

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA EKONOMICKÁ

Diplomová práce

**Návrh nákladově optimálního rozvoje trolejbusové trakce
v městské hromadné dopravě**

**The Proposal of an Optimal Development of the Trolleybus Traction
with Respect to its Costs in a Municipal Public Transport**

Bc. Jan HLUCHÝ

Plzeň 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

„Návrh nákladově optimálního rozvoje trolejbusové trakce v městské hromadné dopravě“

vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

V Plzni, dne

.....

podpis autora

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své diplomové práce, doc. Dr. Ing. Plevnému, za trpělivost, vřelý přístup, věnovaný čas a cenné rady. Dále bych rád poděkoval zástupcům Plzeňských městských dopravních podniků, a.s. za jejich vstřícnost a spolupráci, poskytnuté informace a odborné konzultace pro praktickou část této diplomové práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým rodičům, bratrovi a přítelkyni za veškerou pomoc a pochopení v době zpracování této práce.

Obsah

Obsah	5
Úvod.....	7
1. Městská hromadná doprava, součást infrastruktury.....	9
1.1. Dopravní infrastruktura.....	9
1.2. Definice dopravy	10
1.3. Význam dopravy při uspokojování potřeb	10
1.4. Klasifikace dopravy	11
1.5. Městská doprava.....	15
1.6. Městská hromadná doprava.....	16
2. Charakteristiky oblasti s relevantním vztahem k MHD.....	19
2.1. Demografické charakteristiky obyvatelstva	19
2.2. Vnitřní struktura města.....	20
2.3. Vztahy města a okolí.....	21
2.4. Dopravní vybavení města.....	21
2.5. Možnosti a zvyklosti využívání volného času	22
3. Subsystemy MHD.....	23
3.1. Regionální příměstská a městská železnice	24
3.2. Metro	25
3.3. Městská dráha.....	26
3.4. Tramvajový subsystém.....	26
3.5. Trolejbusový subsystém.....	28
3.6. Autobusový subsystém.....	30
4. Metody použitelné pro rozpočtování nákladů MHD	31
4.1. Kalkulace nákladů.....	31
4.2. Kalkulační jednice v MHD	33
4.3. Běžné metody kalkulace nákladů.....	34
4.3.1. Kalkulace dělením	34
4.3.2. Kalkulace přírážkové	35
4.3.3. Kalkulace ve sdružené výrobě	36
4.3.4. Kalkulace rozdílové	36

4.3.5.	Kalkulace neúplných nákladů	37
4.3.6.	Kalkulace podle aktivit	37
4.4.	Možnosti kalkulace nákladů v oblasti dopravy	38
4.4.1.	Kalkulační vzorec pro silniční dopravu	38
5.	Plzeňské městské dopravní podniky	40
5.1.	Představení společnosti	40
5.2.	Historie společnosti	42
5.3.	Současný provoz	44
6.	Metodika tvorby kalkulace nákladů a výnosů z provozu MHD v PMDP, a.s.	46
7.	Srovnání ekonomických nákladů trolejbusového a autobusového provozu	50
7.1.	Srovnání na základě skutečné podoby obou provozů v roce 2015	50
7.1.1.	Provoz trolejbusů v roce 2015	50
7.1.2.	Provoz autobusů v roce 2015	51
7.1.3.	Kalkulační vzorec PMDP pro provoz trolejbusů a autobusů	51
7.2.	Srovnání vytvořením symetrických provozů	60
7.3.	Citlivost kalkulačního vzorce na změnu cen nafty a elektrické energie	64
7.4.	Internalizace externalit srovnávaných provozů	70
8.	Návrh rozvoje trolejbusové trakce na příkladu konkrétní linky	76
8.1.	Realizace nového úseku navrhované linky	78
8.2.	Hodnocení zavedení nové linky v kontextu dotčených linek	85
	Závěr	91
	Seznam tabulek	96
	Seznam obrázků	98
	Seznam použitých zkratk	99
	Seznam použité literatury	100
	Seznam příloh	104

Úvod

Hlavním cílem této práce je vyhodnocení možností rozvoje trolejbusové trakce v městě Plzni z hlediska jejích nákladů. K dosažení hlavního cíle má dojít prostřednictvím splnění vedlejších cílů, kterými jsou provedení ekonomického vyhodnocení trolejbusové dopravy v porovnání s autobusovou a návrh ekonomicky vhodné varianty možného rozvoje trolejbusové trakce na příkladu konkrétní linky. Aby bylo možno toho dosáhnout, je nejdříve proveden rozbor nákladů trolejbusové trakce vznikajících v reálně fungujícím provozu. To umožní proniknutí do řešené problematiky, zjištění vazeb a souvislostí fungujícího trolejbusového dopravního subsystému a následnou kalkulaci navrhovaných variant.

Nejprve je přiblížena obecně oblast dopravy, jsou definovány její základní pojmy včetně samotného pojmu doprava a je vysvětlen podstatný význam dopravy pro lidský život. Je provedena klasifikace dopravy a postupně je v rámci tohoto širšího pojmu vymezena městská hromadná doprava. Ta je pojímána jako součást infrastruktury. V této části jsou popisovány souvislosti v rámci celého systému městské dopravy.

Následně je věnován prostor již konkrétně subsystémům městské hromadné dopravy, které jsou blíže popisovány a specifikovány.

Dále jsou popsány běžné metody kalkulací nákladů a je vyhodnocena jejich použitelnost pro oblast dopravy obecně a konkrétně pro problematiku řešenou touto prací. V rámci této části je představen kalkulační vzorec pro oblast dopravy, jehož modifikovaná podoba bude využívána i v dalších částech práce. Prostor je věnován i problematice volby kalkulační jednotice, která je vnímána jako jedno ze základních úskalí při kalkulacích nákladů a jejíž vhodná volba předurčuje dosahované výsledky a jejich význam.

Další část představuje již konkrétně Plzeňské městské dopravní podniky, a.s., které zabezpečují fungování městské hromadné dopravy na území města Plzně, kde provozují tři subsystémy městské hromadné dopravy: tramvaje, trolejbusy a autobusy. Tato práce se primárně věnuje trolejbusovému provozu, ale vzhledem k podobnostem mezi ním a autobusovým provozem a možným vzájemným substitučním efektem je provedeno nákladové srovnání těchto dvou provozů.

Ekonomické vyhodnocení trolejbusové dopravy ve srovnání s autobusovou je provedeno porovnáním výše položek kalkulačního vzorce přepočtených na zvolenou kalkulační jednici. Jednotlivé položky kalkulačního vzorce jsou postupně zpřesňovány, aby bylo vzájemné porovnání provozů co nejvěrohodnější. Následně je i samotná podoba provozů přizpůsobována snahám o dosažení přesného srovnání. Hodnocené provozy však nejsou nahlíženy jen prostřednictvím finančního hodnocení, ale rovněž je testována citlivost jejich nákladů na případné změny cen elektrické energie v případě trolejbusů a změny cen nafty v případě autobusů. Řešeny jsou i s dopravou spojené externality a možnost jejich internalizace s následným porovnáním mezi oběma provozy.

Práce je završena návrhem nové linky, jejíž část je plánována v úseku, kde v současnosti není vybudována trakce. To umožňuje provést vyhodnocení možností řešení tohoto úseku v rámci trolejbusového provozu a nákladů spojených s realizací jednotlivých variant řešení. Zavedením nové linky dochází zároveň ke změnám dalších linek. Všechny změny spojené se zavedením nové linky jsou vyhodnoceny a jsou vyčísleny jimi vyvolané náklady.

V závěru práce je vyhodnocen samotný trolejbusový provoz i jeho porovnání s autobusovým provozem a jsou definovány přínosy spojené se zavedením nové trolejbusové linky.

V práci jsou některé údaje z důvodu ochrany důvěrných informací podniku záměrně zkresleny, neodpovídají skutečným údajům z daného podniku, nicméně pro účely řešení problémů v kvalifikační práci jsou relevantní a neovlivňují významnou měrou vyvozené závěry. Všechny takto upravené údaje jsou v práci označeny "*" uvedenou před zkresleným údajem.

1. Městská hromadná doprava, součást infrastruktury

Městská hromadná doprava¹, jejíž jedné trakci se blíže věnuje tato práce, je součástí infrastruktury, jak ji definuje Eisler: „*Infrastruktura je skupina národohospodářských odvětví, která zajišťují předpoklady pro celkový rozvoj ekonomiky. Sem patří zejména budování dopravního a spojového systému, energetických zdrojů, vodohospodářských zařízení, bytů, škol, zdravotnictví, výzkumných institucí apod. Podle toho se infrastruktura dělí na ekonomickou (např. dopravní a energetický systém) a sociální (např. zdravotnictví).*“ [11, s. 24]. V rámci výše uvedených odvětví náleží MHD konkrétně do dopravního systému, tedy mezi subjekty podnikající na dopravní infrastruktuře.

1.1. Dopravní infrastruktura

Pojem dopravní infrastruktura je možno vnímat ve dvou úrovních. V širším pojetí může být definována jako: „*soubor dopravních sítí, jejich vybavení nejrůznějšími stavbami a zařízeními a dokonce i dopravních prostředků, jež se na síti pohybují.*“ [10, s. 9]. V užším pojetí může být chápána také jen jako: „*soubor dopravních cest a jejich vybavení; důraz je kladen na stabilní pevný charakter těchto prvků na rozdíl od mobilních dopravních prostředků, a dále na odlišný sociálně ekonomický charakter dopravní infrastruktury a mobilních prostředků.*“ [10, s. 9].

Pro infrastrukturu obecně (dopravní nevyjímaje) je charakteristický její význam pro fungující národní hospodářství jako celek a pro možnost jeho budoucího rozvoje. Kvalitní infrastruktura vytváří za současného efektivního hospodaření se zdroji dostatečné zázemí pro život, existenci, činnosti i možnosti využití potenciálu jednotlivců, soukromých i státních subjektů. Infrastruktura se běžně vyznačuje vysokými kapitálovými náklady s pomalou návratností. Proto bývá často budována přímo státem či za jeho účasti. Vzhledem k podstatné úloze infrastruktury pro chod a vývoj celého národního hospodářství je možno předpokládat návratnost jejího vybudování nejen v přímé formě, ale rovněž nepřímo prostřednictvím vyvolaných přidružených efektů. Mezi tyto efekty patří například vytvoření vhodnějších podmínek pro život a podnikání samotných obyvatel lokality s vybudovanou infrastrukturou, vyšší přitažlivost lokality s fungující infrastrukturou pro potenciální investory vně lokality,

¹ Dále též uváděno i jen: „MHD“

jež by mohla vést k nižší nezaměstnanosti v lokalitě, dále například vytvoření podmínek pro hustší zalidnění oblasti a pro její celkovou prosperitu. MHD jako součást dopravního systému se rovněž vyznačuje výše uvedenými body charakteristickými pro infrastrukturu a stejně tak se spolupodílí na uvedených kladných efektech vyvolávaných v dané lokalitě. „*Je zcela přirozené, že se doprava dostala do postavení jednoho z nejdůležitějších intenzifikačních faktorů rozvoje každého hospodářství a ze zřejmých důvodů přispívá ke globálnímu rozvoji lidské společnosti.*“ [27, s. 8]. „*Význam procesu oběhu v ekonomice podniků přepravní, úspory, které vznikají v důsledku pravidelné a především spolehlivé dopravy, jsou z výsledků fungující tržní ekonomiky zřejmé.*“ [11, s. 30].

1.2. Definice dopravy

Pastor a Tuzar [27] uvádí, že nejčastěji je dnes doprava definována takto: „*Doprava je cílevědomá změna místa osob anebo nákladů uskutečňovaná pomocí dopravního prostředku po dopravní cestě.*“ [27, s. 12]. Dále však definici upravují pro širší vymezení rozsahu pojmu doprava. Z definice vypouští část týkající se dopravního prostředku, jelikož by bylo problematické jeho určení v případě pěší dopravy. Rovněž problematickým se jeví stanovení dopravní cesty v námořní či letecké dopravě. Výše uvedená definice také omezuje předmět dopravy striktním výčtem, čímž problematizuje zahrnutí dopravy nehmotných statků (např. elektrina, informace atp.). Poslední úpravou definice je doplnění pojmu proces, což má úroveň vnímání dopravy posunout od prostého konstatování změny místa výskytu předmětu dopravy k vědomí, jak a jakým způsobem se přemístění uskutečnilo. Finální podoba definice dopravy je pak následující: „*Doprava je cílevědomý proces změny místa.*“ [27, s. 12].

1.3. Význam dopravy při uspokojování potřeb

Doprava má zásadní význam pro uspokojování lidských potřeb. Přičemž lidská potřeba je definována jako stav pocíťovaného nedostatku [21, s. 40]. „*Pouze malý rozsah potřeb může jedinec uspokojit bezprostředně v místě své existence. Předpokladem uspokojení většiny potřeb je změna místa.*“ [12, s. 53]. Pokud není možno potřebu uspokojit bezprostředně v místě existence jedince, nabízejí se v zásadě dvě možnosti řešení.

Jednou z nich je zajištění přesunu podstaty uspokojení dané potřeby do místa existence jedince. Tato možnost však není vždy reálně uskutečnitelná. Pokud tato možnost reálně

existuje, je spojena s nutností uhradit zprostředkovateli ze strany jedince náklady spojené s přesunem podstaty uspokojení potřeby.

Druhou možností je přesun jedince za uspokojením dané potřeby. V takovém případě nese jedinec náklady své vlastní přepravy. Změna místa je však zároveň pro jedince doprovázena spotřebou času, jenž je omezenou veličinou a možnost jeho produktivního využití v průběhu přepravy je dle její povahy v různé míře limitována. Zjednodušeně vede přepravní proces v tomto případě pouze ke změně místa jedince při určitých nákladech a při určité spotřebě času.

Optimální řešení představuje co nejvyšší míru uspokojení potřeby jedince při minimálních možných vynaložených nákladech a minimální možné spotřebě času, jimiž jedinec disponuje v omezeném množství. Nabízí se možnost systematického řešení, jež tkví v přiblížení místa existence jedinců k místům uspokojení jejich potřeb. Výsledkem by měla být minimalizace potřebných přepravních procesů a v jejich rámci vynaložených nákladů a spotřebovaného času. Mezi příklady takových řešení patří výstavba bytů v lokalitách s vysokým počtem pracovních míst, a naopak centralizace velkých provozů v blízkosti velkých sídelních oblastí, dále například také umístění obchodních, volnočasových a zábavních center, zdravotnických zařízení, škol, institucí veřejné správy, center a provozoven poskytovatelů služeb atd. v sídlech a hustě zalidněných oblastech. „*V souvislosti s funkcí dopravy při uspokojování potřeb je třeba hodnotit význam dopravy nejenom z hlediska vlastní přepravy, ale jako činitele či podmínku uskutečnění spotřeby, tj. jako výrobního činitele. Dopravu je třeba chápat jako komplex, resp. systém, tvořený dopravními prostředky a dopravní infrastrukturou. Zatímco ve výrobě i společenských procesech dochází k časové a prostorové nerovnoměrnosti v nárocích na přepravu, doprava musí disponovat odpovídající kapacitou a rezervami, které nejsou trvale využity.*“ [12, s. 54].

1.4. Klasifikace dopravy

Doprava představuje široký pojem zahrnující přemísťování různorodých entit různými prostředky a za různými účely. Pro potřeby této práce bude tedy vhodné specifikovat konkrétní oblast dopravy, kterou se bude práce dále zabývat.

Pastor a Tuzar [27, s. 14-16] uvádějí klasifikaci dopravy dle různých kritérií. Jedním z nich, které zde bude využito jako výchozí, je dle druhu přepravovaného substrátu,

jehož prostřednictvím lze odlišit dopravu nákladní, osobní a dopravu zpráv. Tato práce se dále bude zabývat dopravou osobní.

Rovněž u osobní dopravy se nabízí různá další členění, z nichž jedním ze základních je rozdělení na dopravu hromadnou a dopravu individuální [47, s. 6]. Pastor a Tuzar vymezují dopravu individuální na základě vztahu dopravce (tedy uskutečňovatele dopravy) k přepravci (tomu, kdo požaduje přemístění objektu). „*Jsou-li totožní, jde o dopravu nezávislou, autonomní; u člověka hovoříme o dopravě individuální ...*“ [27, s. 13]. Dále pak pojem hromadné dopravy vysvětluje Drdla takto: „*Přívlastek hromadná vyjadřuje skutečnost, že cestující jsou přepravováni pohromadě v jednom dopravním prostředku (proces obsazování dopravních prostředků cestujícími je ve většině případů náhodný proces) a že v případě hromadné přepravy osob není možné dosáhnout toho, aby každý cestující byl přepraven ze zdroje k cíli přemístění jedním dopravním prostředkem bez přestupu - na rozdíl např. od individuální přepravy osobními automobily.*“ [10, s. 7]. Uvedené vystihuje základní charakteristiky a odlišnosti hromadné dopravy oproti dalším druhům osobní dopravy, které je možno vnímat v kontextu s dopravou hromadnou dvěma odlišnými způsoby.

Na jednu stranu jsou různé druhy osobní dopravy navzájem substituty a osoba, která zvažuje své přemístění, vybírá na základě parametrů a charakteristik jednotlivých druhů osobní dopravy, svých finančních možností, dostupných vlastních prostředků dopravy, svých vlastních dispozic a schopností i například venkovních vlivů jako je aktuální nebo očekávané počasí. Osoba pak před volbou využití konkrétního druhu, nebo kombinace více druhů dopravy vyhodnocuje především náklady na dopravu, čas strávený v procesu dopravy včetně případného přemístění k dopravnímu prostředku, jeho přípravy, zapůjčení či například čekání na zastávce, míru potřebného aktivního zapojení osoby samotné do dopravního procesu a s tím na druhou stranu související možnost aktivního využití času během dopravy a další charakteristiky, jako je pohodlnost, bezpečnost nebo třeba míra soukromí a hluku v dopravním prostředku. Na základě vyhodnocení a vlastních preferencí si pak osoba zvolí dle vlastního uvážení pro cestu nejvhodnější druh dopravy, nebo jejich kombinaci. Může se tak stát, že tatáž osoba vlastní osobní automobil se za slunečného dne rozhodne uskutečnit dopravu jízdou na kole či kombinací pěší chůze a hromadné dopravy, zatímco v deštivém počasí dá přednost jízdě osobním automobilem.

Na druhou stranu se jednotlivé druhy osobní dopravy navzájem doplňují a jejich kombinace může být v mnohých případech žádoucí, nebo dokonce nezbytná. Například využití hromadné dopravy předpokládá individuální dopravu jedince z místa započetí dopravního procesu k vybrané zastávce hromadné dopravy. V rámci samotného procesu hromadné dopravy je mnohdy nutno přestup mezi spoji realizovat individuální pěší dopravou a po opuštění hromadné dopravy je dopravní proces zpravidla ukončen opět individuální dopravou jedince do cílového místa. Z tohoto pohledu jsou různé druhy osobní dopravy součástí jednoho systému, existují a fungují souběžně a jsou navzájem provázány. Ve snaze o zajištění jejich co nejefektivnější koexistence a kooperace v rámci jednoho dopravního systému jsou pak v praxi autoritami uplatňovány různé přístupy, které mají vést k přiměřenému využívání jednotlivých druhů dopravy vzhledem k jejich specifikům, ke kapacitním omezením daným dopravní infrastrukturou² a uplatňováním zásad udržitelného rozvoje. Investice do různých druhů dopravy probíhají tedy souběžně. Tab. 1 ukazuje investice do dopravní infrastruktury v České republice v jednotlivých letech 2010-2015. Je patrné, že většinovým až výhradním zdrojem těchto investic je Státní fond dopravní infrastruktury (dále SFDI). Majoritním investorem do dopravní infrastruktury je tedy zprostředkovaně stát, jelikož majetek, s nímž SFDI hospodaří, je ve vlastnictví státu a SFDI je právnickou osobou v působnosti Ministerstva dopravy. Stát tedy má v nejvyšší míře možnost ovlivňovat současný a budoucí stav dopravní infrastruktury a uplatňovanými přístupy se snažit o její co nejefektivnější využívání.

Tabulka 1: Investiční výdaje do dopravní infrastruktury v běžných cenách [mil. Kč]

Druh infrastruktury / Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Železniční	14 244,9	10 987,2	9 594,1	8 717,7	12 787,3	31 784,5
- z toho investiční výdaje ze SFDI v absolutním vyjádření	14 054,0	10 916,4	9 533,6	8 717,7	12 787,3	31 784,5
- z toho investiční výdaje ze SFDI v procentech	98,7%	99,4%	99,4%	100,0%	100,0%	100,0%
Silniční	43 494,0	31 799,4	22 036,0	16 827,3	16 631,7	24 156,6
- z toho investiční výdaje ze SFDI v absolutním vyjádření	40 495,4	29 509,9	20 487,6	16 539,2	11 818,7	19 926,0
- z toho investiční výdaje ze SFDI v procentech	93,1%	92,8%	93,0%	98,3%	71,1%	82,5%
Výstavba cyklostezek - investiční výdaje ze SFDI	179,1	93,1	169,6	93,7	73,6	141,5
Vnitrozemské vodní cesty	1 462,1	548,6	433,0	186,1	263,1	412,5
- z toho investiční výdaje ze SFDI v absolutním vyjádření	1 462,1	548,6	433,0	186,1	263,1	412,5
- z toho investiční výdaje ze SFDI v procentech	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Letecká	2 058,6	983,1	1 187,4	1 444,8	990,5	993,3
Potrubní	230,7	135,2	149,0	192,0	289,9	154,9
Celkem	61 669,4	44 546,6	33 569,1	27 461,6	31 036,1	57 643,3
Podíl na HDP ČR	1,7%	1,2%	0,9%	0,7%	0,8%	1,3%

Zdroj: vlastní zpracování [24]

² Zde je dopravní infrastruktura chápána v širším pojetí dle Drdly [10, s. 9]: „Dopravní infrastruktura může být v širším pojetí definována jako soubor dopravních sítí, jejich vybavení nejrůznějšími stavbami a zařízeními a dokonce i dopravních prostředků, jež se na síti pohybují.“

Z údajů v Tab. 1 je patrné, že od roku 2010 do roku 2013 celkový objem investičních výdajů do dopravní infrastruktury v ČR každoročně klesal, teprve v roce 2014 se opět mírně zvýšil a k výraznému zvýšení o 85,7 % oproti předchozímu roku došlo v roce 2015. Celková výše investičních výdajů se v roce 2015 přiblížila hodnotě v roce 2010, nedosáhla jí však zcela. Ze strany autority probíhají ve všech sledovaných letech investice do infrastruktury různých druhů dopravy. Nejvýznamnější podíl tvoří v letech 2010-2014 investice do infrastruktury silniční dopravy následované investicemi do infrastruktury železniční dopravy. V roce 2015 je však toto pořadí obrácené a nejvyššího podílu dosahují investice do infrastruktury železniční dopravy.

K hodnotám v tabulce je nutno ještě pro úplnost doplnit následující: „*Údaje za silniční infrastrukturu zahrnují výdaje na dálnice a silnice I., II. a III. třídy,*“ a dále údaje o investičních výdajích ze SFDI: „*představují skutečně čerpané finanční prostředky z rozpočtu SFDI, včetně předfinancování výdajů, které mají být hrazeny z příslušných fondů EU.*“ [24, s. 30].

Údaje uvedené v Tab.1 nebudou dále rozebírány a měly posloužit především k prezentaci skutečnosti, že v globálním měřítku není možno zvolit jeden ideální druh dopravy a ostatní zcela opomíjet. Každý z druhů dopravy má svá specifika a nezastupitelné místo v dopravním systému.

K přikročení k jádru řešené problematiky je nutné uvést ještě jeden způsob klasifikace dopravy. Vzhledem k obsluhovanému území je doprava členěna následovně na:

- „*dopravu místní – uskutečňuje se na vymezeném území, zejména v sídelních celcích,*
- *dopravu příměstskou – zajišťuje vazbu mezi sídelním útvarem obsluhovaným místní hromadnou dopravou a jeho nejbližším okolím,*
- *dopravu regionální – odehrává se v rámci většího územního celku (např. kraje) a zabezpečuje vazbu mezi jednotlivými sídly regionu, zejména většími městy,*
- *dopravu dálkovou – zabezpečuje vazbu mezi významnými centry státu navzájem, zejména sídly větších administrativních jednotek na území státu,*
- *dopravu mezinárodní – uskutečňuje se na území kontinentu nebo i mezi nimi.*“

[47, s. 6].

1.5. Městská doprava

Snahy o funkční a efektivní propojení jednotlivých druhů dopravy se samozřejmě odehrávají na všech uvedených úrovních. Nejvíce jsou však patrné v dopravě místní, konkrétně městské, která je předmětem zájmu této práce a kde je přirozeně nejvyšší hustota zalidnění a dochází k největšímu vytížení dopravní infrastruktury. Městské dopravní systémy jsou zároveň z těchto důvodů nejnáchylnější ke vzniku kongescí, které narušují plynulost dopravy, což s sebou nese vznik nákladů. Krom toho je vysoká koncentrace především automobilové dopravy ve městech původcem dalších negativních externalit, jakými jsou emise škodlivin vznikající provozem spalovacích motorů. Tyto negativně ovlivňují znečišťováním ovzduší kvalitu života v lokalitě, ale působí i v globálním měřítku kumulací v atmosféře projevující se dále změnami klimatu. Mezi další s provozem spojené negativní externality patří hluk, emise pevných částic (menší pevné částice, kamínky, prach atd.), ale také například nehodovost.

Velký význam je přikládán organizaci městské dopravy i na nadnárodní úrovni, jak dokládá úryvek z dokumentu Evropské komise adresovaný Radě Evropské unie v září roku 2007: *„Městské oblasti v současné době představují životní prostředí obrovské většiny obyvatelstva a je třeba v těchto oblastech zajistit co nejvyšší kvalitu života. Proto se musíme společně zamyslet nad otázkou městské mobility... Růst dopravy v centrech měst vede v celé Evropě k opakovaným dopravním zácpám s mnoha nepříznivými důsledky v podobě ztraceného času a znečištění. V důsledku tohoto jevu evropské hospodářství každoročně ztrácí téměř 100 miliard EUR, neboli 1 % HDP EU. Každoročně se zvyšuje znečištění ovzduší a hluk. V městské dopravě vzniká 40 % emisí CO₂ a 70 % emisí jiných znečišťujících látek pocházejících ze silniční dopravy.“* [49].

V rámci městské dopravy jsou vedle hromadné dopravy, které bude dále věnována větší pozornost, využitelné především následující druhy dopravy: individuální automobilová, taxislužba, motocyklistická, pěší a cyklistická (spolu s dalšími převážně sportovně a rekreačně, ale často i standardně využívanými dopravami uskutečňovanými prostřednictvím koloběžek, kolečkových bruslí atp.).

Obecně probíhají snahy o dosažení fungujících městských dopravních systémů a minimalizaci negativních vlivů. Ve stále větší míře jsou podporovány alternativy k individuální automobilové dopravě. Jeden z praktických důvodů pro existující snahy o omezování individuální automobilové dopravy ve městech uvádí Drdla: *„individuální*

automobilová doprava pokrývá přepravní požadavky v rámci osobní dopravy velmi omezeně a přitom s největší náročností na plochu komunikací i celého města. Historická centra měst téměř neumožňují rozvoj individuální automobilové dopravy a když už, tak na úkor radikálních, historicky a ekonomicky neúnosných měřítek. Z těchto a dalších důvodů soustavně narůstá význam MHD v celé městské aglomeraci.“ [10, s. 18].

Krom MHD jsou však podporovány jako alternativy pro individuální automobilovou dopravu ve městech i další druhy dopravy. Dochází k rozšiřování sítě cyklostezek. Jsou ustavovány pěší a obytné zóny. V mnohých městech jsou provozovány systémy pro půjčování kol, které mají usnadnit a zpřístupnit využívání tohoto druhu dopravy. Jako příklad je možno uvést v Plzni fungující kolempzne.cz umožňující si po zaplacení a registraci vyhledávat pomocí aplikace nejbližší volné kolo, půjčit si jej a vrátit ho přímo v cíli cesty zamknutím kdekoli na ulici, kde nebrání provozu. Dalším projektem v Plzni je například pod patronátem Západočeské univerzity fungující sdílení koloběžek umožňující studentům jejich využití pro cesty mezi konečnou tramvaje č. 4 na Borech a sídlem Západočeské univerzity. Ke snižování objemu individuální automobilové dopravy ve městech má rovněž vést budování vhodných přestupních bodů mezi jednotlivými druhy dopravy – zde je možno zmínit záchytná parkoviště na okrajích měst pro motivaci cestujících využít po městě hromadnou dopravu místo individuální automobilové. Konkrétním příkladem jsou parkoviště typu P+R (park + ride), které jsou například v Praze součástí systému Pražské integrované dopravy a jsou provozována ve vazbě na následné použití městské hromadné dopravy.

1.6. Městská hromadná doprava

Drdla definuje městskou hromadnou dopravu takto: *„Městská hromadná doprava je charakterizována jako činnost spjatá s cílevědomým hromadným přemisťováním osob a definovaných hmotných předmětů v předpokládaných objemových a definovaných časových a prostorových souvislostech za použití pro tento typ vhodných dopravních prostředků a technologií.“ [10, s. 7].* Dále pak tamtéž doplňuje, že se jedná o: *„veřejné linkové (na určené trase) přemisťování osob a (definovaných) hmotných předmětů provozované k uspokojování přepravních potřeb města.“* Pojem hromadné dopravy byl již vysvětlen v podkapitole 1.4. Nyní budou ještě podrobněji vysvětleny některé další v definici obsažené pojmy.

Definované hmotné předměty jsou specifikovány smluvními přepravními podmínkami, které jsou závazné pro provozovatele i uživatele dopravy. Jsou jimi stanoveny parametry pro zavazadla, za která cestující nemusí připlácet a může je převážet bezplatně v rámci své vlastní přepravy, nebo pro zavazadla, za jejichž přepravu již připlácet musí. Ve Smluvních přepravních podmínkách Plzeňských městských dopravních podniků³ (Článek 1, Odstavec g) jsou zavazadla parametrizována takto: „*Ručním zavazadlem je zavazadlo, které má cestující právo vzít s sebou do vozidla bezplatně a jehož rozměry nedosahují rozměrů spoluzavazadla... Spoluzavazadlem je zavazadlo, jehož i jen jeden rozměr přesáhne rozměry 25 x 40 x 60 cm, v případě úzkých (tyčových) předmětů přesáhne 150 cm a v případě tvaru desky přesáhne rozměry 5 x 80 x 100 cm.*“ [38]. Zavazadlo je však vymezeno tamtéž i obecně, čímž je určena povaha předmětů, které je v rámci MHD vůbec možno převážet: „*Zavazadlem se rozumí snadno přenosná věc, kterou vzhledem k rozměrům a hmotnosti lze snadno umístit ve vozidle nebo bez obtíží naložit do vozidla a zároveň nemůže-li tato věc svou povahou poškodit nebo znečistit cestující nebo vozidlo. Zavazadlem je ruční zavazadlo a spoluzavazadlo.*“ [38].

Předpokládané objemové souvislosti vystihují skutečnost, že MHD představuje linkové přemísťování osob: „*a že přepravní kapacita linky je vždy předpokládána (je závislá na obsaditelnosti dopravních prostředků, intervalech, je odvozována ze zajišťovaných intenzit přepravních proudů, je předmětem hodnocení v rámci stanovovaných standardů kvality přepravy).*“ [10, s. 8].

Definované časové souvislosti odkazují na povinnost dopravce uveřejnit jízdní řád (standardně v členění dle jednotlivých dní na: pondělí až pátek, sobotu, neděli a svátky) [10, s. 8].

Definované prostorové souvislosti vystihují skutečnost, že prostor pro MHD je na území města či městské aglomerace určitým způsobem vymezen a vytváří konkrétní dopravní síť [10, s. 8].

