČESKÁ REPUBLIKA a.s., ČD Cargo a.s., České dráhy a.s., Leo Express s.r.o., RegioJet a.s.). Jednalo se pouze o jednu fundamentální otázku, jak důležitou roli hraje analýza LCC při tendrech a výběrových řízeních. Od výše uvedených společností mi byly sděleny následující informace.



Obr. 42 Využívání analýzy LCC u odběratelů kolejových vozidel v ČR [zdroj autor]

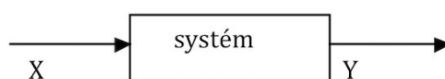
Z obr. 42 je patrné, že v rámci poptávky po kolejových vozidlech v ČR se analýza LCC stává postupně standardem. Na druhou stranu je třeba dodat, že jedním z hlavních problémů analýzy LCC, na který mne provozovatelé kolejových vozidel upozornili, je validita dat (např. nepřesně stanovená výše nákladů či nezahrnutí veškerých nákladových položek). Jednou z nabízených možností, jak zmíněný problém nepřesnosti LCC eliminovat, je poskytnutí záruky na analýzu LCC výrobcem kolejového vozidla [49].

8 TEORIE CITLIVOSTÍ SYSTÉMŮ A CITLIVOSTNÍ MATICE LCC V HODNOCENÍ NÁKLADŮ ŽKV

8.1 Citlivost a citlivostní funkce v manažerském rozhodování

Obecně lze konstatovat, že manažerské rozhodování je důležitý systémový proces, který je řízen vedoucím pracovníkem pro splnění konkrétních záměrů jeho organizace. Na základě všech dostupných informací (x) rozhoduje podle určitých charakteristik o výběru optimální varianty (y) z množiny všech možných alternativ (přípustných řešení) [27], [68].

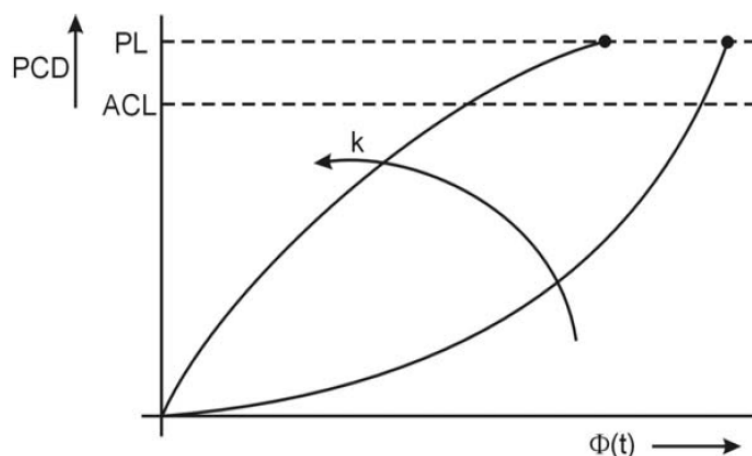
$$y = F(x_i) \quad (1)$$



Obr. 43 Zjednodušený proces rozhodování systému [68]

Ne vždy se vedoucí pracovníci zabývají řešením jednoduchých úkolů. Převážně se jedná o řešení složitých rozhodovacích situací. Proto je před samotným finálním rozhodnutím o výběru konkrétní varianty velmi žádoucí si zvolit na samotném počátku vhodný rozhodovací model, aby byla zaručena dostatečná kvalita řešení stanoveného úkolu (cíle).

Je nutné podotknout, že s vyšší hladinou znalostí se vedoucí pracovníci (řídící systém) rozhodují daleko kvalitněji a hlavně rychleji [62]. S tímto úzce souvisí i pravděpodobnost správného výběru varianty řešení. Jedná se o tzv. pravděpodobnost správného rozhodnutí (The probability of correct decision, PCD) v provozu řízení systémů, která je závislá (citlivá) na informačním obsahu.



Obr. 44 Pravděpodobnost správného rozhodnutí v provozu řízení systémů [62]

Význam jednotlivých zkratk na obr. 44 Pravděpodobnost správného rozhodnutí v provozu řízení systémů je následující:

PL ...je úroveň maximální pravděpodobnosti PCD

ACL ...je akceptovatelná úroveň PCD

$\Phi(t)$...je informační tok

k ... je úroveň znalostí

Informační obsah závisí na informačním toku $\Phi(t)$ a právě na úrovni znalostí k , které jsou pro dosažení správného rozhodnutí důležité. Hlavním faktorem určujícím schopnost systému interpretovat informační obsah z informačního toku jsou znalosti. Citlivost datového obsahu na datovém toku se znalostí k jako parametru se nazývá parametrickou citlivostí a můžeme ji zapsat následovně [63], [64]:

$$PCD = [\Phi(t), k] \quad (2)$$

Při rozhodování managementu hrají roli toleranční odchylky od očekávané nominální odezvy systému – $y(x_i, p_j)$ na vstupní parametry x_i (například vynaložené náklady na pořízení a provoz dané systémové jednotky), na změny „vnitřních“ parametrů systému p_j . Takový systémový pohled můžeme v prvním přiblížení vyjádřit vztahem:

$$y = F(x_i, p_j) \quad (3)$$

kde funkcionál F reprezentuje systémovou funkci. V manažerském rozhodování bývá obvykle dávana do poměru výstupní odezva systému na vstupní hodnoty stavové veličiny x_i , takže pro zjednodušení lze napsat:

$$F(x_i, p_j) = \frac{y(p_i)}{x_i} \quad (4)$$

Jestliže vstupní veličina x_i bude považována pro daný příklad jako konstantní – nominální (x_{i0}), pak však odezva uvažovaného systému zůstává funkcí vnitřních parametrů p_i :

$$y = F(x_{i0}, p_i) \quad (5)$$

Pokud vnitřní parametry p_i budou variovat v okolí nominálních hodnot p_{i0} , pak lze očekávat, že i výstupní parametr y se bude měnit v okolí hodnoty y_0 . Pro přijatelně znalé změny Δp_i v okolí p_{i0} , bude i hodnota y vykazovat změny o Δy v okolí y_0 . Relativní citlivost dané systémové funkce v okolí nominálních parametrů p_{i0} můžeme definovat následujícím vztahem:

$$\frac{\Delta y}{y_0} = \int_{p_i}^y \frac{\Delta p_i}{p_{i0}} \quad (6)$$

neboli relativní citlivost systémové odezvy y na změnu vnitřního parametru p_i definujeme jako poměr relativních změn systémové odezvy na relativní změnu vnitřního parametru p_i v okolí nominální hodnoty p_0 .

Pro rozhodování manažera je však důležité znát odezvu systému, pokud je vnitřních proměnných víc, kdy $i = 1$ až m . Potom se nabízí projekce změn odezvy y jako součet součinů citlivostí a relativních změn vnitřních parametrů:

$$\frac{\Delta y}{y_0} = \sum_{i=1}^m \int_{p_i}^y \frac{\Delta p_i}{p_{i0}} \quad (7)$$

Je zřejmé, že v reálných případech mohou být relativní citlivosti $\int_{p_i}^y$ kladné i záporné pro množinu relativních odchylek p_i od p_{i0} , kde $i = 1$ až m . Dílčí citlivosti se mohou kompenzovat. Teoretickou největší relativní odchylku y dostaneme součtem absolutních hodnot součinů citlivostí a relativních odchylek.

$$\frac{\Delta y}{y_0} = \sum_{i=1}^m \left| \int_{p_i}^y \frac{\Delta p_i}{p_{i0}} \right| \quad (8)$$

8.2 Citlivostní matice

Velmi často se v manažerském rozhodování vyskytují situace, kdy systémová funkce y má více cílových složek vytvářející vektor dílčích cílových funkcí [64]:

$$y = Y(y_1, y_2, \dots, y_k) \quad (9)$$

kde každá z těchto dílčích funkcí je závislá na parametrech p_i , které mohou v praxi variovat kolem svých nominálních hodnot p_{i0} . Potom lze relativní citlivost vektoru cílových funkcí vyjádřit „citlivostními maticemi“, které vycházejí z následující rovnice:

$$\begin{bmatrix} \bar{y}_1 \\ \bar{y}_2 \\ \vdots \\ \bar{y}_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{11} & \dots & S_{1m} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ S_{k1} & S_{k2} & \dots & S_{km} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{p}_1 \\ \bar{p}_2 \\ \vdots \\ \bar{p}_m \end{bmatrix} \quad (10)$$

kde

$$\bar{y}_k = \frac{\Delta y_k}{y_{k0}} \quad (11)$$

je relativní změna dílčí cílové funkce

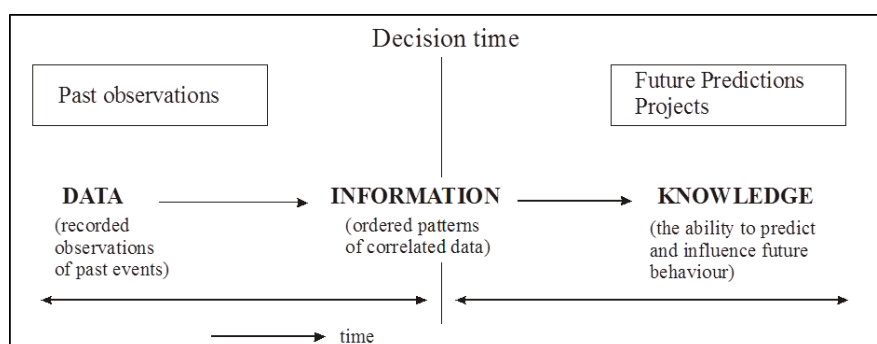
a

$$\bar{p}_i = \frac{\Delta p_i}{p_{i0}} \quad (12)$$

je relativní změna vnitřního parametru dílčích cílových funkcí, které tvoří složky cílové funkce jako celku. Citlivostní matice mají výhodu v tom, že umožňují „celostní“, komplexní pohled na variující cílové funkce.

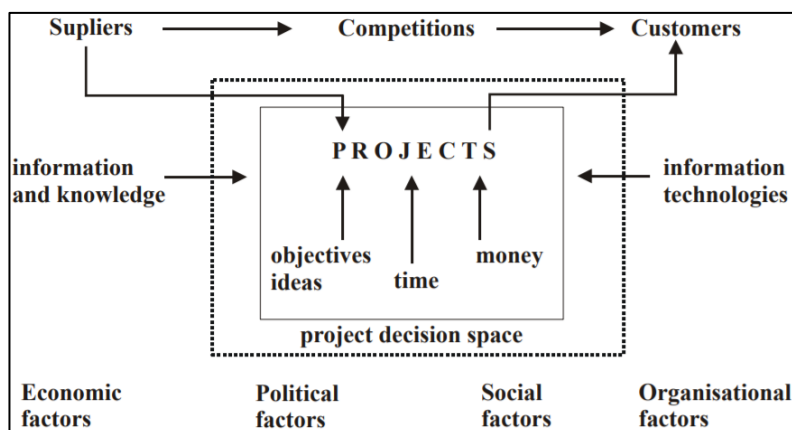
9 PARAMETRICKÉ CITLIVOSTI V PROCESU MANAŽERSKÉHO ROZHODOVÁNÍ

Příklad parametrických citlivostí můžeme v souladu se závěry v článku Moos, Novák a Votruba [63] uvést na příkladu citlivosti produkčních funkcí. Více než dříve platí, že informace jsou nepostradatelným zdrojem. I výroba a provozování kolejových vozidel jsou závislé na sběru všech nezbytných dat. Samotný rozhodovací proces o pořízení konkrétního typu kolejového vozidla je bez dostatku potřebných dat (informací i znalostí) těžko realizovatelný. Názorná grafická představa vazby, resp. provázanosti mezi informacemi, daty, znalostí a časem je znázorněna na obr. 45.



Obr. 45 Informační řetězec [63]

Pokud bychom se zaměřili na výrobce kolejových vozidel (podnik) a v něm na konkrétní dílčí organizační jednotku, zjistíme, že sdílí společné cíle i informace, které jim umožňují produkovat hmotné i nehmotné zdroje prostřednictvím svých zaměstnanců, majetku a především peněz. Každá z těchto jednotek představuje v jistém smyslu informační systém. Na níže uvedeném obrázku jsou znázorněny podnikové oblasti (úskalí), které musí dnešní manažeři umět spravovat.



Obr. 46 Podnikové oblasti typického dnešního manažera [63]

Pro vyjádření přesnějšího významu informací se nám nabízí použít matematických nástrojů z oblastí ekonomických teorií, a to produkčních funkcí. Dle Samuelsona a Nordhause [94] je definice produkční funkce následovná: „*Produkční funkce je technický název vztahu mezi maximálním množstvím výstupu, které může být vyrobeno, a vstupy požadovanými k výrobě tohoto výstupu*“. Produkční funkci můžeme zapsat obecně takto:

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (13)$$

kde y představuje objem výroby (požadovaný výstup) a proměnné x_1, x_2, \dots, x_k jsou určité výrobní faktory (požadované vstupy – práce, půda, kapitál, know-how). Nejznámější a v praxi hojně využívanou dvoufaktorovou produkční funkcí je Cobb–Douglasova. Jedná se o statickou produkční funkci, která není závislá na toku času [12], [41].

$$y = a \cdot F^\alpha \cdot P^\beta \quad (14)$$

V ekonomické teorii nalezneme další modifikace Cobb–Douglasovy produkční funkce. Jedna z těchto modifikací, která v sobě zahrnuje právě působení faktoru know-how (informace, znalosti aj.) se nazývá Tinbergenova dynamická produkční funkce. Jelikož se jedná o dynamickou produkční funkci, závisí na toku času. Tinbergenova dynamická produkční funkce má tento tvar [63], [111]:

$$y(t) = a_0 \cdot e^{\gamma t} \cdot F_t^{\alpha t} \cdot P_t^{\beta t} \quad a_0 > 0 \quad (15)$$

kde $a_0 \cdot e^{\gamma t}$ představuje vliv získaných informací (know-how), F_t je časově závislá hodnota základních fondů (prostředků), $\alpha = \frac{\partial y}{\partial F} \cdot \frac{F}{y}$ je koeficient relativní citlivosti na fondy, P_t je hodnota práce a $\beta = \frac{\partial y}{\partial P} \cdot \frac{P}{y}$ je koeficient relativní citlivosti na práci.

10 CITLIVOSTNÍ MATICE LCC V HODNOCENÍ EFEKTIVITY POŘÍZENÍ A PROVOZU ŽKV

Manažer při svém rozhodování o výběru ŽKV pro osobní dopravu v současnosti může využít znění technické normy ČSN EN 60300-3-3, která charakterizuje analýzu LCC jako proces ekonomické analýzy pro posouzení celkových vynaložených nákladů za dobu životnosti ŽKV. Celkové vynaložené náklady (LCC) můžeme zjednodušeně rozdělit do tří základních složek, a to následovně [19]:

$$LCC = F (\text{Pořizovací náklady} + \text{Vlastnické náklady} + \text{Náklady na vypořádání})$$

Jako příklad uvádím nákladový model analýzy LCC sestavený v programu Microsoft Excel s využitím výše uvedené technické normy. Jedná se o tři ŽKV (jednotky) se dvěma vozy. Cílovou funkcí y je v analýze právě LCC. Tato cílová funkce je tvořena dílčími cílovými funkcemi:

CPM ... náklady na preventivní údržbu během životnosti

CCM ... náklady na korektivní údržbu během životnosti

CPC ... náklady na energetickou spotřebu během životnosti

AC ... pořizovací náklady během životnosti

Při výběrovém řízení bývá základním navigačním údajem minimální nabídková cena, kterou můžeme označit:

$$AC_0 = AC_{min} \quad (16)$$

jako nominální – vztažnou hodnotu pořizovacích nákladů respektující i náklady úvěrového modelu. „Vztažnou“ – nominální cílovou funkci y_0 charakterizujeme jako vektor:

$$y_0 = LCC_0 = CPM_0 + CCM_0 + CPC_0 + AC_0 \quad (17)$$

Jestliže hodnotíme v tendru více nabídek sobě podobných ŽKV, zpravidla uvažujeme nejen odchylky pořizovacích nákladů ΔAC , ale také odchylky dalších parametrů cílové funkce:

$$\Delta y_0 = \Delta LCC = \Delta CPM + \Delta CCM + \Delta CPC + \Delta AC \quad (18)$$

Pro vyhodnocení nabídek pak vztáhneme dílčí cílové funkce k parametrům nominální nabídky:

$$\frac{\Delta y_0}{y_0} = \underbrace{\frac{\Delta LCC_{CPM}}{CPM_0} + \frac{\Delta LCC_{CCM}}{CCM_0} + \frac{\Delta LCC_{CPC}}{CPC_0} + \frac{\Delta LCC_{AC}}{AC_0}}_{\text{rozdíly dílčích cílových funkcí}} \quad (19)$$

Do manažerského rozhodování však vstupují i provozní parametry zpravidla uváděné za jeden rok a ty opět vztáhneme k nominální nabídce:

$$\Delta\overline{PN} = \frac{\Delta PN}{PN_0} \dots \text{relativní rozdíl personálních nákladů za rok} \quad (20)$$

$$\Delta\overline{MN} = \frac{\Delta MN}{MN_0} \dots \text{relativní rozdíl materiálních nákladů za rok} \quad (21)$$

$$\Delta\overline{RN} = \frac{\Delta RN}{RN_0} \dots \text{relativní proběh ŽKV za rok} \quad (22)$$

Komplexní pohled na vzájemnou souvislost dává citlivostní matice LCC vyplývající z rovnice:

$$\begin{bmatrix} \Delta\overline{CPM} \\ \Delta\overline{CCM} \\ \Delta\overline{CPC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\overline{PN} \\ \Delta\overline{MN} \\ \Delta\overline{RN} \end{bmatrix} \quad (24)$$

Výše uvedenou citlivostní matici LCC lze zjednodušeně zapsat jako:

$$[\Delta\bar{y}] = [S] \cdot [\Delta\bar{p}] \quad (25)$$

kde $\Delta\bar{p}$ je vektor relativních rozdílů provozních parametrů za jeden rok.

