

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Elektrická trakce v kolejové MHD
Electric traction in rail public transport

2017

Miloslav Leksa

Zadání bakalářské práce

Student: **Miloslav Lekska**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Elektrická trakce v kolejové MHD**
Electric traction in rail public transport
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Historie MHD
3. Infrastruktura elektrické vozby v MHD
4. Vozidla elektrické vozby v MHD
5. Porovnejte jednotlivé druhy dopravy v podmínkách Ostravy

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] <http://www.sabdigital.cz/expozicemhd/?akce=mhd-v-cr-a-sr>
- [2] https://www.facebook.com/Mhd-v-%C4%8Desk%C3%A9-republice-1770031503262622/?hc_ref=PAGES_TIMELINE
- [3] <http://www.dpp.cz/muzeum-mhd/>
- [4] <http://verejnadopravavcr.webnode.cz/mhd-v-ceske-republice/>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Josef Paleček, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne: 9.5.2017

Podpis studenta: 

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Josefu Palečkovi, CSc. za jeho ochotný přístup a odborné rady při řešení mé bakalářské práce, dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Janu Plačkovi za jeho ochotný přístup a poskytnutí materiálů při řešení mé bakalářské práce.

Abstrakt

Moje bakalářská práce se zabývá tématem Elektrická trakce v kolejové MHD. První bodem je historie MHD, která pojednává o vývoji MHD v ČR i v zahraničí. Jedná se zejména o tramvaj, metro a trolejbus. Dalším bodem je infrastruktura vozby v MHD. Zde se zabývám charakterem dopravy pro tramvaj, trolejbus a metro, konstrukcí trolejového vedení, způsoby uchycení trolejového vedení, tvarem průřezu trolejového vedení, konstrukcí kolejnice, konstrukcí výhybky a jejich popisem. Dále bakalářská práce zpracovává pohled na trolej a napájení tramvajových sítí, kde můžeme najít kapitoly trakční měničny a zdroje napájení městských elektrických drah. Další oblastí jsou trakční motory, které používají vozidla MHD. Tyto motory jsou dále rozvedeny do dalších typů (stejnoseměrný sériový motor a trojfázový střídavý asynchronní motor). Další oblastí bakalářské práce je popis tramvaje a metra, tato kapitola obsahuje parametry, konstrukci, elektrickou výzbroj a princip řízení. Porovnávám jednotlivé druhy dopravy v podmínkách Ostravy. Vycházím z výročních zpráv pro rok 2012, 2013 a 2014. Porovnávám tramvajovou, trolejbusovou a autobusovou dopravu z hlediska počtu prodaných jízdenek, počtu přepravených cestujících, počtu linek, délky linek, délky provozní sítě, počtu řidičů, ujetých kilometrů, počtu zastávek a počtu vozidel. Nakonec porovnávám technické parametry tramvajů a trolejbusů podle typu, jejich provozní výkony, typy trakčních motorů, jejich počet, hmotnost vozů, počet přepravených osob. Dále v bakalářské práci řeším spotřebu energetické energie tramvajové a trolejbusové dopravy podle ujetých kilometrů za poslední tři roky (2014, 2015, 2016) a spotřebu elektrické energie elektrobusesů.

Klíčová slova

elektrická trakce, infrastruktura městské dopravy, trakční měničny a zdroje, trakční motory, tramvaj T3

Abstract

My thesis deals with electric traction in rail public transport. The first point is the history of public transport, which deals with the development of public transport in the Czech Republic and abroad. Especially for the tram, metro and trolley. Another point is the public transport infrastructure chariots. Here I deal with the nature of transport for tram, trolley and subway construction catenary, ways of fixing overhead lines, cross-sectional shape of the overhead line construction rails, a crossover and a description. Further thesis handles view of the trolley and tram power networks, where can we find chapters and traction substations, power supply urban electric railways. Another area of the traction motors, which use public transport vehicles. These engines are further broken down into other types (DC motor and three-phase AC induction motor). Another area of the thesis is description of tram and metro, this chapter contains parameters, construction, electrical equipment and management principle. Comparing the different modes of transport in terms of Ostrava. I come from annual reports for 2012, 2013 and 2014. Comparing tram, trolleybus and bus services in terms of the number of tickets sold, number of passengers, number of lines, line length, the length of operational networks, the number of drivers, mileage, number of stops and the number of vehicles. Finally, compare the technical parameters of trams and trolleybuses by type, in terms of operating performance, type of traction motors and their number and weight of vehicles, the number of passenger transport. Furthermore, the thesis solves the energy consumption of energy by the mileage for tram and trolleybus in the last years (2014,2015,2016) and power consumption of the electric bus.

Key words

Electric traction, infrastructure, urban transport, traction substations and power, switch, traction motors, turnout, T3 tram

Seznam použitých zkratek

MHD	městská hromadná doprava
km/h	kilometr za hodinu
V	volt
m	metr
R	poloměr
mm	milimetr
‰	promile
A	ampér
I	proud
U	napětí
n	otáčky
vn	vysoké napětí
ss	stejnoseměrný
st	střídavý
Hz	hertz
%	procento
W	watt
ot/min	otáčky za minutu
TNS	trakční napájecí stanice
kg	kilogram
kW	kilowatt
tzv.	takzvaně
tj.	to je
např.	například
osob/h	osob za hodinu
tzn.	to znamená

mm ²	milimetr čtvereční
kV	kilovolt
ČKD	Českomoravská - Kolben - Daněk
1M – 4M	kotvy motorů
UIC	Mezinárodní železniční unie
k	kmitočet
M	moment
R	odpor
MR	maximální relé
m	hmotnost
LS	linkový stykač
OR	omezovací relé
v	rychlost
P1- P4	stykače
kW/h	kilowatthodina
atd.	a tak dále

Obsah

1 Úvod	1
2 Historie MHD a současnost	2
2.1 Počátky tramvajové dopravy	2
2.2 Vývoj tramvajové dopravy ve světě	3
2.3 Vývoj a vznik podzemní dráhy	3
2.4 Historie trolejbusů a současnost	4
3 Infrastruktura elektrické vozby v MHD	5
3.1 Charakter městské dopravy	5
3.2 Kapacita dopravních prostředků MHD	6
3.3 Počet přepravených osob v MHD v ČR v roce 2016	6
3.4 Tramvajová doprava	6
3.4.1 Charakteristika	6
3.4.2 Konstrukce koleje	7
3.5 Trolej a napájení tramvajových tratí	9
3.5.1 Trakční měnírny a zdroje	9
3.5.2 Trolejová vedení	10
3.5.3 Napájecí kolejnice pro metro	11
3.6 Trakční motory	11
3.6.1 Stejnoseměrný sériový motor	11
3.6.2 Střídavý trojfázový asynchronní motor	12
3.6.3 Řízení trakčních motorů	13
4 Vozidla městské hromadné dopravy	14
4.1 Tramvaj typu T3	14
4.1.1 Parametry tramvaje	14
4.1.2 Elektrická výzbroj tramvaje T3	15
4.1.3 Řízení tramvaje T3	15
4.1.4 Brzdy tramvaje	16

4.1.5 Trakční motor TE 022	17
4.2 Souprava metra typu M1	18
4.2.1 Základní technické údaje metra M1	19
5 Porovnání jednotlivých druhů dopravy v podmínkách Ostravy	20
5.1 Tržby z MHD pro rok 2013	20
5.2 Tržby z MHD pro rok 2014	25
5.3 Technické parametry městské hromadné dopravy v Ostravě	30
5.4 Energetická náročnost mobility v městské hromadné dopravě v Ostravě	31
Seznam tabulek	36
Seznam obrázků	37
Seznam grafů	38
Seznam použité literatury	39

1 Úvod

Elektrická trakce je zařízení, které slouží pro přepravu osob nebo zboží a které je poháněno elektrickou energií. Elektrická trakce se využívá pohybem po kolejích, což je nejrozšířenější anebo na silnicích. Netypický je pohyb vozidel na magnetické levitaci (Maglev).

Elektrická trakce je v ČR nejrozšířenější způsob kolejové dopravy. Má mnoho výhod, především cenu a rychlost (u nás v ČR je povolena nejvyšší rychlost 160 km/h u železnice, tramvaje mají maximální rychlost 50 km/h).

V první kapitole mé bakalářské práce se budu zabývat historií městské dopravy a současnosti. V této kapitole budou popsány počátky tramvajové dopravy a metra u nás (v Praze i Ostravě) i ve světě. Průkopníkem elektrické lokomotivy i elektrické trakce v historii je v naší zemi František Křížík. Pak v této kapitole budu psát o trolejbusové dopravě u nás, jaké byly typy trolejbusů v minulém století.

V druhé kapitole se budu zabývat infrastrukturou vozby v MHD. Infrastrukturou vozby je myšleno dělení MHD dopravy do několika částí, dělení kolejové dopravy, osobní dopravy i městské hromadné dopravy (výhody a nevýhody). V bakalářské práci bude uvedena tabulka s kapacitou cestujících v dopravních prostředcích, dále podstata tramvajové dopravy, kde zmiňuji charakteristiku dopravy, rozchod kolejí, konstrukci kolejnice, podstatu výhybky i popis, trolej a napájení tramvajových sítí, zde patří trakční měnírny. Patří sem napájení tramvajových sítí, které dělíme do několika skupin. Důležitou částí elektrické energie je trakční vedení. Rozeberu trolejový drát z hlediska konstrukčního provedení, materiálu trolejového drátu, průřezy, opatření proti působení větru na trolejový drát (kompenzace). Trolejové vedení se dělí na vedení prosté i řetězovkové. Metro využívá napájecí kolejnici, tedy třetí kolejnici. Tato kolejnice je napájena na napětí 750 V. Další důležitou částí v elektrické trakci jsou nosné konstrukce. V elektrické trakci se často používá příhradový ocelový stožár. Další nezbytnou součástí elektrické trakce jsou trakční motory. U tramvajové dopravy se používá stejnosměrný sériový motor, protože potřebujeme velký záběrný moment při rozjezdu. Druhý typ je trojfázový střídavý asynchronní motor. Tento asynchronní motor se používá u ventilátorů a výtahů.

V další kapitole se budu zabývat vozidly MHD - tramvaj a metro. Hlavním typem tramvaje bude tramvaj T3, jedná se o tramvaj s historickou a současnou tradicí. Tramvaj T3 budu rozebírat po technické stránce. Rozeberu tramvaj T3 na části, a to historie a současnost, technické parametry tramvaje, elektrická výzbroj, řízení tramvaje, brzdy tramvaje, trakční motor TE 022, jeho revize a parametry sériového stejnosměrného motoru. Revize trakčního motoru se provádí jednou za dva roky, tj. po ujetí 150 000 km. Jedná se o kompletní revizi celého trakčního motoru. Posledním vozidlem, městské hromadné dopravy, bude metro.

V poslední části se budu zabývat porovnáním jednotlivých druhů dopravy v podmínkách Ostravy. Porovnání je myšleno z hlediska druhů dopravy, a to tramvajové, trolejbusové a autobusové dopravy. Pro každou oblast porovnávám údaje z hlediska počtu přepravených osob, počtu prodaných jízdének (krátkodobé, 24 hodinové, dlouhodobé), počtu linek, délky linek, délky provozní sítě, počtu řidičů, ujetých kilometrů, počtu zastávek, počtu vozidel a spotřebě elektrické energie elektrobuses. Zadané údaje vykreslím do grafů, kde můžeme přehledně vidět průběhy a porovnat, zhodnotit údaje. Dále budu hodnotit a zpracovávat data z výročních zpráv za rok 2012, 2013, 2014.

2 Historie městské hromadné dopravy (MHD) a současnost

2.1 Počátky tramvajové dopravy

Prvními tramvajovými vozidly, které sloužily pro přepravu osob, byly vozy tažené koňmi. Byly si nejvíce podobné předchůdcem tzv. omnibusem. Od vozů koněpřežných železnic se lišily velmi lehkou stavbou skříň, jelikož v počátcích tramvajových provozů nebyly potřeba koňské vozy. Skříň byla ze dřeva. Sklonové poměry v ulicích byly vždy o něco příznivější než na železničních tratích a kůň táhl, byl schopen utáhnout, pouze jediný vůz. Vozy omnibusů existovaly v letním provedení a v provedení zimním. Celková kapacita vozů bývala 20 a 30 osob. Vozy poháněné koňmi měly především ruční brzdu. Tyto vozy se přestaly používat po první světové válce. [1]

První elektrické tramvaje měly zabudovaný celoželezný pohon a později ocelový rám, na němž byla upevněna dřevěná skříň. Napájecí napětí bylo zpočátku nízké – tj. 200 V, později se napětí rozšířilo na hodnotu v rozmezí 500 a 550 V. Po druhé světové válce došlo ke zvýšení na 600 V. Zavedení elektrické tramvaje bylo spojeno se stavbou městské elektrárny a s elektrifikací města. Začala se používat regulace otáček trakčních motorů pomocí přímých kontrolérů. [1]

První zmínka výskytu tramvajové sítě v českých zemích sahá do roku 1891. Průkopníkem elektrické tramvaje je František Křížík. Jeho první elektrická trať, kterou provozoval jeho podnik Elektrická dráha na Letné v Praze, byla uvedena do provozu v roce 1891. V Ostravě se tramvajová síť začala rozšiřovat v letech 1907 na trať ve Svinově a Mariánských Horách s Vítkovicemi. V roce 1908 se objevuje označení linek Přívoz nádraží – Vítkovice závodní hotel, Ostravský most – Svinov, Zišťova ulice – Vítkovice závodní hotel. Tramvajové vozy byly vyrobeny vagonkou v Kopřivnici nebo pocházely z brněnské Královopolské strojírny. [1]



Obr. 1 Nejstarší provozuschopná tramvaj v České republice [2]

2.2 Vývoj tramvajové dopravy ve světě

Ve 2. polovině 19. století nastává prudký nárůst městské dopravy. Vývoj začal po druhé světové válce na základě licence zakoupené v Americe od firmy Westinghouse ještě před válkou, v roce 1938. V roce 1951 byl v již znárodněném podniku ČKD Tatra výrobně dokončen prototyp tramvaje T1. Celkem bylo vyrobeno 287 vozů, ale z dnešního pohledu se jednalo o úspěšný typ. Poslední vozy byly vyřazeny z provozu ve druhé polovině osmdesátých let minulého století. Po typu T1 následoval v roce 1955 typ T2, který byl nejvíce podobný své americké předloze. [3]



Obr.2 Tramvaj typu T1 [4]

2.3 Vznik a vývoj podzemních drah

V polovině dvacátých let minulého století se používalo slovo „podzemní dráha“. Ve druhé polovině 19. století se ve světových městech zvyšoval počet obyvatel, to vedlo k rozrůstání měst. V této době zároveň dochází k rozšiřování železniční infrastruktury, vzniká projekt a realizace podzemní dráhy v Londýně. Jedná se o klasickou železniční trať s parním provozem, vedenou v podzemí. První trasa v Londýně byla zprovozněna v roce 1863. Rok 1879 je rokem rozvoje, budovaly se pouliční tramvajové tratě, ale i tratě podzemních drah na elektrický pohon. Podzemní dráha v Londýně přešla na elektrickou trakci v roce 1890. V současné době je nejdelší dráha metra v New Yorku. Tato trať je dlouhá 400 km. Potom následuje Londýn a Paříž. V hlavním městě Praha roku 1999 byla provozní délka tratí metra 49,8 km (trať A 10 km, trať B 25,7 km, trať C 14,1 km). V pražské síti bylo celkem 50 stanic. Průměrná vzdálenost stanic: trať A 906 m, trať B 1168 m, trať C 1010 m. Nejkratší mezistaniční vzdálenost je 425 m mezi stanicemi Hlavní nádraží a Muzeum a nejdelší mezi stanicemi Smíchovské nádraží a Radlická. Průměrná cestovní rychlost metra je 34,9 km/h. [5]



Obr.3 Třívozová historická souprava metra [6]

2.4 Historie trolejbusů a současnost

Ve dvacátých a třicátých letech dochází k rozvoji vozidel, zejména jsou vybavovány pneumatikami. Trolejbusy jsou nazývány tzv. moderními trolejbusy. Od roku 1936 provozovala trolejbusy město Praha. Během druhé světové války byl zaveden provoz trolejbusů v Plzni (1941) a ve Zlíně (1944). V 70. letech a 80. letech začínaly u nás lepší časy, tj. rozvoj nových trolejbusových linek např. v Brně. Dále se obnovovaly zaniklé trasy trolejbusové dopravy. Roku 1988 se objevuje trolejbusová doprava v Ústí nad Labem. V letech 1991 má trolejbusová doprava působnost v Českých Budějovicích. Trolejbusová doprava v Ostravě byla plánována v roce 1945, roku 1952 doprava zahájena. V současné době je celková dopravní síť 29,3 km s 11 linkami o celkové délce 90,4 km. Vozový park obsahuje 63 trolejbusy, z toho jsou 34 nízkopodlažní. Napájení systému je zajišťováno z 5 měníren. [7]



Obr.4 Historická podoba trolejbusu [8]

3 Infrastruktura elektrické vozby v MHD

3.1. Charakter městské dopravy

Městská hromadná doprava zaujímá v dopravním systému značné místo. Jejím hlavním úkolem je hromadná přeprava osob na území města. Městskou dopravu můžeme rozdělit na několik oblastí:

Osobní doprava se ve městě dělí na:

- městskou
- dálkovou
- příměstskou

Městskou hromadnou dopravu lze rozdělit na:

- kolejovou dopravu (např. metro, vlak, tramvaj)
- nekolejovou dopravu (např. autobus, trolejbus)

Kolejová doprava má rozlišení:

- městská rychlodráha
 - podzemní (metro)
 - nadzemní
- městská dráha
 - tramvaj
 - podzemní tramvaj
 - tramvajová rychlodráha

Městská hromadná doprava kolejová má vzhledem k provozu na území měst má několik výhod i nevýhod.