Spojení: „*pro tento typ vhodných dopravních prostředků a technologií,*“ odkazuje na skutečnost, že pro provoz v MHD není možno využít libovolné dopravní prostředky. Tyto musí splňovat v první řadě podmínky dané legislativou, ale zároveň také určitou úroveň požadavků a očekávání cestujících. Dále ve spojení užitý pojem technologie

³ Dále též uváděno i jen: „PMDP“

představuje vybavenost těchto dopravních prostředků, ale i ostatních součástí infrastruktury, jakými jsou samotné zastávky, signalizace pro cestující atd., uzpůsobených i pro obsluhu osob se specifickými potřebami či požadavky [10, s. 8].

V této kapitole byla v rámci infrastruktury a dopravy postupně vymezována a upřesňována oblast, kterou se tato práce bude dále zabývat. Jedná se o městskou hromadnou dopravu, konkrétně trolejbusovou trakci a její komparaci z hlediska nákladovosti s trakcí autobusovou.

Když bylo dosaženo determinace pojmu městské hromadné dopravy a jeho vymezení mezi ostatními druhy dopravy, je však v závěru nutné si zpětně uvědomit, že MHD nemůže fungovat zcela separátně. Jak již bylo uvedeno výše, je jednou ze součástí dopravního systému, a to nejen v rámci dopravy na omezeném území města, ale i ve vazbě na okolní dopravní systémy přilehlých lokalit, dále regionální a často i celostátní a mezinárodní dopravní síť. Tyto vazby musí být při plánování městské mobility rovněž zohledňovány. Závěrem kapitoly je možno přiblížit dopravní systém na území města a přilehlých oblastí a některé aspekty jeho funkčnosti následujícím textem: *„Posláním integrovaného dopravního systému hromadné přepravy osob (IDS) v širších městských aglomeracích České republiky je vytvoření takového systému, který při daných ekonomických možnostech uspokojí přiměřeně optimálním způsobem přepravní potřeby obyvatel a návštěvníků daného regionu, tj. poskytne dostatečně kvalitní a cenově přístupnou nabídku potenciálním zákazníkům. Obecně to znamená použití společného jízdního dokladu (přestupních jízdenek) bez ohledu na konkrétního provozovatele dopravy a vzájemnou časovou i prostorovou koordinaci dopravních prostředků jednotlivých druhů dopravy participujících na IDS, tedy optimalizovat dopravní proces. Rozhodujícím kritériem by měla totiž být dostupnost cílů cest co nejefektivnějším způsobem.*

Přínosem fungujícího integrovaného dopravního systému by mělo být udržení co nejvyššího podílu hromadné dopravy v rámci osobní přepravy, zohledňující dělbu přepravní práce mezi individuální automobilovou dopravou a hromadnou dopravou. O volbě druhu dopravy rovněž rozhoduje řada pozitivních i negativních hledisek. Nelze uplatňovat pouze restriktivní opatření vůči automobilové dopravě, protože taková dopravní politika nemůže uspět, ale je potřeba zdůraznit pozitivní aspekty doprav hromadných.“ [47, s. 44].

2. Charakteristiky oblasti s relevantním vztahem k MHD

Již samotný vznik a následně i rozsah MHD jsou podmíněny určitými parametry obsluhované oblasti. Drdla [10, s. 15] uvádí 5 faktorů ovlivňujících vznik a podobu MHD:

- „demografické charakteristiky obyvatelstva,
- vnitřní struktura města,
- vztahy města a okolí,
- dopravní vybavení města,
- možnosti a zvyklosti využívání volného času.“

2.1. Demografické charakteristiky obyvatelstva

Základním demografickým údajem je počet obyvatel v dané lokalitě a s tím související hustota zalidnění. Kotas [20, s. 147] předpokládá v našich podmínkách následující podobu systémů MHD na základě počtu obyvatel ve městě:

- „ve městech od 10 000 do 20 000 obyvatel obsluhují území pouze některé linky vnější autobusové dopravy (například ČSAD) protažené skrz město,
- ve městech od 20 000 do 50 000 obyvatel obsluhují území městské autobusové linky, které vytvářejí doplňkovou síť k vnější hromadné dopravě. V našich podmínkách bývá nejčastěji jejich společným provozovatelem ČSAD,
- ve městech většinou nad 50 000 obyvatel se zřizují samostatné specializované dopravní podniky, které provozují ucelené systémy MHD na nejrůznějších kvalitativních stupních, od autobusových sítí až po metro.“

Je však nutno poznamenat, že se jedná o generalizované a teoretické hodnoty. Jistě by bylo možno najít mnoho příkladů, pro které výše uvedené rozvrstvení pasuje, na druhou stranu však i mnoho příkladů, pro které nikoliv. Pokud mají být v rámci městského dopravního systému obsluhovány i přilehlé oblasti a obce, měli by být započítáni i jejich obyvatelé. Uvedené odstupňování jasně vymezuje možné úrovně zajištění systémů MHD ve městech vzhledem k množství jejich obyvatel.

Počet obyvatel a velikost oblasti však nejsou jedinými uvažovanými demografickými parametry. Podobu MHD neovlivňuje jen celkový počet obyvatel lokality, ale rovněž jejich prostorové rozmístění utvářející jednotlivé dopravní oblasti, které se nutně nemusí

shodovat se správním členěním. Charakteristická by pro ně měla být výrazná centrální osa tvořená důležitou dopravní komunikací zpravidla s provozem MHD a zhruba stejné vzdálenosti od hranice dopravní oblasti k nejbližším dalším osám [10, s. 15].

Mezi další podstatné demografické charakteristiky patří věkové rozložení obyvatelstva odpovídající s věkem a životní situací se měnícím dopravním potřebám určitých skupin obyvatel: děti předškolního věku, žáci základních škol, studenti středních škol a odborných učilišť, vysokoškoláci, muži a ženy v produktivním věku spolu s podílem zaměstnanosti žen a osoby v důchodovém věku. Dále sem náleží počet domácností a jejich skladba, výše příjmů, nezaměstnanost či počet registrovaných osobních automobilů [10, s. 15].

2.2. Vnitřní struktura města

Typickým rysem evropských měst je především v jejich centru existence původní historické zástavby, která se postupem času určitým, ale mnohdy nepříliš významným způsobem rozvíjela. Ve zde běžných podmínkách docházelo k souběžnému vývoji měst a jejich infrastruktury. Současná podoba je tedy determinována postupným historickým vývojem. Při zachování jejího rozložení bývají dopravní možnosti značně omezené a je nutno jim dopravní systém přizpůsobit. Původní systém ulic nebyl většinou projektován poplatně současným dopravním potřebám, bývají často příliš úzké a členité a neposkytují tak dostatečný prostor pro možnost plynulého fungování neomezované individuální automobilové dopravy a mnohdy ani MHD. Přestavba těchto městských částí není společensky akceptovatelná. Situace je řešena snahou o vybudování dostatečné dopravní infrastruktury vně těchto prostor. Doplněna bývá často restriktivními opatřeními na vjezd a parkování automobilů do řešených městských částí. Doprava uvnitř těchto městských částí je pak často zabezpečována MHD, ale i její provoz podléhá v těchto částech určitým stanoveným pravidlům (např. provoz jen elektrické trakce - tramvaje, trolejbusy, v případě nemožnosti instalace trakčního vedení zabezpečení bezemisními vozy atp.). V těchto městských částech bývá vytvářen vhodný prostor pro pěší, případně cyklistickou dopravu.

Dalším významným aspektem je rozložení hlavních funkčních ploch. Drdla [10, s. 16] uvádí následující:

- *„bydlení,*
- *těžba surovin,*

- výroba,
- zemědělství, či jiné obdělávání půdy (zahradnictví, zahrádkářské plochy apod.),
- centrální oblasti (obchod, služby, úřady, kulturní zařízení, školy, zdravotnická zařízení),
- doprava,
- rekreace, sportovní zařízení.“

„Velikost těchto ploch, jejich rozložení po území města, vzájemné vazby, ale též funkční jednoznačnost nebo promísení funkcí, vzájemné vzdálenosti, koncentrovanost nebo plošné rozložení ovlivňují dopravu tak, že výhodné kombinace odstraňují některé přepravní nároky (cile jsou dosažitelné pěšky), nevýhodné je zvyšují.“ [10, s. 16].

Mezi rozhodující vlivy patří plošné rozložení pracovních příležitostí vůči poloze zdrojových obytných zón. S tím souvisí časové rozložení začátků a konců pracovní doby zaměstnanců, jejichž toky díky své kumulaci v ranních a odpoledních hodinách vytvářejí dopravní špičky. Časové rozložení je též ovlivněno existencí směnnosti. Brát v potaz je nutné i do oblasti dojíždějící, a naopak z ní vyjíždějící zaměstnance (ale i školáky a studenty) [10, s. 16].

Vnitřní struktura města je v neposlední řadě tvořena reliéfem krajiny, výškovými rozdíly v terénu, existencí přírodních překážek v podobě skal, kopců, řek, vodních ploch a jejich břehů. Uvažovat je nutno taktéž povahu a stabilitu podloží či záplavové oblasti v okolí řek. Význam mají i klimatické podmínky [10, s. 16].

2.3. Vztahy města a okolí

Jak bylo již uvedeno, doprava ve městě je ovlivňována okolními oblastmi. V literatuře je uváděn pojem tzv. zájmového území [10, s. 17], jehož rozsah je mimo jiné dán polohou, velikostí a správním významem města v širším území a vzhledem k okolním městům. Krom výše uvedeného rozložení pracovních sil a pracovního uplatnění je potřeba cest na území města vyvolána i umístěním: úřadů, institucí, zdravotnických zařízení, škol, nákupních center a specializovaných služeb, kulturních, rekreačních a sportovních zařízení a dalších [10, s. 17].

2.4. Dopravní vybavení města

Dopravní vybavení města odpovídá dopravní infrastruktuře v užším pojetí (jak byla definována v podkapitole 1.1.) a poskytuje podmínky pro fungování dopravy na území města. V ideálním případě by dopravní vybavení města vždy korespondovalo s přepravními potřebami na jeho území. Jelikož však změny přepravních potřeb

probíhají v čase spojitě a výstavbu dopravní infrastruktury je možno realizovat v čase jen diskrétně, dochází k nerovnováhám. Při nedostatečném dopravním vybavení mohou být některé zamýšlené cesty omezovány, naopak předimenzování dopravního vybavení povede pravděpodobně ke vzniku další zbytné dopravy [10, s. 17].

2.5. Možnosti a zvyklosti využívání volného času

Různé způsoby využívání volného času rovněž produkují vznik dopravních nároků. Není pravděpodobně možné zajistit pro všechny obyvatele uspokojení všech jejich volnočasových potřeb přímo v místě bydliště. Vyrážením za jejich uspokojením pak předpokládá nutnost uskutečnění dopravy. V rámci tohoto bodu je možno vymezit dva trendy. Jedním z nich jsou krátké volnočasové aktivity obyvatel v průběhu pracovního týdne. Druhým a velmi významným, protože má hromadný charakter a vytváří tak vysoké kapacitní nároky na dopravní infrastrukturu, je trávení volného času o víkendu typicky spojené s vyjížděním obyvatel z měst.

„Obecně se dá předpokládat, že s rostoucí životní úrovní a případným zkracováním pracovní doby počet cest za těmito účely, připadající na 1 obyvatele, poroste.“
[10, s. 17].

3. Subsystémy MHD

Jak již bylo uvedeno, MHD je jedna z částí městského dopravního systému a spolu s hromadnou dopravou v širší městské aglomeraci či celé oblasti je součástí integrovaného dopravního systému hromadné přepravy osob.

MHD je však možno vymezit i jako samostatný dopravní systém. Tento systém je především tvořen sítí linií (tras a linek) a uzlů (zastávek, stanic, přestupních terminálů).

„Trasa je směrové vymezení dopravního koridoru v území. Linka je směrové vedení určitého počtu jednotlivých spojů v závislosti na jízdním řádu (časové vymezení jednotlivých spojů vzhledem k zastávkám) a v závislosti na tzv. grafikonu (časové a prostorové vymezení oběhu jednotlivých dopravních prostředků na téže lince). Linky jsou směrově vedeny v určitých trasách. V jedné trase může být vedeno několik linek.“ [20, s. 146].

Na základě používaných dopravních prostředků je MHD členěna na subsystémy [20, s. 146]:

- *„regionální příměstská a městská železnice,*
- *metro,*
- *městská dráha,*
- *tramvajový subsystém,*
- *trolejbusový subsystém,*
- *autobusový subsystém,*
- *subsystémy nekonvenčních druhů dopravy.“*

Dle velikosti města (charakterizované zde počtem obyvatel) je možno typizovat běžně provozované subsystémy MHD, jak znázorňuje Tab. 2.

Tabulka 2: Provozované subsystémy MHD v závislosti na počtu obyvatel města

Druh dopravního prostředku	Počet obyvatel
trolejbus, autobus	30 000 - 50 000
pouliční tramvaj, trolejbus, autobus	50 000 - 250 000
pouliční tramvaj, městská dráha, trolejbus, autobus	120 000 - 650 000
městská dráha (ojediněle metro), tramvaj, trolejbus, autobus	650 000 - 1 000 000
metro, tramvaj, trolejbus, autobus	nad 1 000 000
regionální železnice, metro, tramvaj, trolejbus, autobus	městský region

Zdroj: vlastní zpracování [20, s. 147]

V Tab. 2 tučně zvýrazněné dopravní prostředky tvoří většinou pátevní síť MHD v městech s daným počtem obyvatel. *„V rámci konkrétního systému MHD je možné*

určit subsystém, který tvoří základ dopravní obsluhy území, nejvíce spoluvytváří či podmiňuje urbanistickou strukturu města a většinou přenáší i největší část přepravních zátěží. Jedná se o tzv. páteřní síť MHD obvykle tvořenou hierarchicky nejvyšším prvkem MHD v daném území (např. tramvajemi, metrem). Ostatní prvky MHD ve sledovaném území vytvářejí překryvnou síť a doplňkovou síť (např. autobusy).“ [20, s. 146].

3.1. Regionální příměstská a městská železnice

Regionální příměstská železnice bývá převážně páteřním prvkem systému integrované regionální dopravy. K jejímu přímému zakomponování do systému MHD však dochází až u větších měst (v podmínkách ČR výrazně jen v Praze v podobě linek S), i když okrajově umožňuje využití pro rozsah MHD i v menších městech s více nádražími. Jako příklad je možno uvést Plzeň, kde zakoupení časového tarifu na Plzeňskou kartu pro vnitřní (městskou) zónu opravňuje uživatele využít i železniční (obecně regionální) dopravu v rámci územní platnosti daného tarifu. V tomto případě se však jedná o využití regionální dopravy jako doplnění systému MHD a nemá v rámci celé MHD v současnosti veliký význam. V případě městských železnic se však jedná o jejich cílené zakomponování do systému MHD a s tím souvisejícím naplánováním jejich pravidelných linek, často dokonce jako jedné z páteřních sítí MHD. Běžně je možno se s těmito městskými železnicemi setkat například v německy mluvících zemích pod označením S-Bahn.

Je možno uvést některé základní znaky regionálních příměstských a městských železnic [20, s. 319]:

- Jsou provozovány primárně na původních železničních tratích, až pokud je to nutné, dochází k dostavbě nových tratí.
- Dochází ke společnému využívání tratí s dopravou meziměstskou, dálkovou i nákladní, což předpokládá zavedení kapacitního zabezpečovacího zařízení pro takovýto smíšený provoz a výstavbu předjízdných a vyčkávacích kolejí. Pokud neexistuje volná kapacita pro společný provoz, je nutné přistoupit k vybudování vlastních tratí.
- Jedná se o pravidelnou intervalovou dopravu.
- Dopravním prostředkem pro tyto sítě jsou elektrické obousměrné jednotky podobné soupravám metra, avšak většinou technicky plně kompatibilní s klasickou železniční soupravou tvořenou lokomotivou s vagóny.

- Jejich provozovatelem bývají (na rozdíl od metra) státní železnice.

Začlenění tohoto subsystému do systému MHD je zcela opodstatněně podmíněno určitým množstvím obyvatel dané oblasti. Jeho provoz generuje oproti tramvajovému, trolejbusovému či autobusovému subsystému výrazně vyšší fixní i variabilní náklady. Průměrné mezistaniční vzdálenosti pohybující se od 2 km výše předjímají optimální rozložení sítě na větším území. Nabízí také vyšší přepravní kapacitu. Její adekvátní využití však podmiňuje možnost alokování těchto vysokých nákladů na dostatečný objem provedených přepravních výkonů.

3.2. Metro

Mezinárodně používaný název pro tento subsystém MHD vznikl ve Francii počátkem 20. století. Mimo něj bývá v anglicky mluvících zemích používáno označení Underground Railway, nebo Subway a v Německu U-Bahn. Jedná se o městskou elektrickou rychlodráhu s těmito základními znaky [20, s. 261]:

- *„naprosto oddělený provoz od ostatní dopravy s úplnou segregací po celé délce trasy,*
- *autonomnost systému vzhledem k železnici nebo tramvajové dopravě,*
- *provozní technologie odvozená od železnice, avšak přizpůsobená specifickým urbanistickým, dopravním a technologickým požadavkům ⇔ menší staniční vzdálenosti, vysoké zrychlení i rychlost jízdy, velká přepravní kapacita, hustý sled vlaků, provoz se zabezpečovacím zařízením,*
- *trasy bývají vedeny v tunelech i na povrchu,*
- *stanice podzemí, povrchové nebo nadzemní používají vždy mimoúrovňový přístup cestujících na nástupiště.“*

Základním kritériem pro odlišení metra od ostatních příbuzných systémů rychlodrah, jakými jsou například uvedené příměstské a městské železnice, které mají jinak podobné parametry, je striktně oddělený provoz od ostatních dopravních systémů. Také je oproti regionální příměstské a městské železnici uváděna nižší průměrná mezistaniční vzdálenost cca 700 až 1 000 m. [20, s. 261-267]

Kotas [20, s. 264] uvádí tři systémy metra dle dopravně-urbanistického začlenění do území a dosahované maximální jednosměrné kapacity v době špičky:

- lehké metro s maximální kapacitou do 20 000 cestujících za hodinu,

- klasické metro s maximální kapacitou přibližně do 40 000 cestujících za hodinu (například pražské metro)
- expresní metro s maximální kapacitou přibližně do 70 000 cestujících za hodinu.

Závěry pro začlenění subsystému metra do systému MHD by se zhruba shodovaly se závěry uvedenými u regionální příměstské a městské železnice. Opět vysoké náklady (ať už vstupní či provozní) by musely být opodstatněny dostatečným využitím tímto subsystémem poskytované vysoké dopravní kapacity.

3.3. Městská dráha

Je označení vývojového stupně systémů MHD na pomezí mezi tramvajovým subsystémem a metrem. Na rozdíl od metra však nemusí být městská dráha v délce celé trasy striktně oddělena. Kotas [20, s. 207] cituje definici městské dráhy ze 48. kongresu UITP⁴: „*kolejový prostředek městské a příměstské hromadné osobní dopravy s elektrickým pohonem, který se odvíjí od moderní tramvaje až po dopravní prostředky provozované v tunelu nebo na nadzemním tělese.*“ Vytvoření městské dráhy může být uskutečněno přestavbou sítě klasické pouliční tramvaje či vybudováním nového, samostatného systému. V Čechách a na Slovensku bývá tento subsystém MHD označován pojmem tramvajová rychlodráha.

3.4. Tramvajový subsystém

Drdla definuje tramvaj jako: „*elektrické kolejové vozidlo s trolejovým přívodem trakčního proudu určené pro kolejové tratě (závislé vozidlo, koncepčně a konstrukčně přizpůsobené provozu na veřejných pozemních komunikacích).*“ [10, s. 65].

Pro vybudování tramvajové dvoukolejné tratě je nezbytný prostor o šířce 7 m, přičemž rozchod kolejí pro normálněrozchodnou trať je 1,435 m. Zpravidla se využívají žlábkové kolejnice umožňující zakrytí nebo zatravnění drážního tělesa. Stoupání trakce je limitované součinitelem adheze mezi kovovým kolem tramvaje a kolejnicí. Maximální možné stoupání, které vozidla musí být schopna překonat, je 70 promile [10, s. 63].

Tramvajová trať může být ve městech vedena následujícími způsoby [20, s. 212-219]:

⁴ UITP, tedy Union Internationale des Transports Publics, překládané jako Mezinárodní sdružení dopravních podniků, je mezinárodní sdružení založené roku 1885 v Bruselu a v současnosti tvořící celosvětovou síť s ambicemi spojovat všechny na veřejné dopravě zainteresované strany ve snaze podporovat rozvoj udržitelné dopravy v městských oblastech na celém světě a umožnit tak zlepšování kvality života a dosahování hospodářského blahobytu [46], [2].

- **Tramvajová trať v úrovni vozovky městské komunikace.**

V lokalitách, kde není dostatek prostoru pro vybudování zvláštního tělesa pro tramvajovou dopravu, např. v historických částech města nebo ve starých zastávkách, je možné vést tramvajovou trať v úrovni vozovky pro individuální automobilovou dopravu. Nejběžnějším způsobem pro vedení tramvajové trakce je vyhrazení samostatných jízdních pruhů v podélné ose dopravní cesty, kdy zastávky jsou vybudovány mezi tramvajovou tratí a jízdním pruhem pro automobily. Méně obvyklé je pak umístění tramvajové tratě na bocích vozovky, jehož výhodou je umístění zastávek přímo na chodnících, čímž je zvýšena bezpečnost cestujících při nastupování a vystupování, nevýhodou pak ztížené řešení křižovatek a znemožnění parkování vozidel na kraji vozovky. V místech s výrazně omezeným prostorem je možné vést tramvajovou trať ve společném jízdním pruhu s individuální automobilovou dopravou. Toto vedení je však vhodné pouze v oblastech s nízkou hustotou dopravy, neboť vyšší intenzita dopravy může ústít ve ztrátu plynulosti tramvajové dopravy.

- **Tramvajová trať na zvláštním tělese v rámci městské komunikace.**

Umožňuje-li profil a šířka komunikace vytvoření alespoň dvou jízdních pruhů pro automobilovou dopravu v každém směru, je možné vybudovat tramvajovou trakci na samostatném vyvýšeném tělese odděleném obrubníky, přičemž tramvajové zastávky jsou součástí tohoto tělesa. Přístup pro cestující na tyto zastávky je zajištěn zpravidla přechody, případně podchody nebo nadchody.

- **Tramvajová trať na zvláštním samostatném tělese mimo městské a silniční komunikace.**

Tramvajová trať bývá vybudována v lokalitách bez souvislé zástavby, v kontaktu s plochami zeleně. Tento typ vedení tramvajové tratě se využívá zejména v okrajových částech měst, na předměstích a meziměstských tratích.

- **Tramvajová trať na mimoúrovňovém segregovaném tělese.**

Tento velmi nákladný způsob výstavby tramvajové trati, kdy jsou budovány pozemní nebo nadzemní úseky trakce umístěné zcela mimo komunikaci pro individuální automobilovou dopravu, se využívá především v historických jádrech měst, v oblastech s překážkami v terénu nebo jsou navrhovány z důvodu ochrany životního prostředí. Navzdory výše zmíněným nevýhodám však tyto

trasy mají velmi vysokou přepravní kapacitu díky možnosti obsluhy tras dlouhými velkokapacitními vozidly a zkrácení jízdní doby.

- **Tramvajová trať v pěší zóně.**

Umístění tramvajové traktce v pěší zóně je nejmodernější způsob řešení dopravní obslužnosti hromadnou dopravou v centrech měst, které při vhodném architektonickém řešení neomezuje volný pohyb chodců, čehož je dosaženo odstraněním obrubníků a umístěním trati v úrovni komunikace určené pro pěší. S ohledem na zajištění jejich bezpečnosti se vozy pohybují nižší rychlostí 20-30 km/h, což je však vykompenzováno relativně plynulým provozem díky výrazně redukovánému počtu světelných křižovatek a omezenému kontaktu s ostatními druhy dopravy.

Jako hlavní výhody tramvajového subsystému uvádí Drdla [10, s. 66] například velkou přepravní kapacitu zajištěnou využíváním velkoprostorových vozidel s možností tvorby vlaků, větší životnost a účinnost elektrického motoru při porovnání s motorem spalovacím, provoz bez škodlivých exhalací, spotřebu elektrické energie převážně z tuzemských zdrojů, rekuperaci elektrické energie do trakční soustavy při brzdění vozidla nebo možnost preference tramvajů na křižovatkách se světelným signalizačním zařízením. Naproti tomu mezi nevýhody patří zejména vysoké náklady na vybudování tramvajové dopravy, omezená možnost stoupání limitovaná velikostí součinitele adheze mezi kovovým kolem a kolejnicí, velká hlučnost a vibrace, závislost na dodávkách elektrické energie a malá volnost pohybu, kdy v případě překážky nebo poruchy na dopravní cestě dochází k přerušení provozu na zasažené lince nebo i v celé síti tramvajového subsystému.

3.5. Trolejbusový subsystém

Dle Drdly [10, s. 65] je trolejbus: „*silniční trolejové vozidlo s trolejovým přívodem a odvodem trakčního proudu*“ a „*polozávislé vozidlo, omezené polohou trolejového vedení a délkou tyčových sběračů*“. Díky provozu na elektrickou energii se trolejbusy spolu s tramvajemi řadí mezi ekologičtější variantu hromadné dopravy ve srovnání s tradičními autobusy se spalovacími motory.

Pro částečný provoz trolejbusů i mimo dosah trolejového vedení je možné využít hybridní vozy, tzv. duobusy, které jsou vybaveny nejen elektrickým trakčním motorem, ale i spalovacím motorem na dieselový pohon. Tím je možno docílit větší variability jízdních tras trolejbusů v obsluhovaném území. Další výhodou duobusů je možnost

změny trasy v případě výluky či překážky na trati [20, s. 156] a nezávislost na dodávce elektrické energie v případě jejího nečekaného krátkodobého výpadku. Využíváním diesellového pohonu pro jízdu mimo trakci však částečně ztrácí svůj status elektricky poháněného vozidla. Nejmodernější způsob pohonu trolejbusů kombinuje elektrický motor s trakčními bateriemi, což umožňuje plnohodnotnou jízdu na určitou vzdálenost i mimo trakční vedení. Tato vozidla bývají označována jako parciální trolejbusy. V současné době slouží v České republice k přepravě cestujících ve Zlíně, Pardubicích a Plzni [18], [19]. Tato forma hromadné dopravy kombinuje výhody nezávislého pohybu autobusu a ekologického provozu trolejbusu. Nadto umožňuje výstavbu trolejbusové sítě ve více etapách, kdy je postupně navyšován podíl trati, na níž je využíván elektrický motor napájený přímo z trakce.

Předností trolejbusové dopravy v porovnání s dopravou autobusovou je pohon na elektrickou energii, čímž je zajištěn provoz bez emisí polutantů v místě zajišťování dopravy. Využívání elektrické energie k pohonu je rovněž vnímáno pozitivně vzhledem k vysoké soběstačnosti České republiky v její výrobě. Drdla [10, s. 65] dále uvádí větší životnost a účinnost elektrického trakčního motoru než spalovacího, téměř nulové ztráty běhu naprázdno v době stání na zastávkách a křižovatkách, jednoduché řízení rozjezdu a brždění (navíc elektromagnetické brždění šetří mechanické brzdy). Další předností je nízká hlučnost trolejbusové dopravy v porovnání s ostatními subsystemy MHD. V porovnání s tramvajovým subsystemem je výhodou menší vázanost na dopravní cestu a nižší investiční náklady. Dle Drdly: *„při nižší provozní nerovnoměrnosti a větší intenzitě přepravního proudu může vykazovat větší hospodárnost v porovnání s autobusovou dopravou“* [10, s. 65].

Mezi zápory trolejbusového subsystemu v porovnání s autobusovým patří vyšší investiční náklady při zavádění spojené především s nutností vybudování trakčního vedení a připojení prostřednictvím měničny. Další nevýhodou oproti autobusům je úplná, nebo částečná (parciální trolejbusy) závislost na připojení k trakčnímu vedení a tedy menší volnost pohybu. S tím také souvisí vyšší citlivost na výpadky dodávek elektrického proudu a různými okolnostmi způsobenou neprůjezdnost obsluhovaných tras. V porovnání s jednopólovým trolejovým vedením tramvajového subsystemu je dvoupólové trolejové vedení trolejbusů těžší, kvůli čemuž vyžaduje pevnější závěsné zařízení, a řešení výhybek je složitější [10, s. 65].

3.6. Autobusový subsystém

Drdla definuje autobus jako: „vozidlo určené pro přepravu osob a jejich cestovních zavazadel, které má více jak 9 míst pro sedící cestující (neuvažuje se místo řidiče)“ a „nezávislé silniční motorové vozidlo s uzavřenou karoserií, určené pro hromadnou osobní dopravu“ [10, s. 64]. Jedná se o nejrozšířenější prostředek hromadné dopravy, neboť pro svůj provoz nevyžaduje budování kolejové ani trolejové trakce. Bývá využíván jako jediný dopravní prostředek nebo jako integrovaná součást systémů městské hromadné dopravy.

Ve většině oblastí obsluhovaných autobusy využívají tyto dopravní prostředky vozovku společně s individuální automobilovou dopravou, což se negativně projevuje na plynulosti a časové spolehlivosti autobusové dopravy. Tato situace je v některých městech řešena samostatnými jízdními pruhy vyhrazenými částečně, například ve stanovené hodiny v době dopravní špičky, nebo úplně pro vozy městské hromadné dopravy [20, s. 154].

Tradiční autobusy využívají dieselový pohon, nicméně vzhledem k výrazným vlivům na životní prostředí, jako je exhalace, hluchost nebo prašnost, se v posledních letech pro městskou hromadnou dopravu začínají využívat také elektrobusy. Ty odstraňují negativní ekologické dopady autobusů, jsou však vázány na zdroje nabíjení baterií, což omezuje jejich akční rádius a jejich technologické řešení zatím neumožňuje nasazení jako hlavního nosného prvku MHD, proto jsou v současnosti využívány spíše doplňkově a v testovacích provozech.

4. Metody použitelné pro rozpočtování nákladů MHD

Rozpočtování v podnicích je periodicky se opakující proces, v jehož rámci dochází k přípravě a následnému sestavení dílčích rozpočtů a souhrnného rozpočtu, jejichž plnění je v rámci tohoto procesu posléze kontrolováno jak pravidelně v průběhu plánovaného období, tak po jeho skončení formou srovnávání rozpočtovaných hodnot se skutečně dosaženými a vyhodnocování vzniklých odchylek [43, s. 199-200].

Nedílnou součástí tohoto procesu je rovněž rozpočtování nákladů, které bude využito v dalších částech této práce a kterému bude tedy v rámci této kapitoly věnován určitý prostor.

Existují dva základní přístupy k pojetí nákladů. První z nich je finanční pojetí nákladů, které vymezuje náklady následovně: „*Finanční pojetí nákladů je založeno na vnímání nákladů jako úbytku ekonomického prospěchu, který se projevuje úbytkem aktiv nebo přírůstkem dluhů a který v hodnoceném období vede ke snížení vlastního kapitálu.*“ [43, s. 32]. Druhým přístupem je manažerské pojetí nákladů, které náklady definuje takto: „*V manažerském účetnictví se vychází z charakteristiky nákladů jako hodnotově vyjádřeného, účelného vynaložení ekonomických zdrojů podniku, účelově souvisejícího s ekonomickou činností.*“ [43, s. 32]. V rámci této práce budou náklady chápány v souladu s manažerským pojetím.

Rozpočtování nákladů představuje snahu jejich co nejpřesnějšího stanovení vzhledem k plánovaným výkonům a aktivitám dané rozpočtované jednotky. Předpokladem je tedy schopnost co nejpřesněji náklady kalkulovat.

4.1. Kalkulace nákladů

Kalkulaci nákladů je obecně možné definovat jako: „... *přiřazení nákladů, marže, zisku, ceny nebo jiné hodnotové veličiny k výrobku, službě, činnosti, operaci nebo jinak naturálně vyjádřené jednotce výkonu firmy, tj. kalkulační jednici či nákladovému objektu.*“ [43, s. 32]. Z definice je patrné, že předmětem kalkulace mohou být různé hodnotové veličiny, tedy nejen náklady, na které zde bude zaměřena pozornost.