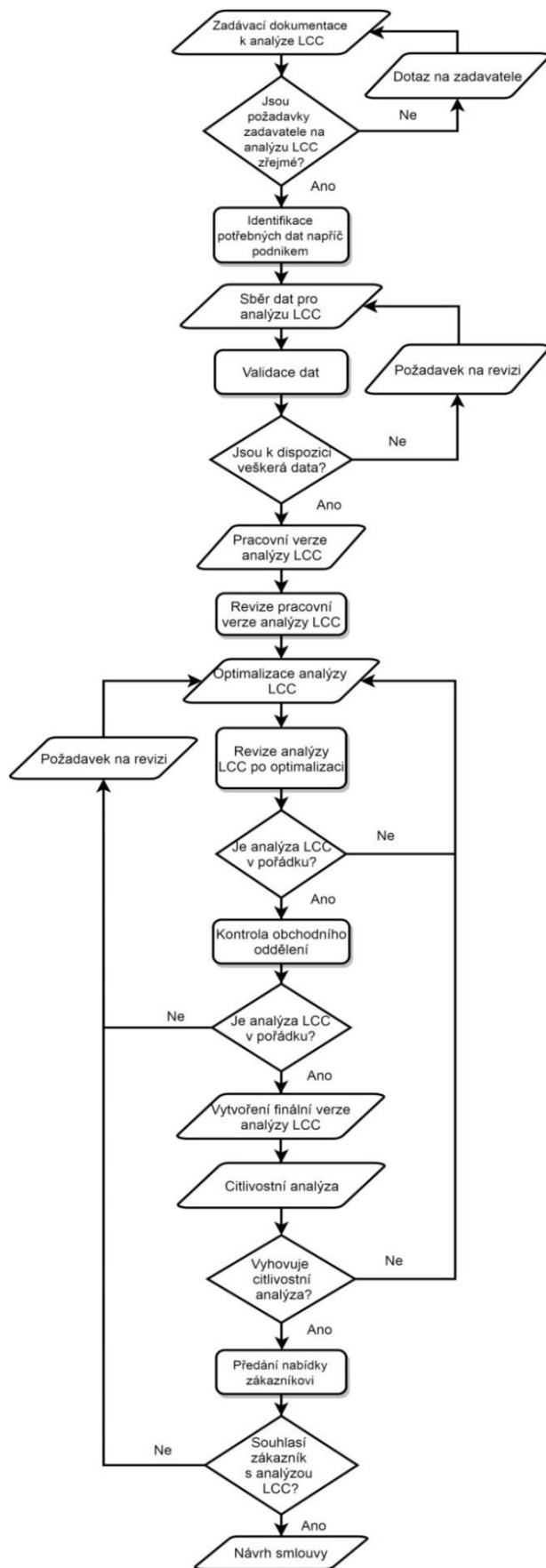
Z rovnice (25) pro citlivostní matici $[S]$ můžeme odvodit, že jednotlivé prvky citlivostní matice vypočítáme jako podíly:

$$S_{ij} = \frac{\Delta\bar{y}_i}{\Delta\bar{p}_j} \quad (26)$$

Prvek citlivostní matice S_{ij} je tvořen podílem relativní odchylky dílčí cílové funkce $\Delta\bar{y}_i$ vztažené k parametru nabídky s nejmenší pořizovací cenou a relativní odchylky vnitřního parametru $\Delta\bar{p}_j$ vztaženého k odpovídajícímu parametru nejlevnější nabídky z hlediska pořizovací ceny. Pokud bychom v rámci výběrového řízení pro nákup ŽKV srovnávali například dvě konkrétní vozidla (vozidlo A s vozidlem B), využili bychom následující matici:

$$\begin{bmatrix} \frac{CPM_B - CPM_A}{LCC_B} \\ \frac{CCM_B - CCM_A}{LCC_B} \\ \frac{CPC_B - CPC_A}{LCC_B} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{PN_B - PN_A}{PN_B} \\ \frac{MN_B - MN_A}{MN_B} \\ \frac{RN_B - RN_A}{RN_B} \end{bmatrix} \quad (27)$$

Citlivostní matice je nástroj k tomu, aby management měl komplexní obraz o nákladech ve vzájemných vztazích pro citlivost cílových funkcí na dílčí vnitřní parametry. Z tohoto důvodu by měla metodika analýzy LCC obsahovat i analýzu citlivosti. Její implementaci do sestavené metodiky analýzy LCC můžeme vidět na obr. 47.



Obr. 47 Vývojový diagram - analýza LCC, včetně citlivostní analýzy [zdroj autor]

Zahrnutím prvku citlivostní analýzy do vývojového diagramu (viz obr. 47) umožňuje v manažerském rozhodování respektovat různou citlivost dílčích parametrů na výchozí podmínky. Tento krok podstatně zkvalitňuje proces rozhodování o preferenci ŽKV s ohledem na vnitřní podmínky. Dosavadní čistě kvalitativní pohled tyto vnitřní souvislosti nezahrnoval.

11 VYTVOŘENÍ MODELU ANALÝZY LCC

Z provedeného kvantitativního a kvalitativního výzkumu mezi předními společnostmi vyvíjejícími a vyrábějícími kolejová vozidla (Bombardier, CZ LOKO, Siemens, Škoda Transportation, Stadler Rail) a také i jejich odběrateli (ARRIVA TRANSPORT ČESKÁ REPUBLIKA a.s., ČD Cargo a.s., České dráhy a.s., Leo Express s.r.o., Die Länderbahn CZ s.r.o., RegioJet a.s.) byla získána potřebná data pro tvorbu modelu analýzy LCC. Společně s dalšími uvedenými vědeckými metodami (např. metoda modelování, teorie citlivosti aj.) byl sestaven model analýzy LCC. Aby mohla být ověřena sestavená citlivostní matice LCC, bylo potřeba získat potřebná data.

Model analýzy LCC byl sestaven především na základě získaných technických a provozních dat ke třem ŽKV, které jsou využívány pro regionální osobní dopravu. Jedná se konkrétně o tři dvouvozové jednotky, z toho dvě jsou motorové a jedna je elektrická. Dále je nutné zmínit, že jedna z motorových jednotek prošla kompletní modernizací, tudíž je její životnost prodloužena o 15 let. V rámci tvorby modelu analýzy LCC byla vybrána železniční trať Pardubice hl.n.–Jaroměř.

Tab. 4 Vstupní základní parametry do modelu analýzy LCC [zdroj autor]

Položky	Železniční kolejové vozidlo		
	A	B	C
Skladba	dvouvozová elektrická jednotka	dvouvozová motorová jednotka	dvouvozová motorová jednotka
Roční nájezd	170 000 km	170 000 km	170 000 km
Denní vytížení	500 km	500 km	500 km
Životnost	30 let	30 let	15 let (modernizace)
Doba provozu	15 let	15 let	15 let
Celkový nájezd za životnost	2 550 000 km	2 550 000 km	2 550 000 km

Základní struktura modelu analýzy LCC je rozvržena na následující části:

- náklady na pořízení a financování,
- náklady na preventivní údržbu,
- náklady na korektivní údržbu,
- náklady na energie,
- náklady za použití železniční dopravní cesty,
- náklady za úklid a čištění,
- náklady na personál,
- náklady na pojištění,
- náklady na likvidaci.

11.1 Náklady na pořízení a financování

Existuje několik možností, jak si mohou železniční dopravci pořídit kolejová vozidla. První variantou se nabízí pořízení kolejového vozidla z vlastních prostředků. Když si ale uvědomíme, že pořízení nového kolejového vozidla je finančně náročné, jeví se tento způsob financování méně pravděpodobný. Případná koupě vozidla z vlastního kapitálu odebere podniku likviditu, která může pak chybět k jeho dalšímu rozvoji.

Dále se nabízí možnost pořízení kolejových vozidel z cizích zdrojů, a to například prostřednictvím leasingu (operativního či finančního) nebo bankovního úvěru. Finanční leasing je v zákoně č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů, § 21, písm. d) definován následovně: „...*přenechání hmotného majetku vlastníkem k užití uživateli za úplatu...*“ [129].

Leasingová společnost přenechá dopravci kolejové vozidlo k užívání, za které platí po stanovenou dobu splátky (leasingovou cenu). Po splacení leasingu přechází vlastnictví kolejového vozidla do vlastnictví dopravce. Veškeré náklady na údržbu a servis vozidla se přenáší obvykle na dopravce, včetně souvisejících rizik s využíváním vozidla. U operativního leasingu naopak uvedené náklady hradí leasingová společnost, což se odráží i v ceně leasingu. Odlišná je i doba jeho trvání, která je u operativního leasingu kratší než u finančního leasingu a majetek po jeho uplynutí zůstává leasingové společnosti. Co se týká pořízení kolejového vozidla prostřednictvím bankovního úvěru, stává se dopravce od začátku jeho majitelem a může kolejové vozidlo daňově odepisovat [114].

Na rozhodnutí o volbě mezi leasingem a úvěrem má významný vliv doba splácení, která například u finančního leasingu bývá obvykle 10 let. Pro volbu financování prostřednictvím úvěru je vhodnější kratší doba [35]. Dle Valoucha [114] je třeba si uvědomit při výše uvedeném rozhodování i další dopady: administrativní, daňové i finanční.

Poslední vhodnou formou pořízení kolejového vozidla se nabízí kombinace obou zmíněných variant, tj. jak z vlastních, tak i z cizích zdrojů. Například v rámci Operačního programu doprava 2014–2020 vyhlásilo Ministerstvo dopravy několik výzev na možnost poskytnutí evropských finančních prostředků na podporu železniční dopravy [25].

V modelovém případě analýzy LCC se jedná o pořízení všech tří ŽKV z cizích zdrojů, a to prostřednictvím finančního leasingu, který bude železniční dopravce splácet po dobu 10 let s fixní úrokovou sazbou ve výši 4 % p.a. Pro přesnost modelu vychází stanovení úrokové sazby z veřejně dostupných dat [97].

Platba roční leasingové splátky bude pravidelná, a to vždy ke konci roku. Cena leasingu se bude skládat z jednotlivých leasingových splátek [114]. Leasingová společnost po uplynutí smluvené doby a splacení leasingové ceny převede ŽKV do vlastnictví dopravce za odkupní symbolickou cenu ve výši 1 Kč. Pro stanovení roční leasingové splátky (roční anuita) vycházím ze vzorce dle Synka [108]:

$$LS = PC \cdot \frac{i \cdot (1+i)^n}{\underbrace{(1+i)^n - 1}_{\text{umořovatel}}} [Kč] \quad (28)$$

kde PC ...je pořizovací cena ŽKV [Kč]

i ...úroková sazba [%]

n ...počet leasingových splátek [1]

V rámci stanovení ceny leasingu je také žádoucí si spočítat tzv. leasingový koeficient, který nám poskytne důležitou informaci o procentním navýšení pořizovací ceny ŽKV. Podle Synka [108] můžeme leasingový koeficient vypočítat následovně:

$$\text{Leasingový koeficient} = \frac{\text{výdaje na leasing}}{\text{pořizovací cena předmětu}} [1] \quad (29)$$

Tab. 5 Příklad splácení leasingu ŽKV B [zdroj autor]

Položky	Roky				
	1	2	3	4	5
Anuita [Kč]	8 013 911	8 013 911	8 013 911	8 013 911	8 013 911
Úrok [Kč]	2 600 000	2 383 444	2 158 225	1 923 997	1 680 401
Úmor [Kč]	5 413 911	5 630 468	5 855 687	6 089 914	6 333 511
Zbývá splatit [Kč]	59 586 089	53 955 621	48 099 934	42 010 020	35 676 510
	6	7	8	9	10
Anuita [Kč]	8 013 911	8 013 911	8 013 911	8 013 911	8 013 911
Úrok [Kč]	1 427 060	1 163 586	889 573	604 600	308 227
Úmor [Kč]	6 586 851	6 850 325	7 124 338	7 409 312	7 705 684
Zbývá splatit [Kč]	29 089 659	22 239 334	15 114 996	7 705 684	0

Z následující tab. 6 vyplývá, že železniční dopravce za 10 let uhradí za pronájem u každého ze tří ŽKV leasingové společnosti v ročních splátkách celkem 123 % pořizovací ceny. Jedná se tedy o 23% navýšení pořizovací ceny.

Tab. 6 Celkové náklady na pořízení ŽKV za dobu 10 let [zdroj autor]

Položky	Železniční kolejové vozidlo		
	A	B	C
Pořizovací cena	112 000 000 Kč	65 000 000 Kč	29 000 000 Kč
Výdaje na leasing	26 085 858 Kč	15 139 114 Kč	6 754 374 Kč
Koeficient navýšení	1,23	1,23	1,23
Odkupní cena	1 Kč	1 Kč	1 Kč
Celkové náklady na pořízení	138 085 859 Kč	80 139 115 Kč	35 754 375 Kč

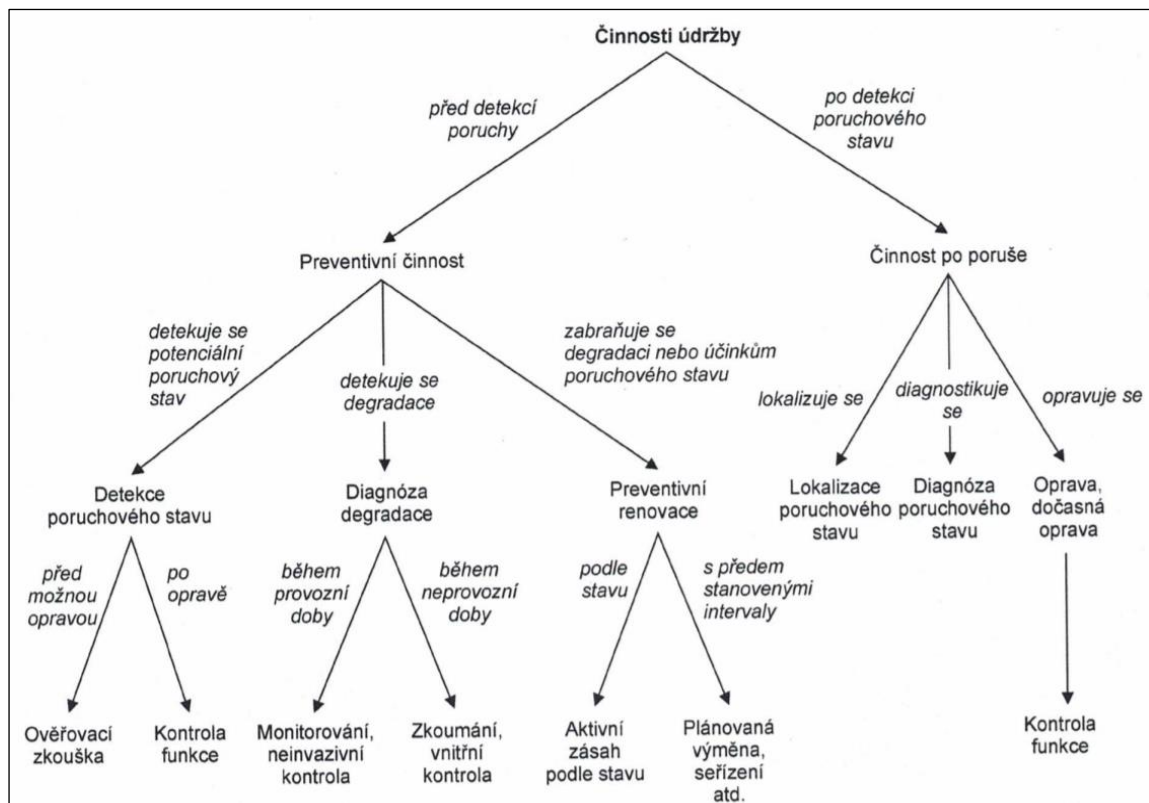
11.2 Náklady na údržbu

Kolejové vozidlo se skládá z mnoha konstrukčních celků, které mají svoji omezenou životnost. Vlivem negativních faktorů, jako jsou například zásahy člověka a přírody, se tato životnost snižuje. Abychom vlivu zmíněných nežádoucích faktorů zabránili, je nutné provádět pravidelnou komplexní údržbu kolejového vozidla. Dnešní moderní kolejová vozidla mají v sobě zahrnutou širokou škálu sofistikovaných technických zařízení, která slouží nejen pro komfort cestujících, ale i pro zajištění jejich maximální bezpečnosti.

Při údržbě kolejového vozidla je nutné postupovat tak, aby splňovalo po celou dobu jeho životnosti stanovené bezpečnostní limity a normy. V této souvislosti je nutné zmínit technickou normu ČSN EN 50126 pod názvem „*Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS) - Část 1: Základní požadavky a generický proces*“, která se mimo jiné výše uvedené problematice věnuje.

Dalším z důležitých aspektů, které jsou v dnešní době u dopravců velmi žádané, je vysoká disponibilita (provozní schopnost) kolejového vozidla. Dnešní výrobce kolejového vozidla garantuje provozovateli až 95% dostupnost [96]. Pro její garanci je nutné, aby výrobce v rámci vývoje kolejového vozidla pracoval s prověřenými dodavateli, kteří mohou zaručit u svých produktů vysokou spolehlivost.

Dále by měla údržba přispívat k zamezení poruch a udržení maximální spolehlivosti. Dle technické normy ČSN EN 13306 [18] pod názvem „*Údržba – Terminologie údržby*“ se rozdělují činnosti údržby následovně (viz obr. 48).



Obr. 48 Činnosti údržby [18]

Pokud provozovatel svěří kompletní servis (tzv. full servis) kolejových vozidel do rukou výrobce, získá tím smluvní garanci, že náklady na servis po celou dobu provozu kolejového vozidla budou předem dané. Výrobce tak při dodávce zařízení musí tuto garanci zohlednit ve výběru jednotlivých komponentů.

11.2.1 Náklady na preventivní údržbu

Pro splnění provozní bezpečnosti a spolehlivosti kolejového vozidla je nutné, aby jeho provozovatel zabezpečil provádění pravidelné údržby dle předepsaného (systematického) plánu stanoveného výrobcem kolejového vozidla po celou dobu jeho provozu. Takto prováděnou údržbu pak můžeme nazvat systematickou. Provozovatel kolejového vozidla předchází, díky přesně nastaveným servisním úkonům ke každému typu vozidla, výskytu poruch, které by mohly ohrozit jeho bezpečnost a spolehlivost [60].

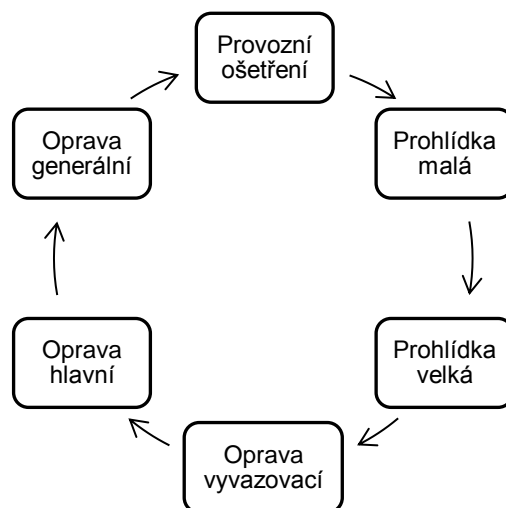
Dle Míkové a kol. [60] se řídí údržba u kolejového vozidla následujícími faktory:

- stav ujetých kilometrů,
- technický stav,
- časové lhůty.

Dle interního materiálu Českých drah, a.s. (ČD) [16] je systém preventivní údržby ŽKV rozdělen na několik hlavních stupňů, včetně stanovení provádějící organizace v rámci ČD nebo mimodrážní organizace. Jedná se o tyto základní stupně [16]:

- provozní ošetření (realizují správárny DKV),
- preventivní prohlídky (provádí správárny DKV),
- periodické opravy (železniční opravny),
- plánované opravy (provádí DKV nebo železniční opravny).