Výhody:

- nízká míra znečištění, hluku a prostoru
- dostupnost cestujícím (mladšího a staršího věku)
- bezpečnost

Nevýhody:

- rychlost
- častá zastavení na zastávkách
- dopravní špičky [9]

3.2. Kapacita dopravních prostředků MHD

Tab.1 Kapacita dopravních prostředků [9]

Dopravní prostředek	Kapacita [osob.h ⁻¹]
Trolejbus	8000 – 14000
Tramvaj	14000 – 18000
Metro	40000 – 50000

3.3. Počet přepravovaných osob v MHD v ČR v roce 2016

Tab.2 Počet přepravovaných osob v MHD v ČR v roce 2016 [9]

Druh dopravy	Počet přepravených cestujících	
	(mil.cestuj.)	%
tramvaje	900	37,5
trolejbusy	500	20,8
metro	1000	41,6
celkem	2400	100

3.4 Tramvajová doprava

3.4.1 Charakteristika

Zejména je charakteristické, že tramvajové tratě jsou uloženy ve společné vozovce s dopravou nekolejovou. Složení vlaků je ze dvou nebo tří vozů. Tramvajová doprava se považuje za „hustou“ dopravu. Vzdálenosti zastávek jsou malé, zejména v centru města. Tramvajová vozidla jsou poháněna motory, napájenými stejnosměrným proudem (600 V), odběr proudu z vrchního vedení zajišťuje pantograf, který je umístěn na střeše tramvajového motorového vozu. Maximální rychlost vozů se pohybuje mezi 60 a 80km.h⁻¹. Tramvaje tvoří základ dopravní sítě ve velkých městech s počtem obyvatel 150000. [10]

3.4.2 Konstrukce koleje

Kolejnice

V ČR se používají žlábkové kolejnice. Tyto kolejnice se válcují o šířce paty 150 mm. Tvary kolejnic se pohybují ve značení NT 1, NT 3. Tramvajové kolejnice bez žlábků nesla označení NP5. Žlábkové kolejnice se vyrábějí z materiálu UIC 700 nebo UIC 900 A. Kolejnice jsou upevněny díky kolejnicovými spojkami na betonových pražcích. Sklon kolejí nesmí přesáhnout 70 ‰. Kolejnice se upevňují díky upevňovacím uzlům. Za provozu jsou nejvíce namáhány hroty srdcovek, jazyky výměn. Poloměry oblouků na tramvajové trati jsou kolem 150 m, tzn. musí se použít širší žlábek, jelikož při průjezdu tramvají do oblouku nedochází k radiálnímu natočení dvojkolí. [11]



Obr.5 Tramvajová žlábková kolejnice [12]

Výhybka

je mechanické zařízení, které umožní kolejovému vozidlu změnu směru pohybu. Používají se výhybky jednoduché, symetrické a rozřazovací. Poloměry výhybek jsou v rozmezí 20 m – 100m. Výhybky jsou ovládané buď ručně nebo dálkovým zařízením, které umožní změnu polohy výhybky. Jednoduchá výhybka se skládá ze tří základních částí, a to výměny, srdcovky a spojovacích kolejnic mezi nimi. Jazyky se používají především pérové. Hlavními výhodami výhybky jsou odbočení vozidla o menším poloměru výhybky. Větvení výhybek umožňuje odbočení tramvaje do více směrů. Základním mechanismem výhybky jsou jazyky, které doléhají ke kolejnici, kdy tramvaj je schopna odbočit do určitého směru. Výhybkové výměny jsou dvojjazykové, jednojazykové a křižovatkové výměny. Tramvaj by měla projíždět výhybkou rychlostí $15,8 \text{ km h}^{-1}$, ale předpis říká rychlostí 10 km.h^{-1} . Výhybky rozdělujeme podle směru na rozjezdové a sjezdové. Rozjezdová výhybka je pro jízdu proti hrotům a sjezdová výhybka je pro jízdu po hrotech. Maximální rychlost pro výhybky jsou u rozjezdové výhybky do přímého směru 15 km/h a do odbočky 10 km/h . U sjezdové výhybky v přímém směru je rychlost 20 km/h a z odbočky 15 km/h . V zimním období jsou všechny tramvajové výhybky vybaveny elektrickým vytápěním. Diagnostiku elektrického vytápění může sledovat elektrodispečer z dispečinku a tím regulovat příslušnou teplotu. Ovládání výhybek je provozováno podle radiového signálu v tramvaji u řidiče. Na ovládacím pultu u řidiče je tlačítko „výhybka pod proudem“. Výhodnější je stavění elektrických výhybek pomocí elektromagnetického přestavníku. Při vyšší rychlosti průjezdu výhybkou dochází ke zhoršení jízdního komfortu a k vyššímu opotřebení výhybkových částí. [13]

Popis tramvajové výhybky:



3.5 Trolej a napájení tramvajových tratí

Základem provozu tramvajové sítě jsou pevná trakční zařízení. Trakční zařízení ovlivňuje ekonomikou a kvalitou dopravní činnosti.

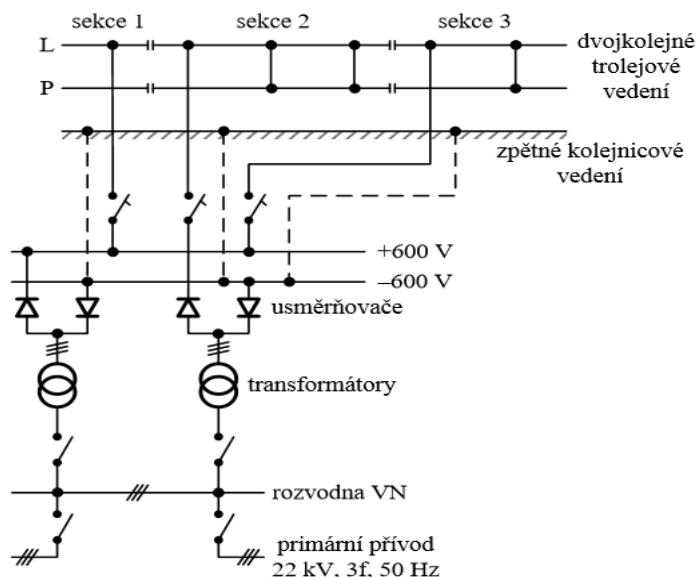
Trakční zařízení můžeme rozdělit na trakční zdroje, měnírny, trolejová vedení, napájecí a zpětná vedení.

3.5.1 Trakční měnírny a zdroje

Trakční zdroje jsou zařízení, která zajišťují elektrickou energii pro elektrizační soustavu. Elektrická vozidla pro městskou dopravu jsou napájena stejnosměrným proudem o jmenovitém napětí 600 V. Tato soustava má několik výhod i nevýhod. Výhodami jsou nižší izolační hladina, jednoduchost regulace sériového trakčního motoru. Do nových (cca 15 roků) tramvají se instalují asynchronní motory. Nevýhodami jsou složitější napájecí stanice, vysoké proudové hodnoty, nutná hustší síť napájecích stanic s ohledem na úbytky napětí a proudovou zatížitelnost vedení. Kladný pól je v troleji na sběrači a záporný pól je v kolejnicích. Podle provedení rozlišujeme trakční měnírny na stabilní, kontejnerové, převozná, podpůrná. Dnešní způsob řízení je založen na dispečinkovém ovládní trakčních měníren. Trakční měnírna je vybavena trakčním transformátorem, vlastním usměrňovačem, má napájecí a zpětné rozvaděče a další technické vybavení. [14]

Napájení městských elektrických drah

Trakční sítě jsou rozděleny na jednotlivé úseky, které jsou napájeny z trakčních měníren a trakčních transformoven. Trakční transformovny jsou podle názvu tvořeny trakčním transformátorem. Z obrázku č.8 je patrné, že tramvajová síť je napájena z rozvodny 22kV. Rozvodnu 22kV nadřazuje rozvodna 110kV. Stejnosměrné dráhy jsou napájeny z trakčních měníren. V těchto stanicích se přeměňuje třífázová energetická soustava na soustavu stejnosměrnou. Hlavním problémem této soustavy je pokles napětí, kdy s rostoucí vzdáleností roste odpor vedení. [14]



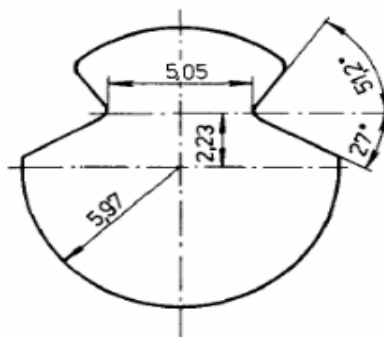
Obr.7 Napájení městských elektrických drah [15]

3.5.2 Trolejová vedení

Trolejová vedení jsou součástí pevných trakčních zařízení, která slouží k přenosu elektrické energie ze zdroje do vozidla. Elektrická vozidla mají sběrač, kterým odebírají trakční proud z trolejového vedení. Toto vedení musí zajistit bezpečný a hospodárny přenos elektrické energie na danou vzdálenost, úbytek napětí v kterémkoliv místě nesmí být větší než je normou dovolený, vedení se nesmí oteplovat nad dovolenou mez. Vedení musí být dostatečně pevné a trvanlivé, musí umožnit odběr trakčních proudů daných velikosti za klidu trakčního vozidla. Při pohybu elektrického vozidla na trati dochází k odběru elektrické energie do vozidla z trolejového drátu, který je umístěn nad kolejnicí v podélném směru. Z trolejového drátu je elektrická energie snímána sběračem do vozidla. Sběračem se myslí pantograf, polopantograf, lyra smykadla nebo kladka. Hlavním rozdílem pantografu, lyry i smykadla je, že doléhají na trolejový drát pod stálým tlakem. Ližina sběrače (plocha smykadla) je z materiálu na bázi grafitu. Při pohybu elektrického vozidla po kolejnici je namáhána ližina, protože dochází k nepravidelnému opotřebení plochy ližiny. Klikatost trolejového drátu je nastavena kvůli tomu, aby nedocházelo k rovnoměrnému opotřebení (vznik drážky na ližině). Trolejové vedení je namáháno větrem a v zimě často námrazkem. Pokud se na trolejovém drátu vyskytne větší hustota námrazku, řešením jsou časté jízdy vozidel po trolejovém vedení anebo zkratování. Grafit na smykadle se může ulamovat vlivem odskakování sběrače na trolejovém drátu. U tramvajové dopravy se jedná o vedení prostá. Na vedení bývají tvrdé body, které poškozují grafit na smykadle. Dalším faktorem je nadměrné jiskření mezi stykem sběrače a trolejového drátu, hlavně u námrazku na trolejovém drátu. Trakční vedení u tramvajové dopravy je zavěšeno na stacionárních sloupech nebo je zavěšeno na úponech přichycených na domech. [16]

Trolejový drát

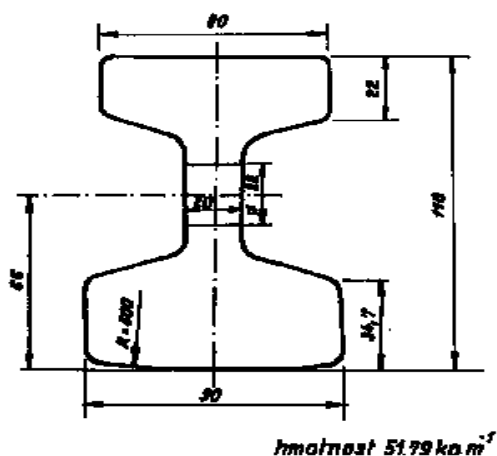
Jedná se o tvarový, profilový vodič, zhotovený z elektrolytické mědi. Čistota elektrolytické mědi je 99,8%. Smýkáním sběrače se trolejový drát opotřebovává, pokud se průřez sníží o 30 % musí se trolejový drát vyměnit. Hlavním úkolem trolejového drátu je přenos elektrického proudu do trakčního vozidla přes sběrač. Trolejový drát musí splňovat několik požadavků, a to vysokou elektrickou vodivost, mechanickou pevnost, odolnost vůči mechanickému opotřebení, odolnost proti opalování a oxidaci. Měď trolejového drátu je tvrdá. Trolejový drát používá průřezy pro hodnoty 80, 100, 120 a 150 mm². Trolejový drát se dodává navinutý na bubnech. Drážky na trolejovém drátu slouží pro uchycení k nosnému lanu pomocí věšáků. [17]



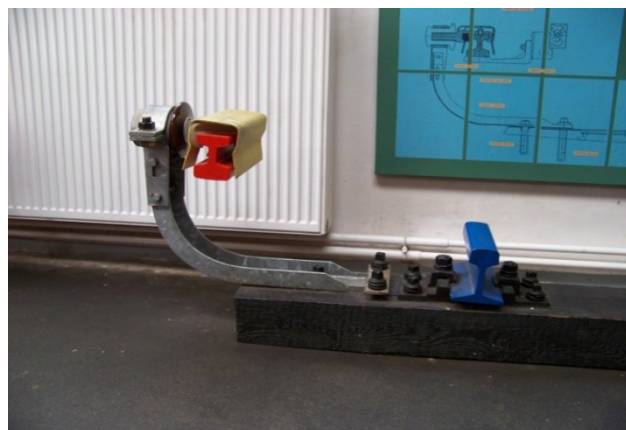
Obr.8 Trolejový vodič s průřezem 100 mm²[17]

3.5.3 Napájecí kolejnice pro metro

Jedná se o elektricky izolovanou kolejnici, která je uložena v malé výšce podél kolejnice. Je upevněna na ocelových konzolách po straně koleje. Napájecí kolejnice slouží k napájení vozidel elektrické trakce (metro). Napájecí napětí třetí kolejnice je 750 V ss. Konstrukční rychlost napájecí kolejnice se udává 80 km/h. U nástupišť ve stanicích je napájecí kolejnice chráněna laminátem, který zajišťuje bezpečnost. V tunelu je třetí kolejnice bez chráněného laminátu. Napájecí kolejnice přináší také několik nevýhod, a to nemožnost použití vyššího napětí, poměrně velké proudy, nutné přerušení v místech výhybek, nebezpečí úrazu elektrickým proudem. [18]