Definice také uvádí důležitý pojem vážící se ke kalkulacím, a to kalkulační jednici nebo též nákladový objekt, čímž je míněna: „... *jakákoli aktivita nebo výkon, pro něž je požadováno oddělené sledování nákladů.*“ [43, s. 47]. Popesko dále konstatuje, že

nejčastějším příkladem v praxi jsou výrobky či služby, nicméně lze sem dále zařadit i projekty, trhy, distribuční kanály, činnosti, střediska, zákazníky apod. Synek tento pojem vysvětluje jako: „... *určitý výkon (výrobek, polotovar, práce nebo služba) vymezený měřicí jednotkou, např. jednotkou množství (kusy), hmotnosti (kg), délky (m), plochy (m²), času (h) apod.*“ [45, s. 101]. Volba správné kalkulační jednotky je pro účelné provedení kalkulace a získání smysluplného a srozumitelného výsledku, který vyjadřuje to, co bylo zamýšleno vypočítat, zcela zásadní. Kalkulační jednotky je volena právě podle výsledku, kterého má být dosaženo, a jeho následného využití. Pro potřeby této práce, která se primárně zabývá náklady provozu trolejbusové trakce a jejich porovnáním s náklady provozu autobusové dopravy, bude právě volba kalkulační jednotky klíčovým bodem. Zvolená kalkulační jednotky by měla zprostředkovat dosažení jednoznačných a srozumitelných výsledků, které bude navíc možno porovnat pro jednotlivé druhy dopravy.

Při výpočtech nákladů na kalkulační jednotky je nutno rozhodnout, které náklady a v jaké výši, nebo jaká jejich část se vztahuje právě k vybrané kalkulační jednotky a má být tedy do výpočtu zahrnuta. Náklady se z tohoto pohledu dělí na dvě skupiny: náklady přímé a režijní.

Přímé náklady je možno zahrnout do kalkulace na základě jejich evidentního příčinného vztahu k prováděným výkonům, pro které jsou náklady kalkulovány. Konkrétně v případě trolejbusové dopravy se bude jednat například o spotřebu elektrické energie na jízdu a podpůrné systémy trolejbusu, platy řidičů, údržbu vozů a trakce.

Obtížnější je rozhodování v případě režijních nákladů, u nichž příčinná souvislost ke kalkulovaným výkonům není zcela evidentní či dokonce úplně chybí: „*Režijní náklady (režie, někdy též nepřímé náklady) jsou náklady společně vynakládané na celé kalkulované množství výrobků, více druhů výrobků nebo zajištění chodu celého podniku, které není možné stanovit na kalkulační jednotky přímo, nebo jejichž přímé určení by bylo nevhodné.*“ [45, s. 102] Způsob a míra podrobnosti a hloubky alokace režijních nákladů na kalkulační jednotky by měly korespondovat s účelem provádění kalkulace, s povahou zvolené kalkulační jednotky a s formou hospodářské činnosti, kterou daný subjekt provádí. Na základě těchto indicií je možno zvolit vhodnou metodu kalkulace nákladů.

4.2. Kalkulační jednice v MHD

V první řadě je nutno se zamyslet nad vhodnou reprezentativní veličinou, jejíž hodnota umožní vypovídající porovnání nákladů dvou uvedených trakcí, přičemž dostupnými vstupními hodnotami jsou převážně celkové hodnoty nákladů a údaje dle uplatňované Metodiky tvorby kalkulace skutečných nákladů a výnosů z provozu MHD pro vyúčtování úhrady prokazatelné ztráty [34], která bude dále přiblížena. Ta je však primárně koncipována pro vyúčtování prokazatelné ztráty MHD jako celku, nikoli se zaměřením na oddělení jednotlivých trakcí.

Teorie nabízí hned několik pro oblast MHD využitelných veličin. Vedle prostého ujetého km vozidla či hodiny provozu vozidla (obojí dle způsobu výpočtu může, ale nemusí zahrnovat prázdné jízdy) je možno využít upravené veličiny typu vozokilometr⁵ či osobokilometr⁶, které jsou koncipovány přímo pro oblast osobní dopravy.

Jednotka vozokilometr poskytuje možnost při kalkulaci určitým způsobem zohlednit i nabízenou přepravní kapacitu. Nevypovídá již však o reálném vytížení nabízené přepravní kapacity, jen o vzdálenosti, na které byla určitá přepravní kapacita poskytována. Udává počet kilometrů, který ujede stanovený ekvivalent vozu. Pokud tedy jízdní jednotka odpovídající stanovenému ekvivalentu jednoho vozu ujede např. 60 km, jedná se rovněž o 60 vozokm. Pokud se však bude jednat o jízdní jednotku složenou ze dvou vozů, z nichž každý odpovídá stanovenému ekvivalentu vozu, či se bude jednat o jeden vůz s dvojnásobnou kapacitou odpovídající tak dvěma ekvivalentům vozu, pak ujetých 60 km této jízdní jednotky bude představovat 120 vozokm.

Osobokilometr je jednotka přepravního výkonu a vypovídá o počtu reálně přepravených osob na určité vzdálenosti. Konkrétně se jeden oskm rovná přepravě jedné osoby na vzdálenost jednoho kilometru. Vypočte se jako suma součinů počtu přepravených osob a vzdáleností, na které byly tyto osoby přepraveny. Jednotka tedy nehodnotí nabízenou přepravní kapacitu, ale reálně využitou přepravní kapacitu. Pojede-li tedy prázdná tramvaj (je abstrahováno od přítomnosti jejího řidiče, který není primárně účastníkem přepravy, ale jejím uskutečňovatelem) na vzdálenost 100 km, dosáhne přepravního výkonu 0 oskm. Pokud pojede cestující osobním automobilem na vzdálenost 100 km,

⁵ Dále též uváděno i jen: „vozokm“

⁶ Dále též uváděno i jen: „oskm“

dosažený přepravní výkon se bude rovnat 100 oskm. Stejného přepravního výkonu dosáhne tramvaj, která přepraví 100 osob na vzdálenost 1 km.

Pro potřeby této práce budou při výpočtech využívány dvě kalkulační jednice a sice prostý ujetý km a vozokm. Jejich užití bude vždy označeno a v případě potřeby i zdůvodněno.

4.3. Běžné metody kalkulace nákladů

Existuje řada metod kalkulací nákladů, které se mezi sebou liší množstvím faktorů. Zde bude provedena jejich stručná klasifikace s komentářem využitelnosti jednotlivých metod pro kalkulaci nákladů v MHD.

Tradičně se kalkulační metody člení takto [45, s. 104]:

1) kalkulace dělením:

- *prostá kalkulace dělením,*
- *stupňovitá (stupňová) kalkulace dělením,*
- *kalkulace dělením s poměrovými čísly;*

2) kalkulace přirážkové;

3) kalkulace ve sdružené výrobě:

- *zůstatková (odečítací) metoda,*
- *rozčítací metoda,*
- *metoda kvantitativní výtěže;*

4) kalkulace rozdílové (metoda standardních nákladů, metoda normová).

Dále by bylo vhodné zmínit ještě **kalkulace neúplných nákladů** a **kalkulaci nákladů podle aktivit** (metodu kalkulace ABC, Activity-Based Costing).

Jednotlivé kalkulační metody budou níže stručně definovány na základě jejich popisu viz [45, s. 104-123] a opatřeny krátkým komentářem zaměřeným na možnost a vhodnost jejich využití pro problematiku řešenou touto prací.

4.3.1. Kalkulace dělením

Výsledek prosté kalkulace dělením získáme jako podíl celkových nákladů na počtu kalkulačních jednic vyprodukovaných za sledované období, čímž je vypočten náklad na kalkulační jednici. Jedná se o jednoduchou metodu použitelnou pro hromadnou výrobu homogenního sortimentu. V podmínkách MHD by byla tato metoda použitelná bez

úprav v případě provozování pouze jedné trakce. Využití v případě provozu více trakcí se nejeví účelné, protože je zřejmé, že už v oblasti přímých nákladů generuje každá trakce jiné hodnoty na km či vozokm jízdy. Využití této metody by pak bylo možno pro každou trakci zvlášť, za předpokladu schopnosti jasně oddělit veškeré náklady generované jednotlivými traktami.

Stupňovitá kalkulace dělením je koncipována pro výroby, kde výrobky prochází několika výrobními stupni. Kalkulace zohledňuje možnost vzniku různého množství výrobků v jednotlivých výrobních stupních. Použitelná je rovněž pro případ, kdy není prodána veškerá produkce, a tudíž není účelné na neprodanou část produkce alokovat určité režijní náklady (např. náklady odbytu), ty jsou pak v celé výši přiřazeny jen k prodaným výrobkům. Tato kalkulace není koncipována vhodně pro využití v MHD.

Kalkulace dělením s poměrovými čísly je další metoda, která je vytvořena především pro potřeby výrobního podniku. Využívá se v případě produkce několika podobných výrobků, které se liší jen v určitém parametru (např. délka či hmotnost). Daný parametr je pak v kalkulaci zohledněn odpovídající hodnotou poměrového čísla. Tato metoda opět není ideálně uzpůsobena pro použití v podmínkách MHD, kde není možno pro rozdělení nákladů mezi jednotlivé trakce určit jednoznačně poměrová čísla, navíc platná při různém rozsahu provozů v jednotlivých traktách v různých obdobích. Při akceptaci určité míry nepřesnosti by však pravděpodobně mohla být využita i v těchto podmínkách.

4.3.2. Kalkulace přírážkové

Kalkulace přírážková vychází z rozdělení nákladů na přímé a režijní, přičemž přímé náklady jsou počítány rovnou na zvolenou kalkulační jednici pro jednotlivé výrobky (v případě MHD by se jednalo o ujetý km či vozokm v dané trakci) a režijní náklady jsou k jednotlivým výrobkům připočteny na základě stanovené přírážky. Ta je určena: „... *buď procentem, které zjistíme jako podíl režijních nákladů na nákladový druh zvolený za rozvrhovou základnu, nebo sazbou, kterou vypočteme jako podíl režijních nákladů na jednotku naturální rozvrhové základny.*“ [45, s. 108]. Základní varianta této metody představuje statickou kalkulaci, u níž se nemění stanovené přírážky pro různé objemy výkonů, čímž dochází k alokaci celkové výše režijních nákladů rozdílné od jejich skutečné výše. Tento problém řeší dynamická kalkulace, u níž jsou při změně objemu výkonů přepočítávány odpovídajícím způsobem i přírážky. Další varianta této

metody, nazývána diferencovaná přírážková kalkulace, poskytuje možnost zpřesnění výpočtu volbou různých rozvrhových základů a přírážek pro alokaci jednotlivých položek režijních nákladů. Kalkulace nákladů MHD touto metodou by mohla při plném využití možností, které poskytují její jednotlivé varianty, podávat relativně přesné výsledky. Přesto bude při jejím využití v určité míře docházet k nepřesnému rozvržení jednotlivých režijních nákladů mezi jednotlivé trakce. Tomu se však v případě alokace režijních nákladů bez zkoumání jejich konkrétní výše nebo poměrů jejich jednotlivých částí vynaložených přímo na danou kalkulovanou trakci nedá zcela zamezit. Pro některé režijní náklady by pravděpodobně nebylo možno, nebo by bylo neúměrně nákladné, zjistit, jaká přesná část je spojena s provozem kalkulované trakce. V těchto případech tak může být stanovení rozvrhové základny a přírážky efektivnější variantou.

4.3.3. Kalkulace ve sdružené výrobě

Kalkulace ve sdružené výrobě jsou metody určené pro použití kalkulace nákladů ve výrobě, kde jeden technologický proces vede k vytvoření více druhů výrobků. Je zřejmé, že se nejedná o situaci, která by nastávala při provozu MHD, tudíž tyto metody kalkulace nebudou pro případ MHD vhodné a nebude jim zde věnován další prostor.

4.3.4. Kalkulace rozdílové

Kalkulace rozdílové jsou určeny pro odlišné účely než dosud výše uvedené metody. Určují předem výši nákladů jako úkol (normu, standard) a následně vyčíslují rozdíly mezi stanoveným úkolem a skutečně dosaženými náklady. „*Odchyly se analyzují podle příčin vzniku a odpovědnosti nebo i z hlediska využití výrobních činitelů. Rozdílové metody se používají převážně pro řízení přímých (jednicových) nákladů, a to v opakované (např. hromadné a sériové) výrobě s montáží technologií; méně v řízení režijních nákladů a jednicových nákladů v ostatních (např. chemických) výrobcích.*“ [45, s. 112]. Stanovování úkolů (norem, standardů), jejich následné porovnání se skutečně dosahovanými hodnotami a vyhodnocování odchylek jsou běžnými postupy využívanými v celé řadě výroby a provozů. V případě MHD by využití těchto metod kalkulace nákladů bylo při určitých modifikacích jistě také možné, záleží však, zda by bylo zároveň účelné. Tato práce se však ubírá jiným směrem sledování nákladů, než je smyslem těchto metod kalkulací, proto pro její účely nebudou využitelné. Předmětem této práce je co nejpřesněji zjistit reálné náklady dosahované v provozu dané trakce na

zvolenou kalkulační jednicí a pomocí zjištěných údajů porovnat náklady na provoz trolejbusů a autobusů a následně pro konkrétní reálné podmínky navrhnout optimální varianty řešení trakce.

4.3.5. Kalkulace neúplných nákladů

Kalkulace neúplných nákladů představuje určitý posun v pojetí nákladů a jejich vztahu k dosahovaným výkonům vzhledem k výše uvedeným metodám. Náklady rozděluje na fixní, jejichž výše se s objemem výroby (do výše vymezené výrobní kapacitou a v krátkém období) nemění, a variabilní, jejichž výše je přímo závislá na objemu výroby. Tato metoda kalkuluje na výrobky pouze variabilní náklady, které se skládají z přímých (taktéž jednicových) nákladů a variabilních režijních nákladů. Fixní náklady na výrobky nealokuje, ale považuje je za nezbytné pro fungování podniku jako celku v určitém období a zohledňuje je až do celkového výsledku za období. Výhodou této metody je, že na výkony jsou alokovány pouze ty náklady, které se s výší výkonů skutečně mění a tedy jsou na výši výkonů reálně závislé. Tato metoda je využitelná pro podmínky MHD a částečně nebo úplně bude možno ji využít i v dalších částech této práce. Pro určité položky režijních nákladů bude obtížné stanovit jejich výši vztahující se k provozu dané trakce a jejich alokace v nesprávném poměru by zatížila výsledné hodnoty chybou. V takovém případě se může nakonec ukázat účelnější danou položku režijních nákladů do kalkulace nezahrnovat.

4.3.6. Kalkulace podle aktivit

Metoda ABC je obvykle součástí celkové koncepce řízení nákladů. Předpokládá v podniku zavedení odlišného přístupu k identifikaci místa vzniku nákladů, jejich evidenci a alokaci: „*Jejím cílem je dosáhnout rozvržení režijních nákladů podle skutečné příčinnosti jejich vzniku... Tyto kalkulace zjišťují a přiřazují náklady dílčím aktivitám (dílčím činnostem).*“ [45, s. 114] Pravděpodobně není důvod, proč by tato koncepce neměla být využitelná i v prostředí MHD, ale ve zkoumaném podniku není uplatňována a v rámci této práce tedy nebude použita.

4.4. Možnosti kalkulace nákladů v oblasti dopravy

Výše byly vymezeny základní běžně uváděné metody kalkulací nákladů a vyhodnocena jejich možnost využití v podmínkách MHD obecně a účelnost jejich využití pro potřeby této práce. Dále již je oblast nákladů řešena konkrétně pro oblast dopravy.

4.4.1. Kalkulační vzorec pro silniční dopravu

Eisler , Kunst a Orava [12, s. 225-230] rozpracovávají metodiku kalkulace nákladů silniční dopravy a uvádí následující strukturu kalkulačního vzorce silniční dopravy:

- 1) *Pohonné hmoty*
- 2) *Pryžové obruče*
- 3) *Mýtné*
- 4) *Přímé mzdy*
- 5) *Odpisy dopravních prostředků*
- 6) *Opravy a udržování dopravních prostředků*
- 7) *Ostatní přímé náklady*
PŘÍMÉ NÁKLADY (1-7)
- 8) *Provozní režie*
VLASTNÍ NÁKLADY PROVOZU (1-8)
- 9) *Správní režie*
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (1-9)
- 10) *Zisk / ztráta*
CENA VÝKONU (1-10)
- 11) *Daň z přidané hodnoty*
CENA VÝKONU VČ. DPH (1-11)

Pro kalkulaci nákladů v silniční dopravě jsou výše uvedené položky nákladů členěny na závislé a nezávislé, jak znázorňuje Tab. 3.

Tabulka 3: Rozdělení položek kalkulačního vzorce na náklady závislé na ujetých km či hodinách provozu a na náklady nezávislé

Položka kalkulačního vzorce	Náklady závislé na		Náklady nezávislé
	ujetých km	hodinách provozu	
1. Spotřeba PH a mazadel	*		
2. Pryžové obruče	*		
3. Mýtné	*		
4. Mzdy		*	
5. Odpisy dopravních prostředků			*

6. Opravy a údržba	*		
7.1. Pojištění sociální a zdravotní		*	
7.2. Cestovné ⁷		*	
7.3. Silniční daň ⁸			*
7.4. Jiné přímé náklady			*
8. Provozní režie			*
9. Správní režie			*

Zdroj: vlastní zpracování [12, s. 228]

Dle uvedených údajů je možno sestavit kalkulační vzorec pro celkové náklady [12, s. 228]:

$$N = a + n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2$$

kde:

N - celkové náklady,

a - celková hodnota nezávislých nákladů,

n_1 - náklady závislé na ujetých km (propočtené na ujetý km) v Kč,

n_2 - náklady závislé na hodinách provozu (propočtené na hodinu provozu) v Kč,

x_1 - ujeté km celkem (ložené i prázdné),

x_2 - hodiny provozu vozidla.

Zjistit celkové náklady provozu při znalosti uvedených veličin se tedy nezdá nijak problematické. Avšak v praxi je možno se setkat se zcela obráceným problémem. Je totiž poměrně snadné určit v podnicích sumu celkových nákladů, která je běžně sledovaným údajem. Je však obtížné ji správně rozklíčovat a přiřadit správně všechny nákladové položky prováděným výkonům, se kterými souvisí. V podmínkách MHD by jednoduchý podíl celkové sumy nákladů počtem kalkulačních jednic byl možný pouze v případě provozu jedné stejnorodé traktce.

Pokud je však řešenou problematikou porovnání nákladovosti mezi konkrétními vybranými subsystemy MHD (v tomto případě trolejbusovým a autobusovým) z více provozovaných, je třeba řešení přizpůsobit konkrétním okolnostem.

⁷ Položka cestovné v kalkulačním vzorci představuje cestovní náhrady osádek vozidel za dobu pracovního pobytu mimo pravidelné pracoviště, což se netýká řidičů v MHD. V kalkulačním vzorci pro MHD nebude tato položka zastoupena.

⁸ Pod položku jiných přímých nákladů zahrnují uvedení autoři zákonné pojištění motorových vozidel a havarijní pojištění vozidel.

5. Plzeňské městské dopravní podniky

5.1. Představení společnosti

Plzeňské městské dopravní podniky, a.s. se sídlem Denisovo nábřeží 920/12, 301 00 Plzeň - Východní Předměstí, IČ: 25220683, byly zapsány do obchodního rejstříku vedeného Krajským soudem v Plzni, oddíl B, vložka 710, dne 1. května 1998. Jejich stoprocentním vlastníkem je Statutárním město Plzeň, IČ: 00075370. Základní kapitál společnosti zapsaný k 31. 12. 2012 činí 1 015 014 000 Kč, ale dle rozhodnutí jediného akcionáře, Statutárního města Plzeň, ze dne 16. 11. 2016 má dojít k jeho snížení o 42 000 000 Kč, tedy z částky 1 015 014 000 Kč na částku 973 014 000 Kč [26], [36].

PMDP zajišťují městskou hromadnou dopravu na území statutárního města Plzně, jež má rozlohou zhruba 125 km² [28] a jehož počet obyvatel v roce 2015 byl 169 858 [7]. Město leží v Plzeňské kotlině na soutoku čtyř řek - Mže, Radbuzy, Úhlavy a Úslavy, které se postupně slévají a dávají tak vzniknout řece Berounce. Počet řek je pro město typickým a velmi ovlivňuje jeho uspořádání. Centrum města se nachází v nadmořské výšce přibližně 310 m n. m. a okrajové části vybíhají na několik vrchů s nadmořskou výškou přesahující 400 m n. m. Klimatickou oblast je možno označit za mírně teplou: „s dlouhým a suchým létem, krátkými a mírně teplými přechodnými obdobími jara a podzimu a velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky.“ [28].

Jedná se o čtvrté největší město v České republice, správní, průmyslové, obchodní a kulturní centrum a zároveň krajské město Plzeňského kraje. Kromě obyvatel města Plzně jsou častými cestujícími v městské hromadné dopravě obyvatelé jiných měst dojíždějící do Plzně za prací, mimoplzeňští studenti a turisté, kterých do Plzně v roce 2015 přijelo 260 183 a z nichž každý v Plzni strávil v průměru téměř 2 noci [5]. Celkový počet osob přepravených prostředky MHD v Plzni byl v roce 2015 dle statistického ukazatele 101 987 tis. [40, s. 10].

Městská hromadná doprava v Plzni sestává ze tří trakcí, kterými jsou tramvaje, trolejbusy a autobusy. Pátevní síť tvoří tramvaje, které propojují významná předměstí s centrem města a s vlakovým a autobusovým nádražím. Trolejbusová trakce plní obdobnou funkci jako tramvajová síť a s výjimkou Severního Předměstí zabezpečuje spojení pro všechna ostatní velká předměstí. Doplňkovou funkci v systému MHD

v Plzni mají autobusy, které propojují jednotlivá předměstí mezi sebou a zabezpečují dopravní obslužnost menších městských částí či přilehlých obcí [36].

Uvedené trakce jsou pro přehlednost mezi sebou i vizuálně odlišeny a všechny vozy dané trakce mají vlastní jedinečné zbarvení. Barvy jednotlivých trakcí pak v kombinaci s bílou barvou tvoří čtyřlístek plzeňských městských barev: žlutá pro tramvaje, zelená pro trolejbusy a červená pro autobusy. Dalším aspektem usnadňujícím uživatelům MHD pohyb a orientaci po městě je viditelnost tramvajové a trolejbusové trakce, umožňující jednak nalézt jednoduše nejbližší zastávku, ale rovněž ulehčující lokalizaci jednotlivých linek a míst, které spojují [36].

Od roku 2002 jsou PMDP součástí sdružení Zelené město. Společným cílem PMDP, Statutárního města Plzně, Plzeňského kraje, Plzeňské teplárenské, a.s., Vodárny Plzeň a.s. a Škody Transportation a.s. je zlepšování kvality života ve městě minimalizací negativních dopadů na životní prostředí. Konkrétní cíle, které si uvedené subjekty na základě schválené rámcové smlouvy kladou, jsou následující [39, s. 16]:

- *„čisté ovzduší – centrum bez spalovacích motorů – rozšířit podíl ekologických trakcí městské veřejné dopravy, připojit co nejvíce subjektů na centrální zásobování teplem a eliminovat tak vznik emisí;*
- *čistá voda – ekologicky hospodařit v okolí vodních toků, především vodního zdroje pro město Plzeň – tedy řeky Úhlavy, výstavba náhradního zdroje pitné vody pro město;*
- *ekologická doprava – omezit negativní vliv automobilové dopravy v centrální části města a zefektivnit integrovanou dopravu, podpora cyklistiky s městskou veřejnou dopravou;*
- *odpovědné a šetrné nakládání s odpady ve vztahu k životnímu prostředí – šetrně nakládat s odpady ve vztahu k životnímu prostředí, řešení tříděného odpadu, ukončení skládkování a výstavba nové spalovny;*
- *ostatní – Krizové řízení města, V. brána areálu ŠKODA, Ostrovní provoz.“*

PMDP se podílí zejména na naplňování prvního a třetího bodu, kdy dvě třetiny dopravních spojů zajišťují pomocí k přírodě šetrných dopravních prostředků – tramvajů a trolejbusů. Díky tomu patří veřejná doprava v Plzni k nejekologičtějším dopravním systémům v Evropě [36].

5.2. Historie společnosti

Historie společnosti Plzeňské městské dopravní podniky, a.s. sahá až na konec 19. století, kdy byly v Plzni vybudovány první tramvajové tratě a elektrárny pro jejich pohon. V té době v Plzni přibývalo množství průmyslových podniků, což mělo za následek rostoucí množství obyvatel, kteří se do města přistěhovali za prací nebo za ní do města dojížděli. Plzeň se zvětšovala a vznikala nová předměstí i značně vzdálená od samotného centra města. Plzeňská městská rada se tak dne 27. 2. 1892 rozhodla zřídit elektrické městské dráhy. O zpracování návrhu byl tehdy požádán Ing. František Křížík, který měl v roce 1891 úspěch s předvedením své elektrické dráhy v Praze na Letné. V roce 1897 vypsal Plzeň veřejnou soutěž na zřízení městské elektrické dráhy. Většinu zakázek realizovala firma Františka Křížíka (kolejnice a jejich uložení, napájení, elektrárna a elektrovýzbroj vozů), část pak také firma Emila Škody (parní kotle elektrárny) či Václava Brožíka (vozy bez elektrického zařízení). S pravidelným provozem se začalo 29. 6. 1899. Vozovna byla tehdy umístěna v Cukrovarské ulici a vozy zajišťovaly provoz na třech jednokolejných tratích: Bory – Lochotín, Skvrňany – Nepomucká, Náměstí – Plynárna. Všechny linky se pro možnost přestupů setkávaly na náměstí. Plzeň byla v té době pátým městem na území dnešní České republiky, které zavedlo provoz elektrické tramvaje. Založená plzeňská dopravní společnost nesla tehdy název „Elektrické dráhy v Plzni a okolí“, zaměřovala na provoz tramvajových drah, které na rozdíl od dopravních systémů řady jiných měst v té době byly vybudovány čistě elektrické, a její plány zahrnovaly rozšíření tramvajové trakce i za hranice města [22], [31], [37].

Významný rozvoj elektrotechniky na přelomu 19. a 20. století a rozšíření elektrické sítě však plány společnosti pozměnily. Ta mimo provozu tramvají vyráběla a distribuovala elektřinu a v souvislosti s rozšířením působnosti změnila svůj název na „Elektrické podniky města Plzně“. Ty již v roce 1933 dodávaly elektrickou energii 27 294 odběratelům. Po druhé světové válce došlo k rozdělení Elektrických podniků dle zabezpečovaných činností na Západočeskou elektrárnu a Dopravní podniky statutárního města Plzně, které se v následujícím období staly státním podnikem [37].

Novodobá historie společnosti se píše od roku 1998, kdy byla zapsána do obchodního rejstříku a získala do dnešního dne platný název „Plzeňské městské dopravní podniky“. Vedle provozu městské hromadné dopravy, což je hlavní činností PMDP, se

v současnosti společnost zabývá také například provozem autoškoly, provozem tzv. „Senior Expressu“ pro přepravu seniorů a handicapovaných občanů nebo výrobou elektrické energie [37], [39].

Původními zdroji elektrické energie při zavedení tramvajového provozu v Plzni byla vodní elektrárna v Panském mlýně a parní elektrárna v centrále v Cukrovarské ulici. V roce 1919 však byla z důvodu regulace řeky Radbuzy Mlýnská strouha zasypána a ukončen tím provoz vodní elektrárny v Panském mlýně. Nová vodní elektrárna byla však vybudována tehdy u nového jezu na Denisově nábřeží, což byl základ pro dnešní centrální měnírnu „Hydro“ pro tramvajový a trolejbusový provoz v Plzni, která je největší měnírnou pro MHD v České republice. Do provozu byla vodní elektrárna uvedena 18. 2. 1922. Do roku 1939 byla pak jediným zdrojem trakčního proudu pro tramvajový provoz [22].

Tramvajový provoz na třech zavedených linkách v roce 1899 se postupně měnil. Trať z Náměstí k Plynárně byla dvakrát prodlužována, nejdříve k Plovárně (1910), a později do Doudlevec (1929). Linka však nebyla dostatečně využívána, a tak byla v roce 1949 zrušena a provoz na ní byl nahrazen trolejbusovou linkou. Na konečných linek byly postupně budovány smyčky a tratě byly zdvoukolejňovány. Ve středu města byla vybudována nová trať Solní a Pražskou ulicí, byla prodloužena trať na Skvrňany, a naopak zrušen úsek tramvaje k trestnici na Borech [31].

Druhým subsystémem MHD provozovaným v Plzni se staly autobusy, jejichž doprava na třech linkách byla zahájena 21. 3. 1929. Plnily již tenkrát stejně jako dnes hlavně doplňkovou funkci a obsluhovaly především okrajové části města [22].

Na počátku 40. let minulého století byla veřejná doprava v Plzni rozšířena o trolejbusy. Trolejbusový provoz byl zahájen 9. 4. 1941 od městských lázní na Doubravku (dnešní Habrmannovo náměstí) a 1. 5. 1941 k Ústřednímu hřbitovu. Po druhé světové válce pak následoval další rozvoj trolejbusové sítě. Například byla zavedena linka č. 12 z Božkova přes Jiráskovo náměstí do Skvrňan (1948) a dále prodloužena až na Novou Hospodu (1955). V roce 1949 nahradila zmíněnou stále ještě jednokolejnou tramvajovou linku do Doudlevec trolejbusová linka č. 13 z Bolevce, která byla pak v roce 1953 prodloužena přes Slovany až do Černic. V roce 1950 byla uvedena do provozu linka č. 14 Košutka – Kopeckého sady – Doudlevec. V roce 1975 začaly jezdit trolejbusy do Lobež. Následující období přineslo spíše úbytek trolejbusových tratí.

S výstavbou tramvajové trati na Severní předměstí došlo v roce 1976 k ukončení provozu trolejbusů na Košutku a v důsledku rekonstrukce Rooseveltova mostu se přestalo jezdit i do Bolevce, kam byla část trolejbusové linky nahrazena linkou autobusovou. Další rozvoj trolejbusové trakce představovalo v roce 1988 nahrazení původní autobusové linky z Doubravky na Bory trolejbusovou linkou č. 16 [22].

S výstavbou sídlišť na krajích města docházelo rovněž k rozvoji tramvajové trakce. Od roku 1962 jezdí tramvaj na Světovar a v roce 1973 byla na opačné straně prodloužena do zadních Skvrňan. Na Lochotín se začalo jezdit rovněž v roce 1973, nejdříve jen do úrovně dnešní stanice Pod Záhorskem, ale později v roce 1980 jezdily tramvaje až na Košutku. Od ledna 1983 začala jezdit tramvaj směrem na Bolevec, ale jen po dnešní Mozartovu ulici. Tenkrát tam jezdila ze Skvrňan tramvaj č. 3 jen v pracovní dny. 25. 5. 1990 došlo k otevření zbytku trati na Bolevec, kam začala od dalšího dne pravidelně jezdit linka č. 1, která do té doby jezdila na trase Slovany – Bory. Poslední významnou změnou bylo 27. 5. 2000 zrušení linek č. 3 a 5, jež obě jezdily z točny Malesická na Skvrňanech (linka č. 3 na Košutku a linka č. 5 do Bolevce). Aktuálně je plánováno prodloužení tramvajové tratě na Borská pole s předpokládaným zahájením provozu v roce 2018 [31].

5.3. Současný provoz

Ke dni 31. 12. 2016 zajišťovalo dopravní obslužnost v Plzni celkem 49 linek, z toho 3 tramvajové, 10 trolejbusových a 36 autobusových, s celkovou délkou 582,37 km. Dle statistického ukazatele přepravily za celý rok 2016 tramvaje 37 776 tis. cestujících, trolejbusy 31 077 tis. a autobusy 38 728 tis. [41].

Schéma městské veřejné dopravy v Plzni je obsaženo v Příloze A. Noční provoz ve městě je zabezpečen 10 nočními linkami s označením N, z nichž 9 je autobusových a 1 (N7) je trolejbusová. Schéma nočních linek MHD v Plzni je obsahem Přílohy B.