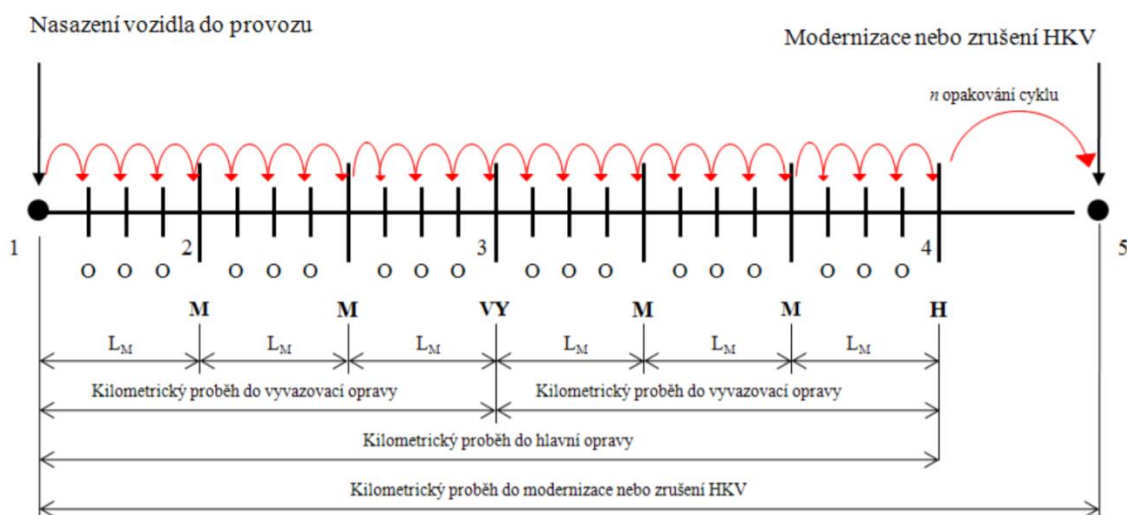
Pro stanovení nákladů na preventivní údržbu je potřeba znát, k výše uvedeným stupňům údržby, kilometrické normy proběhů jednotlivých typů kolejových vozidel (uváděné v tzv. lokomotivních kilometrech), které určuje především výrobce. Jelikož se v našem modelovém případě jedná o tři ŽKV, která jsou zařazena v traťové službě, shodují se jejich ujeté kilometry s tzv. lokomotivními kilometry [60].



Obr. 49 Cyklus systémové preventivní údržby ŽKV [zdroj autor]

Na obr. 49 můžeme vidět příklad údržbového cyklu ŽKV, který se na základě celkového proběhu a doporučeného intervalu údržby vozidla postupně opakuje.

Dále je nutné si stanovit celkový počet všech prohlídek, ošetření a oprav během celkové doby provozu (životnosti) kolejového vozidla. V rámci prováděné údržby vycházíme z posloupnosti, že vždy následující stupně údržby obsahují i všechny její předcházející stupně (viz obr. 50).



Poznámka: L_M – je kilometrický proběh do malé prohlídky. Mezi malými prohlídkami probíhá provozní ošetření (O) HKV.

Obr. 50 Vzorové schéma údržby ŽKV [105]

Na základě předešlého a dle [105] sestavíme následující rovnice pro výpočet celkového počtu všech prohlídek, ošetření a oprav během celkové doby provozu (životnosti) ŽKV:

$$N_{HA} = \frac{L_{PA}}{L_{HA}} \quad [1] \quad (30)$$

$$N_{VYA} = \frac{L_{PA}}{L_{VYA}} - N_{HA} \quad [1] \quad (31)$$

$$N_{VA} = \frac{L_{PA}}{L_{VA}} - (N_{HA} + N_{VYA}) \quad [1] \quad (32)$$

$$N_{MA} = \frac{L_{PA}}{L_{MA}} - (N_{HA} + N_{VYA} + N_{VA}) \quad [1] \quad (33)$$

$$N_{OA} = \frac{L_{PA}}{L_{OA}} - (N_{HA} + N_{VYA} + N_{VA} + N_{MA}) \quad [1] \quad (34)$$

$$N_{BA} = \frac{L_{PA}}{L_{BA}} - (N_{HA} + N_{VYA} + N_{VA} + N_{MA} + N_{OA}) \quad [1] \quad (35)$$

kde L_{HA} ...představuje kilometrický proběh ŽKV do hlavní opravy [km]

L_{VYA} ...kilometrický proběh ŽKV do vyvazovací opravy [km]

L_{VA} ...kilometrický proběh ŽKV do velké prohlídky [km]

L_{MA} ...kilometrický proběh ŽKV do malé prohlídky [km]

L_{OA} ...kilometrický proběh ŽKV do provozního ošetření [km]

L_{BA} ...kilometrický proběh ŽKV do bezpečnostní prohlídky [km]

L_{PA} ...celkový kilometrický proběh ŽKV [km]

N_{HA} ...počet hlavních oprav ŽKV [1]

N_{VYA} ...počet vyvazovacích oprav ŽKV [1]

N_{VA} ...počet velkých oprav ŽKV [1]

N_{MA} ...počet malých prohlídek ŽKV [1]

N_{OA} ...počet provozních ošetření ŽKV [1]

N_{BA} ...počet bezpečnostních prohlídek ŽKV [1]

V rámci modelového případu analýzy LCC je určen celkový roční proběh u všech tří ŽKV na 170 000 km a stanovena celková doba provozu na 15 let. Za tuto dobu má každé z těchto vozidel ujet celkem 2 550 000 km. Každé ze ŽKV má jiného výrobce, tudíž i odlišné údržbové plány. V tab. 7 jsou uvedeny výsledky celkového počtu všech prohlídek, ošetření a oprav během celkové doby provozu ŽKV A.

Tab. 7 Počet prohlídek za 15 let provozu ŽKV A [zdroj autor]

Typ údržby	Počet během provozu	Doporučený interval údržby
Bezpečnostní prohlídka	408 (N_{BA})	5 000 km
Provozní ošetření	77 (N_{OA})	25 000 km
Prohlídka malá	17 (N_{MA})	100 000 km
Prohlídka velká	6 (N_{VA})	300 000 km
Oprava vyvazovací	1 (N_{VYA})	1 080 000 km
Oprava hlavní	1 (N_{HA})	2 160 000 km

Tab. 8 Celkové náklady na preventivní údržbu za 15 let provozu ŽKV A [zdroj autor]

Typ údržby	Počet během provozu	Cena ND za jednu prohlídku [Kč]	Cena práce za jednu prohlídku [Kč]	Celkové náklady za ND [Kč]	Celkové náklady za práci [Kč]	Celkové náklady za PÚ [Kč]
Bezp. prohlídka	408	0	2 000	0	816 000	816 000
Provozní ošetření	77	2 549	32 000	196 273	2 464 000	2 660 273
Prohlídka malá	17	26 538	75 000	451 146	1 275 000	1 726 146
Prohlídka velká	6	221 896	236 000	1 331 376	1 416 000	2 747 376
Oprava vyvazovací	1	3 805 002	2 344 000	3 805 002	2 344 000	6 149 002
Oprava hlavní	1	9 361 522	3 824 000	9 361 522	3 824 000	13 185 522
Celkem				15 145 319	12 139 000	27 284 319

Abych mohl provést kalkulaci celkových nákladů na preventivní údržbu, je nutné získat důležitá data od provozovatele ŽKV, případně od jeho výrobce, viz tab. 8.

11.2.2 Náklady na korektivní údržbu

Při tvorbě analýzy LCC ŽKV je důležité se také zabývat náklady na korektivní údržbu. Korektivní údržbu můžeme charakterizovat jako údržbu až poté, co se vyskytne porucha. Jedná se o odstranění závad v rámci neplánované opravy, tj. mimo stanovený cyklus preventivní údržby [107].

V rámci provozu kolejového vozidla dochází za určitý čas k výskytu poruch. Jejich příčinami mohou být např. chyby obsluhy, vandalismus, technické závady jednotlivých komponentů, špatná údržba či v nejhorším případě důsledek nehod.

Pro stanovení nákladů na korektivní údržbu je nejprve nutné shromáždit širokou škálu informací. Nejčastěji se jedná o informace o vzniklých poruchách, které se získávají prostřednictvím technických pracovníků výrobce kolejového vozidla při provádění údržby (tzv. servisní hlášenky), tak i od jeho provozovatele [117].

Na základě dat ze servisních hlášenek, dat od výrobců (dodavatelů jednotlivých komponentů) a informací od odborníků se stanoví hlavní spolehlivostní parametry u každého komponentu kolejového vozidla, kterými jsou pohotovost (Availability, A), střední doba provozu mezi poruchami (Mean Time Between Failures, $MTBF$) střední doba do obnovy (Mean Time To Restoration, $MTTR$) a intenzita poruch λ . Pro stanovení pohotovosti vyjdeme z následující matematického vztahu dle [7]:

$$A = \frac{MTBF}{MTTR+MTBF} \quad [1] \quad (36)$$

Jelikož výše zmíněné spolehlivostní parametry jsou výrobcí považovány za strategické informace, které si každá společnost důsledně střeží, mohou uvést pouze jejich omezenou část.

Tab. 9 Příklad stanovení nákladů na korektivní údržbu ŽKV A [zdroj autor]

Komponent	Počet kusů	MTBF [h]	MTTR [h]	Pracovní náročnost [h]	λ [1/h]
A	1	5 256 000	0	0	1,90E-07
B	19	5 256 000	0,62	0,86	1,90E-07
C	4	45 000	1,1	1,87	2,22E-05
D	2	2 500 000	0	0	4,00E-07
E	1	83 018	0,75	1,05	1,20E-05
F	0	2 557 545	0	0	3,91E-07
G	0	45 000	1,57	2,19	2,22E-05
H	2	195 000	0	0	5,13E-06

Po provedení dekompozice ŽKV dle PBS na jednotlivé komponenty a doplnění jejich spolehlivostních parametrů můžeme, na základě pracnosti a ceny jednotlivých náhradních dílů, stanovit celkové náklady na korektivní údržbu ke každému ŽKV za dobu jeho provozu, která je v našem modelovém případě 15 let.

Tab. 10 Odhad celkových nákladů na korektivní údržbu ŽKV A [zdroj autor]

Položka	Celkové náklady na ND	Celkové náklady na korektivní údržbu
Náklady na korektivní údržbu	9 716 512 Kč	10 686 142 Kč

Výsledné hodnoty celkových nákladů na údržbu všech tří ŽKV za 15 let jsou uvedeny v tab. 11.

Tab. 11 Celkové náklady na údržbu ŽKV [zdroj autor]

Položka	Železniční kolejové vozidlo		
	A	B	C
Náklady na preventivní údržbu	27 284 319 Kč	108 072 000 Kč	46 982 400 Kč
Náklady na korektivní údržbu	10 686 142 Kč	18 983 292 Kč	13 346 512 Kč
Celkové náklady na údržbu	37 970 461 Kč	127 055 292 Kč	60 328 912 Kč

11.3 Náklady na energie

Další důležitou nákladovou skupinou v analýze LCC jsou náklady na energie (spotřeba elektrické energie a motorové nafty). Pro odběr trakční elektrické energie musí železniční dopravci (osobní i nákladní) uzavřít smlouvu o její dodávce se společností Správa železnic. V minulosti měly dodávky trakční elektrické energie pro dopravce na starosti ČD. Správa železnic pro nákup elektrické energie na rok 2019 využila možnost získat dodavatele v rámci aukce na komoditní burze Power Exchange Central Europe [110].

Následně společnost Správa železnic ke konci roku 2018 oznámila železničním dopravcům cenu za trakční elektrickou energii od roku 2019, která bude za 1 MWh ve výši 2 394,93 Kč. Od roku 2019 se kalkulace spotřeby elektrické energie provádí podle tzv. hybridního modelu, který se řídí několika parametry. Jedním z hlavních parametrů je v železničním hnacím vozidle přítomnost systému pro měření spotřeby [109].

V rámci modelu analýzy LCC je pouze jedno ze tří ŽKV elektrické, ostatní jsou motorová. U motorových jednotek nám jejich provozovatel poskytl technické údaje o jejich průměrné spotřebě pohonných hmot. Proto se dále zaměřím na stanovení spotřeby elektrické energie u elektrické jednotky (ŽKV A). Vozidlo A není vybaveno systémem pro měření spotřeby trakční elektrické energie. ŽKV jsou provozována na železniční trati

Pardubice hl.n.–Jaroměř. Tento úsek je napájen ze stejnosměrné trakční soustavy 3 kV. Abych mohl vypočítat celkové náklady na spotřebu energie u elektrické jednotky, musím u ní stanovit konečnou měrnou spotřebu MS_k . Pro její výpočet použiji následující vzorec uvedený Správou železnic [112]:

$$MS_k = MS \cdot k_r \cdot k_z \cdot k_t \quad [kWh \cdot 10^{-3} \cdot hrtkm^{-1}] \quad (37)$$

kde $MS...$ je měrná spotřeba [$kWh \cdot 10^{-3} \cdot hrtkm^{-1}$]

$k_r...$ koeficient ročního období [1]

$k_z...$ koeficient technických ztrát [1]

$k_t...$ koeficient technologické spotřeby [1]

Hrubý tunový kilometr (hrtkm) se určí dle [119] jako součin hrubé hmotnosti kolejového vozidla (v našem případě elektrické jednotky) a vykonané vzdálenosti.

Pro realizaci výpočtu konečné měrné spotřeby je nutné znát jak měrnou spotřebu kolejového vozidla, tak i jednotlivé koeficienty. Všechny důležité parametry k provedení zmíněného výpočtu jsou uvedeny v tab. 12

Tab. 12 Přehled měrných spotřeb a koeficientů, stejnosměrná trakční soustava [112]

Měrné spotřeby - MS		Koeficienty ročního období - k_r			
Typ vlaku	Měrná spotřeba EE [kWh/tis. hrtkm]	Měsíce			
		prosinec - únor	březen - květen	červen - srpen	září - listopad
Vlaky Ex a R (SC, EC, IC, Ex, R, Sp, Sv)	23,3	1,03	1	1	1,02
Vlaky Os (zast. Os. vlaky, ostatní vlaky osobní dopravy)	33,5	1,03	1	1	1,02
Vlaky nákladní (Nex, Rn, Pn, Vn, Mn+Vleč)	13,35	1	1	1	1
Ostatní vlaky (lokomotivní)	29	1	1	1	1
Koeficient technických ztrát - k_z		1,18			
Koeficient technologické spotřeby - k_t					
Typ vlaku	hodnota				
Vlaky Ex a R (SC, EC, IC, Ex, R, Sp, Sv)	1,11				
Vlaky Os (zast. Os. vlaky, ostatní vlaky osobní dopravy)	1,11				
Vlaky nákladní (Nex, Rn, Pn, Vn, Mn+Vleč)	1,08				
Ostatní vlaky (lokomotivní)	1				

Nejprve je nutné si určit dle tab. 12 měrnou spotřebu (MS). V modelovém příkladu se jedná o spěšný vlak (Sp), který má stanovenou měrnou spotřebu elektrické energie ve výši $23,3 kWh \cdot 10^{-3} \cdot hrtkm^{-1}$. Dalším úkolem je stanovení potřebných koeficientů. Prvním je koeficient ročního období. Jelikož vozidlo bude provozované každý měsíc v roce po dobu 15 let, stanovil jsem pro zjednodušení tento koeficient na základě nejvyšší četnosti (modusem je hodnota 1), $k_r = 1$. Výše koeficientu technických ztrát pro stejnosměrnou

trakční soustavu je $k_z = 1,18$. Koeficient technologické spotřeby je opět volen dle typu vlaku a má hodnotu $k_t = 1,11$.

Výpočet konečné měrné spotřeby dle rovnice (37):

$$MS_k = 23,3 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1,11 = 30,518 \text{ kWh} \cdot 10^{-3} \cdot \text{hrtkm}^{-1} \quad (38)$$

Dalším krokem je převedení vypočtené konečné měrné spotřeby MS_k na $\text{MWh} \cdot \text{hrtkm}^{-1}$:

$$MS_k = 30,518 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} = 30,518 \text{ MWh} \cdot 10^{-6} \cdot \text{hrtkm}^{-1} \quad (39)$$

Abych mohl vypočítat spotřebu elektrické energie ŽKV A (elektrická jednotka) na 1 km, je potřeba vynásobit výslednou konečnou měrnou spotřebu (MS_k) hrubou hmotností ŽKV A, která má v našem případě hodnotu 106 t:

$$E_{km} = MS_k \cdot \text{hrtkm}^{-1} = 30,518 \cdot \text{MWh} \cdot 10^{-6} \cdot 106 = 3,234 \text{ MWh} \cdot 10^{-3} \quad (40)$$

Jelikož vím, že Správa železnic stanovila na rok 2019 cenu za trakční elektrickou energii ve výši 2 394,93 Kč za 1 MWh bez DPH, vynásobím tuto cenu vypočítanou spotřebou elektrické energie na 1 km:

$$C_{km} = E_{km} \cdot C_{MWh} = 3,234 \cdot 10^{-3} \cdot 2394,93 = 7,747 \text{ Kč} \quad (41)$$

Celkové náklady na energii

V rámci modelu analýzy LCC se u všech ŽKV předpokládá, že za 15 let provozu ujedou celkem 2 550 000 km. Celkové náklady na energii po tuto dobu provozu jsou následující:

Tab. 13 Celkové náklady na energii ŽKV [zdroj autor]

Položka	Železniční kolejové vozidlo		
	A	B	C
Spotřeba elektrické energie	3,2 MWh · 10 ⁻³ /km	-	-
Průměrná spotřeba motorové nafty	-	105 l/100km	48l/100km
Cena trakční elektrické energie	7,747 Kč/km	-	-
Cena motorové nafty	-	31,6 Kč/l*	31,6 Kč/l*
Celkové náklady na energii za 15 let	19 754 850 Kč	84 609 000 Kč	38 678 400 Kč

*Pozn.: Průměrná cena motorové nafty za rok 2019 v ČR [99].

Je nutno podotknout, že dle [126] je od daně z přidané hodnoty (DPH) z elektrické energie mimo jiné osvobozena také železniční doprava.

11.4 Náklady za využití železniční dopravní cesty

V modelovém příkladu analýzy LCC se tři ŽKV pohybují po železniční trati Pardubice hl.n.–Jaroměř, která je pod správou státní společnosti Správa železnic. Využívání této železniční infrastruktury je státem zpoplatněno. Pro stanovení celkových nákladů za využití dopravní cesty vycházím z dokumentu vydaného Správou železnic pod názvem „*Prohlášení o dráze celostátní a regionální*“ [85]. Podle přílohy C tohoto dokumentu stanovím cenu za využití dopravní cesty jízdou ŽKV, která se vypočítá následovně.

$$C = L \cdot Z \cdot K \cdot P_x \cdot S_1 \cdot S_2 \quad [\text{Kč}] \quad (42)$$

kde L ...je délka jízdy vlaku [km]

Z ...základní cena [Kč]

K ...koeficient kategorie tratě [1]

P_x ...produktový faktor (P_1 až P_5) [1]

S_1 až S_2 ...specifické faktory [1]

Prvním krokem je stanovení přesné délky jízdy vlaku, a to až na desetiny kilometru. K tomuto využiji aplikaci Správy železnic pod názvem „DYPOD“, která je veřejně dostupná na internetu. Vybraným modelovým traťovým úsekem je pro všechny tři ŽKV Pardubice hl.n.–Jaroměř. Délka tohoto úseku je dle DYPOD 39 vlkm [6].