Obr.9 Profil napájecí kolejnice pro metro



Obr.10 Napájecí kolejnice metra [19]

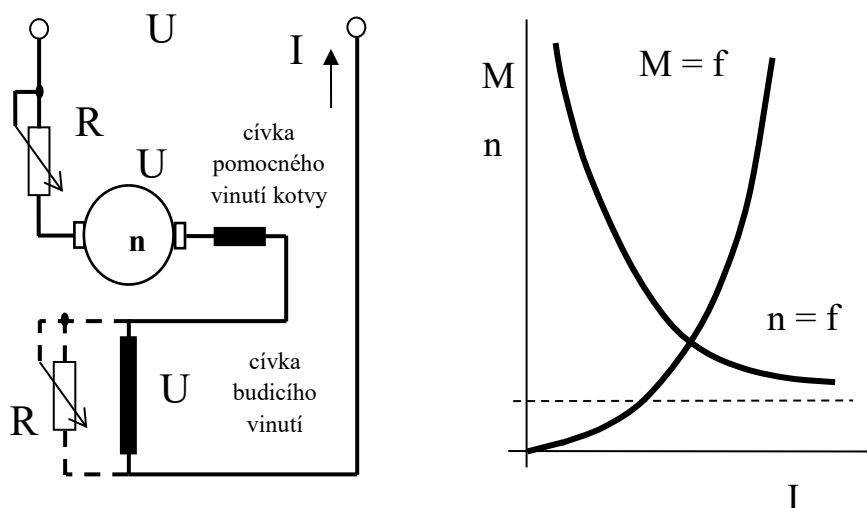
3.6 Trakční motory

Jako hlavní motory u tramvají se používají stejnosměrný sériový motor a střídavý trojfázový asynchronní motor. Dobrá volba trakčního motoru se pozná podle vlastní charakteristiky. Tyto charakteristiky vyjadřují závislost krouťacího momentu a otáček na proud. Časté je použití stejnosměrného sériového motoru. [20]

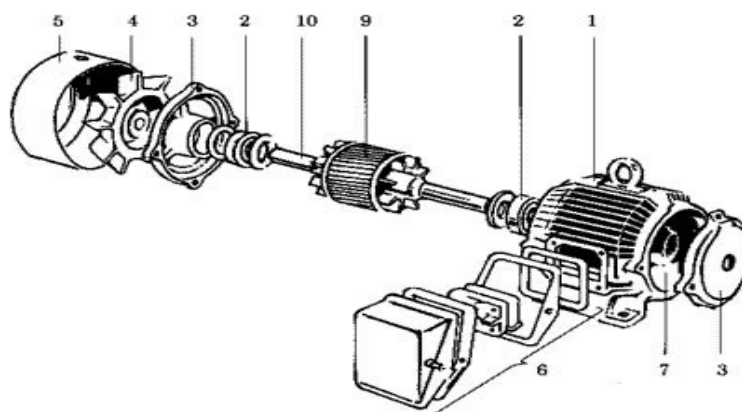
3.6.1 Stejnosměrný sériový motor

Stejnosměrný sériový motor pracuje jako dynamo nebo motor. Dynamo využívá principu pohybu vodiče v magnetickém poli a začne se indukovat napětí. Motor využívá principu, při průchodu proudem, silových účinku magnetického pole. Stejnosměrný sériový motor se skládá ze statoru a rotoru. Stator je nepohyblivá část motoru, která je tvořena z dynamoplechů s drážkami, kde je uloženo vinutí, nebo z permanentního magnetu. Rotor je otáčející se část motoru. Na rotoru je umístěn komutátor a kotva. Komutátor je mechanický rotační usměrňovač, který převádí stejnosměrné napětí na střídavé. Komutátor se skládá z lamel, na které doléhají kartáče. Stejnosměrný sériový motor může mít stavy tzv. podkomutovaný nebo překomutovaný stav. Nastane-li podkomutovaný stav, tak dochází k nadměrnému jiskření a opalování uhlíků vlivem odporu vinutí a velkého reaktančního napětí. Při jiskření dochází k deformaci reakci kotvy, proto použijeme buď pomocné póly nebo kompenzační vinutí. Při překomutovaném stavu dochází k opalování kartáčů. Komutace je jev, kdy dochází ke změně proudu při opouštění kartáče od lamely. Komutátor může být lisovaný a skládaný. Skládaný komutátor je složen

z rybinových lamel, kterou jsou uloženy ve stahovací konstrukci. Platí, že čím větší je zatížení tím menší jsou otáčky, při odlehčení se otáčky blíží nekonečnu. Vinutí statoru je připojeno na stejný zdroj elektrické energie. Otáčky motoru se řídí pomocí sériového odporu zapojeného k vinutím statoru a rotoru. Princip stejnosměrného stroje můžeme říci, že je jednoduchý. Po připojení napájecího napětí začne protékat obvodem stejnosměrný proud. V budícím vinutí vytvoří ve statoru magnetické pole. Proud protéká přes lamely na komutátoru a na rotoru vzniká magnetické pole, které se začne přitahovat k magnetickému poli statoru. [20]

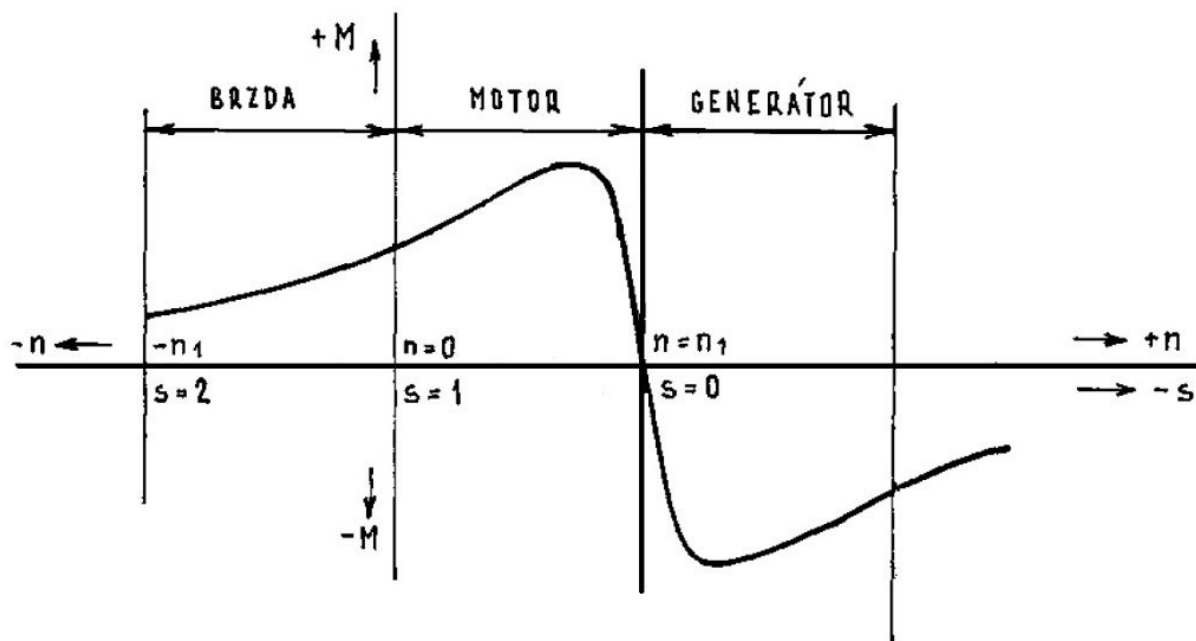


Obr.11 Principiální schéma stejnosměrného sériového motoru, závislost momentu a otáček na proudu při konstantním svorkovém napětí[21]



Obr.12 Principiální schéma asynchronního motoru [22]

- | | | |
|--------------------|----------------------|------------|
| 1 – plášť | 4 – ventilátor | 7 – stator |
| 2 – ložiska | 5 – kryt ventilátoru | 9 – rotor |
| 3 – ložiskový štít | 6 – spojovací skříň | |



Obr.13 Momentová charakteristika asynchronního motoru [23]

3.6.2 Řízení trakčních motorů

Řízení trakčních motorů je velmi důležité, protože při správném řízení trakčních motorů nedochází k přetěžování. Trakční motory můžeme řídit **regulačním transformátorem a usměrňovačem**. Toto řízení se používá u trakčních sítí – železnice. Regulace trakčních motorů je účinná a automatická. Nevýhodou je hmotnost transformátorů. Další možností je **odporová regulace**, tato regulace se používá u stejnosměrných motorů. Hlavní princip spočívá v předřadném odporu, který je automaticky řízen. Při zvyšování rychlosti se tento předřadný odpor zmenšuje, až se vyřadí. Tato regulace má malou účinnost. Další možností je **pulzní řízení stejnosměrných motorů**. Tato regulace má vyšší účinnost. Motory jsou řízeny pomocí pulzů o určité periodě. Při rozjezdu je délka pulzů malá a potom se postupně zvyšuje až do konstantního napětí. Používá se pro trakční motory. Poslední možností je **řízení frekvenčním měničem**. Tato regulace se používá pro střídavé asynchronní trakční motory. Základní součástí je frekvenční měnič, který je napájen stejnosměrným nebo střídavým napětím. Regulovat trakční motory můžeme více způsoby dalšími jsou regulace změnou buzení, regulace generátorem, regulace střídačem a usměrňovačem. [24]

4 Vozidla městské hromadné dopravy

4.1 Tramvaj typu T3

Typ T3 je předchůdcem tramvaje typu T2. První prototyp byl vyroben v roce 1960, výrobcem tramvaje je ČKD Praha. Sériová výroba těchto tramvají začala v roce 1962, trvala až do roku 1997 a výrobcem byla československá firma ČKD Praha. Celkem bylo vyrobeno 13 945 tramvajových vozů. Po roce 1989 tramvaj procházela mnohou modernizací a využívá se dodnes. Tramvaje typu T3 mění svůj typ na T3S, T3AS a T3P. V bakalářské práci se zaměřím na tramvaj typu T3. Tramvaj T3 má nižší hmotnost než tramvaj T2. Tramvaj je konstruována ze sklolaminátu či plastu.[25]



Obr.14 Tramvaj typu T3 v Ostravě[25]

4.1.1 Parametry tramvaje T3

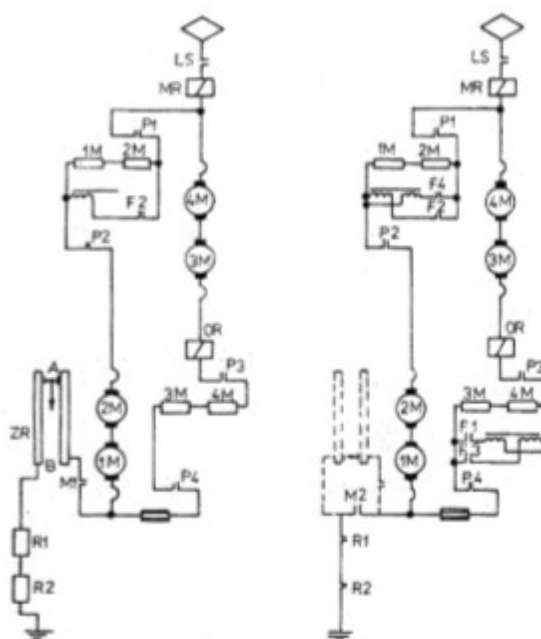
Délka vozové skříně	14 000 mm	
Délka přes spřáhla	15 200 mm	
Šířka vozové skříně	2500 mm	
Výška vozové skříně	3034 mm	
Rozvor podvozku	1900 mm	
Výška podlahy nad temenem kolejnice	830 mm	
Průměr kol	700 mm	
Maximální rychlost	65 km/h	
Počet míst k sezení	24	
Počet míst ke stání	86	[25]

4.1.2 Elektrická výzbroj tramvaje T3

Tramvaj T3 používá elektrickou výzbroj typu TR 37. Tato tramvaj obsahuje zrychlovač, který se skládá z několika odporů. Zrychlovač obsahuje rozjezdové a brzdo­vé odporníky. Je pochopitelné, že tramvaj T3 používá odporovou regulaci. Pro rozjezd obsahuje 75 stupňů a pro elektrickou brzdu 99 stupňů. Každé vozidlo obsahuje 4 stejnosměrné sériové trakční motory TE 002, které jsou chlazeny ventilátory. Tyto ventilátory jsou napájeny motorgenerátorem. Motorgenerátor se skládá ze sériového stejnosměrného motoru, derivačního dynama a dvou ventilátorů, které jsou umístěny na společné hřídeli. Tramvaj T3 má akumulátorovou baterii o napětí 24 V, která se skládá ze 17 sériově spojených článků. Dojde-li k výpadku elektrické energie, tak tato akumulátorová baterie slouží k nouzovému napájení, otevírání dveří a napájení kolejnicové brzdy. Dalšími technickými částmi tramvaje jsou pomocné obvody, které slouží pro osvětlení a vytápění. Osvětlení uvnitř vozidla je zářivkové a venkovní osvětlení je tvořeno reflektory, signalizačními světly a brzdo­vými světly. Osvětlení vozidla je napájeno z baterie, která je dobíjena běžícím motorgenerátorem. Vytápění je tvořeno odporovými topnicemi (výkon 200 W) pro vytápění prostoru pro cestující. Stanoviště strojvedoucího je vytápěno teplým vzduchem z kaloriferu., kterého se používá pro rozmrazování čelního skla. Dveře jsou otevírány a zavírány elektrickými motorky. [25]

4.1.3 Řízení tramvaje T3

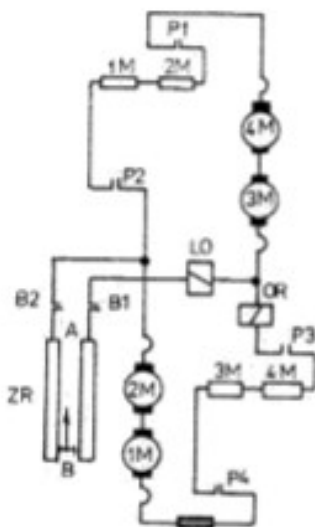
Řízení je nepřímé samočinné s elektromagnetickou a elektromechanickou vazbou. Vůz se ovládá šlapkami, které působí na radič. Sešlápne-li řidič jízdní šlapku, tak vozidlo začne zrychlovat. Zapnou se jízdní stykače a zrychlovač je poháněn řídicím motorkem. Rozjezdem tramvaje se vyřazují rozjezdové odpory. Tramvaj má dvě šlapky. První šlapka je jízdní, řidič uvádí vozidlo do pohybu. Druhá šlapka je brzdo­vá, jejím sešlápnutím vozidlo začne brzdit. Ovládá aretační brzdu, která slouží k zamezení vozidlu k ujetí vozidla zaparkovaného ve vozovně. [25]



Obr.15 Trakční obvod rozjezdu (vlevo) a jízdy (vpravo) [25]

4.1.4 Brzdy tramvaje T3

Tramvaj je vybavena třemi druhy brzd ovládaných brzdovou šlapkou. Jsou to: odporově elektrická brzda, aretační brzda, mechanická brzda, Mechanická brzda slouží při výpadku elektrické brzdy. Další brzdy jsou kolejnicová brzda, někdy se jí říká „trámcová brzda“. Tato brzda slouží jako záchranná brzda. Záchranná brzda je ovládána tlačítkem na stanovišti strojvedoucího. Kolejnicová brzda je neadhezní brzda. Je tvořena podlouhlým elektromagnetem s jednou cívkou napájeno napětím 24 V z akumulátorové baterie. Kolejnicová brzda je na voze upevněna mezi koly podvozku pomocí dvou pružných závěsů ve svislé poloze nad kolejnicí. Hlavním principem brzdy je zapnutí elektrického proudu a v cívce vznikne magnetické pole. Tím dojde k přitažení kolejnicové brzdy ke kolejnici. Napájena je z baterie.



