



# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Ekonomické zhodnocení provozu elektrobuses v Praze

Economical evaluation of electrobuses traffic in Prague

## **STUDIJNÍ PROGRAM**

Ekonomika a management

## **STUDIJNÍ OBOR**

Řízení a ekonomika průmyslového podniku

## **VEDOUCÍ PRÁCE**

Ing. Libor Cupal

HRUDA


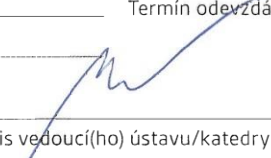

LUKÁŠ

**2017**

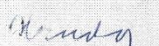
## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	<u>Hruša</u>	Jméno:	<u>Lukáš</u>	Osobní číslo:	<u>409225</u>
Fakulta/ústav:	<u>Masarykův ústav vyšších studií (MÚVS)</u>				
Zadávající katedra/ústav:	<u>Oddělení manažerských studií</u>				
Studijní program:	<u>Ekonomika a management</u>				
Studijní obor:	<u>Řízení a ekonomika průmyslového podniku</u>				

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:	<u>Ekonomické zhodnocení provozu elektrobuses v Praze</u>										
Název bakalářské práce anglicky:	<u>Economical evaluation of electrobuses traffic in Prague</u>										
Pokyny pro vypracování:	<p>Cílem bakalářské práce je výběr vhodného elektrobuse pro provoz na území hl.m. Prahy. Přínosem práce je kalkulace vybraného elektrobuse vůči v současnosti provozovanému midibusu.</p> <p>Osnova:</p> <table><tr><td>I.</td><td>Úvod</td></tr><tr><td>II.</td><td>Teoretická část - historie a současnost elektromobility, popis elektrobuses a trendů v nabíjení</td></tr><tr><td>III.</td><td>Praktická část - kalkulace, zhodnocení kalkulace, návrhy na zlepšení</td></tr><tr><td>IV.</td><td>Závěr</td></tr></table>			I.	Úvod	II.	Teoretická část - historie a současnost elektromobility, popis elektrobuses a trendů v nabíjení	III.	Praktická část - kalkulace, zhodnocení kalkulace, návrhy na zlepšení	IV.	Závěr
I.	Úvod										
II.	Teoretická část - historie a současnost elektromobility, popis elektrobuses a trendů v nabíjení										
III.	Praktická část - kalkulace, zhodnocení kalkulace, návrhy na zlepšení										
IV.	Závěr										
Seznam doporučené literatury:	<p>Jiří Fotr, Ivan Souček. Investiční rozhodování a řízení projektů Praha : Grada Publishing, 2011, ISBN 978-80-247-3293-0. EISLER, Jan. Ekonomika dopravního systému. Praha: Oeconomica, 2011. ISBN 978-80-245-1759-9. Valach Josef a kolektiv. Investiční rozhodování a dlouhodobé financování, nakladatelství Ekopress 2006, ISBN 80-86929-01-9 . Jan TICHÝ a kolektiv. Veřejná doprava v České republice. Praha: IODA, 2015.</p>										
Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:	<u>Ing. Libor Cupal, MÚVS ČVUT v Praze, oddělení manažerských studií</u>										
Jméno a pracoviště konzultanta(ky) bakalářské práce:	<u></u>										
Datum zadání bakalářské práce:	<u>5.12.2016</u>	Termín odevzdání bakalářské práce:	<u>5.5.2017</u>								
Platnost zadání bakalářské práce:	<u>31.8.2018</u>										
 Podpis vedoucí(ho) práce	 Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	 Podpis děkana(ky)									

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<u>- 3 - 04 - 2017</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	--

Hruda, Lukáš. *Ekonomické zhodnocení provozu elektrobusů v Praze*. Praha: ČVUT 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií.



**MASARYKŮV ÚSTAV  
VYŠŠÍCH STUDIÍ  
ČVUT V PRAZE**



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně. Dále prohlašuji, že jsem všechny použité zdroje správně a úplně citoval a uvádím je v příloženém seznamu použité literatury.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této závěrečné práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Praze dne: 02. 05. 2017

Podpis:



## **Poděkování**

Za pomoc s vypracováním této práce děkuji Ing. Liboru Cupalovi. Za konzultaci metod kalkulací a množství cenných rad z oblasti dopravních aplikací bych rád poděkoval doc. Ing. Zdeňku Říhovi Ph.D. a Ing. Janu Tichému Ph.D. Za poskytnutí cenných rad a připomínek bych rád poděkoval Mgr. Janu Vejborovi z EVC Group, Ing. Janu Barchánkovi z DP Praha, Tomáši Prouskovi z ROPIDu, Ing. Jiřímu Slavíkovi MBA z Proelektrotechniky.cz a Ing. Janu Černému ze SOR.





# **Abstrakt**

v teoretické části práce popisují vývoj v oblasti cen komodit, ekologicko-sociální aspekt elektromobility a nové trendy v oblasti dobíjení elektrobuses a jejich akumulátorů. V praktické části se věnují výběru rentabilního elektrobuse a také nejvhodnějšího elektrobuse pomocí vícekritériálního rozhodování a jejich kalkulacím vůči naftovému autobusu.

## **Klíčová slova**

Elektrobus, elektromobilita, kalkulace, dobíjení

# **Abstract**

In theoretical part of the thesis, I describe the evolution of prices of commodities, ecological-social aspects of electromobility and new trends in charging of electrobuses and in accumulators. In practical part of the thesis I will choose the cost-effective and also the most suitable electrobuses by multicriteria decision and calculate them against the crude bus.

## **Key words**

Electrobus, electromobility, calculation, charging

# Obsah

Úvod.....	12
1.Současný stav elektromobility.....	14
1.1.Vývoj elektromobility.....	14
1.1.1.Historie elektromobility.....	14
1.1.2.Typy elektrobusů.....	15
1.1.3 Elektromobilita ve světě.....	15
1.2.Tlak na ekologii a koncepce Smart Cities.....	20
1.2.1.Smart cities.....	20
1.2.2.Dotační program Horizon 2020.....	21
1.3.Mezinárodní pojetí elektromobility.....	21
1.4.Elektromobilita v Praze.....	22
1.4.1.Analýza možností provozu elektrobusů v městském provozu.....	23
1.4.2.Možnosti návrhu provozu elektrobusu v Praze:.....	23
1.5 Vhodnost linek.....	24
1.5.1.Další vhodné linky.....	25
1.5.2.Linky 156.....	27
2. Dojezd .....	29
3.Výběr elektrobusu.....	35
3.1.Technická specifikace elektrobusů.....	35
3.2.Výběr rentabilního řešení.....	38

3.3.Vyhodnocení elektrobusů metodou vícekriteriálního rozhodování	39
4.Kalkulace autobusu.....	40
5.Výsledky autobusu.....	44
6.Kalkulace elektrobusu BYD.....	45
7.Kalkulace nejlevnějšího elektrobusu-EVC.....	46
8.Výsledky nejlevnějšího elektrobusu- EVC.....	46
9.Výsledky elektrobusu vybraného vícekriteriálním rozhodováním- BYD.....	47
10.CAPM.....	48
11.NPV.....	49
12.CEA.....	50
13. Zhodnocení kalkulace.....	51
Závěr.....	55
Seznam obrázků.....	60
Seznam grafů.....	60
Seznam tabulek.....	61

# Úvod

Ve své práci se zabývám shrnutím nejnovějších trendů v oblasti elektrobuseů. Elektromobilita obecně je perspektivně se rozvíjející obor, a stejně překotně se vyvíjí i oblast elektrobuseů. V posledních 10-ti letech vidíme nárůst počtu výrobců. Prakticky každý významnější výrobce autobusů vyvíjí anebo již sériově vyrábí i model elektrobuse. Narůstající aglomerace vyžadují kvalitní a ekologicky přívětivou dopravu, přičemž elektrobusey jsou jednou z možných cest budoucího vývoje. Navíc elektromobilita a ekologicky přijatelná doprava je i jednou z kotev systému Smart cities.

V praktické části své práce jsem se zaměřil na kalkulaci provozních nákladů elektrobuseů ve srovnání s autobusy, které jsou v současnosti na linkách pražské MHD provozovány. Pro kalkulaci jsem vybral linku, která svými technicko-provozními parametry nejlépe odpovídá vhodnému provozování elektrobuseů.

# **TEORETICKÁ ČÁST**

# 1.Současný stav elektromobility

## 1.1. Vývoj elektromobility

### 1.1.1. Historie elektromobility

První pokusy používat k pohonu vozidla elektrickou energii můžeme spatřovat již v 19.století. Průkopníkem byl nizozemský profesor Sibrandus Stratingh, který malé vozítko s pohonem na elektrický akumulátor sestrojil v roce 1835. V Českých zemích experimentoval s elektromobilitou známý inženýr František Křižík, který roku 1895 sestrojil automobil o výkonu 3,6 KW, později se dvěma motory pohánějící zadní nápravu, každý po 2 KW (Říha, 2014).

Elektrobusy se začaly prosazovat teprve v 50. letech v USA. V těchto letech se poněkud paradoxně uplatňovaly vozidla dobíjená z troleje, která měla elektrickou baterii květšímu dojezdu a tyto vozidla tak používaly technologii, která je nyní považována za jednu z nejperspektivnějších.

Tato technologie se pro zajímavost v současnosti uplatňuje u nejmodernějších vozidel, například u výrobku Siemens Rampini (Siemens, 2016).

V 21. století se na poli elektrických pohonů v rámci automobilů uplatňuje americká firma Tesla se svým Modelem S, v elektrobusích se pak jedná o firmu BYD čínské provenience, která plánuje za vysoké dotační pomoci od čínské vlády hromadné nasazování elektrobusů v exhalacemi zatížených čínských megalopolích. Z hlediska evropského trhu jsou lídry firmy Siemens a Volvo (BYD, 2017).

Jako velmi důležitý krok můžeme po roce 2010 vidět snahu o sjednocení jednotlivých druhů dobíjení a zavedení standardů, které povedou k mnohem intenzivnějšímu konkurenčnímu boji, který logicky vyústí v pokles ceny elektrobusů a doufejme i v masovější výrobu (Vejbör, 2015).

Obrázek 1 Elektrobus v roce 1952 v Chicagu



Zdroj: [www.insideev.com](http://www.insideev.com)

### 1.1.2. Typy elektrobusů

**Oportunitní autobusy**-elektrobusy snabíjením průběžně po trase nebo v konečných zastávkách

**Noční elektrobusy**-jsou schopné odjet celodenní provoz a dobíjejí se až přes noc v garáži, denní oběh kilometru je však značně omezen a často se nejedná o celý osmihodinový cyklus

**Trolejbusy s baterií**-baterie zajišťuje mnohem širší modus operandi i mimo trolejové vedení, dojezd těchto vozidel je však velmi omezen a jsou vhodná pouze pro dojetí malého úseku mimo trolejové vedení.

**Elektrobusy s trakčním dobíjením**-nejperspektivnější alternativa, průkopníkem je firma Siemens. Tento typ vozidel může v obrátě využívat již vybudovanou infrastrukturu v podobě trolejového vedení tramvajového či trolejbusového provozu.

V poslední době se již začínají stírat rozdíly mezi výrobcí a vyráběné autobusy nabízejí srovnatelný dojezd kolem 180 km (Proelektrotechniky, 2015).

### 1.1.3. Elektromobilita ve světě

Elektromobilita je zjednodušeně pohyb (vozidel) pomocí elektrické energie nebo provoz dopravních prostředků s elektrickým pohonem po komunikacích. (Proelektrotechniky, 2015)



Zejména v poslední době se začíná prosazovat na poli dopravy v oblastech velkých světových metropolí, kde se přistupuje k hledání ekologických řešení ve snaze snižovat exhalace vysoce znečištěných měst. V současnosti můžeme největší testovací flotily nalézt např. v Pekingu, Dallasu, Los Angeles, Paříži apod.

Doprava v těchto městech je natolik intenzivní, že i nová naftová vozidla podléhající omezením (EURO VI apod.) v tak velkém množství produkují dosti značné ekologické zatížení a je snaha je omezovat.