Druhým krokem je stanovení základní ceny, která je jednotná a činí 21,50 Kč/vlkm. V rámci třetího kroku následuje určení koeficientu kategorie tratě. Vybraná železniční trať Pardubice hl.n.–Jaroměř má dle DYPOD kategorii 3. Tento koeficient mimo jiné reprezentuje technologickou úroveň využívané železniční infrastruktury a také umožňuje regulovat intenzitu kapacity na konkrétních úsecích.

Tab. 14 Volba koeficientu kategorie tratí K [85]

Kategorie tratí	Hodnota koeficientu
1	1,15
2	1,12
3	1,00
4	0,88
5	0,71

Čtvrtým krokem je určení produktového faktoru, který představuje konkrétní typ využívané dopravy (např. osobní doprava – P_1 , nákladní doprava – P_2 a určité kombinace a specifika nákladní dopravy – P_3 až P_5). V našem modelovém případě se jedná o osobní dopravu.

Tab. 15 Volba produktového faktoru P_x [85]

Produktový faktor	Hodnota produktového faktoru
P_1	1,00
P_2	1,00
P_3	0,30
P_4	0,65
P_5	2,00

Pátý krok vyžaduje stanovení specifického faktoru na základě celkové hmotnosti ŽKV se započítáním všech cestujících (celková hmotnost v tunách musí být zaokrouhlena směrem nahoru). Specifický faktor zohledňuje míru negativního zatížení železniční infrastruktury vlivem provozu určitých ŽKV. Zde se koeficient opotřebení trati S_1 bude u některých ŽKV lišit z důvodu jejich rozdílné celkové hmotnosti.

Tab. 16 Volba koeficientu opotřebení trati S_1 [85]

Hmotnostní interval (t)	Hodnota S_1	Hmotnostní interval (t)	Hodnota S_1
do 49	0,42	1 000 až 1 199	2,77
50 až 99	0,49	1 200 až 1 399	3,36
100 až 199	0,59	1 400 až 1 599	3,88
200 až 299	0,76	1 600 až 1 799	4,36
300 až 399	0,94	1 800 až 1 999	4,89
400 až 499	1,14	2 000 až 2 199	5,37
500 až 599	1,34	2 200 až 2 399	5,92
600 až 699	1,50	2 400 až 2 599	6,39
700 až 799	1,76	2 600 až 2 799	6,88
800 až 899	2,03	2 800 až 2 999	7,30
900 až 999	2,31	nad 3 000	8,35

Poslední krok se zabývá problematikou existence vlakového zabezpečovače ETCS Level 2 a vyšší u činného hnacího vozidla. Pokud je ŽKV tímto typem zabezpečovače vybaveno, získá dopravce finanční benefit v podobě snížení ceny za využívání dopravní cesty. V našem modelovém případě není ani jedno ze tří ŽKV vybaveno vlakovým zabezpečovačem ETCS. U všech tří ŽKV je tedy koeficient vybavenosti S_2 roven jedné.

Tab. 17 Volba koeficientu vybavenosti S_2 [85]

Vybavenost hnacího vozidla ETCS Level 2 a vyšší	Hodnota specifického faktoru S_2
Nevybavené hnací vozidlo	1,00
Vybavené hnací vozidlo	0,95

Stanovení celkových nákladů za použití dopravní cesty ŽKV A

Vybraným modelovým traťovým úsekem je pro tři ŽKV Pardubice hl.n.–Jaroměř, který má délku 39 vlkm (L). Tento úsek patří do kategorie trati 3 ($K=1$). Základní cena za 1 vlkm je 21,50 Kč (Z). Typ dopravy je osobní ($P_x = 1$). Hmotnost obsazeného vozu je 132 t ($S_1 = 0,59$). ŽKV není vybaveno vlakovým zabezpečovačem ETCS ($S_2 = 1$). Na základě výše stanovených hodnot provedu výpočet ceny za použití dráhy jízdou vlaku dle rovnice (42):

$$C_A = L \cdot Z \cdot K \cdot P_x \cdot S_1 \cdot S_2 = 39 \cdot 21,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,59 \cdot 1 = 494,72 \text{ Kč bez DPH} \quad (43)$$

Náklady za využití železniční dopravní cesty

Ve zjednodušeném modelu analýzy LCC se tři ŽKV budou po dobu 15 let pohybovat po stejné trati (Pardubice hl.n.–Jaroměř). Předpokládá se, že vozidla ujedou po tuto dobu celkem 2 550 000 km. Na základě těchto vstupních dat lze odhadnout celkové náklady za použití železniční dopravní cesty za 15 let (viz tab. 18).

Tab. 18 Celkové náklady ŽKV za použití dopravní cesty [zdroj autor]

Položka	Železniční kolejové vozidlo		
	A	B	C
Hmotnost obsazeného ŽKV	132 t	104 t	55 t
Délka traťového úseku	39 km	39 km	39 km
Náklady za použití dopravní cesty	494,72 Kč	410,87 Kč	410,87 Kč
Náklady za použití dopravní cesty na km	12,69 Kč	10,54 Kč	10,54 Kč
Celkové náklady za použití dopravní cesty za 15 let (bez DPH)	32 346 750 Kč	26 864 250 Kč	26 864 250 Kč

11.5 Náklady na pojištění

Pro provozování osobní i nákladní drážní dopravy je jednou z podmínek vyplývajících ze zákona č. 266/1994 Sb., zákon o dráhách, ve znění pozdějších předpisů, aby železniční dopravce měl po celou dobu jejich provozování nejen sjednané pojištění, ale i zaplacené pojistné za případné škody způsobené jejich provozem [128].

Cena sjednaného pojištění vychází především z hodnoty pojišťovaného ŽKV. Vlastník ŽKV rozhoduje při jednání s komerční pojišťovnou, na jakou částku si nechá vozidlo pojistit. Na cenu pojištění má dále vliv například výběr pojistných rizik (živelná rizika, riziko odcizení, riziko vandalismu aj.), výše spoluúčasti, pojistné limity a také místo provozu ŽKV (ČR nebo EU) [53].

Pro stanovení celkových nákladů vynaložených na pojištění vycházím z poskytnutých interních dat jednoho z oslovených železničních dopravců, který provozuje ŽKV obdobných technických a ekonomických parametrů s vozidlem C. Cena pojištění vychází z obvyklé ceny kolejového vozidla s limitem pojistného plnění ve výši 30 mil. Kč, spoluúčastí 10 % (minimálně 50 000 Kč). V rámci smlouvy jsou pojištěna následující rizika: živelné pojištění, pojištění pro případ odcizení a vandalismu.

Tab. 19 Roční pojistné ŽKV C [zdroj autor]

Položka	Cena
Živelné pojištění	328 894 Kč
Pojištění pro případ odcizení	8 400 Kč
Pojištění pro případ vandalismu	11 999 Kč
Celkové roční pojistné ŽKV C	349 293 Kč

U ostatních ŽKV jsem stanovil náklady na pojištění na základě vypočítaného poměru celkového počtu sedadel ŽKV C ku ŽKV A i ŽKV B.

Tab. 20 Celkové náklady na pojištění ŽKV [zdroj autor]

Položka	Železniční kolejové vozidlo		
	A	B	C
Náklady na pojištění za rok	611 263 Kč	498 990 Kč	349 293 Kč
Poměr počtu sedadel ŽKV C k ostatním ŽKV	1,75	1,43	1
Náklady na pojištění na 15 let	9 168 941 Kč	7 484 850 Kč	5 239 395 Kč

11.6 Náklady za úklid a čištění

O ŽKV je třeba se starat komplexně, aby mohla spolehlivě a bezpečně sloužit požadovanou dobu svým provozovatelům i zákazníkům. Je potřeba provádět důkladný servis nejen jednotlivých komponentů kolejového vozidla, ale je nutné ho udržovat komplexně. Pro splnění stanovených hygienických podmínek je potřeba provádět pravidelné čištění.

Na základě interního předpisu ČD [17] se čištění ŽKV dělí následovně:

- čištění během jízdy,
- vratné čištění,
- výchozí čištění,
- základní čištění.

Čištění během jízdy ŽKV se aplikuje především u mezistátních vlaků. Jedná se konkrétně o úklid některých částí interiéru ŽKV (sedadel, odpadkových košů, záclon aj.). Dále se provádí u mimořádně znečištěného interiéru jeho čištění (např. sedadla, stěny, toalety, okna aj.).

Vratné čištění už ve svém názvu napovídá, že samotný úklid je prováděn v rámci obratu ŽKV v obratové stanici, a to alespoň jednou za 24 hodin. Malý úklid zahrnuje následující činnosti: zametení a setření podlah (chodby, představky a prostor mezi sedadly), úklid (včetně vyprázdnění vakuových toalet), dezinfekce a doplnění toalet, vyčištění sedadel, vynesení odpadků a případné doplnění nádrže pitnou vodou.

Základní úklid je prováděn v rámci tzv. výchozího čištění, které probíhá cca jednou za 14 dní. Záleží na stavu znečištění ŽKV. V rámci výchozího čištění se provádějí následující aktivity: intenzivní péče o čistotu interiéru vozidla (podlahové plochy, obložení stěn a dveří, sedadel, úklid a dezinfekce toalet).

Kompletní čištění interiéru ŽKV se provádí v rámci tzv. základního čištění, které je realizováno nejméně jednou za 3 měsíce. V porovnání s výchozím čištěním ŽKV se navíc v interiéru provádí výměna podhlavníků, ošetření stropního obložení, čištění všech skel, topení, ventilátorů i kabiny strojvedoucího. Dále se strojně omývá vozová skříň ŽKV. Výchozí i základní čištění se provádí buď v domovské železniční stanici, nebo v depech kolejových vozidel.

Tab. 21 Ceny čištění ŽKV C dle rozsahu [zdroj autor]

Rozsah čištění	Cena čištění	Počet čištění během roku	Náklady na čištění za rok
Vratné	112 Kč	340	38 080 Kč
Výchozí	302 Kč	26	7 852 Kč
Základní	1 238 Kč	4	4 952 Kč
		Celkem	50 884 Kč

Pozn.: Ceny čištění jsem stanovil dle [113] a navýšil je o inflaci (rok 2010=100).

Celkové roční náklady za úklid a čištění činní u ŽKV C výše 50 884 Kč. U ostatních ŽKV jsem stanovil náklady za úklid a čištění na základě vypočítaného poměru celkového počtu sedadel ŽKV C ku ŽKV A i ŽKV B.

Tab. 22 Celkové náklady za úklid a čištění ŽKV [zdroj autor]

Položka	Železniční kolejové vozidlo		
	A	B	C
Počet sedadel	147	120	84
Poměr počtu sedadel ŽKV C k ostatním ŽKV	1,75	1,43	1
Celkové náklady za úklid a čištění za rok	89 047 Kč	72 764 Kč	50 884 Kč
Celkové náklady za úklid a čištění za 15 let	1 335 705 Kč	1 091 462 Kč	763 260 Kč

11.7 Náklady na personál

V modelovém případě analýzy LCC je personál každého ze tří ŽKV (dvouvozové jednotky) složen celkově ze dvou zaměstnanců, a to strojvedoucího a průvodčího (stevarda). Roční proběh ŽKV je odhadnut na celkových 170 000 km. Denní proběh je stanoven na cca 500 km.

Celková doba jízdy na trati Pardubice hl.n.–Jaroměř (39 vlkm) dle údajů ČD trvá 52 min. Průměrná rychlost vlaku na tomto úseku vychází na 45 km/hod. Na této trase vlak zastaví celkem 8 krát, z toho dvě zastávky jsou na znamení. Odhadovaná doba denního proběhu ŽKV je 11,11 hod. [101].

Abych mohl určit skutečné náklady zaměstnavatele za jeho zaměstnance, je nutné k jeho hrubé mzdě navíc ještě připočítat odvody na zdravotní pojištění ve výši 9 % a sociální pojištění ve výši 24,8 %, které za něj platí zaměstnavatel. Jedná se o postup pro určení tzv. superhrubé mzdy [118], [130].

Pro zajištění nepřetržitého provozu na zmíněné modelové železniční trati, je potřebný třísměnný pracovní režim. V zákoníku práce, konkrétně v § 79 odst. 2, písm. b) je týdenní pracovní doba pro zaměstnance pracující ve třísměnném pracovním režimu stanovena na 37,5 hodiny týdně [127].

Tab. 23 Měsíční náklady zaměstnavatele za vybrané profese [zdroj autor]

Profese	Hrubá měsíční mzda	Sociální pojištění	Zdravotní pojištění	Superhrubá mzda	Fond prac. doby	Hodinové náklady
Strojvedoucí vlaků	40 000 Kč	9 920 Kč	3 600 Kč	53 520 Kč	150 hod.	356,8 Kč
Průvodčí vlaků v osobní dopravě	30 000 Kč	7 440 Kč	2 700 Kč	40 140 Kč	150 hod.	267,7 Kč
Celkem	70 000 Kč	17 360 Kč	6 300 Kč	93 660	300	624,4 Kč

$$N_{personál (rok)} = 11,11 \cdot 365 \cdot 624,4 = 2\,532\,035,7 \text{ Kč} \quad (44)$$

Celkové roční náklady zaměstnavatele za vybrané zaměstnanecké profese (strojvůdce a průvodčího) činí u všech tří ŽKV, po zaokrouhlení 2 532 036 Kč. Za dobu provozu (15 let) se jedná o náklady v celkové výši 37 980 535 Kč.

11.8 Náklady na likvidaci

Pro stanovení nákladů na likvidaci ŽKV vycházím především z tržní ceny za odkup jedné tuny recyklovatelných dílů ze železa, hliníku, mědi a jejich slitin. Dále z ceny za jejich demontáž, včetně likvidace nepoužitelného a nebezpečného odpadu a také ze zůstatkové ceny vozidla.

U likvidovaného ŽKV C je provedena nejprve katalogová dekompozice na jednotlivé základní celky (např. podvozek, dvojkolí, pružnice, nárazník atd.). Některé z dílů lze po jejich renovaci opět použít jako náhradní díl pro provozuschopná ŽKV. Následně je jednotlivým celkům určena hmotnost v tunách (např. z katalogu náhradních dílů či typového listu kolejového vozidla). Poté se určí celková hmotnost všech kovových i nekovových dílů u likvidovaného kolejového vozidla. Výsledné náklady či výnosy za likvidaci ŽKV C pak získáme z následující rovnice dle [51]:

$$N_{lik} = \{[(Z + H + M) \cdot D] - [(A \cdot Z) + (B \cdot H) + (C \cdot M)]\} \quad [Kč] \quad (45)$$

kde

A...je nabídková cena za odkup 1 tuny recyklovatelných dílů ze železa a jeho slitin [Kč]

B...nabídková cena za odkup 1 tuny recyklovatelných dílů z hliníku a jeho slitin [Kč]

C...nabídková cena za odkup 1 tuny recyklovatelných dílů z mědi a její slitiny [Kč]

D...nabídková cena za demontáž 1 tuny ŽKV [Kč]

Z...celková hmotnost dílů ze železa [t]

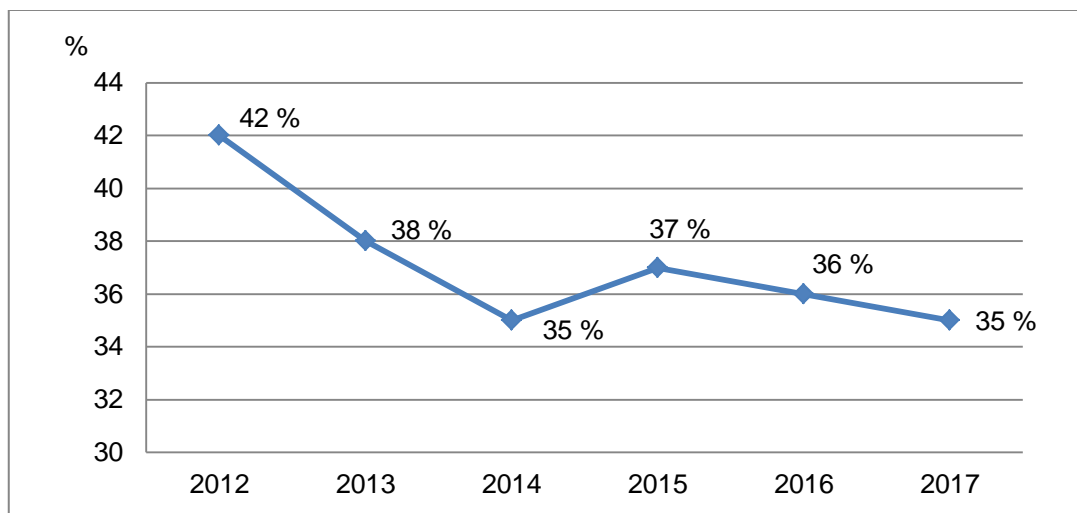
H...celková hmotnost dílů z hliníku [t]

M...celková hmotnost dílů z mědi [t]

V nabídkové ceně za odkup jedné tuny recyklovatelných dílů jsou kupujícím zahrnuty např. náklady na přepravu, manipulaci s vozy, likvidaci nebezpečného odpadu či vlastní vážení.

Dle zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů, patří železniční lokomotivy a vozový park do 3. odpisové skupiny. V rámci této skupiny je dle zmíněného zákona stanovena minimální doba odepisování tohoto hmotného majetku 10 let [129].

Dle kontrolního závěru z kontrolní akce NKÚ [46] bylo k 31. 10. 2017 průměrné stáří ŽKV Českých drah 20,8 roku. Z výše uvedeného vyplývá, že při likvidaci ŽKV je jeho zůstatková cena buď minimální (např. vliv modernizace) nebo převážně nulová.



Pozn.: Evidenční údaje ČD bez započtení historických a zrušených ŽKV.

Obr. 51 Podíl ŽKV ČD starších 30 let v letech 2012–2017 v % [46]

V mém modelovém příkladu analýzy LCC se pouze ŽKV C po 15 letech provozu demontuje a následně zlikviduje, a to z důvodu, že vozidlo již v minulosti prošlo před koncem své životnosti kompletní modernizací. Díky ní se jeho životnost prodloužila o 15 let.

Celková hmotnost ŽKV C činí 39,6 t. Celková hmotnost dílů ze železa a jeho slitin tvoří na základě interních dat výrobce 80 %, tj. cca 31,5 t. Celková hmotnost dílů z hliníku a jeho slitin tvoří 0,8 %, tj. cca 0,3 t. Zbytek vozidla tvoří nekovový materiál např. sklo, guma, plasty, dřevo, laminát, potahy sedadel aj.