Obr.16 Trakční obvod elektrického brzdění [25]



Obr.17 Kolejnicová trámcová brzda [26]

4.1.5 Trakční motor TE 022 tramvaje T3

Motor je sériový stejnosměrný. Stator je válcový s vnějším uchycením pomocí ocelových pásů. Stator má tři hlavní póly a čtyři pomocné póly. Rotor je uložen na valivých ložiskách. Sběrné ústrojí se skládá ze čtyř dvojitého kartáčekových držáků. Motor má celkem 8 kartáčů. Ke kartáčům se můžeme dostat za pomoci bočního otvoru v předním štítě. Motor je chlazen vzduchem z nezávislé ventilace. Vzduch vstupuje do motoru otvorem v plášti předního štítu. Motor je spojen s převodovou skříní párů hnacích kol pomocí kardanové spojky. Trakční motor může být chlazen i vodou. [27]

Revize motoru TE 022

- Revize motoru se provádí jednou za dva roky, tj. po ujetí 150 000 km
- Při revizi se stroj rozebere, pečlivě se vyčistí, provede důkladná kontrola vinutí, komutátoru, sběracího ústrojí, ložisek. Zjištěné závady se odstraní
- Při každé revizi se měří izolační odpor vinutí motoru
- Obnovují se staré ochranné povrchové nátěry uvnitř i vně stroje
- Na závěr každé revize se vyhotoví protokol, který obsahuje datum, jméno revidujícího, obsah revize, popis provedených oprav [28]



Obr.18 Trakční motor TE 022[29]

Parametry sériového stejnosměrného motoru

Typ motoru	TE 022 J
Jmenovitý výkon	40 kW
Jmenovité napětí	300 V
Jmenovitý proud	150 A
Otáčky	1750 ot/min
Maximální počet otáček	4200 ot/min
Izolace třídy	B
Hmotnost motoru	320 kg [28]

4.2 Souprava metra M1

Metro typu M1 je vyrobeno od výrobcem Siemens. Tento typ metra se liší oproti sovětským řadám v tom, že metro místo stejnosměrných motorů je vybaven třífázovými asynchronními motory s elektronickým řízením. Metro M1 užívá trakčního motoru Basu 5529/4 o výkonu 160 kW. Tento trakční motor je čtyřpólový s otáčkami 3680 ot/min. Napájení metra je zajištěno třetí kolejnicí stejnosměrným napětím 750V. V tunelu je tato kolejnice odkrytá, ale ve stanici je chráněná laminátem. Toto napětí si metro odebírá pomocí sběrače. Napájecí napětí je stejnosměrné a elektromotor je střídavý, proto je vybaven elektronikou pro rozfázování stejnosměrného proudu na střídavý proud. Frekvenční měnič mění plynule frekvenci střídavého proudu i charakteristiku asynchronního motoru. Dvojkolí jsou monobloková. Vlak typu M1 se skládá z pěti vozů tří typů. M1.1 je čelní vůz, obsahuje stanoviště strojvedoucího, vlakové zabezpečení, vlakové baterie a statický měnič. Vůz M1.2 je vůz umístěný vždy za čelním vozem, obsahuje kompresor. Vůz M1.3 je prostřední vůz, obsahuje centrální počítač vlaku. Řazení vozů v soupravě je M1.1 + M1.2 + M1.3 + M1.2 + M1.1. Vozová skříň je vyrobena ze svařovaných hliníkových profilů, tzn. vozy jsou lehčí než sovětské vozy. Podvozky metra M1 jsou tvořeny dvěma hnacími dvojkolými s individuálním pohonem. Každé dvojkolí má svůj vlastní trakční elektromotor. V metru je celkem 24 zářivek o výkonu 36 W. Soupravy M1 jsou provozovány na lince C v Praze, díky rekuperačnímu EDB se snížila spotřeba elektrické energie pro elektrickou trakci o 40 %. Brzdění zajišťují EDB jako běžná provozní, elektropneumatická jako dobrzdňovací a nouzová za EDB. Pro zajištění se používá střadačová brzda. Elektropneumatická brzda je ovládána mikroprocesorem BSG přes brzdové přístroje. Zajišťovací brzda slouží k zajištění vozidla proti pohybu, je schopna udržet plně obsazený vlak na sklonu 40 ‰. Při brzdění se používá brzdny kotouč. Na každé nápravě je jeden brzdny kotouč. Při brzdění metro typu M1 používá elektrodynamickou brzdu. Tato brzda se používá při vyšších rychlostech, při nízkých rychlostech je brzda neúčinná. Převodovka metra typu M1 je čelní jednostupňová. Celkový převodový poměr převodovky je 6,47. Převodovka je na svěrných plochách sevřena čelistmi závěsky. [30]



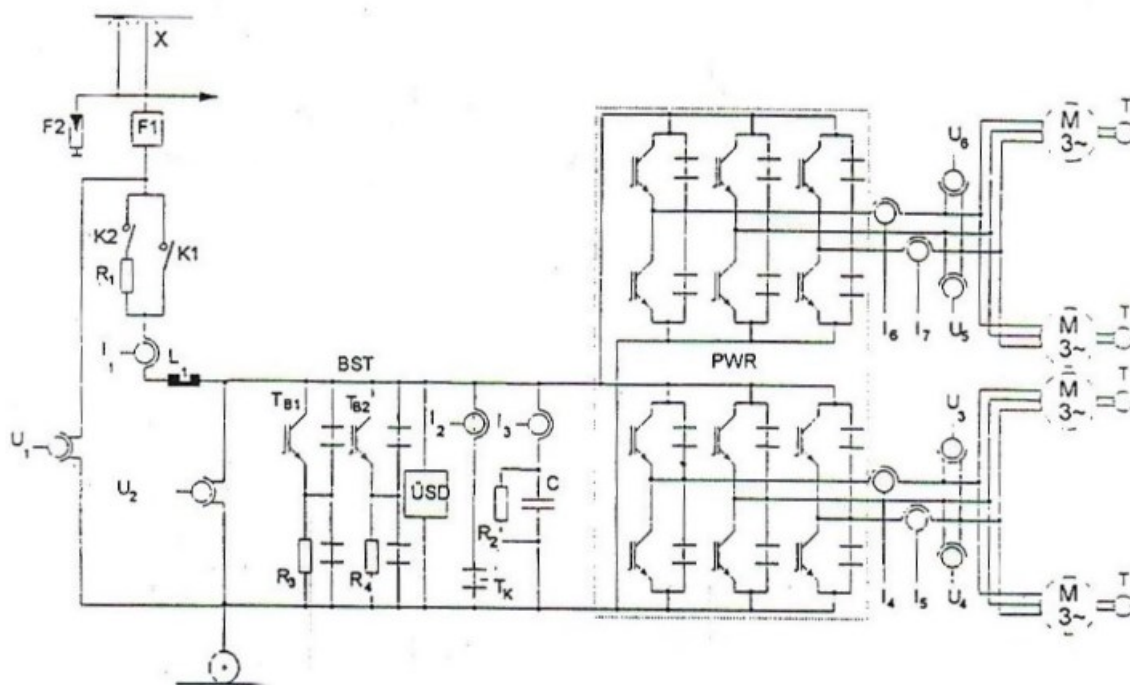
Obr. 19 Trakční motor metra [31]

4.2.1 Základní technické údaje metra M1:

Počet vozů vlakové soupravy	5
Počet trakčních motorů	5 x 4
Výkon motoru	20 x 141,5 kW
Počet míst k sezení	224 osob
Největší provozní rychlost	80 km/h
Jmenovitý rozchod koleje	1435 mm
Jmenovité trakční napětí	750 V
Maximální napětí při rekuperaci	950 V
Maximální rozjezdový proud	4700 A
Největší dovolený sklon koleje	40 ‰
Nejmenší poloměr projížděného oblouku	60 m [32]



Obr. 20 Souprava metra M1 [33]



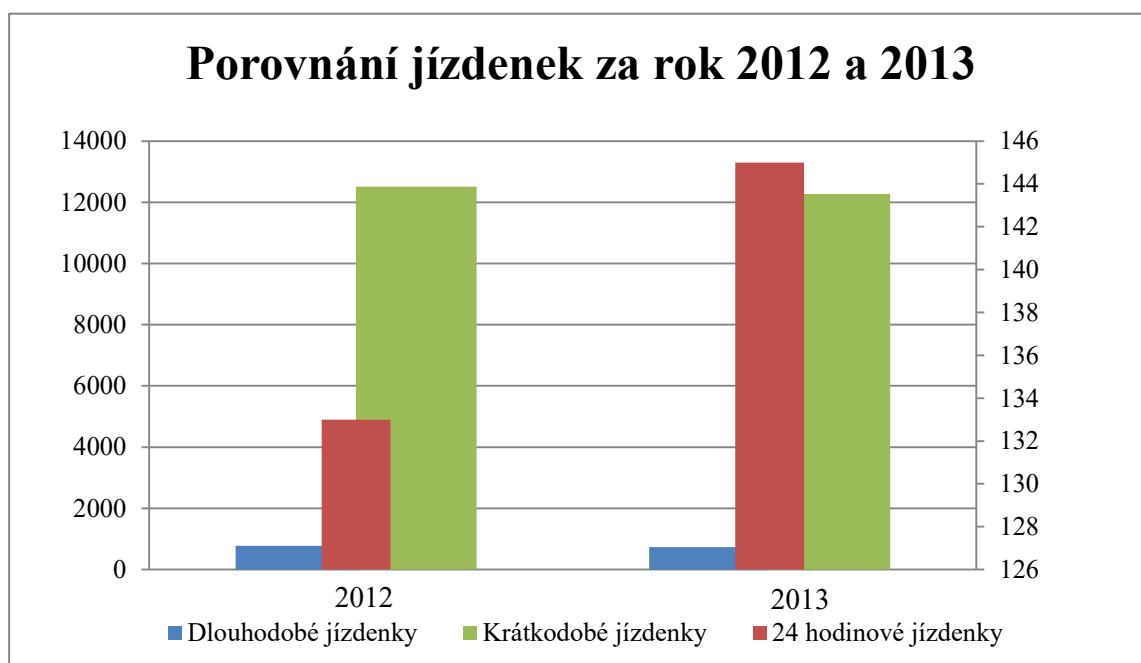
Obr. 21 Schéma trakčních obvodů vozů M1 [34]

5 Porovnání jednotlivých druhů dopravy v podmínkách Ostravy

5.1 Tržby z MHD pro rok 2013

Tab.3 Počet prodaných jízdenek (v tis. ks)

	2012	2013
Dlouhodobé jízdenky	778	731
24 hodinové jízdenky	133	145
Krátkodobé jízdenky	12509	12273

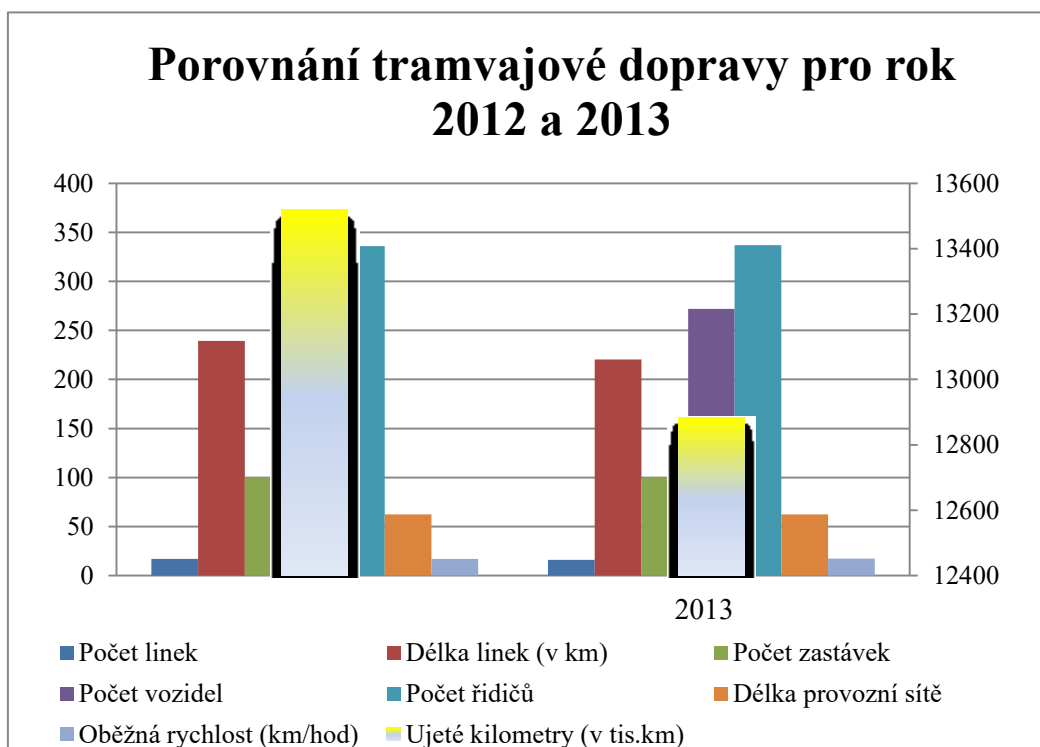


Graf č.1 Porovnání jízdenek za rok 2012 a 2013

Tržby z MHD za rok 2013 dosáhly celkem 531 156 tis. Kč, jedná se o nárůst 11 283 tis. Kč oproti roku 2012. V tabulce a grafu č.1 vidíme počet jízdenek za rok 2013 a za rok 2012. Dlouhodobých jízdenek bylo za rok 2013 prodáno 731tis.kusů, což je oproti roku 2012 o 47 tis. jízdenek méně. Podle přepočtu se na dlouhodobých jízdenkách vydělalo 14 620 tis. Kč. Hlavní vliv na přepravu cestujících má kupování krátkodobých jízdenek, protože cestující se snaží šetřit na jízdenkách. Krátkodobých jízdenek za rok 2013 bylo prodáno 12273 tis.. Tyto jízdenky v Ostravě jsou 10 minutové a prodávají se za 16 Kč. Podle přepočtu se na krátkodobých jízdenkách vydělalo 196 368 tis. Kč. Náklady MHD dosáhly výše 1 610 309 tis. Kč, což představuje 89 % z celkového objemu nákladů společnosti. Počet prodaných dlouhodobých jízdenek se začal postupně snižovat, přestože prodej krátkodobých vzrostl

Tab. 4 Vybrané ukazatele dle trakce

Tramvajová doprava	2012	2013
Počet linek	17	16
Délka linek (v km)	239,3	220,3
Počet zastávek	100	100
Počet vozidel (nízkopodlažní)	273	272
Počet řidičů	336	337
Délka provozní sítě (v km)	62,3	62,3
Oběžná rychlost (km/hod)	16,97	17,10
Ujeté kilometry (v tis. km)	13519	12884