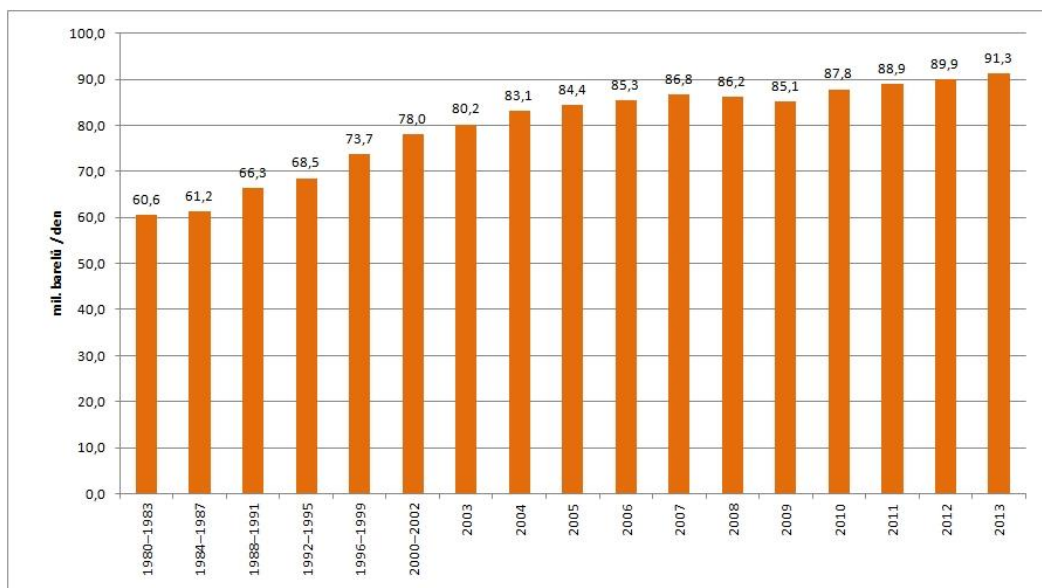
Graf 1 Vývoj cen ropy



Zdroj: [www.kurzy.cz](http://www.kurzy.cz)

Z prvního grafu vyplývá velmi výrazné kolísání ceny ropy. Ropa je obecně surovina se značnými výkyvy, ale do budoucna se počítá spíše s nárůstem její ceny. V současné době se 95 % ropy spotřebovává právě v dopravě a tento podíl narůstá díky hospodářskému rozvoji megalopolí Číny a Indie. Země OPEC predikují nárůst ceny na úroveň 75 dolarů za barel v roce 2020 a na úroveň 106 dolarů za barel. Taktéž predikují nastání tzv. ropného zlomu v horizontu 30-40 let. (Zdroj: [www.aem.cz](http://www.aem.cz))

Graf 2 Spotřeba ropy- výhled



Zdroj: [www.vitejtenazemi.cz](http://www.vitejtenazemi.cz)

Z druhého grafu lze vyčíst stálý růst spotřeby ropy zejména z důvodu nárůstu spotřeby v Indii a Číně.

Širšímu rozšíření elektrobusesů v současnosti brání zejména zdlouhavá homologizace vozidel a vysoká pořizovací cena. Dalšími problémy je kratší dojezd a často subtilní konstrukce.

Elektrobuses však nejsou jediným řešením mobility ve městech, srovnání s trolejbusy a dalšími druhy autobusů vidíte v následujících tabulkách:

**Tabulka 1 Srovnání vozidel z hlediska dojezdu**

Druh	dobíjení baterie (natankování)	dojezdová vzdálenost na 1 dobití (nebo natankování)	velikost a hmotnost baterie
Dieselový autobus	rychlé	omezená pouze množstvím paliva	-
Hybridní autobus	rychlé	omezená pouze množstvím paliva	-
Bateriový elektrobuses	dostí pomalé, část vozidel vždy stojí	150 až 180 km	značná, závisí na požadovaném výkonu, omezuje obsaditelnost vozidla
Oportunitní elektrobuses vrchní nabíjení	velmi rychlé	velmi krátká (3-4 stanice)	nízká
Oportunitní elektrobuses - indukční nabíjení	velmi rychlé	velmi krátká (3-4 stanice)	nízká
Trolejbus-pomocný spalovací motor	na troleji on-line, tankování rychlé	pod trolejí neomezená, bez troleje závisí na množství paliva	-
Trolejbus pomocná baterie	pomalejší, ale dobíjení za jízdy pod trolejí	pod trolejí neomezená, bez troleje závisí na baterii	střední
Klasický trolejbus	je vždy on-line	pod trolejí neomezená	-

Zdroj: autor, dle zkušeností ze studie elektromobilita (Proelektrotechniky, 2014)

Tabulka 2 Srovnání jednotlivých typů vozidel z hlediska nároků na infrastrukturu

Druh	emise vozidla	u nároky infrastrukturu	na univerzálnost použití na různých linkách dle JŘ a oběhů (síťový efekt, přechodnost)
Dieselový autobus	vysoké	Nízké	velmi vysoká (může všude)
Hybridní autobus	vyšší	Nízké	velmi vysoká (může všude)
Bateriový elektrobuses	-	středně vysoké (závisí na četnosti dobíjení)	nízká (malý dojezd, baterie dimenzovány na konkrétní profil trasy)
Oportunitní elektrobuses vrchní nabíjení	-	Vysoké	vysoká (pouze na vybavené trase - nabíjecí sloupy)
Oportunitní elektrobuses indukční nabíjení	-	Vysoké	vysoká (pouze na vybavené trase - indukční cívky ve vozovce)
Trolejbus s pomocným spalovacím motorem	nízké (podle délky úseku bez troleje)	vysoké až velmi vysoké	vysoká (může i bez trolejí)
Trolejbus pomocnou baterií	-	vysoké až velmi vysoké	vysoká (může i bez trolejí)
Klasický trolejbus	-	vysoké až velmi vysoké	vysoká (pod trolejí)

Zdroj: autor, dle zkušeností ze studie elektromobilita (Proelektrotechniky, 2014)

Tabulka 3 -srovnání emisí u jednotlivých typů vozidel

Technology	Annual Tailpipe Emissions					
	CO2 (kg)	CH4 (g)	CO (kg)	NOX (kg)	HC (g)	PM (g)*
Diesel	94,710	60.9	22.5	27.4	4,200	423
CNG	97,749	38,843	360.4	107.9	1,000	102
Hybrid	69,626	45.7	16.9	20.6	3,200	298
EV	0	0	0	0	0	0

Zdroj: [www.kpcb.com](http://www.kpcb.com)

Tabulka ilustruje srovnání emisí u jednotlivých vozidel. Současné elektrobuses již mají nulové emise, protože veškeré vnitřní vybavení je taktéž napájeno akumulátory.

**Tabulka 4 orientační srovnání cen autobusů s naftovým a elektrickým pohonem**

Model	Cena autobusu	Cena elektrobuse
Midibus	2 500 000 Kč	5 000 000 Kč
Vozidlo 12 m	4 900 000 Kč	cca 14 000 000 Kč
Vozidlo 18 m	9 000 000 Kč	20 000 000 Kč

*Zdroj: SOR, Siemens, BYD-viz vícekritériální rozhodování*

Cena elektrobuse je zhruba 2,5 násobek ceny autobusu.

## 1.2. Tlak na ekologii a koncepce Smart Cities

Stále rostoucí spotřeba ropy zvyšuje tlak na nalezení alternativních zdrojů energie. Jedním z nich je i elektrický pohon, který sice také z části využívá neobnovitelných zdrojů, ale podíl elektřiny z jaderného štěpení či vyráběné z obnovitelných zdrojů rychle narůstá.

Doprava je obecně oborem, kde se ropa spotřebovává nejvíce a v nejkratším čase. Užitek je krátkodobý, miliony let tvořící se ropa je v automobilech spotřebována za velmi krátkou dobu (Baroch a kol., 2014).

### 1.2.1. Smart cities

Smart cities je metoda posilování komplexity, efektivity a udržitelnosti všech aspektů městského rozvoje, a to prostřednictvím ekonomických, sociálních a zejména technologických inovací. Cílem Smart Cities je zmenšování ekologické stopy, posilování konkurenceschopnosti a zároveň maximalizování životní úrovně obyvatel. Etablování systému funkčních vazeb a partnerství mezi klíčovými aktéry města a jejich systematické začlenění do městského rozvoje je hlavním předpokladem pro naplňování principů Smart Cities.

Od roku 2010 se pojem Smart Cities postupně stal součástí evropského odborného i politického diskurzu. V pražském kontextu se tématu od roku 2014 věnuje Komise pro rozvoj Smart Cities Rady hl. m. Prahy. Ve spolupráci s Fraunhofer institutem realizoval Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy studii Morgenstadt City Lab (2015–2016) a podílí se na evropském Smart Cities projektu Triangulum (2015–2020), podporovaného z programu Horizon 2020. Za Strategického rámce Smart

Cities hl. m. Prahy do roku 2030 a souběžně realizací prioritních pilotních projektů této agendy (IPR, 2017).

## 1.2.2. Dotační program Horizon 2020

Horizon 2020 je nástrojem EU, který zjednodušuje dosavadní financování výzkumu a vývoje v EU, jehož rozpočet na období 2014 - 2020 činí více než 70 mld. €. Podstatnou oblastí, na něž se program zaměřuje, je i ekologicky čistá doprava, do níž spadají zejména následující směry:

- činnosti podporující výzkum, vývoj a demonstrování alternativních paliv a energie pro pohon z bezpečných, čistých a efektivních zdrojů,
- činnosti minimalizující dopady dopravy na podnebí a životní prostředí prostřednictvím podpory hospodárných způsobů dopravy
- činnosti uvádějící do vzájemného souladu rostoucí potřebu mobility a opatření pro snížení dopravních kongescí a zvýšení bezpečnosti dopravy
- socioekonomický výzkum a prognostické činnosti pro vytváření politiky k propagování inovací a reagování na výzvy, které před Evropu staví vývoj v odvětví dopravy.

Pojetí elektromobility v programu je komplexní, včetně automatizace dopravy a souvisejících systémů, zejména energetiky či urbanistiky. Jedná se o mnohem širší pojetí elektromobility, než je v současnosti v ČR. (Evropská unie, 2017)

## 1.3. Mezinárodní pojetí elektromobility

Projekt ZeEUS (zero Emission Urban Bus Systém)

Od 23. ledna 2014 běží evropský inovační projekt ZeEUS (Zero Emission Urban Bus System, tedy systém městských autobusů s nulovými emisemi), koordinovaný Mezinárodní unií veřejné dopravy - UITP. V rámci tohoto 3,5letého projektu se provozují různá technologická řešení pro 12 m elektrické autobusy v rámci osmi evropských měst: Barcelona, Bonn, Glasgow, Londýn, Münster, Plzeň, Stockholm a Řím. Výsledky analýz z těchto demonstračních provozů budou použity jako návod pro rozvoj elektrických autobusů v dalších evropských městech.

Cílem projektu je otestování různých typů elektrobusů a zároveň i různé druhy dobíjecí infrastruktury. V rámci projektu ZeEUS v ČR se na testování elektrobusu Škoda Perun v Plzni podílí Škoda Transportation, Plzeňské městské dopravní podniky, Plzeňská teplotárenská a Západočeská univerzita. První vyhodnocení projektu je plánováno na konec roku 2017.

Celkový rozpočet projektu činí 22,5 mil. €. (ZeEUS, 2017)

## 1.4. Elektromobilita v Praze

Elektrobusy vpražské dopravě byly testovány již roku 2009, kdy byl zapůjčen autobus DP Ostrava. Jednalo se o model SOR EBH 10,5 metru, který byl testován na běžných linkách, nejčastěji číslo 121 a 203.