Provozovány jsou tři tramvajové linky všechny procházející středem města a přímo se potkávající na společné zastávce v Sadech Pětatřicátníků (výjimkou jsou linky č. 1 a 2 jedoucí ve směru od městské části Slovany, které zastávku Sady Pětatřicátníků míjejí a staví jen poblíž v zastávce Hlavní pošta v Solní ulici). Celková délka tramvajových linek v roce 2016 je 23,9 km [41, s. 10]. Provoz zajišťovalo 114 vozů a 154 řidičů, kteří společně najezdili 5 376 013 vozokm [41, s. 10]. Vozovna pro tramvajovou trakci je umístěna na Slovanech u konečné linky č. 1, která spojuje městské části Slovany

(Náměstí Milady Horákové) a Bolevec. Tramvajová linka č. 2 jezdí mezi Slovany (Světovar) a městskou částí Skvrňany. Poslední v současnosti aktivní je linka č. 4 převážející cestující na trase mezi Bory a Košutkou.

Trolejbusový provoz je v roce 2016 tvořen 9 denními linkami a 1 noční linkou, jejichž celková délka je 86,55 km. Provoz na nich zajišťovalo 90 vozů se 183 řidiči. Naježděno bylo za celý rok 4 399 548 vozokm [41, s. 10]. Jak již bylo uvedeno plní v systému MHD v Plzni trolejbusová trakce obdobnou funkci jako tramvajová. Všechny linky vedou středem města a vyjma Severního Předměstí spojují všechna ostatní velká předměstí. Soupis trolejbusových linek provozovaných v březnu roku 2017 vymezených jejich konečnými stanicemi uvádí Tab. 4.

Tabulka 4: Soupis trolejbusových linek provozovaných v březnu roku 2017

Linka č.	Konečná 1	Konečná 2
10	Tylova	Černice
11	Ústřední hřbitov	CAN Husova
11A	Letkov	CAN Husova
12	Božkov	Nová Hospoda
13	Na Dlouhých	NC Černice
14	Pařížská	Sídliště Bory
15	Lobzy	Borská pole
16	Doubravka	Sídliště Bory
17	Doubravka	Nová Hospoda
18	CAN Husova	Borská pole
N7	Mrakodrap	Nová Hospoda

Zdroj: vlastní zpracování [42]

Dlouhou dobu sdílely trolejbusy a autobusy společné depo v Cukrovarské ulici. Jeho technický stav a vybavení však neodpovídaly současným potřebám provozů, a tak byly roku 2014 oba provozové přestěhovány do nově vybudovaného depa Karlov.

Autobusy tvoří především doplňkový prvek systému městské hromadné dopravy, spojují jednotlivá předměstí, tvoří okružní městské linky a zajišťují dopravní obslužnost menších městských částí či přilehlých obcí. V roce 2016 zabezpečovalo provoz na 27 denních a 9 nočních autobusových linkách o celkové délce 471,92 km 131 vozidel a 221 řidičů, kteří společně naježdili 5 462 006 vozokm [41, s. 10].

6. Metodika tvorby kalkulace nákladů a výnosů z provozu MHD v PMDP, a.s.

PMDP, a.s. provádí kalkulace nákladů a výnosů na základě vlastní metodiky vytvořené v roce 2009 pro vyúčtování úhrady prokazatelné ztráty. Tato metodika slouží pro stanovení pravidel kalkulace nákladů a výnosů z činností podniku jeho jedinému vlastníkovi, tedy Statutárnímu městu Plzni, s nímž ji mají ukotvenou ve vzájemné smlouvě. PMDP uvádí v Metodice tvorby kalkulace [34] základní členění výnosů a nákladů mezi MHD (účtované na interní zakázky, nebo nákladová střediska) a externí činnosti (účtované na externí zakázky, nebo nákladová střediska):

- *„Část MHD je členěna, z důvodu požadavků kladených na vyúčtování prokazatelné ztráty z provozu MHD příslušnými zákony po provezech tramvají, trolejbusů a autobusů. Do MHD jsou zahrnuty i výnosy a náklady přímo související s činnostmi přepravní kontroly a to v plné výši.*
- *Část zahrnující externí činnosti je členěna dle číselníku na 37 činností, u nichž se externímu objednateli nepředkládá výše prokazatelné ztráty nebo jiná cenová kalkulace skutečných nákladů. Dále externí činnosti zahrnují i výnosy, které nebyly objednány externím objednatelem – např. aktivaci majetku a materiálu, úroky z depozitních vkladů, odprodej majetku aj. Fakturace se provádí na základě schváleného Ceníku externích prací a služeb či uzavřených smluv.“*

Dle uvedené metodiky je výsledná kalkulace skutečných nákladů a výnosů MHD zpracována v podobě následujících výkazů v souladu s povinností stanovenou příslušnými právními předpisy:

- *„Výkaz nákladů a výnosů z přepravní činnosti ve veřejné drážní osobní dopravě“ (zvlášť pro provoz trolejbusů a zvlášť provoz tramvají dle zákona č. 266/1994 Sb. a nařízení vlády č. 241/2005 Sb.)⁹,*
- *„Výkaz nákladů a tržeb z přepravní činnosti“ (pro provoz autobusů dle zákona č. 111/1994 Sb. a nařízení vlády č. 493/2004 Sb.)⁹.*

⁹Vyhláška o prokazatelné ztrátě ve veřejné drážní osobní dopravě a o vymezení souběžné veřejné osobní dopravy č. 241/2005 Sb. a Nařízení vlády č. 493/2004 Sb., kterým se upravuje prokazatelná ztráta ve veřejné linkové dopravě a kterým se konkretizuje způsob výkonu státního odborného dozoru v silniční dopravě nad financováním dopravní obslužnosti, byly zrušeny Zákonem o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů č. 194/2010 Sb. [48]. PMDP, a.s. uvádí v metodice legislativu platnou v době jejího přijetí.

Tyto výkazy obsahují náklady a výnosy pouze za MHD.

Při prvotním rozpoznání jsou náklady a výnosy zaúčtovány na interní zakázky, externí zakázky, nebo na nákladová střediska. Pokud jsou zaúčtovány na interní zakázky, dojde na základě v systému předdefinovaných vazeb k jejich přiřazení do kalkulace MHD. Při zaúčtování na externí zakázky jsou přiřazeny k některé z externích činností podle číselníku externích činností PMDP, a.s. Číselník externích činností je obsahem Přílohy C. U nákladů, které není možno přímo přiřadit na interní či externí zakázky, dochází k zaúčtování na nákladová střediska. K rozpočtení těchto nákladů mezi interní a externí zakázky dochází při provádění měsíční závěrky, a to podle poměru vykázaných odpracovaných hodin na interních a externích zakázkách. Struktura nákladových středisek a systém alokace režijních nákladů jsou znázorněny v Příloze D.

Pro potřeby této práce bude vhodné uvést, jakým způsobem jsou přiřazovány náklady MHD na jednotlivé trakce. Samozřejmě, že pro možnost vzájemného porovnání nákladů trolejbusového a autobusového provozu by bylo ideální, aby na jednotlivé trakce byly alokovány přímo jimi generované náklady. Například mzdové náklady střediska Dispečink by byly rozděleny na jednotlivé trakce podle skutečných poměrů celkového času pracovníků věnovaných jednotlivým traktům. Je možné nalézt i další podobné příklady, avšak jejich zavedení do praxe by bylo většinou dosti problematické a vzhledem k poměru mezi jejich vnímaným přínosem pro podnik a dodatečně vzniklými náklady rovněž neefektivní. Pro PMDP je především důležité co nejpřesnější rozdělení nákladů a výnosů mezi MHD a externí činnosti. Následné přiřazování zúčtovaných položek MHD na jednotlivé trakce má být sice také co nejpřesnější, ale nemá zcela zásadní význam.

Pro klíčování nákladů mezi jednotlivé provozy zabezpečující MHD (střediska Tramvaje¹⁰, Trolejbusy¹¹, Autobusy¹²) jsou používány dva klíče: „vozokm MHD“ a „DC“.

Pomocí klíče „vozokm MHD“ jsou náklady MHD zaúčtované na střediska vyznačená v Příloze D zeleně (Celofiremní náklady, Dispečink, Správa majetku - PTS, Správa majetku - Doprava, Plzeňská karta, Převážní kontrola, Autoškola, Distribuce) rozpočítány na jednotlivé provozy (ED, TB, AB) podle počtu vykázaných vozokm

¹⁰ Středisko Tramvaje rovněž označováno jako ED.

¹¹ Středisko Trolejbusy rovněž označováno jako TB.

¹² Středisko Autobusy rovněž označováno jako AB.

jednotlivými provozy. Vzhledem k tomu, že tyto náklady není možno rozdělovat ihned při prvotním rozpoznání, dochází k jejich alokaci dle tohoto klíče s měsíční frekvencí.

Klíč „DC“ slouží k rozdělení nákladů MHD zaúčtovaných na středisko Drážní cesty pouze mezi provozy ED a TB. Konkrétně se jedná o rozdělení jak provozních nákladů tohoto střediska, tak především spotřeby trakčního proudu mezi tyto dva provozy, jelikož jsou obě trakce propojeny a napájeny společně a PMDP hradí společně jejich celkovou spotřebu. Skutečný celopodnikový podíl spotřeby trakčního proudu mezi tramvajemi a trolejbusy je problematické určit. Na většině úseků jsou tramvaje i trolejbusy napájeny ze společných měření, což znemožňuje z údajů měření separaci jejich spotřeby. V rámci obou trakcí existují však i měřírny, které napájí vždy jen jednu z nich. Jedná se konkrétně jen o tři případy: jedna měřírna na Lochotíně a jedna měřírna na Bolevci, které zásobují jen tramvaje, a jedna měřírna na Letkově, která zásobuje jen trolejbusy. Spotřeby na těchto měřírnách byly zkoumány, nicméně se jedná jen o části trakcí, které vykazují vůči celému provozu jistá specifika, proto nemohou být závěry zobecněny pro určení celopodnikového poměru bez úprav odstraňujících nepřesnosti vzniklé měřením jen v daných úsecích. Celopodnikový poměr pro rozdělení spotřeby trakčního proudu byl určen odborným odhadem na *72 %¹³ pro ED a *28 % pro TB. Ke snaze o určování tohoto poměru byl učiněn následující závěr: „*Současné rozdělení spotřeby elek. energie mezi střediska ED *72 % a TB *28 % je správné (avšak exaktně neověřitelné) vzhledem ke zjištěním uvedeným v souboru „ověření spotřeby“ a vzhledem ke všem odchylkám, které mohou mít vliv na tento podíl.*“ [33]. Náklady jsou dle tohoto klíče alokovány rovněž s měsíční frekvencí.

Výpočet klíče „vozokm MHD“ v celoročním souhrnu pro rok 2015 je uveden v Tab. 5.

Tabulka 5: Výpočet klíče „vozokm MHD“ pro jednotlivé provozy v roce 2015

	TRAMVAJE	TROLEJBUSY	AUTOBUSY	MHD celkem
Ujeté vozokm	5 330 814	4 363 192	5 404 815	15 098 821
Hodnota klíče „vozokm MHD“	35%	29%	36%	100%

Zdroj: vlastní zpracování [40, s. 10], [34]

Alokace nákladů MHD na uvedené provozy v roce 2015 je shrnuta v Tab. 6.

¹³ Data označená "*" jsou z důvodu ochrany důvěrných informací podniku zkreslena, neodpovídají skutečným údajům z daného podniku, nicméně pro účely řešení problémů v kvalifikační práci jsou relevantní a neovlivňují významnou měrou vyvozené závěry.

Tabulka 6: Alokace nákladů na provozy ED, TB a AB v roce 2015

PROVOZY MHD	Zdrojové středisko	Podíl účtovaný na provoz	Klíč
TRAMVAJE	Tramvaje	100%	
	Údržba tramvají	100%	
	Drážní cesty	*72%	„DC“
	ostatní střediska	35%	„vozokm MHD“
TROLEJBUSY	Trolejbusy	100%	
	Údržba trolejbusů	100%	
	Drážní cesty	*28%	„DC“
	ostatní střediska	29%	„vozokm MHD“
AUTOBUSY	Autobusy	100%	
	Údržba autobusů	100%	
	Drážní cesty	0%	„DC“
	ostatní střediska	36%	„vozokm MHD“

Zdroj: vlastní zpracování [40, s. 10], [34]

7. Srovnání ekonomických nákladů trolejbusového a autobusového provozu

V této kapitole bude provedeno nákladové srovnání trolejbusů s autobusy v rámci celého provozu v podniku v roce 2015. Rok 2015 byl zvolen jako poslední rok, pro který byly v době tvorby práce k dispozici kompletní údaje.

7.1. Srovnání na základě skutečné podoby obou provozů v roce 2015

Nejdříve bylo provedeno srovnání obou provozů v té podobě, v jaké reálně v roce 2015 fungovaly. Výchozími údaji pro toto srovnání byly celkové roční náklady přiřazené na jednotlivé trakce. Náklady byly co nejpodrobněji rozčleněny dle svého původu a příčinné vazby k daným provozům. Následně došlo ke korekcím u nákladů, které nebyly na trakce alokovány v odpovídající výši a u nichž mohly být správné hodnoty alespoň přibližně určeny. Naopak byly z výpočtů úplně odebrány náklady, které nebyly na trakce alokovány v odpovídající výši, ale jejichž správné hodnoty ani nebylo možno lépe určit, čímž by výsledné srovnání zatěžovaly chybou. Druhý uvedený příklad se vztahuje k některým nákladům systémově přiděleným na základě klíče, který však nemusí postihovat reálně generovanou výši těchto nákladů jednotlivými provozů. Pak je lepší dané nákladové položky u obou srovnávaných provozů ze vzorce odebrat. Po provedení uvedených korekcí byly celkové náklady pro každý z provozů vyděleny počtem zvolených kalkulačních jednic (km, nebo vozokm), kterých bylo ve srovnávaných provozech dosaženo, což umožnilo srovnání nákladů obou provozů na kalkulační jednici. Jak bude dále vysvětleno, ukázalo se však, že i tento postup vede k výsledkům zatíženým systematickou chybou a bude jej tedy nutno ještě v další části pro dosažení lépe vypovídajících výsledků upravit.

7.1.1. Provoz trolejbusů v roce 2015

Trolejbusy zabezpečovaly provoz 10 linek v celkové délce 86,4 km. Využíváno k tomu bylo 87 vozů. Strukturu vozového parku nejlépe vystihuje Obr. 1:

Obrázek 1: Trolejbusy - struktura vozového parku v roce 2015

Trolejbusy	Počet
ŠKODA Tr 14	9
ŠKODA Tr 21 ACI	18
ŠKODA Tr 24 AGORA	7
ŠKODA Tr 24 CITELIS s PM	16
ŠKODA Tr 25 CITELIS s PM	5
ŠKODA Tr 27 SOLARIS 18 s PM	5
ŠKODA Tr 27 SOLARIS 18	11
ŠKODA Tr 26 SOLARIS 12 s PM	2
ŠKODA Tr 26 SOLARIS 12	14
Celkem	87



Zdroj: [40, s. 11]

Řízení vozů obstarávalo 178 řidičů a naježděno bylo za celý rok již uvedených 4 363 192 vozokm. Dle statistického ukazatele přepravily v roce 2015 trolejbusové linky 29 301 tis. osob. [40, s. 11].

7.1.2. Provoz autobusů v roce 2015

Trolejbusy zabezpečovaly provoz 35 linek v celkové délce 471,92 km. Využíváno k tomu bylo 136 vozů. Strukturu vozového parku nejlépe vystihuje Obr. 2:

Obrázek 2: Autobusy - struktura vozového parku v roce 2015

Autobusy	Počet
KAROSA B 931	2
KAROSA RENAULT CITYBUS	15
KAROSA IRISBUS	21
SOR B 9,5	4
FIAT MAVE	1
SOLARIS URBINO 15	17
SOLARIS URBINO 18	32
SOR NB 12	41
ŠKODA SH 26 SOLARIS	1
ŠKODA PERUN 26SH01	2
Celkem	136



Zdroj: [40, s. 11]

Řízení vozů obstarávalo 207 řidičů a naježděno bylo za celý rok již uvedených 5 404 815 vozokm. Dle statistického ukazatele přepravily v roce 2015 autobusové linky 36 700 tis. osob. [40, s. 11].

7.1.3. Kalkulační vzorec PMDP pro provoz trolejbusů a autobusů

Pro oba srovnávané provoz je možno sestavit kalkulační vzorec s obdobnou strukturou, jakou měl kalkulační vzorec pro silniční dopravu představený v Kap. 4.4.1. Kalkulační vzorec pro oba provoz s celkovými hodnotami v Kč za celý rok 2015 je rozpracován v Tab. 7.

Tabulka 7: Celkové hodnoty položek kalkulačního vzorce pro provoz TB a AB v roce 2015 v Kč

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy	Autobusy
NÁKLADY CELKEM	*90 377 873	*95 060 931
VARIABILNÍ NÁKLADY	*46 670 659	*58 671 640
Trakční energie a pohonné hmoty	*6 192 352	*17 033 033
Přímé mzdy	*15 730 588	*17 666 692
Zákonné odvody k přímým mzdám	*5 516 234	*6 191 120
Údržba vozů	*19 231 485	*17 780 795
FIXNÍ NÁKLADY	*43 707 214	*36 389 291
Odpisy vozů	*11 533 321	*10 871 216
Nájemné	*820 395	*44 160
Údržba ostatní	*7 957 695	*4 198
Provozní režie	*15 697 040	*17 739 341
Správní režie	*7 698 763	*7 730 376

Zdroj: vlastní zpracování [33]

Při znalosti množství ujetých vozokm v jednotlivých provozech je dále možno data za celkové provozy přepočíst na hodnoty pro jeden vozokm, jak je učiněno v Tab. 8. Tím by mohlo být v tomto bodě dosaženo určité úrovně srovnání obou provozů. Toto srovnání však ještě není přesné, jelikož zatím nebylo možno odstranit některé vlivy způsobující nesrovnatelnost obou provozů, jak bude dále vysvětleno. Nicméně je určitě více vypovídající než celková data pro takto odlišný rozsah provozů (velké rozdíly v počtu linek a jejich délce, což má za následek odlišná množství ujetých vozokm, a rozdílný počet vozů i řidičů).

Tabulka 8: Hodnoty položek kalkulačního vzorce pro provozy TB a AB za rok 2015 v Kč na vozokm

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy	Autobusy
Počet ujetých vozokm	4 363 192	5 404 815
NÁKLADY CELKEM	*20,71	*17,59
VARIABILNÍ NÁKLADY	*10,70	*10,86
Trakční energie a pohonné hmoty	*1,42	*3,15
Přímé mzdy	*3,61	*3,27
Zákonné odvody k přímým mzdám	*1,26	*1,15
Údržba vozů	*4,41	*3,29
FIXNÍ NÁKLADY	*10,01	*6,73
Odpisy vozů	*2,64	*2,01
Nájemné	*0,19	*0,01
Údržba ostatní	*1,82	*0,00
Provozní režie	*3,60	*3,28
Správní režie	*1,76	*1,43

Zdroj: vlastní zpracování [33]

Přepočtení nákladů na jeden ujetý vozokm umožňuje částečně vlivy rozdílnosti obou provozů vykompenzovat. V Tab. 8 uvedené hodnoty jsou reálně oběma provozu vygenerované, nebo na ně rozpočtené náklady v roce 2015. Jeden vozokm provozu trolejbusu při daném množství ujetých vozokm vychází včetně přiřazených režii na *20,71 Kč, jeden vozokm autobusu pak na *17,59 Kč.

Jednotlivé položky kalkulačního vzorce pro oba provozu budou nyní blíže posouzeny a okomentovány.

Položka trakční energie a pohonné hmoty představuje u provozu autobusů reálně spotřebované pohonné hmoty (naftu) pro jejich pohon.

Složitější je rozklíčování této položky pro provoz trolejbusů. Pro tento provoz je hodnota položky trakční energie a pohonné hmoty složena z nákladů rovněž na naftu pro pomocný pohon v podobě dieselaagregátu, který je instalován v některých vozech pro zajištění provozu v úsecích bez trakce, a ze spotřeby trakčního proudu. Hodnota položky je však z naprosté většiny tvořena hodnotou spotřebované trakční energie. Jedná se však o údaj stanovený dle klíče „DC“ (viz Tab. 6 v Kap. 6) rozpočtením společné spotřeby trakčního proudu mezi tramvaje a trolejbusy. Při průměrné ceně trakční energie pro PMDP v roce 2015 vychází pak spotřeba energie u trolejbusu na *1,6 kWh/vozokm. Pro určení, zda dle klíče provedené rozpočtení spotřeby je dostatečně věrohodným údajem pro porovnání nákladů provozů, bude tento údaj podroben srovnání s naměřenými hodnotami spotřeby.

Nejdříve by však bylo vhodné v tomto místě přiblížit význam jednotky vozokm ve zkoumaných provozech. Nyní bude popsán způsob jejího použití pro trolejbusový provoz. Využití této jednotky v autobusovém provozu se bude věnovat některý z následujících odstavců. Trolejbusový vozový park se v roce 2015 skládá z 66 dvanáctimetrových vozů, které jsou pojaty jako ekvivalent jednoho vozu pro kalkulační jednici vozokm, a z 21 osmnáctimetrových vozů, které v tom případě vystupují jako 1,5 násobek ekvivalentu vozu. Ujeté kilometry osmnáctimetrových vozů jsou tedy násobeny koeficientem 1,5 pro určení počtu vozokm. Pokud byla tedy spočtena spotřeba energie trolejbusu na *1,6 kWh/vozokm, je možno tvrdit, že se jedná přibližně o spotřebu dvanáctimetrového vozu na běžný km. Spotřeba energie osmnáctimetrového vozu přibližně na úrovni 1,5 násobku spotřeby energie dvanáctimetrového vozu je ověřena i v podniku prováděnými měřeními.

Z účetních dat vypočtená hodnota spotřeby trolejbusu *1,6 kWh/km bude nyní konfrontována s měřeními a výpočty v podniku provedenými s cílem určení spotřeby trolejbusu.

V roce 2010 byla na vozech 24 Tr, což je trolejbus s délkou 12 m, měřena celková spotřeba: „Z hodnot za rok 2010 pro všechny linky (kromě linky 13, kde byl výraznější podíl provozu na agregát), vychází průměrná celková spotřeba TB 1,5 kWh/km. Při započtení účinnosti přenosu energie cca 90 % (ztráty v měničnách a na vedení), vychází spotřeba TB 1,65 kWh/km.“ [33].

Ověření je také možno provést z druhé strany určením celkové spotřeby tramvajové trakce a rozpočtením zbylé spotřeby energie na trolejbusový provoz. K této kalkulaci posloužily PMDP údaje z výroční zprávy Dopravního podniku hlavního města Prahy pro rok 2009. Z nich lze vyčíst tamější spotřeba tramvají 2,76 kWh/km. Vzhledem k tomu, že Dopravní podnik hl. m. Prahy má samostatné napájení tramvajové trakce z měření, je tento údaj skutečným průměrem spotřeby na danou trakci za celoroční období. Navíc byly v daném období tramvajové provozu v Praze a v Plzni relativně srovnatelné - oba jsou městského charakteru a mají velmi podobný vozový park (převládající T3 a jejich modernizace). V Plzni dosáhly tramvaje ročního výkonu 5,4 mil. vozokm. Při převzaté spotřebě z pražské MHD vychází jejich celková roční spotřeba energie 14,9 GWh. Měřeními bylo v Plzni pro obě trakce dodáno 21,8 GWh. Na provoz trolejbusů tedy zbývá 6,9 GWh. Při ročním výkonu TB cca 4 mil. vozokm tedy vychází průměrná celoroční spotřeba 1,725 kWh/km. [33].

Jako poslední příklad je možno uvést výsledky měření spotřeby trolejbusu v Plzni dne 10. 5. 2012 provedeného na lince č. 11 v rámci zpracování bakalářské práce. Výsledná celková spotřeba vycházela 1,52 kWh/km [29, s. 34]. Výsledek byl naměřen na konkrétním provozu jednoho vozu na jedné lince v uvedený den. Linka č. 11 patří obecně k náročnějším na spotřebu, avšak měření v květnu na druhou stranu zajistilo příznivé počasí a absenci spotřeby části energie potřebné k topení.

Vypočtená hodnota *1,6 kWh/km se pohybuje v rozmezí výše různými přístupy stanovených hodnot spotřeby a není tedy důvod ji považovat za nerealistickou.

Zbývá ještě přiblížit způsob uplatnění jednotky vozokm v autobusovém provozu. Na rozdíl od trolejbusového provozu je při provádění kalkulací v PMDP historicky dáno, že v autobusovém provozu nedochází standardně k přepočtu ujetých km dlouhými vozy

žádným koeficientem, přestože jsou ve vozovém parku převážně zastoupeny vozy totožných délek jako v případě trolejbusů, tedy 12 a 18 m. Ujetý km dlouhým i krátkým vozem tedy vždy odpovídá běžnému km a údaj o ujetých vozokm pro AB je tak shodný s množstvím ujetých km všemi vozy. To samozřejmě výrazně snižuje srovnatelnost hodnot obsažených v Tab. 8. Po vynásobení km ujetých dlouhými autobusy v roce 2015 rovněž koeficientem 1,5 je získán údaj 6 673 027 vozokm pro provoz AB. Ve vozovém parku jsou však v roce 2015 zastoupeny v menším počtu i vozy rozdílných délek, konkrétně se jedná o 4 vozy SOR B 9,5 a 1 minibus Fiat Mave [40, s. 11], jejichž 1 km byl započítán jako 1 vozokm a nebyl upraven žádným koeficientem, a 17 patnáctimetrových vozů Solaris Urbino 15 [40, s. 11], jejichž ujeté km byly nyní přepočteny na vozokm rovněž koeficientem 1,5. Především započtení Solaris Urbino 15 jako 1,5 násobku zvoleného ekvivalentu standardního vozu o délce 12 m zkresluje nyní výsledné údaje opačným způsobem než původní nerozlišování různě dlouhých vozů v autobusovém provozu. Dochází tím k relativnímu navýšení počtu vozokm autobusového provozu oproti trolejbusovému provozu a tedy ke snížení hodnot nákladů autobusového provozu na vozokm a jeho částečnému zvýhodnění. Bohužel nebylo možno vozy podrobněji rozčlenit. Přesto tím došlo ke zpřesnění původně uváděných hodnot, jež byly zatíženy větší chybou. Počty vozokm pro oba provozování jsou nyní získány shodnější metodikou a jsou srovnatelnějšími údaji. Jak se přepočet projeví v hodnotách nákladů na vozokm pro AB ukazuje Tab. 9.

Tabulka 9: Hodnoty položek kalkulačního vzorce pro provozování TB a AB za rok 2015 v KČ na vozokm po úpravě počtu vozokm v provozování AB

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy	Autobusy
Počet ujetých vozokm	4 363 192	6 673 027
NÁKLADY CELKEM	*20,71	*14,25
VARIABILNÍ NÁKLADY	*10,70	*8,79
Trakční energie a pohonné hmoty	*1,42	*2,55
Přímé mzdy	*3,61	*2,65
Zákonné odvody k přímým mzdám	*1,26	*0,93
Údržba vozů	*4,41	*2,66
FIXNÍ NÁKLADY	*10,01	*5,46
Odpisy vozů	*2,64	*1,63
Nájemné	*0,19	*0,01
Údržba ostatní	*1,82	*0,00
Provozní režie	*3,60	*2,66
Správní režie	*1,76	*1,16

Zdroj: vlastní zpracování [33]

V uvedeném kalkulačním vzorci s náklady udávanými na vozokm je patrný rozdíl v hodnotách položek přímých mezd a k nim příslušných zákonných odvodů mezi oběma provozy. Rozdíl těchto položek mezi srovnávanými provozy představuje navýšení nákladů trolejbusového provozu v Tab. 9 o *1,29 Kč na vozokm. Avšak platové podmínky řidičů trolejbusů a autobusů byly v roce 2015 shodné. To znamená, že pokud by řidič zaměstnaný pro provoz AB jezdil na linkách TB, měl by naprosto shodný plat s ostatními řidiči TB. Úvahu je možno posunout ještě dále, pokud by všechny trolejbusové linky byly obsluhovány odpovídajícím počtem autobusů nahrazujících vozy trolejbusů 1:1, takový autobusový provoz by generoval shodné mzdové náklady, jako jsou v Tab. 9 uvedeny pro provoz TB. Rozdílné mzdové náklady na vozokm ve srovnávaných provozech nevznikají z důvodu odlišení pracovní pozice řidiče TB a AB, ale odlišnou povahou obsluhovaných linek. Je to dáno systémem turnusů a také skutečností, že všechny trolejbusové linky procházejí středem města a jejich průměrná rychlost je tedy nižší, než je tomu u autobusových linek, které propojují v oblasti jednotlivá předměstí, tvoří okružní linky okolo města a zajišťují spojení do menších městských částí. Autobusy většinou obsluhují úseky s lepší průjezdností a větší průměrnou vzdáleností mezi zastávkami. To vše vede k jejich průměrně vyšší rychlosti. Platy řidičů jsou veličinou závislou na hodinách provozu, jak ukazuje rozdělení položek kalkulačního vzorce v Tab. 3 (Kap. 4.4.1.). Na spoje s nižší průměrnou rychlostí je tedy přirozeně alokována vyšší hodnota mezd na jednotku vzdálenosti, zde vozokm. Rozdíl ve mzdových nákladech mezi provozy není způsoben využitím rozdílných dopravních prostředků s jejich specifiky, což má být základem zde provedeného srovnání. Proto budou pro účely srovnání v kalkulačním vzorci uvedeny průměrné hodnoty mzdových nákladů pro oba provozy společně. Výsledek úpravy je obsažen v Tab. 10.

Tabulka 10: Hodnoty položek kalkulačního vzorce pro provoz TB a AB za rok 2015 v Kč na vozokm po úpravě mzdových nákladů

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy	Autobusy
Počet ujetých vozokm	4 363 192	6 673 027
NÁKLADY CELKEM	*19,93	*14,76
VARIABILNÍ NÁKLADY	*9,92	*9,30
Trakční energie a pohonné hmoty	*1,42	*2,55
Přímé mzdy	*3,03	*3,03
Zákonné odvody k přímým mzdám	*1,06	*1,06
Údržba vozů	*4,41	*2,66
FIXNÍ NÁKLADY	*10,01	*5,46
Odpisy vozů	*2,64	*1,63
Nájemné	*0,19	*0,01
Údržba ostatní	*1,82	*0,00
Provozní režie	*3,60	*2,66
Správní režie	*1,76	*1,16

Zdroj: vlastní zpracování [33]

Poslední položkou variabilních nákladů je údržba vozů, kterou pro oba provozy kompletně zajišťuje smluvní dodavatel. Výše této položky je dána platbou dodavateli za běžnou údržbu vozů a jím fakturovanou částkou za opravy vozů po nehodách. Částky za opravy vozů po nehodách budou z kalkulace odebrány, jelikož se jedná o náhodný jev způsobený lidským faktorem a nikoliv rozdíly mezi oběma provozy. Přepočtené hodnoty údržby vozů po odečtu částek za opravy vozů po nehodách jsou zobrazeny v Tab. 11.

Tabulka 11: Hodnoty položek kalkulačního vzorce pro provozy TB a AB za rok 2015 v Kč na vozokm po úpravě položky údržba vozů

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy	Autobusy
Počet ujetých vozokm	4 363 192	6 673 027
NÁKLADY CELKEM	*19,86	*14,66
VARIABILNÍ NÁKLADY	*9,85	*9,20
Trakční energie a pohonné hmoty	*1,42	*2,55
Přímé mzdy	*3,03	*3,03
Zákonné odvody k přímým mzdám	*1,06	*1,06
Údržba vozů	*4,34	*2,56
FIXNÍ NÁKLADY	*10,01	*5,46
Odpisy vozů	*2,64	*1,63
Nájemné	*0,19	*0,01
Údržba ostatní	*1,82	*0,00
Provozní režie	*3,60	*2,66
Správní režie	*1,76	*1,16

Zdroj: vlastní zpracování [33]

Položkou, kde vzniká výrazná diference mezi náklady na vozokm pro TB a AB jsou odpisy vozů. V poměrovém vyjádření je tento náklad na vozokm pro TB zhruba *1,62 krát větší než pro AB a v absolutním vyjádření o *1,01 Kč větší. Opodstatněným důvodem pro vznik této diference je skutečně vyšší pořizovací cena trolejbusů oproti autobusům ve vozovém parku PMDP. Údaj však přesto není možno označit za zcela reprezentativní pro vzájemné srovnání provozů. Je poplatný skutečné podobě obou provozů ve srovnávaném roce, proto také nebude v této části práce měněn, avšak tím je zároveň ovlivněn rozdíl mezi vozovými parky obou provozů. V první řadě rozdílným počtem odepisovaných vozů (87 trolejbusů, 136 autobusů) pořízených v různých letech. Dále různá množství ujetých vozokm, na které byly v kalkulačním vzorci odpisy rozpočítány, a tedy rozdílná vytiženost vozů. I když v tomto údaji dosahují oba provozy velmi podobných hodnot. Na jeden trolejbus vychází průměrně 50 152 naježděných vozokm a na jeden autobus 49 066 vozokm. Vliv má také struktura vozových parků složených z různého počtu krátkých a dlouhých vozů.