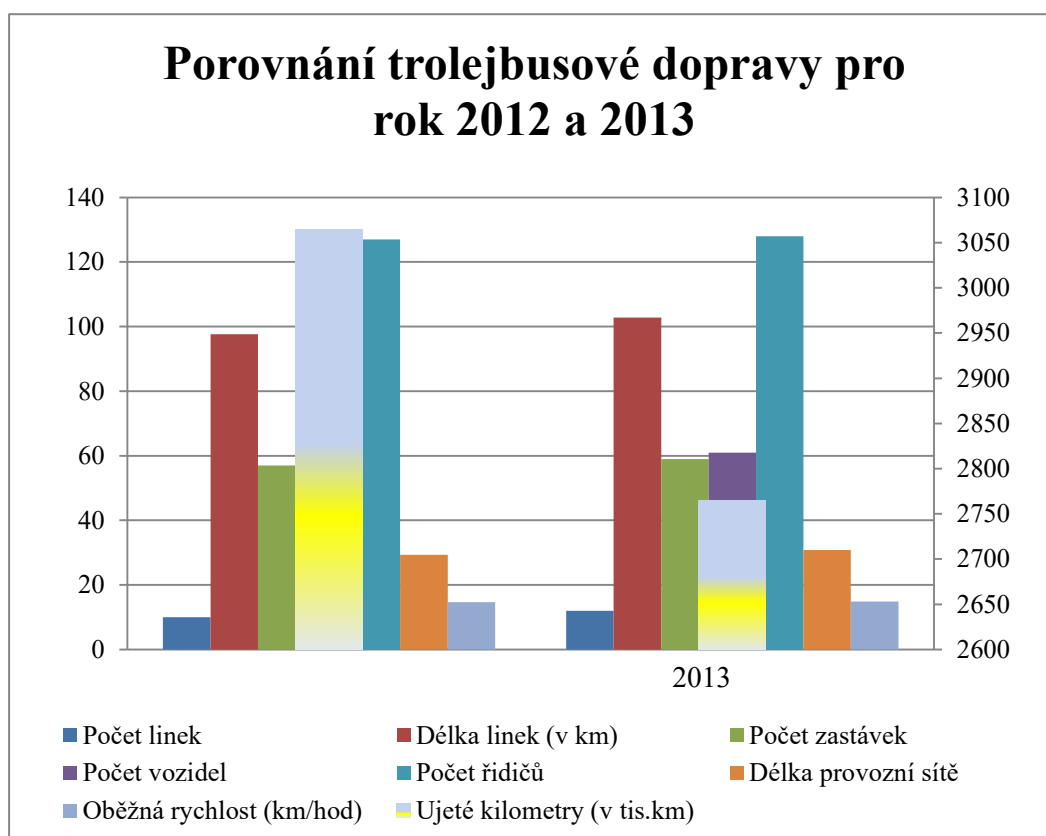


Graf č.2 Porovnání tramvajové dopravy pro rok 2012 a 2013

V Ostravě je celkem 100 tramvajových zastávek. Na tramvajových tratích se pohybují za rok celkem 273 vozidla s oběžnou rychlostí 17 km/hod. Dopravní podnik Ostrava zaměstnával pro rok 2013 327 řidičů, což je podobné s rokem 2012. Délka provozní sítě byla v letech 2012 a 2013 stejná, a to 62,3 km. Oproti trolejbusové dopravě má tramvajová doprava dvakrát větší délku provozní sítě. U trolejbusové dopravy je délka provozní sítě 29,3 km. Tramvajová doprava má více řidičů, a to 337, než trolejbusová doprava, tj. 127 řidičů. V roce 2012 tramvajová doprava ujela celkem 13519 tis. km, což je více než v roce 2013. V roce 2013 bylo najeto 12 884 tis. km. Celkový rozdíl ujetých kilometrů je 635 tis. km. Největší ekonomický nárůst měl rok 2012, což vyplývá z ujetých kilometrů. Cena jednoho kilometru se pohybuje kolem 50 Kč. Při častých rozjezdech u tramvaje dochází ke značné spotřebě vzhledem k adhezním podmínkám (děšť, vlhko, sníh) a sklonovým poměrům na silnicích. V roce 2013 tramvajová doprava přepravila celkem 46 751 tis. cestujících. V roce 2012 přepravila 48 299 tis. cestujících.

Tab.5 Vybrané ukazatele dle trakce

Trolejbusová doprava	2012	2013
Počet linek	10	12
Délka linek (v km)	97,6	102,8
Počet zastávek	57	59
Počet vozidel (nízkopodlažní)	62	61
Počet řidičů	127	128
Délka provozní sítě (v km)	29,3	30,8
Oběžná rychlost (km/hod)	14,69	14,84
Ujeté kilometry (v tis. km)	3064	2765

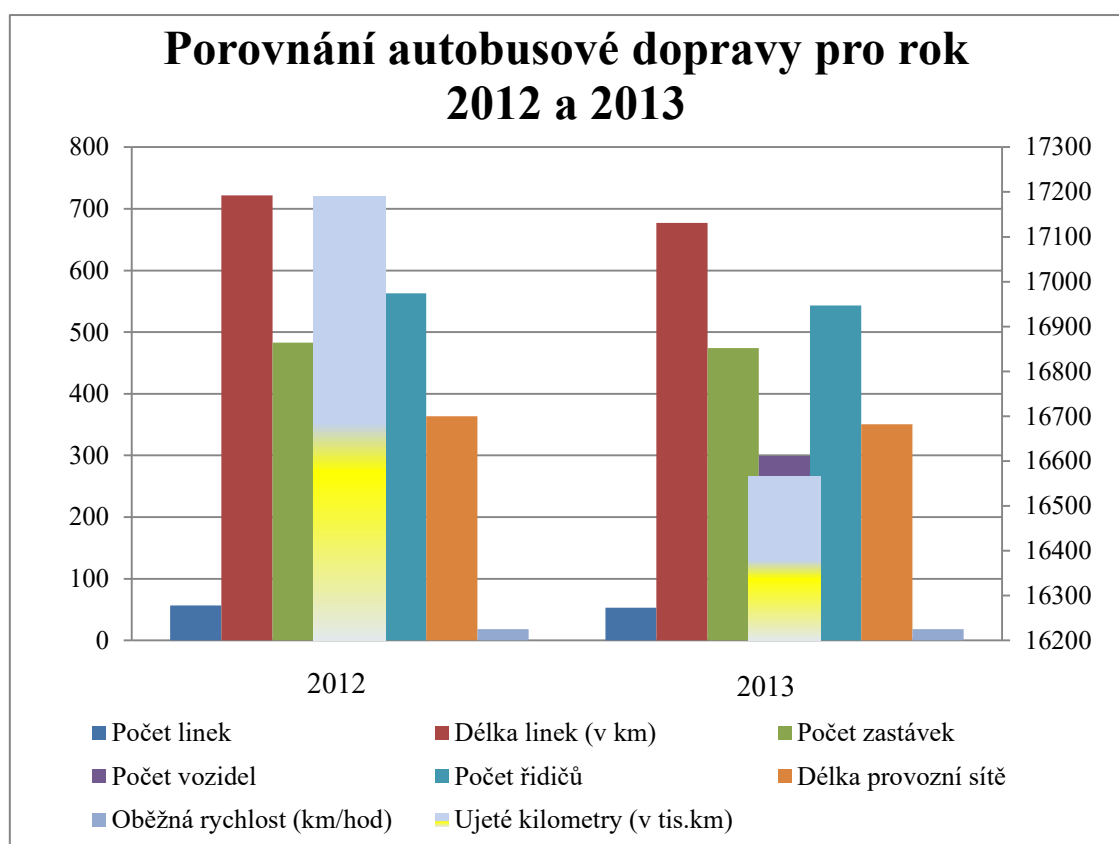


Graf č.3 Porovnání trolejbusové dopravy pro rok 2012 a 2013

Trolejbusová doprava se v Ostravě vyskytuje z části. Počet zastávek v Ostravě je minimální, a to 59 zastávek. Trolejbusů celkem je 62. Oproti tramvajové dopravě má trolejbusová doprava minimální počet řidičů. Celkový počet řidičů pro rok 2012 byl 127. V roce 2013 trolejbusová doprava najela 2765 tis. km, což je méně než v roce 2012. Rozdíl je 299 tis. najetých kilometrů. V roce 2012 trolejbusová doprava přepravila 7324 tis. cestujících a v roce 2013 přepravila 6 845 tis. cestujících. Můžeme porovnat počet přepravených cestujících v tramvajové a trolejbusové dopravě za rok 2013. Z hlediska porovnání dvou hodnot je pochopitelný násobek, a sice tramvajová doprava přepravila šestkrát více cestujících než trolejbusová doprava.

Tab.6 Vybrané ukazatele dle trakce

Autobusová doprava	2012	2013
Počet linek	57	53
Délka linek (v km)	721,6	677,3
Počet zastávek	483	474
Počet vozidel (nízkopodlažní)	297	299
Počet řidičů	563	543
Délka provozní sítě (v km)	363,4	350,5
Oběžná rychlost (km/hod)	18,26	18,24
Ujeté kilometry (v tis. km)	17190	16565



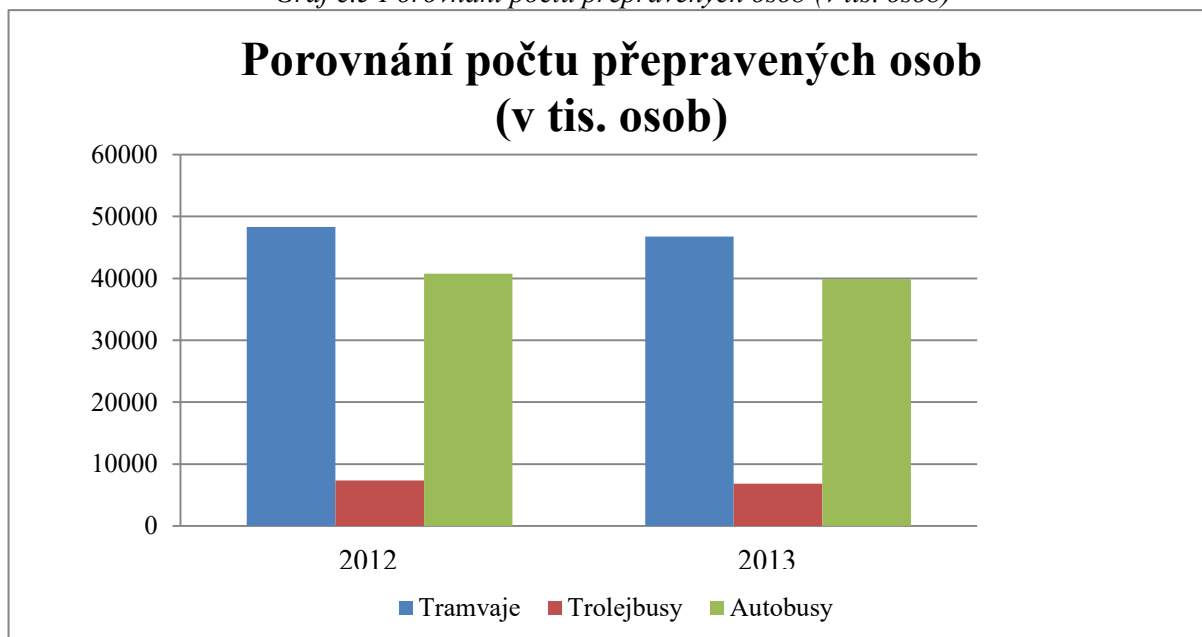
Graf č.4 Porovnání autobusové dopravy pro rok 2012 a 2013

V roce 2013 v Ostravě jezdily 53 autobusové linky. Tyto linky byly dlouhé 677,3 km. Počet zastávek je 474, což je více než u tramvajové dopravy a trolejbusové dopravy. Celkový počet vozidel v roce 2013 byl 299 vozidel, toto číslo je větší než u tramvajové dopravy a trolejbusové dopravy. V roce 2012 autobusy najely 17 190 tis. km, což je více než v roce 2013. V roce 2013 autobusy najely 16565 tis. km. Rozdíl je 625 tis. najetých kilometrů. Oběžná rychlost autobusů je stejná pro rok 2012 i 2013, a to 18 km/hod. Autobusová doprava přepraví v roce 2013 celkem 39880 tis. cestujících a v roce 2012 autobusová doprava přepraví celkem 40 766 tis. cestujících. Kdybychom srovnali podíl přepravených cestujících trolejbusové a autobusové dopravy, tak je to pětinasobek přepravených osob.

Tab. 7 Počet přepravených osob (v tis. osob)

	2012	2013
Tramvaje	48299	46751
Trolejbusy	7324	6845
Autobusy	40766	39880

Graf č.5 Porovnání počtu přepravených osob (v tis. osob)



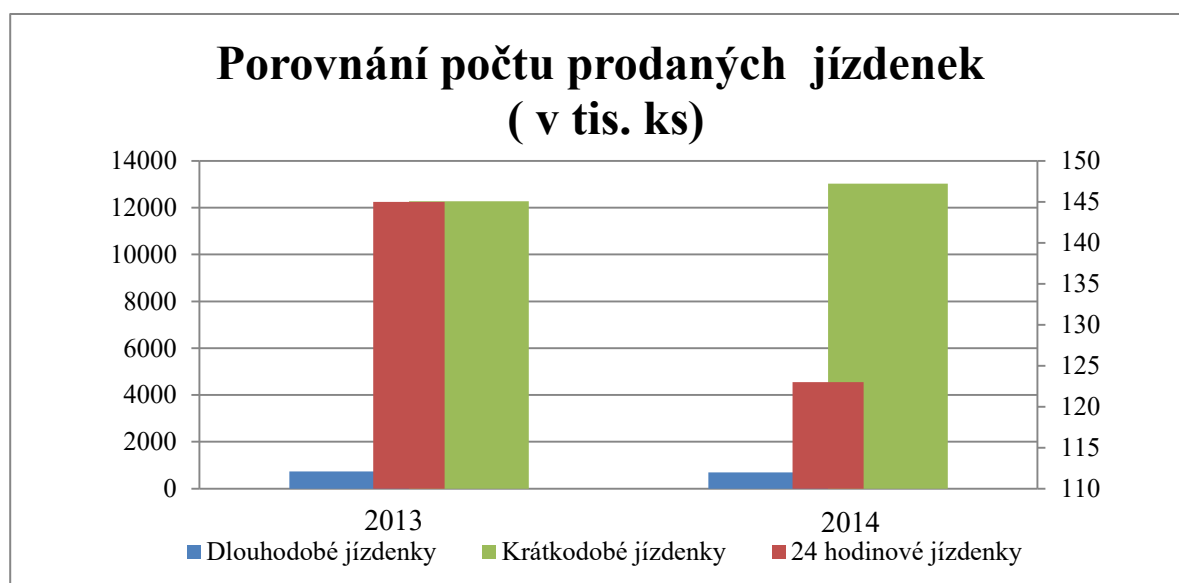
Za rok 2012 se přepravilo cestujících v rámci přepravy tramvaje 48 299 tis. osob. V grafu můžeme vidět, že oproti roku 2013 je to více, tj. o 1548 tis. cestujících. Čím vyšší počet cestujících, tím více prodaných

jízdenek. V roce 2013 bylo bez platného jízdního dokladu přistiženo celkem 88 253 cestujících. V roce 2012 se přepravilo trolejbusem 7324 tis. cestujících, v roce 2013 to bylo 6845 tis. cestujících. V grafu vidíme, že v roce 2012 je více přepravených cestujících než v roce 2013. Rozdíl je 479 tis. cestujících. Autobusy v roce 2012 přepravily 40 766 tis. cestujících než v roce 2013 to bylo 39 880 tis. cestujících. Hlavním důvodem je neustálá dostupnost autobusů, protože se jedná o dopravu všude přístupnou ve městě Ostravě spolu s tramvajovou dopravou. Od roku 2005 do roku 2014 počet cestujících v MHD klesl přibližně o 20%.