Tab. 24 Potřebná data pro stanovení nákladů na likvidaci ŽKV C [zdroj autor]

Položka	Celková hmotnost dílů ze železa a jeho slitin	Celková hmotnost dílů z hliníku a jeho slitin	Cena za odkup jedné tuny recyklovatelných dílů ze železa a jeho slitin	Cena za odkup jedné tuny recyklovatelných dílů z hliníku a jeho slitin	Cena za demontáž (cena za tunu)
ŽKV C	31,7 t	0,3 t	3 850 Kč	26 500 Kč	2 000 Kč

Celkové náklady na likvidaci ŽKV C stanovím dle vzorce (45), do kterého doplním získané hodnoty. Ceny za odkup jedné tuny recyklovatelných dílů ze železa a hliníku, včetně ceny za demontáže jsem získal od společnosti ČD Cargo a.s., která má s likvidací ŽKV zkušenosti (jedná se o průměrné ceny v roce 2019).

$$N_{lik} = \{[(31,7 + 0,3) \cdot 2\,000] - [(3\,850 \cdot 31,7) + (26\,500 \cdot 0,3)]\} = -65\,995 \text{ Kč} \quad (46)$$

Z výsledku (46) vyplývá, že majitel ŽKV C obdrží od společnosti, která provedla jeho likvidaci částku ve výši 65 995 Kč. Nejedná se v tomto případě o náklad, ale o výnos.

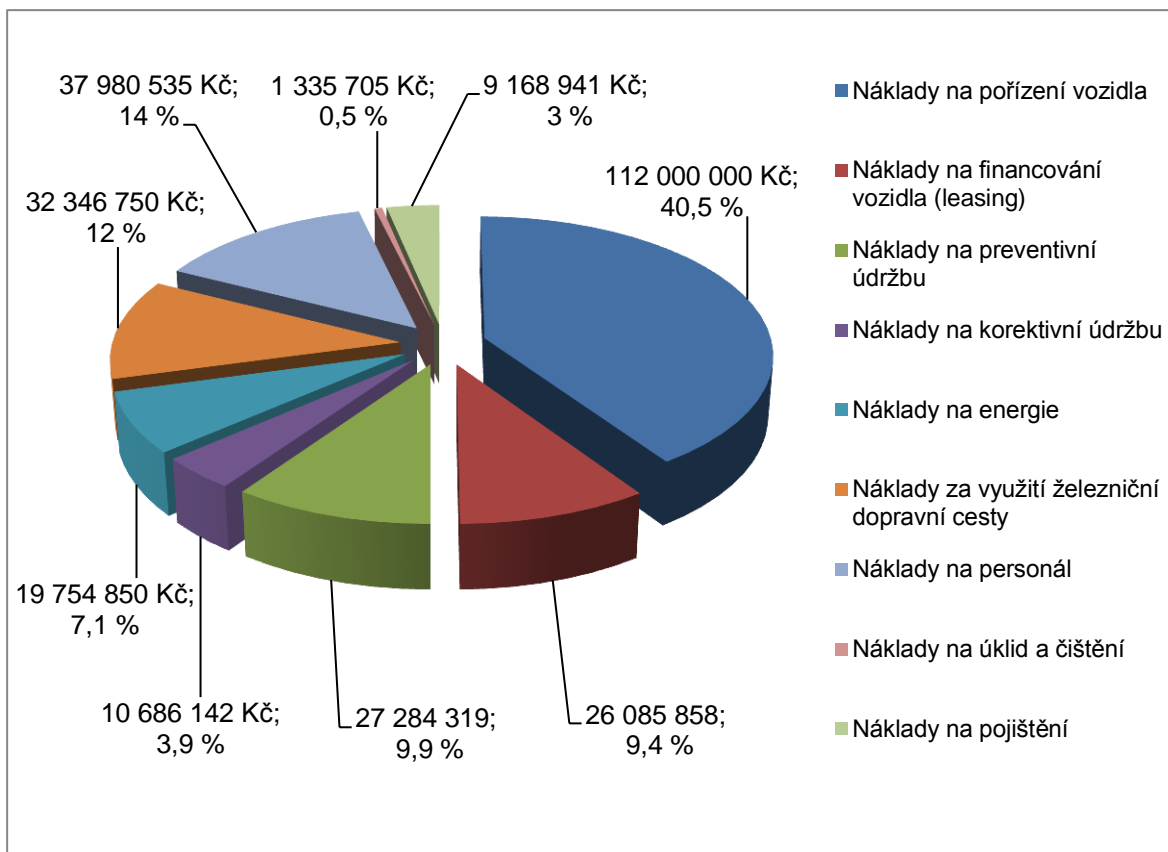
12 VÝSLEDKY ANALÝZY LCC

Shrnutí výsledků analýzy LCC všech tří modelových ŽKV A, B a C za dobu provozu 15 let. Celkový proběh kolejových vozidel za stanovenou dobu byl odhadován na 2 550 000 km.

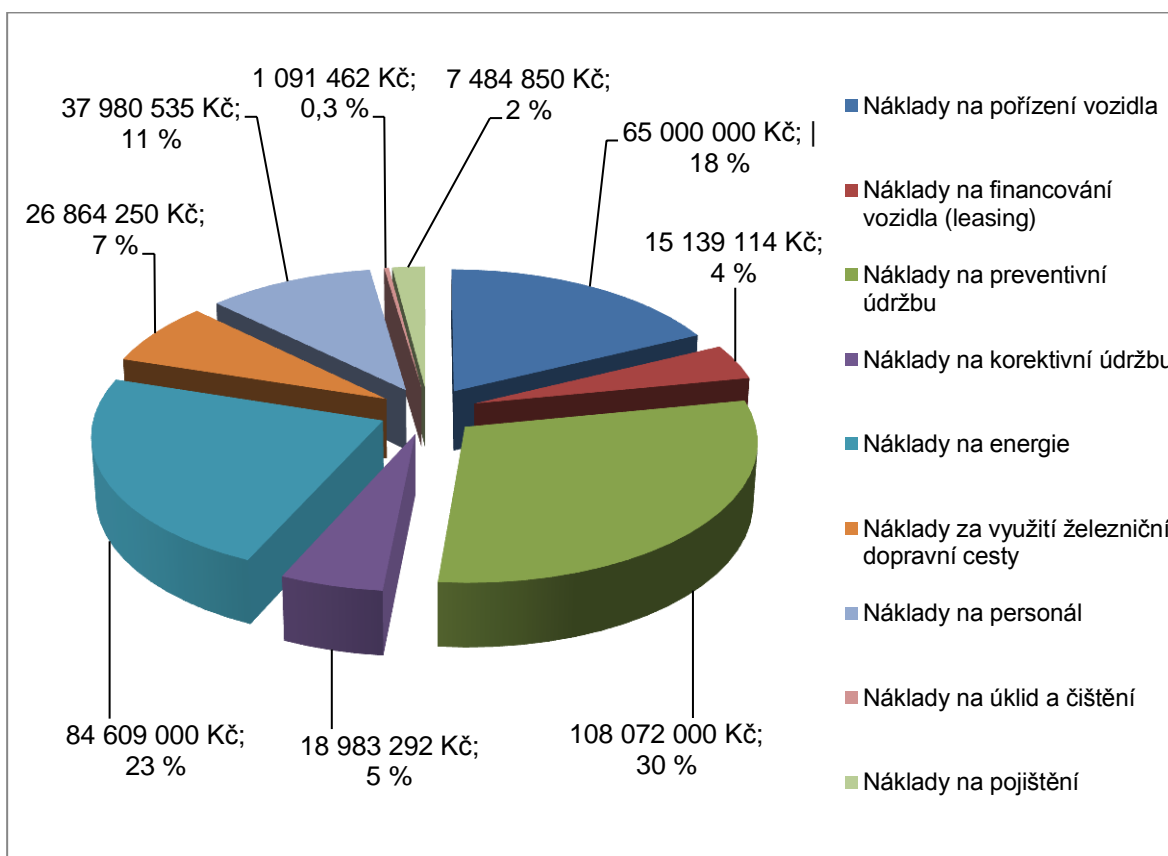
Tab. 25 Výsledky analýzy LCC ŽKV A, B a C [zdroj autor]

Položka	Železniční kolejové vozidlo		
	A	B	C
Náklady na pořízení vozidla	112 000 000 Kč	65 000 000 Kč	29 000 000 Kč
Náklady na financování vozidla (leasing)	26 085 858 Kč	15 139 114 Kč	6 754 374 Kč
Náklady na preventivní údržbu	27 284 319 Kč	108 072 000 Kč	46 982 400 Kč
Náklady na korektivní údržbu	10 686 142 Kč	18 983 292 Kč	13 346 512 Kč
Náklady na energie (el. energie, mot. nafta)	19 754 850 Kč	84 609 000 Kč	38 678 400 Kč
Náklady za využití železniční dopravní cesty	32 346 750 Kč	26 864 250 Kč	26 864 250 Kč
Náklady na personál	37 980 535 Kč	37 980 535 Kč	37 980 535 Kč
Náklady za úklid a čištění	1 335 705 Kč	1 091 462 Kč	763 260 Kč
Náklady na pojištění	9 168 941 Kč	7 484 850 Kč	5 239 395 Kč
Náklady na likvidaci	-	-	- 65 995 Kč
Celkové náklady (LCC) za 15 let	276 643 100 Kč	365 224 503 Kč	205 543 131 Kč
Celkové náklady (LCC) na vlkm	108,5 Kč	143,2 Kč	80,6 Kč
Celkové náklady (LCC) na vlkm a sedadlo	0,74 Kč	1,19 Kč	0,96 Kč

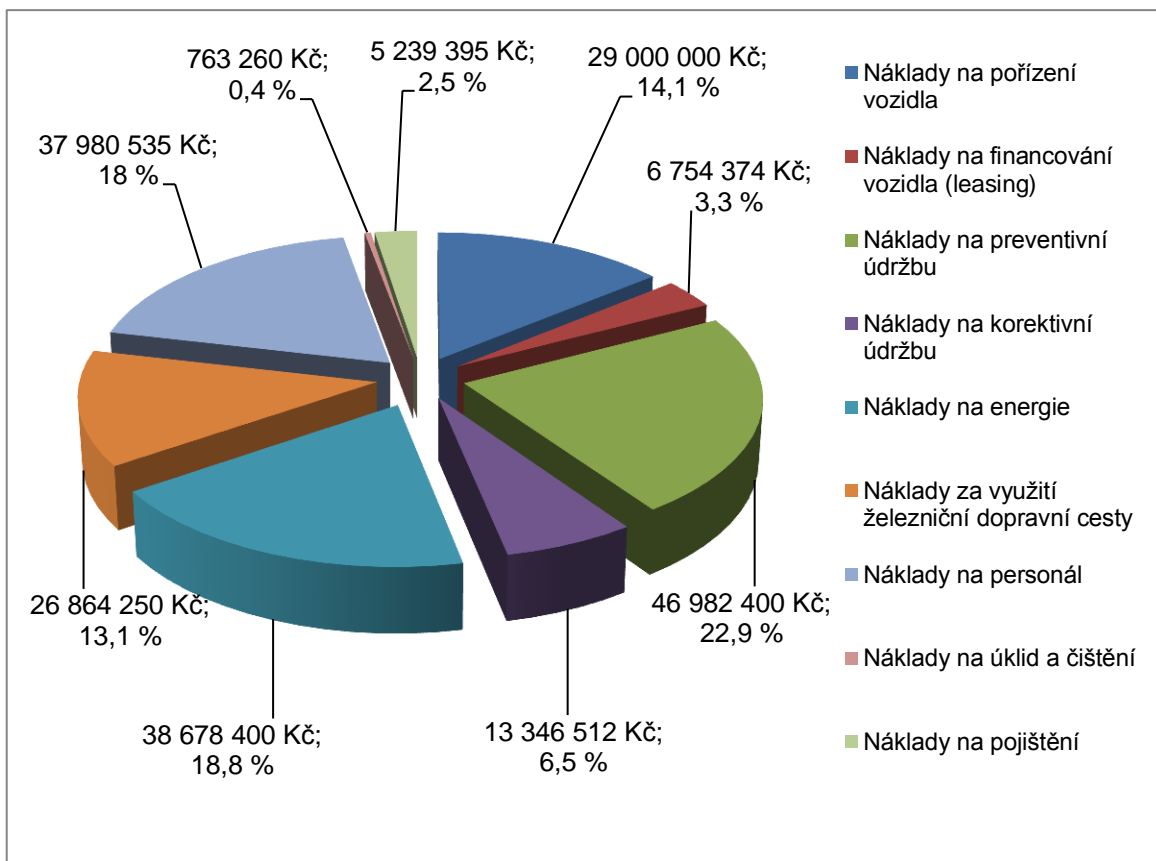
Z výše uvedené tab. 25 vyplývá, že nejnižší náklady životního cyklu (LCC) má ŽKV C. Jedná se o motorovou jednotku, která byla zakoupena, po její předchozí celkové modernizaci. Výhodou ŽKV C je jeho pořizovací cena, která je oproti ŽKV B téměř poloviční a oproti ŽKV A více jak čtvrtinová. Nevýhodou ŽKV C vůči ŽKV A a B jsou jeho technické parametry (maximální provozní rychlost, zrychlení, počet sedadel, aj.), které vycházejí z předešlé technické koncepce tohoto vozidla. Pokud bychom výsledky ŽKV hodnotili až na základě ceny na vlkm a sedadlo, tak je vhodnou variantou výběr ŽKV A (elektrická jednotka). Výhodou ŽKV A jsou nejen jeho nižší náklady na údržbu, ale právě technické a ekologické parametry i delší životnost. Detailní rozbor jednotlivých nákladů ŽKV ilustrují výšečové grafy (viz obr. 52 až 54).



Obr. 52 Výsledky analýzy LCC ŽKV A [zdroj autor]



Obr. 53 Výsledky analýzy LCC ŽKV B [zdroj autor]



Obr. 54 Výsledky analýzy LCC ŽKV C [zdroj autor]

13 KOMPLEXNÍ NÁKLADOVÁ CITLIVOSTNÍ MATICE ŽKV

Zatímco kapitola desátá pod názvem „Citlivostní matice LCC v hodnocení efektivity pořízení a provozu ŽKV“ se týká spíše komparativní metodiky pro výběrová řízení pro nákup ŽKV, následující metoda využívající nákladovou matici vozidla přináší komplexní pohled na využitelnost určitého druhu vozidla s ohledem na pořizovací i provozní náklady.

Předchozí komparativní typ citlivostní matice lze využít při posuzování výběru v rámci stejného druhu ŽKV od různých dodavatelů. Následující postup je využitelný pro výběr druhu ŽKV s ohledem na jeho kapacity, výkony a náklady na pořízení a provoz.

Jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách, metoda hodnocení analýzy LCC vychází ze součtu pořizovacích nákladů „PC“, provozních nákladů „OC“ a vyvolaných dodatečných nákladů „AC“. Tyto tři nákladové skupiny můžeme agregovat do součtu:

$$LCC = PC + OC + AC, \quad (47)$$

nebo je můžeme vyjádřit sloupcovou maticí:

$$\begin{bmatrix} \Delta \overline{PC} \\ \Delta \overline{OC} \\ \Delta \overline{AC} \end{bmatrix} = [\Delta \overline{LCC}] \quad (48)$$

kde $\Delta \overline{PC}$, $\Delta \overline{OC}$, $\Delta \overline{AC}$ jsou relativní změny prvků v součtu pro LCC, $\Delta \overline{LCC}$ je relativní změna LCC.

$$\Delta \overline{PC} = \frac{PC - PC_0}{PC_0} \quad (49), \quad \overline{OC} = \frac{OC - OC_0}{OC_0} \quad (50), \quad \overline{AC} = \frac{AC - AC_0}{AC_0} \quad (51)$$

Tato sloupcová matice tvoří levou stranu maticové rovnice:

$$\begin{bmatrix} \Delta \overline{PC} \\ \Delta \overline{OC} \\ \Delta \overline{AC} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{17} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{27} \\ S_{31} & S_{32} & \dots & S_{37} \end{bmatrix}}_{\text{[citlivostní matice S]}} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \overline{BPC} \\ \Delta \overline{LC} \\ \Delta \overline{MC} \\ \Delta \overline{EC} \\ \Delta \overline{PEC} \\ \Delta \overline{IC} \\ \Delta \overline{ADC} \end{bmatrix} \quad (52)$$

kde $\Delta \overline{BPC}$...představuje relativní změnu základních pořizovacích nákladů

$\Delta \overline{LC}$...náklady na leasing (relativní změna)

$\Delta \overline{MC}$...náklady na údržbu po dobu životnosti (relativní změna)

$\Delta \overline{EC}$...náklady na spotřebu energií (relativní změna)

$\Delta\overline{PEC}$...personální náklady (relativní změna)

$\Delta\overline{IC}$...náklady spojené s užitím infrastruktury (relativní změna)

$\Delta\overline{ADC}$...dodatečné náklady (relativní změna)

Prvky citlivostní matice $[S]$, S_{ij} představují relativní citlivosti segmentů $\Delta\overline{PC}$, $\Delta\overline{OC}$, $\Delta\overline{AC}$ v matici $[\Delta\overline{LCC}]$, přičemž tato matice citlivosti říká, o kolik procent se změní příslušný segment matice $[\Delta\overline{LCC}]$, když se změní o 1 % některý z prvků sloupcové matice $[\Delta\overline{X}]$.

$$[\Delta\overline{X}] = \begin{bmatrix} \Delta\overline{BPC} \\ \Delta\overline{LC} \\ \Delta\overline{MC} \\ \Delta\overline{EC} \\ \Delta\overline{PEC} \\ \Delta\overline{IC} \\ \Delta\overline{ADC} \end{bmatrix}, \quad (53)$$

takže v podstatě platí:

$$[\Delta\overline{LCC}] = [S_X^{LCC}] \cdot [\Delta\overline{X}] \quad (54)$$

Ze vzorce (54) vyplývá zajímavá informace pro manažerské rozhodování o citlivosti nákladů vyjádřených analýzou LCC na případné variace parametrů jak pořizovacích nákladů, tak zejména nákladů provozních a nákladů vyvolaných.

13.1 Citlivostní matice ŽKV A

Z tab. 26, sloupce „ŽKV A“ vyplývá, že nákladová citlivostní matice $[S_X^{LCC}]$ ŽKV A bude mít tvar uvedený v rovnici (55):

Tab. 26 Analýza LCC ŽKV A [zdroj autor]

Položka	ŽKV A
Náklady na pořízení vozidla	112 000 000 Kč
Náklady na financování vozidla (leasing)	26 085 858 Kč
Náklady na preventivní údržbu	27 284 319 Kč
Náklady na korektivní údržbu	10 686 142 Kč
Náklady na energie (el. energie)	19 754 850 Kč
Náklady za využití železniční dopravní cesty	32 346 750 Kč
Náklady na personál	37 980 535 Kč
Náklady za úklid a čištění	1 335 705 Kč
Náklady na pojištění	9 168 941 Kč
Celkové náklady (LCC) za 15 let	276 643 100 Kč

..

$$\begin{bmatrix} \overline{\Delta PC} \\ \overline{\Delta OC} \\ \overline{\Delta AC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,405 & 0,094 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,137 & 0,071 & 0,137 & 0,117 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,038 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \overline{\Delta BPC} \\ \overline{\Delta LC} \\ \overline{\Delta MC} \\ \overline{\Delta EC} \\ \overline{\Delta PEC} \\ \overline{\Delta IC} \\ \overline{\Delta ADC} \end{bmatrix} \quad (55)$$

Pro ŽKV A zřejmě platí, že v citlivostní matici převládají prvky ve složce $\overline{\Delta PC}$ ($S_{PC}^{LCC} \approx 0,5$). Citlivostní prvky pro údržbu $\overline{\Delta OC}$ jsou menší ($S_{OC}^{LCC} \approx 0,46$). Celkově musí platit:

$$[S_X^{LCC}] = S_{PC}^{LCC} + S_{OC}^{LCC} + S_{AC}^{LCC} = 1 \quad (56)$$

Pro rozhodování manažera je zajímavé například to, že změna nákladů na leasing o 1 % způsobí změnu LCC o cca 0,09 %. Změna nákladů na údržbu o 1 % změní náklady LCC o cca 0,14 % atd.