Prvními zakoupenými autobusy byly 2 elektrobusy firmy Zeus, které byly trvale nasazeny na lince 292 vtrase Malostranské náměstí-Nemocnice pod Petřínem od roku 2010. Elektrobusy se dobíjely vobradišti Nemocnice pod Petřínem každých 30 minut. Trasa se ovšem vyznačuje několika parametry, které velmi ztěžují komfortní a bezchybný provoz elektrobusů. Zaprvé je téměř celá trasa tvořena hrbolatým povrchem vozovky sestaveným z dlažebních kostek. Další nevýhodou je značné převýšení, které místy činí i 30 promile. Za zmínku stojí i vedení trasy kolem amerického velvyslanectví, které zavedlo velmi přísná bezpečnostní opatření a při každém vjezdu elektrobusu je vozidlo zastaveno ochrannou službou Policie ČR kzevrubné kontrole. Tato kontrola může trvat i 5 minut, což na tak krátké trase není nezanedbatelné a přispívá krychlejšímu vybíjení akumulátorů. Tyto problémy vedly kvysoké poruchovosti elektrobusů, kdy vozidla byla častěji ke spatření vústředních dílnách než při výkonu služby. Dopravní podnik přistoupil kreklamaci a v roce 2011 byly elektrobusy vyřazeny zprovozu (DP Praha, 2011).

Od té doby se již linka plně provozovaná elektrobusy vběžném provozu neobjevila. Přestože několikrát dopravní podnik nakupoval midibusy, vždy dal přednost naftovým motorům. Konkrétně DP nakoupil vletech 2013-2016 40 midibusů Solaris Urbino LE 8.9 m. (Seznam autobusu, 2017)

Naděje na návrat elektrobusů se znovu oživily na začátku roku 2014, kdy dopravní podnik ve dnech 22 až 26. ledna testoval autobus Siemens Rampini na lince 216 vtrase Poliklinika Petřiny-Bořislavka. Tento elektrobus využívá perspektivní technologii, kdy dobíjení akumulátorů probíhá trolejovým sběračem podobně jako u tramvaje. Spoje vykonávané tímto autobusem byly v jízdním řádu vedeny jako posilové a přeprava byla zdarma. Z důvodů sněžení a teplot pod bodem mrazu elektrobus poslední den zamrzl a byl vyhodnocen jako nevhodný do pražského provozu. (DP Praha, 2017)

Prvním elektrobusem, který je testován dlouhodobě, je SOR EBN, který je provozován na linkách 213 a 163. V provozu najel více než 100 000 kilometrů bez výraznějších problémů. (SOR, 2016)

Zhlediska soukromých dopravců působících v rámci PID jsou od roku 2016 elektrobusy provozovány v běžném provozu na lince BB centra vtrase

Budějovická-Filadelfie. Jedná se o velmi krátkou linku obsluhující kancelářské komplexy v okolí Brumlovky se stanicí metra Budějovická (Arriva Praha, 2017).

Testování elektrobusů mělo pozitivní efekt ve zburcování konkurence, kdy se ještě v průběhu testování vozidla Siemens ozvala firma SOR a nabídla k testování svůj model SOR EBH 8,5 metru. Tento autobus opět neuspěl. Dle prohlášení DP výdrž akumulátorů zdaleka neodpovídala papírovým údajům.

Jistý zlom přišel až v roce 2015, kdy DP začal testovat elektrobus SOR. Tento bus je testován dlouhodobě na linkách 213 a 163, přičemž v obřatišti Želivského se nachází dobíjecí budka včetně trolejové infrastruktury (Cegelec, 2017).

Tento projekt vznikl na základě předchozích zkušeností, kdy DP Praha vyřadil z testování výše zmiňované typy elektrobusů. Např. podle pana Barchánka, zástupce vedoucího provozu autobusů DPP v budoucnu počítá pouze s nákupem elektrobusů, u nichž se elektricky obsluhuje veškeré vnitřní vybavení (topení, případně klimatizace) a jsou zcela bezemisní, tudíž nejsou hybridní, nýbrž čistě elektrické.

#### **1.4.1. Analýza možností provozu elektrobusů v městském provozu**

Elektrobus je v současnosti nejperspektivnějším alternativním dopravním prostředkem. V provozu má několik zásadních výhod. Tou nejpodstatnější je nulová tvorba emisí. Další výhodou je jejich takřka bezhlučný provoz (Slavík, 2017).

Vzhledem k těmto parametrům jsou elektrobusy zvláště vhodné k provozu v rekreačních areálech, kolonádách nebo naopak v centrech větších měst, kde je tendence nezatěžovat tyto rušná místa dalšími emisemi.

Nevýhodami jsou především vyšší pořizovací cena a kratší dojezd, který je dán především výdrží akumulátorů (FD CVUT, 2015).

#### **1.4.2. Možnosti návrhu provozu elektrobusu v Praze**

Problémy elektrobusů v Praze byly do jisté míry způsobeny jejich nesmyslným alokováním. Linky 292 i 216 jsou linky s kopcovitým terénem, nevhodným povrchem apod. Na začátku roku 2014 bylo testování taktéž ztíženo mrazivým počasím. Za takto extrémních podmínek nejsou nikde elektrobusy provozovány.

Je tedy potřeba se zaměřit na linky méně náročné na technické řešení vozidel, které by byly vhodné k provozu elektrobusu.



Z důvodu snížené obsaditelnosti elektrobusů kvůli prostorové náročnosti akumulátorů je vhodné provozovat elektrobusy na midibusových či standartních linkách a nikoliv na velmi exponovaných páteřních linkách provozovaných klubovými autobusy.

V současnosti v Praze existuje několik linek, kde jsou midibusy provozovány. Jedná se o linky 108, 116, 117, 128, 138, 148, 151, 156, 160, 228, 245 a 257 pod DP a 166, 203 224 pod soukromými dopravci. (ROPID, 2017)

DP k únoru 2017 vypravuje na midibusových linkách 40 Solarisů urbino, 4 Ikarusy E91 a 21 Sorů BN. Všechny tyto autobusy mají naftové motory. (DP Praha, 2017)

Z hlediska standartních linek, DP Praha provozuje více než 120 denních a 14 nočních linek. Taktéž veškeré standartní linky jsou obsluhovány s výjimkou 1 testovacího elektrobusu SOR výhradně naftovými autobusy. (DP Praha, 2017)

## 1.5 Vhodnost linek

Pro provoz elektrobusů bychom měli vybírat především linky s provozem po asfaltových komunikacích s dobou oběhu kolem 60 minut (délka linky v jednom směru kolem 30 minut), abychom se přizpůsobili výdrži akumulátorů. Jelikož vytyčení trasy nové autobusové linky znamená mnoho legislativních překážek a koordinaci s Magistrátem, městskou částí, ROPIDem apod., budu se věnovat nasazení elektrobusů na linky, které jsou v současnosti v provozu a zároveň splňují základní předpoklady pro nejen bezpečný, ale i ekonomicky a kapacitně ekvivalentní provoz elektrobusů. (Ropid, 2016)

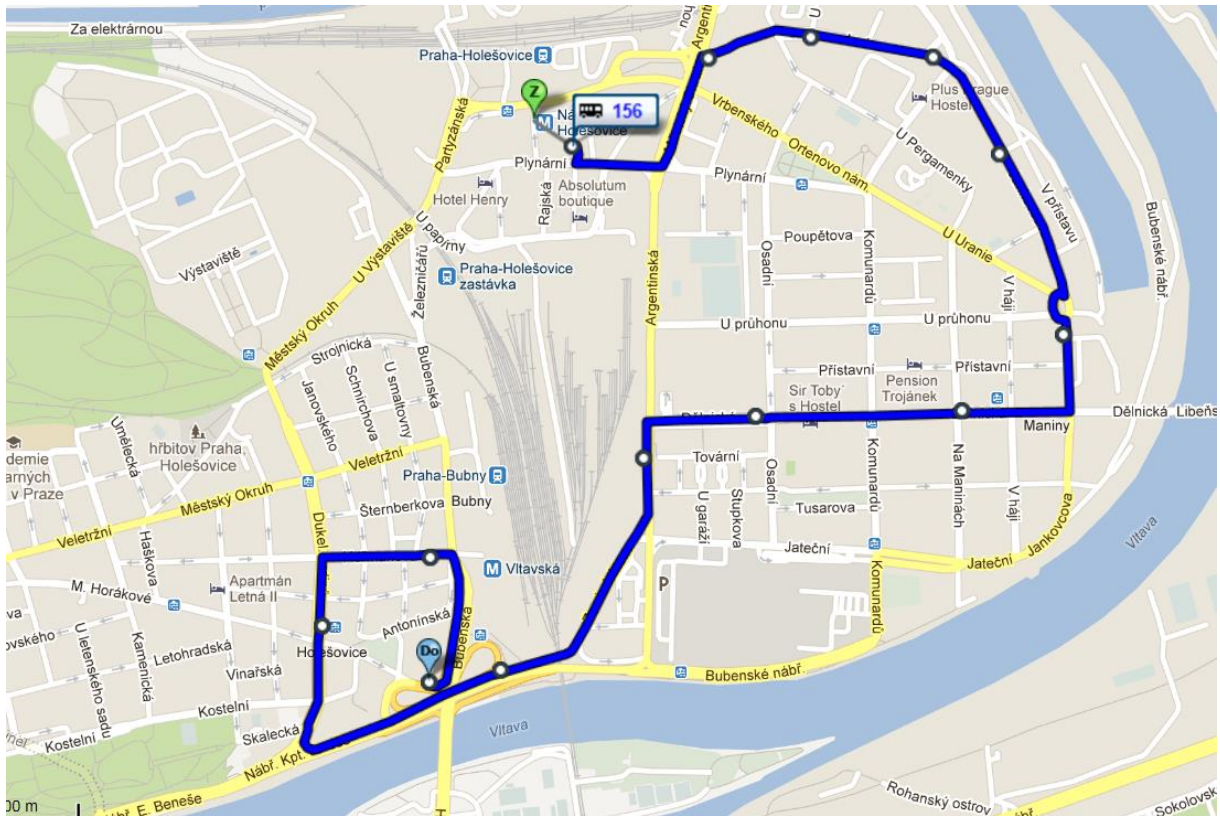
Z takto vybraných linek, které jsou v současnosti provozovány, se jeví výhodný provoz autobusu na akumulátory na linkách 156 a 148, které jsou provozovány DP Praha a 264, kterou v současnosti není v provozu, a v minulosti ji provozoval Bosák bus, odkoupen firmou Arriva. (Arriva, 2017)

Pro účely kalkulace jsem vybral linku 156, která nabízí dostatečný prostor pro umístění dobíjecí budky v prostoru obratiště Nádraží Holešovice. Z hlediska infrastruktury se jedná o linku splňující veškerá kritéria pro provoz elektrobusů, jak z hlediska povrchu vozovek, moderního řešení zastávek, doby obrátů, vytíženosti atd.

Cílem mé kalkulace je spočítat provozní náklady elektrobusů na lince vůči v současnosti provozovaným naftovým autobusům, ve chvíli, kdy by veškeré oběhy dané linky zajišťovaly elektrobusy.

## 1.5.1.Linka 156

Obrázek 2 Mapa linky 156



Zdroj: autor




Linka zajišťuje doplňkovou dopravní dostupnost v lokalitě Holešovic. Po rekonstrukci je velká část oběhu vedena po asfaltovém povrchu a zastávky jsou řešeny v tzv. vídeňském stylu. (ROPID, 2017)

V současné době je linka provozována 2 vozidly.

Délka linky je 6,4 km a autobus vykonává 15 výkonů denně z toho vyplývá nájezd:

	délka linky(km)	počet oběhů
nájezd	6,4	15
denní	96	
měsíční	2880	
roční	34560	

Obrázek 3 Jízdní řád linky 156:

156		  		<b>PRAŽSKÁ INTEGROVANÁ DOPRAVA (PID) - Městská doprava Praha</b> <small>Doprávce: Dopravní podnik hl. m. Prahy, obecní společnost, Sokolovská 217/42, 120 22 Praha 2          informace o provozu PID na tel.: 226 191 817, na internetu: www.dpp.cz</small>		<b>Platnost:</b> <b>od 28.8.2016</b>	
orientační doba jízdy (min)		Tarifní pásmo P		PRACOVNÍ DEN (☆)			
* <b>NÁDRAŽÍ HOLEŠOVICE</b> ⇄		4		4		29	
1 x Jankovcova		5		5			
2 x U Vody		6 00 30		6		2	
3 x Přívozní		7 00 30		7		2	
4 x V Přístavu		8 00 30		8		2	
5 x Přístav Holešovice		9 00 30		9		2	
7 Maniny		10 00 30		10		2	
9 x Osadní		11 00 30		11		2	
10 x Argentinská		12 00 30		12		2	
12 x Vltavská ⇄		13 00 30		13		2	
14 Strossmayerovo náměstí		14 00 30		14		2	
15 x Řezáčovo náměstí		15 00 30		15		2	
16 x Poliklinika Vltavská ⇄		16 00 30		16		2	
18 x Vltavská ⇄		17 00 30		17		2	
20 x Argentinská		18 00 30		18		2	
21 x Osadní		19 00 30		19		2	
23 Maniny		20 00		20		1	
24 x Přístav Holešovice		21		21			
25 x V Přístavu		22		22			
26 x Přívozní		23		23			
27 x U Vody		0		0			
30 <b>NÁDRAŽÍ HOLEŠOVICE</b> ⇄		1		1			
x - na znamení		2		2			
☆ - Všechny spoje zajišťuje nízkopodlažní vozidlo.		3		3			
		0		0			
		1		1			
		2		2			
		3		3			
				<b>V sobotu a neděli linka nejede</b>			

Platí smluvní přepravní podmínky PID a Tarif PID.  
 Jízda s předem zakoupenou jízdenkou.  
 Doplnkový prodej jízdenek s přírážkou u řidiče.  
 Území hl. m. Prahy se počítá jako 4 tarifní pásma.

Soft. CHAPS spol. s r.o. A.

Graf.: T4014 Chron.: 14 Zast.: 115/9 Šabl.: Šablona 15|10|TP

**Zdroj: DP Praha**

Z jízdního řádu linky lze vyčíst počet oběhů vozidel, jízdní dobu a počet vozidel na lince. Vidíme, že na lince po většinu dne obíhají 2 vozidla v 14, respektive 15 obězích. Tato linka je nejideálnější ze zvažovaných z důvodu značných prostojů, kdy prostoje vozidla se rovnají výkonům, v obratišti je tak dostatečný prostor pro dobíjení vozidel. Taktéž jízdní doba 30 minut v jednom cyklu neznámá přetěžování akumulátorů.

## 1.5.2. Další vhodné linky:

### Linka 264

Obrázek 4-Plán linky 264



Zdroj: ROPID, brožura k lince 264

Výhodnost této linky je dána především rovným terénem po celé trase, dále doplňkovým formátem linky, která slouží kmístní obsluze sídliště Řepy (zejména polikliniky a domova důchodců) a dále zahrádkářské kolonie v blízkosti obratiště tramvaje Bílá Hora.

Parametry linky:

Linka jede v trase Zličín-Bílá Hora v půlhodinovém intervalu, ve špičce v intervalu 20 minut.

Na lince jsou v současnosti provozovány tři SORY BN 8.9 a jako záložní vozidlo Mercedes.

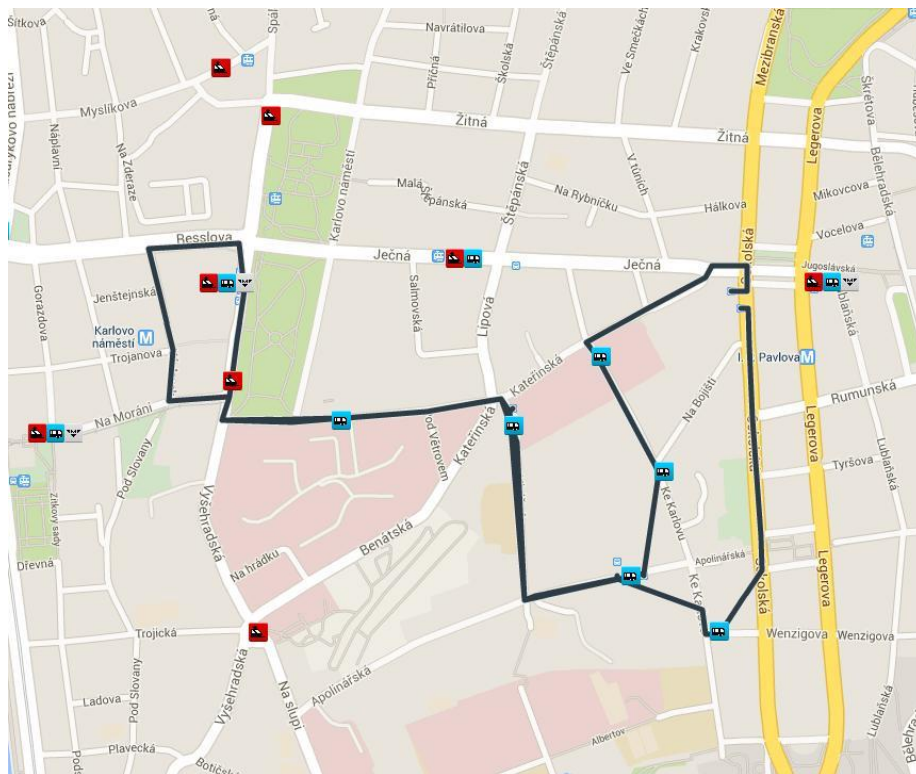
Obsaditelnost provozovaných autobusů je tedy srovnatelná s obsaditelností v současné době vyráběných elektrobusů.

Délka linky je 6,8 km v jednom směru.

Na linku by bylo nutné nasadit tři elektrobusy, abychom pokryli současný 20-ti minutový interval (ROPID, 2017).

## Linka 148

Obrázek 5 Plán linky 148



Zdroj: autor

Jedná se o linku obsluhující areály Všeobecné fakultní nemocnice v centru města a jednu z nejstarších minibusových linek v rámci Prahy. Její postupný vývoj probíhal od roku 2003, kdy byla zavedena pod číslem 291 v rámci evropského projektu Transmission (ROPID, 2017).

## 2. Dojezd

Dojezd elektrobuseů na jedno nabití je omezen především hustotou energie, tj. množstvím uchovávané energie vztažené na objem baterie, a do jisté míry i měrnou energií, tj. množstvím energie vztažené na hmotnost (Richter, 2015). Vzhledem ke konstrukčním a provozním vlastnostem autobusu se při současném stavu technologie pohybuje maximální dojezd standardního elektrobuse s cestujícími na jedno nabití v rozmezí cca 120 až 150 km (Slavík, 2017). Snaha o další výrazné zvyšování dojezdu je na úkor obsaditelnosti autobusu a spotřeby energie na místo kilometr, což je dáno objemem a hmotností trakčních baterií (podle Siemens by baterie na celodenní dojezd představovaly cca 40 % veškeré hmotnosti elektrobuse).

V současné době se baterie využívají pro veškeré zařízení vozidla pouze u některých typů elektrobuseů, jiné typy využívají topení na naftový pohon.

Dle vyjádření pana Barchánka se DP Praha chce vydat cestou elektrobuseů s dobíjením v konečných zastávkách a nejraději formou trolejového dobíjení. V současné době je na trhu poměrně omezený výběr dle těchto kritérií a vsériové výrobě tyto kritéria splňuje pouze Siemens Rampini, ale zbývající výrobci jsou připraveni trolejový sběrač instalovat na přání zákazníka.

Na konkrétní hodnoty dojezdu mají pochopitelně vliv i mnohé další parametry, jako je velikost a konstrukce autobuse, typ akumulátoru apod.

**Tabulka 5 Přehled Dobíjecích systémů:**

	Přípojka	Vstup do vozidla	Cena (Kč)
Zásuvka, AC vstup	3× 400 V AC 250 A	3× 400 V AC 250 A	225 000
Zásuvka, DC vstup	3× 400 V AC 150 A	600 V DC 170 A	2 000 000
Zásuvka z tram sítě	600 V DC 170 A	600 V DC 170 A	375 000
Rameno s kontakty	3× 400 V AC 250 A	3× 400 V AC 250 A	700 000
Pantograf, veřej. síť	3× 400 V AC 260 A	600 V DC 300 A	3 125 000
Pantograf, tram síť	600 V DC 300 A	600 V DC 300 A	800 000
Indukční přenos	3× 400 V AC 125 A	3× 400 V AC 87 A	1 925 000

Zdroj: studie elektromobilita-www.proelektroniky.cz

Za nejzásadnější bod v dobíjení lze dle pana Slavíka zmínit aplikaci standartu CSS Combo pro všechny části infrastruktury. Výhodnost této infrastruktury spočívá v tom, že plně kompatibilní v rámci všech zemí EU a umožňuje aplikaci plně standardizovaného a komplexního systému dobíjení. (Slavík, 2017)

V rámci tohoto standartu se objevuje několik velmi progresivních metod dobíjení, které mohou přispět k širšímu rozšíření elektrobuseů. TOSA DC trakční nabíječ - kombinovaný nabíjecí systém o výkonu 50/200/400kW pro elektrobusey, doplněný trakční výzbrojí vozidla. (ABB, 2016)

**Obrázek 6 Moderní Flash dobíječ**



Zdroj: [www.insideevs.com](http://www.insideevs.com)

Flash dobíjení-velmi rychlé dobíjení elektrickým výbojem který za dobu 10-15 sekund navýší kapacitu až o 20 % nejčastěji na vybraných zastávkách MHD. Výhodou systému je značné prodloužení dojezdu autobusu na lince. (ABB, 2016)

Nabíjení technologií ABB probíhá:

a) Flash dobíjení po dobu 15 minut výkonem 400 kW na vybraných zastávkách v průběhu trasy

b) na konečných zastávkách po dobu 3 až 4 minut výkonem 200 kW, v depu po dobu 45 minut výkonem 50 kW.

Přenos energie zajišťuje bezobslužné robotické rameno ARCS naváděné laserem.

Základní komunikaci vozidla se zastávkou zajišťuje systém GPS. Energii pro pohon vozidla

dodává akumulátor poslední generace o kapacitě 40 kWh umístěný na střeše vozidla

společně s trakčními měniči a robotickým ramenem. Pohon vozidla zajišťují dva trakční vodou

chlazené motory ABB. (ABB, 2016)

***Obrázek 7 Detail Flash nabíjecí technologie ABB:***



Zdroj: [www.insideevs.com](http://www.insideevs.com)



Obrázek 8 Dobudka:



Zdroj: [www.dobudka.cz](http://www.dobudka.cz)

V rámci dlouhodobého testování elektrobuse EBN 11 výrobce SOR na linkách 213 a 163 byla v obratišti Želivského taktéž umístěna dobíjecí budka, která zajišťuje průběžné dobíjení elektrobuse po odjetí každého cyklu. Dobíjení trvá 20 minut, díky čemuž má elektrobuse větší prostoj než naftové autobusy a tomu bylo přizpůsobeno i vypravení daného elektrobuse (SOR, 2015).

Dobudka je připojena k tramvajové síti a její dobíjení je tak vyřešeno přímým trolejovým vedením.

Dobíjecí budka je společným projektem DP Praha a firem SOR a Cegelec. Firma Cegelec reagovala na požadavky DP Praha vzniklé z předchozích testování a umístila na trolejový sběrač (Cegelec, 2017).

Vzájemná koordinace umožňuje výrobcům velmi výrazně a pružně reagovat na problémy, které v průběhu testování vzniknou.

Dle vyjádření pana Barchánka je elektrobus EBN, který je dobudkou dobíjen, nejspolehlivější z doposud testovaných. (Barchánek, 2016)

*Obrázek 9 obratiště Želivského:*



*Zdroj: autor*

# **PRAKTICKÁ ČÁST**

## 3. Výběr elektrobuse

Pro účel své kalkulace, jsem se rozhodl vybrat nejrentabilnější elektrobuse a porovnat ho s naftovým autobusem.

Taktéž jsem se rozhodl metodou vícekriteriálního rozhodování vybrat sériově vyráběný elektrobuse s nejlepšími parametry a jeho ceny výkonů či investiční výdaj porovnat s naftovým autobusem, v současnosti na lince provozovaným.

V současnosti se výrobě elektrobuse v ČR nejvíce věnuje firma SOR, která má v portfoliu dva modely lišící se především délkou. V poslední době se značně začíná prosazovat i Škoda Transportation se svým modelem Škoda Perun.

### 3.1. Technická specifikace elektrobuse:

Tabulka 6 Porovnání jednotlivých parametrů elektrobuse

	Délka (m)	Celková kapacita (počet míst)	Kapacita baterií (kWh)	Spotřeba (kWh/km)	Dojezd (km)	Kapacita baterií (kWh/místkm)	Spotřeba energie (kWh/místkm)
ZEUS	5,9	36	58	0,44	120	0,013	0,012
SOR EBN8	8	51	173	0,76	159	0,021	0,015
SOR EBN9,5	9,79	73	173	0,83	145	0,016	0,011
SOR EBN10,5	10,37	85	173	0,89	136	0,015	0,010
BYD *)	12	54	324	1,09	250	0,024	0,020
ERABUS	11,48	86	218	1,02	150	0,017	0,012
Solaris Urbino E 12	12	85	210	1,04	141	0,018	0,012
AMZ CS10E *)	10	83	230	1,04	170	0,016	0,013

\*) Výsledky testů v DP Ostrava, červenec 2013 a červen 2014

Zdroj: studie *E-mobilita-[www.proelektrotechniky.cz](http://www.proelektrotechniky.cz)*

V následujících tabulkách uvádím údaje jednotlivých vozidel

Škoda Perun

**Tabulka 7 Údaje Škoda Perun**

Dojezd	150 km
Obsaditelnost	80 osob (27 sedících a 58 stání)
Spotřeba	-
Konstr. rychlost	70 km/h
Akumulátory	Lithium-polymerové
Výkon	160 kW
Brzda	Elektrická
Cena	-

**Zdroj: Škoda Transportation a.s.**

SOR EBN 10.5

SOR je předním českým výrobcem autobusů, co do počtu vyrobených autobusů drží 2. příčku po Iveco Czech.

Na segment elektrobuses se začal soustředit v roce 2012, přičemž v roce 2017 nabízí 2 modely elektrobuses, lišící se především délkou a obsaditelností, a to SOR EBN 8 a 10.5 metru. [2]

**Tabulka 8 Údaje SOR**

Dojezd	200 km
Obsaditelnost	16 sedících a 33 stojících
Spotřeba	0.7 kWh/km
Konstr. rychlost	80 km/h
Akumulátory	Lithium-iontové
Výkon	špičkový výkon 180 kW/400 V AC, trvalý výkon 120 kW/400 V AC
Brzda	Elektrická s rekuperací
Cena	8.5 milionů Kč

**Zdroj: SOR a.s.**

EVC group First FLF

Evc group je česká firma specializující se jak na přestavby užitkových a osobních vozidel na elektrická, tak i na vývoj vlastního elektrobuse.

Velkou výhodou této společnosti je vlastní vývoj a výzkum v oblasti akumulátorů a trakcí a z toho plynoucí schopnost mnohem lépe reagovat na požadavky zákazníků.

**Tabulka 9 Údaje EVC**

Dojezd	170 km
Obsaditelnost	30 osob
Spotřeba	-
Konstr. rychlost	80 km
Akumulátory	Li-Pol trakční akumulátory
Výkon	-
Brzda	-
Cena	5 milionů Kč

**Zdroj:** EVC Group s.r.o., Hybrid.cz

Výroba v ostatních zemích:

Siemens Rampini:

**Tabulka 10 Údaje Siemens**

Dojezd	200 km
Obsaditelnost	13 sedících a 33 stojících
Spotřeba	1,0 kWh/km
Konstr. rychlost	62 km/h
Akumulátory	Lithium-Ferrit
Výkon	Trvalý 85 kW, špičkový 150 kW
Brzda	-
Cena	12 000 000 Kč

**Zdroj:** Siemens a.s.

Solaris Urbino E12

**Tabulka 11 Údaje Solaris**

Dojezd	130 km
Obsaditelnost	85 osob
Spotřeba	0,72 kWh/km
Konstr. rychlost	-
Akumulátory	Lithiové
Výkon	160 kW
Brzda	EBS
Cena	-

**Zdroj:** Solaris

BYD K9

BYD je stále rostoucí čínskou firmou, která profituje z ohromného množství příležitostí v této asijské zemi. Společnost vyrábí již 20 % svých vozidel selektrickým pohonem. V posledních letech se začíná i na vývoz do zemí celého světa, v ČR je prvním dopravcem, který si zakoupil vozidla tohoto výrobce (i když s naftovým pohonem) ČSAD Vsetín.

**Tabulka 12 Údaje BYD**

Dojezd	250 km
Obsaditelnost	54 osob
Spotřeba	1,09 kwh/km
Konstr. rychlost	96 km/h
Akumulátory	Lithiové
Výkon	-
Brzda	-
Cena	14 000 000 Kč

**Zdroj: BYD**

AMZ

AMZ je polský výrobce autobusů, nabízející své produkty od roku 1999.

**Tabulka 13 Údaje AMZ**

Dojezd	170 km
Obsaditelnost	83 osob
Spotřeba	1,04 kwh/Km
Konstr. rychlost	-
Akumulátory	-
Výkon	-
Brzda	-
Cena	-

**Zdroj: AMZ a.s., Buspress.cz**

### 3.2. Výběr rentabilního řešení:

Pro výběr nejrentabilnějšího elektrobusu jsem vybral vozidla, která jsou již provozována ve větším počtu než 10 vozidel a jejich data odpovídají provozním zkušenostem, nejenom tabulkově uváděným datům výrobců. Proto jsem zvolil pro porovnávání vozidlo SOR, dlouhodobě testované v rámci ČR, elektrobus Siemens testovaný ve Vídni, v současnosti nejpoužívanější elektrobus BYD a EVC testovaný v Hradci Králové.

Ceny vozidel odpovídají datům DP Praha, u vozidla EVC pak datům poskytnutými panem Vejbořem. Z těchto vozidel se jako nejrentabilnější jeví elektrobus EVC s cenou 5 milionů, která je řádově nižší než u ostatních tří vozidel.

### 3.3.vyhodnocení elektrobusů metodou vícekriteriálního rozhodování

Pro zvolení elektrobusu s nejlepšími parametry jsem se rozhodl vyhodnotit výše zmíněné typy elektrobusů metodou vícekriteriálního rozhodování. Zvolil jsem 5 kritérii, která mi po konzultaci s odborníky z praxe přišla relevantní, a taktéž mé ohodnocení kritérií bylo zvoleno po konzultacích. Za nejpodstatnější kritérium byl určen dojezd a za další dvě důležitá kritéria poté kapacita baterií, která úzce souvisí s nabíjecím cyklem a taktéž cena.

Tabulka 14 Vícekriteriální rozhodování

	Varianta	K1	K2	K3	K4	K5
		dojezd	Spotřeba	obsaditelnost	kapacita baterií(kWh)	cena( mil)
SOR EBN 10.5	V1	200	0,7	48	173	8 500
Siemens Rampini	V2	200	1	46	250	12 000
BYD	V3	250	1,09	54	320	14 000
EVC	V4	170	0,6	30	150	5 000

	K1	K2	K3	K4	K5	suma
	dojezd	spotřeba	obsaditelnost	kapacita baterií	cena( mil)	
E1	9	6	5	7	7	34

	K1	K2	K3	K4	K5	suma
	dojezd	spotřeba	obsaditelnost	kapacita baterií	cena	
E1	0,264705882	0,176470588	0,147058824	0,205882353	0,205882	1
Pr	0,264705882	0,176470588	0,147058824	0,205882353	0,205882	
Pořadí	1	3	4	2		

#### 1. Zvolená stupnice

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5
počet bodů	dojezd	spotřeba	obsaditelnost	kapacita baterií	cena
1	170-186	0,6-0,698	30-34,8	150-184	5-6,8
2	186-202	0,698-0,796	34,8-39,6	184-218	6,8-8,6
3	202-218	0,796-0,894	39,6-44,4	218-252	8,6-10,4
4	218-234	0,894-0,992	44,4-49,2	252-286	10,4-12,2
5	234-250	0,992-1,09	49,2-54	286-320	12,2-14
typ kritéria	V	N	V	V	N



## 2. Bodové ohodnocení

	kritérium	K1	K2	K3	K4	K5
	varianta	dojezd	spotřeba	obsaditelnost	kapacita baterií	cena
Sor	V1	2	2	4	1	2
Siemens Rampini	V2	2	5	4	3	4
BYD	V3	5	5	5	5	5
EVC	V4	1	1	1	1	1
typ kritéria		V	N	V	V	N

kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	wt	
varianta	dojezd	spotřeba	obsaditelnost	kapacita baterií	cena		pořadí
V1	0,529412	0,352941176	0,588235294	0,205882353	0,4117647	2,088235294	3
V2	0,529412	0,882352941	0,588235294	0,617647059	0,8235294	3,441176471	2
V3	1,323529	0,882352941	0,735294118	1,029411765	1,0294118	5	1
V4	0,264706	0,176470588	0,147058824	0,205882353	0,2058824	1	4

Zdroj: autor, dle (Klicnarová, JU, 2012) a (Jablonský, 1997)

Z hlediska vícekritériálního rozhodování se jako nejlepší jeví čínský autobus BYD. Jeho výhodnost je zřejmě důvodem, proč je v současné době nejpoužívanějším typem elektrobusem na světě s více než 5000 vozidly provozovanými kromě čínských velkoměst např. i v Londýně či New Yorku.

## 4. Kalkulace autobusu

Kalkulace vychází z metodiky pana Tichého (IODA, 2016) a (Baroch, Tichý a kol., 2016)

Kalkulaci definuje prof. Fotr jako stanovení nákladů (výdajů) na kalkulační jednici. (Fotr, 2011)

Metody zjišťování kalkulací:

- 1) kalkule dělením:
  - a) prosté dělení
  - b) pomocí poměrových čísel
- 2) kalkule přiřázková:
  - a) pomocí rozvrhové základny
  - b) postupná a průběžná

Kalkulace vychází jak z dat z veřejně přístupných zdrojů, tak částečně i z dat poskytnutých interně DP Praha.

Tabulka 15 Kalkulace autobusu

Ukazatel	měrná jednotka	Vozidlo
doba provozu vozidla	hod	4800
v tom: doba jízdy	hod	2400
doba stání = ř.1 – ř.2	hod	2400
dopravní výkon – celkový (skutečný)	km	34 560
dopravní výkon – ložený resp.obsazený (placený)	km	

Dopravní výkon vozidla linky 156 je 34 560 km. Doba jízdy a doba stání vozidla na této lince jsou shodné.

## 1. POHONNÉ HMOTY

průměrná spotřeba	l / 100 km	25
průměrná cena	Kč / l	40
pohonné hmoty = (ř.4 x ř.6 x ř.7 / 100)	<b>Kč</b>	<b>345 600</b>

## 2. PŘÍMÝ MATERIÁL

### 2.1. PNEUMATIKY

životnost (proběh) pneumatik	km	250 000
počet pneumatik na vozidle	ks	6
průměrná cena 1 pneumatiky	Kč / ks	20 000
ostatní náklady	Kč	
pneumatiky = (ř. 10 x ř.11 x ř.4 / ř.9) + ř.12	<b>Kč</b>	<b>17 760</b>

### 2.2. OSTATNÍ PŘÍMÝ MATERIÁL

odborný odhad: sazba z nákladů na PHM	6	
ostatní přímý materiál = (ř.8 x ř.14 / 100)	<b>Kč</b>	<b>0</b>

Nebo

interval výměny oleje	km	1 000
množství oleje v 1 výměně	l	3
průměrná cena oleje	Kč / l	150
a) oleje = ř.17 x ř.18 x ř.4 / ř.16	Kč	16 650
b) jiné provozní kapaliny a maziva	Kč	10 000
c) jiný přímý materiál	Kč	
ostatní přímý materiál = (Σ ř.19 až 21)	<b>Kč</b>	<b>26 650</b>

Interval výměny odpovídá provozním zkušenostem.

### 3. OSOBNÍ NÁKLADY – ŘIDIČI

		Řidič
a) hrubá mzda řidiče (vč. Odměn a příplatků apod.)	Kč	240 000
b) povinné odvody	Kč	48 000
c) diety	Kč	
d) školení, prohlídky	Kč	
e) ostatní osobní náklady	Kč	
osobní náklady celkem = ( $\Sigma$ ř.23 až 27)	<b>Kč</b>	<b>288 000</b>

Mzda řidiče činí 125 Kč/hodina, což odpovídá mzdě 20 000 Kč měsíčně.

### 4. ODPISY, PRONÁJEM A LEASING

#### 4.1. Odpisy, pronájem a leasing vozidel

a) odpisy vozidla	Kč	890 000
b) pronájem a leasing vozidla	Kč	
odpisy, pronájem a leasing vozidel = (ř.29 + ř.30)	<b>Kč</b>	<b>890 000</b>

Odpisy započteny pro druhý rok provozu. Odpisová třída č. 2, odpisovací doba 5 let. Pořizovací cena 4 000 000 Kč.  $4000000 \text{ krát } 0,2225 = 890\,000 \text{ Kč}$ .

#### 4.2. Odpisy a pronájem zařízení souvisejících s vozidly

a) odpisy zařízení	Kč	
b) pronájem a leasing zařízení	Kč	
odpisy a pronájem zařízení = (ř.32 + ř.33)	<b>Kč</b>	

#### 4.3. Úroky z úvěrů na vozidla a zařízení souvisejících s vozidly

úroky z úvěrů	<b>Kč</b>	<b>25 000</b>
---------------	-----------	---------------

### 5. OPRAVY A UDRŽOVÁNÍ DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ

<i>odborný odhad</i> : sazba z pořizovací ceny vozidla	[%]	
opravy a údržba = ( $PC \times \text{ř.36} / 100$ )	<b>Kč</b>	

nebo

údržba	Kč	50 000
opravy	Kč	50 000
opravy a údržba = (ř.38 + ř.39)	<b>Kč</b>	<b>100 000</b>

Údržbu DP počítá jako 4% pořizovací ceny autobusu ročně.

### 6. OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY

#### 6.1. Nezávislé na konkrétním výkonu

silniční daň – tuzemská	Kč	10 000
silniční daň – zahraniční	Kč	

a) silniční daň = ř.41 + ř.42	Kč	10 000
pojištění odpovědnosti z provozu vozidla (POV)	Kč	
havarijní pojištění (HAV)	Kč	
b) pojištění vozidla = ř.44 + ř.45	Kč	0
státní technická kontrola (STK) a emise	Kč	
časové zpoplatnění (tj. dálniční známky)	Kč	
ostatní přímé náklady – nezávislé	Kč	
c) jiné nezávislé přímé náklady = $\Sigma$ ř.47 až 49	Kč	0
nezávislé ostatní přímé n. = (ř.43 + ř.46 + ř.50)	<b>Kč</b>	<b>10 000</b>

## 6.2. Závislé na konkrétním výkonu

mýtné	Kč	
poplatky – dopravní	Kč	
poplatky – přepravní	Kč	
parkování	Kč	
jiné závislé přímé náklady	Kč	
závislé ostatní přímé náklady = ( $\Sigma$ ř.52 až 56)	<b>Kč</b>	<b>0</b>

## CELKOVÉ REŽIJNÍ NÁKLADY

odborný odhad: sazba z přímých mezd = $\Sigma$ ř.28	%	<b>20</b>
režijní náklady = ř.58 nebo ř.59	<b>Kč</b>	<b>57 600</b>
		57 600

## 7. PROVOZNÍ REŽIE

odborný odhad: sazba z celkových režijních nákl.	%	<b>60</b>
provozní režie = $\text{ř.60} \times \text{ř.61} / 100$	<b>Kč</b>	<b>34 560</b>
		34 560

Provozní režie tvoří 60 % režijních nákladů. Nejvýznamnější položkou jsou pravidelná školení řidičů a kontroly.

## 8. SPRÁVNÍ REŽIE

odborný odhad: sazba z celkových režijních nákl.	%	<b>40</b>
správní režie = $\text{ř.60} \times \text{ř.76} / 100$	<b>Kč</b>	<b>23 040</b>
		23 040

Správní režie DP Praha činí 40 % celkových režijních nákladů. Jedná se především o ostrahu garáží, úklid autobusu a zaměstnanecké benefity

## 9. ZISK

odborný odhad: sazba ze zprac.nákladů, kap.3-8	%	0
$zisk = (\Sigma náklady kap.3 až 8) \times \dot{r}.108 / 100$	Kč	0

DP Praha jako dotovaný podnik negeneruje zisk z provozu vozidel.

## 5.Výsledky autobus

Tabulka 16 Výsledky autobusu

NÁKLADY [Kč]	Vozidlo
<b>1. Pohonné hmoty a energie</b>	<b>345 600</b>
<b>2. Přímý materiál (kap. 2.1 + 2.2)</b>	<b>16 589</b>
z toho: 2.1. Pneumatiky	16 589
2.2. Ostatní přímý materiál	0
<b>3. Osobní náklady - řidiči</b>	<b>288 000</b>
<b>4. Odpisy, pronájem a leasing (kap. 4.1 + 4.2 + 4.3)</b>	<b>890 000</b>
z toho: 4.1.Odpisy, pronájem a leasing vozidel	890 000
4.2. Odpisy a pronájem příslušenství vozidel	0
4.3. Úroky z úvěrů na k. 4.1. a 4.2.	0
<b>5. Opravy a udržování dopravních prostředků</b>	<b>100 000</b>
<b>6. Ostatní přímé náklady (kap. 6.1 + 6.2)</b>	<b>10 000</b>
z toho: 6.1. Nezávislé na konkrétním výkonu	10 000
6.2. Závislé na konkrétním výkonu	0
<b>PŘÍMÉ NÁKLADY (kap. 1 až 6)</b>	<b>1 650 189</b>
<b>7. Provozní režie</b>	<b>34 560</b>
<b>8. Správní režie</b>	<b>23 040</b>
<b>REŽIJNÍ NÁKLADY (kap. 7 až 8)</b>	<b>57 600</b>
<b>CELKOVÉ NÁKLADY (kap. 1 až 8)</b>	<b>1 707 789</b>
<b>9. Zisk (ztráta)</b>	<b>0</b>
<b>CENA VÝKONU (kap. 1 až 9)</b>	<b>1 707 789</b>

## 6.Kalkulace elektrobuseu BYD

Uvádím jen položky lišící se od autobusu.

Tabulka 17 Kalkulace BYD

### 1.Spotřeba elektřiny

nájezd	km	34560,00
cena elektřiny	Kč/kwh	1,5
spotřeba elektřiny	kWh/km	1,09
<b>náklady</b>	<b>Kč</b>	<b>56 506</b>

Cena elektřiny vychází z ceníku E-mobilita Pražské energetiky, který využívá i DP Praha.

### 4.1. Odpisy, pronájem a leasing vozidel

a) odpisy vozidla	Kč	3 150 000
b) pronájem a leasing vozidla	Kč	
<b>odpisy, pronájem a leasing vozidel = (ř.29 + ř.30)</b>	<b>Kč</b>	<b>3 150 000</b>

### 5. OPRAVY A UDRŽOVÁNÍ DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ

údržba	Kč	25 000
opravy	Kč	25 000
<b>opravy a údržba = (ř.38 + ř.39)</b>	<b>Kč</b>	<b>50 000</b>

*Dle zkušeností DP je cena údržby elektrobuseů poloviční, zejména z důvodu kratší provozuschopnosti.*

## 7.Kalkulace nejlevnějšího elektrobusu- EVC

Tabulka 18 Kalkulace EVC

### 1. Spotřeba elektřiny

nájezd	km	34560,00
cena elektřiny	Kč/kwh	1,5
spotřeba elektřiny	kWh/km	0,50
<b>náklady</b>	<b>Kč</b>	<b>25 920</b>

### 4.1. Odpisy, pronájem a leasing vozidel

a) odpisy vozidla	Kč	1 112 500
b) pronájem a leasing vozidla	Kč	
<b>odpisy, pronájem a leasing vozidel = (ř.29 + ř.30)</b>	<b>Kč</b>	<b>1 112 500</b>

### 5. OPRAVY A UDRŽOVÁNÍ DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ

údržba	Kč	25 000
opravy	Kč	25 000
<b>opravy a údržba = (ř.38 + ř.39)</b>	<b>Kč</b>	<b>50 000</b>

## 8.Výsledky nejlevnějšího elektrobusu- EVC

Tabulka 19 Výsledky EVC

<b>NÁKLADY</b> [Kč]	<b>Vozidlo</b>
<b>1. Pohonné hmoty a energie</b>	<b>25 920</b>
<b>2. Přímý materiál (kap. 2.1 + 2.2)</b>	<b>16 589</b>
z toho: 2.1. Pneumatiky	16 589
2.2. Ostatní přímý materiál	0
<b>3. Osobní náklady - řidiči</b>	<b>288 000</b>
<b>4. Odpisy, pronájem a leasing (kap. 4.1 + 4.2 + 4.3)</b>	<b>1 112 500</b>
z toho: 4.1.Odpisy, pronájem a leasing vozidel	1 112 500
4.2. Odpisy a pronájem příslušenství vozidel	0
4.3. Úroky z úvěrů na k. 4.1. a 4.2.	0
<b>5. Opravy a udržování dopravních prostředků</b>	<b>50 000</b>
<b>6. Ostatní přímé náklady (kap. 6.1 + 6.2)</b>	<b>10 000</b>
z toho: 6.1. Nezávislé na konkrétním výkonu	10 000
6.2. Závislé na konkrétním výkonu	0
<b>PŘÍMÉ NÁKLADY (kap. 1 až 6)</b>	<b>1 503 009</b>

<b>7. Provozní režie</b>	<b>34 560</b>
<b>8. Správní režie</b>	<b>23 040</b>
<b>REŽIJNÍ NÁKLADY (kap. 7 až 8)</b>	<b>57 600</b>
<b>CELKOVÉ NÁKLADY (kap. 1 až 8)</b>	<b>1 560 609</b>
<b>9. Zisk (ztráta)</b>	<b>0</b>
<b>CENA VÝKONU (kap. 1 až 9)</b>	<b>1 560 609</b>

## 9. Výsledky elektrobusu vybraného vícekritériálním rozhodováním- BYD

Tabulka 20 Výsledky BYD

<b>NÁKLADY [Kč]</b>	<b>Vozidlo</b>
<b>1. Pohonné hmoty a energie</b>	<b>56 506</b>
<b>2. Přímý materiál (kap. 2.1 + 2.2)</b>	<b>16 589</b>
z toho: 2.1. Pneumatiky	16 589
2.2. Ostatní přímý materiál	0
<b>3. Osobní náklady - řidiči</b>	<b>288 000</b>
<b>4. Odpisy, pronájem a leasing (kap. 4.1 + 4.2 + 4.3)</b>	<b>3 150 000</b>
z toho: 4.1. Odpisy, pronájem a leasing vozidel	3 150 000
4.2. Odpisy a pronájem příslušenství vozidel	0
4.3. Úroky z úvěrů na k. 4.1. a 4.2.	0
<b>5. Opravy a udržování dopravních prostředků</b>	<b>50 000</b>
<b>6. Ostatní přímé náklady (kap. 6.1 + 6.2)</b>	<b>10 000</b>
z toho: 6.1. Nezávislé na konkrétním výkonu	10 000
6.2. Závislé na konkrétním výkonu	0
<b>PŘÍMÉ NÁKLADY (kap. 1 až 6)</b>	<b>3 571 094</b>
<b>7. Provozní režie</b>	<b>34 560</b>
<b>8. Správní režie</b>	<b>23 040</b>
<b>REŽIJNÍ NÁKLADY (kap. 7 až 8)</b>	<b>57 600</b>
<b>CELKOVÉ NÁKLADY (kap. 1 až 8)</b>	<b>3 628 694</b>
<b>9. Zisk (ztráta)</b>	<b>0</b>
<b>CENA VÝKONU (kap. 1 až 9)</b>	<b>3 628 694</b>



# 10.CAPM

Model CAPM (Capital Asset Pricing Model - CAPM) , česky oceňování kapitálových aktiv je používán při výpočtu očekávané míry návratnosti cenných papírů. Zároveň se používá pro výpočet nákladů akciového kapitálu. (Febmat, 2017)

**Vzorec (Fotr, 2011):**

**bezriziková míra +  $\beta$  \* tržní riziková prémie**

kde:

tržní riziková prémie či tržní riziková přirážka (P) = (očekávaná tržní výnosnost - bezriziková míra) → výnosnost celého trhu nebo segmentu trhu nad úroveň bezrizikové míry

bezriziková míra: nejčastěji výnos ze státních dluhopisů

koeficient  $\beta$ : poměr systematického rizika konkrétní firmy ve srovnání s tržním rizikem:

- $\beta > 1$  → konkrétní akcie je rizikovější (více volatilní) než akcie na trhu (např. cena firemních akcií roste rychleji než průměrná akcie na daném tržním segmentu)
- $\beta < 1$  → konkrétní akcie je méně riziková (volatilní) než akcie na trhu

Za  $r_f$  do vzorce dosazují 6,3 % což je výnosnost státních dluhopisů, které představují za běžných okolností bezrizikovou investici. Po konzultaci jsem určil hodnotu  $r_m$  (výnos tržního portfolia) rovnou 10 %. Dále se ve vzorci vyskytuje koeficient  $\beta$ . Tento koeficient závisí na odvětví, ve kterém se firma pohybuje. Čím vyšší koeficient je, tím je odvětví rizikovější. Hodnota vychází z tabulek prof. Damodarana a pro rok 2016 činí 3,59.

CAPM=  $r_f$  plus  $\beta$  ( $r_m$  minus  $r_f$ )

CAPM= 0,063 plus 3,59(0,1 minus 0,063)=0,19583

# 11. NPV

Metoda čisté současné hodnoty, obvykle se používá zkratka NPV nebo ČSH, je jedním z nejvhodnějších a nejpoužívanějších finančních kritérií. Je v ní zahrnuta celá doba životnosti projektu, i možnost investování do jiného stejně rizikového projektu. Bere v úvahu časovou hodnotu peněz, závisí pouze na předvídaných hotovostních tocích. (Valach, 2006)

Výpočet :

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

kde:

NPV... čistá současná hodnota,

$CF_t$ ...peněžní toky v jednotlivých letech,

n...doba životnosti projektu,

r...diskontní úroková míra.

BYD Za investici dosazují 28 000 000- 8 000 000= 20 000 000 Kč

EVC 10 000 000- 8 000 000= 2 000 000 Kč

## Čistá současná hodnota modelu EVC

Daňové odpisy 1.rok 11 %, dále 4 roky 22,25 %

- 1.rok 1257 789- 998 109= 259 680 Kč
- 2. až 5. rok 1 707 789- 1 560 609=147 180 Kč
- 6.rok EVC 1560609-1112500=448109

Autobus 1707789-890 000=817 789 Kč

817 789-448 109= 368 680 Kč

Počítáno pro 2 vozidla- hodnoty krát 2

$$NPV = -2\,000\,000 + \frac{519\,360_1}{(1+0,19583)^1} + \frac{294\,360_{2-5}}{(1+0,19583)^{2-5}} + \frac{737\,360_6}{(1+0,19583)^6} = -670\,982 \text{ Kč}$$

## Čistá současná hodnota modelu BYD

U modelu BYD je předpoklad mnohem větší nerentabilnosti z důvodu vysoké pořizovací ceny.

1.rok 440 000-1 540 000=-1 100 000 Kč

2.-5. rok 1 707 789- 3 628 694=-1920905 Kč

6.rok 817 789-478 694=339095 Kč

$$NPV = -20\,000\,000 + \frac{-1100000_1}{(1+0,19583)^1} + \frac{-1920905_{2-5}}{(1+0,19583)^{2-5}} + \frac{339\,095_6}{(1+0,19583)^6} = -24995371.86 \text{ Kč}$$

## 12.CEA

U dopravních investic se dle (Eisler, 2011) doporučuje kalkulovat přínosy projektu i metodou CEA.

### Metoda CEA

U metody CEA se suma jednotlivých ročních nákladů dělí výnosovým kritériem.

Já jsem za kritérium zvolil kapacitu baterií.

U modelu EVC kapacita činí 78 kWh.

U modelu BYD poté kapacita činí 324 kWh.

Vzorec:

$$\frac{\text{suma } \frac{C_t}{(1+\text{plus } r)^t}}{E}$$

Výpočet EVC

$$\frac{\frac{519360_1}{(1 + 0,19583)^1} + \frac{294\,360_{2-5}}{(1 + 0,19583)^{2-5}} + \frac{737\,360_6}{(1 + 0,19583)^6}}{78}$$

=17038,69 Kč

Výpočet BYD

$$\frac{\frac{-1100000_1}{(1 + 0,19583)^1} + \frac{-1920905_{2-5}}{(1 + 0,19583)^{2-5}} + \frac{339\,095_6}{(1 + 0,19583)^6}}{324}$$

=-15417,81 Kč

Jako výhodnější je dle (Soukupová, MU, 2016) investice, s vyšší, kladnou CEA, což je v tomto případě předvídatelně EVC.

## 13. Zhodnocení kalkulace

Z důvodu stále velmi drahé technologie elektrobuseů (zejména akumulátorů) jsou elektrobusey v průměru dvaapůlkrát dražší než naftové autobusy. Taktéž životnost akumulátorů je zhruba poloviční než životnost autobusu. Z důvodu ceny akumulátorů kolem 40% pořizovací ceny (FD CVUT, 2015) autobusu, tudíž často okolo 4 mil. Kč se v současné době nevyplácí jejich výměna a elektrobuse se vyřazuje jako celek. Tím je jeho životnost zhruba poloviční, než u „standartních“ autobusů, což elektrobusey nadále znevýhodňuje.

Proto kalkulace bez dotačních programů vyšla dle předpokladů pro současné elektrobusey jako nevýhodná.

V případě modelu EVC se jedná o ztrátu 670 982 Kč v horizontu 6-ti let. Tato ztráta je teoreticky ještě ufinancovatelná zvýšením tržeb z jízdného či zjištěním, že skutečné náklady na údržbu elektrobuse byly podstatně nižší.

U modelu s nejlepšími parametry, ale zároveň i s nejvyšší pořizovací cenou-BYD, je ztráta mnohem hlubší, a to ve výši 24 995 371.86 Kč.

V tomto případě se jedná o investici s takovou ztrátou, že ji bez dotací prakticky nemá smysl realizovat. Tento autobus je v Čínských městech provozován v počtu kolem 3000 kusů již od roku 2008. Je zde ale nutné zmínit, že Čínská lidová republika je v oblasti dotací jednou z nejštedřejších zemí a to je i případ elektromobility (BYD, 2017).

Dále je třeba zmínit, že u kalkulace stále není možné veškeré parametry zcela vyčíslit. Jedná se zejména o náklady na údržbu elektrobuses, které se v prvních letech ukazují jako zhruba poloviční, u některých vozidel dokonce třetinové oproti údržbě autobusů, ale není jisté, zda se premisa prokáže i u dlouhodobějšího testování. Velkou neznámou je i předpokládaná životnost akumulátorů, která je uváděna jako 6-ti letá, ale v praxi se ještě nikdy tak dlouho elektrobuses netestoval. Je tedy možné, že akumulátory vydrží výrazně déle, byť se sníženým dojezdem díky mezi nabití (FD CVUT, 2014).

Při hodnocení kalkulace jsem se setkával s velmi rozdílnými pohledy výrobců a dopravců na rentabilitu elektromobilitu.

Dle osobních rozhovorů s panem Barchánkem je DP Praha připraven do období 5-ti let nakoupit flotilu až 50-ti elektrobuses, pokud tyto vozidla v testování uspějí. Již ke konci letošního roku (2017) se DP Praha připravuje na nasazení elektrobuses na veškeré oběhy linky 207 v trase Staroměstská-Ohrada a s tím související přesun dobudky z obratiště Želivského na Ohradu. DP Praha je ale často zklamán nereálnými tabulkovými údaji uváděnými výrobcem, zejména u dříve testovaných vozidel byl problém taktéž se subtilní, nekvalitním dílenským zpracováním elektrobuses a nezvládnutím obtížnějších povětrnostních a klimatických podmínek (Barchánek, 2017).

Naopak výrobci si často stěžují na nadhodnocené očekávání dopravců, kdy dopravní podniky často vyžadují 100% otestované vozidlo plně odpovídající údajům (nutno zmínit, že údaje o vozidlech, zejména o spotřebě jsou často dle testování FD CVUT nadhodnoceny i u naftových autobusů), které bude dodáno takřikajíc na klíč a nebude se v průběhu provozu chovat nepředvídatelně (Černý, 2016) a (Vejbor, 2015).

Z hlediska sblížení těchto dvou světů mohou prospět v jistém směru za převratné projekty dobudky v Praze, a projekt spolupráce města Plzně,

Plzeňských městských dopravních podniků a Škody Transportation a.s. v rámci projektu ZeEUs.

Oba tyto projekty mají jako jednu z ambicí právě vzájemnou koordinaci dopravních podniků s výrobcí. Takováto spolupráce vede jak k předcházení nedostatkům, tak i k postupnému vylepšování vozidla i infrastruktury na základě vyplynulých požadavků či nedostatků.

Z toho důvodu všechna města, která o elektrobusy usilují, nebo je již v současnosti provozují, využívají pro financování dotační programy, z nichž nejvýznamnější je Horizon 2020, což je i případ města Třinec (Idnes, 2017).

Tyto dotační programy se podílejí na financování až 90% ceny elektrobusů, což samozřejmě značně mění počáteční výdaj. Zároveň by ale do budoucna měla nastat snaha o financování elektrobusů i bez dotací, protože dotace nejsou samozřejmě neomezené, a dovolují nákup vozidel jen v omezené míře.

Současný překotný vývoj může ve střednědobém horizontu (do 10-ti let) zlepšit konkurenceschopnost elektrobusů a při rozjezdu masovější výroby vést i ke zlevnění elektrobusů.

Jistě elektrobusy v tomto horizontu plně nenahradí flotily naftových autobusů, velmi pravděpodobně se však stanou vhodným doplňkem hybridním či vodíkovým vozidlům na linkách, kde je požadavek na ekologickou šetrnost (rekreační areály, lázeňské kolonády) či na linkách v centrech měst, kde je naopak požadavek na snížení jak emisních, tak hlukových zátěží prostřednictvím nasazení alternativních a moderních vozidel.

Z množství osobních konzultací mi vyplynulo i několik praktických návrhů jak pro výrobce, tak pro dopravce, které by mohly vést k širší aplikaci elektrobusů:

**Návrhy na zlepšení pro výrobce:**

Zlepšit vývoj akumulátorů, především zvyšovat jejich životnost

Zvyšovat dojezd na 1 nabití

Snížovat cenu elektrobuse vývojem nových technologií

Spuštění sériové výroby

**Návrhy pro dopravce:**

Snížit přehnané očekávání dojezdu

Nebát se testovacích jízd

Lépe koordinovat své požadavky s výrobcí

# Závěr

V současné době zažívají elektrobuses nejprudší rozvoj v historii. Během posledních pěti let došlo k významnému pokroku ve zlepšení dojezdu zejména díky vývoji nových forem dobíjení a navyšování kapacity akumulátorů. Výhodou elektrobuses zůstává ekologicky čistý provoz a nízká hlučnost. Nevýhodou je stále velmi vysoká cena, která je překážkou v rentabilitě investice. V posledních letech ale již výrobci natolik pokročili, že jsou schopni snížit cenu na úroveň 130-150 % ceny běžných autobusů, což je i příklad EVC. Nutno zmínit, že vozidlo EVC je určeno pouze pro málo vytížené linky a rozhodně není vhodné na většinu značně exponovaných pražských linek. V mé kalkulaci se potvrdilo, že současně vyráběné elektrobuses nejsou rentabilní. Jejich pořizovací cena je natolik vysoká, že nedokáže vyvážit nižší náklady provozu. Další, velmi významnou nevýhodou je životnost akumulátorů, která je dle zkušeností dopravních podniků zhruba 6 let, což odpovídá ani ne polovině reálné životnosti autobusu. Vzhledem k ceně akumulátorů kolem 40 % pořizovací ceny elektrobuse se nevyplácí baterie po 6-ti letech provozu vyměnit. Řešením této situace je další technický rozvoj elektrobuses, tak aby se pořizovací cena postupně snížila a tím bylo pořízení flotily elektrobuses rentabilní i bez dotačních programů. Na druhou stranu kalkulace ukázala, že elektrobuses nejsou již naprosto nedostižnou investicí a při započítání všech obtížně predikovatelných a vyčíslitelných externalit ( např. vliv exhalací na lidské zdraví), mohlo by se pořízení nejlevnějšího elektrobuse EVC ukázat jako výhodné i v současné době.

Prudký rozvoj posledních let v oblasti technologií elektrobuses a elektromobility obecně naznačuje, že ve střednědobém horizontu 5-10 ti let by mohlo dojít ke snížení cen elektrobuses na úroveň, kdy už nepůjde jen o ekologicky, ale i finančně přijatelnou investici.



## Zdroje:

Arriva Praha a.s. [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.arriva-praha.cz/dopravni-sluzby/seznam-linek/>

Asociace emergetických manažerů [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [www.aem.cz](http://www.aem.cz).

Buspress.eu [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.buspress.eu/elektrobus-sor-ebn-11-nyni-jezdi-v-praze-jiz-beznem-provozu-s-cestujicimi/>

Bustocoach [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.bustocoach.com/en/content/rampini-al%C3%A8-el-76-metres-electric-class-i-3-doors-0>

DAMODARAN, Aswath. Levered and Unlevered Betas by Industry 1/2016 [online], 2017. Dostupné: [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/dataarchived.html#discrate](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/dataarchived.html#discrate)

Dopravní podnik Praha a.s. [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: [http://jrportal.dpp.cz/DataFTP/JRPortalData/156/20160828/156\\_\(15\\_9\)T.pdf](http://jrportal.dpp.cz/DataFTP/JRPortalData/156/20160828/156_(15_9)T.pdf)

Dopravní podnik Praha [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.dpp.cz/dopravni-podnik-rozsiruje-vozovy-park-o-deset-novych-midibusu-solaris-v-breznu-pribude-dalsich-pet/>

DP Praha, Cegelec s.r.o., SOR a.s. [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.dobudka.cz/files/07.pdf>

Evropská unie, projekt ZeEus [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://zeus.eu/uploads/publications/documents/zeus-demo-plzen-skoda-perun-hp-flyer.pdf>

Febmat [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: 37. <https://www.febmat.com/clanek-model-capm-capital-asset-pricing-model-capm-model-ocenovani-kapitalovych-aktiv/>

Fakulta dopravní CVUT v Praze [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.lss.fd.cvut.cz/Members/sadil/testovani-akumulatoru-prezentace>

Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://motor.feld.cvut.cz/?q=cs/A1M14PO2>

Hl.m.Praha[online]. [cit.2017-04-18]. Dostupné z: [http://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/mhd/na\\_lince\\_216\\_jezdi\\_zdarma\\_elektrobus.html](http://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/mhd/na_lince_216_jezdi_zdarma_elektrobus.html)

Hybrid.cz [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/evc-first-akcni-nabidka-predvadeciho-baterioveho-midibusu-s-novou-baterii>

IDnes.cz [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: [http://ekonomika.idnes.cz/v-trinci-budou-jezdit-elektrobusy-d5k-/eko-doprava.aspx?c=A161122\\_065747\\_eko-doprava\\_suj](http://ekonomika.idnes.cz/v-trinci-budou-jezdit-elektrobusy-d5k-/eko-doprava.aspx?c=A161122_065747_eko-doprava_suj)

IDnes.cz [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: [http://praha.idnes.cz/elektrobusy-v-praze-bezemisni-testovaci-provoz-fut-/praha-zpravy.aspx?c=A160224\\_150203\\_praha-zpravy](http://praha.idnes.cz/elektrobusy-v-praze-bezemisni-testovaci-provoz-fut-/praha-zpravy.aspx?c=A160224_150203_praha-zpravy)

Insideevs.com [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://insideevs.com/in-geneva-abb-testing-electric-bus-tosa-with-15-second-flash-charge-wvideo/>

Institut planovani a rozvoje [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.iprpraha.cz/clanek/308/smart-cities>

Internetove ucetnictvi.cz [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.iucto.cz/priklady-zarazeni-majetku-do-odpisovych-skupin-a-doba-odepisovani/>

IODA o. p. s. [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: [www.ioda.cz](http://www.ioda.cz)

Jihočeská univerzita [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/tspp/data/teorie/Vicekritko.pdf>

Jihočeská univerzita [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: [http://home.ef.jcu.cz/~janaklic/oa\\_zsf/VHV\\_II.pdf](http://home.ef.jcu.cz/~janaklic/oa_zsf/VHV_II.pdf)

KPCB [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: [www.kpcb.com](http://www.kpcb.com)

Kurzy.cz [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/cnb/ekonomika/statistika-financnich-trhu/kapitalovy-trh/vynosy-statnich-dluhopisu/AEBA>

Management mania.cz [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cista-soucasna-hodnota>

Masarykova univerzita v Brne [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1456/jaro2013/MPV\\_VZVP/um/33148301/Studijni\\_text\\_nakladove\\_vystupove\\_metody\\_CMA\\_CEA\\_CUA.pdf](https://is.muni.cz/el/1456/jaro2013/MPV_VZVP/um/33148301/Studijni_text_nakladove_vystupove_metody_CMA_CEA_CUA.pdf)

Ministerstvo průmyslu a obchodu , Projekt Horizon[online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: [www.h2020.cz](http://www.h2020.cz)

Mobilite plus [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.mobiliteplus-transport.fr/mini-bus-electrique-zeus-bus-electrique-achat-mini-bus-electrique.html>

Pražská energetika a.s. [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/Files/firmy/elektrina/ceniky/cenik-aktiv-201>

Pro elektrotechniky.cz, konference Smart city v praxi [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.smartcityvpraxi.cz>

Pro elektrotechniky.cz [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/pdf/Studie2015.pdf>

Pro elektrotechniky.cz [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/pdf/SeminarEbusy/Hanzelka.pdf>

Repich.ch [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: [http://www.repich.ch/files/7114/4126/7442/Grutter\\_FinalReport\\_e\\_w\\_e\\_b.pdf](http://www.repich.ch/files/7114/4126/7442/Grutter_FinalReport_e_w_e_b.pdf)

ROPID [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: [http://www.ropid.cz/data/Galleries/70/136/d1235\\_1\\_Trojlist\\_linka\\_264.pdf](http://www.ropid.cz/data/Galleries/70/136/d1235_1_Trojlist_linka_264.pdf)

Seznam autobusů [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://seznam-autobusu.cz/dopravce/dp-praha>

Skoda Transportation a.s. [online]. [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/cs/produkty/elektricke-a-hybridni-autobusy/batterybus-skoda-26bb-he/>

SKODA Transportation [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://skoda.cz/cs/press-room/archiv-novinek/elektrobusy-skoda-perun-slavi-prvni-rok-provozu-v-plzni/>

SOLARIS [online]. [cit.2017-04-05]. Dostupné z: [http://solarisbus.com/vehicles\\_catalog/31/urbino-electric](http://solarisbus.com/vehicles_catalog/31/urbino-electric)

SOR a.s. [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: [http://www.sor.cz/upload/SCAN6512\\_000.pdf](http://www.sor.cz/upload/SCAN6512_000.pdf)

SOR [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.sor.cz/site/download/EBN8-10-a-8-1340107138.pdf>

SIEMENS[online]. [cit.2017-04-11]. Dostupné z: [http://www.siemens.com/innovation/apps/pof\\_microsite/pof-spring-2013/html\\_en/electric-buses.html](http://www.siemens.com/innovation/apps/pof_microsite/pof-spring-2013/html_en/electric-buses.html)

SIEMENS [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.siemens.com/press/pool/de/events/2013/infrastructure-cities/2013-03-UITP-PK/background-ebus-wiener-linien-e.pdf>

US Department of energy, Alternative fuels data center [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.afdc.energy.gov/data/>

Zebus a. s. [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://zebus.geizteile.co.at/wpcontent/uploads/2012/06/zeus201206.pdf>

Osobní rozhovory:

Ing Barchánek, Jan. Osobní rozhovor. Praha, 16. 11. 2015., 17.4.2016, 28.6.2016, 3.2.2017, 5.2.2017

Ing. Černý, Jan. Osobní rozhovor. Praha 12.11.2014, 25.5.2016

Doc. Ing. Říha Zdeněk. Osobní rozhovor. Praha, 15.11.2014, 12:5.2015, 28.5.2015, 13.6.2015, 8:3:2016, 20.10.2016, 8.2.2017, 21.4.2017

Ing. Vejbor, Jan. Osobní rozhovor. Praha, 16. 11. 2014., 17.4.2016, 1.2.2017

Ing Slavík, Jakub. Osobní rozhovor. Praha 14.11.2014, 20.4.2017

Knižní zdroje (Literatura):

1. BAROCH, Václav, Veronika FAIFROVÁ, Michal NĚMEC, Zdeněk ŘÍHA, Milan SLIACKY a Jan TICHÝ. Veřejná doprava v České republice. Praha: IODA, 2015. ISBN 978-80-260-8734-2.
2. EISLER, Jan, Jaromír KUNST a František ORAVA. Ekonomika dopravního systému. Praha: Oeconomica, 2011. ISBN 978-80-245-1759-9.
3. FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3293-0.
4. RICHTER, Michal. *Návrh systému pro dohled a vyrovnávání dobíjení trakčního akumulátoru*. 2015.
5. SLAVÍK, Jakub. Smart City v praxi: jak pomocí moderních technologií vytvářet město příjemné k životu a přátelské podnikání. Praha: Profi Press, 2017. ISBN 978-80-86726-80-9.
6. SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. 5., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3494-1
7. VALACH, Josef. Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2006. ISBN 80-86929-01-9

Seznam grafů:

<i>Graf 1 Vývoj cen ropy</i> .....	14
<i>Graf 2 Spotřeba ropy- výhled</i> .....	16

Seznam tabulek:

<i>Tabulka 1 Srovnání vozidel z hlediska dojezdu</i> .....	18
<i>Tabulka 2 Srovnání jednotlivých typů vozidel z hlediska nároků na infrastrukturu</i> .....	19
<i>Tabulka 3 Srovnání emisí u jednotlivých typů vozidel</i> .....	19
<i>Tabulka 4 Srovnání cen autobusů s naftovým a elektrickým pohonem</i> .....	20
<i>Tabulka 5 Přehled Dobíjecích systémů</i> .....	29
<i>Tabulka 6 Porovnání</i> .....	35
<i>Tabulka 7 Údaje Škoda Perun</i> .....	36
<i>Tabulka 8 Údaje SOR</i> .....	36
<i>Tabulka 9 Údaje EVC</i> .....	37
<i>Tabulka 10 Údaje Siemens</i> .....	37
<i>Tabulka 11 Údaje Solaris</i> .....	37
<i>Tabulka 12 Údaje BYD</i> .....	38
<i>Tabulka 13 Údaje AMZ</i> .....	38
<i>Tabulka 14 Vícekriteriální rozhodování</i> .....	39
<i>Tabulka 15 Kalkulace autobusu</i> .....	41
<i>Tabulka 16 Výsledky autobusu</i> .....	44
<i>Tabulka 17 Kalkulace BYD</i> .....	45
<i>Tabulka 18 Kalkulace EVC</i> .....	45
<i>Tabulka 19 Výsledky EVC</i> .....	46
<i>Tabulka 20 Výsledky BYD</i> .....	47

Seznam obrázků:

<i>Obrázek 1 Elektrobus v roce 1952 v Chicagu.....</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 2 Mapa linky 156.....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 3 Jízdní řád linky 156.....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 4 Plán linky 264.....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 5 Plán linky 148.....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 6 Moderní Flash dobíječ.....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 7 Detail Flash nabíjecí technologie ABB.....</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 8 Dobudka.....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 9 Obratiště Želivského.....</i>	<i>33</i>

# Evidence výpůjček

Prohlášení:

Dávám svolení k půjčování této bakalářské práce. Uživatel potvrzuje svým podpisem, že bude tuto práci řádně citovat v seznamu použité literatury.

Jméno a příjmení: Lukáš Hruša

V Praze dne: 02. 05. 2017

Podpis:

Jméno	Oddělení/	Datum	Podpis