5.2 Tržby z MHD pro rok 2014

Tab.8 Počet prodaných jízdenek (v tis. ks)

	2013	2014
Dlouhodobé jízdenky	731	686
24 hodinové jízdenky	145	123
Krátkodobé jízdenky	12273	13023

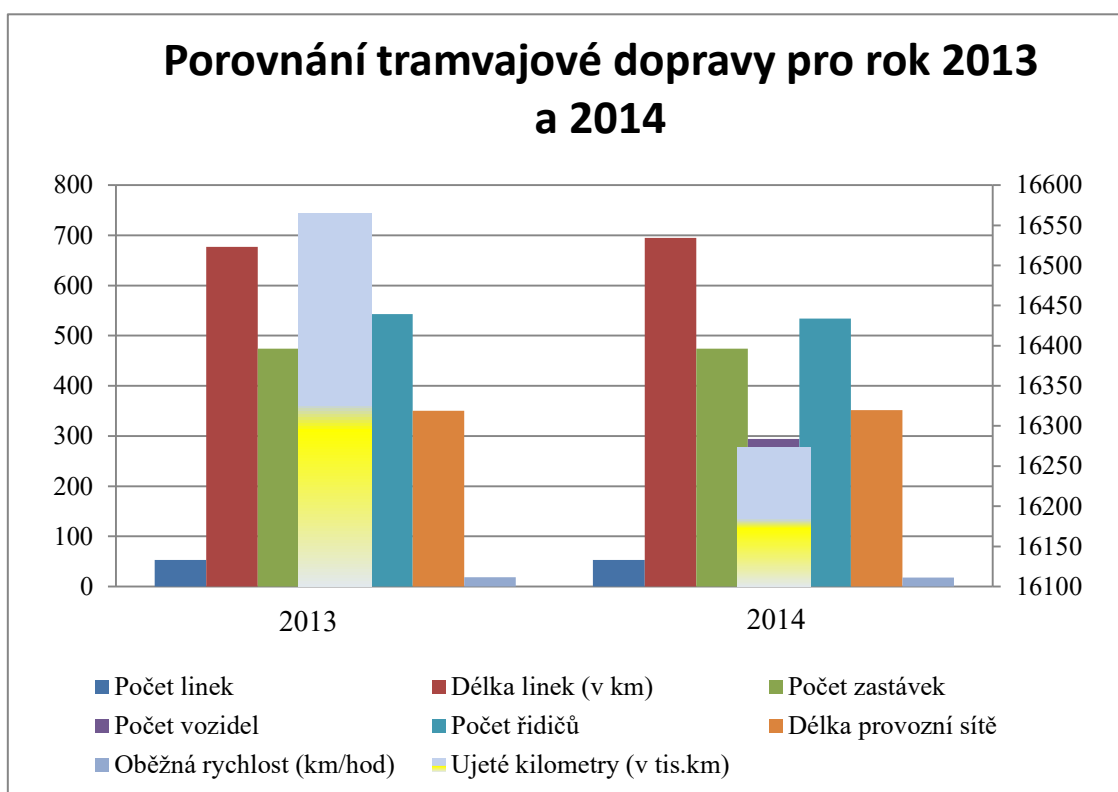


Graf č.6 Porovnání počtu prodaných jízdenek (v tis ks)

Tržby z MHD za rok 2014 dosáhly výše 511 306 tis. Kč, což je o 19 850 tis. Kč méně než za rok 2013. Vlivem snížení počtu prodaných jízdních dokladů ovlivňuje nárůst počtu obyvatel užívajících individuální automobilovou dopravu, dlouhodobá vysoká nezaměstnanost, stárnutí a úbytek obyvatelstva. V grafu č.6 vidíme poměrný nárůst vyprodaných krátkodobých jízdenek za rok 2013 a 2014. V roce 2014 byl vysoký nárůst krátkodobých jízdenek. 24 hodinové jízdenky v roce 2013 a 2014 mají značný úbytek prodaných jízdenek. Dlouhodobých jízdenek, za rok 2013 bylo prodáno 731 tis. ks , v roce 2014 to bylo 686 tis. jízdenek. V roce 2013 bylo vyprodáno, krátkodobých jízdenek, 12273 tis. jízdenek, v roce 2014 to bylo 13 023 tis. jízdenek, tedy o 750 tis. více. Počet prodaných dlouhodobých jízdenek se začal postupně snižovat, přestože prodej krátkodobých vzrostl.

Tab.9 Vybrané ukazatele dle trakce

Tramvajová doprava	2013	2014
Počet linek	16	17
Délka linek (v km)	220,3	227,4
Počet zastávek	100	100
Počet vozidel (nizkopodlažní)	272	272
Počet řidičů	337	332
Délka provozní sítě (v km)	62,3	62,3
Oběžná rychlost (km/hod)	17,10	17,18
Ujeté kilometry (v tis. km)	12884	12792



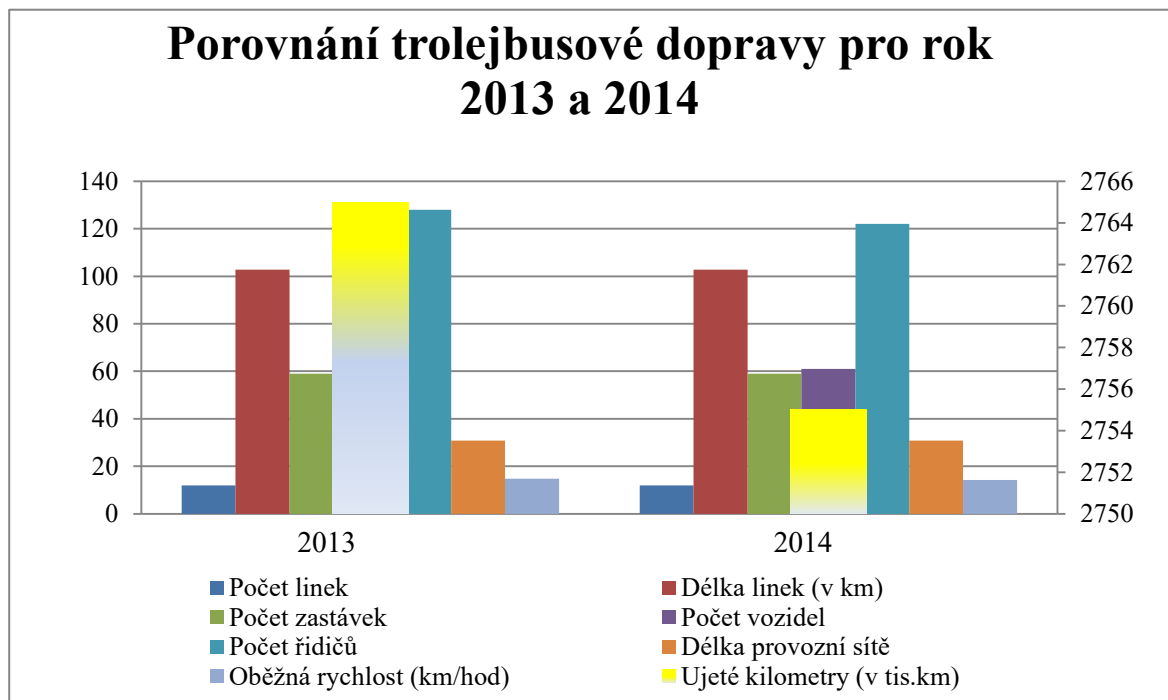
Graf č.7 Porovnání tramvajové dopravy pro rok 2013 a 2014

V roce 2013 a 2014 jezdily v Ostravě celkem 272 tramvajové vozy, což je více v trolejbusové dopravě, která má 61 vozidlo. V roce 2013 bylo celkem linek 16 u tramvajové dopravy, oproti autobusové dopravě je to méně o 37 linek. Délka linek pro rok 2013 byla 220,3 km. V roce 2014 bylo pro tramvajovou dopravu 17 linek. Délka linek pro rok 2014 bylo 227,4 km. Počet řidičů narostl v roce 2013 na hodnotu 337, což je poměrně vysoké číslo oproti trolejbusové dopravě. V roce 2014 počet řidičů klesl na číslo 332. Tramvajová doprava za rok 2013 najela celkem 12884 tis. km. V roce 2014 tramvajová doprava celkem najela 12792 tis. km. Pro oba roky 2013 a 2014 byla délka provozní sítě 62,3 km, což je o 31,5 km více než u trolejbusové dopravy.

Tab.10 Vybrané ukazatele dle trakce

Trolejbusová doprava	2013	2014
Počet linek	12	12
Délka linek (v km)	102,8	102,8
Počet zastávek	59	59
Počet vozidel (nízkopodlažní)	61	61
Počet řidičů	128	122
Délka provozní sítě (v km)	30,8	30,8
Oběžná rychlost (km/hod)	14,84	14,28
Ujeté kilometry (v tis. km)	2765	2755

Porovnání trolejbusové dopravy pro rok 2013 a 2014



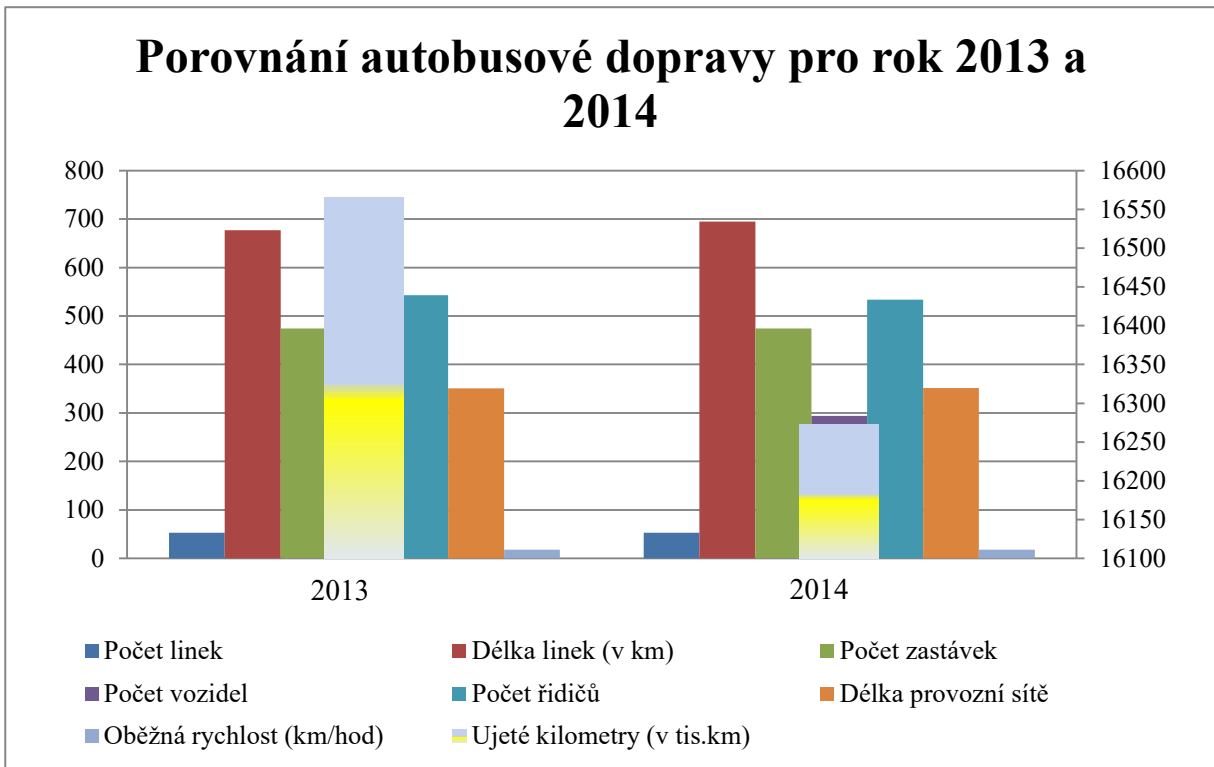
Graf č.8 Porovnání trolejbusové dopravy pro rok 2013 a 2014

V roce 2013 a 2014 bylo celkem 12 trolejbusových linek. Stejně tak pro rok 2013 a 2014 byla délka linek 102,8 km v rámci Ostravy. Počet zastávek byl celkem 59. V porovnání s tramvajovou dopravou je to o 41 zastávek méně. U tramvajové dopravy je celkem 100 zastávek. Autobusová doprava měla 474 zastávky, což je o 415 zastávek více. V grafu č.8 můžeme vidět průběh ujetých kilometrů, což představuje pro rok 2013 2765 tis. km a pro rok 2014 2755 tis. km. V porovnání s tramvajovou dopravou je počet ujetých kilometrů 5 krát vyšší. V Ostravě délka provozní sítě představuje 30,8 km. Oběžná rychlost trolejbusové dopravy pro rok 2013 je 14,84 km/hod a pro rok 2014 je 14,28 km/hod.

Tab.11 Vybrané ukazatele dle trakce

Autobusová doprava	2013	2014
Počet linek	53	53
Délka linek (v km)	677,3	695,1
Počet zastávek	474	474
Počet vozidel (nizkopodlažní)	299	294
Počet řidičů	543	534
Délka provozní sítě (v km)	350,5	351,3
Oběžná rychlost (km/hod)	18,24	18,16

Ujeté kilometry (v tis. km)	16565	16273
-----------------------------	-------	-------

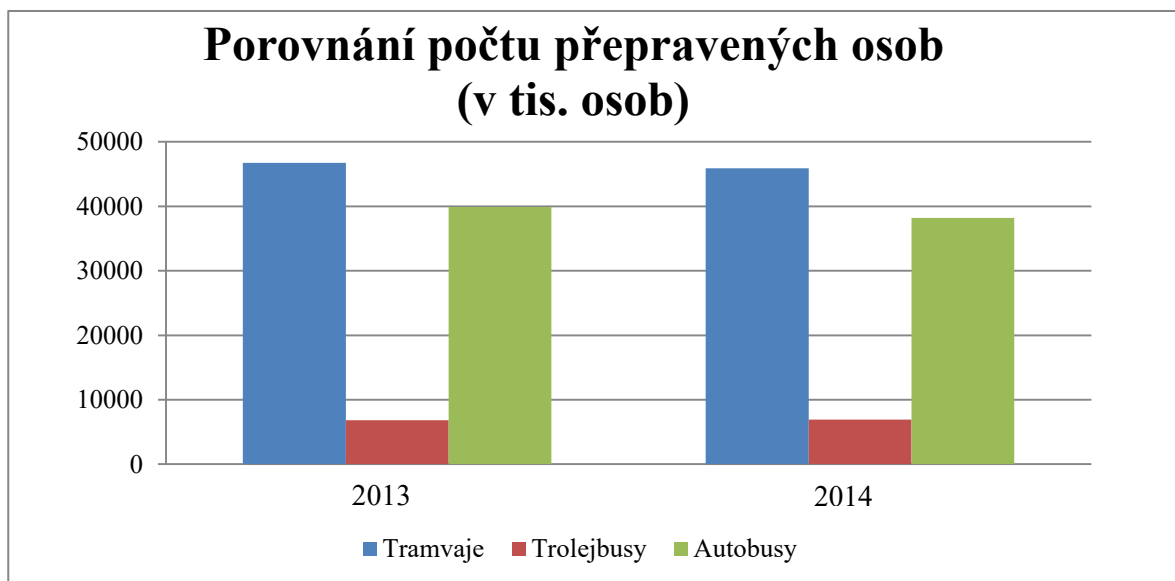


Graf č.9 Porovnání autobusové dopravy pro rok 2013 a 2014

V roce 2013 jezdilo celkem 299 autobusových vozidel a v roce 2014 jezdily celkem 294 autobusy. Můžeme říci, že se jedná o nejvyšší počet vozidel oproti tramvajové a trolejbusové dopravě za rok 2013 a 2014. V roce 2013 zaměstnal Dopravní podnik v Ostravě 543 řidiče, což je oproti roku 2014 o devět řidičů více. Autobusová doprava ve městě Ostravě je velice hustou dopravou, čemuž odpovídá počet ujetých kilometrů, Celkem v roce 2013 autobusová doprava ujela ve městě Ostravy 16565 tis. km a v roce 2014 autobusová doprava ujela 16273 tis. km. Tyto ujeté kilometry můžeme vidět v grafu č.9. Délka provozní sítě v Ostravě pro rok 2013 představovala 350,5 km a v roce 2014 byla délka provozní sítě 351,3 km.

Tab.12 Počet přepravených osob (v tis.osob)

	2013	2014
Tramvaje	46751	45882
Trolejbusy	6845	6905
Autobusy	39880	38213



Graf č.10 Porovnání počtu přepravených osob (v tis.osob)

V roce 2013 se v prostředcích tramvajové, autobusové a trolejbusové dopravy celkem přepravilo 93 476 tis. cestujících. V roce 2014 se celkem přepravilo 91 000 tis. cestujících, včetně tramvajové, autobusové a trolejbusové dopravy. Rozdíl je 2476 tis. přepravených cestujících. V grafu č.10 můžeme vidět, že v roce 2013 se nejvíce přepravilo tramvají 46 751 tis.cestujících než v roce 2014 se přepravilo 45 882 tis. cestujících. V roce 2013 bylo bez platného jízdního dokladu přistiženo celkem 88 253 cestujících, což je více než v roce 2014. V roce 2014 bylo přistiženo bez platného jízdního dokladu celkem 87 130 cestujících. S vyšším počtem cestujících narůstá prodej jízdenek. Trolejbusy bylo v roce 2013 přepraveno 6845 tis. cestujících, což je méně než v roce 2014. V roce 2014 bylo přepraveno 6 905 tis. cestujících. Rozdíl je 60 tis. cestujících. Tento nepatrný rozdíl můžeme vidět v grafu č.10 pro oba roky (2013 a 2014). Autobusovou dopravou bylo přepraveno v roce 2013 celkem 39880 tis. cestujících, toto číslo je větší než v roce 2014 (38 213 cestujících). Rozdíl cestujících je 1667 tis.. Od roku 2005 do roku 2014 počet cestujících v MHD klesl přibližně o 20%. Důvodem je j zpoždění vozidel MHD v běžném provozu. Důvodem je zpoždění vozidel MHD v běžném provozu.

5.3 Technické parametry městské hromadné dopravy v Ostravě

Tab.13 Technické parametry tramvají

Typ tramvaje	Výkon motoru	Váha (t)	Počet osob	Počet vozidel
T3	4x40 kW	16	110	127

T6	4x45 kW	18,7	110	-
Trio	4x85 kW	22	187	-
Astra	4x85 kW	21	187	14
KT8	8x45 kW	38	220	16

V rámci MHD v Ostravě jezdí několik různých druhů tramvají, a sice tramvaj T3, T6, Trio, Astra a KT8. Nejčastější modely tramvají v Ostravě jsou T6, Astra, KT8. Tramvaj T6 má výkon motoru 4x45 kW, váha tramvaje se pohybuje kolem 18,7 t, přepraví celkem 110 cestujících. Tramvaj Astra má výkonu motoru 4x85 kW, což je větší výkon než u tramvaje T6. Váha tramvaje je 21t. Tramvaj Astra přepraví celkem 187 cestujících. Dopravní podnik v Ostravě má v provozu celkem 14 tramvají Astra, které jsou provozovány v provozu. Tramvaj KT8 má výkon motoru 8x45 kW. Celková váha této tramvaje je 38t a je to nejtěžší tramvaj ze všech druhů. Přepraví 220 cestujících a Dopravní podnik v Ostravě má celkem 16 tramvají KT8, které jsou v provozu.

Tab.14 Technické parametry trolejbusů

Typ trolejbusů	Výkon motoru	Váha (t)	Počet osob	Počet vozidel
TR 14	100 kW	10,4	70	9
TR 15	2x100 kW	15,9	120	8
TR 17	-	10,4	70	-
TR 21	-	10,4	70	12
Solaris 12	175 kW	11,3	88	14
Solaris 15	175 kW	13,8	110	4

V rámci MHD v Ostravě se vyskytují tyto typy trolejbusů TR 14, TR 15, TR17, TR 21, Solaris 12, Solaris 15. Nejčastější typy v provozu MHD jsou trolejbusy typu TR 14, TR 21, Solaris 12, Solaris 15. Trolejbus TR 14 má výkon motoru 100 kW, hmotnost trolejbusu je 10,4t. Celkem přepraví 70 cestujících. Dopravní podnik v Ostravě vlastní 9 trolejbusových vozidel typu TR 14. Trolejbus typu TR 21 má hmotnost vozidla 10,4t, přepraví 70 cestujících v rámci Ostravy. Počet vozidel v provozu je celkem 12. Trolejbusy Solaris 12 a Solaris 15 patří mezi nejnovější, nejvýkonnější a spolehlivé trolejbusy. Solaris 12 má výkon motoru 175 kW, hmotnost vozidla je 11,3t. Celkem trolejbus přepraví 88 cestujících v Ostravě. Počet vozidel v provozu je 14. Trolejbus Solaris 15 má výkon motoru 175 kW, hmotnost vozidla je 13,8t, celkem přepraví 110 cestujících a Dopravní podnik v Ostravě vlastní 4 tato trolejbusová vozidla.

5.4 Energetická náročnost mobility v městské hromadné dopravě v Ostravě

Energetická mobilita je ovlivňována zejména valivým odporem, aerodynamickým odporem, účinností motorů. Valivý odpor u pneumatik má hodnotu $f_v = 0,008$, u ocelové kolejnice $f_v = 0,001$. Účinnost elektrického motoru se pohybuje kolem 92 %, naopak u spalovacího motoru je hodnota účinnosti kolem

36%. Za ideální můžeme vozidlo považovat, když součinitel valivého odporu je nízký, štíhlý aerodynamický tvar vozidla a vysoká účinnost pohonu. Tramvajová doprava se považuje za ekologickou dopravu, ale není to tak bez zbytku. Všichni víme, že když jedeme tramvají v zimě, tak pro vytápění tramvaje se vynaloží více energie, než je potřeba. Je to 40 % na vytápění tramvajového vozu a na klimatizaci. V budoucnosti by tramvaje mohly mít softwary na regulaci vnitřní teploty. Dosáhnout menších nákladů lze různě. V létě lze jednoduchým způsobem vypnout klimatizaci před tunelem a větrat tramvaj chladným vzduchem zvenku. Energie se ušetří při vypínání topení před zastávkami stejně i při změně osvětlení. Používají se ekologické LED diody a barva světla, která podporuje příjemné (studené) světlo. Nově vyrobené tramvaje jsou podrobeny zkouškám v neextremnějších podmínkách ve speciální klimatické laboratoři. Na místě je tramvaj zkoušena při různém počasí – obří větráky pro měření teplotních ztrát za vyšších rychlostí, halogenové lampy pro simulaci horkých letních dní, i regulátory vlhkosti umožňující vytvořit déšť či dokonce sníh. Díky rekuperaci, tj. vracení nadbytečné energie zpět do sítě, měla by tramvaj za dvacet let spotřebovat polovinu energie oproti dnešku. Hlavním cílem městské hromadné dopravy je zlepšení životního prostředí na území Ostravy. Toho se dá dosáhnout pomocí alternativních zdrojů pohonu vozidel a sdílení vozidel můžeme dosáhnout zlepšení životního prostředí. Cestou k budoucím úsporám v MHD by mělo být nasazování moderních a jednodušších jednotek.

Tab.15 Dopravní výkony a náklady MHD pro rok 2012 a 2013

	2012	2013
Vozové kilometry MHD (v tis.km)	33773	32214
Místové kilometry MHD (v tis. km)	3 469 792	3 311 458
Náklad na 100 místových km (v Kč)	46,53	48,63
Náklad na 1 vozový kilometr (v Kč)	47,80	49,99

Tab.16 Dopravní výkony a náklady MHD pro rok 2013 a 2014

	2013	2014
Vozové kilometry MHD (v tis.km)	32214	31820
Místové kilometry MHD (v tis. km)	3 311 458	3 301 825
Náklad na 100 místových km (v Kč)	48,63	48,00
Náklad na 1 vozový kilometr (v Kč)	49,99	49,81

V roce 2012 veškerá MHD ujela 33773 tis. km, oproti roku 2013 MHD ujela 32214 tis.km. Rozdíl kilometrů je 1559 tis. km. Nevýhodou je vysoká cena paliva, na jeden kilometr pro rok 2012 připadá 47,80 Kč, naopak v roce 2013 stál jeden vozový kilometr 49,99 Kč. Došlo ke zdražení paliva o 2,10 Kč. V roce 2014 vozidla MHD ujela 31820 tis.km vozových kilometrů, což je oproti roku 2013 méně. Celkem vozidla MHD v roce 2014 vozidla ujela 3 301 825 tis.km v rámci města Ostravy. V roce 2014 stál jeden vozový kilometr 49,81 Kč, tato částka s rokem 2013 je téměř totožná. Rozdíl činí 0,18 Kč.

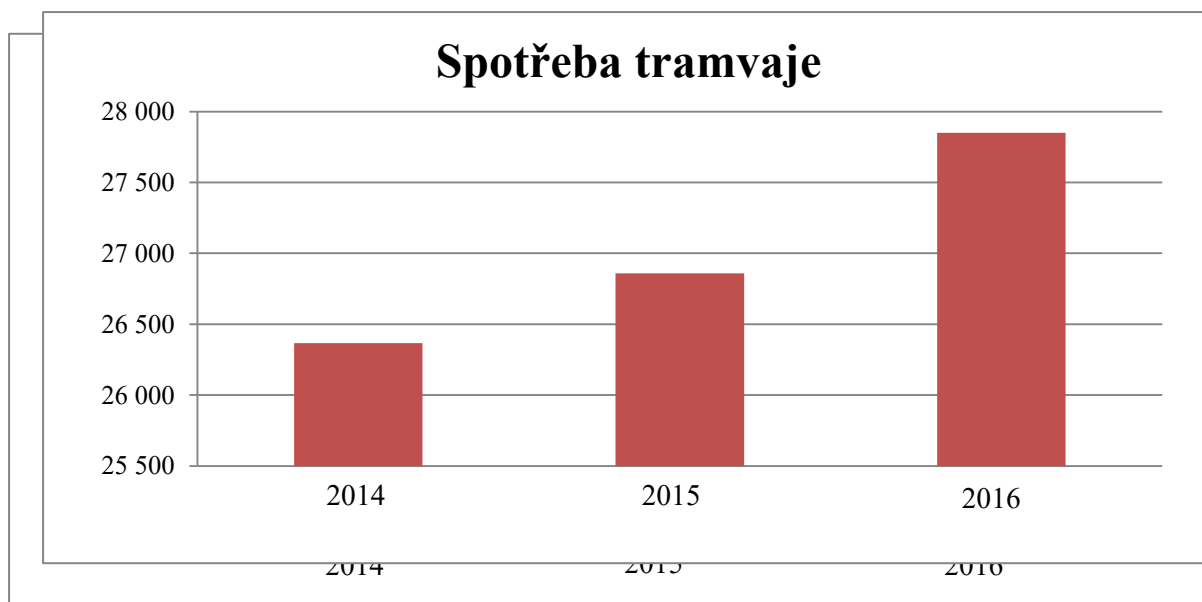
ELEKTRICKÁ ENERGIE		2014	2015	2016
TRAMVAJE				
UJETÉ (přepočtené)	tis. vozkm	12 980	15 322	15 098
UJETÉ	tis. místkm	1 685 862	1 700 236	1 673 479

SPOTŘEBA	MWh	26 367	26 858	27 850
SPOTŘEBA MĚRNÁ	kWh/vozkm	2,0314	1,7529	1,8446
SPOTŘEBA MĚRNÁ	kWh/100místkm	1,5640	1,5796	1,6642
TROLEJBUSY				
UJETÉ (přepočtené)	tis. vozkm	3 092	2 784	3 299
UJETÉ	tis. místkm	253 770	221 972	261 143
SPOTŘEBA	MWh	5 360	4 740	5 502
SPOTŘEBA MĚRNÁ	kWh/vozkm	1,7336	1,7026	1,6679
SPOTŘEBA MĚRNÁ	kWh/100místkm	2,1121	2,1354	2,1070

Tab.17 Spotřeba trakční energie pro závislou trakci

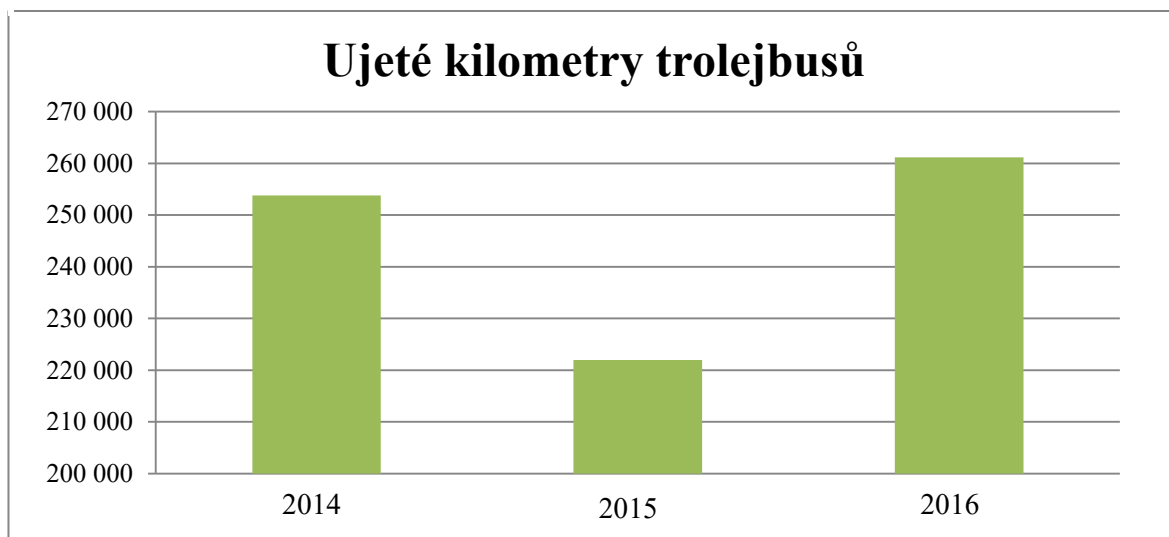
Graf č.11 Ujeté kilometry tramvaje

V rámci města Ostravy městská hromadná doprava každý rok naježdí několik tisíců až milionů kilometrů. Chtěl bych se zaměřit na tramvajovou dopravu. V roce 2014 tramvaje najezdily celkem 1 685 862 místových kilometrů. Víme, že jeden nákladový kilometr stojí přibližně 49 Kč. Když si spočítáme cenu najetých kilometrů, tak dostáváme celkovou částku 82607238 Kč. Tramvaje za jeden měsíc celkem najely 140488,5 km, což cenová bilance je 6883936 Kč. Za jeden den tramvaje najely 4618 km, tj. 226282 Kč. V roce 2015 tramvaje ujely 1 700 236 km. V tomto roce to je nejvíce najetých kilometrů. Když si spočítáme cenu, tak dostáváme částku za rok 2015 83311564 Kč. Oproti roku 2014 cena narostla o 704326 Kč. Za měsíc tramvaje najely 141686 km, což je 6942630 Kč. Za jeden den tramvaje najely 4658 km, to znamená 228242 Kč. V roce 2016 bylo najeto 1 673 479 km, což cenově to vychází na 82000471 Kč. Za měsíc tramvaje ujely 139456 km. Oproti roku 2015 to je 2230 km méně.



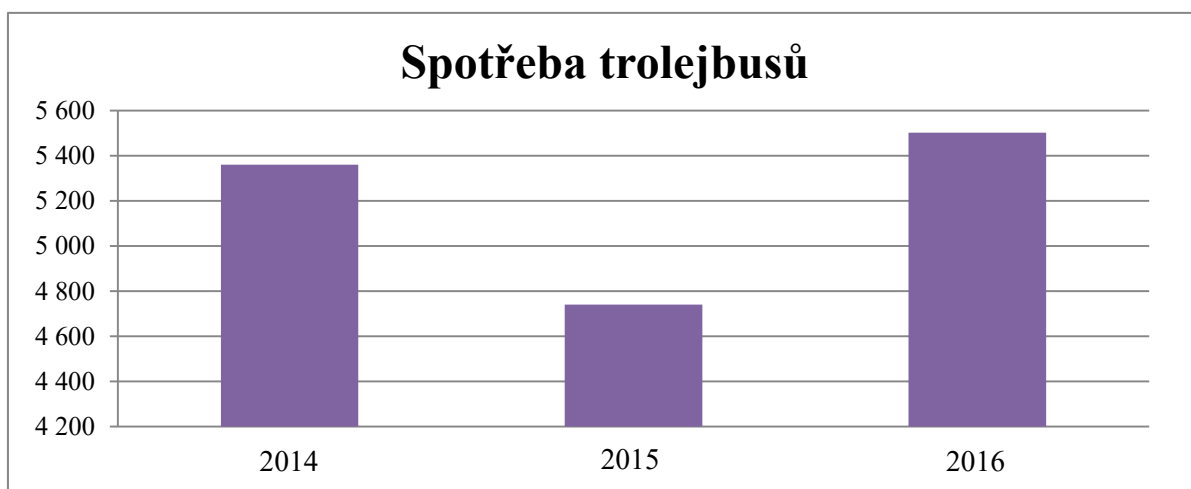
Graf č.12 Spotřeba tramvaje v MWh v rámci Ostravy

V roce 2014 byla spotřeba tramvají velice nízká, a to 26 367 MWh. Ve spotřebě jsou zahrnuty ztráty při rozjezdu i brzdění tramvaje, osvětlení vozidel, vytápění soupravy tramvaje. Moderní tramvaje v zahraničí mají ve svém systému superkapacitory, které šetří energii tramvaje. V roce 2015 spotřeba tramvají narostla na hodnotu 26 858 MWh. Oproti roku 2014 spotřeba se zvýšila o 491 MWh. V roce 2016 došlo ke zvýšení spotřeby tramvají na hodnotu 27 850 MWh, oproti roku 2015 se zvýšila spotřeba o 992 MWh.



Graf č.13 Ujeté kilometry trolejbusů

Trolejbusová doprava v rámci Ostravy se vyskytuje pouze z části. Víme, že trolejbusy ujely menší počet kilometrů oproti tramvajové dopravě. V roce 2014 trolejbusy najely 253 770 km, což znamená, že celková najetá cena se odhaduje 12434730 Kč. Předpokládáme nákladový kilometr 49 Kč. V roce 2015 trolejbusy najely 221 972 km, kde náklady činí 10876628 Kč. Rozdíl mezi roky 2014 a 2015 je cenově 1558102 Kč. V roce 2016 trolejbusy ujely 261443 km, tj. největší počet najetých kilometrů oproti roku 2014, 2015. Trolejbusová vozidla v provozu jsou neustále provozně zatěžována, největší dopad to má hlavně na ekonomiku spotřeby paliva a snížení životností vozidel (opotřebení pneumatik, opotřebení uhlíků na sběrači, atd.).



Graf č.14 Spotřeba trolejbusů v MWh v rámci Ostravy

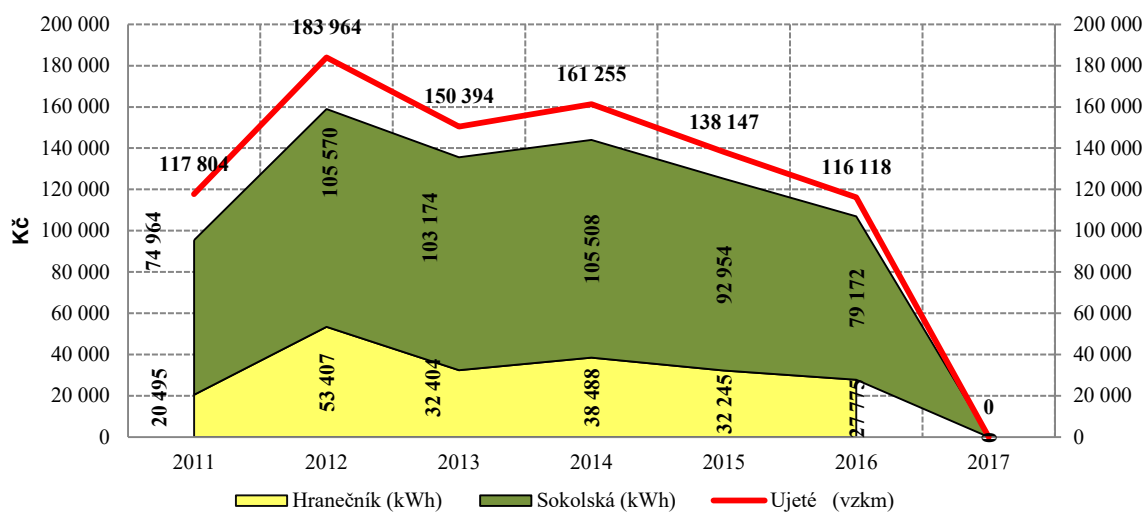
V roce 2014 spotřeba trolejbusů byla 5360 MWh, oproti spotřebě tramvají to je 5 krát méně spotřeby. Spotřebou rozumíme ztráty při rozjezdu i brzdění trolejbusů, osvětlení vozidel, vytápění soupravy trolejbusů. V roce 2015 trolejbusy měly spotřebu 4 740 MWh. Oproti roku 2014 je rozdíl spotřeb 620 MWh. Z celkové spotřeby trolejbusů může 40 % připadnout na klimatizaci při letních teplotách. Snahou je jezdit za ekonomickou cenu. V roce 2016 trolejbusy měly spotřebu 5 502 MWh. Můžeme říci, že za rok 2016 spotřeba velice stoupla na rozdíl od roku 2014, 2015. Hlavní výhodou je ekologičnost, možnost rekuperačního brzdění, nižší cena trakční energie. Nevýhodou je kratší životnost vozidel, vyšší pořizovací cena trolejbusu.

Tab.18 Náklady elektřiny elektrobuseů

Rok	Hranečník (kWh)	Sokolská (kWh)	Ujeté (vzkm)
2011	20 495	74 964	117 804
2012	53 407	105 570	183 964
2013	32 404	103 174	150 394
2014	38 488	105 508	161 255
2015	32 245	92 954	138 147
2016	27 775	79 172	116 118
2017	0	0	0

Graf č.15 Náklady elektřiny elektrobuseů v rámci Ostravy

Náklady elektřiny elektrobuseů



Spotřeba elektřiny elektrobuseů v jednotlivých letech, a to na Hranečníku i na Sokolské třídě v Ostravě, měla energetický průběh rostoucího či klesajícího charakteru, můžeme vidět v grafu. V roce 2011 se na Hranečníku energetická bilance pohybovala kolem 20 945 kWh. Na Sokolské byla energie 74 964 kWh. Rozdíl těchto energií je 54 019 kWh. V roce 2011 elektrobusey najely celkem 117 804 km. V roce 2012 na Hranečníku byla naměřena energie 53 407 kWh, což oproti roku 2011 je o 32 462 kWh více. Na Sokolské byla naměřena energie 105 570 kWh, vloni byla energie menší, a to o 30 606 kWh. Elektrobusey v roce 2012 najely celkem 183 964 km. V roce 2013 na Hranečníku byla naměřena energie 32 404 kWh, což oproti roku 2012 tj. o 21 003 méně. Na Sokolské byla energie 103 174 kWh. Můžeme říci, že energie poklesla o 2396 kWh oproti roku 2012. V roce 2013 elektrobusey celkem najely 150 394 km. V roce 2012 celkem elektrobusey ujely 183 964 km, v roce 2013 je tedy pokles o 33 570 km. V roce 2014 byla spotřeba elektrické energie na Hranečníku 38 488 kWh a na Sokolské se naměřila elektrická energie o hodnotě 105 508 kWh. Za rok 2014 celkem ujetých vozových kilometrů bylo 161 255 km.

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Seznam tabulek:

Tab.1 Kapacita dopravních prostředků	6
Tab.2 Počet přepravovaných osob v MHD v ČR v roce 2016	6
Tab.3 Počet prodaných jízdenek (v tis. ks)	20
Tab.4 Vybrané ukazatele dle trakce	21

Tab.5 Vybrané ukazatele dle trakce	22
Tab.6 Vybrané ukazatele dle trakce	23
Tab.7 Počet přepravených osob (v tis. osob)	24
Tab.8 Počet prodaných jízdenek (v tis. ks)	25
Tab.9 Vybrané ukazatele dle trakce	26
Tab.10 Vybrané ukazatele dle trakce	27
Tab.11 Vybrané ukazatele dle trakce	28
Tab.12 Počet přepravených osob (v tis.osob)	29
Tab.13 Technické parametry tramvají	30
Tab.14 Technické parametry trolejbusů	30
Tab.15 Dopravní výkony a náklady MHD pro rok 2012 a 2013	31
Tab.16 Dopravní výkony a náklady MHD pro rok 2013 a 2014	31
Tab.17 Spotřeba trakční energie pro závislou trakci	32
Tab.18 Náklady elektřiny elektrobusů	35

Seznam obrázků:

Obr.1 Nejstarší provozuschopná tramvaj v České republice	2
Obr.2 Tramvaj typu T1	3
Obr.3 Třívozová historická souprava metra	4
Obr.4 Historická podoba trolejbusu	4
Obr.5 Tramvajová žlábková kolejnice	7

Obr.6 Tramvajová výhybka	8
Obr.7 Napájení městských elektrických drah	9
Obr.8 Trolejový vodič s průřezem 100 mm ²	10
Obr.9 Profil napájecí kolejnice pro metro	11
Obr.10 Napájecí kolejnice metra	11
Obr.11 Principiální schéma stejnosměrného sériového motoru, závislost momentu a otáček na proudu při konstantním svorkovém napětí	12
Obr.12 Principiální schéma asynchronního motoru	12
Obr.13 Momentová charakteristika asynchronního motoru	13
Obr.14 Tramvaj typu T3 v Ostravě	14
Obr.15 Trakční obvod rozjezdu (vlevo) a jízdy (vpravo)	15
Obr.16 Trakční obvod elektrického brzdění	16
Obr.17 Technický náčrt kolejnicové brzdy	17
Obr.18 Trakční motor TE 022	18
Obr.19 Trakční motor metra	18
Obr.20 Souprava metra M1	19
Obr.21 Schéma trakčních obvodů vozů M1	19

Seznam grafů:

Graf č.1 Porovnání jízdenek za rok 2012 a 2013	20
Graf č.2 Porovnání tramvajové dopravy pro rok 2012 a 2013	21
Graf č.3 Porovnání trolejbusové dopravy pro rok 2012 a 2013	22
Graf č.4 Porovnání autobusové dopravy pro rok 2012 a 2013	23
Graf č.5 Porovnání počtu přepravených osob (v tis. osob)	24

Graf č.6 Porovnání počtu prodaných jízdenek (v tis ks)	25
Graf č.7 Porovnání tramvajové dopravy pro rok 2013 a 2014	26
Graf č.8 Porovnání trolejbusové dopravy pro rok 2013 a 2014	27
Graf č.9 Porovnání autobusové dopravy pro rok 2013 a 2014	28
Graf č.10 Porovnání počtu přepravených osob (v tis.osob)	29
Graf č.11 Ujeté kilometry tramvaje	32
Graf č.12 Spotřeba tramvaje v MWh	33
Graf č.13 Ujeté kilometry trolejbusů	33
Graf č.14 Spotřeba trolejbusů v MWh	34
Graf č.15 Náklady elektřiny elektrobusů	35

Seznam použité literatury:

- [1]*Tramvajová doprava v Ostravě* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tramvajov%C3%A1_doprava_v_Ostrav%C4%9B
- [2]*Nejstarší tramvaj v České republice.* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: https://plzen.idnes.cz/po-plzni-vyjedou-historicke-vozy-mhd-vcetne-dedecka-krizika-plu-/plzen-zpravy.aspx?c=A110729_130618_plzen-zpravy_alt
- [3]*Tramvajová doprava ve světě.* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tramvajov%C3%A1_doprava

- [4] *Historické tramvaje*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: http://prahamhd.vhd.cz/Tramvaje/hist_tram.htm
- [5] KUBÁT, Bohumil a PENC Miroslav. *Městská kolejová doprava*. Praha: ČVUT, 2001. ISBN 80 – 01 – 02117 - 3
- [6] *Pražské metro*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: http://praha.idnes.cz/sovetske-soupravy-ecs-v-prazskem-metru-f0d-/praha-zpravy.aspx?c=A131016_134657_praha-zpravy_sfo
- [7] *Historie trolejbusů*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: http://www.trolejbusyvpraze.net/tb_historie.htm
- [8] *Historická podoba trolejbusu*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://zlin.cz/509531n-prazdninove-nedele-budou-po-zline-jezdit-historicke-trolejbusy>
- [9] KUBÁT, Bohumil a PENC Miroslav. *Městská kolejová doprava*. Praha: ČVUT, 2001. ISBN 80 – 01 – 02117 - 3
- [10] *Charakteristika tramvajové dopravy*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://projekt150.havel.cz/node/171>
- [11] *Tramvajová kolejnice*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kolejnice>.
- [12] *Tramvajová kolejnice*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tramvajov%C3%A1_kolejnice,_%C5%99ez.jpg
- [13] *Tramvajová výhybka*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: http://www.mhd-ostrava.cz/?s=tramvajove_vyhybky
- [14] DOLEČEK, Radovan a ČERNÝ Ondřej. *Trakční napájecí soustavy* [online]. Univerzita Pardubice Dopravní fakulta Jana Pernera [cit. 2017-03-16].
- [15] *Elektrické distribuční systémy pro napájení elektrických drah*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: File:///C:/Users/DELL/Desktop/VŠB%20-%20TU%20OSTRAVA/3.ročník/Bakalářský%20seminář%20I,II/prednaska_07.pdf
- [16] KUBÁT, Bohumil a PENC Miroslav. *Městská kolejová doprava*. Praha: ČVUT, 2001. ISBN 80 – 01 – 02117 - 3
- [17] *Tramvajová trakce*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: http://www.mhd-ostrava.cz/?s=tramvajova_trakce
- [18] *Přívodní napájecí kolejnice metra*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/TECH/kolejnice.htm>
- [19] *Napájecí kolejnice metra*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Muzeum_MHD,_nap%C3%A1jec%C3%AD_kolejnice_metr_a.jpg
- [20] DUDEK, Milan. *Trakční motory*. 2013. Západočeská univerzita v Plzni
- [21] VRÁNA, Václav a KOČMAN Stanislav. *Stejnoseměrné stroje*. 2004. VŠB- TU Ostrava.

- [22] *Princip asynchronního motoru* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.pohonnatechnika.cz/skola/motory/asynchronni-motor/princip-asynch-motoru>
- [23] VRÁNA, Václav. *Asynchronní stroje* [online]. 2005 [cit. 2017-03-17]. VŠB - TU Ostrava.
- [24] MIŽDOCH, Martin. *Využití elektrické trakce v kolejové dopravě* [online]. 2013 [cit. 2017-03-17]. Bakalářská práce. VŠB - TU Ostrava.
- [25] MIŽDOCH, Martin. *Využití elektrické trakce v kolejové dopravě* [online]. 2013 [cit. 2017-03-17]. Bakalářská práce. VŠB - TU Ostrava.
- [26] *Trámcová brzda tramvaje*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tatra_T3,_kolejnicov%C3%A1_brzda.jpg
- [27] MIŽDOCH, Martin. *Využití elektrické trakce v kolejové dopravě* [online]. 2013 [cit. 2017-03-17]. Bakalářská práce. VŠB - TU Ostrava.
- [28] *Trakční motor TE 022*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <https://k5.sh.cvut.cz/~oskar/T3SU/T3SU-04-Trakcni.motor.TE.022.pdf>
- [29] *Trakční motor tramvaje*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/cs/produkty/trakcni-motory/trakcni-motory-pro-tramvaje/>
- [30] *Souprava metra M1*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.metropraha.wbs.cz/Typy-metra.html>
- [31] *Trakční motor metra*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/reference/trakcni-vybaveni-pro-metro/?from=prod>
- [32] *Základní technické údaje metra M1*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/M1/M1.htm>
- [33] *Souprava metra M1*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.metropraha.wbs.cz/Typy-metra.html>
- [34] *Schéma trakčních obvodů vozů M1*. [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://158.193.216.40/kvesnew/dokumenty/ET/Dr.-07-Prorail.pdf>