13.2 Citlivostní matice ŽKV B

Z tab. 27, sloupce „ŽKV B“ vyplývá, že nákladová citlivostní matice $[S_X^{LCC}]$ ŽKV B bude mít tvar uvedený v rovnici (57):

Tab. 27 Analýza LCC ŽKV B [zdroj autor]

Položka	ŽKV B
Náklady na pořízení vozidla	65 000 000 Kč
Náklady na financování vozidla (leasing)	15 139 114 Kč
Náklady na preventivní údržbu	108 072 000 Kč
Náklady na korektivní údržbu	18 983 292 Kč
Náklady na energie (motorová nafta)	84 609 000 Kč
Náklady za využití železniční dopravní cesty	26 864 250 Kč
Náklady na personál	37 980 535 Kč
Náklady za úklid a čištění	1 091 462 Kč
Náklady na pojištění	7 484 850 Kč
Celkové náklady (LCC) za 15 let	365 224 503 Kč

$$\begin{bmatrix} \overline{\Delta PC} \\ \overline{\Delta OC} \\ \overline{\Delta AC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,178 & 0,041 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,348 & 0,232 & 0,104 & 0,074 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,023 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \overline{\Delta BPC} \\ \overline{\Delta LC} \\ \overline{\Delta MC} \\ \overline{\Delta EC} \\ \overline{\Delta PEC} \\ \overline{\Delta IC} \\ \overline{\Delta ADC} \end{bmatrix} \quad (57)$$

U ŽKV B je zřejmé, že je LCC nejvíce citlivé na segment $\overline{\Delta OC}$ ($S_{OC}^{LCC} \approx 0,76$). Výrazně jsou náklady citlivé na údržbu ($S_{MC}^{LCC} \approx 0,35$) a celkově převládají provozní náklady.

13.3 Citlivostní matice ŽKV C

Z tab. 28, sloupce „ŽKV C“ vyplývá, že nákladová citlivostní matice $[S_X^{LCC}]$ ŽKV C bude mít tvar uvedený v rovnici (58):

Tab. 28 Analýza LCC ŽKV C [zdroj autor]

Položka	ŽKV C
Náklady na pořízení vozidla	29 000 000 Kč
Náklady na financování vozidla (leasing)	6 754 374 Kč
Náklady na preventivní údržbu	46 982 400 Kč
Náklady na korektivní údržbu	13 346 512 Kč
Náklady na energie (motorová nafta)	38 678 400 Kč
Náklady za využití železniční dopravní cesty	26 864 250 Kč
Náklady na personál	37 980 535 Kč
Náklady za úklid a čištění	763 260 Kč
Náklady na pojištění	5 239 395 Kč
Celkové náklady (LCC) za 15 let	205 543 131 Kč

Pozn.: V celkových nákladech (LCC) jsou započteny i náklady na likvidaci ŽKV.

$$\begin{bmatrix} \overline{\Delta PC} \\ \overline{\Delta OC} \\ \overline{\Delta AC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,141 & 0,033 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,294 & 0,188 & 0,185 & 0,131 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,029 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \overline{\Delta BPC} \\ \overline{\Delta LC} \\ \overline{\Delta MC} \\ \overline{\Delta EC} \\ \overline{\Delta PEC} \\ \overline{\Delta IC} \\ \overline{\Delta ADC} \end{bmatrix} \quad (58)$$

Nákladová citlivostní matice pro ŽKV C vypovídá, že pro toto vozidlo jsou dominantní provozní náklady $\overline{\Delta OC}$ ($S_{OC}^{LCC} \approx 0,8$) a v nich vysoce převyšují náklady na údržbu ($S_{MC}^{LCC} \approx 0,29$).

13.4 Prvky citlivostních matic LCC

Pomocí využití metody barevného škálování lze lépe charakterizovat jednotlivé prvky nákladových citlivostních matic zkoumaných ŽKV A, B a C (viz tab. 29).

Tab. 29 Prvky citlivostní matice LCC ŽKV A, B a C [zdroj autor]

Položka	$\overline{\Delta BPC}$	$\overline{\Delta LC}$	$\overline{\Delta MC}$	$\overline{\Delta EC}$	$\overline{\Delta PEC}$	$\overline{\Delta IC}$	$\overline{\Delta ADC}$
ŽKV A	0,405	0,094	0,137	0,071	0,137	0,117	0,038
ŽKV B	0,178	0,041	0,348	0,232	0,104	0,074	0,023
ŽKV C	0,141	0,033	0,294	0,188	0,185	0,131	0,029

14 OVĚŘENÍ NAVRŽENÝCH HYPOTÉZ

V rámci řešení hlavního výzkumného cíle disertační práce jsem si položil výzkumné otázky (hypotézy), na které jsem v průběhu a závěru vědeckého zkoumání našel následující odpovědi.

Hypotéza č. 1: Analýza nákladů životního cyklu přispívá ke snížení nákladů a ke zlepšení technických a výkonových parametrů.

Při práci na sestavení použitelné metodiky a modelu analýzy LCC pro oblast železničního průmyslu jsem si ověřil na základě získaných dat od výrobců i provozovatelů kolejových vozidel pomocí strukturovaných dotazníků, rozhovorů i výsledných dat ze sestaveného modelu analýzy LCC, že analýza LCC přispívá ke snížení nákladů a ke zlepšení technických a výkonových parametrů.

Mohu tedy konstatovat, že hypotéza č. 1 byla potvrzena.

Hypotéza č. 2: Analýza nákladů životního cyklu přispívá ke zvýšení inovačního úsilí a ke zvýšení konkurenceschopnosti produktu.

Druhá hypotéza úzce souvisí s hypotézou první. Pro její potvrzení či vyvrácení bylo nutné shromáždit dostatek validních informací z podnikové sféry, konkrétně od výrobců kolejových vozidel. Na základě shromážděných dat ze strukturovaných dotazníků od předních výrobců kolejových vozidel (Bombardier, CZ LOKO, Siemens, Škoda Transportation, Stadler Rail) mohu vyslovit závěr, že analýza LCC všem osloveným výrobcům kolejových vozidel pomáhá ke zvýšení inovačního úsilí a tím ke zvýšení konkurenceschopnosti produktu.

Mohu tedy konstatovat, že hypotéza č. 2 byla potvrzena.

Hypotéza č. 3: Zahnutí teorie citlivosti do metodiky analýzy nákladů životního cyklu nám poskytne komplexní obraz o citlivosti nákladů na případné variace dílčích vnitřních parametrů.

Součástí upravené metodiky analýzy LCC, která v sobě zahrnuje i analýzu citlivosti, je i vytvořený model analýzy LCC. Na základě dat ze sestaveného modelu analýzy LCC byly vytvořeny citlivostní matice tří ŽKV, které manažerům mají při posuzování výběru kolejového vozidla přinést komplexní obraz o citlivosti nákladů vyjádřených analýzou LCC na případné variace parametrů pořizovacích nákladů, provozních nákladů a nákladů

vyvolaných. Na jednotlivých příkladech citlivostních matic ŽKV byla předvedena citlivost cílových funkcí (LCC) na jednotlivé dílčí vnitřní parametry. Jejich znalost může ve výsledku ovlivnit celkové náklady životního cyklu ŽKV.

Mohu tedy konstatovat, že hypotéza č. 3 byla potvrzena.

15 PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE

Kapitola shrnuje přínosy pro rozvoj vědního železničního oboru, ale také přináší nové poznatky do podnikové praxe i veřejného sektoru.

15.1 Přínosy pro rozvoj vědního oboru

Disertační práce propojuje analýzu LCC s teorií citlivosti a snaží se ukázat aktuálnost pro dnešní dobu, zejména pro posílení konkurenceschopnosti železniční dopravy. Analýza LCC slouží, jak bylo i ověřeno v rámci průzkumu, ke zvýšení inovačního potenciálu. V dnešní době, kdy evropští výrobci železničních produktů čelí světové konkurenci, je obzvláště důležité se soustředit na výrobky s vysokou přidanou hodnotou.

Je ke zvážení, v budoucnu se více zaměřit na domácí výrobu některých hi-tech produktů v oblasti železničního průmyslu. Příkladem toho může být pro ČR i celou EU významný nárůst produkce čínského železničního průmyslu za posledních 10 let, který se stal jedním z důležitých hybatelů čínského hospodářského růstu. Na úspěch čínského železničního průmyslu se snaží reagovat i EU, pro kterou se železniční doprava stává jednou z klíčových oblastí v realizaci tzv. zelené dohody pro Evropu. V této souvislosti není překvapením, že EU podporuje aktivní zapojení analýzy LCC do posuzování veřejných zakázek.

Rozšířením metodiky analýzy LCC o teorii citlivosti získáme nástroj k určení vlivu vnitřních parametrů systému na kvalitativní výstupní parametry hodnoceného kolejového vozidla. Vnitřními parametry přitom rozumíme náklady spojené s vlastnictvím kolejového vozidla (např. náklady na údržbu, energie, personál atd.), přičemž citlivost dovoluje respektovat dynamiku změn těchto parametrů, což je důležitá okolnost pro návrh inovačního cyklu.

15.2 Přínosy pro praxi

Disertační práce poskytuje manažerům využitelnou metodiku analýzy LCC železničních kolejových vozidel, která právě díky její aplikaci může přispět nejen k efektivnějšímu využívání finančních zdrojů podniků, ale i zvýšit konkurenceschopnost českých firem na zahraničních trzích.

Získané informace z podnikové praxe a vlastního výzkumu jsem implementoval do navržené metodiky i následně do sestaveného modelu analýzy LCC pro oblast

železniční dopravy, abych přispěl k vytvoření podmínek pro jednoduchou aplikovatelnost v běžném firemním prostředí.

I když analýza LCC existuje již delší dobu, není stále plně v železniční dopravě využívána. Jedním z důvodů je, že stále neexistuje ucelená metodika jejího použití pro železniční odvětví. Tato práce se snaží tuto mezeru zaplnit vytvořením ucelené koncepce metodiky analýzy LCC, včetně modelu pro železniční odvětví. Implementace teorie citlivosti do analýzy LCC umožní manažerům při posuzování výběru kolejového vozidla identifikovat veškeré nákladové položky, které nejvíce ovlivňují celkové náklady LCC.

Prostý mechanický výpočet bez znalostí specifik železničního prostředí nemůže dát relevantní hodnotu pro správné manažerské rozhodnutí, a to je důvod, proč se tato práce zaměřuje nejen na metodiku, ale i na stanovení nákladů životního cyklu kolejových vozidel. Hlavním přínosem této práce je přispět nejen ke zvýšení konkurenceschopnosti, ale i inovačního potenciálu českého železničního průmyslu. V tomto mi velmi pomohly zkušenosti předních výrobců železničních vozidel působících v ČR. Jejich cenné rady mi umožnily sestavit základ metodiky analýzy životního cyklu v oblasti železniční dopravy.

15.3 Doporučení pro další výzkum

Na základě výsledků analýzy LCC ŽKV bylo ověřeno, že vlastnické náklady po stanovenou dobu životnosti 15 let u všech tří ŽKV převyšují několikanásobně pořizovací náklady. Jednou z dominantních položek jsou náklady na provoz (náklady na korektivní a prediktivní údržbu) a náklady na energii. Vzhledem k tomu, že tyto zmíněné náklady nejvíce ovlivňují celkovou výši nákladů životního cyklu ŽKV, doporučuji v rámci dalšího výzkumu jejich detailní analýzu, zejména s ohledem na náročnost stanovení nákladů na korektivní údržbu při tvorbě modelu analýzy LCC.

Jednou z dalších, v budoucnu zásadních výzev, kterou jsem v rámci výzkumu nastínil, je řešení problematiky zastarávání (obsolescence). V rámci odborných rozhovorů se zástupci společností vyrábějících kolejová vozidla mi bylo potvrzeno, že se již dnes jedná o vážný problém, a to z důvodu mohutného nástupu moderních technologií.

16 ZÁVĚR

Jedním z důležitých segmentů české ekonomiky je železniční průmysl, který je tradičním průmyslovým odvětvím. S ohledem na světový růst poptávky po železniční dopravě je příležitost pro naše otevřené a vysoce exportní hospodářství nabídnout na zahraničních trzích žádané produkty a služby v oblasti železniční dopravy.

Aby mohla ČR uspět ve světové konkurenci, je třeba více podpořit inovační úsilí, které může zásadním způsobem zmodernizovat celé železniční odvětví, a tím tak čelit dominantní asijské konkurenci. V této souvislosti EU přichází s politikou tzv. zelené dohody, jejíž důležitou součástí je i významné finanční posílení evropského železničního průmyslu. Díky této podpoře ze strany EU dojde k celkové modernizaci, podpoře interoperability i udržení konkurenceschopnosti evropského železničního průmyslu, kterého jsme součástí.

Proto jsem se v této práci zaměřil na vytvoření vhodné metodiky analýzy LCC kolejových vozidel pro oblast železničního průmyslu. Z výsledků výzkumu mezi předními výrobci kolejových vozidel vyplynulo, že analýza LCC patří mezi ty metody, které mají schopnost pomoci zvýšit inovační úsilí, kvalitu nabízeného produktu a také snížit celkové náklady. Dále má analýza LCC významný přínos při tendrech a výběrových řízeních pro učinění zásadního rozhodnutí o výběru kolejového vozidla.

Už na samém počátku je důležité, aby si management zvolil vhodný rozhodovací model pro výběr konkrétní varianty kolejového vozidla. Management, který získá co nejvíce dat a informací, snižuje nejistotu v rozhodovacím procesu. Díky tomu se vedení může rozhodnout daleko kvalitněji a hlavně rychleji o výběru konkrétní varianty.

S ohledem na výše uvedené, jsem navrhl a sestavil citlivostní matici k tomu, aby management měl komplexní obraz o nákladech ve vzájemných vztazích pro citlivost cílových funkcí na dílčí vnitřní parametry. Na modelovém příkladu tří železničních kolejových vozidel bylo prokázáno, že vlastnické náklady převyšují náklady pořizovací.

V rámci sestavených nákladových citlivostních matic pro jednotlivá ŽKV jsem na modelovém příkladu demonstroval, které z dílčích nákladových parametrů jsou v matici citlivosti dominantní. Tato informace může vedoucím pracovníkům pomoci identifikovat zásadní nákladové položky i citlivosti nákladů na případné variace parametrů jak pořizovacích nákladů, tak zejména nákladů provozních a nákladů vyvolaných.

Na základě všech poznatků a výsledků uvedených v disertační práci mohu konstatovat, že se povedl hlavní cíl této práce splnit, včetně ověření pravdivosti výzkumných otázek (hypotéz).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Acquisition of Bombardier Transportation: accelerating Alstom's strategic roadmap. In: *Alstom* [online]. Paris, 17. 2. 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: https://www.alstom.com/press-releases-news/2020/2/acquisition-bombardier-transportation-accelerating-alstoms-strategic#_ftn1
- [2] Alstom 2019/20 full year results. In: *Alstom* [online]. Paris, 12. 5. 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.alstom.com/press-releases-news/2020/5/alstom-201920-full-year-results>
- [3] Analýza Asociace podniků českého železničního průmyslu. In: *ACRI* [online]. Praha: Asociace podniků českého železničního průmyslu, 13. 5. 2020 [cit. 2020-07-13]. Dostupné z: <https://acri.cz/2020/05/24/firmy-zeleznicniho-prumyslu-jsou-stabilnimi-tahouny-ceske-ekonomiky-dokazuji-to-jejich-hospodarske-vysledky-za-rok-2019/>
- [4] Annual Report 2019. In: *Siemens* [online]. Munich, 3. 12. 2019 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:59a922d1-eca0-4e23-aded-64a05f0a8a61/siemens-ar2019.pdf>
- [5] Annual Report 2019: Mobility for Future Connection. In: *CRRC* [online]. Beijing, 23. 4. 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.crrcgc.cc/Portals/73/Uploads/Files/2020/4-27/637235827333140166.pdf>
- [6] Aplikace DYPOD. In: *DYPOD* [online]. Praha: Správa železnic, 2020 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://provoz.szdc.cz/dypod/>
- [7] BAYEROVÁ, D. *Implementace systému RAMS ve výrobě kolejových vozidel: Zkušenosti z pilotního projektu implementace RAMS podle ČSN EN 50126 a využitelnost pro další projekty ve skupině ŠKODA TRANSPORTATION a.s.* [online]. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011 [cit. 2020-05-31]. ISBN 978-80-02-02292-3. Dostupné z: https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spol_ehlivost/Sborniky/Sbornik_192_42_RAMS.pdf
- [8] Bombardier Transportation. In: *Bombardier* [online]. Montréal, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.bombardier.com/en/transportation.html>
- [9] Brochure Vectron. In: *Siemens* [online]. Munich, 2018 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:623d14cd-e56b-4a96-84c0-d7d7b7727847/version:1537171466/mo-vectron-technical-brochure-en.pdf>
- [10] BRONČEK, M. *Náklady životního cyklu kolejových vozidel: Life cycle cost of rail vehicle*. 2., přeprac. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2005. ISBN 80-248-0992-3.
- [11] Co je ETCS. In: *Správa železnic* [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/stavby-zakazky/modernizace/etcs/co-je-etcs>
- [12] COBB, Ch. W. a P. H. DOUGLAS. A Theory of Production. *The American Economic Review* [online]. 1928, vol. 18, no. 1., pp. 139-165 [cit. 2020-07-29]. Supplement, Papers and Proceedings of the Fortieth Annual Meeting of the American Economic Association. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/1811556?seq=1>

- [13] About Hyundai Rotem. In: *Hyundai Rotem* [online]. 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.hyundai-rotem.co.kr/Eng/Company/HyundaiRotem.asp>
- [14] Concluding Technical Report. In: *Chalmers* [online]. Paris: International Union of Railways, 2010 [cit. 2020-07-28]. ISBN 978-2-7461-1850-8. Dostupné z: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/129645/local_129645.pdf
- [15] Critical size on all continent: Acquisition of Bombardier Transportation: accelerating Alstom's strategic roadmap. In: *Alstom* [online]. Paris, 17. 2. 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.alstom.com/sites/alstom.com/files/2020/02/17/20200217%20Analyst%20presentation.pdf>
- [16] ČD V 25: *Předpis pro organizaci údržby elektrických a motorových hnacích vozidel, osobních, vložených přípojných a řídicích vozů* [interní materiál]. Praha: České dráhy, 2010.
- [17] ČD V 71: *Předpis pro čištění kolejových vozidel* [interní materiál]. Praha: České dráhy, 1996.
- [18] ČSN EN 13306. *Údržba – Terminologie údržby*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- [19] ČSN EN 60300-3-3. *Management spolehlivosti - Část 3-3: Pokyn k použití - Analýza nákladů životního cyklu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [20] CURRAN, M. A. *Life Cycle Assessment Handbook: A Guide for Environmentally Sustainable Products*. Cincinnati: John Wiley, 2012. ISBN 978-1-118-09972-8.
- [21] CZ LOKO: Servis. In: *CZ LOKO* [online]. Česká Třebová, 2020 [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://www.czloko.cz/servis.htm>
- [22] Desatero exportéra do Subsaharské Afriky. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha, 9. 12. 2009 [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/zahranicni-obchod/mezinarodni-obchod-dle-teritorii/afrika-a-blizky-vychod/desatero-exportera-do-subsaharske-afriky--67330/>
- [23] DHILLON, B. S. *Life Cycle Costing for Engineers*. New York: CRC Press, 2010. ISBN 978-1-4398-1688-2.
- [24] DOLEČEK, R. a O. ČERNÝ. *Trakční napájecí soustavy: studijní opora*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015. ISBN 978-80-7395-879-4.
- [25] Dopravci i kraje mohou žádat o 7,7 miliardy korun na pořízení nových železničních vozidel. In: *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. Praha, 4. 7. 2017 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Dopravci-i-kraje-mohou-zadat-o-7,7-miliardy-korun>
- [26] DOUBEK, P. Klimatizace kolejových vozidel. *Vytápění, větrání, instalace* [online]. 2007, č. 1 [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2007-01_s32.pdf
- [27] DUDORKIN, J. *Systémové inženýrství a rozhodování*. 4. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02737-6.
- [28] DUFEK, Z. et al. *Veřejné stavební investice*. Praha: Leges, 2018. ISBN 978-80-7502-322-3.