Položku vyčísľující náklady na nájemné nebude nutno upravovat. Její rozdílná výše pro oba provozy spočívá především ve vyšší potřebě technického zázemí pro trolejbusový provoz. Jedná se konkrétně o nájemné za nemovitý a movitý majetek pronajímaný od města prostřednictvím Správy veřejného statku města Plzně. Vyšší hodnotu pro provoz TB způsobuje především pronájem trakčního vedení. Ostatní položky jsou pro oba provozy obdobné (přístřešky, označníky, konečné atd.).

Údržba ostatní dosahuje pro provoz TB významné hodnoty *1,82 Kč na vozokm. Naopak pro provoz AB je výše této položky zanedbatelná již v celkovém vyjádření, a tím spíše při rozpočtení na vozokm. Tato položka rovněž názorně vystihuje rozdílnou potřebu materiálně-technického zázemí obou provozů. Pro trolejbusy je její hodnota téměř výhradně tvořena přímými náklady střediska Drážní cesty na zajištění údržby trakčního vedení. Jedná se zejména o materiál, externí služby, např. nátěry stožárů, úklid označků, zastávek, část odpisů z měníren, přímé mzdy zaměstnanců Drážních cest, aj. Pro oba provozy shodně obsahuje tato položka také náklady revizí a kalibrací. Ani tato položka nebude upravována.

Poslední dvě položky kalkulačního vzorce, provozní a správní režie, jsou v rámci podniku významnou součástí kalkulačního vzorce, což je logické, protože každá činnost potřebuje určité provozní a správní zázemí a vznikající náklady je nutno určitým

způsobem přiřadit k provozovaným činnostem. Ovšem při snaze o srovnání dvou částí provozu vzniká problém, jak tyto náklady správně rozdělit mezi dané provozy, aby jimi výsledek srovnání nebyl neadekvátně ovlivněn. V případě provozu MHD by přesné rozdělení těchto nákladových položek mezi jednotlivé provozy bylo neúměrně pracné a nákladné. Proto dochází k jejich rozdělení mezi jednotlivá střediska rozpočtením systémem klíčů a nastavených vztahů. Jak bylo zmíněno v části věnující se metodě kalkulace neúplných nákladů, může být efektivnější některé položky fixních nákladů, u nichž není možno přesně určit příčinnou souvislost jejich vzniku s konkrétním provozem a přesnou výši příslušnou danému provozu, z kalkulace vynechat. Tímto postupem bude nyní postupováno a Tab. 12 ukazuje upravený kalkulační vzorec již bez provozní a správní režie.

Tabulka 12: Hodnoty položek kalkulačního vzorce pro provozy TB a AB za rok 2015 v Kč na vozokm po vyjmutí provozní a správní režie

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy	Autobusy
Počet ujetých vozokm	4 363 192	6 673 027
NÁKLADY CELKEM	*14,50	*10,84
VARIABILNÍ NÁKLADY	*9,85	*9,20
Trakční energie a pohonné hmoty	*1,42	*2,55
Přímé mzdy	*3,03	*3,03
Zákonné odvody k přímým mzdám	*1,06	*1,06
Údržba vozů	*4,34	*2,56
FIXNÍ NÁKLADY	*4,65	*1,64
Odpisy vozů	*2,64	*1,63
Nájemné	*0,19	*0,01
Údržba ostatní	*1,82	*0,00

Zdroj: vlastní zpracování [33]

V úvodu této podkapitoly byl v Tab. 8 vyčíslen kalkulační vzorec s hodnotami celkových nákladů na vozokm v provozu TB *20,71 Kč a provozu AB *17,59 Kč. To představuje jednotkové náklady provozu TB vyšší zhruba o *17,74 % ve srovnání s provozem AB. Výše variabilních nákladů byla v uvedeném vzorci srovnatelná pro oba provozy a rozdíl ve výši nákladů mezi provozy byl způsoben vyššími fixními náklady provozu TB. Jednotlivé položky vzorce byly postupně zkoumány a upravovány ve snaze eliminovat vlivy způsobující nesrovnatelnost vypočtených nákladů, než bylo dosaženo podoby kalkulačního vzorce v Tab. 12. Ten uvádí celkové náklady provozu TB na vozokm *14,50 Kč a tytéž náklady provozu AB ve výši *10,84 Kč, což představuje jednotkové náklady TB vyšší zhruba o *33,76 %. Opět je patrné, že největší

podíl na rozdílu v nákladech mezi traktami mají fixní náklady. Jak bylo však již uvedeno, ani nyní získané hodnoty kalkulačního vzorce obsažené v Tab. 12 se nedají označit za srovnatelné. Největšími překážkami, které nebylo možno dosud prováděnými úpravami překonat, jsou odlišný rozsah a podoba porovnávaných provozů (odlišný počet vozů, struktura vozového parku, jiný charakter obsluhovaných linek, odlišné množství provedených výkonů atd.). Snaha o zajištění podmínek pro dosažení srovnatelnějších výsledků je předmětem následující podkapitoly.

7.2. Srovnání vytvořením symetrických provozů

Podstatou nesrovnatelností některých hodnot v předchozí podkapitole, které nebylo možno odstranit, byly existující asymetrie mezi oběma provozy a jimi zabezpečovanými linkami. V této podkapitole bude jako základ pojat v roce 2015 fungující trolejbusový provoz a k němu bude vytvořen srovnatelný provoz autobusový s co nejshodnějším zastoupením jednotlivých vozů. Následně bude modelace předpokládat, že tyto vozy by obstarávaly totožné linky v roce 2015 místo trolejbusů. Je nutno podotknout, že model není návrhem pro nahrazení trolejbusů autobusy, ani tak nemůže fungovat, jelikož kalkulace je zaměřena na prosté srovnání nákladů obou provozů. Při reálném nahrazování provozů by tato změna nesla množství dodatečně vzniklých nákladů, které zde nebudou kalkulovány.

Jako vzor pro vytvoření srovnatelných vozových parků byl přijat vozový park provozu TB v jeho složení v roce 2015. Využity byly údaje z interních materiálů PMDP [33] obsahující soupis všech vozů obou traktů s označením typu a velikosti vozu, jejich pořizovacími cenami a rokem pořízení. Jako doplňkové zdroje byly využity stránky Plzeňské trolejbusy [32] a Plzeňské autobusy [30]. K těmto vozům byly z vozového parku autobusů vybírány vozy o shodné velikosti pořízené ve stejném roce. Byla snaha dosáhnout i kvalitativní srovnatelnosti přiřazovaných vozů.

Pokud nebyly k dispozici srovnatelné autobusy pořízené ve stejných letech, byly jejich ceny vypočteny z cen těchto vozů pořízených v nejbližších letech. Ceny autobusů pořízených v okolních letech byly pojaty jako cenový rámec, který byl proložen vývojem PPI průmyslových výrobců v daných letech [4]. Tento postup byl konkrétně použit při přiřazování ekvivalentních autobusů k trolejbusům Škoda Tr 27 Solaris 18 pořízených v letech 2010, 2011 a 2012. Jako ekvivalent byly zvoleny autobusy Solaris Urbino 18. Z tohoto autobusu byly zmíněné trolejbusy unifikovány, mají stejnou

délku a výrobce jejich karoserií je stejná firma - Solaris [32]. Stanovení cen bylo provedeno na základě pořizovacích cen autobusů Solaris Urbino 18 v letech 2009 a 2012.

Přepočtením údajů autobusového provozu adekvátně trolejbusovému provozu byl zhotoven upravený kalkulační vzorec, který představuje Tab. 13.

Tabulka 13: Hodnoty položek kalkulačního vzorce pro symetrické provozy TB a AB v roce 2015 v Kč

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy	Autobusy
NÁKLADY CELKEM	*64 760 156	*55 399 464
VARIABILNÍ NÁKLADY	*46 354 483	*49 365 073
Trakční energie a pohonné hmoty	*6 192 352	*14 185 184
Přímé mzdy	*15 730 588	*15 730 588
Zákonné odvody k přímým mzdám	*5 516 234	*5 516 234
Údržba vozů	*18 915 309	*13 933 067
FIXNÍ NÁKLADY	*18 405 673	*6 034 391
Odpisy vozů	*9 627 583	*6 005 004
Nájemné	*820 395	*25 189
Údržba ostatní	*7 957 695	*4 198

Zdroj: vlastní zpracování [33]

Opět jsou červeně zvýrazněny hodnoty, které byly upravovány.

Model předpokládá, že sestavený autobusový vozový park obsluhuje totožné linky jako trolejbusy v roce 2015 stejným způsobem. Hodnota pohonných hmot byla tedy vypočtena jako součin počtu km ujetých krátkými a dlouhými vozy, předpokládané spotřeby příslušně těmto vozům na radiální městské lince v Plzni, což odpovídá povaze trolejbusových linek, a ceny PHM pro pohon autobusů, tedy nafty, placené PMDP v roce 2015. Předpokládaná spotřeba byla stanovena zvlášť pro krátký a dlouhý vůz na základě informací o spotřebě udávaných výrobcem a zkušeností z provozu v MHD. Výsledná hodnota je obsažena v Tab. 13.

Výše bylo již uvedeno, že mzdy řidičů autobusů a trolejbusů jsou v roce 2015 shodné, tudíž při zabezpečení totožného provozu se tyto položky musí pro oba provozy v kalkulačním vzorci rovnat. Pro modelový autobusový provoz byly tedy přejaty částky dosažené v roce 2015 v provozu trolejbusovém.

Poslední položkou variabilních nákladů je údržba vozů, kterou pro PMDP obstarává smluvní dodavatel. Hodnota této položky pro provoz TB byla ponechána ve výši po odečtení hodnoty oprav po nehodách, jak bylo vysvětleno v předchozí podkapitole

v komentáři k této položce. Pro modelový provoz AB byla částka za údržbu vozů přepočítána adekvátně jeho rozsahu rovněž po odečtení hodnoty oprav po nehodách.

Odpisy vozů byly nově spočítány pro oba porovnávané provozny na základě skutečně předpokládané doby využívání vozů. Pro provoz TB byly tyto odpisy spočítány ze všech vozů provozovaných v roce 2015. Pro provoz AB byly odpisy vypočteny jen z vozů zahrnutých do vozového parku vytvořeného pro toto srovnání.

Položka nájemné nebyla upravována pro provoz TB, ale pro provoz AB byly započteny položky z provozu TB, které by byly pronajímány i v případě, že by se jednalo o provoz AB.

Poslední položka kalkulačního vzorce vyčísľující náklady na ostatní údržbu nebyla měněna ani pro jeden z porovnávaných provozů. Pro provoz TB je její výše tvořena téměř výhradně příslušnými náklady střediska Drážní cesty spojenými především se zajištěním údržby trakčního vedení. Pro provoz AB byla přejata částka z reálného provozu AB v roce 2015. Primárním důvodem byla především její velmi nízká hodnota vzhledem k ostatním položkám a tedy malý význam prakticky bez vlivu na celkový kalkulační vzorec. Navíc by bylo problematické hodnotu této položky správně upravit adekvátně modelovému autobusovému provozu z dostupných dat

Z celkových hodnot položek kalkulačního vzorce jsou dále vypočteny hodnoty položek pro jeden ujetý vozokm, jejichž celkové množství je pro tento model v obou srovnávaných provozech stejné. Výsledky ukazuje Tab. 14.

Tabulka 14: Hodnoty položek kalkulačního vzorce pro symetrické provozny TB a AB za rok 2015 v Kč na vozokm

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy	Autobusy
Počet ujetých vozokm	4 363 192	4 363 192
NÁKLADY CELKEM	*14,85	*12,70
VARIABILNÍ NÁKLADY	*10,63	*11,31
Trakční energie a pohonné hmoty	*1,42	*3,25
Přímé mzdy	*3,61	*3,61
Zákonné odvody k přímým mzdám	*1,26	*1,26
Údržba vozů	*4,34	*3,19
FIXNÍ NÁKLADY	*4,22	*1,39
Odpisy vozů	*2,21	*1,38
Nájemné	*0,19	*0,01
Údržba ostatní	*1,82	*0,00

Zdroj: vlastní zpracování [33]

Výsledkem snahy o zajištění symetrie mezi srovnávanými provozny vytvořením modelového provozu AB je dosažení hodnot kalkulačního vzorce v Tab. 14. Celkové náklady na vozokm pro provoz TB vycházejí *14,85 Kč a pro provoz AB *12,70 Kč. Náklady na vozokm provozu TB jsou zhruba o *16,93 % vyšší ve srovnání s provozem AB. Výše rozdílu mezi jednotkovými náklady provozu TB a AB vyjádřená v procentech zhruba odpovídá stejnému údaji vypočtenému z výchozího kalkulačního vzorce v podkapitole 7.1.3. Jsou však více patrné charakteristické rozdíly mezi variabilními a fixními náklady obou provozů. Provoz TB dosahuje výrazně vyšších fixních nákladů, což odpovídá jeho povaze a vyšším nárokům na materiálně-technickou základnu. Provoz AB zas dosahuje vyšších variabilních nákladů, což je především podmíněno výrazně vyššími náklady provozu AB na pohonné hmoty na ujetý vozokm. Zatímco náklady pohonu trolejbusu na vozokm činí *1,42 Kč, náklady autobusu na spotřebu nafty na vozokm činí *3,25 Kč. Z hodnot položek kalkulačního vzorce je možno odvodit, že při zvyšování výkonů obou provozů by se pravděpodobně rozdíl celkových nákladů na vozokm mezi provozny snižoval z důvodu nižších variabilních nákladů provozu TB a klesajícím podílu fixních nákladů v kalkulačním vzorci s růstem počtu ujetých vozokm. Tento závěr potvrzuje i již uvedené tvrzení o trolejbusovém subsystému MHD: „*při nižší provozní nerovnoměrnosti a větší intenzitě přepravního proudu může vykazovat větší hospodárnost v porovnání s autobusovou dopravou.*“ [10, s. 65].

Z kalkulačního vzorce vyšly vyšší náklady provozu TB než provozu AB pro dané množství vozokm. Jak však bylo uvedeno, se změnou množství provedených výkonů by docházelo rovněž ke změně poměru mezi náklady srovnávaných provozů. Navíc existují pádné argumenty podpory provozu TB oproti provozu AB ve městech. Prvním z nich jsou přímé emise polutantů autobusy v místě zabezpečování dopravy, tedy v tomto případě přímo v zalidněné městské oblasti. Této problematice je věnován prostor v rámci podkapitoly 7.4. Dalším zmiňovaným kladem provozu TB spojeným s pohonem na elektrickou energii je vysoká soběstačnost České republiky v její produkci a s tím spojená nižší rizikovost závislosti na tomto zdroji energie, než je tomu u dovážených pohonných hmot. Vývoj cen elektrické energie a nafty a citlivost kalkulačního vzorce na změnu těchto položek zkoumá další podkapitola.

7.3. Citlivost kalkulačního vzorce na změnu cen nafty a elektrické energie

Rozdíl mezi trolejbusy a autobusy spočívá především v pohonu. Trolejbusy jsou poháněny elektrickou energií přímo z trakčního vedení, nebo při jízdě mimo trakci baterií nabíjenou předtím při jízdě pod trakcí rovněž z trakčního vedení. Autobusy pohání dieselový motor. Nositel energie je tedy v každém z případů jiný. U trolejbusů se jedná o elektrickou energii a u autobusů o naftu. Jejich ceny určují výši pro oba provozní charakteristické položky variabilních nákladů v kalkulačním vzorci, tedy v tomto případě trakční energie a PHM. Z kalkulačního vzorce v Tab. 14 je patrné, že její hodnoty tvoří největší rozdíl ve variabilních nákladech obou provozů ve prospěch trolejbusů. Dá se tedy očekávat, že výše variabilních nákladů bude změnami cen těchto komodit značně ovlivněna. Pro tento významný faktor bude tedy nyní odhadnuto možné rozmezí cen a jejich vliv na porovnání provozů v rámci kalkulačního vzorce.

Ceny těchto komodit od roku 2001 do roku 2016 jsou uvedeny v Tab. 15.

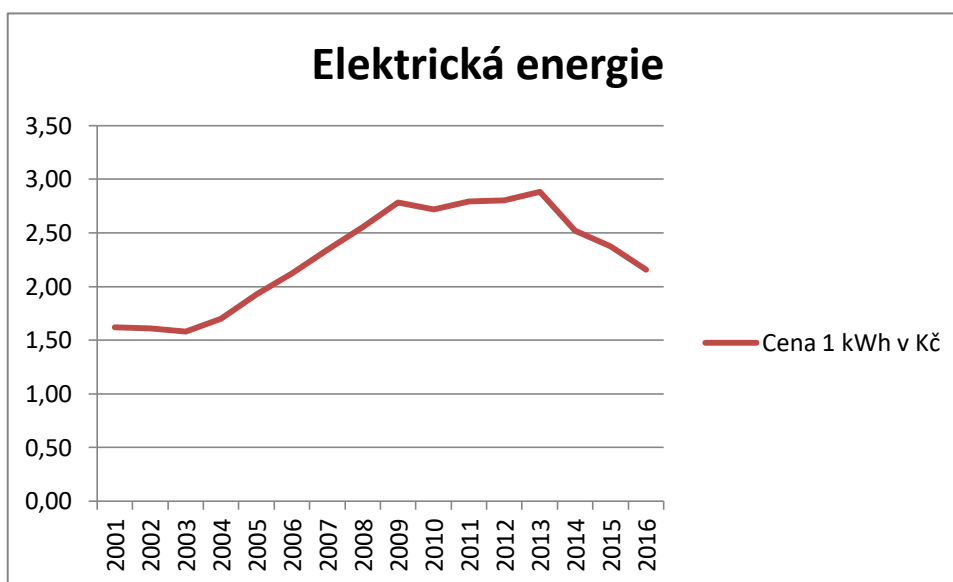
Tabulka 15: Ceny elektrické energie a nafty od roku 2001 do roku 2016

Rok	Elektrická energie - cena 1 kWh v Kč	Nafta - cena 1 l v Kč
2001	1,62	23,95
2002	1,61	21,51
2003	1,58	21,71
2004	1,70	24,64
2005	1,93	27,75
2006	2,12	28,95
2007	2,34	28,43
2008	2,56	31,43
2009	2,78	25,80
2010	2,72	30,35
2011	2,80	34,09
2012	2,80	36,41
2013	2,88	35,86
2014	2,52	35,80
2015	2,37	30,75
2016	2,16	27,08

Zdroj: vlastní zpracování (Ceny elektřiny ve všech letech: [4]; Ceny nafty v letech 2001 - 2014: [14]; Ceny nafty v letech 2015 a 2016: [1])

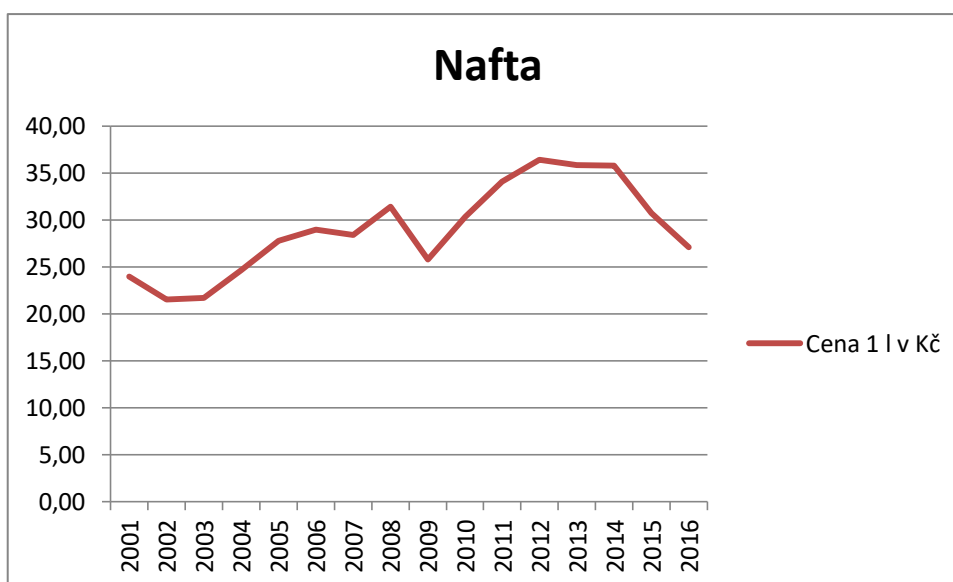
Názorně je pak vývoj ceny elektrické energie vidět na Obr. 3 a ceny nafty na Obr. 4.

Obrázek 3: Vývoj cen elektrické energie v letech 2001 - 2016 v Kč za kWh



Zdroj: vlastní zpracování [4]

Obrázek 4: Vývoj cen nafty v letech 2001 - 2016 v Kč za l



Zdroj: vlastní zpracování (Ceny nafty v letech 2001 - 2014: [14]; Ceny nafty v letech 2015 a 2016: [1])

Grafy cen pro obě komodity v letech 2001 - 2016 naznačují kolísání s určitou dlouhodobě rostoucí tendencí. Pro zjištění rozmezí možných nákladů na položku trakční energie a pohonné hmoty a následně rovněž celkových variabilních nákladů a celkových nákladů pro oba provozování v rozsahu provozovaném v roce 2015 trolejbusy je dále stanoven předpokládaný možný rozsah hodnot cen pro obě komodity. Tento rozsah byl u obou komodit stanoven prostřednictvím lineární regresní přímky vývoje jejich cen v letech 2001 - 2016 a lineární regresní přímky absolutních hodnot odchylek těchto cen

od hodnot lineární regresní přímky vývoje cen v jednotlivých letech. Lineární regresní přímka absolutních hodnot odchylek cen od hodnot lineární regresní přímky vývoje těchto cen určila oblast předpokládaných hodnot cen kladným i záporným směrem od lineární regresní přímky jejich vývoje. Výsledné hodnoty pro vývoj cen elektrické energie jsou uvedené v Tab. 16.

Tabulka 16: Stanovení intervalu očekávané hodnoty ceny elektrické energie v jednotlivých letech prostřednictvím lineární regresní funkce

Elektrická energie					
Rok	Hodnoty lineární regresní funkce vývoje cen elektrické energie [Kč/kWh]	Absolutní hodnoty odchylek skutečných cen od hodnot lineární regresní funkce [%]	Hodnoty lineární regresní funkce vývoje absolutních hodnot odchylek cen od jejich regresní funkce [%]	Dolní hranice intervalu očekávané hodnoty ceny okolo regresní přímky vyjádřená relativní hodnotou ve vztahu ke skutečné ceně v daném roce [%]	Horní hranice intervalu očekávané hodnoty ceny okolo regresní přímky vyjádřená relativní hodnotou ve vztahu ke skutečné ceně v daném roce [%]
2001	1,73	6,41%	8,29%	98,00%	115,71%
2002	1,80	10,77%	8,73%	102,29%	121,85%
2003	1,88	15,85%	9,16%	107,94%	129,73%
2004	1,95	12,86%	9,60%	103,74%	125,78%
2005	2,02	4,65%	10,04%	94,35%	115,41%
2006	2,10	1,08%	10,48%	88,57%	109,30%
2007	2,17	7,80%	10,92%	82,64%	102,89%
2008	2,24	13,89%	11,36%	77,84%	97,78%
2009	2,32	20,16%	11,79%	73,41%	93,04%
2010	2,39	13,66%	12,23%	77,22%	98,74%
2011	2,46	13,46%	12,67%	76,97%	99,31%
2012	2,54	10,45%	13,11%	78,67%	102,41%
2013	2,61	10,44%	13,55%	78,28%	102,81%
2014	2,68	6,04%	13,99%	91,54%	121,31%
2015	2,76	13,89%	14,42%	99,37%	132,87%
2016	2,83	23,80%	14,86%	111,73%	150,74%

Zdroj: vlastní zpracování

Poslední dva sloupce Tab. 16 udávají dolní a horní hranici intervalu předpokládané hodnoty ceny elektrické energie procentuálním poměrem k její skutečné hodnotě v daném roce.

Stejný postup byl proveden i pro vývoj cen nafty ve stejném období. Výsledné hodnoty jsou patrné z Tab. 17.

Tabulka 17: Stanovení intervalu očekávané hodnoty ceny nafty v jednotlivých letech prostřednictvím lineární regresní funkce

Nafta					
Rok	Hodnoty lineární regresní funkce vývoje cen nafty [Kč/kWh]	Absolutní hodnoty odchylek skutečných cen od hodnot lineární regresní funkce [%]	Hodnoty lineární regresní funkce vývoje absolutních hodnot odchylek cen od jejich regresní funkce [%]	Dolní hranice intervalu očekávané hodnoty ceny okolo regresní přímky vyjádřená relativní hodnotou ve vztahu ke skutečné ceně v daném roce [%]	Horní hranice intervalu očekávané hodnoty ceny okolo regresní přímky vyjádřená relativní hodnotou ve vztahu ke skutečné ceně v daném roce [%]
2001	23,41	2,29%	4,81%	93,06%	102,46%
2002	24,16	10,99%	5,35%	106,34%	118,35%
2003	24,91	12,84%	5,88%	107,98%	121,48%
2004	25,66	3,99%	6,42%	97,47%	110,85%
2005	26,41	5,08%	6,96%	88,54%	101,78%
2006	27,16	6,61%	7,49%	86,77%	100,83%
2007	27,91	1,87%	8,03%	90,28%	106,04%
2008	28,66	9,66%	8,57%	83,38%	99,00%
2009	29,41	12,25%	9,10%	103,59%	124,34%
2010	30,16	0,65%	9,64%	89,77%	108,93%
2011	30,91	10,30%	10,18%	81,43%	99,89%
2012	31,65	15,03%	10,71%	77,62%	96,25%
2013	32,40	10,66%	11,25%	80,20%	100,53%
2014	33,15	7,97%	11,79%	81,70%	103,53%
2015	33,90	9,30%	12,32%	96,66%	123,84%
2016	34,65	21,85%	12,86%	111,50%	144,42%

Zdroj: vlastní zpracování

Uvedený postup umožnil pro každý rok určit interval hodnoty ceny, jehož středem prochází lineární regresní funkce vývoje cen ve sledovaných letech. V posledních dvou sloupečcích Tab. 16 a 17 jsou hranice stanovených intervalů vyjádřeny procentuálním poměrem ke skutečné ceně v daném roce. Rozmezí cen je dále počítáno pro rok 2015. Pro elektrickou energii je dolní hranice stanovena na úrovni 99,37 % skutečné ceny v roce 2015 a horní hranice na úrovni 132,87 % skutečné ceny v roce 2015. Pro naftu je dolní hranice stanovena na úrovni 96,66 % skutečné ceny v roce 2015 a horní hranice na úrovni 123,84 % skutečné ceny v roce 2015. Hranice zvolených intervalů byly dosazeny do kalkulačního vzorce a byly vypočteny minimální a maximální hodnoty pro provoz TB (při uvažovaných minimálních a maximálních cenách elektrické energie a neměnné ceně nafty) a AB (při uvažovaných minimální a maximálních cenách nafty). Výsledné hodnoty v absolutním vyjádření jsou obsahem Tab. 18. Dále následuje Tab. 19. s uvedením hodnot vztažených opět pro 1 ujetý vozokm.

Tabulka 18: Kalkulační vzorec v Kč vypočten pro minimální a maximální hodnoty elektrické energie a nafty

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy		Autobusy	
	MIN	MAX	MIN	MAX
NÁKLADY CELKEM	*64 724 591	*66 615 751	*54 925 679	*58 781 212
VARIABILNÍ NÁKLADY	*46 318 918	*48 210 078	*48 891 288	*52 746 821
Trakční energie a pohonné hmoty	*6 156 787	*8 047 947	*13 711 399	*17 566 932
Přímé mzdy		*15 730 588		*15 730 588
Zákonné odvody k přímým mzdám		*5 516 234		*5 516 234
Údržba vozů		*18 915 309		*13 933 067
FIXNÍ NÁKLADY		*18 405 673		*6 034 391
Odpisy vozů		*9 627 583		*6 005 004
Nájemné		*820 395		*25 189
Údržba ostatní		*7 957 695		*4 198

Zdroj: vlastní zpracování [33]

Tabulka 19: Kalkulační vzorec v Kč na vozokm vypočten pro minimální a maximální hodnoty elektrické energie a nafty

OZNAČENÍ POLOŽEK	Trolejbusy		Autobusy	
	MIN	MAX	MIN	MAX
Počet ujetých vozokm	4 363 192		4 363 192	
NÁKLADY CELKEM	*14,84	*15,27	*12,59	*13,48
VARIABILNÍ NÁKLADY	*10,62	*11,05	*11,20	*12,09
Trakční energie a PHM	*1,41	*1,84	*3,14	*4,03
Přímé mzdy		*3,61		*3,61
Zákonné odvody k přímým mzdám		*1,26		*1,26
Údržba vozů		*4,34		*3,19
FIXNÍ NÁKLADY		*4,22		*1,39
Odpisy vozů		*2,21		*1,38
Nájemné		*0,19		*0,01
Údržba ostatní		*1,82		*0,00

Zdroj: vlastní zpracování [33]

Výsledky ukazují, že změny cen nafty způsobují výraznější rozdíly ve výši variabilních nákladů provozu AB na vozokm, ale i celkových nákladů tohoto provozu na vozokm. Případný růst cen nafty by měl značný vliv na nákladovost tohoto provozu. U provozu TB jsou v určeném cenovém rozmezí pro elektrickou energii také znatelné posuny nákladů na pohon, avšak z pohledu celkových nákladů na vozokm je výsledný vliv změn menší. V obou případech jsou samozřejmě kvůli přítomnosti dalších položek v kalkulačním vzorci změnami cen trakční energie a PHM vyvolány podproporcionální změny variabilních a celkových nákladů na vozokm, avšak výrazně vyšší citlivosti dosahují položky u provozu AB, kde navýšení ceny nafty o 10 % vyvolá růst

variabilních nákladů na vozokm o 2,5 % a celkových nákladů na vozokm o 2,3 %. Pro provoz TB vyvolá zvýšení ceny elektrické energie o 10 % růst variabilních nákladů na vozokm o 1% a celkových nákladů na vozokm o 0,8 %.

Náklady provozu AB vykazují vyšší citlivost na změny cen pohonných hmot. Pokud by docházelo k růstu cen nafty, snižovala by se tím v současnosti vycházející výhodnost provozu AB v porovnání s provozem TB. Růst cen nafty se však dá očekávat v dlouhodobém i krátkodobém horizontu. Ceny ropy zhruba od roku 2012 do roku 2016 klesaly, avšak od roku 2016 je opět patrný jejich pozvolný růst. V krátkém období je toto určeno spíše vzájemnými dohodami jejich producentů, avšak z dlouhodobého pohledu je nutno ropu vnímat jako neobnovitelný zdroj energie, jehož celosvětové zásoby jsou přes zlepšování těžby a detekci nových nalezišť omezené. Pokud tedy postupně nedojde k jejímu nahrazení jako primárního zdroje pro výrobu pohonných hmot, bude logicky dosaženo bodu jejího vnímaného nedostatku, což zapříčiní růst jejích cen.

U elektrické energie je výrazný dlouhodobý růst její ceny v našich podmínkách méně pravděpodobný. V tuzemsku dochází tradičně k její vyšší produkci, než činí tuzemská spotřeba. Významným zdrojem pro její výrobu jsou v současnosti v tuzemsku také fosilní paliva – zhruba 50-60 % elektrické energie pochází z uhelných elektráren, avšak jsou již vysoce zastoupeny i jiné zdroje a technologie výroby, tudíž závislost na fosilních palivech není tak významná jako v případě silniční dopravy.

7.4. Internalizace externalit srovnávaných provozů

Dopravní provoz je nositelem řady externalit. Jako příklad mohou být jmenovány kongesce zamezující hladkému průběhu dopravy a působící účastníkům provozu náklady v podobě časových ztrát. Dále je možno uvést dopravou produkovaný hluk, prostor potřebný pro dopravní infrastrukturu a nehody s jejich následky. Ve jmenovaných aspektech nejsou mezi trolejbusy a autobusy podstatné rozdíly, které by mělo význam kalkulovat. U trolejbusového provozu je pouze možno ještě detekovat přítomnost trakční sítě a z pohledu externalit její vliv na celkový vizuální vjem prostředí, ve kterém se nachází. Zde však nepanuje shoda ani v základní otázce, zda se jedná o prvek narušující, či nikoliv. Mnozí jej sice za narušující považují, jiným však přítomnost trakčního vedení nevadí, nebo jej dokonce hodnotí kladně jako městotvorný prvek. Z hlediska orientace v městském prostoru je kladným efektem přítomnosti trakční sítě možnost sledování tras linek hromadné dopravy. Uvedené externality zde nebudou kvůli malým rozdílům mezi porovnávanými provozu zohledňovány.

Znatelný rozdíl mezi provozu TB a AB je však v emisích polutantů, což také bývá jedna z nejčastěji zmiňovaných a řešených externalit dopravy obecně. Provozem AB vznikají emise přímo v lokalitě, kde je doprava uskutečňována. U TB nejsou emise polutantů bezprostředně produkovány při jejich pohonu v místě provozu, ale dochází k nim v lokalitách, kde je elektrická energie pro pohon vyráběna. I tento vliv by měl být tedy zohledněn.

Pro hodnocení bude použita metodika HEATCO D5 z února 2006 [16]. HEATCO¹⁴ má za cíl vývoj nástrojů, ukazatelů a provozních parametrů (ekonomických, environmentálních a sociálních) pro hodnocení výkonnosti udržitelné dopravy a energetických systémů. Vysoké kvalitě dopravní infrastruktury přikládá zásadní význam pro hospodářství a životní prostředí. Z důvodu předchozí absence jednoznačného a harmonizovaného rámce sociálně-ekonomického hodnocení dopravních politik a projektů byla vypracována jejich vlastní metodika hodnocení na úrovni EU. Metodika byla zhotovena na základě vyhodnocení předchozí situace, dostupných teoretických i empiricky ověřených podkladů, jednotlivých uplatňovaných národních praxí, odborných rozhovorů a vlastního výzkumu HEATCO. Výsledkem byla

¹⁴ Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, v překladu dle autora: Rozvoj harmonizovaných evropských přístupů pro stanovení nákladů a hodnocení projektů.

jednotná metodika hodnocení času stráveného při přepravě a jeho ztráty způsobené kongescemi, snižování rizika nehod, vlivů na zdraví a škodlivých vlivů emisí znečišťujících látek a hluku a nákladů na infrastrukturu kalkulující však zároveň vliv národních specifík [15].

Nejdříve budou náklady emisí vyhodnoceny pro autobusový provoz. Kalkulovány budou pro rozsah modelového provozu vytvořeného za účelem srovnatelnosti. Náklady na 1 kg hodnocených emitovaných polutantů pro Českou republiku dle HEATCO D5 jsou uvedeny v hodnotách v EUR pro rok 2002 v Tab. 20 Emise pevných částic hodnotí metodika jen pro frakci 2,5 mikrometru.

Tabulka 20: Vyčíslení nákladů 1 kg v silniční dopravě emitovaných polutantů dle HEATCO D5 v EUR₂₀₀₂

Emitovaný polutant	Oxidy dusíku NO _x	Nemetanové těkavé organické sloučeniny	Oxid siřičitý SO ₂	Pevné částice 2.5	
				městské oblasti	mimoměstské oblasti
Česká republika	3,2	1,1	4,1	270	67

Zdroj: vlastní zpracování [16, S20], [13]

Pro možnost vyčíslení nákladů emitovaných polutantů zkoumaného provozu je nyní nutné stanovit jejich emitované množství. To bude učiněno na základě limitů emisních norem EURO platných pro autobusy s naftovým pohonem, které jsou uvedeny v Tab. 21.

Tabulka 21: Limity emisních norem EURO platných pro autobusy s naftovým pohonem

Emitovaný polutant		Oxid uhelnatý CO	Oxidy dusíku samostatně NO _x	Souhrnně uhlovodíky a oxidy dusíku HC + NO _x	Pevné částice
Rok	Norma	[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]
1992	I	3,16	–	1,13	0,18
1996	II	1	–	0,7	0,08
2000	III	0,64	0,5	0,56	0,05
2005	IV	0,5	0,25	0,3	0,025
2009	V	0,5	0,18	0,23	0,005
2014	VI	0,5	0,08	0,17	0,005

Zdroj: vlastní zpracování [44]

Vzhledem k tomu, že průměrný rok pořízení autobusů v uvažovaném provozu v roce 2015 je přibližně rok 2008, bude kalkulováno s limity pro v té době platnou normu EURO IV.

Je však patrné, že se metodika a emisní normy neshodují v položkách hodnocených polutantů. Kalkulace bude provedena pro dostupné položky, tedy oxidy dusíku a pevné částice. Výpočet nákladů přiřaditelných k celkovému množství emitovaných hodnocených polutantů v modelovém provozu AB v roce 2015 uvádí Tab. 22.

Tabulka 22: Výpočet celkových ročních nákladů emitovaných polutantů modelovým provozem AB v roce 2015

Hodnocený polutant	Oxidy dusíku NOx	Pevné částice
Stanovený náklad dle HEATCO [EUR ₂₀₀₂ /kg]	3,20000	270,00000
Převod měny [Kč ₂₀₀₂ /kg]	98,60880	8 320,11750
Zohlednění vývoje cenové hladiny [Kč ₂₀₁₅ /kg]	127,73161	10 777,35427
Maximální emitované množství polutantu dle normy EURO IV [kg/km]	0,00025	0,00003
Náklady emise polutantů [Kč ₂₀₁₅ /km]	0,03193	0,26943
Počet ujetých km v modelovém provozu za rok 2015 [km]	3 917 564,00000	3 917 564,00000
Celkové roční náklady emise jednotlivých polutantů [Kč ₂₀₁₅]	125 099,18555	1 055 524,37804
Celkové roční náklady emise polutantů provozu AB [Kč₂₀₁₅]	1 180 623,56	

Zdroj: vlastní zpracování [16, S20], [44], [3], [6]

Pro provoz TB bude nutno nejdříve určit množství polutantů emitovaných při výrobě elektrické energie a následně ocenit jejich množství příslušné celkové spotřebě tohoto provozu v roce 2015.

Celkové množství elektrické energie vyrobené v ČR v letech 2010-2015 je obsahem Tab. 23. Zároveň jsou uvedeny hodnoty produkce elektrické energie největším výrobcem v ČR, kterým je ČEZ, a.s. Rovněž je uveden procentuální podíl tohoto výrobce na celkové produkci elektrické energie v ČR v jednotlivých letech. V uvedeném období je průměrný podíl ČEZ, a.s. na celkové produkci elektrické energie v ČR 80,82 %. Pro tohoto výrobce jsou dostupná data o celkovém množství emitovaných polutantů, která jsou monitorována a zveřejňována v rámci strategické součinnosti ČEZ, a.s. a Ministerstva životního prostředí v oblasti ochrany ovzduší a klimatu. K dalším kalkulacím množství emisí nepřímo produkovaných provozem TB budou tedy využity údaje o emisích polutantů a příslušného množství vyrobené elektrické energie jen pro ČEZ, a.s. Vzhledem k vysokému podílu tohoto výrobce na celkové produkci je možno mluvit o reprezentativním vzorku pro kalkulaci a bude tím zároveň zajištěno, že bude kalkulováno s přiřaditelnými hodnotami množství vyrobené elektrické energie a emitovaných polutantů.

Tabulka 23: Množství elektrické energie v GWh produkované v letech 2010-2015 v ČR celkově a produkované v ČR výrobcem ČEZ, a.s.

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Celková produkce elektrické energie v ČR	82 132	82 132	81 767	79 841	78 187	75 020
Produkce elektrické energie ČEZ, a.s.	58 433	69 209	68 792	66 625	63 124	60 917
Podíl ČEZ, a.s. na celkové produkci v ČR	71,15%	84,27%	84,13%	83,45%	80,73%	81,20%

Zdroj: vlastní zpracování [8], [9]

V rámci Prohlášení o strategické součinnosti ČEZ a MŽP v oblasti ochrany ovzduší a klimatu je vydáváno každý rok vyhodnocení této součinnosti, kde je mimo jiné vyčísleno množství emitovaných pevných částic, oxidu siřičitého SO₂ a oxidů dusíku NO_x. Celkové množství emise těchto polutantů v tunách ze všech elektráren ČEZ, a.s. v letech 2010-2015 je uvedeno v Tab. 24.

Tabulka 24: Množství emitovaných polutantů z elektráren ČEZ, a.s. v letech 2010-2015 v tunách

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pevné částice	2 181	2 112	1 877	1 249	1 196	1 322
SO ₂	52 944	46 936	40 289	29 881	29 343	23 987
NO _x	52 458	44 618	37 468	18 779	18 365	17 644

Zdroj: vlastní zpracování [25]

Z údajů uvedených v Tab. 24 bylo vypočteno množství emitovaných polutantů v kilogramech na 1 vyrobenou GWh v elektrárnách ČEZ, a.s. Vypočtené hodnoty shrnuje Tab. 25.

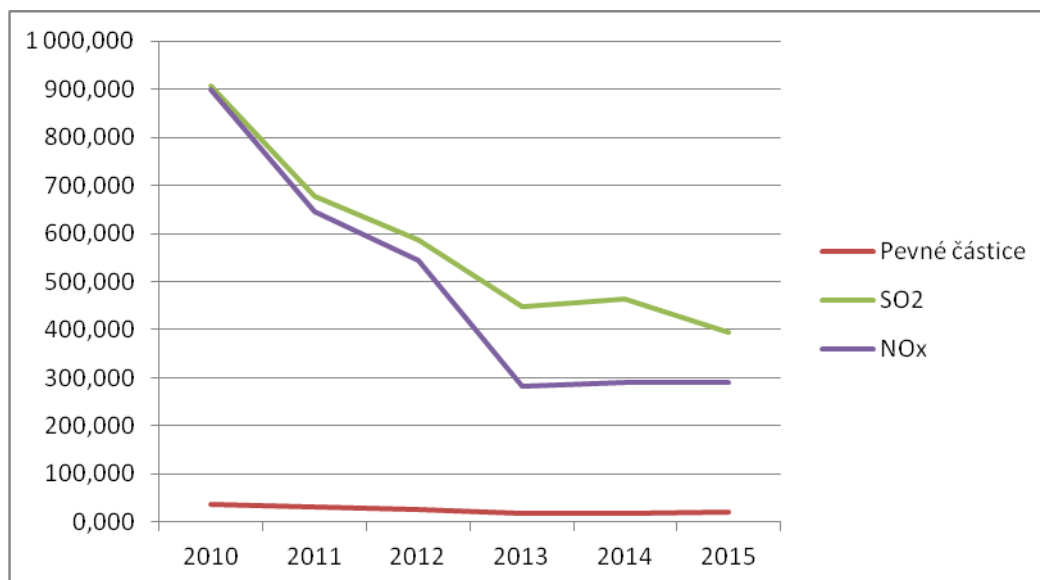
Tabulka 25: Množství emitovaných polutantů v elektrárnách ČEZ, a.s. v letech 2010-2015 v kg na GWh

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pevné částice	37,325	30,516	27,285	18,747	18,947	21,702
SO ₂	906,063	678,178	585,664	448,495	464,847	393,765
NO _x	897,746	644,685	544,656	281,861	290,935	289,640

Zdroj: vlastní zpracování [25], [9]

Pro názornost jsou hodnoty prezentovány rovněž grafem na Obr. 5.

Obrázek 5: Množství emitovaných polutantů v elektrárnách ČEZ, a.s. v letech 2010-2015 v kilogramech na GWh



Zdroj: vlastní zpracování [25], [9]

Z grafu na Obr. 5 je patrné, že především v první polovině zvoleného období docházelo k poměrně výraznému poklesu množství polutantů emitovaných na výrobu jedné GWh. Množství emitovaných pevných částic a SO₂ kleslo mezi lety 2010 a 2013 téměř přesně na polovinu a u NO_x došlo v těchto letech dokonce k poklesu zhruba na třetinu. V letech 2013 až 2015 již zůstávají hodnoty přibližně konstantní. Pro výpočet nákladů provozu TB spojených s emisí znečišťujících látek budou použity hodnoty z posledního hodnoceného roku, tedy roku 2015.

Ohodnocení nákladů spojených s emisí 1 kg polutantu při výrobě elektrické energie opět v hodnotě v EUR pro rok 2002 uvádí Tab. 26.

Tabulka 26: Vyčíslení nákladů 1 kg polutantů emitovaných při výrobě elektrické energie dle HEATCO D5 v EUR₂₀₀₂

Emitovaný polutant	Oxidy dusíku NO _x	Nemetanové těkavé organické sloučeniny	Oxid siřičitý SO ₂	Pevné částice _{2.5}	
				městské oblasti	mimoměstské oblasti
Česká republika	2,9	1,1	4,2	10	9

Zdroj: vlastní zpracování [16, s. 100]

Vyčíslení nákladů bude opět provedeno pro dostupné společné položky. V tomto případě se bude jednat o množství emitovaných pevných částic, oxidu siřičitého SO₂ a oxidů dusíku NO_x. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v Tab. 27.

Tabulka 27: Výpočet celkových ročních nákladů emitovaných polutantů provozem TB v roce 2015

Hodnocený polutant	Oxidy dusíku NO _x	Oxid siřičitý SO ₂	Pevné částice
Stanovený náklad dle HEATCO [EUR ₂₀₀₂ /kg]	2,90000	4,20000	9,00000
Převod měny [Kč ₂₀₀₂ /kg]	89,36423	129,42405	277,33725
Zohlednění vývoje cenové hladiny [Kč ₂₀₁₅ /kg]	115,75677	167,64773	359,24514
Množství polutantu emitované při výrobě 1 GWh elektrické energie [kg]	289,64000	393,76529	21,70166
Přepočtené náklady emise polutantů [Kč ₂₀₁₅ /km]	0,06215	0,12236	0,01445
Počet ujetých km v provozu TB za rok 2015 [km]	3 917 564,00000	3 917 564,00000	3 917 564,00000
Celkové roční náklady emise jednotlivých polutantů [Kč ₂₀₁₅]	243 463,05692	479 361,60880	56 612,45498
Celkové roční náklady emise polutantů provozu TB [Kč₂₀₁₅]	779 437,12069		

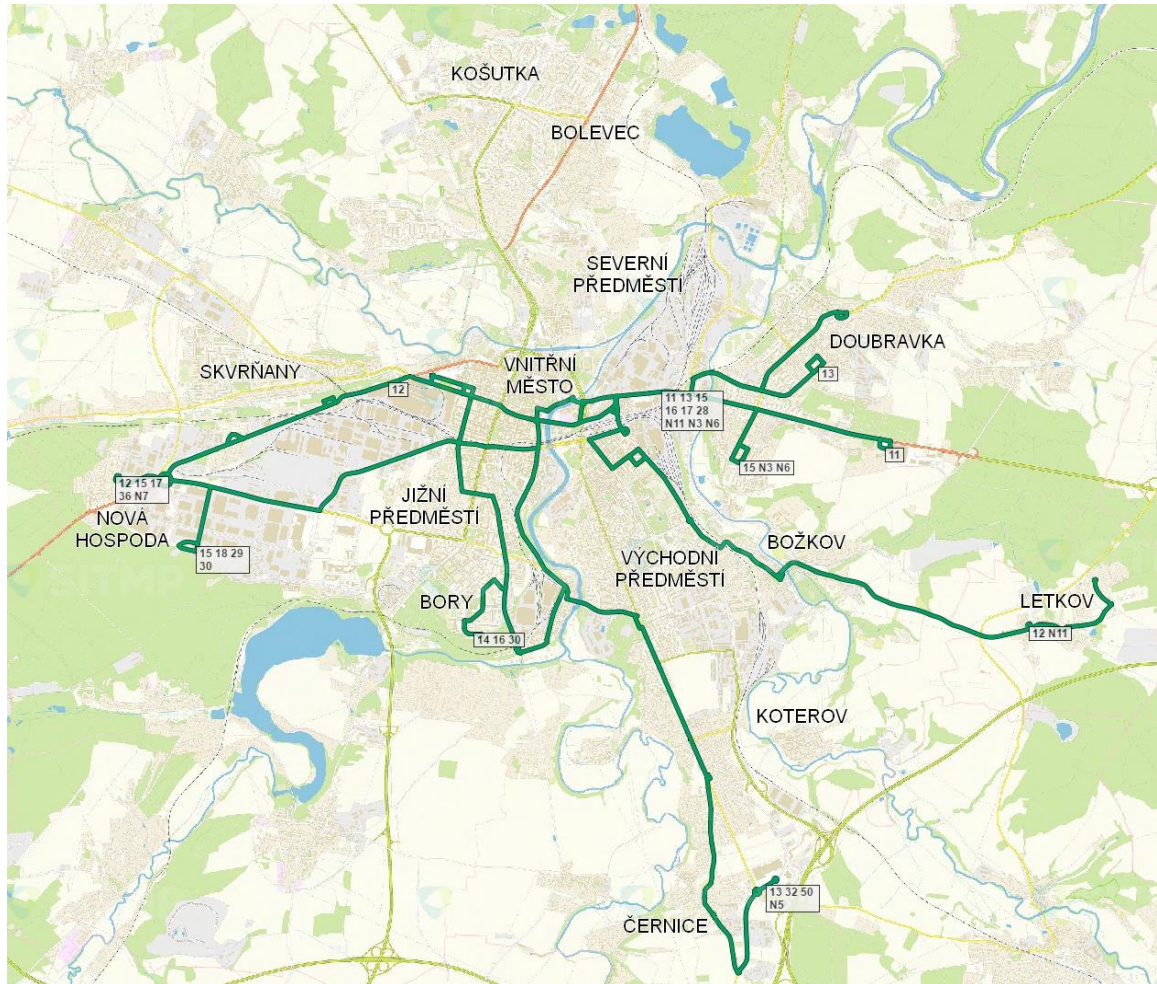
Zdroj: vlastní zpracování [16, s. 100], [3], [6], [25], [9], [33]

I přestože byly oceněny tři dostupné položky emisí polutantů, dosahuje trolejbusový provoz o 50% nižších nákladů spojených s jejich emisí než autobusový provoz, u něhož byly vyhodnoceny jen dvě položky. Pokud by byly porovnány u obou provozů jen náklady spojené s emisí oxidů dusíku a pevných částic, dosahovaly by tyto náklady u provozu TB jen čtvrtinové výše vzhledem k nákladům provozu AB. Pokud by byly tyto náklady zahrnuty do kalkulačního vzorce u obou provozů, nezměnily by znatelně výsledek jejich nákladového porovnání. V celkovém kontextu je však potřeba jim přiřkládat také určitý význam. Právě přímé emise produkované v místě uskutečňování dopravy spojené s autobusovým provozem jsou jedním z hlavních důvodů preference elektrických subsystemů MHD, jakým je trolejbusový provoz.

8. Návrh rozvoje trolejbusové trakce na příkladu konkrétní linky

V současné době provozují PMDP devět trolejbusových linek. Ty propojují všechna předměstí s výjimkou severního. Současná situace je patrná z Obr. 6.

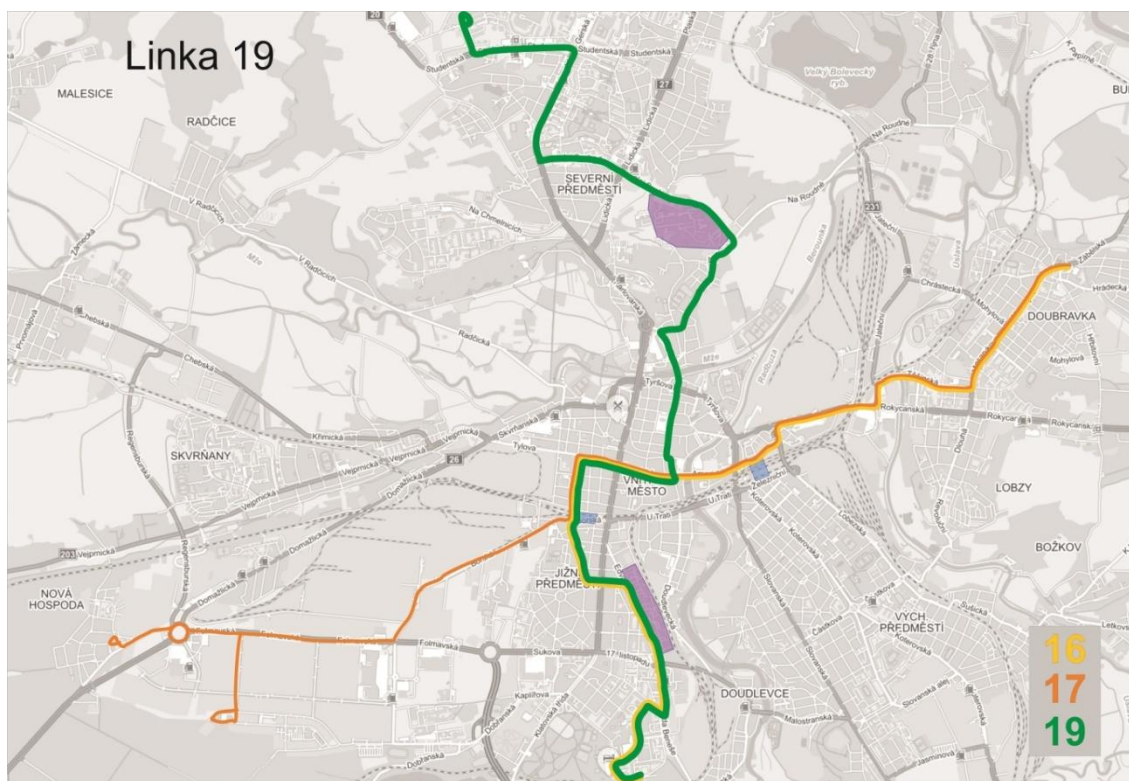
Obrázek 6: Současné rozložení trolejbusových linek na území Plzně



Zdroj: vlastní zpracování [17]

V rámci trolejbusové trakce úplně chybí jakékoliv spoje do severní části města. Je tedy uvažováno o zavedení nové trolejbusové linky č. 19, která by měla mít společný úsek s linkou č. 16 od konečné Sídliště Bory až po zastávku Mrakodrap na Americké ulici. Dále by se však měla odpojovat a jet přes Náměstí Republiky na Roudnou, k nemocnici na Lochotíně, až na konečnou Sídliště Košutka. Přibližný návrh trasy linky č. 19 je znázorněn na Obr. 7, kde jsou zároveň zaneseny trasy linek č. 16 a 17, jejichž intervaly by se zavedením nové linky byly pravděpodobně upraveny.

Obrázek 7: Zakreslení linek č. 16 a 17 a navrhované linky č. 19



Zdroj: [33]

Z návrhu je patrné, že linka č. 16 bude mít celou trasu společnou s jinými linkami. Úsek od konečné Sídliště Bory po zastávku Jižní Předměstí bude sdílet jen s nově vzniklou linkou č. 19, dále od Jižního Předměstí zhruba po zastávku Mrakodrap bude společný úsek všech tří znázorněných linek a od zastávky Mrakodrap po konečnou na Doubravce budou jezdit společně jako již nyní linky č. 16 a 17. Po celé trase linky č. 16 by měl zůstat zachován souhrnný interval a minimálně současná přepravní kapacita.

Obsluhu od zastávky Muzeum na konečnou Sídliště Košutka zabezpečují nyní autobusy č. 33 a 40. Ty by měly být zavedením linky č. 19 nahrazeny a zrušeny.

Pro linku č. 19 se předpokládá provoz v pracovní dny i o víkendech a svátcích od 5 do 24 hodin s běžným intervalem 15 minut. V pracovní dny ve špičkách se počítá s intervalem 10 minut.

Výhody a nevýhody zavedení navržené trolejbusové linky je možno shrnout následujícími body.

„Výhody:

- + *přímé, rychlé, ekologické trolejbusové spojení až k nemocnici,*
- + *přímé linkové propojení nemocničních areálů Lochotín a Bory,*

- + v pracovní dny nasazena kloubová vozidla v přehledném taktu 15/10 minut,
- + o víkendech zdvojnásoben počet spojů na interval 15 minut, celotýdenně posílen večerní provoz,
- + výrazné zlepšení obsluhy Severního Předměstí – atraktivní interval, posílení večer a o víkendech,
- + rychlejší realizace, využití již rozestavěných úseků trolejbusové trati (úsek O. Beníškové – Na Roudné) a zpracovaných projektů; lze realizovat po etapách,
- + příležitost využití investice do trati pro další projekty (provoz na baterie na Sylván a Bílou Horu),
- + provozně nejúspornější varianta (v pracovní dny vystačí přibližně stejný počet řidičů jako dnes).

Nevýhody:

- nutno realizovat stavbu komunikační propojky Na Roudné – Nemocnice Lochotín (lze řešit jako komunikaci vyhrazenou jen pro MHD – do doby realizace silničního systému Roudná) nebo připustit průjezd trolejbusů přes areál nemocnice na baterie,
- ve špičkách horší průjezdnost MHD přes Rooseveltův most,
- nutné investice do trolejbusové trati a vozidel. “ [33].

8.1. Realizace nového úseku navrhované linky

Pro nově zavedenou linku č. 19 není zatím vyřešen úsek od Muzea až po konečnou na Košutce, což je jednosměrně úsek o délce 6,8 km, obousměrně tedy 13,6 km. V současné době není úsek osazen trolejovým vedením. Bude tedy nutno vyřešit v celém tomto úseku poměr délky dostavby trakce a délky provozu na baterie.

Problém je možno řešit jako úlohu určení nejméně nákladné varianty. Bude se jednat o investiční projekt a v běžném podniku by byl řešen tradičními metodami pro hodnocení investic zohledňujícími rovněž budoucí očekávané výnosy plynoucí z investice. V případě investic do městské hromadné dopravy je však obtížné vyčíslit konkrétní výši z ní plynoucích výnosů, a navíc je pravděpodobné, že vzhledem k výši nákladů bude výše výnosů zanedbatelná.

Pro řešení je možno použít metodu převedených nákladů [45, s. 316]. Ta zohledňuje jen s investicí spojené náklady. Vzorec pro výpočet je možno jednoduše zapsat takto:

Roční průměrné $N = \text{roční odpisy} + \text{převedené jednorázové } N + \text{provozní } N$

Převedené jednorázové N jsou součinem jednorázových nákladů a převodního koeficientu i , který je v publikaci [45, s. 316] vysvětlen následovně: „Převodní koeficient je vlastně úroková míra, vyjadřující buď minimální požadovanou výnosnost investice, nebo průměrnou cenu kapitálu.“

Bude však nutno určit jednotlivé dílčí veličiny vstupující do vzorce a jejich vztahy, aby bylo možno najít nákladově nejefektivnější variantu.

Přehled veličin charakterizujících provoz na dané lince obsahuje Tab. 28.

Tabulka 28: Veličiny charakterizující provoz na dané lince

Délky jednotlivých úseků linky		Čas jízdy na daném úseku	Množství absolvovaných úseků za rok
d	délka celé linky obousměrně	t	q
d_1	délka již postaveného úseku pod trakcí	t_1	q_1
d_2	délka nově vybudované trakce	t_2	q_2
d_3	délka jízdy na baterii	t_3	q_3
d_4	délka úseku pro nájezd na linku	t_4	q_4
d_5	délka úseku pro sjezd z linky	t_5	q_5

Zdroj: vlastní zpracování

Mezi danými veličinami je možno určit následující vztahy:

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

$$t = t_1 + t_2 + t_3$$

Časy obsahují i čekání na obratištích příslušných k danému úseku. V případě linky č. 19 je tedy v rámci času jízdy na celé lince obousměrně t započítán i čas čekání vozu 1 x na obratišti Sídliště Bory a 1 x na obratišti Sídliště Košutka.

Při určení ročních průměrných nákladů bude postupováno po jednotlivých položkách v předchozích kapitolách použitého kalkulačního vzorce.

Roční náklady na trakční energii N_e budou z výše uvedených veličin spočítány následovně:

$$N_e = (q \cdot d + q_4 \cdot d_4 + q_5 \cdot d_5) \cdot c_{km} \cdot n_e$$

kde:

c_{km} - spotřeba trakční energie vozu v kWh/km;

n_e - jednotková cena trakční energie za kWh.

Roční mzdové náklady včetně zákonných odvodů N_w se pak vypočítají takto:

$$N_w = (q \cdot t + q_4 \cdot t_4 + q_5 \cdot t_5) \cdot n_w$$

kde:

n_w - hodinová mzdová sazba řidiče včetně zákonných odvodů v Kč.

Náklady na údržbu vozů jsou navázány na množství najetých km a jejich roční výše $N_{úv}$ bude tedy vypočtena takto:

$$N_{úv} = (q \cdot d + q_4 \cdot d_4 + q_5 \cdot d_5) \cdot n_{úv}$$

kde:

$n_{úv}$ - výše nákladů na údržbu vozů na ujetý km.

Roční odpisy vozů O_v budou počítány standardně vydělením jejich pořizovací ceny, avšak ponížené o ceny baterií, očekávanou životností vyjádřenou v letech. Zvláště budou počítány odpisy na baterie vztažené na životnost ne v rocích, ale v nabíjecích cyklech. Pro možnost určení a porovnání ročních průměrných nákladů bude však nutné přepočítat odpisy baterií rovněž na roční období. Pro výpočet se předpokládá, že vozy s bateriemi budou v průběhu roku na dané lince rovnoměrně vytíženy, proto výpočet kalkuluje se sumou jejich pořizovacích cen PC_b a součtem životností všech baterií udaným v počtu cyklů \check{Z}_{bc} . Z počtu cyklů vypočtené odpisy baterie vztahující se k ročnímu období budou označeny O_b a vypočtou se následovně:

$$O_b = PC_b / (\check{Z}_{bc} / q_3)$$

Roční odpisy nově vybudované trakce O_t budou vypočítány z nákladů na vybudování 1 km trakce označených n_{tkm} a životnosti trakce udané v letech \check{Z}_{tl} následovně:

$$O_t = (n_{tkm} \cdot d_2) / \check{Z}_{tl}$$

Zbývá určit vztah pro poslední položku, která představuje náklady na ostatní údržbu. Položka je téměř výhradně tvořena náklady na údržbu trakce. Nejspíše bude vhodné uvažovat náklady příslušné jen k nově vybudované trakci. Již existující trakce je využívána nezávisle na zavedení této nové linky, jsou na ní provozovány jiné linky a její údržba bude prováděna nepodmíněně na existenci nově zavedené linky. Dalším argumentem je skutečnost, že na existujících úsecích má být souhrnný interval zachován, pravděpodobně tedy ani nebude docházet k výrazně vyššímu opotřebení již

existující trakce. Pokud je možno ostatní náklady údržby určit příslušně ke km trolejového vedení n_{tkm} , pak bude možno roční náklady na tuto údržbu $N_{\text{úo}}$ vypočítat takto:

$$N_{\text{úo}} = d_2 \cdot n_{\text{tkm}}$$

Je patrné, že některé výše uvedené nákladové položky nebudou změnou poměru délky nově dostavěné trakce k délce úseku s provozem jen na baterie ovlivněny. Má-li být základní problém omezen na určení ideálního poměru délky nově vybudované trakce k délce úseku s provozem na baterie vzhledem k nákladovosti, bude pravděpodobně účelné do výpočtů pro nalezení tohoto řešení zahrnout jen položky, které jsou změnou tohoto poměru ovlivněny. Dle výše uvedených vztahů se tedy jedná o roční odpisy baterií O_b (ty nejsou tímto poměrem ovlivněny přímo prostřednictvím vztahů daných uvedenými vzorci, ale nepřímo, jak bude vysvětleno dále), roční odpisy nově vybudované trakce O_t a roční náklady na údržbu trakce $N_{\text{úo}}$.

Vzorec pro nákladovou optimalizaci nově zabezpečovaného úseku je pak možno zapsat takto:

$$N = O_b + O_t + N_{\text{úo}}$$

Pomocí výše uvedených vztahů je dále možno vzorec rozepsat:

$$N = PC_b / (\check{Z}_{bc} / q_3) + (n_{\text{tkm}} \cdot d_2) / \check{Z}_{tl} + d_2 \cdot n_{\text{tkm}}$$

Uvedený vzorec je možno obecně využít, avšak je ho nutno přizpůsobit konkrétnímu zadání, celkovým souvislostem a technickým omezením daného provozu.

Prvním důležitým technickým omezením nově zvažovaného úseku trolejbusového provozu je nejen délka nově budovaného úseku, ale celková délka uvažované linky především s poměrem délky úseků s jízdou pod trakcí a mimo ni. U plánované linky č. 19 by vzhledem k tomuto faktoru extrémní variantou byla realizace celého nového úseku bez trakce. To by znamenalo na celé trase linky č. 19 jízda 9,2 km pod trakcí a 13,6 km mimo trakci. To je poměr jízdy na baterie ku jízdě pod trakcí zhruba 1,5 : 1. Jako limitní pro jistotu funkčnosti systému a dostatečného nabití baterií při jízdě pod trakcí se běžně udává poměr jízdy na baterie ku jízdě pod trakcí zhruba 1 : 2. Tento doporučený poměr je však obecný a konkrétní limitní provozní možnosti se mohou nacházet i podstatně výše v závislosti na konkrétní zabezpečované trase, nasazených vozech a především kapacitě a vlastnostem zvolených baterií. Pro učinění závěrů

o provozních možnostech pro uvažovaný úsek a celou linku č. 19 by bylo nutno provést a vyhodnotit zkušební jízdy. Pro kalkulaci nákladů však bude jízda jen na baterie v navrhovaném úseku při běžném zabezpečení provozu linky považována za realizovatelnou variantu. Tím vznikají dvě extrémní varianty dané kalkulace:

- vybudování trakce pro celý nový úsek v délce 13,6 km,
- jízda na celém novém úseku 13,6 km na baterie.

Mezi vymezenými extrémními variantami existuje teoreticky nekonečně mnoho možností kombinací délky nově vybudované trakce a délky jízdy na zbytku nového úseku na baterie. Samozřejmě v praxi je množství proveditelných a smysluplných kombinací omezeno.

Základními veličinami, co se týče charakteristiky daného úseku, které reálně ovlivňují výši nákladů na jednotlivé varianty realizace nového úseku, jsou délka části tohoto úseku, pro který bude vybudována trakce, a délka části tohoto úseku, pro který nikoliv, a bude jej nutno překonávat na baterie. Od hodnoty těchto dvou základních veličin se pak odvíjí výše nákladových položek vzorce. Délce vybudované trakce jsou přímo úměrné celkové náklady na její výstavbu a z nich následně vypočtené roční odpisy a roční náklady na její údržbu. Poněkud složitější je vztah mezi délkou jízdy na baterie a výslednými kalkulovanými náklady ročních odpisů baterií. Podle délky úseku jízdy na baterie je na základě uvažované spotřeby energie vozu na km možno spočítat minimální potřebnou kapacitu baterie. Čím kratší bude úsek jízdy na baterie, tím menší bude minimální potřebná kapacita baterie. Za předpokladu, že existuje kladná korelace mezi kapacitou baterie a její pořizovací cenou, jsou pořizovací náklady baterií pro provoz na daném úseku jistou funkcí délky úseku pro provoz na baterie. Ovšem v praxi není definována takováto spojitá funkce a pro realizaci variant s různými poměry úseků tvoří jednotlivé kapacity baterií s přiřazenými pořizovacími cenami diskrétní hodnoty, které je nutno do vzorce dosazovat vzhledem ke zvolené délce úseků, čímž je možno získat určitou množinu řešení pro porovnání nákladů v praxi realizovatelných variant.

Dalším významným aspektem ovlivňujícím náklady jednotlivých variant je frekvence zabezpečovaného provozu na daném úseku. Ve vzorci výše je tato skutečnost zastoupena množstvím absolvovaných úseků jízdy na baterie za rok q_3 . Životnost baterií je běžně udávána v množství nabíjecích cyklů. Při předpokladu nasazení baterií svou kapacitou zhruba odpovídajících energetické spotřebě jízdy na úseku bez trakce

představuje jedna takto realizovaná jízda jeden nabíjecí cyklus baterie. Čím více jízd q_3 je tedy uskutečněno za určité časové období (zde jeden rok), tím kratší bude životnost baterií vyjádřená v čase a tím častěji je bude nutno vyměňovat. Náklady na baterie představované ročními odpisy budou tedy s frekvencí realizovaných jízd během období stoupat. Jinak je tomu však u nákladů týkajících se trakčního vedení. Ty mají spíše charakter fixních nákladů a nedochází k jejich přímému zvyšování vlivem vyšší frekvence jízd.

Při plánování zavedení provozu na novém úseku je možno dle nízké, nebo vysoké frekvence jízd očekávat výhodnost jedné z extrémních variant. Tedy při nízké frekvenci jízd výhodnost realizovat nový úsek na baterie, nebo naopak při vysoké frekvenci jízd vybudovat pro celý úsek trakční vedení.

Pro konkrétní případ linky č. 19 byl definován plánovaný provoz v pracovní dny i o víkendech a svátcích od 5 do 24 hodin s běžným intervalem 15 minut, v pracovní dny ve špičkách pak s intervalem 10 minut. Při uvažování špiček v dopravě mezi 6. a 8. hodinou ránní a 14. a 17. hodinou odpolední v pracovní dny vychází počet jízd na 87. O sobotách, nedělích a státních svátcích pak vychází počet jízd na 77. Pro zajištění provozu i ve špičce bylo počítáno s nasazením 10 vozů se shodnými parametry a osazením či neosazením stejným typem baterie dle kalkulované varianty.

Pro kalkulaci byly uvažovány dvě varianty baterie. První s kapacitou 80 kWh a hloubkou vybití 50 %, čímž poskytuje běžně využitelných 40 kWh, za *640 000 Kč. Druhou variantou byla baterie s kapacitou 60 kWh a hloubkou vybití rovněž 50 % za *530 000 Kč. Životnost byla uvažována u obou baterií 4000 nabíjecích cyklů.

Cena trolejbusové trakce byla počítána *2 280 000 Kč na kilometr jednosměrně, což představuje sice vysokou vstupní investici, na druhou stranu je možno počítat s dlouhou životností. Životnost trakce byla kalkulována na období 30 let, což je strážlivý odhad a v praxi je jistě možno počítat při pravidelné údržbě s delší využitelností. Roční náklady na údržbu trakce byly pak na základě údaje o jednostopé délce trolejbusové trakce 96,2 km v roce 2015 a výši položky údržba ostatní z kalkulačního vzorce pro rok 2015 vypočteny na *82 720 Kč na km trakce.

Na základě uvedených předpokladů provozu na lince č. 19 bylo kalkulováno se zajištěním provozu pouze dlouhými vozy, proto byla minimální spotřeba elektrické energie potřebná k překonání úseku bez trakce počítána jako 1,5 násobek spotřeby

*1,6 kWh na km vypočtené v podkapitole 7.1.3., tedy *2,4 kWh na km. Následně byly pomocí vzorce vypočteny mezní varianty jednotlivých možností:

- jízda celého úseku jen na baterie 80 kWh (druhá varianta baterie s nižší kapacitou by pravděpodobně nestačila pro jízdu v takto dlouhém úseku bez trakce),
- osazení vozů baterií s kapacitou 60 kWh a alespoň částečná dostavba trakce (pro kalkulaci a nalezení minima nákladové funkce byla uvažována snaha co nejvíce využít poskytovanou kapacitu baterie a kalkulovat dostavbu co nejkratšího úseku trakce, tedy v tomto případě alespoň 1,5 km),
- dostavba trakce v celém novém úseku obousměrně bez nutnosti pořizování baterií.

Byly kalkulovány i další varianty, ale vždy dosahovaly vyšších nákladů než výše uvedené mezní varianty. Výsledná kalkulace byla provedena podle uvedeného vzorce pro roční průměrné náklady. Koeficient i byl stanoven dle PMDP ve výši *4 %. Výsledné ocenění mezních variant obsahuje Tab. 29.

Tabulka 29: Vypočtené náklady pro varianty nového úseku v Kč

Varianta:	Prosté roční náklady	Převedené roční náklady
Celý úsek na baterie	*5 563 467	*6 619 467
Dostavba 1,5 km trakce, zbytek na baterie	*4 959 909	*6 108 709
Dostavba trakce v celém úseku	*2 825 259	*4 865 579

Zdroj: vlastní zpracování

Pro realizaci trakce v celém novém úseku o délce 13,6 km byl vypočten při uvažované ceně dostavby 1 km trakce *2 280 000 Kč investiční náklad ve výši *51 008 000 Kč. Pokud by pro nový úsek provozu bylo potřeba realizovat výstavbu měnírny na Košutce, zvýšila by se tato investice o zhruba *5 700 000 Kč na *56 708 000 Kč. Při uvažování životnosti měnírny také 30 let by se tím zvýšily prosté roční náklady na *3 015 259 Kč a převedené roční náklady na *5 283 579 Kč. Tedy stále níže než ocenění variant s uvažovanou jízdou na baterie.

Z výsledků je patrné, že při požadované frekvenci spojů na lince č. 19, bude dostavba trakce jednoznačně výhodnějším řešením, protože životnost baterií při takovém vytížení nebude dostatečně dlouhá, aby bylo možno náklady na jejich pořízení rozložit do dostatečného množství období, čímž by došlo ke snížení ročních nákladů. Dostavba trakce je sice vysokým jednorázovým nákladem, ale její dlouhá životnost způsobuje

rozložení těchto nákladů v podobě odpisů do mnoha období a roční náklady jsou z tohoto důvodu v porovnání s ostatními variantami nízké. Navíc by byla trakce v daném provozu dostatečně využita a poskytovala by základnu pro možnost dalšího rozšíření trolejbusového provozu v řešené lokalitě. Při využití trolejbusů s bateriemi by bylo možno navrhovat v lokalitě další linky s méně frekventovanými úseky jízdy mimo trakci.

8.2. Hodnocení zavedení nové linky v kontextu dotčených linek

V této podkapitole je provedeno porovnání stávajícího systému dotčených linek s navrženým výsledným stavem po zavedení trolejbusové linky č. 19. Stávající podoba linek byla odvozena na základě informací zjištěných z jízdních řádů PMDP platných v dubnu 2017 [42], což platí především pro určení množství spojů a potřebných vozů pro obsluhu linek v jednotlivé dny, a pomocí měření délky úseků tras linek prostřednictvím mapy.cz [23], což platí především pro určení množství ujetých km a vozokm jednotlivými linkami. Snahou bylo určit stávající podobu systému linek co nejpřesněji, přesto je však možné, že došlo k určitým nepřesnostem. Samotný postup kalkulace tím však není dotčen, všechny kroky kalkulace vychází z jednotného vytvořeného základu a systematicky bylo shodně postupováno při určení stávající i výsledné podoby zkoumaného systému za pomoci totožných zdrojů.

Jak je znázorněno na Obr. 7, sdílela by linka č. 16 v případě zavedení nové linky č. 19 celou svou trasu vždy s další linkou. Úsek od konečné Sídliště Bory po zastávku Jižní Předměstí by měla společný s nově zavedenou linkou č. 19, dále až po zastávku Mrakodrap by byl sdílený úsek zároveň i s linkou č. 17. Od zastávky Mrakodrap by se však linka č. 19 odpojovala směrem přes náměstí na Košutku a zbylý úsek na Doubravku by sdílely společně linka č. 16 a 17. Na úsecích, které bude linka č. 16 sdílet vždy s jednou další linkou má být zachován současný interval.

Jako výchozí bod k určení změn intervalů dotčených linek bude pojata zabezpečení nově zavedené linky č. 19 v plánovaném rozsahu, tedy provoz jen kloubovými trolejbusy o délce 18 m v pracovní dny i o víkendech a svátcích od 5 do 24 hodin s běžným intervalem 15 minut, přičemž v pracovní dny ve špičkách se počítá s intervalem 10 minut. Tím je určen počet spojů¹⁵ v pracovní den na 87 při uvažovaných

¹⁵ Počtem spojů je v celé podkapitole míněn počet uskutečněných obousměrných jízd vozu na lince, není-li výslovně uvedeno jinak.

špičkách mezi 6. a 8. hodinou ranní a 14. a 17. hodinou odpolední a na 77 o sobotách, nedělích a státních svátcích.

Linka č. 16 realizuje nyní 150 spojů v pracovní den a 134 spojů o sobotách, nedělích a státních svátcích. Bude-li tedy na úseku od konečné Sídliště Bory po zastávku Mrakodrap část těchto spojů realizovat linka č. 19, zbývá na linku č. 16 v pracovní den 63 spojů a v ostatní dny 57 spojů, podle čehož bude možno dopočítat posílení linky č. 17 na zbytku trasy linky č. 16, aby byl souhrnný interval zachován. Linka č. 17 zabezpečuje nyní 14 spojů v pracovní dny, 1 o sobotách a 2 o nedělích a státních svátcích. Tento počet bude zachován a navýšen o doplnění linky č. 16. na výsledných 101 spojů v pracovní den, 78 o sobotách a 79 o nedělích a státních svátcích.

Zavedení nové linky č. 19 se zároveň projeví nahrazením a zrušením autobusových linek č. 33 a 40.

Stávající stav počtu spojů na jednotlivých linkách v daných dnech a výsledný stav po zavedení linky č. 19 shrnuje pro jednotlivé linky Tab. 30.

Tabulka 30: Porovnání stávajícího a výsledného množství spojů dotčených linek v jednotlivých dnech

Linka č.	Den	STÁVAJÍCÍ STAV			VÝSLEDNÝ STAV		
		Po - Pá	So	Ne a sv.	Po - Pá	So	Ne a sv.
19		0	0	0	87	77	77
16		150	134	134	63	57	57
17		14	1	2	101	78	79
33		73 / 65	29	29	0	0	0
40		22 / 30	0	0	0	0	0

Zdroj: vlastní zpracování [42]

U autobusových linek č. 33 a 40 v pracovní den dochází k jízdě 8 vozů od Muzea na Sídliště Košutka v rámci linky č. 33 a jejich návratu zpět v rámci linky č. 40. První číslo v buňce pro pracovní den u autobusových linek udává počet vozů, které jely od Muzea po trase dané linky, druhé číslo pak počet vozů, které jely ze Sídliště Košutka k Muzeu po trase dané linky.

Porovnání stávajícího a výsledného stavu z hlediska ročního množství ujetých vozokm a z hlediska potřebného množství vozů na daných linkách uvádí Tab. 31.

Tabulka 31: Stávající a výsledný stav systému z hlediska ročního množství ujetých vozokm a potřebného množství vozů na daných linkách

Linka č.	Den	STÁVAJÍCÍ STAV			
		Po - Pá	So	Ne a sv.	CELKEM
19	roční suma vozokm	0	0	0	0
	potřebný počet vozů	0	0	0	0
	charakteristika vozů	-	-	-	-
16	roční suma vozokm	1 151 212,50	204 430,95	253 238,40	1 608 881,85
	potřebný počet vozů	18	11	9	-
	charakteristika vozů	dlouhé	dlouhé	dlouhé	dlouhé
17	roční suma vozokm	91 250,00	1 647,30	2 764,80	95 662,10
	potřebný počet vozů	6	1	2	-
	charakteristika vozů	krátké	krátké	krátké	krátké
33, 40	roční suma vozokm	377 625,00	18 757,80	23 539,20	419 922,00
	potřebný počet vozů	5 + 5	3	3	-
	charakteristika vozů	krátké/dlouhé	krátké	krátké	krátké/dlouhé
Linka č.	Den	VÝSLEDNÝ STAV			
		Po - Pá	So	Ne a sv.	CELKEM
19	roční suma vozokm	798 225,00	143 177,40	179 673,60	1 121 076,00
	potřebný počet vozů	10	8	8	-
	charakteristika vozů	dlouhé	dlouhé	dlouhé	dlouhé
16	roční suma vozokm	481 650,00	87 714,90	110 073,60	679 438,50
	potřebný počet vozů	8	6	6	-
	charakteristika vozů	dlouhé	dlouhé	dlouhé	dlouhé
17	roční suma vozokm	851 400,00	134 364,60	170 668,80	1 156 433,40
	potřebný počet vozů	10	8	8	-
	charakteristika vozů	dlouhé	dlouhé	dlouhé	dlouhé
33, 40	roční suma vozokm	0	0	0	0
	potřebný počet vozů	0	0	0	-
	charakteristika vozů	-	-	-	-

Zdroj: vlastní zpracování [42], [23]

Množství ujetých vozokm za rok bylo u všech linek počítáno i s úseky pro nájezd vozů na linku a pro sjezd vozů z linky.

Z údajů uvedených v Tab. 31 je možno spočítat změny počtu ujetých vozokm pro provoz TB a AB a změny v počtu potřebných vozů. Výsledné hodnoty prezentuje Tab. 32.

Tabulka 32: Změny počtu ujetých vozokm a počtu potřebných vozů pro zabezpečení linek v provozech TB a AB

TB - navýšení vozokm	1 252 403,95
AB - pokles vozokm	-419 922,00
TB - pořízení dlouhých vozů	10
TB - zbytné krátké vozy	-6
AB - zbytné dlouhé vozy	-5
AB - zbytné krátké vozy	-5

Zdroj: vlastní zpracování

Nyní je možno na základě údajů obsažených v Tab. 32 přistoupit k vyčíslení změn v nákladech způsobených zavedením linky č. 19 a změnami systému dotčených linek, což je provedeno prostřednictvím Tab. 33.

Tabulka 33: Změny ročních nákladů způsobené zavedením linky č. 19 a úpravou systému dotčených linek v Kč

Určení kalkulačních položek	Finanční dopad
TB - navýšení spotřeby trakční energie	*1 557 829
TB - navýšení přímých mezd a zákonných odvodů	*5 000 199
TB - navýšení platby za údržbu vozů	*1 750 369
TB - nákup 10 dlouhých vozů	*41 800 000
TB - navýšení odpisů při odpisové době 12 let	*3 483 333
TB - úspora 6 krátkých vozů	*-16 500 000
TB - úspora odpisů při odpisové sazbě 12 let	*-1 375 000
TB - realizace nového úseku na Košutku	*2 825 259
TB - ZMĚNA PROSTÝCH ROČNÍCH NÁKLADŮ	*13 241 989
AB - snížení spotřeby nafty	*-1 299 265
AB - snížení přímých mezd a zákonných odvodů	*-1 864 583
AB - snížení platby za údržbu vozů	*-457 260
AB - úspora 5 krátkých vozů	*-6 500 000
AB - úspora 5 dlouhých vozů	*-8 875 000
AB - úspora odpisů při odpisové sazbě 8 let	*-1 921 875
AB - ZMĚNA PROSTÝCH ROČNÍCH NÁKLADŮ	*-5 542 983
CELKOVÁ BILANCE PROSTÝCH ROČNÍCH NÁKLADŮ	*7 699 006
PŘEVEDENÉ ROČNÍ NÁKLADY	*10 136 326

Zdroj: vlastní zpracování

Pro výpočet navýšení spotřeby trakční energie provozu TB byla použita spotřeba *1,6 kWh na vozokm, která byla zjištěna výpočtem z kalkulačního vzorce v podkapitole 7.1.3. Cena trakční energie byla počítána ve výši, které dosahovala pro provoz TB v roce 2015. Snížení spotřeby nafty v provozu AB bylo vypočteno dle množství ušetřených km krátkých a dlouhých vozů a příslušné spotřeby nafty pro krátký a dlouhý vůz.

Navýšení přímých mezd a zákonných odvodů provozu TB nebylo z důvodu neznalosti přesných časových souvislostí vypočteno na základě vzniklých změn v hodinovém pracovním fondu, avšak na základě změn v počtu ujetých km násobených sazbou zjištěnou pro 1 km z kalkulačního vzorce provozu TB pro rok 2015. Tato sazba byla navíc vynásobena koeficientem zohledňujícím od roku 2017 nově zavedený kvalifikační bonus pro řízení drážního vozidla pro řidiče trolejbusů, který v roce 2015 vyplácen nebyl. Jako veličina pro výpočet navýšení mzdových nákladů včetně zákonných odvodů

byl vybrán ujetý km místo ujetého vozokm, protože má těsnější vazbu na výši hodinového fondu. Při výpočtu výše přímých mezd a zákonných odvodů pro provoz AB bylo postupováno shodně a byla využita i shodná sazba vzhledem k počtu ujetých km, což vychází ze skutečnosti, že byly trolejbusy nahrazovány zrušené autobusové linky a tedy není důvod, proč by měla být kalkulována odlišná mzdová sazba. Jediným rozdílem ve výpočtu byla absence přepočtu sazby koeficientem kvalifikačního bonusu, který platí jen pro řízení drážního vozidla, tedy nikoli autobusu.

Platby za údržby vozů byly u obou provozů vypočteny sazbou požadovanou smluvním dodavatelem těchto služeb na ujetý km.

U vozů nahrazených změnou systému se počítá s jejich plným využitím na jiných linkách, proto snižují náklady na kalkulovaný systém linek, protože za normálních okolností bez učinění změn by jejich odpisy byly součástí nákladů na řešené linky. Takto však budou jejich náklady přiřazeny jiným linkám, kde budou využity a nahradí vozy, které by bylo potenciálně nutno pořizovat.

Vypočtené změny odpisů vozů jsou celkem jasně popsány. Ceny, z nichž jsou vypočteny, vychází z údajů z interních materiálů PMDP a jsou stanoveny bez baterií, jež jsou vyčísleny pro nově řešený úsek zvlášť. Počty vozů jsou stanoveny na základě změn v systému zabezpečení linek. Odpisové sazby jsou použity dle metodiky PMDP.

Poslední položka pro provoz TB, realizace nového úseku na Košutku, představuje samostatné vyčíslení prostých ročních nákladů spojených s realizací vybrané varianty řešení nového úseku pro TB na Košutku dle předchozí podkapitoly. Započítána však není případně nutná výstavba nové měnirny. Položku je možno nahradit náklady jiné zvolené varianty. Obecně může dle zvolené varianty obsahovat roční odpisy vybudované trakce, roční náklady na údržbu nově vybudované trakce a roční odpisy baterií (které nebyly započítány do ceny vozů). Pro vypočtení výše převedených ročních nákladů (poslední řádek Tab. 33) je však nutné v této položce obsažené jednorázové náklady vynásobit převodním koeficientem, jak bylo vysvětleno v předchozí podkapitole.

Z kalkulace vychází, že zavedení nové trolejbusové linky včetně pořízení 10 nových trolejbusů a výstavby trakce a s tím související celková změna systému linek zahrnující nahrazení dvou autobusových linek trolejbusy generuje navýšení prostých ročních nákladů o *7 699 006 Kč a výši převedených ročních nákladů *10 136 326 Kč.

Realizací tohoto projektu dojde zároveň k čistému navýšení ujetých ročních vozokm v rámci MHD o 832 482. Tento nárůst nepředstavuje jen zvýšení četnosti jízd na úseku nově zavedené linky č. 19 mezi středem města a Košutkou, kde tato nahrazuje autobusové linky s nižší frekvencí jízd, ale rovněž zvýšení dopravní obsluhy Nové Hospody posílenou linkou č. 17.

Výhody spojené se zavedení nové trolejbusové linky na Severní Předměstí byly již uvedeny v úvodu této podkapitoly, zde budou tedy již jen krátce shrnuty některé z nich.

Zavedením této linky by vzniklo přímé, rychlé a ekologické spojení nemocničních areálů na Lochotíně a na Borech s plným nasazením kloubových vozidel v přehledném pravidelném taktu v pracovní dny i o víkendech a svátcích. Došlo by tím ke zvýšení dopravní obsluhy Severního Předměstí a zavedená linka by v případě dostavby trakce poskytovala vhodné předpoklady pro další rozšíření trolejbusového provozu v této lokalitě.

Závěr

V práci byl po úvodním teoretickém seznámení s dopravní problematikou věnován prostor běžným metodám alokace nákladů se zaměřením na možnost jejich využití pro kalkulace nákladů v oblasti dopravy, čímž byl připraven teoretický základ pro praktické části práce. V této části byl rovněž představen obecný kalkulační vzorec pro oblast dopravy, jehož upravená podoba byla následně využita jako aparát pro porovnávání nákladů trolejbusového a autobusového provozu. Ukázalo se, že většina běžných metod kalkulace nákladů je koncipována na míru výrobním podnikům. Pro kalkulace nákladů v oblasti dopravy, konkrétně v MHD, jsou však některé z nich rovněž využitelné, je však nutno jejich využití přizpůsobit specifikům dané oblasti. Přesto je nutno připustit menší či větší míru nepřesností, což však platí pro kalkulace nákladů obecně, nejen při použití pro oblast dopravy. Jako stěžejní bod byl definován výběr kalkulační jednotice, který velmi ovlivňuje výši a význam dosahovaných hodnot. Přímo pro oblast dopravy existuje pro tuto potřebu několik specifických veličin. Význam těch použitelných v případě hromadné přepravy osob byl vysvětlen. Používány byly nakonec dvě kalkulační jednotice, vozokilometry a běžné kilometry.

V praktické části práce byl nejdříve obecně představen zkoumaný dopravní podnik a jím zabezpečovaný provoz MHD. Dále byla přiblížena jím uplatňovaná metodika kalkulace nákladů na jednotlivé provozování. Jejím účelem však není co nejpřesnější oddělení nákladů jednotlivých provozů, což by byl ideální případ pro možnost přímého porovnání nákladů trolejbusové dopravy s autobusovou bez nutnosti dalších úprav. Metodika kalkulace PMDP vychází z nutnosti oddělit ve vztahu ke Statutárnímu městu Plzni, jejich stoprocentnímu vlastníkovi, náklady a výnosy činností spojených se zajišťováním městské hromadné dopravy v Plzni od činností externích. Rozdělení nákladů mezi jednotlivé trakce je pak samozřejmě také uplatňováno, ale není primárním hlediskem.

Ekonomické vyhodnocení trolejbusové dopravy v porovnání s autobusovou bylo provedeno prostřednictvím nákladů obou provozů. K hodnocení jen prostřednictvím nákladů bylo přistoupeno z důvodů nízké výše k nim příslušných dosahovaných výnosů v rámci provozu MHD a nemožnosti určit výši výnosů příslušnou jednotlivým provozům. Provozy byly nejdříve porovnány jen prostřednictvím finančních nákladů. Následně však bylo provedeno i vyhodnocení s provozem spojených externalit.

Vstupem pro vzájemné porovnání nákladů obou provozů byl kalkulační vzorec představený v teoretické části a využívaný v mírně odlišné struktuře rovněž v PMDP. Představen byl s celkovými hodnotami pro oba provozy, avšak pro srovnání provozů byla výše jednotlivých položek určena na zvolenou kalkulační jednici, kterou byl jeden ujetý vozokm. Zdrojovými hodnotami byla data z reálného provozu TB a AB v PMDP v roce 2015, což byl v době zpracovávání práce poslední rok, pro který byly dostupné kompletní údaje.

Z neupravených hodnot vycházely celkové náklady provozu TB na vozokm *20,71 Kč a celkové náklady provozu AB na vozokm *17,59 Kč. Variabilní náklady na vozokm dosahovaly u obou provozů podobné výše, ale fixní náklady provozu TB na vozokm byly znatelně vyšší než u AB. Výchozím stavem byly tedy celkové náklady provozu TB na vozokm vyšší o *17,74 % ve srovnání s provozem AB. Jednotlivé položky kalkulačního vzorce byly podrobněji zkoumány a byly upravovány vlivy způsobující neporovnatelnost hodnot pro oba vyhodnocované provozy, avšak při zachování jejich reálné podoby a rozsahu v daném roce. Úpravami zahrnujícími rovněž odstranění režijních nákladů z kalkulačního vzorce vzhledem k nemožnosti jejich správného přiřazení k jednotlivým provozům byly dosaženy výsledné hodnoty celkových nákladů na vozokm u provozu TB ve výši *14,50 Kč a provozu AB ve výši *10,84 Kč. Tedy celkové náklady provozu TB na vozokm vyšší o *33,76 % v porovnání s provozem AB. Výsledky však stále nebylo možno považovat za vypovídající a srovnatelné. Prováděnými úpravami nebylo možno odstranit rozdíly mezi provozy (odlišná velikost a struktura vozového parku i rozsah a povaha obsluhovaných linek).

Pro dosažení maximální srovnatelnosti byl nakonec k existujícímu trolejbusovému provozu vytvořen symetrický modelový autobusový provoz se stejným množstvím vozů s podobnými parametry. Pro sestavení kalkulačního vzorce tohoto modelového provozu bylo uvažováno, že obsluhoval v roce 2015 trolejbusové linky totožně jako skutečný provoz TB v tom roce. Z kalkulačního vzorce symetrických provozů byly získány hodnoty celkových nákladů *14,85 Kč na vozokm pro provoz TB a *12,70 Kč pro provoz AB. Výsledná hodnota těchto nákladů pro provoz TB je o *16,93 % vyšší než pro provoz AB. Výše variabilních nákladů a fixních nákladů obsažených ve výsledném kalkulačním vzorci charakterizuje porovnávané provozy. Fixní náklady jsou jednoznačně vyšší u provozu TB, zatímco variabilní náklady dosahují vyšší hodnoty pro

provoz AB. To však znamená, že při růstu výkonů by se vzájemný rozdíl mezi náklady srovnávaných provozů snižoval.

Jako hlavní rozdíl mezi porovnávanými provozy byl definován zdroj energie pro jejich pohon. V případě trolejbusů se jedná o elektrickou energii a v případě autobusů o naftu. Položka trakční energie a PHM vytváří značný rozdíl mezi provozy a ceny pohonných hmot a elektrické energie se mohou v čase měnit. Byla tedy testována citlivost celkových nákladů na vozokm na změny cen elektrické energie u trolejbusové trakce a nafty u autobusového provozu. Vyšší citlivost byla zjištěna u provozu autobusového, jehož celkové náklady při růstu ceny nafty o 10 % vzrostly o 2,5 %. Růst ceny elektrické energie o 10 % vyvolal u provozu TB růst celkových nákladů na vozokm jen 0,8 %. Pro naftu i elektrickou energii byl znázorněn vývoj cen od roku 2001 do roku 2016 a stanoveno pomocí lineární regresní funkce cenové rozmezí okolo této funkce pro rok 2015. Krajiní hodnoty pak byly dosazeny do výpočtů pro kalkulační vzorec. Bylo zjištěno, že případný růst ceny nafty by mohl značně snižovat současnou výhodnost provozu AB v porovnání s provozem TB.

Vyhodnocování nákladů obou provozů bylo zakončeno jejich porovnáním prostřednictvím internalizace externalit těchto provozů. Jak bylo uvedeno, jsou dopravní provozování obecně zdrojem různých externalit (kongesce, hluk, nehody a jejich následky). Oba provozování jsou však v mnohých parametrech velmi podobné. Podstatný rozdíl je tvořen právě již zmíněným rozdílným pohonem. Pro porovnání byly vypočteny u obou provozů náklady spojené s emisí polutantů. K jejich ocenění byla využita metodika HEATCO D5. U provozu AB bylo možno vyčíslit náklady spojené s emisemi oxidů dusíku a pevných částic, které dosáhly výše přibližně 1 180 000 Kč. U provozu TB bylo možno vyhodnotit navíc i emise oxidu siřičitého. Vyčíslení nákladů spojených s emisemi škodlivin u provozu TB vyšlo zhruba na 780 000 Kč, což je o 50 % méně než u provozu AB. Kdyby navíc nebyly započítány emise oxidu siřičitého, aby byly započítány u obou provozů shodné položky, byly by náklady spojené s emisí polutantů trolejbusového provozu čtvrtinové vzhledem k nákladům provozu autobusového.

Závěrem této části práce byly přes vycházející aktuální vyšší náklady trolejbusového systému vysvětleny důvody jeho preference v městských dopravních systémech. Prvním z nich jsou řešené emise polutantů. Autobusy jsou zdrojem přímých emisí v místě uskutečňování dopravy, což je v zalidněných městských oblastech vnímáno jako

nežádoucí. Oproti tomu trolejbusy neprodukují přímé emise v místě zajišťování dopravní služby. Jsou nepřímým zdrojem emisí v oblastech, kde je vyráběna elektrická energie pro jejich pohon, což je rovněž negativním jevem, avšak vzhledem k tomu, že se převážně jedná o méně obydlené oblasti, je tento fakt vnímán s menší nevolí. Významným argumentem pro podporu trolejbusového provozu spojeným rovněž s jeho pohonem je skutečnost, že elektrická energie pro pohon pochází z tuzemské produkce, která je u nás tradičně přebytková, což by mohlo znamenat menší pravděpodobnost růstu ceny u tohoto zdroje energie. Nafta pro pohon trolejbusů se samozřejmě řídí cenami ropy na světových trzích. Vzhledem k tomu, že se jedná o neobnovitelný zdroj energie, je pravděpodobné, že pokud nedojde k jeho nahrazení jako globálního zdroje pohonu, zmenšující se zásoby povedou v budoucnosti ke zvyšování jeho ceny.

Poslední část práce se věnuje návrhu nové trolejbusové linky č. 19 na Košutku. Nejdříve byly definovány její parametry (vymezení trasy, intervaly jízd v jednotlivých dnech) a vazby na systém ostatních linek. Při znalosti vstupních dat bylo nejprve kalkulováno řešení nového úseku navrhované linky od zastávky Mrakodrap, kolem Muzea a přes náměstí Republiky dále na Rooseveltův most, přes Roudnou, kolem nemocnice na Lochotíně až na konečnou Sídliště Košutka. V daném úseku není vybudována trakce, což může být řešeno třemi způsoby: vybudování trakce v celém úseku, provoz v celém úseku jen na baterie bez trakce, nebo kombinace předchozích možností. Pro hodnocení byla zvolena kalkulace metodou převedených nákladů, která nejlépe vyhovovala vyhodnocování variant pro oblast veřejné dopravy. Pro zjištění nejvýhodnější varianty byla sestavena pro řešený úsek nákladová rovnice obsahující roční odpisy trakce, roční náklady na údržbu trakce a roční odpisy baterií. Struktura vzorce byla zvolena tak, aby vystihovala rozdíly mezi variantami řešení daného úseku. Výsledkem bylo zjištění, že při takto frekventovaném provozu, jaký je na dané lince uvažován, vychází nejnižší hodnota ročních převedených nákladů pro variantu výstavby trakce v celém úseku.

Obecně je zde možno vyslovit závěr, že čím vyšší je frekvence jízd na plánovaném úseku, tím výhodnější bude dostavba trakce v porovnání s provozem na baterie. Tato skutečnost je dána vazbou mezi životností baterie a množstvím uskutečněných nabíjecích cyklů. Čím vyšší je množství uskutečněných nabíjecích cyklů baterie během období, tím nižší je její životnost vyjádřená v časových jednotkách, čímž dochází k navýšení ročních odpisů baterií. Pokud by však měla být frekvence na nově zaváděném úseku nízká, životnost baterií vyjádřená v časových jednotkách by

vycházela vysoká a naopak odpisy baterií relativně nízké. Pak by se nevyplatilo investovat do stavby trakce a výhodnější by byl provoz úseku na baterie.

Zavedení nové linky č. 19 by však bylo provázáno i úpravou dalších linek MHD. Nová linka by zcela nahradila autobusové linky č. 33 a 40, které by byly zrušeny. Vzhledem k tomu, že by trasa linek č. 19 a 16 byla v úseku od Sídliště Bory až po Mrakodrap společná a souhrnný interval na trase linky č. 16 měl být zachován, přebrala by nově vzniklá linka č. 19 část jejího přepravního výkonu. Tím by však došlo k poklesu poskytované přepravní kapacity na zbytku trasy linky č. 16, kterou má zas tato společnou s linkou č. 17. Ta by doplnila přepravní výkon na tomto úseku trasy, tak aby byl stávající interval i na tomto úseku zachován. Roční výše nákladů vyvolaných navrhovanými změnami v systému linek byly včetně ročních nákladů na řešený nový úsek linky č. 19 na Košutku vyčísleny na zhruba na *7 699 006 Kč. Výše vypočtených převedených ročních nákladů činila *10 136 326 Kč. Přínosem podniknutých změn by však bylo posílení obsluhy nejen Severního Předměstí, kam by byla zavedena v současnosti první trolejbusová linka, ale rovněž na trase linky č. 17 mezi centrem města a Novou Hospodou. Zavedení nové trolejbusové linky by vytvořilo přímé spojení nemocničních areálů na Borech a na Lochotíně.

Z výsledků práce je patrné, že i když aktuálně vychází vyšší náklady na vozokm trolejbusového provozu v porovnání s provozem autobusovým, má v kontextu širších souvislostí své opodstatněné místo v provozu MHD.

Seznam tabulek

TABULKA 1: INVESTIČNÍ VÝDAJE DO DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY V BĚŽNÝCH CENÁCH [MIL. KČ].....	13
TABULKA 2: PROVOZOVANÉ SUBSYSTÉMY MHD V ZÁVISLOSTI NA POČTU OBYVATEL MĚSTA.....	23
TABULKA 3: ROZDĚLENÍ POLOŽEK KALKULAČNÍHO VZORCE NA NÁKLADY ZÁVISLÉ NA UJETÝCH KM ČI HODINÁCH PROVOZU A NA NÁKLADY NEZÁVISLÉ	38
TABULKA 4: SOUPIS TROLEJBUSOVÝCH LINEK PROVOZOVANÝCH V BŘEZNU ROKU 2017	45
TABULKA 5: VÝPOČET KLÍČE „VOZOKM MHD“ PRO JEDNOTLIVÉ PROVOZY V ROCE 2015	48
TABULKA 6: ALOKACE NÁKLADŮ NA PROVOZY ED, TB A AB V ROCE 2015	49
TABULKA 7: CELKOVÉ HODNOTY POLOŽEK KALKULAČNÍHO VZORCE PRO PROVOZY TB A AB V ROCE 2015 V KČ	52
TABULKA 8: HODNOTY POLOŽEK KALKULAČNÍHO VZORCE PRO PROVOZY TB A AB ZA ROK 2015 V KČ NA VOZOKM.....	52
TABULKA 9: HODNOTY POLOŽEK KALKULAČNÍHO VZORCE PRO PROVOZY TB A AB ZA ROK 2015 V KČ NA VOZOKM PO ÚPRAVĚ POČTU VOZOKM V PROVOZU AB.....	55
TABULKA 10: HODNOTY POLOŽEK KALKULAČNÍHO VZORCE PRO PROVOZY TB A AB ZA ROK 2015 V KČ NA VOZOKM PO ÚPRAVĚ MZDOVÝCH NÁKLADŮ	57
TABULKA 11: HODNOTY POLOŽEK KALKULAČNÍHO VZORCE PRO PROVOZY TB A AB ZA ROK 2015 V KČ NA VOZOKM PO ÚPRAVĚ POLOŽKY ÚDRŽBA VOZŮ.....	57
TABULKA 12: HODNOTY POLOŽEK KALKULAČNÍHO VZORCE PRO PROVOZY TB A AB ZA ROK 2015 V KČ NA VOZOKM PO VYJMUTÍ PROVOZNÍ A SPRÁVNÍ REŽIE	59
TABULKA 13: HODNOTY POLOŽEK KALKULAČNÍHO VZORCE PRO SYMETRICKÉ PROVOZY TB A AB V ROCE 2015 V KČ.....	61
TABULKA 14: HODNOTY POLOŽEK KALKULAČNÍHO VZORCE PRO SYMETRICKÉ PROVOZY TB A AB ZA ROK 2015 V KČ NA VOZOKM.....	62
TABULKA 15: CENY ELEKTRICKÉ ENERGIE A NAFTY OD ROKU 2001 DO ROKU 2016.....	64
TABULKA 16: STANOVENÍ INTERVALU OČEKÁVANÉ HODNOTY CENY ELEKTRICKÉ ENERGIE V JEDNOTLIVÝCH LETECH PROSTŘEDNICTVÍM LINEÁRNÍ REGRESNÍ FUNKCE	66
TABULKA 17: STANOVENÍ INTERVALU OČEKÁVANÉ HODNOTY CENY NAFTY V JEDNOTLIVÝCH LETECH PROSTŘEDNICTVÍM LINEÁRNÍ REGRESNÍ FUNKCE	67
TABULKA 18: KALKULAČNÍ VZOREC V KČ VYPOČTEN PRO MINIMÁLNÍ A MAXIMÁLNÍ HODNOTY ELEKTRICKÉ ENERGIE A NAFTY .	68
TABULKA 19: KALKULAČNÍ VZOREC V KČ NA VOZOKM VYPOČTEN PRO MINIMÁLNÍ A MAXIMÁLNÍ HODNOTY ELEKTRICKÉ ENERGIE A NAFTY	68
TABULKA 20: VYČÍSLLENÍ NÁKLADŮ 1 KG V SILNIČNÍ DOPRAVĚ EMITOVANÝCH POLUTANTŮ DLE HEATCO D5 V EUR ₂₀₀₂	71
TABULKA 21: LIMITY EMISNÍCH NOREM EURO PLATNÝCH PRO AUTOBUSY S NAFTOVÝM POHONEM.....	71
TABULKA 22: VÝPOČET CELKOVÝCH ROČNÍCH NÁKLADŮ EMITOVANÝCH POLUTANTŮ MODELOVÝM PROVOZEM AB V ROCE 2015	72
TABULKA 23: MNOŽSTVÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE V GWh PRODUKOVANÉ V LETECH 2010-2015 V ČR CELKOVĚ A PRODUKOVANÉ V ČR VÝROBCEM ČEZ, A.S.	73
TABULKA 24: MNOŽSTVÍ EMITOVANÝCH POLUTANTŮ Z ELEKTRÁREN ČEZ, A.S. V LETECH 2010-2015 V TUNÁCH	73
TABULKA 25: MNOŽSTVÍ EMITOVANÝCH POLUTANTŮ V ELEKTRÁRNÁCH ČEZ, A.S. V LETECH 2010-2015 V KG NA GWh	73

TABULKA 26: VYČÍSLÉNÍ NÁKLADŮ 1 KG POLUTANTŮ EMITOVANÝCH PŘI VÝROBĚ ELEKTRICKÉ ENERGIE DLE HEATCO D5 V EUR ₂₀₀₂	74
TABULKA 27: VÝPOČET CELKOVÝCH ROČNÍCH NÁKLADŮ EMITOVANÝCH POLUTANTŮ PROVOZEM TB V ROCE 2015	75
TABULKA 28: VELIČINY CHARAKTERIZUJÍCÍ PROVOZ NA DANÉ LINCE	79
TABULKA 29: VÝPOČTENÉ NÁKLADY PRO VARIANTY NOVÉHO ÚSEKU V KČ.....	84
TABULKA 30: POROVNÁNÍ STÁVAJÍCÍHO A VÝSLEDNÉHO MNOŽSTVÍ SPOJŮ DOTČENÝCH LINEK V JEDNOTLIVÝCH DNECH	86
TABULKA 31: STÁVAJÍCÍ A VÝSLEDNÝ STAV SYSTÉMU Z HLEDISKA ROČNÍHO MNOŽSTVÍ UJETÝCH VOZOKM A POTŘEBNÉHO MNOŽSTVÍ VOZŮ NA DANÝCH LINKÁCH	87
TABULKA 32: ZMĚNY POČTU UJETÝCH VOZOKM A POČTU POTŘEBNÝCH VOZŮ PRO ZABEZPEČENÍ LINEK V PROVOZECH TB A AB	87
TABULKA 33: ZMĚNY ROČNÍCH NÁKLADŮ ZPŮSOBENÉ ZAVEDENÍM LINKY Č. 19 A ÚPRAVOU SYSTÉMU DOTČENÝCH LINEK V KČ	88

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: TROLEJBUSY - STRUKTURA VOZOVÉHO PARKU V ROCE 2015	51
OBRÁZEK 2: AUTOBUSY - STRUKTURA VOZOVÉHO PARKU V ROCE 2015	51
OBRÁZEK 3: VÝVOJ CEN ELEKTRICKÉ ENERGIE V LETECH 2001 - 2016 V KČ ZA KWH	65
OBRÁZEK 4: VÝVOJ CEN NAFTY V LETECH 2001 - 2016 V KČ ZA 1 L.....	65
OBRÁZEK 5: MNOŽSTVÍ EMITOVANÝCH POLUTANTŮ V ELEKTRÁRNÁCH ČEZ, A.S. V LETECH 2010-2015 V KILOGRAMECH NA GWH	74
OBRÁZEK 6: SOUČASNÉ ROZLOŽENÍ TROLEJBUSOVÝCH LINEK NA ÚZEMÍ PLZNĚ	76
OBRÁZEK 7: ZAKRESLENÍ LINEK Č. 16 A 17 A NAVRHOVANÉ LINKY Č. 19.....	77

Seznam použitých zkratek

AB	autobusy, autobusový (provoz)
CO ₂	oxid uhličitý
ČR	Česká republika
DC	středisko Drážní cesty
ED	tramvaje, tramvajový (provoz), neboli elektrické dráhy
EU	Evropská unie
EUR	měna eurozóny
g	gram, jednotka hmotnosti
GWh	gigawatthodina, jednotka energie
HDP	hrubý domácí produkt
IDS	integrovaný dopravní systém
Kč	koruna česká, měna České republiky
km	jednotka délky (vzdálenosti)
kWh	kilowatt hodina, jednotka energie
m	základní jednotka délky (vzdálenosti)
m n. m	metrů nad mořem, jednotka udávající nadmořskou výšku
MHD	městská hromadná doprava
N	náklady
NO _x	oxidy dusíku
oskm	osobokilometr, jednotka přepravního výkonu
PMDP	Plzeňské městské dopravní podniky, a.s.
SFDI	Státní fond dopravní infrastruktury
SO ₂	oxid siřičitý
TB	trolejbusy, trolejbusový (provoz)
vozokm	vozokilometr, jednotka dopravního výkonu

Seznam použité literatury

- [1] *CNG4you*. Vývoj průměrných cen: CNG – benzín – nafta [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/kolik-to-stoji/vyvoj-cen-cng-v-cr-a-dalsich-paliv.html>
- [2] *Československý dopravák*. Československý dopravák partnerem UITP [on-line]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.cs-dopravak.cz/aktuality-1/2015/12/7/eskoslovensk-dopravk-partnerem-uitp>
- [3] *Česká národní banka (ČNB)*. Kurzy devizového trhu [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/
- [4] *Český statistický úřad (ČSÚ)*. Ceny průmyslových výrobců [on-line]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/ipc_cr
- [5] *Český statistický úřad (ČSÚ)*. Cestovní ruch [on-line]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/cestovni_ruch
- [6] *Český statistický úřad (ČSÚ)*. Inflace, spotřebitelské ceny [on-line]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/isc_cr
- [7] *Český statistický úřad (ČSÚ)*. Obyvatelstvo [on-line]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/obyvatelstvo_lide
- [8] *Český statistický úřad (ČSÚ)*. Produkce vybraných průmyslových výrobků (jejich agregátů) [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/pru_cr
- [9] *ČEZ, a.s.* Výroční zprávy [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-investory/hospodarske-vysledky/vyrocni-zpravy.html>
- [10] DRDLA, Pavel. *Technologie a řízení dopravy - městská hromadná doprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2005. ISBN 80-7194-804-7.
- [11] EISLER, Jan. *Úvod do ekonomiky dopravy*. Praha: CODEX Bohemia, s.r.o., 1998. ISBN 80-85963-54-X.
- [12] EISLER, Jan, KUNST, Jaromír, ORAVA, František. *Ekonomika dopravního systému*. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, Nakladatelství Oeconomica, 2011. ISBN 978-80-245-1759-9.

- [13] *European Environment Agency*. Non-methane volatile organic compounds (NMVOC) emissions. [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-non-methane-volatile-1/assessment-1>
- [14] *finance.cz*. Ceny pohonných hmot [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.finance.cz/makrodata-eu/pohonne-hmoty/>
- [15] *HEATCO*. [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>
- [16] *HEATCO*. HEATCO Deliverable 5, Proposal for Harmonised Guidelines [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>
- [17] *Interaktivní plán dopravy města Plzně*. [on-line]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://gis.plzen.eu/IPD/>
- [18] *Internetový zpravodaj Komunikace a doprava*, autor Blanka. V Plzni budou jezdit trolejbusy s pomocným bateriovým pohonem [on-line]. [zveřejněno 2016-07-19]. Dostupné z: <http://www.izdoprava.cz/verejna-doprava/2016/v-plzni-budou-jezdit-trolejbusy-s-pomocnym-bateriovym-pohonem/>
- [19] *Internetový zpravodaj Komunikace a doprava*, autor Blanka. Trolejbusy ze Škody Electric budou jezdit ve Zlíně a v Pardubicích [on-line]. [zveřejněno 2016-01-14]. Dostupné z: <http://www.izdoprava.cz/verejna-doprava/2016/trolejbusy-ze-skody-electric-budou-jezdit-ve-zline-a-v-pardubicich/>
- [20] KOTAS, Patrik. *Dopravní systémy a stavby*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02321-4
- [21] KOTLER, Philip, WONG, Veronica, SAUNDERS, John, ARMSTRONG, Gary, *Moderní marketing*, 4. evropské vydání. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1545-2.
- [22] LOSOS, Ludvík. *Městská doprava v Plzni*. Plzeň: Pro Plzeňské městské dopravní podniky, a.s. vydalo Nakladatelství dopravy a turistiky - NADATUR, s.r.o., 2004. ISBN 80-7270-021-9.
- [23] *mapy.cz*. Plánování tras [on-line]. Dostupné z: www.mapy.cz
- [24] *Ministerstvo dopravy ČR*. Ročenka dopravy České republiky 2015 [on-line]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2015.pdf

- [25] *Ministerstvo životního prostředí (MŽP)*. Prohlášení o strategické součinnosti ČEZ a MŽP v oblasti ochrany ovzduší a klimatu [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/spoluprace_mezi_cez_mzp
- [26] *Obchodní rejstřík*. Úplný výpis z obchodního rejstříku, Plzeňské městské dopravní podniky, a.s. [on-line]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik>
- [27] PASTOR, Otto, TUZAR, Antonín. *Teorie dopravních systémů*. Praha: ASPI, a.s., 2007. ISBN 978-80-7357-285-3.
- [28] PECUCH, Martin. Informace o městě. *Město Plzeň* [on-line]. [zveřejněno 2012-11-30]. Dostupné z: <https://www.plzen.eu/obcan/o-meste/informace-o-meste/>
- [29] PECHMAN, Ondřej. *Energeticko - ekonomická bilance trolejbusové dopravy*, bakalářská práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, 2012.
- [30] *Plzeňské autobusy* [on-line]. [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://autobusyplzen.webnode.cz/>
- [31] *Plzeňské tramvaje* [on-line]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.plzensketramvaje.cz/>
- [32] *Plzeňské trolejbusy* [on-line]. [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.plzensketrolejbusy.cz/>
- [33] *PMDP, a.s.*, interní materiály.
- [34] *PMDP, a.s.*, interní materiály. *Metodika tvorby kalkulace skutečných nákladů a výnosů z provozu MHD pro vyúčtování úhrady prokazatelné ztráty*.
- [35] *PMDP, a.s.* Mapa MHD [on-line]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://www.pmdp.cz/mapa-mhd/>
- [36] *PMDP, a.s.* O nás, Základní údaje [on-line]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://www.pmdp.cz/o-nas/zakladni-udaje/>
- [37] *PMDP, a.s.* O nás, Historie PMDP [on-line]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://www.pmdp.cz/o-nas/historie-pmdp/>
- [38] *PMDP, a.s.* Smluvní přepravní podmínky, platné při přepravě v tramvajích, trolejbusech a autobusech Plzeňských městských dopravních podniků, a.s. [on-line]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://www.pmdp.cz/informace-o-preprave/prepravni-podminky/>

- [39] *PM DP, a.s.* Výroční zpráva 2014 [on-line]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://www.pmdp.cz/o-nas/povinne-udaje/vyrocní-zpravy/>
- [40] *PM DP, a.s.* Výroční zpráva 2015 [on-line]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.pmdp.cz/o-nas/povinne-udaje/vyrocní-zpravy/>
- [41] *PM DP, a.s.* Výroční zpráva 2016 [on-line]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.pmdp.cz/o-nas/povinne-udaje/vyrocní-zpravy/>
- [42] *PM DP, a.s.* Zastávkové jízdní řády [on-line]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://jizdnirady.pmdp.cz/LinesList.aspx>
- [43] POPEŠKO, Boris. *Moderní metody řízení nákladů*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2974-9.
- [44] SAJDL, Jan. Emisní norma EURO. *autolexikon.net* [on-line]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.autolexikon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- [45] SYNEK, Miloslav, a kol. *Manažerská ekonomika, 5.*, aktualizované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3494-1.
- [46] *UITP*. Vision & missions [on-line]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: <http://www.uitp.org/vision-mission>
- [47] VONKA, Jaroslav, DRDLA, Pavel, BÍNA, Ladislav, ŠIROKÝ, Jaromír. *Osobní doprava* [on-line]. [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://www.drdla.wz.cz/podklady.htm>
- [48] *Zákon 194/2010 Sb., o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů*. Poslanecká sněmovna Parlamentu České republiky [on-line]. [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=194&r=2010>
- [49] *Zelená kniha - Na cestě k nové kultuře městské mobility*. EUR-Lex [on-line]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A52007DC0551>

Seznam příloh

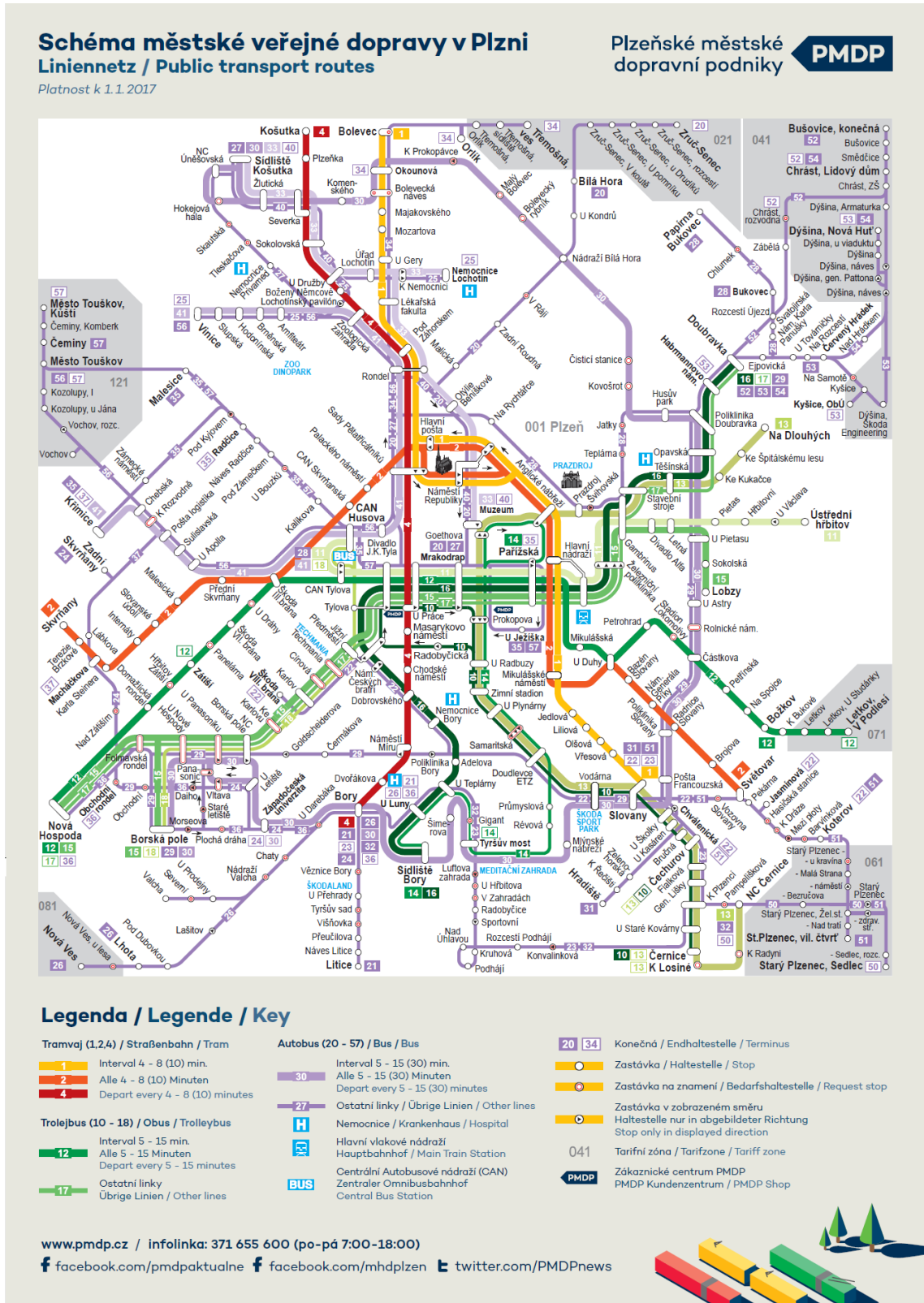
Příloha A: Schéma denních linek městské veřejné dopravy v Plzni

Příloha B: Schéma nočních linek městské veřejné dopravy v Plzni

Příloha C: Číselník externích činností PMDP, a.s.

Příloha D: Seznam středisek a přiřazení režijních nákladů PMDP, a.s.

Příloha A: Schéma denních linek městské veřejné dopravy v Plzni



Zdroj: [35]

Příloha B: Schéma nočních linek městské veřejné dopravy v Plzni



Zdroj: [35]

Příloha C: Číselník externích činností PMDP, a.s.

Číslo	Název
000	Ostatní činnosti (např. beznákladové, prodej majetku)
001	Náhradové doprava
002	Nepravidelná doprava - zkušební jízdy
003	Nepravidelná doprava - historické vozy
004	Nepravidelná doprava - pro privátní zákazníky vč. firem
005	Nepravidelná doprava - pro obce
006	Nepravidelná doprava - pro MMP
007	Doprava do ZOO - vláček
008	Doprava - cyklobus
009	Nájem ubytovny, nebytových prostor a pozemků
010	Pronájem bytů
011	Nájem - umístění schránek - vozy, zastávky a jejich doplňování
012	Zajištění dispečerské činnosti (pro MMP a pro obch. společnosti)
013	Vymáhání pokut
014	Opravy a služby pro externí zákazníky
015	Modernizace vozů MHD pro externí zákazníky
016	Technická kontrola, garanční prohlídky a servisní prohlídky
017	Zapůjčování vozů a mechanismů
018	Prodej odpadu (kovového a jiného)
019	Lakýrnické práce (Happich desky, nástřiky aj.)
020	Mytí vozů
021	Opravy najatého majetku pro SVS
022	Doprovody nadměrných nákladů
023	Výroby energie (MVE)
024	Externí činnosti PK pro MMP
025	Externí činnosti PK pro externí zákazníky
026	Informační centra (Plzeň, Rozvadov)
027	Činnost autoškoly pro externí zákazníky
028	Zájezdová doprava pro CK a organizace
029	Cityscreen (dříve Vnitřní reklama)
030	Reklama (dříve Vnější reklama)
031	Prodej materiálu a náhradních dílů
032	Prodej nafty
033	Externí činnosti Distribuce
034	Aktivace majetku (modernizace vlastních vozů MHD), materiálu, zboží a služeb
035	Externí činnosti Správy
N00	Ostatní nepravidelná doprava

Zdroj: [34]

Příloha D: Seznam středisek a přiřazení režijních nákladů PMDP, a.s.

	střediska tvořící podnikovou režii	střediska zatěžovaná podnikovou režii	Podniková režie	Úseková režie
	střediska tvořící úsekovou režii	střediska zatěžovaná úsekovou režii		
	střediska tvořící skladovou přiřádku	střediska zatěžovaná skladovou přiřádkou		Skladová přiřádku
ÚSEK	Středisko			
SPRÁVA SPOLEČNOSTI	Správa			
	Celofiremní náklady			
	Pohyblivá reklamní - nájem			
DOPRAVNĚ-PROVOZNÍ ÚSEK	Řízení DPÚ			
	Tramvaje			
	Trolejbusy			
	Autobusy			
	Dispečink			
VÝROBNĚ-TECHNICKÝ ÚSEK	Řízení VTÚ			
	Údržba tramvají			
	Údržba trolejbusů			
	Údržba autobusů			
	Správa majetku - PTS			
	Drážní cesty			
	Správa majetku - Doprava			
ÚSEK PLZEŇSKÁ KARTA	Řízení úseku Plzeňská karta			
	Plzeňská karta			
OSTATNÍ STŘEDISKA	Přepravní kontrola			
	Autoškola			
	CITYSCREEN			
	MTZ			
	Distribuce			

Zdroj: vlastní zpracování [34]

Abstrakt

HLUCHÝ, Jan. *Návrh nákladově optimálního rozvoje trolejbusové trakce v městské hromadné dopravě*. Plzeň, 2017. 104 s. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta ekonomická.

Klíčová slova: městská hromadná doprava, trolejbusový subsystém, autobusový subsystém, kalkulace nákladů, kalkulační vzorec v dopravě, rozvoj trolejbusové trakce

Práce se zabývá trolejbusovým subsystémem městské hromadné dopravy, který hodnotí především z hlediska nákladů. Za tímto účelem nejdříve obecně představuje oblast dopravy, v níž se postupně zaměřuje na městskou hromadnou dopravu a následně konkrétně na její trolejbusový subsystém. Ten porovnává nejen z hlediska nákladů s autobusovým subsystémem jakožto nejbližším substitutem při zajišťování hromadné dopravy osob. Jako teoretický základ pro nákladové vyhodnocení porovnávaných provozů jsou v práci uvedeny běžné metody kalkulace nákladů a je hodnocena jejich využitelnost pro případ městské hromadné dopravy. Porovnávané provozy trolejbusový a autobusový jsou hodnoceny primárně s ohledem na současné dosahované náklady, avšak do celkového hodnocení jsou promítnuty i aspekty ocenění externalit a možného budoucího vývoje cen nafty a elektrické energie. V závěru práce jsou na příkladu nově navržené trolejbusové linky prezentovány a hodnoceny možnosti nákladově optimálního rozvoje trolejbusové trakce.

Abstract

HLUCHÝ, Jan. *The Proposal of an Optimal Development of the Trolleybus Traction with Respect to its Costs in a Municipal Public Transport*. Plzeň, 2017. 104 s. Master Thesis. University of West Bohemia. Faculty of Economics.

Key words: municipal public transport, trolleybus subsystem, bus subsystem, costs calculation, calculation formula in transport, development of trolleybus traction

The thesis is addressing trolleybus subsystem of the municipal public transport which is being appraised particularly with respect to its costs. For this purpose it firstly presents the domain of transport in which it is targeting the municipal public transport and afterwards specifically the trolleybus subsystem. While considering not only the view of costs, the trolleybus subsystem is compared to the bus subsystem as it is the closest substitute for the mediation of mass transportation of people. As theoretical basis for the costs evaluation of compared services, usual methods of costs calculation are presented. These methods are then valued by their usability for the municipal public transport costs calculation. Compared trolleybus and bus services are valued particularly with the consideration of actual achieved costs, but in the overall evaluation there is also considered the pricing of externalities and the possible aspects of future development of oil and electricity costs. In the last part of the thesis is presented a suggestion of a new trolleybus traction. On this example are described and valued the possibilities of the cost-optimal development of trolleybus traction.