- [29] Dvoupodlažní elektrické jednotky. In: *ŠKODA* [online]. Plzeň: ŠKODA TRANSPORTATION a.s., 2020 [cit. 2020-05-31]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/produkty/dvoupodlazni-elektricke-jednotky/detail/>
- [30] Engineered solutions: Optimizing rolling stock LCC & RAMS. In: *Mors Smitt* [online]. Wabtec Corporation, 2015 [cit. 2020-08-10]. Dostupné z: <https://www.morssmitt.com/solutions/engineered-solutions>
- [31] Euro foreign exchange reference rates. In: *European Central Bank* [online]. 2020 [cit. 2020-07-21]. Dostupné z: https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/index.en.html
- [32] Evropská komise schválila akvizici Bombardier Transport francouzskou firmou Alstom. In: *BusinessInfo.cz* [online]. Praha: CzechTrade, 10.8.2020 [cit. 2020-09-21]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/clanky/francie-evropska-komise-schvalila-akvizici-bombardier-transport-firmou-alstom/>
- [33] FAMFULÍK, J., J. MÍKOVÁ a R. KRZYŽANEK. *Teorie údržby* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007 [cit. 2020-07-17]. ISBN 978-80-248-1509-1. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/TU/TU/>
- [34] Financial Report 2019. In: *Bombardier* [online]. Montréal, 13. 2. 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://ir.bombardier.com/modules/misc/documents/19/92/58/89/15/Bombardier-Financial-Report-2019-en.pdf>
- [35] Financování kolejových vozidel. In: *Societe Generale Equipment Finance* [online]. Praha: SGEF Czech republic & Slovakia, 2020 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://equipmentfinance.societegenerale.cz/cz/produkty-sluzby/specializovane-financovani/kolejova-vozidla/>
- [36] Gender Pay Gap Report 2018. In: *Hitachi* [online]. London: Hitachi Rail Limited, 3. 4. 2019 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <http://hitachirail-eu.com/sites/default/files/certificate-pdf/2019-04/GenderPayGapReport.pdf>
- [37] Geschäftsbericht 2019. In: *Stadler Rail* [online]. 5. 3. 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: https://www.stadlerrail.com/media/pdf/web_stadler_rail_gb19_de.pdf
- [38] Historie. In: *ŠKODA* [online]. Plzeň: ŠKODA TRANSPORTATION, 2020 [cit. 2020-05-31]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/historie/>
- [39] History 1961-1980. In: *Hitachi* [online]. Tokyo, 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <http://www.hitachi.com/corporate/about/history/1961.html>
- [40] HRUBÝ, Z. Historie minulých vlád: Závěrečná zpráva expertního týmu pro nezávislé posouzení projektu dostavby Jaderné elektrárny Temelín. In: *Vláda ČR* [online]. 28. 2. 1999 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/cz/clenove-vlady/historie-minulych-vlad/-zaverecna-zprava-dostavby-jaderne-elektrarny-temelin-2119/>
- [41] VESELÝ, J. ITS v podmínkách dopravně-telekomunikačního prostředí ČR (802/210/108): Produkční funkce - nástroj analýzy přínosů ITS systémů. In: *Its2003* [online]. Praha: ČVUT v Praze - Fakulta dopravní, 2003 [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok_2003/dokumenty/priloha9_its2003.pdf

- [42] KAWAUCHI, Y. a M. RAUSAND. Life Cycle Cost (LCC) Analysis in Oil and Chemical Process Industries. In: *ResearchGate* [online]. July 1999 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228594034_Life_Cycle_Cost_LCC_Analysis_in_Oil_and_Chemical_Process_Industries
- [43] SVOBODA, J. Koncepce a vize Správy železniční dopravní cesty, státní organizace: Jednání 33. schůze hospodářského výboru Parlamentu ČR. In: *Poslanecká sněmovna PČR* [online]. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 2.10.2019 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.psp.cz/sqw/text/orig2.sqw?idd=163465>
- [44] Koncepce přechodu na jednotnou napájecí soustavu na české železniční síti. In: *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. Praha, 20. 1. 2017 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Koncepce-prechodu-na-jednotnou-napajeci-soustavu-n>
- [45] Konsolidovaná výroční zpráva 2019. In: *Škoda* [online]. Plzeň: ŠKODA TRANSPORTATION, 30. 4. 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/article-files/1370-skoda-transportation-a-s-konsolidovana-vyrocní-zprava-2019.pdf>
- [46] Kontrolní závěr z kontrolní akce 17/35: Pořízení a obnova železničních kolejových vozidel. In: *Nejvyšší kontrolní úřad* [online]. Praha, 27. 8. 2018 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.nku.cz/assets/kon-zavery/K17035.pdf>
- [47] KORYTÁROVÁ, J. Stanovení nákladů životního cyklu. In: *Konference Dohled nad zadáváním veřejných zakázek v ČR* [online]. Brno: Úřad pro ochranu hospodářské soutěže, 6. 10. 2016 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: http://www.uohs.cz/download/Konference_a_seminare/Konference_VZ_2016/6.10.2016-UOHS-Korytarova-LCC.pdf
- [48] KTX-Sancheon. Investors relations: Q4 2018 Financial Results. In: *Hyundai Rotem* [online]. Uiwang-si, 29. 1. 2019 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: https://www.hyundai-rotem.co.kr/Eng/InvestInfo/Presentation_View.asp?idx=3416
- [49] DOŠEK, Z. Lehké automatické metro v Kodani jako součást i podmínka rozvoje regionu Oresund. In: *DP Kontakt* [online]. Praha: Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost, březen 2003 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: https://www.metroweb.cz/dp-kontakt/2003/3_2003_p.pdf
- [50] Life-cycle cost, maintenance and recyclability. In: *Hitachi Railway.com* [online]. 2013 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: https://www.hitachi-rail.com/products/rolling_stock/a_train/feature05.html
- [51] Likvidace dlouhodobě zbytných pojízdných, ale neprovozuschopných nákladních vozů v počtu 1 000 ks – čtvrtá vlna. In: *Tender arena* [online]. Praha: ČD Cargo, 9. 5. 2019 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://tenderarena.cz/#/dodavatel/seznam-profilu-zadavatele/detail/Z0000988/zakazka/235269>
- [52] LINDEROVÁ, I., P. SCHOLZ a M. MUNDUCH. *Úvod do metodiky výzkumu*. Jihlava: Vysoká škola polytechnická, 2016. ISBN 978-80-88064-23-7.

- [53] LÍZALOVÁ, L. a R. STOLÍN. *Pojišťovnictví a pojistná matematika: studijní materiál*. Jihlava: Vysoká škola polytechnická, katedra matematiky a katedra ekonomických studií, 2014. ISBN 978-80-88064-05-3.
- [54] MAJ, J. a J. POHL. Technická a ekonomická hlediska budování parku konkurenceschopných vozidel. In: *Czech Raildays 2007* [online]. Ostrava, 16. 5. 2007 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <http://www.czech-raildays.cz/2007/odborne-seminare.php>
- [55] Manuál pro projektování VRT ve stupni DÚR. In: *Správa železnic* [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/vrt/co-je-vrt/manual-pro-projektovani-vrt-ve-stupni-dur>
- [56] MARKOVÁ, L. *Náklady životního cyklu stavby: náklady investora, celospolečenské dopady*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-762-8.
- [57] Memorandum o budoucnosti českého železničního průmyslu. In: *ACRI* [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-07-06]. Dostupné z: <https://acri.cz/2019/04/12/memorandum-o-budoucnosti-ceskeho-zeleznicniho-prumyslu/>
- [58] Mergers: Commission prohibits Siemens' proposed acquisition of Alstom. In: *European Commission* [online]. Brussels, 6. 2. 2019 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_19_881
- [59] Metodika přípravy veřejných strategií: aktualizovaná širší verze. In: *Portál strategické práce v České republice* [online]. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, prosinec 2018 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.mmr.cz/getmedia/8e499918-ed3-45ed-864e-051764ac05b5/Metodika-pripravy-verejnych-strategii-plna-verze.pdf.aspx?ext=.pdf>
- [60] MÍKOVÁ, J., P. DRESLER, V. HRANOŠ, P. ŠKAPA a J. ŠMIRAUS. *Provoz a údržba vozidel pozemní dopravy*. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2017. ISBN 978-80-248-3267-8.
- [61] MOLNÁR, Z. *Pokročilé metody vědecké práce*. Zeleneč: Profess Consulting, 2012. Věda pro praxi (Profess Consulting). ISBN 978-807-2590-643.
- [62] MOOS, P. a V. MALINOVSKÝ. *Informační systém a technologie*. Praha: Univerzita Karlova - MFF, 2006. ISBN 80-903298-5-3.
- [63] MOOS, P., M. NOVÁK a Z. VOTRUBA. Parametric sensitivity in decision making process. *Neural Network World* [online]. 2020, vol. 30, pp. 45-53 [cit. 2020-07-29]. DOI: 10.14311/NNW.2020.30.003. ISSN 23364335. Dostupné z: <http://nnw.cz/obsahy20.html#30.003>
- [64] MOOS, P. The role of structural sensitivities. *Neural Network World*, 1995, vol. 6, p. 917-928.
- [65] More than 200 countries and counting. In: *Siemens* [online]. Munich, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/company/jobs/our-locations/location-pages/all-location.html>
- [66] Národní implementační plán ERTMS. In: *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. Praha, září 2007 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Drazni-doprava/Evropska-unie-na->

zeleznici/Vybor-pro-interoperabilitu-a-bezpecnost/Narodniimplementacniplan_final.pdf.aspx?lang=cs-CZ

- [67] Národní implementační plán ERTMS. In: *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. Praha, 2017 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.mdcrcz.cz/Dokumenty/Drazni-doprava/Evropska-unie-na-zeleznici/Evropska-unie-na-zeleznici-Interoperabilita>
- [68] NOVÁK, J. a V. PRUKNER. *Základy managementu* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014 [cit. 2020-07-29]. ISBN 978-80-244-4182-5. Dostupné z: <https://publi.cz/books/189/09.html>
- [69] NOVICK, D. Beginning of Military Cost Analysis 1950-1961. In: *Rand Corporation* [online]. Santa Monica, 1988 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.rand.org/pubs/papers/P7425.html>
- [70] OCHRANA, F. *Metodologie, metody a metodika vědeckého výzkumu*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-802-4642-000.
- [71] Odtajnilí jsme design nových vlaků. In: *Leo Express* [online]. Praha, 1. 7. 2019 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.leoexpress.com/cs/magazin/aktualne/odtajnili-jsme-design-novych-vlaku>
- [72] Operační program Doprava 2021+. In: *Operační program Doprava* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 12. 3. 2020 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.opd.cz/slozka/Operacni-program-Doprava-2021>
- [73] Operační program Doprava: Základní informace. In: *Operační program Doprava* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2020 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <https://www.opd.cz/stranka/zakladni-informace>
- [74] Our families of solutions. In: *Alstom* [online]. Paris, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.alstom.com/customers>
- [75] KAWAMURA, Y. Outline of Consolidated Financial Results for Fiscal 2019. In: *News Releases* [online]. Tokyo: Hitachi, 29.5.2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: http://www.hitachi.com/New/cnews/month/2020/05/200529/2019_Anpre.pdf
- [76] PLÁŠEK, O. Konstrukční uspořádání koleje: Rozchod a rozšíření rozchodu koleje. In: *Ústav železničních konstrukcí a staveb* [online]. Brno: Fakulta stavební VUT v Brně, 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/zelp/plasek.o/studium/1_Rozchod_a_rozsireni_rozchodu.pdf
- [77] Pohyb zboží přes hranice (PZpH). In: *ČSÚ* [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-07-06]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/zo_se_zbozim_podle_pohybu_zbozi_preshranicni_statistika
- [78] Postup přípravy výstavby vysokorychlostních tratí. In: *Správa železnic* [online]. Praha, listopad 2019 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/vrt/co-je-vrt/postup-pripravy-vrt>
- [79] Produkce. In: *Stadler* [online]. Bussnang: Stadler Rail, 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.stadlerail.com/de/>

- [80] Produktové portfolio. In: *CZ LOKO* [online]. Česká Třebová, 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.czloko.cz/produkty.htm>
- [81] Profile. In: *CRRC Tangshan Co., Ltd.* [online]. Tangshan City Hebei Province, 2020 [cit. 2020-08-10]. Dostupné z: <https://www.crrcgc.cc/g8652.aspx>
- [82] Profil společnosti. In: *CZ LOKO* [online]. Česká Třebová, 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.czloko.cz/profil-spolecnosti-1.htm>
- [83] Profil společnosti. In: *ŠKODA* [online]. Plzeň: ŠKODA TRANSPORTATION, 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/profil-spolecnosti/>
- [84] Program rozvoje rychlých železničních spojení v ČR. In: *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. Praha, leden 2017 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Ministr-Tok-Vysokorychlostni-trate-potrebuji-novy/MD_Program-rozvoje-rychlych-spojeni-v-CR.pdf.aspx
- [85] Prohlášení o dráze celostátní a regionální pro jízdní řád 2019. In: *Správa železnic* [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/50162921/szdc-prohlaseni-o-draze-2019-c-r-4-zmena.pdf>
- [86] Vědecké metody ve společenských vědách (pro doktorandy). In: *Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy* [online]. Praha, 2010 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: http://web.ftvs.cuni.cz/hendl/metodologie/vedecke_metody.pdf
- [87] Promoting Sustainable Mobility: Commission proposes 2021 as the European Year of Rail. In: *European Commission* [online]. Brussels, 4. 3. 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/transport/modes/rail/news/2020-03-04-promoting-sustainable-mobility_en
- [88] Průmysl 4.0 má v Česku své místo. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha, 2. 9. 2016 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/prumysl-4-0/iniciativa-prumysl-4-0--176055/>
- [89] Q4 2019 Financial Results. In: *Hyundai Rotem* [online]. Uiwang-si, 23. 1. 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: https://www.hyundai-rotem.co.kr/InvestInfo/Presentation_View.asp?idx=4419
- [90] Railway Business. In: *Hyundai Rotem* [online]. Uiwang-si, c2014 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: https://www.hyundai-rotem.co.kr/Eng/Business/Rail/Business_main.asp?d1=1&d2=1&d3=1#this
- [91] Railway Statistics Synopsis: 2020 edition. In: *UIC* [online]. Paris, 2020 [cit. 2020-07-08]. Dostupné z: <https://uic.org/IMG/pdf/uic-statistics-synopsis-2020.pdf>
- [92] Report of the expert group on competitiveness of the European rail supply industry: Final Report. In: *European Commission* [online]. Brussels, 24. 10. 2019 [cit. 2020-06-21]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/37829>
- [93] RUBEŠ, V. Evropa pod měděnou pavučinou aneb souboj střídavého a stejnosměrného proudu. In: *Železničář* [online]. Praha: České dráhy, 21. 2. 2016 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://zeleznicar.cd.cz/zeleznicar/tema/evropa-pod->

medenou-pavucinou-aneb-souboj-stridaveho-a-stejnoserneho-proudu/-
10558/19,0,,/

- [94] SAMUELSON, P. A. a W. D. NORDHAUS. *Ekonomie*. Praha: Svoboda, 1991. ISBN 80-205-0192-4.
- [95] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, R. *Udržitelné pořízování staveb: ekonomické aspekty*. Praha: Wolters Kluwer, 2011. ISBN 978-807-3576-424.
- [96] ŠINDEL, R. *Náklady vozidel v rámci životního cyklu: SúčasnÉ problémy v kolajových vozidlách - PRORAIL 2019*. Žilina: VTS pri Žilinskej univerzite v Žiline, 2019. ISBN 978-80-89276-59-2.
- [97] ŠINDELÁŘ, J. Leo Express prodal vlaky bance, vzal si je zpět na finanční leasing. In: *Zdopravy.cz* [online]. Praha: Avizer Z, 29. 8. 2019 [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/leo-express-prodal-vlaky-bance-vzal-si-je-zpet-na-financi-leasing-33401/>
- [98] ŠKODA: Technologie. In: *Škoda* [online]. Plzeň: ŠKODA TRANSPORTATION, 2020 [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/technologie/>
- [99] Šetření průměrných cen vybraných výrobků - pohonné hmoty a topné oleje - časové řady. In: *ČSÚ* [online]. Praha [cit. 2020-09-18]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/setreni-prumernych-cen-vybranych-vyrobku-pohonne-hmoty-a-topne-oleje-casove-rady>
- [100] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/24/EU ze dne 26. února 2014 o zadávání veřejných zakázek a o zrušení směrnice 2004/18/ES. In: *EUR-Lex* [online]. Brusel, 28. 3. 2014 [cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32014L0024>
- [101] Sp 1474: Pardubice hl.n.–Jaroměř: Detail vlaku. In: *ČD* [online]. Praha, 9. 6. 2020 [cit. 2020-06-09]. Dostupné z: <https://www.cd.cz/vlak/1474/9.6.2020/5453613/14.06/5456770/14.58/>
- [102] Společnosti skupiny ŠKODA TRANSPORTATION. In: *ŠKODA* [online]. Plzeň: ŠKODA TRANSPORTATION, 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/kontakty/>
- [103] Spolupráce Výzkumný Ústav Železniční, a.s. a čínského výrobce vlaků CRRC Zhuzhou. In: *VUZ* [online]. Praha, 10. 7. 2019 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.cdvuz.cz/news/6>
- [104] Statistická ročenka 2019. In: *Správy železnic* [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.szdc.cz/o-nas/publikace/statisticke-rocenky>
- [105] STRNISKO, J. Stanovení počtu periodických oprav a neplánovaných oprav vzniklých vlivem násilného poškození na hnacích kolejových vozidlech pro nově navrhovanou opravnu. In: *Perner`s Contacts* [online]. 2010, roč. 5, č. 1, s. 243-254 [cit. 2020-05-31]. ISSN 1801-674X. Dostupné z: https://pernerscontacts.upce.cz/17_2010/Strnisko.pdf
- [106] Study on the competitiveness of the rail supply industry: Final Report. In: *Publications Office of the EU* [online]. Luxembourg: European Commission, 2019 [cit. 2020-06-18]. ISBN 978-92-79-86728-6. Dostupné z:

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9a4b21a0-5460-11ea-aece-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-118534501>

- [107] ŠTURMA, M. *Provoz, revize a údržba technických zařízení: elektrická, plynová, tlaková, zdvihací*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-9829-5.
- [108] SYNEK, M. *Manažerská ekonomika*. 5., aktual. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3494-1.
- [109] SŽDC informovala dopravce o dodávkách trakční elektřiny v příštím roce. In: *Správa železnic* [online]. Praha, 7. 12. 2018 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/pro-media/tiskovy-servis-tiskove-zpravy-prohlaseni/setkani-k-elektrine>
- [110] SŽDC úspěšně vybrala dodavatele trakční elektřiny pro rok 2019. In: *Správa železnic* [online]. Praha, 19. 7. 2018 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/pro-media/tiskovy-servis-tiskove-zpravy-prohlaseni/elektrina-aukce>
- [111] TINBERGEN, J. *Production, Income and Welfare: The Search for an Optimal Social Order*. Lincoln: University of Nebraska Press, 1985. ISBN 978-0803244122.
- [112] Trakční elektřina: Smlouva o dodávkách trakční elektrické energie. In: *Správa železnic* [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/dodavatele-odberatele/energetika/trakcni-elektrina>
- [113] Úklid vlaků Českých drah je dražší, ale kvalitnější. In: *ŽelPage* [online]. Praha, 13. 5. 2010 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.zelpage.cz/zpravy/7714?lang=cs>
- [114] VALOUCH, P. *Leasing v praxi: praktický průvodce*. 5. vyd. Praha: Grada, [2005]. Účetnictví a daně (Grada). ISBN 978-80-247-4081-2.
- [115] Veřejná zakázka: Pořízení nových železničních elektrických jednotek včetně full-service. In: *Protikorupční portál* [online]. Brno: Jihomoravský kraj, 08. 12. 2016 [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: https://zakazky.krajbezkorupce.cz/contract_display_8798.html
- [116] VINTR, M. *Analýza nákladů životního cyklu: Spolehlivost a ekonomika* [online]. Praha: Česká společnost pro jakost, 2015 [cit. 2020-07-28]. ISBN 978-80-02-02633-4. Dostupné z: https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spol ehlivost/Sborniky/Sbornik_-_FINAL.pdf
- [117] VOLEK, J. *Implementace systému RAMS ve výrobě kolejových vozidel: Vyhodnocování dat z provozu ve ŠKODA ELECTRIC a.s.* [online]. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011 [cit. 2020-05-31]. ISBN 978-80-02-02292-3. Dostupné z: https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spol ehlivost/Sborniky/Sbornik_192_42_RAMS.pdf
- [118] Všechna volná pracovní místa: Nejčastěji hledaná místa. In: *ČD* [online]. Praha, c2020 [cit. 2020-06-09]. Dostupné z: <https://ceskedrahy.jobs.cz/?category=strojvedouci#volna-mista>

- [119] Výroční zpráva 2019. In: *Správa železnic* [online]. Praha, 20. 3. 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/o-nas/publikace/vyrocní-zpravy>
- [120] Vývoj CZ LOKO v historických datech. In: *CZ LOKO* [online]. Česká Třebová, 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://www.czloko.cz/vyvoj-czloko-v-historických-datech.htm>
- [121] Wabtec Overview. In: *Wabtec Corporation* [online]. Pennsylvania, c2019 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: https://www.wabteccorp.com/sites/default/files/2019-02/Wabtec%20Company%20Overview_1.pdf
- [122] Worldwide. In: *CRRC* [online]. Beijing, 2020 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.crrcgc.cc/en/g6782.aspx>
- [123] Základní technické parametry: Dvoupodlažní elektrická jednotka 471 City Elefant. In: *ŠKODA* [online]. Plzeň: ŠKODA TRANSPORTATION, 2020 [cit. 2020-05-31]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/data/catalog/6/23/313.pdf>
- [124] Zákon č. 134/2016 Sb.: Zákon o zadávání veřejných zakázek. In: *Zákony pro lidi* [online]. Praha, 29. 4. 2016 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-134>
- [125] Zákon č. 235/2004 Sb.: Zákon o dani z přidané hodnoty. In: *Zákony pro lidi* [online]. Praha, 23. 4. 2004 [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-235>
- [126] Zákon č. 261/2007 Sb.: Zákon o stabilizaci veřejných rozpočtů. In: *Zákony pro lidi* [online]. Praha, 16. 10. 2007 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-261/zneni-20170701>
- [127] Zákon č. 262/2006 Sb.: Zákoník práce. In: *Zákony pro lidi* [online]. Praha, 7. 6. 2006 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>
- [128] Zákon č. 266/1994 Sb.: Zákon o dráhách. In: *Zákony pro lidi* [online]. Praha, 30. 12. 1994 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-266>
- [129] Zákon č. 586/1992 Sb.: Zákon České národní rady o daních z příjmů. In: *Zákony pro lidi* [online]. Praha, 1. 1. 2020 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586/zneni-20200101>
- [130] Zaměstnanci - zaměstnavatelé. In: *Finanční správa* [online]. Praha: Generální finanční ředitelství, c2020 [cit. 2020-06-09]. Dostupné z: <https://www.financnisprava.cz/cs/dane/dane/dan-z-prijmu/zamestnanci-zamestnavatele>
- [131] Zpráva auditora k účetní závěrce a výroční zprávě společnosti CZ LOKO, a.s. za účetní období končící k datu 30. září 2019. In: *CZ LOKO* [online]. Česká Třebová, 4. 12. 2019 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: https://www.czloko.cz/pool/czloko/upload/Auditovana_vyrocní_zprava_CZ_LOKO_2019.pdf
- [132] 2019 Annual Report. In: *Wabtec Corporation* [online]. Pennsylvania, 24. 2. 2020 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://ir.wabteccorp.com/static-files/9f7c3b19-3772-45ec-8503-ee67843af4cf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Proces zpracování disertační práce [zdroj autor].....	8
Obr. 2 Postup při zkoumání vědeckého problému [70].....	9
Obr. 3 Kolbův experimentální cyklus [61].....	10
Obr. 4 Dimenzionální nákladová matice LCC [14].....	14
Obr. 5 Vývoj celosvětové produkce lokomotiv a kolejových vozidel [106].....	16
Obr. 6 Vývoj českého zahraničního obchodu mezi lety 2016–2019 [zdroj autor]	17
Obr. 7 Zbožová struktura vývozu podle tříd SITC, rok 2019 [zdroj autor]	18
Obr. 8 Vývoj exportu zbožové skupiny SITC 791 v letech 2013–2019 [zdroj autor]	18
Obr. 9 Členění exportu zbožové skupiny SITC 791 v rámci EU15, r. 2019 [zdroj autor] ...	19
Obr. 10 Procentní podíl na celkové délce světové železniční sítě, upraveno dle [91]	20
Obr. 11 Procentní podíl na celkové délce železniční sítě EU, rok 2020 [zdroj autor]	20
Obr. 12 Strategie přípravy rychlých spojení [78].....	21
Obr. 13 Vývoj výkonů dopravců na síti provozované Správou železnic, 2015-2019 [104]	23
Obr. 14 Systémy zabezpečení železniční dopravy [9].....	25
Obr. 15 Schéma koridoru E [66].....	26
Obr. 16 Národní implementační plán ERTMS – ETCS, stav ke 2. 10. 2019 [43]	26
Obr. 17 Napájecí systémy provozované v jednotlivých evropských státech [93]	27
Obr. 18 Celosvětové působení společnosti CRRC [122]	30
Obr. 19 Celosvětové působení společnosti Siemens [65]	31
Obr. 20 Celosvětové působení společnosti Alstom [15]	32
Obr. 21 Historie společností Wabtec, Faiveley Transport a GE Transportation [121]	34
Obr. 22 Vysokorychlostní vlak KTX-Sancheon [48].....	35
Obr. 23 Pohled na Škodovy závody, rok 1899 [38].....	36
Obr. 24 Zákazníci společnosti CZ LOKO [82].....	37
Obr. 25 Přehled výnosů vybraných výrobců kolejových vozidel za rok 2019 [zdroj autor]	38
Obr. 26 Proces tvorby metodiky a modelu analýzy LCC [zdroj autor].....	39

Obr. 27 Schéma postupu analytické části [zdroj autor]	41
Obr. 28 Základní dekompozice ŽKV dle PBS, upraveno dle [19]	44
Obr. 29 Vývojový diagram - proces tvorby analýzy LCC [zdroj autor]	47
Obr. 30 Využívání analýzy LCC napříč podniky v ČR [zdroj autor]	48
Obr. 31 Požadavek zákazníka na zpracování analýzy LCC ve světě [zdroj autor]	48
Obr. 32 Požadavek zákazníka na zpracování analýzy LCC v ČR [zdroj autor]	49
Obr. 33 Nákladová struktura analýzy LCC [zdroj autor]	49
Obr. 34 Vliv problematiky zastarávání u klíčových komponentů [zdroj autor]	50
Obr. 35 Analýza nákladů na provoz a údržbu u zákazníka [zdroj autor]	50
Obr. 36 Analýza dat výrobce u zákazníka [zdroj autor]	51
Obr. 37 Možnosti sběru dat o provozovaném výrobku u zákazníka [zdroj autor]	51
Obr. 38 Využití analýzy LCC pro optimalizaci výrobků [zdroj autor]	52
Obr. 39 Vliv aplikace analýzy LCC na zvýšení inovačního úsilí a kvality [zdroj autor]	52
Obr. 40 Výskyt problémů při aplikaci analýzy LCC [zdroj autor]	53
Obr. 41 Role analýzy LCC při tendrech a výběrových řízeních [zdroj autor]	53
Obr. 42 Využívání analýzy LCC u odběratelů kolejových vozidel v ČR [zdroj autor]	54
Obr. 43 Zjednodušený proces rozhodování systému [68]	55
Obr. 44 Pravděpodobnost správného rozhodnutí v provozu řízení systémů [62]	55
Obr. 45 Informační řetězec [63]	59
Obr. 46 Podnikové oblasti typického dnešního manažera [63]	59
Obr. 47 Vývojový diagram - analýza LCC, včetně citlivostní analýzy [zdroj autor]	63
Obr. 48 Činnosti údržby [18]	69
Obr. 49 Cyklus systémové preventivní údržby ŽKV [zdroj autor]	70
Obr. 50 Vzorové schéma údržby ŽKV [105]	71
Obr. 51 Podíl ŽKV ČD starších 30 let v letech 2012–2017 v % [46]	85
Obr. 52 Výsledky analýzy LCC ŽKV A [zdroj autor]	88
Obr. 53 Výsledky analýzy LCC ŽKV B [zdroj autor]	88
Obr. 54 Výsledky analýzy LCC ŽKV C [zdroj autor]	89

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Základní rozdíly mezi standardizovaným rozhovorem a dotazníkem [52]	11
Tab. 2 Základní charakteristika železniční sítě v roce 2017 a 2019, upraveno dle [104] ..	22
Tab. 3 Vstupní parametry pro provedení analýzy LCC (příklad), upraveno dle [29, 123] ..	44
Tab. 4 Vstupní základní parametry do modelu analýzy LCC [zdroj autor]	65
Tab. 5 Příklad splácení leasingu ŽKV B [zdroj autor]	67
Tab. 6 Celkové náklady na pořízení ŽKV za dobu 10 let [zdroj autor]	68
Tab. 7 Počet prohlídek za 15 let provozu ŽKV A [zdroj autor]	72
Tab. 8 Celkové náklady na preventivní údržbu za 15 let provozu ŽKV A [zdroj autor]	72
Tab. 9 Příklad stanovení nákladů na korektivní údržbu ŽKV A [zdroj autor]	73
Tab. 10 Odhad celkových nákladů na korektivní údržbu ŽKV A [zdroj autor].....	74
Tab. 11 Celkové náklady na údržbu ŽKV [zdroj autor]	74
Tab. 12 Přehled měrných spotřeb a koeficientů, stejnosměrná trakční soustava [112].....	75
Tab. 13 Celkové náklady na energie ŽKV [zdroj autor]	76
Tab. 14 Volba koeficientu kategorie tratí K [85].....	77
Tab. 15 Volba produktového faktoru P_x [85]	78
Tab. 16 Volba koeficientu opotřebení trati S_1 [85].....	78
Tab. 17 Volba koeficientu vybavenosti S_2 [85].....	79
Tab. 18 Celkové náklady ŽKV za použití dopravní cesty [zdroj autor]	79
Tab. 19 Roční pojistné ŽKV C [zdroj autor]	80
Tab. 20 Celkové náklady na pojištění ŽKV [zdroj autor]	80
Tab. 21 Ceny čištění ŽKV C dle rozsahu [zdroj autor].....	82
Tab. 22 Celkové náklady za úklid a čištění ŽKV [zdroj autor]	82
Tab. 23 Měsíční náklady zaměstnavatele za vybrané profese [zdroj autor].....	83
Tab. 24 Potřebná data pro stanovení nákladů na likvidaci ŽKV C [zdroj autor]	85
Tab. 25 Výsledky analýzy LCC ŽKV A, B a C [zdroj autor].....	87
Tab. 26 Analýza LCC ŽKV A [zdroj autor]	92

Tab. 27 Analýza LCC ŽKV B [zdroj autor].....	93
Tab. 28 Analýza LCC ŽKV C [zdroj autor]	94
Tab. 29 Prvky citlivostní matice LCC ŽKV A, B a C [zdroj autor].....	94

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Vyplněný strukturovaný dotazník (vzor).....	117
--	-----

Příloha A: Vyplněný strukturovaný dotazník (vzor)

Využívání metody analýzy nákladů životního cyklu (LCC, Life Cycle Cost) v oblasti kolejových vozidel

Analýza nákladů životního cyklu (LCC) je proces ekonomické analýzy pro posouzení celkových nákladů na pořízení, vlastnictví a vypořádání (likvidaci) produktu. Výsledky analýzy LCC mohou být uplatněny při managementu a rozhodování, kdy probíhá výběr optimální varianty z několika možných řešení.

*Povinné pole

Používáte ve Vašem podniku analýzu nákladů životního cyklu (LCC)? *

- Ne, nepoužíváme ji.
- Ne, ale uvažujeme o jejím zavedení.
- Ano, analýzu LCC běžně využíváme.
- Jiné:

Jak často se setkáváte s požadavkem zákazníka na zpracování analýzy LCC v ČR? *

- Vůbec
- Někdy
- Zcela běžně
- Jiné:

V jakých částech světa je požadavek zákazníka na zpracování analýzy LCC zcela běžný? *

- Západní Evropa (Francie, Velká Británie, Irsko, Belgie, Lucembursko, Nizozemí a Monako)
- Střední Evropa - V4 (Maďarsko, Polsko, Česká republika, Slovensko)
- Střední Evropa - Alpské země (Rakousko, Německo, Švýcarsko, Lichtenštejnsko, Slovinsko)
- Východní Evropa (Estonsko, Litva, Lotyšsko, Bělorusko, Moldavsko, Ukrajina)
- Severní Evropa (Dánsko, Finsko, Island, Norsko, Švédsko)
- Jižní Evropa (Portugalsko, Španělsko, Itálie, Řecko, Andorra, Malta, Vatikán, San Marino)
- Jižní Amerika (Argentina, Brazílie, Chile, Kolumbie, Venezuela...)
- Afrika
- USA a Kanada
- Rusko
- Čína
- Jiné:

Jaké nákladové položky jsou běžně součástí Vaší LCC analýzy? *

- Náklady na pořízení vozidla
- Náklady na preventivní a korektivní údržbu
- Náklady na energie
- Náklady na mzdy
- Náklady za použití dopravní cesty
- Náklady na provozní hmoty
- Náklady za odstavení vozidla
- Náklady na režii vozidla
- Náklady na záruky
- Náklady na likvidaci

Jiné:

Jak velkou roli v současné době představuje problematika zastarávání (obsolescence) u některých klíčových komponentů výrobku při tvorbě analýzy LCC? *

- Nemá na ni žádný vliv.
- Způsobuje nepatrné problémy.
- Způsobuje občasné problémy.
- Způsobuje značné problémy.
- Jiné: musí být systémově řešena a zahrnuta do nákladů

Zabýváte se u Vašich výrobků i náklady na provoz a údržbu u zákazníka? *

- Ne, nezabýváme se jimi.
- Ano, zabýváme se jimi pouze částečně.
- Ano, analyzujeme je a následně výsledky aplikujeme do výrobků.
- Jiné:

Jaká data analyzujete u Vašich zákazníků? *

- Četnost poruch
- Příčiny poruch
- Náklady na servis
- Intervaly mezi poruchami
- Poruchovost jednotlivých dílů výrobku
- Kilometrový proběh a časové využití
- Nesledujeme žádná data
- Jiné:

Jak získáváte informace (data) o provozovaném výrobku? *

- Přístupem do informačního systému zákazníka.
- Jednorázovým šetřením u zákazníka.
- Až na základě zákazníkem nahlášené technické závady.
- Jiné:

Využíváte analýzu LCC pro optimalizaci Vašich produktů? *

- Nevyužíváme ji k tomuto účelu
- Využíváme, a to ke snížení nákladů
- Využíváme, a to jak ke snížení nákladů, tak i zlepšení technických a výkonových parametrů
- Jiné:

Dochází podle Vás pomocí aplikace analýzy LCC ke zvýšení inovačního úsilí a zvýšení kvality výrobků? *

- Ne, analýza LCC nemá na toto vliv.
- Ano, analýza LCC má na tom nepatrný podíl.
- Ano, analýza LCC v těchto oblastech pomáhá.
- Jiné:

S jakými problémy se setkáváte při aplikaci analýzy LCC? *

- Nedostatek validních dat (např. data z reálného provozu)
- Nedostatek kvalifikovaných zaměstnanců
- Nedostatečná softwarová podpora
- Nedostatečná znalost analýzy LCC
- Nedůvěra managementu v její přínos
- Složitost její aplikace
- Problémy se získáváním dat u zákazníků
- Finanční a časová náročnost



Jiné:

Hodnověrnost údajů v nabídkách, optimálním řešením je převzetí odpovědnosti za náklady (viz například full service)

Jak důležitou roli hraje analýza LCC při tendrech a výběrových řízeních? *

- Pouze minimální.
- Jedno z důležitých hledisek pro výběr produktu.
- Zásadní pro učinění finálního výběru produktu.
- Jiné:
