



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Bc. Markéta Hofmanová

**VYUŽITÍ PARCIÁLNÍCH TROLEJBUSŮ V MHD MĚSTA  
ÚSTÍ NAD LABEM**

Diplomová práce

**2018**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy**

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Markéta Hofmanová**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů**

Název tématu (česky): **Využití parciálních trolejbusů v MHD města Ústí nad Labem**

Název tématu (anglicky): Use of Partial Trolleybuses in Public Transport in the City of Ústí nad Labem

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Historie a analýza stávající sítě MHD v Ústí nad Labem
- Alternativní dopravní prostředky v MHD
- Možné využití parciálních trolejbusů ve vztahu k rozvoji stávající sítě MHD v Ústí nad Labem
- Kalkulace nákladů pro provoz parciálních trolejbusů
- Ekonomické vyhodnocení investice do parciálních trolejbusů






- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: DUCHOŇ, B. Inženýrská ekonomika. Praha: C. H. Beck, 2007  
EISLER, J., KUNST, J., ORAVA, F. Ekonomika dopravního systému. Praha: Oeconomica, 2011

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2017**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2018**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
.....  
doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu logistiky a managementu dopravy

  
  
.....  
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

  
.....  
Bc. Markéta Hofmanová  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 7. června 2018

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji doc. Ing. Zdeňkovi Říhovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je milou povinností poděkovat své rodině a blízkým za morální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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

V Děčíně dne 30. 11. 2018

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

VYUŽITÍ PARCIÁLNÍCH TROLEJBUSŮ V MHD MĚSTA  
ÚSTÍ NAD LABEM

Diplomová práce

Listopad 2018

Bc. Markéta Hofmanová

**ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá využitím parciálních trolejbusů v současném provozu městské hromadné dopravy města Ústí nad Labem, které disponuje trolejbusovou páteří a autobusovou dopravou. Autobusy s dieselovým pohonem jsou nyní na ústupu a začínají se využívat jiné alternativní dopravní prostředky, které neprodukují žádné lokální emise. Cílem práce je navrhnout možnosti rozšíření stávající trolejbusové sítě pomocí parciálních trolejbusů, dále navrhnout konkrétní trasy, kde by bylo možné parciální trolejbusy nasadit do provozu, a následně zhodnotit a porovnat investiční náklady, které jsou s pořízením a provozem parciálních trolejbusů spojeny. Pro celkové zhodnocení a porovnání investičních nákladů je v práci využita metodika kalkulace nákladů v silniční dopravě.

**KLÍČOVÁ SLOVA**

Ústí nad Labem, městská hromadná doprava, trolejbusová doprava, parciální trolejbus, kalkulace nákladů

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the use of partial trolleybuses in the current traffic of urban public transport of the city Ústí nad Labem, which has trolleybus transport and bus transport across the city. Diesel buses are retreating to other alternative means of transport, which do not produce any local emissions. The aim of this thesis is to propose possibilities of extending current trolleybus transport with the use of partial trolleybuses, propose certain routes where partial trolleybuses could be included in urban public transport and then evaluate and compare the investment costs, which include the purchase and service of partial trolleybuses. For the overall evaluation and comparison of investment costs, is used in the thesis the methodology of cost calculation in road transport.

## **KEYWORDS**

Ústí nad Labem, public transport, trolleybus transport, partial trolleybus, cost calculation

## Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	8
Úvod .....	9
1. Historie a analýza stávající sítě MHD v Ústí nad Labem .....	11
1.1 Charakteristika města Ústí nad Labem .....	11
1.2 Doprava.....	12
1.3 Historie MHD v Ústí nad Labem .....	12
1.3.1 Tramvajový provoz v MHD .....	13
1.3.2 Autobusový provoz v MHD.....	17
1.3.3 Trolejbusový provoz v MHD .....	20
1.4 Současný stav trolejbusové dopravy v MHD.....	24
2. Alternativní dopravní prostředky v MHD.....	28
2.1 Autobusy na plynná motorová paliva .....	29
2.1.1 Využití LNG a CNG .....	29
2.1.2 Blue Corridors.....	31
2.1 Autobusy na vodíkové palivové články .....	32
2.2 Autobusy a trolejbusy na elektrický pohon.....	35
2.2.1 Parciální trolejbusy.....	38
2.2.2 Parciální trolejbusy v MHD města Teplice .....	41
3. Možnosti využití parciálních trolejbusů v rozvoji stávající sítě MHD v Ústí nad Labem.....	43
3.1 Návrh rozšíření linek pro parciální trolejbusy .....	46
3.2 Návrh pro rozšíření trolejového trakčního vedení .....	52
4. Kalkulace nákladů v silniční dopravě .....	53
4.1 Otázky a hypotézy .....	55
4.2 Postup řešení .....	56
4.2.1 Kalkulace nákladů – autobus .....	64
4.2.2 Kalkulace nákladů – trolejbus.....	66
4.2.3 Kalkulace nákladů – parciální trolejbus .....	68
5. Celkové zhodnocení investice do parciálních trolejbusů.....	70

Závěr .....	73
Použité zdroje .....	74
Seznam obrázků .....	77
Seznam tabulek .....	78
Seznam příloh .....	78



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

a.s.	Akciová společnost
apod.	A podobně
atd.	A tak dále
CNG	Stlačený zemní plyn
č.	Číslo
ČD	České dráhy
DP	Dopravní podnik
DPH	Daň z přidané hodnoty
DPmUL	Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s.
hod.	Hodina – jednotka času
JNV	Jednotný národní výbor
Kč	Korun českých
kg	Kilogram – jednotka hmotnosti
km	Kilometr – jednotka délky
km/h	Kilometr za hodinu - rychlost
ks	Kus – množství
kWh	Kilowatthodina – jednotka energie
l	Litr – jednotka objemu
LNG	Zkapalněný zemní plyn
m	Metr – jednotka délky
MHD	Městská hromadná doprava
min.	Minuta – jednotka času
např.	Například
OD	Obchodní dům
tzv.	Takzvaně
ul.	Ulice
V	Volt – jednotka elektrického napětí

## Úvod

Diplomová práce se zabývá tématem „Využití parciálních trolejbusů v MHD města Ústí nad Labem“. Parciální trolejbusy mají do budoucna představovat rozšíření stávající sítě městské hromadné dopravy města Ústí nad Labem. Městskou hromadnou dopravu ve městě Ústí nad Labem v současné době zajišťuje společnost Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. Trolejbusy tu již 30 let tvoří hlavní páteřní síť městské hromadné dopravy (dále jen MHD). Na základě historických zkušeností byla síť linek MHD vybudována tak, aby odpovídala problematickému terénu města, který se vyznačuje poměrně velkým výškovým převýšením. Až do roku 1988 zajišťovaly přepravu osob po celém městě a v přilehlých obcích výhradně autobusové linky. Město se následně rozhodlo zlepšit situaci z hlediska životního prostředí, a tím vznikl podnět k vybudování a provozování trolejbusové dopravy. Dalším důvodem bylo zdražování ceny ropy. V současnosti je autobusová doprava ve městě kombinována s trolejbusovou dopravou. Autobusová doprava obsluhuje periferní oblasti, naproti tomu trolejbusová doprava obsluhuje centrum města a navazující periferní části, které jsou charakteristické hustou panelovou zástavbou. Trolejbusová doprava města Ústí nad Labem zaujímá významné místo ve srovnání s ostatními dopravními podniky v České republice, nejen z hlediska dopravní obslužnosti. Z hlediska délky trolejbusových linek zaujímá druhé místo v rámci České republiky. Z pohledu počtu trolejbusů a dopravních výkonů je třetí největší trolejbusovou dopravou v České republice.

Elektromobilita představuje slibný koncept v městských aglomeracích, které usilují o zlepšení životního prostředí z hlediska dopravy. Města stále ve velkém množství využívají vozidla, která jsou poháněna energií získanou pomocí spalování fosilních paliv. Jedno z řešení, jak snížit lokální emise v hustě osídlených oblastech, které jsou nejvíce produkovány z dopravních prostředků, je zavádění elektrifikace individuální osobní dopravy ale také hromadné dopravy. Podobná situace se týká i hluku. Doprava způsobuje nadměrnou hlukovou zátěž pro obyvatele nejen velkých měst ale i sídel, která lemují frekventované dopravní tahy. Pro města, která disponují trolejbusovou sítí v kombinaci s autobusovou dopravou, se nabízí možnost využití alternativních dopravních prostředků, které neprodukují žádné lokální emise a představují menší hlukovou zátěž. Takovými dopravními prostředky mohou být vodíkové autobusy, elektrobusesy, hybridní vozidla typu parciální trolejbus, který k pohonu mimo trakční trolejové vedení využívá trakční baterii umístěnou většinou na střešní nebo zadní části vozidla.

Trolejbus všeobecně patří mezi ekologické dopravní prostředky, má své výhody, ale také nevýhody. Provoz dopravních prostředků s využitím elektrické energie je také všeobecně ekonomicky výhodnější. Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. stále usiluje o rozvoj trolejbusové dopravy, díky investicím do obnovy vozového parku trolejbusů, měníren, zázemí

trolejbusové vozovny, do lidských zdrojů (pracovníci údržby trolejbusů) a trakční sítě. Novinku v trolejbusové dopravě by měly představovat tzv. parciální trolejbusy s pomocným bateriovým pohonem, které by umožnily zajistit dopravní obslužnost špatně dostupné městské části Střekov v době uzavírek a dalších částí města, kde by nebylo potřeba budovat nové trakční trolejové vedení.

Úvodní kapitola diplomové práce představí charakteristiku města Ústí nad Labem s ohledem na dopravu ve městě a jeho okolí. Dále se práce bude zabývat historií MHD se zaměřením na tramvajovou, autobusovou a trolejbusovou dopravu spolu s analýzou stávající sítě. Druhá kapitola se bude zabývat možnými alternativními dopravními prostředky se soustředěním na parciální trolejbusy, které se mohou využít v současném provozu MHD. Ve třetí kapitole bude zpracován návrh tras možného využití parciálních trolejbusů v rámci stávající sítě MHD Ústí nad Labem s ohledem na výškové převýšení a následně bude vybrána jedna z navrhovaných tras, která bude sloužit pro následující čtvrtou kapitolu, kde bude vypočtena kalkulace nákladů pro tři druhy dopravních prostředků, a to pro 18 m kloubový nízkopodlažní autobus s dieselovým pohonem, 18 m kloubový nízkopodlažní klasický trolejbus a 18 m kloubový nízkopodlažní parciální trolejbus. Za užití metodiky kalkulace nákladů v silniční dopravě a dat poskytnutých Dopravním podnikem města Ústí nad Labem a.s. a Magistrátem města Teplice, odborem dopravy, budou potvrzeny/vyvráceny hypotézy, které předpokládají, zda je využití parciálních trolejbusů v rámci stávající sítě MHD ekonomicky výhodné nebo nevýhodné v porovnání s dieselovým autobusem nebo klasickým trolejbusem. V závěrečné kapitole bude uvedeno celkové zhodnocení investice do parciálních trolejbusů.

# 1. Historie a analýza stávající sítě MHD v Ústí nad Labem

V úvodní kapitole diplomové práce je uvedena stručná charakteristika města Ústí nad Labem, analýza tramvajové, autobusové a trolejbusové dopravy z hlediska historického vývoje.

## 1.1 Charakteristika města Ústí nad Labem

Město Ústí nad Labem se nachází v severozápadních Čechách v oblasti lemující Krušné Hory a České středohoří. Město leží v členitém terénu na soutoku vodních toků Bíliny a Labe. V hlavním městě Ústeckého kraje sídlí řada hlavních státních institucí a průmyslových podniků. Tradičně se jedná o průmyslové město. Poloha města značně ovlivňuje socioekonomický vývoj. Ve městě žije celkem 93 040 obyvatel a rozloha zaujímá zhruba 94 km<sup>2</sup>. Město Ústí nad Labem se člení na čtyři městské obvody (Střekov, Ústí nad Labem – město, Předlice a Severní Terasa), dále se člení na 22 městských částí, 26 katastrálních území a 89 základních sídelních jednotek. Důležité změny v prostorovém uspořádání města Ústí nad Labem proběhly po roce 1991, kdy se odpojily Chabařovice, Chlumeck a Ryjice a v roce 1994 se vytvořila samostatná obec Trmice (Statutární město Ústí nad Labem, online).

Město je charakteristické rozsáhlou panelovou zástavbou, chybí zde historické jádro, panelová zástavba je vidět na obrázku 1. Centrum města zahrnuje převážně administrativní budovy, dále pak kulturní objekty apod. Pro Ústí nad Labem jsou charakteristická panelová sídliště, která bývají lokálně oddělena a rozmístěna členitě na okraji města.



**Obrázek 1: Město Ústí nad Labem**  
(zdroj: Statutární město Ústí nad Labem, online)

## 1.2 Doprava

Město Ústí nad Labem je především významnou dopravní křižovatkou, je zde zahrnuta silniční, železniční a vodní doprava. Městská část Střekov je spojena s centrem města třemi mosty, z nichž jeden je železniční a zbylé dva mosty slouží pro silniční dopravu. Trolejbusová doprava v MHD využívá především most Dr. E. Beneše. Významnou pozemní komunikací je silnice E 442, která Ústí nad Labem spojuje s městy Liberec, Děčín, Teplice, Most, Chomutov a Karlovy Vary. Jsou zde zastoupeny i silnice první třídy č. I/8, č. I/30 a č. I/13, dálnice D8 prochází západní částí města a umožňuje transit mezi městy Berlín – Praha. Díky dálnici D8 se velká většina nákladní dopravy odklonila z centra města. Ústí nad Labem představuje důležitý železniční uzel. Do města směřuje celkem šest železničních tratí, všechny tyto tratě jsou v současné době dvoukolejné a elektrifikované. Ve městě se nachází celkem čtyři nádraží (Západ, Sever, Střekov a hlavní nádraží). Železniční trať s označením č. 090 představuje I. tranzitní mezinárodní železniční koridor. Do budoucna je plánovaná výstavba vysokorychlostní železniční tratě, která by měla za úkol spojit Prahu s německým městem Drážďany (Odbor strategického rozvoje Magistrátu města Ústí nad Labem, 2007, online).

Ve městě Ústí nad Labem je pro MHD využívána především autobusová a trolejbusová doprava. V minulosti byla využívána tramvajová doprava, město se však potýká s problematickým terénem, který historicky tramvajovou dopravu značně ztěžoval. Trolejbusové linky, které v současné době fungují, nesou označení pomocí číselné řady od 51 do 62. Autobusové linky obsluhují i přiléhající města Chabařovice a Trmice, dále obce Stebno, Přestanov, Dolní Zálezly, Řehlovice, Habrovany a Krupku u Teplic. Od 7. 12. 2010 byla zprovozněna lanová dráha, která spojuje místní obchodní centrum FORUM se zámečkem Větruše a je také součástí současného provozu MHD (Odbor strategického rozvoje Magistrátu města Ústí nad Labem, 2007, online).

## 1.3 Historie MHD v Ústí nad Labem

MHD jako systém vznikla v důsledku přeměny středověkých měst na moderní střediska průmyslu a obchodu. Potřeba přepravy stále většího počtu cestujících uvnitř zastavěných ploch byla impulsem pro rozvoj MHD. Železnice tento úkol nebyla schopna plnit a individuální doprava byla v dobách svého vzniku dostupná jen velmi malé skupině obyvatel.

S postupně rostoucí zástavbou měla uliční síť stále více omezenou kapacitu. Bez velkých zásahů do zástavby nebylo možné zvětšit objem individuální dopravy. Tyto jevy se v Ústí nad Labem začaly projevovat koncem 19. století. Ústí nad Labem se postupně přeměnilo v jedno z hlavních center průmyslu, obchodu a dopravy. Hlavním důvodem byla poloha města, kterou lemoval okraj severočeské uhelné pánve v údolí Labe. V letech 1850 až 1874 byla na území dnešního města Ústí nad Labem vybudována železniční síť, této možnosti využila

řada firem, a tím začala výstavba některých závodů. Přílivem nových obyvatel se začala rychle rozrůstat zastavěná oblast celé aglomerace, což bylo hlavním impulsem k zajištění dopravy mezi obytnými a průmyslovými částmi města. Od roku 1894 byla zkoumána varianta výstavby tramvajové sítě a elektrárny, která by primárně sloužila jako zdroj elektrického proudu pro dopravu a obyvatele města. V roce 1896 bylo vyhlášeno výběrové řízení na výstavbu a provoz právě zmíněné tramvajové sítě a elektrárny. Toto výběrové řízení vyhrála rakouská pobočka německého elektrotechnického koncernu Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft. V roce 1899 byly postaveny první tratě a areál elektrárny s vozovnou tramvajových vozů (Grisa, 2009).

### 1.3.1 Tramvajový provoz v MHD

V současné době tramvaje v ulicích města Ústí nad Labem neexistují. Poslední vzpomínka na tramvajový provoz se nachází v ul. Bílinská, jak lze vidět na obrázku 2. V této kapitole je uveden krátký průřez historií tramvajového provozu, který byl součástí města celých 71 let.



**Obrázek 2: Pozůstatek kolejí v ulici Bílinská**  
(zdroj: autor)

Vznik tramvajové sítě v Ústí nad Labem se datuje v letech 1899 až 1909. Výše uvedená parní elektrárna s vozovnou byla vybudována v areálu bývalé nemocnice na Špitálském náměstí. Dne 1. 7. 1899 byl zahájen provoz na dvou tratích. Celá tramvajová síť byla jednokolejná. Na tratích nebylo žádné traťové zabezpečovací zařízení, ve výhybnách bylo povinné křížování a postupně byl podél tratí zaveden telefon. Maximální traťová rychlost byla stanovena na 10 km/h v zástavbě a mimo zástavbu na 15 km/h. Pro zajištění provozu bylo dodáno 16 jednomotorových vozů. Na obou tratích byl stanoven sedmiminutový interval provozu přibližně od 5.00 hodin ráno do 20.00 hodin večer. V noci byl stanoven pravidelný interval linek na 30 minut.

V roce 1909 byla založena akciová společnost Strassenbahn und Electricitätswerk der Stadt Aussig, později s jednodušším názvem Electricitätswerk der Stadt Aussig, která měla za úkol zajištění a provoz elektrárny a také chod tramvajového provozu. Nový provozovatel tramvajové dopravy uskutečnil dokončení tratě Hlavní pošta – Nádraží Státní dráhy. Tato trať byla jednokolejná. Z důvodu navýšení provozu byly objednány v roce 1909 další čtyři motorové vozy a došlo k přeměně některých úseků z jednokolejných na dvojkolejné (Masarykova – Revoluční). Po zahájení tramvajového provozu k nádraží začaly přípravy největší investiční akce, společnost rozhodla o výstavbě trati z Bukova přes Všebořice, Dělouš (již zaniklá obec v 60. letech 20. století) a Varvažov k Telnici. Impulsem pro tuto výstavbu byla snaha propojit podhorské oblasti s městem, a umožnit tehdejším obyvatelům vyjížďku do netknutého prostředí Krušných hor. Stavba nové trati započala v březnu roku 1911. Výstavba i následný provoz tratě byly finančně podporovány okresním úřadem. Vzhledem k délce nové trati a nižší četnosti spojů byly objednány první vlečné vozy. Na Nový rok 1912 byl zahájen provoz na trati Nádraží Státní dráhy – Telnice malodráha. Hned v začátcích provozu se vyskytly problémy, které způsobovaly klimatické podmínky a následně i technické komplikace. Docházelo k vykolejení tramvají a následnému přerušení provozu. I přes problémy, které provoz trati provázely, si nová trať rychle získala velkou oblibu. Pro velkou frekvenci v dopravě bylo nutné vypravovat následné spoje (Grisa, 2009).

Velmi dobré ekonomické výsledky byly podnětem pro další rozvoj a budování nových úseků. Jednokolejné tratě se od počátku provozu jevily jako velmi problematické, a bylo nutné vybudovat tratě dvojkolejné. Výstavba druhé koleje na Bukov probíhala v letech 1913 až 1914. V roce 1914 započala výstavba trati do Trmic a následující rok i do Neštěmic. Kvůli nedostatku jízdního personálu se začaly od roku 1917 přijímat ženy jako řidičky. Po první světové válce byl značný úbytek strategických surovin. Zejména osobní doprava trpěla značným nedostatkem vozů. Až v roce 1922 se podařilo získat nové motorové osobní vozy z Německa. Během války začala stavba druhé koleje v úseku Na Luhách – Hlavní pošta. Tato trať měla eliminovat narušení pravidelnosti provozu, které způsobovaly posuny přes vlečkové přejezdy u chemičky (dnešní Spolchemie). V roce 1921 došlo ke změně uspořádání stavebních tratí, byl zaveden tzv. nultý kilometr, od kterého byly nově definované tratě Hlavní pošta – Trmice, Hlavní pošta – Telnice, Hlavní pošta – Neštěmice a Hlavní pošta – Státní nádraží. V tomto roce došlo i k výstavbě úseku, který vedl přes centrum města od Státního nádraží do Hrnčířské ulice. Nová trať a zlepšení stavu vozového parku umožnilo zásadní linkové vedení. Zavedly se linky Bukov – Krásné Březno – Neštěmice a Hlavní pošta – Předlice – Trmice. Zřejmě v tomto období bylo zavedeno i následující číslování linek:

- 1 Hlavní pošta – Telnice
- 2 Bukov – Předlice (tato linka nebyla pravděpodobně provozována)

- 3 Hlavní pošta – Trmice
- 4 Bukov – Krásné Březno
- 5 Bukov – Neštětice

Linka 1 byla provozována v nepravidelném intervalu 30 – 60 min. motorovými soupravami spolu s vlečnými vozy, linka 3 byla provozována v intervalu 7 min. jednomotorovými vozy 1 - 14, linky 4 a 5 v intervalu 14 min. dvumotorovými vozy (Grisa, 2009).

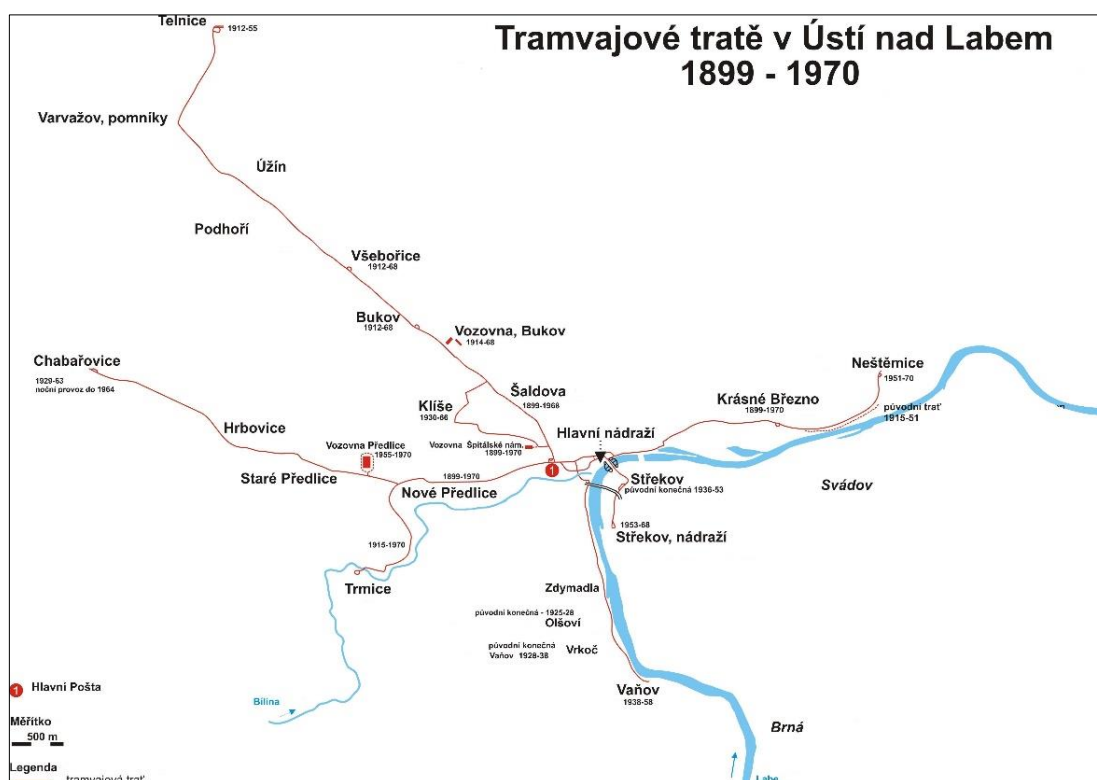
V dalších letech postupně doznívala hospodářská poválečná krize, která se projevovala snížením výkonu osobní i nákladní dopravy a město se začalo zabývat dalším rozvojem tramvajové sítě. Od roku 1923 byla zahájena přestavba původních jednomotorových vozů, která vedla k přidání druhého motoru a zvětšení rozvoru. V roce 1925 došlo ke změně z jednokolejné na dvoukolejnou trať do Krásného Března. V roce 1929 vznikla jednokolejná trať, která město spojovala se sousedními Chabařovicemi, v tomto roce byla zahájena i autobusová doprava Elektrických podniků (viz další kapitola). Před II. světovou válkou začala výstavba tratě na novém mostě přes řeku Labe, tato akce měla za úkol napojení Střekova. Střekov vznikl sloučením Novosedlic – Kramol a původní obce Střekov. Během let 1938 – 1945 byl provoz ústeckých tramvají poznamenán dopady II. světové války a to tím, že se redukoval rozsah provozu. Zásadní změna přišla 9. října 1938, kdy se zavedl pravostranný provoz. V roce 1943 bylo zrušeno 25 tramvajových zastávek. Bombardování, které město zasáhlo v dubnu roku 1945, se také podepsalo na chodu tramvajového provozu. V tomto roce byla situace ve městě velmi obtížná, nedostatek strategických surovin, kvalifikovaných pracovníků i finančních prostředků se projevoval ve všech ohledech. Po osvobození zůstávala forma městských podniků stále stejná. Společné komunální podniky města Ústí nad Labem fungovaly jen do konce července roku 1946, v tomto roce byla i zestátněna elektrárna. V roce 1951 se definitivně vyčlenil samostatný Dopravní komunální podnik JNV v Ústí nad Labem. Navazující organizace uvedeného podniku provozují MHD až do současnosti. Město se po válce začalo značně vylidňovat a pro německé obyvatelstvo bylo zakázáno používat veřejnou městskou dopravu. Docházelo k častým technickým problémům a výpadkům v dopravě (Grisa, 2009).

Dne 13. 7. 1947 došlo k tragické nehodě soupravy linky 1 ve směru od Telnice, kdy nebržděná souprava vykolejila na rozjezdové výhybce. Tato nešťastná událost si vyžádala 30 lidských životů. Pro provoz znamenala tato tragická nehoda těžkou ránu, která měla vliv i na budoucí vývoj MHD. V roce 1951 byla zahájena výstavba nové vozovny v Předlicích. Od roku 1952 byl vozový park doplňován novými tramvajemi typu 6 MT, dále byla vybudována smyčka Bukov, která umožňovala přepřahání vleků na frekventované stanici mimo centrum města (Grisa, 2009).



Dále zaniklo kolejiště před divadlem a křižovatka u Hlavní pošty také změnila svoji podobu. Uvedené změny umožnily změny linkového vedení:

- 1 Hlavní nádraží – Telnice
- 2 Trmice – Bukov
- 3 Trmice – Krásné Březno
- 4 Bukov – Střekov
- 5 Bukov – Neštětice
- 6 Divadlo – Vaňov
- 7 Chabařovice – Hlavní nádraží
- 8 Klíše – Hlavní nádraží
- 9 Staré Předlice – Hlavní nádraží



**Obrázek 3: Tramvajový provoz v Ústí nad Labem**  
(zdroj: ČNDS, 2016)

Výše uvedené linky 1, 7 a 9 byly provozovány v intervalu 40 min., linky 4 a 8 v intervalu 10 min. a ostatní linky v intervalu 20 min. Motorové vozy jezdily na linkách 4 a 6, soupravy s vleky pak jezdily na ostatních linkách. Změna tohoto linkového vedení nastala v roce 1953, kdy došlo ke zprovoznění nového úseku ke střekovskému nádraží. Od roku 1955 začalo docházet k rušení některých tratí, jako první se zrušila trať do Telnice a tím zanikla linka 1. Některé tratě zanikly v důsledku rozšiřování lomu Antonín Zápotocký. V roce 1955 byla vypracována koncepční studie, která měla zachovat tramvajový provoz na hlavních tratích ve městě

a blízkém okolí. Na lince směřující do Vaňova, a některých dalších autobusových trasách, měly být zprovozněny trolejbusy. Pro elektrickou trakci měla být zajištěna dostatečná kapacita pro napájení. V letech 1959 – 1960 došlo ke střetu mezi zástupci dopravního podniku a orgány města. Hlavní myšlenka tohoto období byla likvidace tramvajového provozu a jeho nahrazením autobusy. Nakonec bylo rozhodnuto, že tramvaje budou v provozu nejdéle do roku 1975 (Grisa, 2009).

Rozhodnutí o zrušení tramvajového provozu mělo obrovský ekonomický dopad na tehdejší dopravní podnik. Tramvaje zažily v posledních letech velký technický úpadek a údržba stávajících vozů byla neúnosná. V roce 1961 pořídilo Ústí nad Labem posledních 16 nových vozů. Přes snahu zachování alespoň některých úseků se dne 1. 6. 1970 tramvajový provoz definitivně zastavil. MHD následně vstoupila do období autobusového provozu (Grisa, 2009).

### **1.3.2 Autobusový provoz v MHD**

Autobusový provoz byl zahájen na první lince dne 19. 10. 1929 společností Elektrických podniků města Ústí nad Labem a fungoval v následujících letech, spolu s tramvajovou dopravou. Od poloviny 20. let se ve městě objevují konkurující autodopravci. Velkým problémem v tomto období byla potřeba napojení dopravy na Střekov. Do výstavby nového labského mostu nebylo možné ani zavedení tramvají. V roce 1929 bylo rozhodnuto zajištění dodávky autobusů od pražské firmy Walter. Dne 15. 10. 1929 se uskutečnila první zkušební jízda první autobusové linky Elektrických podniků města Ústí nad Labem. Linka 10 začínala u Hlavní pošty (dnešní Divadlo) dále vedla Teplickou ulicí k podjezdu u Bělského mostu. Dnes zaniklou ulicí Na Zátáčce mířila k nájezdu na jediný tehdejší labský most, kde po spodním patře přejela na pravý břeh řeky a ulicí Johanna Schichta (dnes Žukovova) dojela až na dnešní Novosedlické náměstí. Interval na této lince byl nejdříve stanoven na 20 min. celodenně. Provoz na této lince zajišťovaly dva vozy. Oproti tramvajovým linkám odbavení v autobusech zajišťovali řidiči, jednotná cena jízdného byla stanovena bez ohledu na ujetou vzdálenost (1, 50 Kč). Pro velký zájem bylo nutné pořídit další autobusy. Od února 1930 byla linka 10 prodloužena do čtvrti Klíše. Interval byl změněn na 10 min. Poté došlo k zahájení provozu na lince 9, která vedla od Hlavní pošty ve směru na Střekov (spolu s linkou 10), hned za labským mostem vedla směrem k hradu na zastávku Starý Střekov (Grisa, 2009).

V roce 1931 dochází k zavádění linek, které vedly za hranice souvislé zástavby města a přilehlých obcí, jejich provoz probíhal jen v některých dnech v týdnu, což mělo negativní dopad na ekonomiku provozu. Na autobusovém provozu se projevila i počínající hospodářská krize. V první polovině roku 1931 byly zavedeny linky 15 – 18. Linky 15 a 16 fungovaly jako dvoulinka ve směru Ústí nad Labem – Telnice – Adolfov – Mohelnice. Linka 17 vedla přes

Žďárek do Libouchce, Jílového a na Sněžník, linka 18 vedla z Ústí nad Labem přes Lipovou a Čermnou do Jílového. V roce 1932 došlo k zastavení provozu na lince 11, kvůli zavedení autobusové linky ČSD Ústí – Velké Březno. V důsledku hospodářské krize, která měla velký vliv na autobusovou dopravu, byly provedeny výrazné úpravy linkového vedení. Tyto změny vznikly jako pokus o zlepšení ekonomiky zvýšením intenzity provozu (Grisa, 2009).

Tato snaha však nedopadla podle představ a došlo k redukci autobusového provozu, převážně v letech 1932 – 1933. V tomto období na tom byla autobusová doprava hůř než tramvajová doprava. Důsledkem této krize docházelo ke sloučení některých linek (např. linky 9 a 10). Další snížení frekvence autobusových linek nastalo při zahájení provozu tramvajové trati na Střekov (Grisa, 2009).

Tak jako tomu bylo u tramvajového provozu, došlo i autobusového provozu ke změně v jízdě vpravo, okamžitě po obsazení města německým vojskem dne 9. 10. 1938. Autobusová doprava během války neustále postrádala pohonné hmoty, pneumatiky a náhradní díly. Některé linky byly značně omezeny. V roce 1940 byl provoz omezen pouze na spoje, které byly potřebné k dopravě do škol a do zaměstnání. K částečné obnově autobusové dopravy došlo opět v létě v roce 1945, kdy jako první začala fungovat linka 9 na trase Předmostí – Starý Střekov, linka 10 Předmostí – Střekov II následovala krátce poté. Na obnovu ostatních linek bohužel nedošlo. V roce 1946 přibyla linka 12 na trase Textilní – Hvězda – Bukov sanatorium, tato linka pro malý zájem brzy zanikla. V roce 1947 byla obnovena autobusová obsluha městské čtvrti Skřivánek. V tomto období představovaly autobusy stále jen doplněk tramvajové dopravy. Rozhodujícím milníkem v autobusové dopravě byl rok 1960, v tomto roce byla přijata nová koncepce dopravy ve městě, kde autobusům byla určena úloha jako jediného dopravního prostředku MHD v následujících letech. Od roku 1963 tedy docházelo k nahrazování tramvajových linek autobusovými linkami (Chabařovice, Klíše, Všebořice a Střekov). Tempo těchto náhrad bylo ovlivňováno rozšiřováním vozového parku. Hromadné dodávky nových autobusů měly za následek úplné zastavení tramvajového provozu v roce 1970. Autobusy se staly jediným dopravním prostředkem MHD se všemi dopady. Negativní dopady zahrnovaly nejen ekologické problémy ale také ekonomické, náklady na ujetý km vzrostly téměř na dvojnásobek. Postupně vzrostl během 10 let počet vypravovaných vozů z 13 autobusů na 93 autobusů (Grisa, 2009).

Po roce 1970 musela doprava reagovat na rozšiřování zastavěné plochy města, kdy vznikala rozsáhlá sídliště, a reagovat také na vysídlování okolních oblastí. Autobusová doprava se rozšiřovala do oblastí s velmi těžkými komunikačními poměry např. velké převýšení. V roce 1976 začaly ve městě rozsáhlé rekonstrukce inženýrských sítí, tyto práce měly za následek značné zásahy do provozu MHD. V roce 1976 započala dlouhodobá uzavírka ulice Tovární,

kde byla prováděna rekonstrukce kanalizace, a trvala více než tři roky. Tato uzavírka byla udávána jako jeden z důvodů zrušení tramvajové dopravy. Změny probíhaly i na pravém břehu řeky Labe, kde došlo k převedení linek jezdících do ulic Šafaříkova náměstí a Novosedlic na trasu vedoucí kolem střešovského nádraží. V letech 1970 probíhaly rozsáhlé stavební práce na Severní Terasě, dále pak v Krásném Březně a ve Všebořicích. Původně v 60. letech bylo uvažováno, že se tyto čtvrti vylidní, došlo však k úplnému opaku a bylo nutné posilovat autobusové spoje. Naproti tomu západní části města jako Předlice, Chabařovice a Trmice se začaly vysidlovat (Grisa, 2009).

Od roku 1979 se vyskytly problémy se zajišťováním motorové nafty a ostatních ropných produktů. Tyto problémy vedly ke snahám o úspory. Chaotické zásahy do chodu linek zcela narušily přestupní vazby mezi spoji. Začaly se rušit i některé zastávky, a tím se zhoršovala plošná obsluha města. Narůstající problémy se zajišťováním dopravy vedly k úvahám zavedení trolejbusového provozu na vyčíslených trasách. V roce 1987 se začíná s budováním první trolejbusové linky a v následujících letech dochází k ústupu autobusové dopravy (Grisa, 2009).

Koncem roku 1988 byla autobusová doprava provozována na 26 linkách, které obsluhovalo celkem 150 autobusů (44 kloubových). V současné době je situace zcela jiná. Trolejbusy začaly postupně přebírat hlavní vnitroměstské dopravní tahy. Pro autobusy však vznikaly nové spoje, např. v roce 1989 spojení do Všebořic, Severní Terasy, Krásného Března, Neštěmic a autobusová linka do Církvic. V roce 1990 bylo zavedeno přímé autobusové spojení do Chlumce, v roce 1991 do Koštova a v roce 1993 do Roudníků a Chvalova. V roce 1993, po převodu dopravy na elektrickou trakci, stále zůstávalo v provozu 19 autobusových linek a 119 autobusů. Velké omezení autobusové dopravy přišlo s otevřením trolejbusové tratě do Neštěmic v roce 1995. Dále se hledaly provozní úspory, které požadoval magistrát města, důsledkem bylo omezování dopravy, které šlo proti obchodním zájmům dopravního podniku. Stav vozového parku se zhoršoval a počet vozů klesal. Ke konci roku 1998 bylo v provozu pouze 13 autobusových linek a 65 autobusů. Úroveň autobusové dopravy byla v této době srovnatelná s úrovní v letech 1966 až 1967 (Grisa, 2009).

V roce 1999 vznikají napájecí linky kvůli zavedení odbavení cestujících pomocí časového jízdného. Linka 12 směřující do Chabařovic byla v tomto roce zrušena, podobně skončila i linka 15 a cestující jsou přesměrováni na trolejbusové spoje. V tomto období vzniká i nová nákupní zóna ve Všebořicích, sem jsou pak protaženy všechny linky, které původně jezdily pouze na zastávku ve Spartakiádní ulici. Poté následovaly snahy o zavedení nových linek, např. linka sloužící pouze pro seniory, pro malé využití byly tyto linky záhy zrušeny. V roce 2006 začala „autobusová“ krize, kdy dopravce dopravního podniku ústeckého kraje zastavuje

dopravu bez náhradních opatření. Následně Krajský úřad oslovil různé dopravce z kraje, kteří poté zajistili náhradní autobusy. V rámci vyhlášeného koncesního řízení byl dopravní podnik vybrán pro obsluhu linek příměstské dopravy a v rámci obsluhy mohl nasazovat jen vozidla určitého stáří na základě dané smlouvy. Touto situací vznikl tedy paradox, kdy jsou příměstské linky obsluhovány novými a moderními vozy, a dopravu pro občany města zajišťují starší a nepohodlné vozy (Grisa, 2009). V současné době autobusy plní v MHD menší úlohu než trolejbusy.

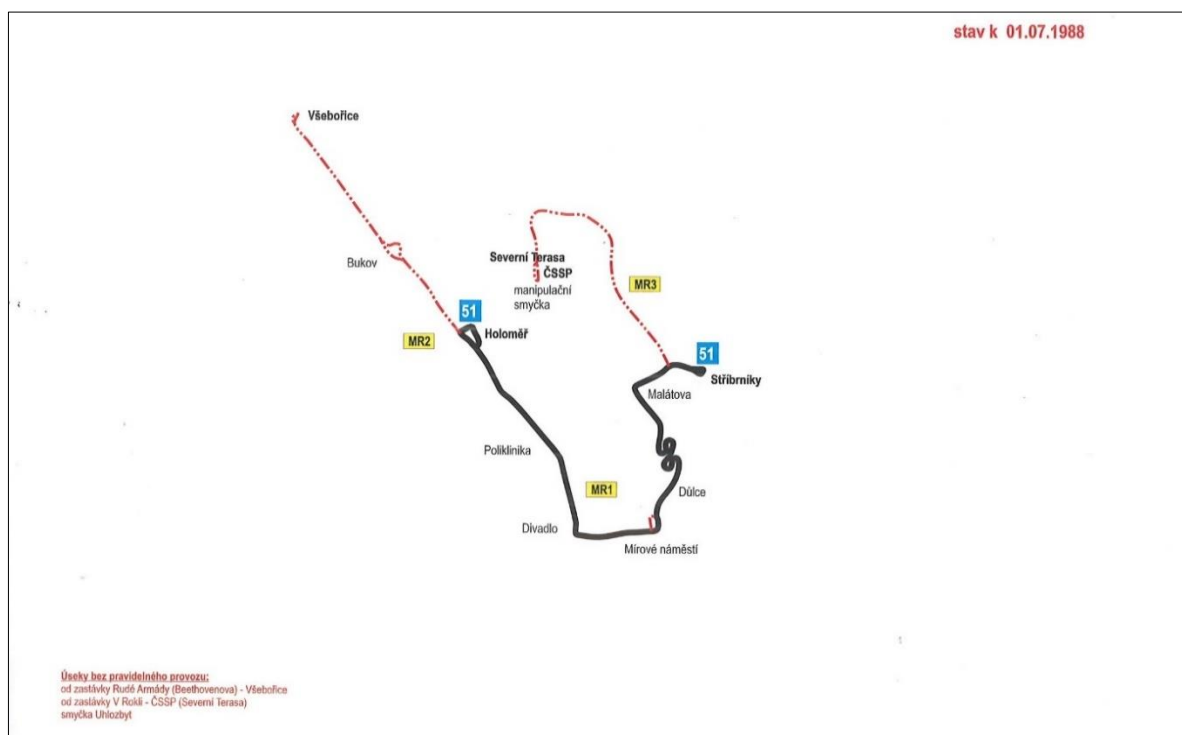
### **1.3.3 Trolejbusový provoz v MHD**

První myšlenka týkající se výstavby trolejbusové trati na území města Ústí nad Labem pochází z úplného začátku provozu MHD. Historicky se nejednalo o trolejbusy dnešního typu, ale o vozy typové konstrukce Stoll. Tyto trolejbusy se od těch dnešních lišily ve způsobu odběru elektrického proudu. Soukromá společnost v Ústí nad Labem počítala od roku 1909 se zavedením těchto trolejbusů na lince Ústí nad Labem – Vaňov. Podobně bylo navrženo řešení linky Krásné Březno – Neštětice – Předlice – Trmice. Vysoké provozní náklady na kratších trolejbusových tratích, oproti prodloužení již zavedených tramvajů, měly za následek ukončení sledování záměru na budování „bezkolejové elektrické dráhy“, jak se dříve trolejbus nazýval. Další návrhy na zavedení trolejbusů vznikly kolem roku 1920, kdy se uvažovalo o výstavbě trati směřující do Chabařovic. Trolejbusy měly představovat alternativu výrazně nižších investičních nákladů oproti tramvajím. Tento záměr byl zamítnut, protože nová trať měla sloužit jen pro nákladní dopravu a pro osobní dopravu by neměla využití. V dalších letech byla situace podobná, jakákoliv snaha o budování trolejbusové sítě byla dříve či později zamítnuta. Při rozhodování o úplném zrušení tramvajového provozu v roce 1960 se o trolejbusové dopravě téměř vůbec neuvažovalo, prosazován byl čistě autobusový provoz (Šašek, 2018).

Následkem hospodářské krize, která proběhla v letech 1978 až 1979, výrazně stoupla cena nafty. Příděly nafty se tedy staly omezujícím faktorem všech provozů MHD. V tomto období už se také řešila otázka dopadu spalovacích motorů na životní prostředí. Dne 21. 5. 1981 Rada Severočeského KNV v Ústí nad Labem schválila přechod systému MHD na kombinovaný provoz trolejbusu a autobusu. První trolejbusová trať byla realizována v úseku Všebořice – centrum – Severní Terasa. Základní kámen byl položen dne 17. 9. 1984. Podniky z celého Ústí nad Labem se podílely na stavbě formou výpomoci. Během výstavby negativně zasáhla změna normy, která pro nově vystavěné systémy elektrické trakce vyžadovala provozní napětí 750 V. Trolejbusový provoz v Ústí nad Labem je poslední, který v Československu vznikl s provozním napětím 600 V. V roce 1988 se nakonec podařilo zahájit zkušební provoz v úseku Stříbrníky – Severní Terasa viz obrázek 4. Na daném úseku vyjelo prvních pět trolejbusů typu

14 Tr. Situace v MHD se poměrně rychle blížila ke zvýšení podílu trolejbusů na celkovém objemu provozu. Vznikala potřeba získat dostatečný počet kloubových trolejbusů, na které byl provoz MHD od začátku směřován.

V letech 1988 až 1989 se podařilo městu pořídit 19 kloubových vozidel typu 15 Tr, tím vznikla významná trolejbusová linka 52 Všebořice – Severní Terasa. Po dokončení měnirny ve Všebořicích bylo spojení z centra města do Všebořic zajišťováno pouze trolejbusy.



**Obrázek 4: Linkové schéma trolejbusové sítě 1. 7. 1988**

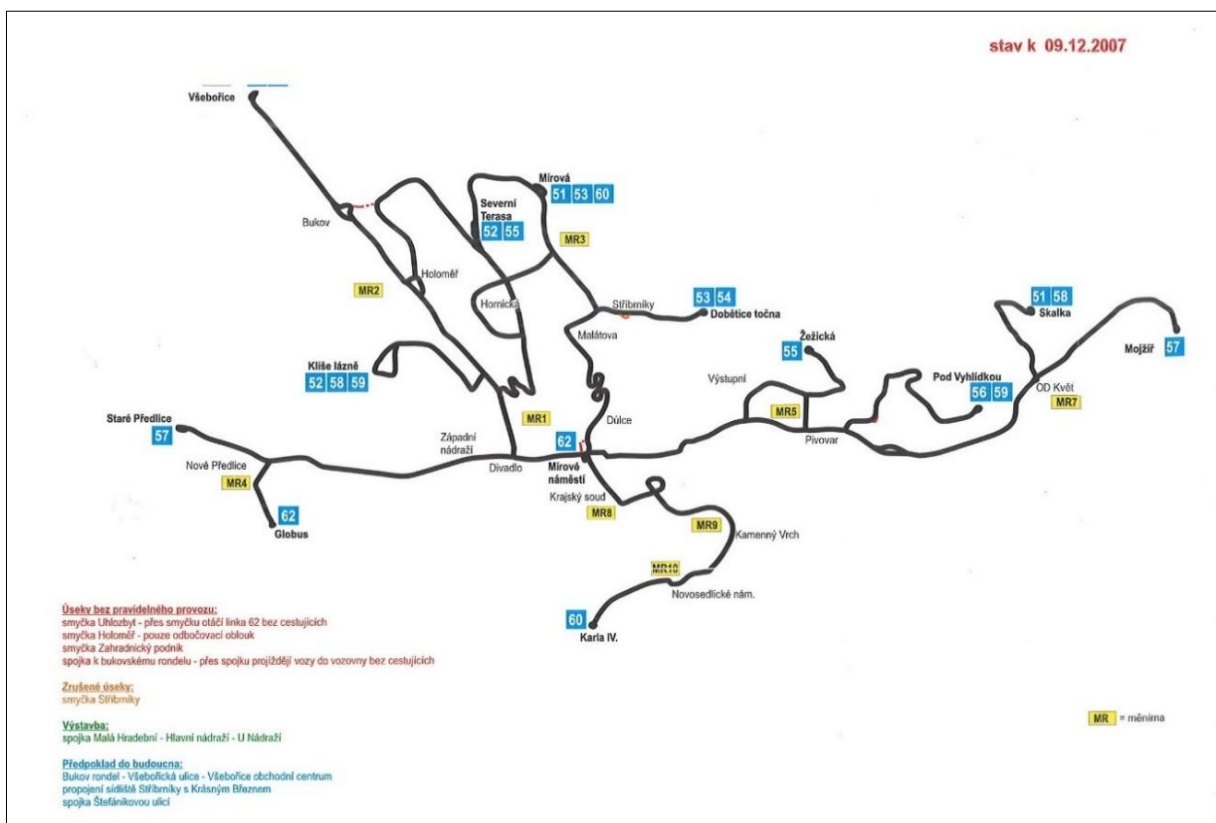
(zdroj: Grisa, 2009)

Otevření nových tratí, které byly postaveny v letech 1989 až 1992, bylo vždy doprovázeno omezením autobusové dopravy. Otevření tratě na Klíši doprovázelo pouze malé omezení autobusové dopravy, ale také muselo dojít k redukci provozu trolejbusů ve špičce (interval byl z 10 min. posunut na 12 min.). Dále následovalo zrušení první ústecké trolejbusové linky 51. Následně byla stavba nových tratí plánována tak, aby odpovídala potřebám provozu pro dojíždějící obyvatele města. Rok 2002 zásadně poznamenal provoz MHD, kdy v srpnu tohoto roku město zachvátila dvoustletá povodeň. Trolejbusová doprava byla zastavena po zatopení Přístavní ulice do Krásného Března a do Neštěmic s tím, že v postižených úsecích byla zavedena náhradní autobusová doprava. Provoz MHD se vrátil do normálního chodu až v září, kdy opadla voda (Šašek, 2018).

Po několika letech stagnace a omezování provozu z důvodu úspory finančních prostředků, byla otevřena nová trolejbusová trať, kterou vystavěl na své náklady Hypermarket Globus. Po jejím otevření byla trať předána Dopravnímu podniku města Ústí nad Labem. Výstavbou

nové Masarykovy nemocnice vznikla potřeba posílit trolejbusovou dopravu i v tomto úseku. Původní autobusovou linku 8, zřízenou pro spojení obou nemocničních areálů, nahradila od roku 2005 trolejbusová linka 60. Od roku 2005 začaly rozsáhlé přestavby v centru města. Následovala rekonstrukce kanalizace prakticky v celé délce páteřního systému MHD, což mělo za následek rozsáhlé omezení celkového chodu MHD (Šašek, 2018).

Na jaře roku 2005 se opakovala povodňová situace, která neměla takové katastrofální následky jako v roce 2002. Opět byla zřízena náhradní autobusová doprava a trolejbusové linky byly rozděleny na dvě provozní větve. Od roku 2006 probíhala také přestavba železničního uzlu. Tato stavba významně ovlivnila provoz trolejbusů uzavírkami podjezdu u Mariánské skály. Od uvedení do provozu spojení se Střekovem po Mariánském mostě vznikaly úvahy o stavbě trolejbusové trati na pravém břehu Labe. Tato trať se bohužel potýkala s finančními problémy, jelikož se nepodařilo získat potřebné finanční prostředky. Trať směrem na Střekov se podařilo uvést do provozu v prosinci roku 2007, kdy byl schválen miliardový úvěr od Evropské banky. Tato trať je vedena přes most Dr. E. Beneše a směřuje až na Kamenný vrch, dále pak přes Novosedlické náměstí až do ulice Karla IV., jak je znázorněno na obrázku 5 (Šašek, 2018).



**Obrázek 5: Linkové schéma trolejbusové sítě 9. 12. 2007**  
 (zdroj: Grisa, 2009)

Během roku 2009 proběhl celkový průzkum na všech linkách MHD, který mapoval pohyb cestujících a obsazenost dopravních spojů. Na základě výsledků z tohoto průzkumu byly připraveny změny. Na trolejbusových linkách 51-57 se upravily časové intervaly od 21 hodin na 30 min., dále byl upraven časový interval u linky 60 na 15 min. převážně v odpoledních hodinách a o víkendech na 20 min (Šašek, 2018).

Linka 62 byla prodloužena v trase Globus – Nové Předlice – Divadlo – Kamenný vrch – Novosedlické náměstí – Karla IV. Další povodeň, která město zastihla 17. 1. 2011, přerušila provoz mezi Mírovým náměstím a Krásným Březnem. Od roku 2011 se ve městě každý rok koná „Ústecký Mattoni půlmaraton“, který je doprovázen úplnou výlukou všech trolejbusových linek v rámci uzavírek v centru města (Šašek, 2008).

V roce 2013 byla dokončena celková revitalizace prostoru hlavního nádraží, a s tím bylo spojeno i vybudování nové trati, kterou využívají trolejbusy směřující na Střekov. V roce 2015 proběhla v MHD velká investiční akce, kdy se díky vyhlášenému programu podařilo čerpat investiční prostředky z fondů Evropské unie. Nakoupil se nová vozidla (10 vozů typu Škoda 27 Tr a 16 vozů Škoda 28 Tr). V rámci této investiční akce se podařilo uvést do provozu 16 „inteligentních“ zastávek (Šašek, 2018). V současné době se neplánují výraznější zásahy do trolejového vedení. Trolejbusový systém lze hodnotit jako stabilní. Do budoucna lze uvažovat o alternativních dopravních prostředcích, které by mohly MHD ještě více zefektivnit např. využití již zmíněných parciálních trolejbusů (Šašek, 2008).



## 1.4 Současný stav trolejbusové dopravy v MHD

Tabulka 1: Přehled trolejbusů v Dopravním podniku města Ústí nad Labem a.s.

Typ vozu	Počet (ks)	Technické parametry
14 Tr 08/6	5	Škoda, 12 m, ev. č. 401-405
21 Tr ACI		Škoda, 12 m, ev. č. 406, 407
21 Tr		Škoda, 12 m, ev. č. 408
15 Tr 02/6	40	Škoda, 18 m, ev. č. 501-540, 568
15 Tr 03/6		Škoda, 18 m, ev. č. 567
15 Tr 10/7		Škoda, 18 m, ev. č. 572
15 Tr 08/6	10	Škoda, 18 m, ev. č. 541-550
15 Tr 12/6	5	Škoda, 18 m, ev. č. 551-555
15 Tr 13/6M	11	Škoda 18 m, ev. č. 556-566, 569-571, 573-577
22 Tr	3	Škoda, 18 m, ev. č. 601-603
25 Tr	6	Škoda – Irisbus, 18 m, ev. č. 604-609
27 Tr	10	Škoda – Solaris, 18 m, ev. č. 610-619
28 Tr	18	Škoda – Solaris, 15 m, ev. č. 410 - 427
	108	Nové trolejbusy z výroby
	14	Zakoupeno z jiných provozů
<b>Celkem</b>	<b>122</b>	

(zdroj: Šašek, 2018)

V předešlé kapitole byla popsána historie provozu MHD. Pro možnosti budoucího vývoje je potřeba seznámit se i se současným stavem trolejbusů a trolejbusové sítě. Každý trolejbus ústecké MHD pochází z výroby podniku Škoda, v současnosti už neprodukcujícího závodu sídlícím v Ostrově nad Ohří. Posledním vyrobeným typem v tomto podniku byla řada Škoda 22 Tr. Následně dodávané trolejbusy byly vyrobeny závodem Škoda Transportation sídlícím v Plzni. Výroba nových trolejbusů již neprobíhá, elektrické výzbroje jsou montovány do autobusových skeletů značek Irisbus, Iveco, Solaris atd. Od zahájení provozu, které proběhlo v roce 1988, do roku 2018 bylo dodáno celkem 122 trolejbusů, jak uvádí tabulka 1 (z toho 103 úplně nových z výroby, 14 ojetých z DP Hradec Králové a DP Plzeň). Nejpočetnější zastoupení v trolejbusovém provozu mají kloubové vozy typu Škoda 15 Tr, což je novější varianta vozů Škoda 15 TrM. Dále jsou v provozu tři nízkopodlažní kloubové trolejbusy Škoda 22 Tr, šest nízkopodlažních vozů typu Škoda 25 Tr Irisbus a dva třínápravové vozy Škoda 28 Tr Solaris. Od roku 2009 je v provozu modernizovaný trolejbus Škoda 15 Tr. Z DP Hradec Králové byly odkoupeny vozy typu 21 Tr a jsou nasazovány na nejvíce vytížené linky 58 a 59. Od roku 2014 se dopravní podnik snažil o náhradu nejstarších vozů typu 15 Tr

za vozy typu Škoda 27 Tr Solaris. V roce 2015 pak byly pořízeny třinápravové vozy typu Škoda 28 Tr Solaris (Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s., online).

Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. uvedl, že v roce 2018 disponuje počtem 77 trolejbusů. Celá napájecí soustava v Ústí nad Labem má napětí 600 V, což je celorepublikový standard. Celá trolejbusová síť obsahuje deset měníren, ze kterých jde výstupní napětí 600 V do trolejového vedení. Jak již bylo uvedeno, mezi nejpočetnější typ vozidel ve vozovém parku patří kloubový trolejbus Škoda 15 Tr viz obrázek 6, dále pak Škoda 28 Tr Solaris viz obrázek 7, Škoda 27 Tr Solaris, nízkopodlažní kloubový trolejbus Škoda 25 Tr Irisbus viz obrázek 9, kloubový trolejbus Škoda 22 Tr a nízkopodlažní trolejbus Škoda 21 Tr viz obrázek 8. Ve vozovně, která sídlí ve Všebořicích, se provádí kompletní generální opravy a modernizace trolejbusů, jedná se především o starší typ trolejbusů Škoda 15 Tr. Trolejbusy bývají většinou vybaveny jedním trakčním stejnosměrným elektromotorem. Nutno podotknout, že typ Škoda 15 Tr má dva trakční motory. Přítomnost dvou trakčních motorů je velkou výhodou při jízdě do kopců nebo při nepříznivých klimatických podmínkách (sníh a led) (Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s., online).

Vozový park lze hodnotit jako mírně zastaralý, některá vozidla by měla v nejbližší době obsluhovat už pouze tzv. historické linky. V posledních letech došlo k nákupu nových vozů a další pořízení vozů se plánuje v následujících letech. Díky pravidelným servisům jsou trolejbusy udržovány ve velmi dobrém technickém stavu.



**Obrázek 6: Trolejbus Škoda 15 Tr 13-6M**  
(zdroj: autor)



**Obrázek 7: Trolejbus Škoda 28 Tr**  
(zdroj: autor)



**Obrázek 8: Trolejbus Škoda 21 Tr ACI**  
(zdroj: autor)



**Obrázek 9: Trolejbus Škoda 25 Tr**  
(zdroj: autor)

Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. provozuje celkem 11 trolejbusových denních linek, další dvě linky zajišťují noční provoz, viz tabulka 2. Většina linek dosahuje vzdálenosti cca 10 km. Nejdelší linka 51 má vzdálenost 12 km. Celá trolejbusová síť měří 45 km, celková délka linek činí 109,11 km (Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s., online).

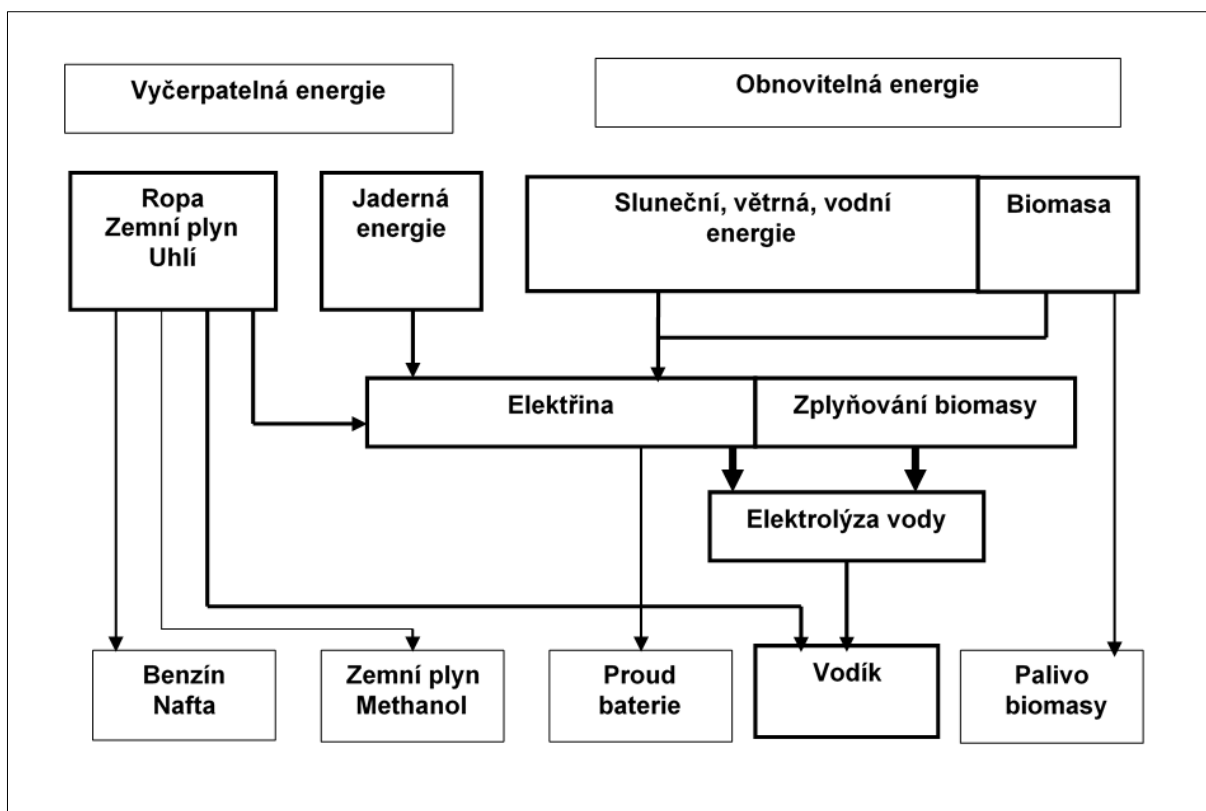
**Tabulka 2: Přehled trolejbusových linek MHD**

Linka	Vzdálenost (km)	Doba jízdy (min.)	Trasa
51	12	30	Mírová – Divadlo – Mírové náměstí – Krásné Březno – OD Květ - Skalka
52	9	28	Klíše lázně – Divadlo – Mírové náměstí – Malátova – Mírová – Severní Terasa
53	11	34	Severní Terasa – Mírová – Hornická – Divadlo – Mírové náměstí – V Rokli – Dobětice točna
54	10	30	Všebořice – Beethovenova – Divadlo – Mírové náměstí – Dobětice točna
55	10	31	Severní Terasa – Mírová – Hornická – Divadlo – Mírové náměstí – Výstupní - Žežická
56	11	35	Všebořice – Beethovenova – Divadlo – Mírové náměstí – Výstupní – Krásné Březno – Pod Vyhlídkou
57	12	30	Staré Předlice – Nové Předlice – Divadlo – Mírové náměstí – Krásné Březno – OD Květ - Mojžíř
58	10	32	Klíše lázně – Divadlo – Mírové náměstí – Výstupní – Pivovar – OD Květ - Skalka
59	8	28	Klíše lázně – Divadlo – Mírové náměstí – Krásné Březno – Pod Vyhlídkou
60	11	34	Mírová – Beethovenova – Divadlo – Hlavní nádraží ČD – Kamenný Vrch – Karla IV.
62	9	26	Globus – Sklárna – Divadlo – Malá Hradební – Hlavní nádraží ČD – Kamenný vrch – Karla IV.
43	11	24	Severní Terasa – Mírová – Hornická – Hraničář – Divadlo – Mírové náměstí – V Rokli – Dobětice točna
46	11	27	Všebořice – Beethovenova – Hraničář – Divadlo – Mírové náměstí – Výstupní – Krásné Březno – Pod Vyhlídkou

(zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s., online)

## 2. Alternativní dopravní prostředky v MHD

Nejvíce využívané zdroje energie lze řadit k tzv. neobnovitelným zdrojům. Vedle těchto zdrojů existují obnovitelné zdroje energie. Mezi obnovitelné zdroje energie patří energie vodních toků, větrná energie, sluneční energie, geotermální energie a biomasa. Tyto alternativní energetické zdroje lze využívat i v dopravních systémech. Rozdělení zdrojů energie popisuje následující schéma na obrázku 10.



**Obrázek 10: Druhy energií pro pohon dopravních prostředků**  
(zdroj: Říha, Tichý a Smíšek, 2016)

Nabízí se řada možných řešení využití dopravních prostředků v MHD, která směřují ke zlepšení životního prostředí. Ochrana životního prostředí a zmírnění emisí do ovzduší není jediným důvodem pro využití alternativních motorových paliv. Dalším důvodem pro hledání alternativních paliv pro dopravní prostředky je ekonomická stránka věci, zejména tedy ropný průmysl, který je cenově relativně nestabilní. Dalším důležitým aspektem pro budoucí rozvoj dopravy je fakt, že zásoby ropy na zemi nejsou nevyčerpatelné.

Alternativní dopravní prostředky v MHD využívají kombinaci dalších druhů paliv oproti běžné naftě. Mezi takové druhy paliva patří stlačený plyn – CNG, zkapalněný plyn – LNG, dále vodík nebo biopaliva. I přes zvýšené úsilí ze strany výrobců dochází u takových dopravních prostředků k produkci škodlivin, samozřejmě v menší míře, než je tomu u naftových motorů. Existují však dopravní prostředky, které pohání elektrická energie, produkce škodlivin

je v tomto případě nulová. Musí se brát v potaz, že elektrickou energii pro napájení trakčního vedení a dopravních prostředků je nutné vyrobit a přepravit. V současné době se využívají především autobusy na diesellový motor, tyto autobusy začínají ve velkém množství nahrazovat autobusy na pohon CNG/LNG, dále pak hybridní a elektrické autobusy.

## 2.1 Autobusy na plynná motorová paliva

Nejrozšířenější využití v dopravě zatím zastupuje z kategorie plyných paliv zemní plyn, který se užívá v plynném a kapalném skupenství. Na prvním místě je zastoupen CNG (Compressed Natural Gas), což je stlačený zemní plyn, na druhém místě je zastoupen zkapalněný zemní plyn, který je označován jako LNG (Liquefied Natural Gas). Z kategorie zemních plynů je další alternativou plyných motorových paliv bioplyn. Užití vodíku na bázi plyného skupenství se nabízí jako další možnost ekologického pohonu. S ohledem na složení zemního plynu, při jeho spalování vzniká mnohem méně škodlivin a emisí než u běžných benzinových a naftových spalovacích motorů, které unikají do ovzduší (Matějovský, 2005).

### 2.1.1 Využití LNG a CNG

LNG neboli zkapalněný zemní plyn, je téměř z 90 % tvořen metanem, obsahuje i vedlejší plyny jako je etan, dusík, propan atd. LNG je zchlazen při atmosférickém tlaku na teplotu  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ . LNG se vyskytuje v kapalném skupenství, má namodralou barvu a je bez zápachu. Oproti zemnímu plynu v plynném skupenství má LNG až 600krát menší objem. Zápalná teplota dosahuje  $540\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Po zkapalnění je potřeba LNG uchovávat v izolačních nádobách, které zabraňují ohřevu a odpařování, které dosahuje za normálních podmínek 0,1 % z celkového objemu za 24 hodin. Pro čerpání LNG funguje systém plnicích stanic, kdy je nutná přeprava i skladování v kryogenních nádržích, které udržují teplotu cca  $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ . K samotnému chlazení nádob je nutný kapalný dusík (Hromádko, 2012).

Vozidla, která využívají jako hlavní palivo LNG, mají mnohem větší dojezd, než když využijí palivo CNG. LNG odpovídá energeticky klasickým pohonným hmotám (benzín a nafta):

$$\underline{1,5\text{ l LNG} = 1\text{ l benzínu}} \quad \underline{1,7\text{ l LNG} = 1\text{ l nafty}}$$

LNG produkuje minimální množství emisí (10krát menší množství oxidu uhelnatého a 2krát menší množství oxidů dusíku) než při spalování benzínu a nafty. Palivová nádrž na LNG nezabírá velký prostor ve vozidle a jízda je bezpečnější nežli s benzinovou nádrží. Nevýhodou u LNG je potřeba uchování velmi nízké teploty při skladování, což je technologicky i ekonomicky velmi náročné. Největším problémem u LNG je míra odpařování, např. při odstávce vozidla. LNG se nyní využívá spíše pro autobusy na delší trasy, pro MHD jsou hlavně v ČR využívány především autobusy na CNG (Matějovský, 2005).

Zemní plyn CNG se skladuje stlačený pod tlakem 200 barů. Objem plynu CNG je zmenšen v poměru 200:1. Energie, která je obsažená v objemové jednotce, je až 5krát nižší než je tomu u kapalných uhlovodíkových paliv. Plyn CNG je skladován v tlakových nádobách, které jsou konstruovány na odolnost až 300 barů. Tyto nádoby svými rozměry zmenšují užívaný prostor ve vozidlech. CNG lze využívat v kombinaci s běžnými palivy v benzinových motorech. CNG je obecně šetrnější k životnímu prostředí. Při plnění CNG nedochází ke ztrátě paliva, nedochází ani ke kontaminaci půdy a podzemních vod při případné havárii. Další výhodou CNG je bezpečné technické zajištění díky tlakovým nádobám (nádržím), které se přísně kontrolují. CNG využívá jednodušší a levnější technologii než LNG. Mezi výhody CNG jako paliva patří snížení hladiny hluku, nižší provozní náklady a úspora za pohonné hmoty. Naopak nevýhodná vlastnost CNG oproti LNG je větší objem, tudíž zabere více místa při skladování ve vozidle. Na rozdíl od zkapalněného zemního plynu LNG je CNG lépe dostupný díky své dobré stlačitelnosti (Hromádka, 2012).

Na začátku 90. let minulého století byla sjednocena kvalita paliv v rámci evropských zemí. Důraz byl kladen především na ekologii. Jako první byly zavedeny autobusy na CNG. LNG palivo je využíváno spíše pro nákladní dopravu zejména v USA. První místo v počtu autobusů na CNG zaujímá Francie, dále pak Itálie, Německo, Španělsko a v současné době se připojuje i Polsko. Podle posledních údajů k roku 2018 jezdí v České republice v 50 městech celkem 1 180 autobusů na palivo CNG (CNGplus.cz, 2018, online).

Nejnovější autobusy na CNG produkují až o 95 % méně jedovatého oxidu uhelnatého a téměř o třetinu méně nespálených uhlovodíků, které jsou pro zdraví velice škodlivé. Hlučnost se u takovýchto autobusů snižuje až o 70 %. Každý rok se v České republice registruje zhruba 1 000 nových autobusů na všechny druhy paliva „*Města u nás dnes dlouhodobě preferují ze všech alternativních paliv právě CNG jako nevhodnější palivo pro městskou hromadnou dopravu. V současné době jezdí v České republice více než tisíc CNG autobusů.*“ (Hybrid.cz, 2016, online).

Pro dopravní podniky má CNG ty nejlepší ekologické i ekonomické parametry. U motorů na CNG je spalování podmíněno zapalovacími svíčkami a probíhá velmi „nenásilně“. Pořízení CNG autobusů je pro dopravní podniky a města cenově velmi atraktivní, protože na jejich pořízení lze čerpat dotace, které mohou zahrnovat až 85 % celkové pořizovací ceny vozidla. Cena jednoho 12 m dlouhého CNG autobusu se pohybuje zhruba okolo 5 800 000 Kč včetně DPH. Cena kloubového 18 m dlouhého CNG autobusu je o podstatně vyšší a pohybuje se okolo 8 500 000 Kč včetně DPH. Dalším důvodem jsou plnicí stanice. Síť plnicích stanic CNG je v České republice poměrně rozsáhlá, tudíž dostupnost CNG není tak problematická



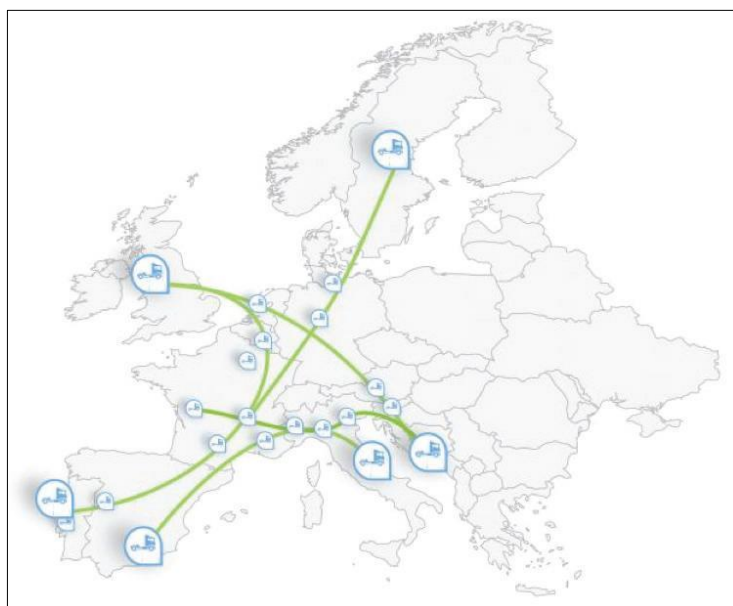
jako u LNG. Plnicí stanice na LNG se v České republice nachází pouze v Lounech. 1 kg CNG stojí přibližně 27 Kč (Hybrid.cz, 2016, online).

### 2.1.2 Blue Corridors

Využití LNG a CNG v dopravě má své výhody a nevýhody. Využití CNG je náročné co se týče kompaktnosti paliva a hmotnosti nádrží. LNG je vhodné pro těžká vozidla v nákladní dopravě, autobusy a vozidla pro těžkou techniku. Využití LNG ve světě je rozšířeno především v Číně a v USA. V Evropě je síť plnicích stanic pro LNG nejhustěji zastoupena ve Velké Británii.

Evropská komise usiluje o podporu využívání CNG a LNG v dopravě, na základě toho vznikl v roce 2013 pětiletý projekt s názvem *Blue Corridors* Evropské asociace pro plynová vozidla NGVA-Europe, který byl z části hrazen z dotací Evropské unie (LeFevre, 2014). Projekt *Blue Corridors* zahrnuje budování dálniční sítě s vhodně umístěnými plnicími stanicemi pro CNG a LNG vozidla. Jelikož vozidla využívající CNG a LNG mají omezenou dojezdovou vzdálenost, je třeba systematicky rozmístit plnicí stanice tak, aby bylo možné na důležitých trasách včas doplnit palivo. Tato síť plnicích stanic má sloužit především těžkým nákladním vozidlům (Chrz a Čermák, 2013, online).

Tyto Blue Corridors bohužel na území České republiky nezasahují. Plnicí stanice na CNG a LNG jsou rozmístěny převážně v západních, jižních a severovýchodních státech jako jsou Velká Británie, Francie, Německo, Nizozemsko a Belgie. Ze severovýchodních států je zastoupeno Švédsko a jižní státy zastupují Španělsko, Portugalsko a Itálie, jak lze vidět na obrázku 11 (LNG Blue Corridors, 2018, online).



**Obrázek 11: LNG Blue Corridors of Europe**  
(zdroj: Markowski, 2014)



## 2.1 Autobusy na vodíkové palivové články

Vodík nelze řadit mezi klasická paliva, spíše zastává funkci nosiče energie. V praxi to znamená, že vodík nelze levně a energeticky efektivně těžit, ale naopak se musí složitě a se ztrátami energie, vyrábět. Technologie poháněné vodíkem jsou tedy ekologické pouze tak, jak čisté jsou zdroje energie a surovin, které jsou pro jeho výrobu využívány. Tím, že se vodík vyrábí, řadí se mezi nevyčerpatelné zdroje. Dopravní prostředky s vodíkovým pohonem neprodukuje škodlivé emise skleníkových plynů, ale pouze vodní páru (Technet.cz, 2007, online).

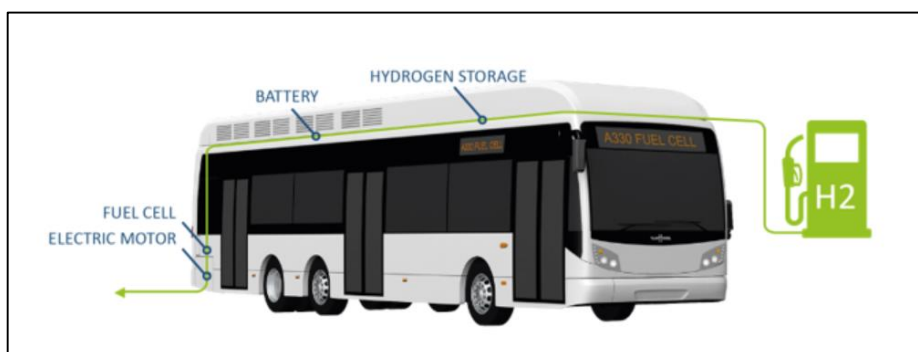
Vodík je vyráběn několika způsoby z široké škály vstupních zdrojů. Ročně se ve světě vyrobí zhruba 55 milionů tun vodíku. Z globálního hlediska převažuje výroba vodíku z fosilních paliv. Tento způsob však není z ekologického a energetického hlediska nejvýhodnější. Další možnost výroby vodíku spočívá v elektrolýze vody, vysokoteplotním rozkladem vody, zplyňováním nebo pyrolýzou biomasy s využitím speciálních bakterií. Vodík lze získat také jako vedlejší produkt některých průmyslových procesů např. výroba chlóru nebo reformování benzínu (Technet.cz, 2008, online).

Nejlevnějším a nejrozšířenějším způsobem výroby vodíku je parní reforming zemního plynu. Teplo, pro reformní reakci a následné konverzi oxidu uhelnatého, je dodáváno z přímého spalování zemního plynu. Při výrobě se používá zemní plyn a vodní pára. Teplota při výrobě dosahuje až 1 400 °C. Účinnost výroby tímto způsobem dosahuje 80 %. Problémem je, že vzniká velké množství oxidu uhličitého, na 1 kg vodíku připadne až 7,05 kg oxidu uhličitého. Další možností výroby vodíku je elektrolýza vody, kdy stejnosměrný proud při průchodu vodou rozštěpí chemickou vazbu mezi vodíkem a kyslíkem. Elektrolýza probíhá za normální pokojové teploty a potřebná je pouze elektrická energie. Elektrolýzou se vyrábí 4 % vodíku z celkové světové produkce. Účinnost procesu se pohybuje mezi 80 % až 90 %. Při vysokoteplotní elektrolýze je potřeba dodat navíc ještě energii ve formě tepla. Termický rozklad vody je znám více jak 35 let, dodnes se neujal kvůli vysokoteplotním nárokům na materiály. Získávání vodíku pomocí mikroorganismů je v současnosti slibný způsob jak vodík vyrábět. Výhodou je využití vstupních surovin, které jsou obtížně zpracovatelné. V budoucnu lze uvažovat o výrobě vodíku pomocí jaderné energie nebo biomasy. Skladování vodíku je prováděno v plynné fázi, v kapalně fázi anebo jsou využívány jiné alternativní způsoby skladování (Technet.cz, 2008, online).

Vodík je využíván v palivovém článku, což je elektrochemické zařízení, ve kterém dochází k reakci přiváděného vodíku a kyslíku při vzniku elektrické energie. Tuto elektrickou energii využívá elektromotor k pohonu vozidla. Díky využití elektromotoru lze využití vodíku v dopravě řadit do podskupiny elektromobility. Vodík je možné využívat i ve spalovacích motorech,

účinnost je v tomto případě výrazně nižší. Využití palivového článku ve srovnání bateriovými pohony přináší některé výhody. Palivové články zajišťují vyšší dojezd vozidel a možnost rychlého doplnění paliva. Ve srovnání se spalovacími motory dochází k výraznému omezení produkce škodlivin do ovzduší, jediným produktem reakce vodíku a kyslíku v palivovém článku je pouze voda. Energetická náročnost je při využití vodíku o 37 % nižší než u spalovacích motorů, pokud je vodík vyráběn parním reformingem zemního plynu. Vodíkové autobusy by měly do budoucna ušetřit 99 000 tun emisí oxidu uhličitého, které by jinak vyprodukovaly autobusy na běžná fosilní paliva. (Hytep.cz, 2018, online).

Elektrické autobusy s palivovými články fungují na principu hybridního autobusu. Hybridní autobus využívá dva nebo více typů výkonu. Elektrické autobusy s palivovým článkem využívají vodíkový palivový článek i baterie pro napájení elektromotoru, palivový článek obstarává veškerou energii pro provoz vozidla, baterie podporuje špičkový výkon motoru např. při rychlém zrychlení. Vodíkové nádrže jsou uloženy na střeše autobusu, zatímco palivový článek a elektromotor jsou umístěny na zadní části autobusu, jak lze vidět na obrázku 12. Systém palivového článku vyrábí elektrickou energii elektrochemickou reakcí, jako vedlejší produkt vzniká pouze voda a teplo, při této reakci nevznikají žádné emise. Elektrická energie zajišťuje přímý pohon motoru a zároveň se ukládá do pomocných baterií. Baterie ukládají energii vzniklou rekuperací např. při brzdění. Vodík v tomto případě nabízí vyšší energetickou hustotu oproti energii skladované jen v bateriích. Doplnění paliva trvá zhruba 7 minut. Vodíkové nádrže, umístěné na horní části autobusu, pojmu 38,2 kg vodíku. V kombinaci s akumulátory by měl autobus zvládnout urazit zhruba 350 km. Spotřeba se pohybuje okolo 8 kg vodíku na 100 km, jeden kilogram vodíku nyní stojí 5 € (Hinčica, 2018, online). Pořizovací cena těchto autobusů je velmi vysoká, pohybuje se zhruba okolo 17 000 000 Kč, dopravci se do koupě pouští pouze v případě možnosti čerpání dotací. Velký rozvoj vodíkových autobusů lze sledovat v Německu a Nizozemsku. Vodíkové autobusy jsou vysoce ekologické, ale na provoz jsou zatím velmi drahé, problémem zatím zůstává i nedostatečný počet a rozmístění plnicích stanic (Fuelcellbuses.eu, 2018, online).



**Obrázek 12: Popis vodíkového autobusu**  
(zdroj: Fuelcellbuses.eu, 2018, online)

První autobus na vodíkový pohon byl v České republice uveden do provozu v roce 2009 v Neratovicích, kde byla vybudována i první vodíková čerpací stanice. Vodíkový autobus nese název TriHyBus (Triple Hydrogen Hybrid Bus) a byl navržen v Ústavu jaderného výzkumu v Reži. Jedná se o vozidlo s trojitým hybridním pohonným systémem. Autobus nespaluje přímo vodík místo nafty, ale využívá vodíkovou energii v palivovém článku o výkonu 50 kW na elektrický proud. Trakci takového autobusu zajišťují elektromotory, podobně jako u trolejbusu. Stlačený vodík bývá uskladněn ve střešní nástavbě autobusu ve čtyřech vysokotlakých nádobách o objemu 820 litrů. TriHyBus využívá energii ze tří zdrojů: palivový článek, akumulátor Li-ion a ultrakapacitory. Dojezd tohoto autobusu dosahuje 300 km, spotřeba se pohybuje okolo 7,5 kg vodíku na 100 km, což odpovídá u dieselových autobusů 20 l nafty na 100 km. (Jančar, 2009, online).

## 2.2 Autobusy a trolejbusy na elektrický pohon

Využití elektrické energie v dopravě sebou nese řadu pozitiv. Elektromotor vykazuje větší účinnost přeměny vstupní energie na mechanickou práci než je tomu u klasických spalovacích motorů. Elektromotor dokáže přeměnit až 90 % vstupní energie, spalovací motor má účinnost pouhých 30 %. Dopravní prostředky poháněné elektrickou energií nevylučují žádné škodliviny. Výhodou je i nízká hladina hluku.

Autobusy na elektrický pohon využívají ke svému pohonu elektromotor včetně hybridních kombinací se spalovacím motorem např. elektrobusy, palivočláňkové autobusy, trolejbusy a hybridní autobusy. Elektrobus je označení pro elektrický autobus, který jako zdroj trakční energie využívá akumulátory. Elektrobusy se v praxi uplatňují především v městské hromadné dopravě s kratší pojezdovou vzdáleností a častějšími rozjezdy a zastávkami. Elektrobusy využívají některé technologie, které využívají i elektromobily.

Elektrobusy lze rozdělit do několika kategorií:

- Oportunitní (příležitostné) autobusy – elektrobusy, které se nabíjejí z dobíjecích stanic na trase nebo na konečných zastávkách.
- Noční elektrobusy – elektrobusy, které disponují velkou kapacitou baterií. Baterie se dobíjí přes noc, z důvodu potřeby delší doby pro nabití.
- Trolejbusy s baterií – dokáží pomocí baterie dojet i bez nutnosti napojení na trolejové vedení, dojezd je však omezen na kratší úseky.
- Elektrobusy s trakčním dobíjením – využívají již vybudovanou infrastrukturu.

K dobíjení akumulátorů elektrobusů se používají nabíjecí stanice. Další způsob dobíjení je bezkontaktní dobíjení, které funguje na principu elektromagnetické indukce. Proces dobíjení probíhá při zastavení elektrobusu nad vinutím dobíjecí cívky, která bývá umístěna pod povrchem vozovky. Elektrický proud protékající cívku vytvoří silné elektromagnetické pole, které indukuje střídavé napětí ve vodivé sběrnici na vozidle. Střídavý elektrický proud je usměrňován a následně dobíjí akumulátory. Jako další možnost je dobíjení pomocí pantografového sběrače, který je umístěn na střeše elektrobusu. Na rozdíl od trolejbusu musí být pantograf dvojpólový, vedení pod napětím musí být opatřeno zemnicím vodičem, který slouží k uzavření elektrického okruhu (Proelektrotechniky.cz, online).

Nejčastěji jako trakční baterie, se používají lithium-iontové akumulátory, jejich konkrétní chemické složení ovlivňuje provozní vlastnosti a nákladovost. U starších typů elektrobusů se používají akumulátory s menší hustotou energie. Jedná se například o olověné, nikl-kadmiové nebo vysokoteplotní baterie. Životnost baterie odpovídá zhruba 1 000 cyklů plného nabití a vybití.

Jakmile životnost baterie klesne pod 70 %, přestává být pro provoz vhodná, pro vozidlo představuje velký podíl „mrtvé“ hmotnosti. Životnost baterie závisí na počtu cyklů úplného nabití a úplného vybití, dále závisí na dalších faktorech, jako je proud, délka nabíjení, hloubka vybití nebo okolní teplota (Slavík, 2013, online).

Mimo akumulátory je ve světě rozšířené využití superkapacitoru. Akumulátory nebo superkapacitory se dobíjejí pomocí různých zařízení jako je elektrická zásuvka, střešní sběrače nebo lze dobíjet pomocí bezkontaktní indukce. Superkapacitor funguje na principu krátkodobého uchovávání elektrického náboje na porézních elektrodách. Akumulátory, výše zmíněné vodíkové palivové články a superkapacitory se v souvislosti s elektrobusy v praxi často kombinují. Důvodem je co nejúčelnější hospodaření s elektrickou energií (Proelektrotechniky.cz, online).

Elektrobusy představují v současnosti jednu z velice perspektivních možností pro alternativní dopravní prostředky. Největší výhodou lze hodnotit v nulové tvorbě emisí. Další výhodou je velmi nízká míra hluku při provozu. Mezi nevýhody těchto vozidel rozhodně patří poměrně vysoká pořizovací cena a kratší dojezd (150 km), který je závislý na výdrži akumulátorů. Čím větší akumulátor autobus obsahuje, tím menší je užitná plocha pro cestující. Cena elektrobusu se odvíjí od velikosti, výbavy a druhu akumulátoru. Běžná pořizovací cena se pohybuje okolo 13 000 000 Kč. Klasický autobus na naftový pohon stojí okolo 5 000 000 Kč. Provozní náklady u elektrobusů jsou však nižší než u klasických autobusů. Trakční vedení pro trolejbusy zahrnuje značnou finanční zátěž, proto jsou projekty pro rozšiřování trolejbusových sítí omezovány. Převládá snaha nahrazovat trolejbusy novými elektrobusy nebo doplňovat trolejbus zařízením na prodloužení dojezdu i mimo trolejové vedení. Takovou možnost v současné době představují parciální trolejbusy (Proelektrotechniky.cz, online).

Úspěšné nasazení elektrobusů v rámci České republiky se podařilo v dopravním podniku Ostrava. V Ostravě byly do provozu uvedeny elektrobusy s názvem SOR EBN 10,5 viz obrázek 13. Tento elektrobus je 10,4 m dlouhý. Základ pohonu zajišťuje asynchronní, šestipólový, kapalinou chlazený elektromotor o výkonu 120 kW. Zdrojem elektrické energie je lithium-iontový akumulátor o kapacitě 170 kWh. Elektrickou trakční výzbroj doplňuje trakční měnič. Veškeré trakční zařízení včetně akumulátorů je umístěno v zadní části vozidla. Na jedno vybití ze 100 % na 30 % ujede elektrobus s cestujícími 140 km. Dobití baterie z 30 % na 100 % kapacity trvá při pomalém dobíjení sedm hodin a v případě rychlonabíjení pouze 60 minut. Rychlonabíjení má bohužel negativní účinek na celkovou životnost baterie. Nabíjení probíhá u rozvaděče v hale vozovny (Slavík, 2013, online).



**Obrázek 13: Elektrobus SOR EBN 10,5**  
(zdroj: Dopravní podnik Ostrava, online)

Naopak provoz elektrobusů byl ukončen v dopravním podniku hlavního města Prahy, kdy došlo k nasazení ne zrovna správného konkrétního vozidla v roce 2015. Jednalo se o midibus výrobce SOR a.s. Autobus denně najel kolem 270 km, spotřeba takového vozu činila 1 kWh/km. (Proelektrotechniky.cz, online).

V současné době řadu měst v České republice nemotivuje ani tak snaha prospět životnímu prostředí, ale spíše možnost čerpat evropské dotace na pořízení elektrobusů. Tyto dotace v celkové výši jedné miliardy korun, vyhradilo v roce 2018 ministerstvo pro místní rozvoj. Největší nákup elektrobusů plánuje dopravní podnik Hradec Králové, ten v současnosti provozuje tři elektrobusy a rozrůst by se měl o dalších 10 elektrobusů. Mezi další rozšíření vozového parku patří pořízení parciálních trolejbusů, které také pro část jízdy využívají bateriový pohon. Větší počet elektrobusů a parciálních trolejbusů chce pořídit i dopravní podnik hlavního města Prahy. Kompletní vozový park, který bude využívat výhradně elektrobusy, bude mít město Bílina. Největší počet elektrobusů vlastní město Třinec, v současné době jich vlastní deset. Zavádění elektrobusů do provozu MHD má dopad na spotřebu nafty. Naftový autobus spotřebuje 30krát více paliva než osobní automobil. Každých tisíc elektrobusů v dopravě denně ušetří téměř 80 000 litrů nafty. Největším uživatelem elektrobusů ve světě je Čína. V roce 2017 jezdilo na území Číny přes 380 000 elektrobusů. Impulsem pro využití elektrobusů v tak velkém měřítku je smog, který trápí velké čínské metropole (Cafourek, 2018).

### 2.2.1 Parciální trolejbusy

Klasický trolejbus je dopravní prostředek, který se řadí mezi silniční vozidla a zároveň i mezi drážní vozidla. Vzhledově se podobá autobusu, rozdíl nastává u způsobu pohonu. K pohonu trolejbusu slouží elektromotor a ten spotřebovává elektrický proud. Do skupiny elektrobusů lze zařadit i parciální trolejbusy, které pro jízdu mimo trolejové vedení využívají právě trakční baterie. Hlavní rozdíl mezi „klasickým“ trolejbusem a parciálním trolejbusem spočívá ve využití baterií, neboli akumulátorů, které umožňují jízdu mimo přímé napojení na trolejové vedení. Na rozdíl od běžně užívaných naftových agregátů, mohou trolejbusy s akumulátory zajišťovat obslužnost úseků bez trolejového vedení v elektrickém módu. Parciální trolejbus lze řadit mezi dopravní prostředky s kinematickým nabíjením, to znamená, že se trolejbus nabíjí během jízdy. Po určité době je trolejbus připojen k trolejovému vedení a čerpá energii nejen pro jízdu, ale také pro dobíjení akumulátorů. Baterie se nabíjí energií, kterou čerpají při jízdě přímo z trolejového vedení, nebo také rekuperací při brzdění. Parciální trolejbus bývá často nazýván také jako trolejbus s bateriemi. První hybridní trolejbus vznikl na základě spolupráce společností Solaris a Cegelec pro zákazníka v německém městě Eberswalde. Právě v Německu se začalo vozidlům s podobným řešením pohonu říkat parciální elektrobus či parciální trolejbus. Kromě společnosti Cegelec se do vývoje podobných trolejbusů pustila také společnost Škoda Electric, která v současné době patří mezi hlavní dodavatele nových trolejbusů pro města v České republice i na Slovensku (Československý dopravák, 2016, online).

Parciální trolejbusy jsou vhodné do měst, která už mají zavedenou trolejbusovou síť. Vybudování nového trolejového vedení je finančně nákladné, investice je výhodná při určitém přepravním výkonu. V případě užití parciálního trolejbusu, který může pokračovat dál bez trolejového vedení, se zvyšuje komfort a cestovní doba pro cestující, kdy nemusí přestupovat do jiného dopravního prostředku.

Jakou baterii vlastně parciální trolejbusy využívají? Příklad je uveden podle vzoru Ing. Hurtové, která popisuje lithium-titanátové baterie, které obsahuje parciální trolejbus typu Škoda 26 Tr v dopravním podniku města Zlín. Parciální trolejbusy od výrobce Škoda využívají technologii lithium-titanátových trakčních baterií s využitím nanokrystalů, které slouží jako zásobník energie pro vozidlo. Lithium-titanátová baterie je dobíjecí baterie, která se dokáže mnohem rychleji nabíjet než jiné lithium-iontové baterie. Na rozdíl od jiných lithium-iontových baterií využívá lithium-titanátová baterie lithiumpitanát na povrchu anody místo uhlíku. Taková technologie je výhodná, protože se nevytváří vrstva SEI (Solid Electrolyte Interface), která způsobuje překážku pro vstup a výstup li-ionu do anody a z anody. Tím je umožněno dobíjení lithium-titanátové baterie rychleji, baterie pak poskytuje i větší množství energie. Nevýhodou lithium-titanátové baterie je nižší kapacita a napětí než u běžnějších lithium-iontových baterií.

Lithium-titanátové baterie mají nižší vnitřní napětí (2,4 V), což má za následek nižší specifickou energii 30-110 Wh/kg, běžnější lithium-iontové baterie mají vlastní napětí 3,7 V.

Povrchová plocha anody u lithium-titanátové baterie činí zhruba 100 m<sup>2</sup> na gram uhlíku oproti lithium-iontovým bateriím, kde povrchová plochy anody činí jen 3 m<sup>2</sup> na gram uhlíku. Větší plocha umožňuje elektronům rychleji vstupovat do anody a také rychleji z anody vystupovat. Pro lithium-titanátové baterie jsou charakteristické tyto vlastnosti:

- životnost baterie zahrnuje 16 000 cyklů při 100 % využití při teplotě 25 °C,
- extrémně vysoká rychlost nabíjení z 0 % na 100 % trvá pouhých 10 minut,
- možnost nabíjení/vybíjení při -40 °C,
- jedná se o velmi bezpečnou technologii.

Odstraněním uhlíku u lithium-titanátových baterií se snížila přítomnost prvků, které jinak vedou k selhání u lithium-iontových baterií. Nano-titanát má jedinečnou morfologii, která u titanátových baterií funguje lépe než u iontových baterií (Hurtová a Sejkorová, 2016).

Trakční baterie slouží k pohonu parciálního trolejbusu bez nutnosti využití trolejového vedení. Baterie jsou určeny k zástavbě do uzavřené části karoserie vozidla, a bývají často umístovány na střeše vozidla nebo v zadní části vozidla. Ve vozidle Škoda 26 Tr jsou umístěny dva boxy s trakčními bateriemi v zadní části vozidla, které jsou následně zapojeny v sérii pomocí rozvaděče baterie. Jeden box s trakčními bateriemi lze vidět na obrázku 14. Box s trakčními bateriemi je složen ze 14 bateriových modulů a 14 monitorovacích jednotek. Trakční baterie jsou v tomto případě umístěny na chladičích, pomocí kterých se odebírají výkonové ztráty, které vznikají výkonovými požadavky. Tyto výkonové požadavky jsou kladené na trakční baterie provozem vozidla (Hurtová a Sejkorová, 2016).



**Obrázek 14: Box s trakčními bateriemi u vozidla Škoda 26 Tr**  
(zdroj: Hurtová a Sejkorová, 2016)



Trakční baterie ve vozidle typu Škoda 26 Tr jsou konstruovány pro 15 jízdních cyklů, které mají obsloužit trasu o délce osm kilometrů denně, a to při plném vytížení vozidla, které se pohybuje převážně v městském provozu po rovině a zastavuje průměrně každých 300 m. Vozidlo by mělo být schopné obsloužit trasu o délce 12 km, ale pouze jednorázově.

Při takovém zatížení je uvažován 30 % výkon topení a plný výkon klimatizace v salónu pro cestující a plný výkon topení kabiny řidiče. V rámci každého jízdního cyklu je dodržován poměr doby jízdy při napojení trolejového vedení vůči jízdě na trakční baterie 2:1. U parciálního trolejbusu je zajištěn bezemisní provoz s minimálním množstvím hluku. Parciální trolejbusy jsou konstruovány tak, aby byl možný provoz vozidla na trolejovém vedení například při demontáži trakčních baterií (Hurtová a Sejkorová, 2016).

Parciální trolejbus Škoda 26 Tr je nízkopodlažní dvounápravový trolejbus, který vyrobila společnost Škoda Electric s výkonem 160 Kw. Provoz je konstruován na trolejové vedení o výkonu 600 V. Trolejbus je schopný pojmout až 80 cestujících, maximální rychlost vozidla je konstruována na 65 km/h při celkové hmotnosti zatíženého vozidla 18 000 kg a hmotností prázdného vozidla 12 820 Kg. Délka trolejbusu činí 12 m a šířka 2,55 m. Jedná se o moderní dopravní prostředek pro využití v MHD. Údržba parciálního trolejbusu se neliší od údržby trolejbusů stejného typu bez trakčních baterií. Oproti trolejbusům s dieselagregátem, kde je poruchovost vysoká, mají trolejbusy s trakční baterií mnohem menší poruchovost (Hurtová a Sejkorová, 2016).

Parciální trolejbusy jezdí nyní už v řadě českých měst, patří mezi ně již zmíněný Zlín, kde byl provoz parciálních trolejbusů zahájen již v roce 2016 (Československý dopravák, 2016, online). Parciální trolejbusy jezdí i v Brně, Ostravě, Českých Budějovicích, Plzni a Hradci Králové. Zkušební provoz proběhl v Praze. Nový provoz pěti parciálních trolejbusů byl zahájen v září roku 2018 v Teplicích. Další města, jako například Jihlava plánují, pořízení těchto vozidel. Pořizovací cena je značně vyšší než cena za autobus s dieselovým pohonem, města nebo dopravní podniky mají možnost využít dotační programy financované z Evropské unie (Jakovljevič, 2018, online).

## 2.2.2 Parciální trolejbusy v MHD města Teplice

Parciální trolejbusy nyní patří mezi oblíbenou alternativu dopravního prostředku v MHD pro řadu českých měst, kde je zavedeno trakční trolejové vedení. Jako další příklad je uvedeno zavedení parciálních trolejbusů v Teplicích. V září roku 2018 bylo uvedeno do provozu pět parciálních trolejbusů typu Škoda 30 Tr s trakčními bateriemi. Důvodem pořízení těchto vozidel byla snaha vymýt autobusy na spalovací motory z městské dopravy, a to především kvůli ekologickému záměru a také kvůli využití husté trolejové sítě. Trolejbusy obecně dosahují větší životnosti než autobusy na dieselový pohon. Jízda parciálním trolejbusem se nijak neliší od jízdy klasickým trolejbusem, jediný rozdíl nastává v okamžiku, kdy řidič musí pomocí tlačítka automaticky stáhnout sběrače z trolejového vedení a přepnout pohon na trakční baterie. Navedení sběračů zpět na trolejové vedení se provádí téměř stejným způsobem, řidič umístí sběrače zpět na trolejové vedení pomocí natrolejovacích „stříšek“ viz obrázek 15. Stahování sběračů je možné i za jízdy v rychlosti do 30 km/h. Napojení na trolejové vedení trvá přibližně 20 až 30 vteřin. Parciální trolejbusy v Teplicích obsluhují linky 104, 106, 113 a 114 viz příloha 1. Parciální trolejbus na lince 104 stahuje sběrače na zastávce za Nemocnicí a pokračuje do Hudcova na pohon z trakčních baterií, stejný postup funguje i na lince 114. Linka 113 zajíždí bez trolejového vedení do Řetenic, v Břízkách a linka 106 obsluhuje zastávku Novoveskou. Pro bezproblémový provoz by měl parciální trolejbus ujet dvě třetiny trasy napojený na trolejové vedení a jednu třetinu trasy na trakční baterii (Čížek, 2018).



**Obrázek 15: Natrolejovací stříšky pro parciální trolejbus**  
(zdroj: Brněnská MHD, 2018)

Při využití baterie se ve vozidle mírně zmírní nároky na topení, funkce klimatizace není vlivem změny pohonu vozidla nijak ovlivněna. Dojezd na trakční baterie se u parciálních trolejbusů pohybuje okolo 12 km. Výhodou u parciálních trolejbusů je využití rekuperace, kdy se nejen dobíjí trakční baterie ve vozidle, ale energie putuje dál do trakčního trolejového vedení. Energií z rekuperace tak může čerpat jiný trolejbus. Pokud parciální trolejbus nemá možnost dobíjení

baterie přímo z trakčního trolejového vedení, existuje možnost vybudování tzv. bateriové napájecí stanice, která se umístí v žádaném úseku a parciální trolejbus se tak může v případě potřeby dobít pomocí této bateriové napájecí stanice. Náklady spojené s vybudováním bateriové napájecí stanice se rovnají nákladům, které obnáší nákup nové trakční baterie, cena se pohybuje zhruba okolo 1 500 000 Kč bez DPH. (Číže, 2018).

Výroba a dodání těchto vozidel samozřejmě závisí na konkrétní objednávce. Výrobce vyhová požadavkům zákazníka a parciální trolejbus vyrobí na zakázku dle požadovaných parametrů. V případě, že zákazník požaduje větší dojezd, musí být umístěny větší baterie, které ale mohou zabírat více místa na úkor prostoru pro cestující. Od požadavků na výbavu se odvíjí i celková cena vozidla (Číže, 2018).

Město Teplice nakoupilo trolejbusy typu Škoda 30 Tr, které využívají asynchronní motor o výkonu 160 kW. Maximální konstrukční rychlost je omezena na 65 km/h. Výroba vozidla v případě typu Škoda 30 Tr trvá zhruba devět měsíců. Částka za jedno vozidlo je poměrně vysoká. Město Teplice uhradilo za jeden parciální trolejbus částku 15 221 800 Kč včetně DPH. Výrobce na vozidla garantuje sedmiletou záruku. Vozidlo je od výrobce monitorováno pomocí programu „DISMON“, který odesílá online data 24 hodin denně, tím výrobce může sledovat, jestli provozovatel neporušuje předepsané normy a záruční podmínky (Číže, 2018).

Jako nevýhodu u parciálních trolejbusů lze hodnotit kratší životnost baterií nežli je životnost celého vozidla. Výměna baterie není složitá, ovšem investice na pořízení nové baterie dosahuje celkové částky 1 500 000 Kč včetně DPH. Menší životnost baterie je kompenzována minimálními náklady na údržbu a na provoz vozidla (Číže, 2018). Výhody a nevýhody parciálního trolejbusu, jako dopravního prostředku, jsou shrnuty v tabulce 3.

**Tabulka 3: SWOT analýza parciálního trolejbusu**

<b>Silné stránky</b>	<b>Slabé stránky</b>
Šetrnost k životnímu prostředí	Vysoké pořizovací náklady
Snížení hluku	Omezený dojezd bez trolejí
Rekuperace	Zátěž vozidla hmotností
Jízda bez trolejí	Jízda v kopcovitém terénu
Přizpůsobivost provozu	
Nízké náklady na provoz	
<b>Příležitosti</b>	<b>Hrozby</b>
Možnost čerpání dotací	Omezená životnost baterie
Využití stávající trolejbusové sítě	

(zdroj: autor)

### 3. Možnosti využití parciálních trolejbusů v rozvoji stávající sítě MHD v Ústí nad Labem

V předešlých kapitolách již bylo zmíněno, že MHD ve městě Ústí nad Labem spadá pod vedení akciové společnosti Dopravní podnik města Ústí nad Labem. Dopravní podnik byl založen 1. ledna v roce 1997, který nahradil původní státní podnik Dopravní podnik města Ústí nad Labem. Zakladatelem a akcionářem podniku je město Ústí nad Labem. Dopravní podnik v současné době zajišťuje autobusovou a trolejbusovou dopravu především ve městě Ústí nad Labem, ale i v blízkém okolí. Od listopadu roku 2010 byla do provozu uvedena lanová dráha na Větruši, kterou dopravní podnik také provozuje a spravuje. V oblasti přepravy osob zajišťuje dopravní podnik i smluvní dopravu pro ústeckou aglomeraci. Mezi vedlejší činnosti dopravního podniku patří provozování autoškoly, stanice technické kontroly, čerpací stanice a odtahové služby pro potřeby Statutárního města Ústí nad Labem. Jak už bylo uvedeno, ve vozovém parku dopravního podniku je zahrnuto 77 trolejbusů a 78 autobusů viz tabulka 4. Počet zastávek v katastru města Ústí nad Labem činí 381, mimo katastrální území pak 44 zastávek, celkem ústecké trolejbusy a autobusy obsluhují 425 zastávek. Trolejbusová doprava dodržuje ve špičce interval 15 minut, autobusová doprava pak 10 až 60 minut (Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s., 2018, online). Již bylo zmíněno vedení trolejbusových linek. V tabulce jsou uvedeny autobusové linky, u kterých by bylo možné některé spoje nahradit právě parciálními trolejbusy, a tím snížit lokální emise ve městech, které jinak produkují běžné autobusy na dieselový pohon.

Tabulka 4: Vozový park a infrastruktura MHD

Dopravní prostředek	Počet vozidel ks	Počet linek	Délka sítě km	Délka linek km	Počet spojů
Trolejbus	77	13	46,7	134,28	1 943
Autobus	78	19	121,3	289,62	1 363
<b>Celkem</b>	155	32	168	423,9	3 306

(zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s., 2018, online)

Dle výroční zprávy za rok 2017 počet přepravených osob od roku 2003 mírně klesá. V roce 2003 přepravil dopravní podnik celkem 51 670 000 cestujících, zato v roce 2017 činil celkový počet přepravených cestujících jen 39 588 000, trolejbusová doprava je na tom v počtu přepravených cestujících o dost lépe nežli autobusová doprava. V roce 2017 přepravily trolejbusy 24 192 000 cestujících, autobusy pouze 15 396 000 cestujících (Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s., 2018, online).

Současné vedení linek MHD je znázorněno v příloze 2, zde lze sledovat páteřní trolejbusovou síť, která je znázorněna modrou barvou. Autobusové linky jsou znázorněny barvou zelenou. Trolejbusová síť spojuje centrální část města, do periferních částí přiléhajících k městu Ústí nad Labem zajišťují převážně autobusy s pohonem na naftu nebo CNG. Dopravní podnik v současné době nevlastní žádná hybridní vozidla ani elektrobusesy.

**Tabulka 5: Přehled autobusových linek MHD**

Linka	Vzdálenost (km)	Doba jízdy (min.)	Trasa
2	15	37	Mírová – Poliklinika – Klíše lázně – Vozovna DP – Nové Předlice – Trmice, Globus – Pod Svahem – Divadlo – Hlavní nádraží ČD
3	11	30	Mírové náměstí – Divadlo – Klíšská – Kaufland – Průmyslová – Nové Předlice – Trmice, Globus – Trmice, Stará škola – Trmice, Gogolova – Trmice, Elektrárna – Koštov konečná
5	10	29	Všebořice obchodní centrum – Severní Terasa – Mírová – Stříbrníky – Výstupní – Jungmannova – Krásné Březno
7	15	41	Severní Terasa – Mírová – Malátova – Poliklinika – Vozovna DP – Nové Předlice – Trmice, Metal – Trmice, Václavské náměstí
9	13	34	Vozovna DP – Kaufland – Divadlo – Střekov nádraží ČD – Střekov II – Nové Krematorium - Kojetice
11	13	33	Přestanov – Chlumeč, Strádov – Chlumeč – Všebořice obchodní centrum – Bukov – Na Spálence – Divadlo – Hlavní nádraží ČD
13	7	15	Divadlo – Hlavní nádraží ČD – Olšinky – Svádov obec - Olešnice
15	21	36	Neznabohy – Strážky – Habrovice – Božtěšice obec – Divadlo – Hlavní nádraží ČD – Zdymadla – Vaňov – Dolní Zálezly
16	9	21	Neznabohy – Strážky – Habrovice – Skorotice – Božtěšice – Kapitána Jaroše - Všebořice
17	18	41	Předlická – Předlice Kolonie – Vozovna DP – Kaufland – Divadlo – Střekov nádraží ČD – Střekov osada – Brná – Sebužín - Církvice

<b>18</b>	12	31	Všebořice obchodní centrum – Klíše Hvězda – Chemopharma – Nové Předlice – Trmice, Důl 5. květen – Trmice, Václavské náměstí
<b>19</b>	16	29	Trmice, Václavské náměstí – Trmice, Důl 5. květen – Trmická - Pod Svahem – Pekařská – OD Květ – Sibiřská - Ryjice
<b>20</b>	48	90	Divadlo – Chlumeč – Zadní Telnice – Adolfov – Krásný Les – Varvažov, Pomníky – Chlumeč – Divadlo (cyklobus)
<b>21</b>	41	80	Divadlo – Chlumeč – Nakléřov – Petrovice, rozcestí – Krásný Les – Tisá, Kulturní dům - Divadlo
<b>23</b>	10	25	Dobětice točna – Mírová – Severní Terasa – Hornická – Klíše Hvězda – Vozovna DP
<b>27</b>	15	27	Vozovna DP – Divadlo – Střekov nádraží ČD – Brná – Sebužín - Církvice
<b>41</b>	13	40	Vozovna DP – Klíše lázně – Divadlo – Malá Hradební – Hlavní nádraží ČD – Krásné Březno – OD Květ – Mojžíř – Skalka (noční linka)
<b>42</b>	9	18	Staré Předlice – Trmice, Václavské náměstí – Nové Předlice – Divadlo – Hlavní nádraží ČD – Střekov II – Brná (noční linka)

(zdroj: Dopravní podnik města Ústí nad Labem, online)

Autobusových linek jezdí v Ústí nad Labem celkem 17, z toho linky 41 a 42 jsou pouze noční spoje. Autobusový provoz zajišťují vozidla o délce 12 m a 18 m s pohonem na naftu a CNG. Nejdelší autobusovou linkou, dle délky kilometrů je linka 20, která zajišťuje dopravu v letních měsících a slouží jako cyklobus. Trasa od Divadla v centru přes Zadní Telnici, Adolfov, Krásný Les a Varvažov zpět k Divadlu měří celkem 48 km. Pokud se vynechají turistické linky 20 a 21, nejdelší autobusovou linkou by v tomto případě byla linka 15, která měří celkem 21 km. Nejvíce kilometrů o pracovní dny najezdí autobusová linka 5, na které je denně nasazeno šest vozidel, která denně urazí celkem 1 394 km. Linka 5 zajišťuje 135 spojů každý pracovní den. Noční linka 42 je polookružní a na své trase má celkem 62 zastávek.

### 3.1 Návrh rozšíření linek pro parciální trolejbusy

Parciální trolejbusy lze v MHD využít velmi flexibilně, téměř stejně jako autobus na dieselový pohon nebo na CNG. Běžný trolejbus je závislý na trakčním vedení, tím je závislý na přísunu elektrické energie. V případě výpadku elektrické energie je trolejbus zcela nepojízdný. V případě výskytu překážky na trati dochází ke zpoždění, běžný trolejbus nemá možnost překážku objet, pokud mu to nedovoluje trakční vedení. Parciální trolejbus lze využít v provozu velmi flexibilně např. při mimořádných událostech, které mohou na trati během provozu vzniknout. Při uzavírkách komunikací není pro parciální trolejbus problém sundat sběrače a pokračovat na pohon z trakční baterie.

Město Ústí nad Labem leží na obou březích řeky Labe. Dopravní spojení z jednoho břehu na druhý zajišťují tři mosty přes řeku Labe, z toho jeden je železniční a dva slouží pro silniční dopravu. Trolejové vedení se nachází pouze na mostě Dr. E. Beneše, který spojuje centrum města s městskou částí Střekov. Město Ústí nad Labem v blízké době plánuje rozsáhlou rekonstrukci tohoto mostu, což znamená, že bude v řádu tří let úplně uzavřen. Doprava se tedy bude muset odklánět na druhý silniční most pod Mariánskou skálou, zde však není umístěno trolejové vedení. Z dopravních prostředků veřejné dopravy jezdí přes Mariánský most pouze autobusy. Parciální trolejbusy by tedy mohly sloužit právě při této dlouhodobé uzavírce a přejíždět Mariánský most bez potřeby umístění trakčního vedení. Parciální trolejbusy by samozřejmě mohly nahradit starší vozidla, nebo vozidla produkující emise a obnovit tak vozový park.

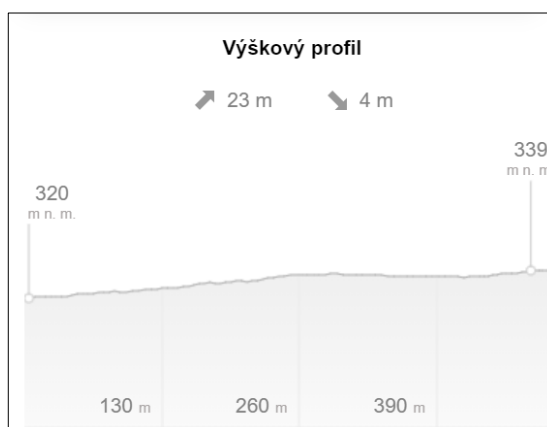
Pro návrh využití parciálních trolejbusů v provozu linek MHD bylo zpracováno schéma s pomocí informací, které poskytl Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. Návrh využití parciálních trolejbusů v linkovém provozu MHD města Ústí nad Labem je znázorněn v příloze 3. Návrh obsahuje současný stav trolejbusové sítě (červená barva) a možné varianty pro využití parciálních trolejbusů na určitých úsecích (zelená barva). V návrhu je také zpracován podklad pro rozšíření trolejového vedení (modrá barva). V rámci posílení trolejbusových linek s využitím parciálních trolejbusů je v návrhu řešeno celkem pět úseků. Prodloužení trasy je zvoleno tak, aby nedocházelo k velkému výškovému převýšení a aby došlo zcela k využití již stávajícího trolejového vedení a zavedených autobusových zastávek, pouze v jednom případě by bylo nutné vybudovat novou zastávku pro MHD. Dle zkušeností dopravních podniků, které mají v provozu parciální trolejbusy, má velké výškové převýšení negativní dopad na výkon trakční baterie. Dále bylo uvažováno o kratších trasách vzhledem k omezenému dojezdu bez trolejového vedení. Navrhované trasy jsou podrobněji popsány následovně:

## 1. Úsek Dobětice - ul. Nad Točnou

První navrhovaný úsek se týká trolejbusových linek 53 a 54. Jedná se o 530 metrů dlouhou trasu s mírným výškovým převýšením cca 19 metrů, viz obrázek 17. Parciální trolejbus by v tomto případě dojel na zastávku *Dobětice točna*, zde by sundal sběrače a pokračoval dále ulicí Šrámkova, až k obrátce v ulici Nad Točnou, viz obrázek 16. V ulici Nad Točnou by se trolejbus obrátil u zastávky, a vrátil se zpět na zastávku *Dobětice točna*, kde by se pomocí natrolejovacích stříšek napojil na trakční vedení. Parciální trolejbus by na této trase urazil na trakční baterie vzdálenost 1 km. Ulice Nad Točnou tvoří okrajovou část městské části Dobětice a pro obyvatele je dostupná pouze pěšky ze zastávky *Dobětice točna* nebo automobilem. Nyní do této části nezajíždí žádná z linek MHD. Pro rozšíření provozu do této části by bylo nutné vybudovat jednu novou zastávku MHD.



Obrázek 16: Návrh trasy Dobětice - ul. Nad Točnou  
(zdroj: Mapy.cz, online)



Obrázek 17: Výškový profil na trase Dobětice - ul. Nad Točnou  
(zdroj: Mapy.cz, online)

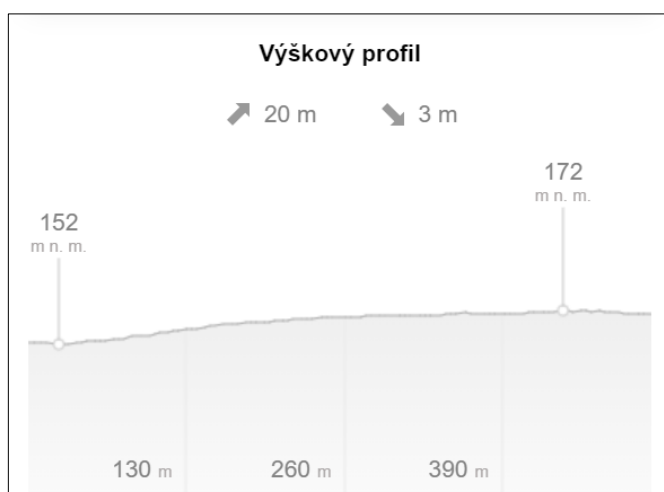
## 2. Úsek Krásné Březno – ul. Neštěmická



V případě úseku ulice Neštěmická v Krásném Březně, by parciální trolejbus mohl spojit stávající trolejbusové linky 55,56 a 59. Trolejbus by stáhl sběrače na zastávce *Keplerova*, poté by trolejbus ujel vzdálenost 430 metrů k zastávce Neštěmická, viz obrázek 18, zde by se opět napojil na trolejové vedení a pokračoval na točnu *Pod Vyhlídkou*. Trasu je samozřejmě možné směřovat i opačným směrem. Tímto navrhovaným úsekem by došlo k propojení linek, které vedou celou městskou částí Krásné Březno. Tím by se nemusela budovat nová zastávka MHD, využila by se stávající síť, pouze by se na tuto trasu nasadil parciální trolejbus. Jedná se o kratší úsek s malým výškovým převýšením od 152 m n. m. do 172 m n. m. viz obrázek 19.



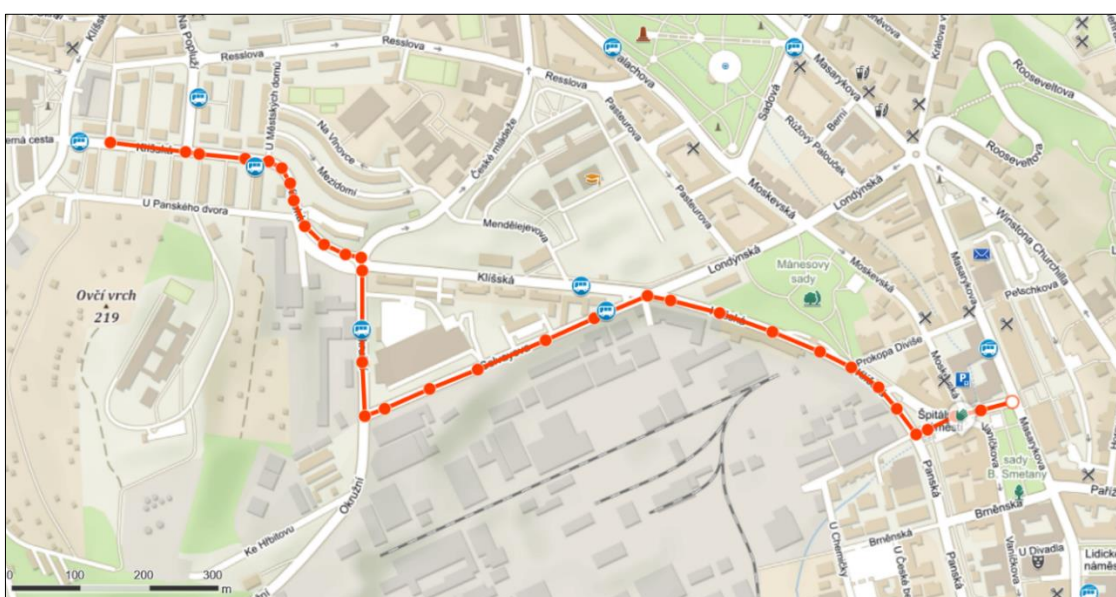
**Obrázek 18: Návrh trasy Krásné Březno – ul. Neštěmická**  
(zdroj: Mapy.cz, online)



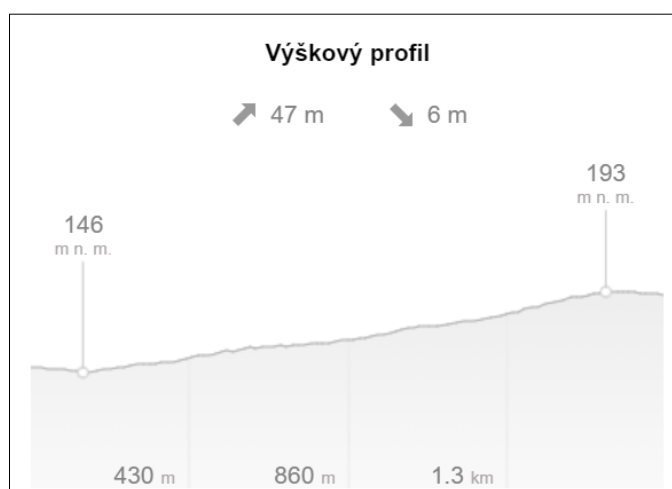
**Obrázek 19: Výškový profil na trase Krásné Březno - ul. Neštěmická**  
(zdroj: Mapy.cz, online)

### 3. Úsek Centrum – Klíše

Spojení městské části Klíše s centrem města je zajišťováno autobusovými linkami. Navrhovaná trasa pro parciální trolejbus využívá napojení stávajícího trolejového vedení v ulici Masarykova a v ulici Klíšská viz obrázek 20. Dopravní spojení by probíhalo z Masarykovy ulice přes Špitálské náměstí dále přes ulici Klíšská, následovala by zastávka *Solvayova*. Kolem Kauflandu a Spolchemie by trolejbus pokračoval ulicí Okružní, za zastávkou *Kaufland* by se navrhovaná linka znovu napojila na ulici Klíšská přes zastávku *V Besídkách* až na zastávku *Klíše, Lázně*, zde by došlo k napojení nebo sundání sběračů. Celková vzdálenost navrhované trasy činí 1,6 km. Jedná se o využití stávajících zastávek. Výškové převýšení na této trase činí 47 metrů viz obrázek 21. Parciální trolejbus by nahradil stávající autobusové linky 9 a 17.



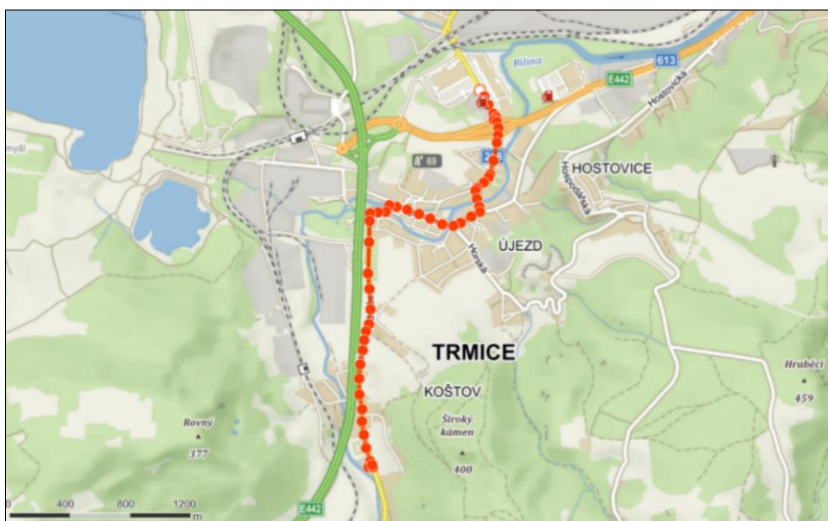
**Obrázek 20: Návrh trasy centrum – Klíše**  
(zdroj: Mapy.cz, online)



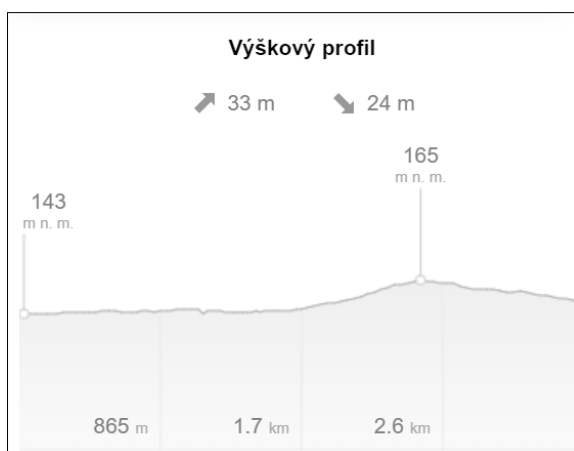
**Obrázek 21: Výškový profil na trase centrum – Klíše**  
(zdroj: Mapy.cz, online)

#### 4. Úsek Trmice – Koštov

Obec Trmice spadá pod působnost Statutárního města Ústí nad Labem, patří však mezi okrajové části, kam už nezasahuje trolejové trakční vedení. Trolejové vedení končí u zastávky *Globus*, zajíždí sem trolejbusová linka 62 a autobusové linky 2, 3 a 7, z toho linka 7 je pouze „doplňková“. Do Koštova zajíždí pouze autobusová linka 3. Parciální trolejbus by v tomto případě mohl prodloužit trolejbusovou linku 62 a poté nahradit stávající autobusovou linku 3, na zastávce *Globus* by sundal nebo nasadil sběrače a pokračoval přes zastávky *Bělský můstek*, *Nová škola*, *Za Humny*, *Stará škola* až na zastávku *Václavské náměstí* v Trmicích. Z *Václavského náměstí* by linka pokračovala na zastávky *Koštov*, *Koštov obec* až na *Koštov konečná*, viz obrázek 22. Úsek měří 3,4 km jedním směrem výškové převýšení je velmi malé, viz obrázek 23, jednalo by se o nejdelší úsek, který by parciální trolejbus ujel na pohon z trakčních baterií. Opět by se využila stávající síť MHD. Jelikož se jedná o nejdelší úsek a jezdí zde autobusová linka 3 s intervalem 30 minut, tak jak je uvedeno v jízdním řádu linky 3 v příloze 4, bude tento úsek sloužit k modelu kalkulace nákladů v následující kapitole.



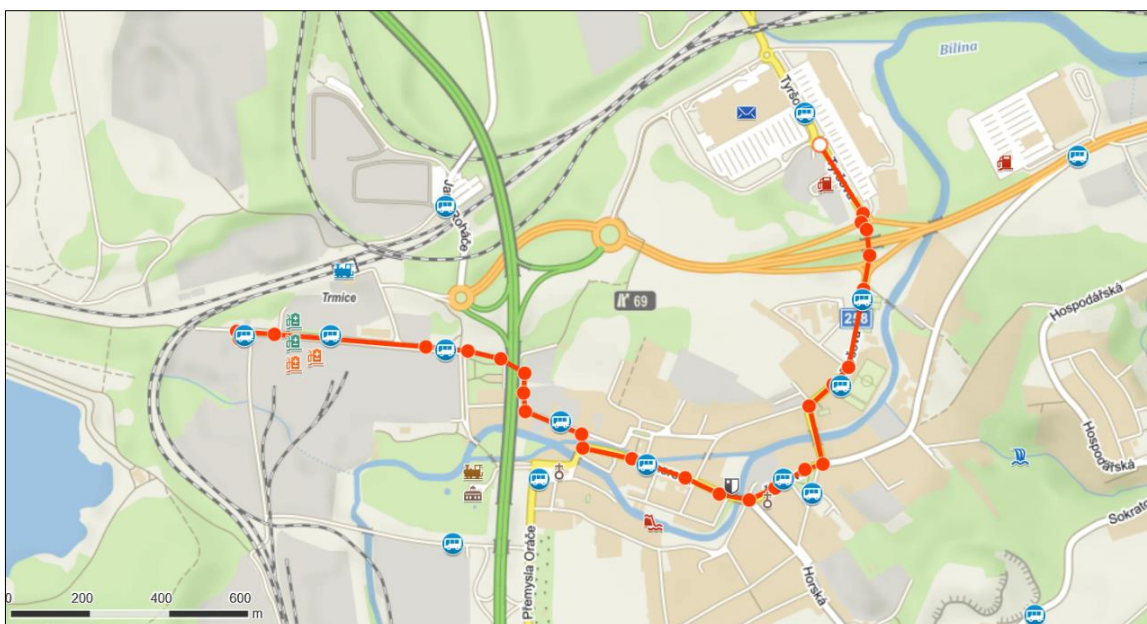
**Obrázek 22: Návrh trasy Trmice – Koštov**  
(zdroj: Mapy.cz, online)



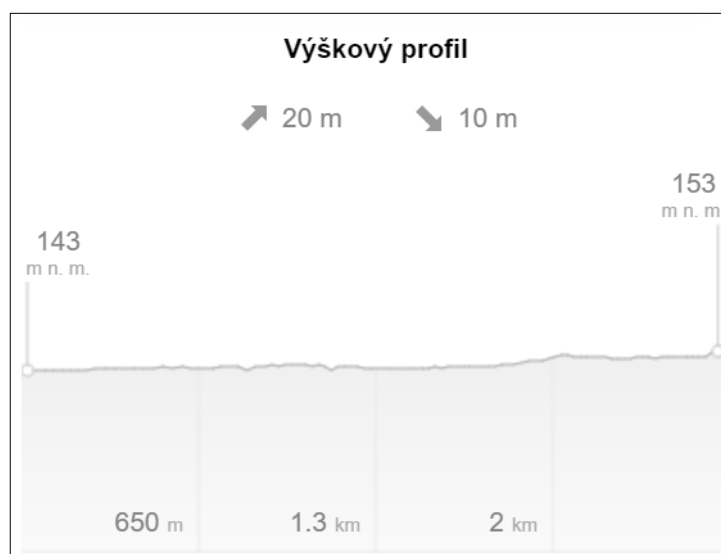
**Obrázek 23: Výškový profil na trase**  
(zdroj: Mapy.cz, online)

## 5. Úsek Trmice – ul. Edisonova

Pátý navrhovaný úsek navazuje na předchozí řešení. Opět se jedná o prodloužení trolejbusové linky 62, která nyní končí na zastávce *Globus*. Řešení navrhovaného úseku je tedy obdobné jako u předešlého úseku Trmice - Koštov. Navrhovaná linka pro parciální trolejbus kopíruje autobusové linky 3 a 7, které vedou přes zastávky *Bělský můstek*, *Nová škola*, *Za Humny*, *Stará škola*, *Gogolova*, *Zámecká*, *Elektrárna* na zastávku *Důl 5. květen*, viz obrázek 24. Výškový profil je také vyhovující, viz obrázek 25. Parciální trolejbus by v tomto případě ujel vzdálenost 1,1 km jedním směrem. Plné využití stávající sítě by mohlo posílit obslužnost průmyslové zóny v Trmicích. S propojením trasy z předešlého návrhu se jedná celkově o vzdálenost 4,5 km, která vede mimo trakční trolejové vedení.



**Obrázek 24: Návrh trasy Trmice – ul. Edisonova**  
(zdroj: Mapy.cz, online)



**Obrázek 25: Výškový profil na trase Trmice - ul. Edisonova**  
(zdroj: Mapy.cz, online)



### 3.2 Návrh pro rozšíření trolejového trakčního vedení

Trolejbusová síť v Ústí nad Labem je zaměřena na provoz. Hlavní problém představují mimořádnosti v provozu, které nelze eliminovat. Takové mimořádnosti lze řešit odklony a zajištěním provozu náhradní autobusové dopravy ve vyloučeném úseku. Trolejbusy pak v takových případech musejí být odstaveny na komunikaci v řadách za sebou a nemají možnost otáčení nebo objíždění zablokovaného úseku. Tyto mimořádné situace z hlediska dopravy vedou k náročným náhradám pomocí autobusů. V dopravních špičkách není Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. schopen plně pokrýt výpadek trolejbusů. Tyto nedostatky se negativně odráží v reakcích cestujících, kteří následně vytýkají špatnou spolehlivost MHD. Provozní problémy nelze zcela odbourat. Nejmenší dopady na provoz trolejbusů lze zajistit dostavěním některých odboček, a zajistit tak operativní otáčení vozidel. V případě, že by do provozu nebyly nasazeny parciální trolejbusy, které na mimořádnosti v provozu mohou reagovat velmi flexibilně, byl zpracován návrh rozšíření stávajícího trolejového trakčního vedení, tam kde není možné nasadit do provozu zmiňované parciální trolejbusy, viz příloha 3.

Prvním návrhem je výstavba trolejového vedení mezi zastávkami *Stříbrníky* a *Výstupní*, kde by došlo k propojení městské části Dobětice a Krásné Březno. Tato trať by zajistila náhradu za stávající autobusovou linku 5 ve vzdálenosti 2,3 km, také by mohla sloužit jako objízdná trasa pro trolejbusy v případě neprůjezdnosti centra u Mariánského mostu např. při povodních.

Dále je uvažována změna okružní křižovatky „Bukov rondel“. Dostavění tratě v Lipové ulici s odbočkou do vozovny Všebořice by umožnilo velmi dobré spojení centrum – Všebořice, autobusy by se omezily pouze na spoje do Chlumce a ostatní spojení by zajistila trolejbusová doprava.

Krátké propojení trolejbusové trati mezi zastávkami *Bělehradská* a *Malátova* by umožnilo výjezd a odbočení do Důlců. Přes zastávku *V Rokli* by bylo možné dojet až do Krásného Března přes zmiňovanou trať Dobětice – Krásné Březno.

Křižovatkou Předmostí projíždějí všechny trolejbusové linky. Z taktického hlediska je do budoucna plánovaná dostavba této křižovatky. Dostavbou křižovatky s možností vjezdu do jakéhokoliv směru by se získala možnost odklonu trolejbusů z Krásného Března s možností otáčení na kruhovém objezdu na Střekově a dále otáčení z Důlců a objezdu Mírového náměstí s možností vézt objížděku přes městskou část Střekov.

Další navrhovaná výstavba trolejového vedení je uvažována na autobusových linkách 11 a 18 od zastávky *Klíše Hvězda* přes Štefánikovu ulici k Městskému stadionu ve vzdálenosti 830 m.

## 4. Kalkulace nákladů v silniční dopravě

Pokud se město rozhodne pro pořízení nových vozidel v rámci dotačních programů, je třeba zjistit, jaké jsou náklady na provoz parciálního trolejbusu? Tato otázka bude řešena v této kapitole. Jelikož provoz parciálních trolejbusů je na území České republiky provozován teprve krátkou dobu, nejsou k dispozici žádná konkrétní data za určitá časová období. Pro výpočet kalkulační nákladů budou použita data, která byla zjištěna na základě zkušeností dopravních podniků, které už parciální trolejbusy provozují v řádu měsíců. Získaná data budou dále zpracována dle následující metodiky týkající se kalkulační nákladů v silniční dopravě.

Pro výpočet nákladů a porovnání těchto výpočtu v rámci diplomové práce je použita metodika kalkulační nákladů v silniční dopravě. Princip kalkulační nákladů v silniční dopravě je v této kapitole vysvětlen dle Eislera, Kunsta a Oravy, 2011. Účelem kalkulační nákladů v dopravě je stanovení požadované výše nákladů nebo také zjištění nákladů na určitý výkon. Hlavním předpokladem pro výpočet nákladů je kalkulační jednice. Náklady jsou obecně evidovány v účetnictví. Pro předběžné kalkulační se požadovaná úroveň nákladů získává z norem a dalších propočtů. Získané informace zpravidla neumožňují přímé přičtení nákladů kalkulační jednici, proto musí být navržen způsob přičítání nákladů předmětu kalkulační, tzv. metodika kalkulační. Metodika kalkulační bývá ovlivněna strukturou nákladů, ve které se požadované náklady evidují nebo zjišťují (Eisler, Kunst a Orava, 2011).

Předpoklad pro kalkulační nákladů v silniční dopravě představuje znalost kalkulačního vzorce, který vymezuje rozsah nákladů, které lze kalkuloval a zároveň vymezuje náklady, které kalkuloval nelze. Způsob výpočtu nákladů na kalkulační jednici, vymezuje metodika kalkulační nákladů.

Kalkulační vzorec silniční dopravy obsahuje následující strukturu:

- Pohonné hmoty
- Pryžové obruče (pneumatiky)
- Přímé mzdy
- Odpisy dopravních prostředků
- Úpravy a udržování dopravních prostředků a zařízení
- Ostatní přímé náklady

### **PŘÍMÉ NÁKLADY**

- Provozní režie

### **VLASTNÍ NÁKLADY PROVOZU**

- Správní režie

### **ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY**

- Zisk/ztráta

### **CENA VÝKONU**

- Daň z přidané hodnoty

### **CENA VÝKONU S DPH**

Položka pohonné hmoty zahrnuje spotřebu pohonných hmot a mazacích olejů dopravních prostředků spotřebovaných během provozu (Eisler, Kunst a Orava, 2011).

Přímé mzdy jsou tarifní mzdy a ostatní mzdová plnění poskytovaná pracovníkům. Přímé mzdy představují mzdy řidičů a jiných pracovníků zúčastněných na přepravě. Do této položky nepatří náhrady mezd, které jsou součástí režie (Eisler, Kunst a Orava, 2011).

Opravy a udržování dopravních prostředků zahrnuje materiál, mzdy opravářů a údržbářů, zákonné pojištění a ostatní náklady na opravy a udržování (Eisler, Kunst a Orava, 2011).

Položka ostatní přímé náklady zahrnuje sociální a zdravotní pojištění, které hradí zaměstnavatel, dále cestovné, silniční daň a jiné přímé náklady jako např. havarijní pojištění atd. Zisk nebo ztráta vychází z výpočtu rozdílu mezi sjednanou cenou a úplnými náklady (Eisler, Kunst a Orava, 2011).

Při kalkulaci nákladů a cen v silniční dopravě je využito rozdělení nákladů na závislé a nezávislé, které lze využít pro stanovení předpokladu nákladů. Základ kalkulačního vzorce pro výpočet nákladů v silniční dopravě a jeho položky, jsou uvedeny v následující tabulce:

Celkové náklady vozidla za dané období jsou dány následujícím vzorcem:

$$N = a + n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 \quad (1)$$

*N – celkové náklady*

*n<sub>1</sub> – náklady závislé na ujetých km v Kč*

*n<sub>2</sub> – náklady závislé na hodinách provozu vozidla v Kč*

*x<sub>1</sub> – ujeté km celkem*

*x<sub>2</sub> – hodiny provozu vozidla*

Pokud se do tabulky 6 dosadí uvedené hodnoty a jsou k dispozici informace ohledně ujetých kilometrů a hodin provozu, je výpočet celkových nákladů poměrně snadný. Pokud je cílem kalkulace stanovit náklady pro tarifní sazby, je potřeba postup kalkulace modifikovat dle následujícího postupu. Nejprve je nutné určit kalkulační jednice. Doba provozu vozidla je součtem doby jízdy, doby ložných operací a doby prostoje. Dopravce tedy musí určit tarif za ujeté kilometry a hodiny stání vozidla po dobu ložných operací, s tím že doba prostoje se promítne do nákladů předchozích tarifních sazeb (Eisler, Kunst a Orava, 2011).

### Postup výpočtu:

- a) náklady, které jsou závislé na hodinách provozu v jednotlivých položkách kalkulačního vzorce, se vydělí rychlostí a výsledek se promítne v nákladech za ujetý kilometr.
- b) náklady, které jsou nezávislé, se u prvního kroku vydělí roční dobou provozu vozidla a výsledná hodnota se promítne do nákladů sazby na hodinu stání vozidel. V dalším kroku se vydělí rychlostí a uvede v nákladech na ujetý km.

**Tabulka 6: Kalkulace nákladů - přehledová tabulka**

Položka kalkulačního vzorce	Náklady závislé (variabilní) na:		Náklady nezávislé (fixní)
	ujetých km	hodinách provozu	
Spotřeba pohonných hmot	*		
Pneumatiky (pryžové obruče)	*		
Mýtné	*		
Mzdy		*	
Odpisy			*
Opravy a údržba	*		
Pojištění sociální a zdravotní		*	
Cestovné		*	
Silniční daň			*
Jiné přímé náklady			*
Provozní režie			*
Správní režie			*

(zdroj: Eisler, Kunst a Orava, 2011)

#### **4.1 Otázky a hypotézy**

Jelikož se diplomová práce zaměřuje na využití parciálních trolejbusů v současném provozu MHD ve městě Ústí nad Labem, je vhodné určit a zhodnotit z ekonomického hlediska náklady na provoz těchto trolejbusů. Zjištěné náklady na provoz parciálních trolejbusů je vhodné porovnat s náklady, které souvisí s provozem klasického trolejbusu, ke kterému se váže i nutná výstavba trakčního trolejového vedení, a dále porovnání s náklady na autobus s dieselovým pohonem, u kterého však dochází k produkci emisí a většího hlukového zatížení. Za účelem zhodnocení využití parciálních trolejbusů v MHD města Ústí nad Labem, byly



pro tento účel formulovány dvě hypotézy. Potvrzením nebo vyvrácením těchto hypotéz lze lépe prozkoumat danou problematiku nákladů na zmíněné dopravní prostředky v MHD.

1. **Hypotéza:** Pořízení a provoz parciálního trolejbusu je v případě využití v MHD finančně náročnější nežli pořízení a provoz autobusu na dieselový pohon.
2. **Hypotéza:** Pořízení a provoz parciálního trolejbusu je v případě využití v MHD finančně výhodnější nežli výstavba a provoz nového trakčního trolejového vedení spolu s pořízením klasického trolejbusu.

## 4.2 Postup řešení

Pro vyhodnocení hypotéz bude využita metodika kalkulace nákladů v silniční dopravě. Budou realizovány výpočty, které budou vycházet z vyčíslení nákladů na 1 km. Tyto výpočty se budou týkat autobusu s dieselovým pohonem, klasického trolejbusu spolu s trakčním trolejovým vedením a parciálního trolejbusu. Pro Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. budou ve výpočtech uvažována kloubová vozidla o délce 18 m, která mají největší možnou kapacitu pro přepravu cestujících. Protože byl v rámci diplomové práce zpracován návrh, kde by parciální trolejbusy mohly být využity v rámci stávající sítě MHD, budou výpočty aplikovány v rámci nejdelší navrhované části trasy Trmice – Koštov a Trmice – ul. Edisonova, kde nyní jezdí autobusová linka 3.

Dle Tichého (2014) je pro kalkulaci celkových nákladů potřebná znalost určitých technických a ekonomických ukazatelů, jejichž hodnoty se udávají pro kalkulované období za jeden rok. Hodnocena tedy bude ekonomická náročnost jednotlivých dopravních prostředků na 1 km nejen z hlediska cen pohonných hmot a elektrické energie, ale také mimo cenu a spotřebu paliva budou do výpočtu zahrnuty náklady na údržbu včetně oprav, pořizovací náklady a odpisy. Jako vstupní hodnoty budou použity údaje a informace, které poskytli Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s., který v současné době provozuje autobusovou a trolejbusovou dopravu, a Magistrát města Teplice, který nedávno uvedl do provozu MHD právě parciální trolejbusy.

Pro výpočet nákladů na jízdu uvedených dopravních prostředků (autobus, trolejbus a parciální trolejbus) je nutné brát v potaz soubor proměnných jako je součet nákladů na dopravní prostředek (jízda a stání) a také náklady spojené s řidičem. Náklady se dále dělí na náklady přímé, což jsou náklady, které jsou přímo spojeny s provozem daného dopravního prostředku např. palivo, pneumatiky atd. a náklady nepřímé, které je nutné vynaložit, ale nejsou přímo spojené s provozem daného dopravního prostředku např. režie (Tichý, 2014).

Pro výpočet kalkulace nákladů je nutné zjistit určité vstupní hodnoty pro každý dopravní prostředek zvlášť. Obecně se jedná o následující údaje: počet ujetých km dopravního prostředku za jeden rok, spotřeba pohonných hmot v l/100 km v případě autobusu, u trolejbusů se jedná o spotřebu elektrické energie v kWh/100 km, cena pohonných hmot a cena elektrické energie v Kč, cena pneumatik v Kč, proběh pneumatik v km, pořizovací cena dopravního prostředku bez DPH v Kč, životnost dopravního prostředku, údržba a opravy v Kč/km, roční doba provozu v hodinách, průměrná rychlost dopravního prostředku v km/hod. a také náklady související s pojištěním dopravního prostředku. U trolejbusů je nutné ještě přidat údaje týkající se vybudování infrastruktury pro trolejbus a u parciálních trolejbusů přidat náklady spojené s trakční baterií. Pro výpočet jsou nutné také údaje, které se týkají řidičů a pracovníků MHD: mzda řidiče v Kč/hod., sociální a zdravotní pojištění v Kč/hod., režie.

Kalkulace tedy bude zpracovaná pro tři druhy dopravních prostředků a bude sloužit pro porovnání nákladů provozu na 1 km daných dopravních prostředků. Náklady budou aplikovány na úsek autobusové linky 3 v Trmicích ve vzdálenosti 4,5 km.

Pro výpočet kalkulace nákladů v silniční dopravě pro autobus bude sloužit následující vzorec:

$$n_{CEL}^{BUS} = n_{PHM} + n_{PNEU} + n_{MZDA} + n_{ODP} + n_{ÚDR} + n_{POJIŠ.} + n_{REŽIE} + n_{OST.} \quad (2)$$

$n_{CEL}^{BUS}$  – celkové náklady pro provoz autobusu (Kč/km)

$n_{PHM}$  – náklady na spotřebu pohonných hmot (Kč/km)

$n_{PNEU}$  – náklady na pneumatiky (Kč/km)

$n_{MZDA}$  – náklady na mzdu řidiče (Kč/km)

$n_{ODP}$  – náklady na odpisy autobusu (Kč/km)

$n_{ÚDR}$  – náklady na údržbu autobusu (Kč/km)

$n_{POJIŠ.}$  – náklady na zdravotní a sociální pojištění řidiče (Kč/km)

$n_{REŽIE}$  – náklady na režie (Kč/km)

$n_{OST.}$  – ostatní náklady spojené s provozem autobusu (Kč/km)

Tento vzorec lze aplikovat na výpočet celkových nákladů na 1 km pro autobus. V případě výpočtu pro klasický trolejbus je nutné zohlednit náklady spojené s infrastrukturou, jako jsou v případě trolejbusů investiční náklady na vybudování trakčního trolejového vedení a měničny. Do výpočtu je tedy nutné zakomponovat odpisy trakčního vedení a měničren a samozřejmě opravu a údržbu s tím spojené. V případě nasazení klasického trolejbusu na linku 3 by bylo

nutné dobudovat další úsek trakčního trolejového vedení, proto je tato položka zahrnuta do celkového výpočtu.

Pro výpočet kalkulace nákladů v silniční dopravě pro trolejbus bude sloužit následující vzorec:

$$n_{CEL}^{TROL} = n_{EL} + n_{PNEU} + n_{MZDA} + n_{ODP} + n_{ODP TV a M} + n_{ÚDRŽBA} + n_{ÚDR TV a M} + n_{POJIŠ.} + n_{REŽIE} + n_{OST.} \quad (3)$$

$n_{CEL}^{TROL}$  – celkové náklady pro provoz trolejbusu (Kč/km)

$n_{EL}$  – náklady na spotřebu elektrické energie (Kč/km)

$n_{PNEU}$  – náklady na pneumatiky (Kč/km)

$n_{MZDA}$  – náklady na mzdu řidiče (Kč/km)

$n_{ODP}$  – náklady na odpisy trolejbusu (Kč/km)

$n_{ODP TV a M}$  – náklady na odpisy trakčního vedení a měnírny (Kč/km)

$n_{ÚDRŽBA}$  – náklady na údržbu trolejbusu (Kč/km)

$n_{ÚDR TV a M}$  – náklady na údržbu trakčního vedení a měnírny (Kč/km)

$n_{POJIŠ.}$  – náklady na zdravotní a sociální pojištění řidiče (Kč/km)

$n_{REŽIE}$  – náklady na režie (Kč/km)

$n_{OST.}$  – ostatní náklady spojené s provozem trolejbusu (Kč/km)

V případě parciálního trolejbusu se neuvažuje s výstavbou infrastruktury, jelikož trolejbus dokáže určitý úsek odjet na pohon z trakční baterie. Do výpočtu kalkulace nákladů v silniční dopravě pro parciální trolejbus je ovšem nutné uvažovat s náklady, které se pojí s trakční baterií. Proto je tato položka zahrnuta do celkového výpočtu.

Pro výpočet kalkulace nákladů v silniční dopravě pro parciální trolejbus bude sloužit následující vzorec:

$$n_{CEL}^{P.TROL} = n_{EL} + n_{PNEU} + n_{MZDA} + n_{ODP} + n_{TR BAT} + n_{ÚDRŽBA} + n_{POJIŠ.} + n_{REŽIE} + n_{OST.} \quad (4)$$

$n_{CEL}^{P.TROL}$  – celkové náklady pro provoz parciálního trolejbusu (Kč/km)

$n_{EL}$  – náklady na spotřebu elektrické energie (Kč/km)

$n_{PNEU}$  – náklady na pneumatiky (Kč/km)

$n_{MZDA}$  – náklady na mzdu řidiče (Kč/km)

$n_{ODP}$  – náklady na odpisy parciálního trolejbusu (Kč/km)

$n_{TRBAT}$  – náklady na trakční baterii (Kč/km)

$n_{ÚDRŽBA}$  – náklady na údržbu parciálního trolejbusu a trakční baterie (Kč/km)

$n_{POJIŠ.}$  – náklady na zdravotní a sociální pojištění řidiče (Kč/km)

$n_{REŽIE}$  – náklady na režie (Kč/km)

$n_{OST.}$  – ostatní náklady spojené s provozem parciálního trolejbusu (Kč/km)

Jelikož jsou pro celkový výpočet kalkulace nákladů v silniční dopravě nutné jednotlivé položky, je potřeba tyto položky vypočítat a dosadit do vzorce, tak aby bylo možné dále pokračovat v postupu kalkulace nákladů pro provoz daného dopravního prostředku. Výsledné hodnoty jsou poté převedeny na cenu v Kč/km a následně sečteny. Celkový součet udává úplné náklady na provoz vozidla v Kč/km. Náklady pro provoz uvedených dopravních prostředků budou dále sloužit k porovnání a celkovému zhodnocení.

Pro výpočet ceny v Kč/km spotřeby pohonných hmot nebo spotřeby elektrické energie pro daný dopravní prostředek je nutné znát průměrnou spotřebu pohonných hmot nebo průměrnou spotřebu elektrické energie. V případě autobusu je potřeba znát průměrnou spotřebu nafty v l/100 km, v případě trolejbusu průměrnou spotřebu elektrické energie v kWh/100 km. U autobusů vznikají další náklady spojené s údržbou dieselového motoru, do výpočtu je tedy nutné přičíst náklady, které zahrnují motorový olej apod. Dále je potřeba určit konkrétní cenu pohonných hmot pro autobus, nebo cenu elektrické energie pro trolejbus. Pokud jsou známy požadované hodnoty lze provést výpočet dle následujících vzorců, a to zvlášť pro autobus a trolejbus:

$$n_{PHM} = \frac{(spotřeba_{PHM} * cena_{PHM})}{100} + n_{OLEJ} \quad (5)$$

$n_{PHM}$  – náklady na spotřebu pohonných hmot (Kč/km)

$spotřeba_{PHM}$  – spotřeba pohonných hmot (l/100 km)

$cena_{PHM}$  – cena pohonných hmot (Kč/l)

$cena_{OLEJ}$  – náklady na olej (Kč/km)

$$n_{EL} = \frac{(spotřeba_{EL} * cena_{EL})}{100} \quad (6)$$

$n_{EL}$  – náklady na spotřebu elektrické energie (Kč/km)

$spotřeba_{EL}$  – spotřeba elektrické energie (kWh/100 km)

$cena_{EL}$  – cena elektrické energie (Kč/kWh)

Cenu v Kč/km pneumatik lze spočítat pomocí zjištěné ceny jedné pneumatiky v Kč, kterou se vynásobí celkový počet pneumatik na vozidle. V případě výpočtů, které budou dále zpracovány, je počet pneumatik u všech typů dopravních prostředků (autobus, trolejbus a parciální trolejbus) roven 10. Dalším údajem pro výpočet je proběh pneumatik v km/rok. Cena pneumatik bude tedy vypočtena dle následujícího vzorce:

$$n_{PNEU} = \frac{(cena_{PNEU} * počet_{PNEU})}{proběh_{PNEU}} \quad (7)$$

$n_{PNEU}$  – náklady na pneumatiky (Kč/km)

$cena_{PNEU}$  – cena 1 ks pneumatiky (Kč/ks)

$počet_{PNEU}$  – počet pneumatik na vozidle (ks)

$proběh_{PNEU}$  – počet ujetých km na 1 ks pneumatiky (km)

Odpisy zahrnují účetní odpisy autobusů, trolejbusů a hmotného investičního majetku, který se váže k provozu MHD. Pro odpisy je stěžejní pořizovací cena požadovaného dopravního prostředku. Ceny dopravních prostředků jsou samozřejmě odlišné, vzhledem na požadovanou výbavu a také individuální požadavky objednavatelů. V rámci této práce je uvedena vždy pořizovací cena autobusu nebo trolejbusu bez DPH. Do výpočtu nejsou zahrnuty žádné dotační programy. Trakční trolejové vedení dle odpisování dlouhodobého majetku spadá do IV. skupiny, kde lhůta pro odpisy činí 20 let. Účetní odpisy trolejbusů jsou v Dopravním podniku města Ústí nad Labem a.s. nastaveny na 15 let, odpisy autobusů jsou nastaveny na 12 let. Ve výpočtu celkových nákladů na odpisy je nutné výsledek podílu kupní ceny vozidla a životnosti vozidla dále ještě vydělit nájezdem v km, což je vzdálenost, kterou dané vozidlo za 1 rok celkem ujede, tak aby výsledná hodnota byla v Kč/km. Dosazovaná vzdálenost je pro všechny dopravní prostředky ve výpočtu stejná, protože se náklady vztahují na stejný úsek, kde by bylo možné je využít. Výpočet položky nákladů na odpisy u všech zmíněných dopravních prostředků tedy bude vypadat následovně:

Vzorec pro výpočet nákladů na odpisy autobusu:

$$n_{ODP}^{BUS} = \frac{\left( \frac{k.cena_{BUS}}{\text{životnost}_{BUS}} \right)}{\text{nájezd}_{BUS}} \quad (8)$$

$n_{ODP}^{BUS}$  – náklady na odpisy autobusu (Kč/km)

$k.cena_{BUS}$  – kupní cena autobusu bez DPH (Kč/BUS)

$\text{životnost}_{BUS}$  – životnost autobusu (roky/BUS)

$\text{nájezd}_{BUS}$  – počet ujetých (km/rok)

Vzorec pro výpočet nákladů na odpisy trolejbusu:

$$n_{ODP}^{TROL} = \frac{\left( \frac{k.cena_{TROL}}{\text{životnost}_{TROL}} \right)}{\text{nájezd}_{TROL}} \quad (9)$$

$n_{ODP}^{TROL}$  – náklady na odpisy trolejbusu (Kč/km)

$k.cena_{TROL}$  – kupní cena trolejbusu bez DPH (Kč/TROL)

$\text{životnost}_{TROL}$  – životnost trolejbusu (roky/TROL)

$\text{nájezd}_{TROL}$  – počet ujetých (km/rok)

Pro výpočet nákladů na odpisy trakčního trolejového vedení a měnírny je potřeba znát plánovanou vzdálenost, na kterou se výpočet bude aplikovat. Cílem kalkulace nákladů je spočítat celkové náklady na provoz jednotlivých dopravních prostředků v případě, že by se využili na uvažované lince 3 v úseku, kde není vybudované trakční trolejové vedení. Tato vzdálenost činí 4,5 km, proto je do výpočtu zahrnuta tato uvedená vzdálenost. Další potřebnou položkou je celková ujetá vzdálenost za rok na lince 3. Tato vzdálenost činí 222 834 km/rok. Životnost trakčního trolejového vedení a měnírny je stanovena na 20 let dle IV. odpisové skupiny. Pokud jsou k dispozici všechny uvedené položky lze náklady na odpisy trakčního trolejového vedení a měnírny vypočítat dle následujícího vzorce:

$$n_{ODP}^{TV a M} = \frac{\left( \frac{l * cena_{vedení+M}}{\text{životnost}_{TV a M}} \right)}{\text{nájezd}_{L3}} \quad (10)$$

$n_{ODP}^{TV a M}$  – náklady na odpisy trakčního trolejového vedení a měnírny (Kč/km)

$l$  – vzdálenost, na které bude dobudováno trakční trolejové vedení (km)

$M$  – investiční náklady na vybudování měnírny (Kč)

$cena_{vedení}$  – cena trakčního trolejového vedení (Kč/km)

$životnost_{TV a M}$  – životnost trakčního trolejového vedení a měnírny (roky)

$nájezd_{L3}$  – celkový počet ujetých km na lince 3 (km/rok)

Vzorec pro výpočet nákladů na odpisy parciálního trolejbusu:

$$n_{ODP}^{P.TROL} = \frac{\left( \frac{k.cena_{P.TROL}}{životnost_{P.TROL}} \right)}{nájezd_{P.TROL}} \quad (11)$$

$n_{ODP}^{P.TROL}$  – náklady na odpisy parciálního trolejbusu (Kč/km)

$k.cena_{P.TROL}$  – kupní cena parciálního trolejbusu bez DPH (Kč/P. TROL)

$životnost_{P.TROL}$  – životnost parciálního trolejbusu (roky/P. TROL)

$nájezd_{P.TROL}$  – počet ujetých (km/rok)

U výpočtu kalkulace nákladů pro parciální trolejbus je nutné zahrnout náklady, které jsou spojené s trakční baterií. Jedná se o náklady na odpisy trakční baterie. Trakční baterie je u parciálního trolejbusu výzbroj navíc, proto je nutné tuto položku do výpočtu zahrnout. Výpočet pro náklady na odpisy trakční baterie vypadá následovně:

$$n_{ODP}^{TR BAT} = \frac{\left( \frac{cena_{TR BAT}}{životnost_{TR BAT}} \right)}{nájezd_{P.TROL}} \quad (12)$$

$n_{ODP}^{TR BAT}$  – náklady na odpisy trakční baterie (Kč/km)

$cena_{TR BAT}$  – cena trakční baterie bez DPH (Kč/TR BAT)

$životnost_{TR BAT}$  – životnost trakční baterie (roky/TR BAT)

$nájezd_{P.TROL}$  – počet ujetých parciálního trolejbusu (km/rok)

Položka mzdy zahrnuje vlastní mzdy řidičů a také mzdy ostatních pracovníků, kteří se podílejí na celkovém provozu MHD. Ve výpočtech lze sledovat, že mzdy řidičů autobusu a řidičů trolejbusu se mírně liší. Hodinové mzdy řidičů, které budou dosazeny do výpočtů, poskytl opět Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. Pro součet celkových nákladů je potřeba znát celkové náklady na mzdy, které lze spočítat pomocí následujících vzorců:

$$n_{MZDA}^{BUS} = \frac{mzdy_{BUS}}{\text{průměrná rychlost}_{BUS}} \quad (13)$$

$n_{MZDA}^{BUS}$  – celkové náklady na mzdy pro autobus (Kč/km)

$mzdy_{BUS}$  – mzdy spojené s provozem autobusu (Kč/hod.)

$průměrná rychlost_{BUS}$  – průměrná rychlost autobusu (km/hod.)

$$n_{MZDA}^{TROL} = \frac{mzdy_{TROL}}{průměrná rychlost_{TROL}} \quad (14)$$

$n_{MZDA}^{TROL}$  – celkové náklady na mzdy pro trolejbus (Kč/km)

$mzdy_{TROL}$  – mzdy spojené s provozem trolejbusu (Kč/hod.)

$průměrná rychlost_{TROL}$  – průměrná rychlost trolejbusu (km/hod.)

$$n_{MZDA}^{P.TROL} = \frac{mzdy_{P.TROL}}{průměrná rychlost_{P.TROL}} \quad (15)$$

$n_{MZDA}^{P.TROL}$  – celkové náklady na mzdy pro parciální trolejbus (Kč/km)

$mzdy_{P.TROL}$  – mzdy spojené s provozem parciálního trolejbusu (Kč/hod.)

$průměrná rychlost_{P.TROL}$  – průměrná rychlost parciálního trolejbusu (km/hod.)

Pro výpočet nákladů Kč/km spojených s pojištěním řidičů autobusu nebo trolejbusu je postup výpočtu totožný se vzorci pro výpočet nákladů na mzdy, jen se místo položky mzdy dosadí do vzorce součet zdravotního a sociálního pojištění v Kč/hod. a následně vydělí průměrnou rychlostí dopravního prostředku v km/hod.

Všechny uvedené vzorce jsou potřeba pro výpočet požadovaných nákladů na provoz autobusu, trolejbusu a parciálního trolejbusu. Po dosažení požadovaných hodnot do následujících tabulek se získají výsledky, které budou sloužit k porovnání nákladů na uvedené dopravní prostředky. V tabulkách kalkulace nákladů je potřeba ještě některé hodnoty převést na jednotky Kč/km. Pokud se převádí hodnota z Kč/hod. na Kč/km, je potřeba hodnotu Kč/hod. vydělit celkovým počtem hodin provozu daného dopravního prostředku za rok.



#### 4.2.1 Kalkulace nákladů – autobus

Jak už bylo uvedeno pro výpočet kalkulace nákladů, bylo nutné získat určitá vstupní data, která slouží pro celkový výpočet nákladů dopravního prostředku v Kč/km. V následující tabulce 7 lze vidět konkrétní vstupní data, která byla čerpána z Dopravního podniku města Ústí nad Labem a.s. a odpovídají údajům z roku 2017. Počet ujetých km/rok byl zvolen pro všechny dopravní prostředky stejně, aby výsledky odpovídaly konkrétní úvaze ve využití zmíněných dopravních prostředků na současné autobusové lince 3. Počet ujetých km/rok je tedy skutečný počet km, které autobus na lince 3 za rok ujede. Veškeré cenové hodnoty jsou uváděny bez DPH. Roční doba provozu autobusu v hodinách je také zvolena ve vztahu k současné lince 3.

Tabulka 7: Vstupní data pro autobus 18 m

Vstupní data	Hodnota
Počet ujetých (km/rok)	74 278
Spotřeba pohonných hmot - nafta (l/100 km)	31,57
Nafta (Kč/l)	23,56
Motorový olej (Kč/km)	0,17
1 ks pneumatiky (Kč)	6 721
Počet pneumatik na vozidle (ks)	10
Proběh pneumatik (km)	156 200
Kupní cena autobusu bez DPH (Kč)	8 235 300
Životnost autobusu (roky)	12
Údržba a opravy autobusu (Kč/km)	3,07
Mzdy (Kč/hod.)	158,50
Sociální pojištění (Kč/hod.)	39,63
Zdravotní pojištění (Kč/hod.)	14,27
Ostatní náklady (Kč/rok)	36 884
Režie (Kč/rok)	20 055
Roční doba provozu (hod./rok)	4 985
Průměrná rychlost autobusu (km/hod.)	15

(zdroj: vlastní zpracování)

Kupní cena autobusu je výrazně nižší než pořizovací cena trolejbusu, u autobusu odpadají náklady spojené s infrastrukturou, tudíž do výpočtu je zahrnuto podstatně méně položek, než je tomu u výpočtu nákladů pro trolejbus. V případě autobusů se nemusejí vynaložit náklady spojené s údržbou dopravní infrastruktury (čištění, rekonstrukce komunikací, zimní údržba). Vše související s údržbou komunikací je zajištěno městskými organizacemi nebo správci daných komunikací.

V tabulce 8 je vypočtena celková kalkulace nákladů pro kloubový 18 m autobus typu Irisbus Citybus 2081, který je v provozu MHD od roku 2002. Výpočet byl proveden dle uvedeného předchozího postupu. Konečná cena úplných nákladů na provoz autobusu činí 35,37 Kč/km. Výpočet bude sloužit pro následné porovnání nákladů dopravních prostředků (autobus, trolejbus a parciální trolejbus).

**Tabulka 8: Kalkulace nákladů pro autobus 18 m**

Položka finančního modelu autobus 18 m	KALKULACE NÁKLADŮ v Kč			KALKULACE TARIFŮ v Kč	
	Náklady závislé na		Nezávislé náklady (Kč/rok)	Tarifní sazby	
	km	hod.		km	hod. stání
1. Spotřeba pohonných hmot	7,607			7,607	///
2. Pneumatiky	0,430			0,430	///
3. Mzdy		158,500		10,638	158,500
4. Odpisy			686 275	9,239	137,659
5. Oprava a údržba	3,070			3,070	///
6.1 Zdravotní a sociální pojištění		53,890		3,617	53,890
6.2 Ostatní			36 884	0,497	7,399
<b>Přímé náklady celkem</b>					
7. Režie			20 055	0,270	4,023
<b>Úplné vypočtené náklady</b>				<b>35,368</b>	

(zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.2 Kalkulace nákladů – trolejbus

U kalkulace nákladů pro klasický kloubový nízkopodlažní 18 m trolejbus se samozřejmě liší některé položky, jako jsou např. pohonné hmoty, které jsou uvedeny v tabulce 9, neboť k pohonu trolejbusu je využívána elektrická energie. Kupní cena trolejbusu je oproti kupní ceně autobusu velmi vysoká. Samotná výstavba trakčního trolejového vedení je také nákladná záležitost. Dopravní infrastrukturu pro trolejbus je nutné udržovat, opravovat a obměňovat, náklady spojené s údržbou trakčního trolejového vedení hradí provozovatel MHD. Z estetického hlediska se nejedná o zrovna žádaný prvek v ulicích města, které jsou díky trakčnímu trolejovému vedení propleteny dráty. Nicméně u trolejbusu je velmi výhodná jeho ekologická stránka, a to tím, že neprodukuje žádné lokální emise. Tato výhoda je bohužel u trolejbusu kompenzována celkovými vysokými náklady na provoz. Samotná údržba a opravy u trolejbusu nejsou vysoké, soustavně se tyto náklady zvyšují právě kvůli trolejovému trakčnímu vedení.

Tabulka 9: Vstupní data pro trolejbus 18 m

Vstupní data	Hodnota
Počet ujetých (km/rok)	74 278
Spotřeba el. energie (kWh/100 km)	238,7
Cena el. Energie (Kč/kWh)	1,95
1 ks pneumatiky (Kč)	6 780
Počet pneumatik na vozidle (ks)	10
Proběh pneumatik (km)	190 000
Kupní cena trolejbusu bez DPH (Kč)	13 667 764
Cena trakčního vedení (Kč/km)	13 665 840
Cena měnírny (Kč)	13 000 000
Životnost trolejbusu (roky)	15
Životnost trakčního vedení (roky)	20
Údržba a opravy trolejbusu (Kč/km)	1,61
Údržba a opravy trakčního vedení a měnírny (Kč/km)	4,05
Mzdy (Kč/h)	162,92
Sociální pojištění (Kč/hod.)	40,73
Zdravotní pojištění (Kč/hod.)	14,66
Ostatní náklady (Kč/rok)	67 220
Režie (Kč/rok)	54 966
Roční doba provozu (hod./rok)	4 985
Průměrná rychlost vozidla (km/hod.)	15

(zdroj: vlastní zpracování)

V navrhovaném úseku, kde by autobusovou linku 3 měl nahradit klasický trolejbus, by bylo potřeba vystavět 4,5 km trakčního trolejového vedení a jednu měnírnu. Proto je do výpočtu zahrnuta cena jedné měnírny a 4,5 km trakčního trolejového vedení. Cena trakčního trolejového vedení se může pohybovat od 10 milionů až do 60 milionů za 1 km. Záleží na tom, zda se staví např. složité křižovatky s výhybnami, měnírny atd. V navrhovaném úseku byla cena 1 km stanovena na částku 13 665 840 Kč bez DPH a cena jedné měnírny, která by byla potřebná pro daný úsek, byla stanovena na částku 13 000 000 Kč bez DPH.

Pokud se výše uvedené položky, které jsou uvedeny za rok 2017 dle Dopravního podniku města Ústí nad Labem a.s., dosadí do tabulky kalkulace nákladů, pak výsledná cena provozu 18 m kloubového trolejbusu typu Škoda 27 Tr, který je v provozu MHD od roku 2014, činí 55,95 Kč/km viz tabulka 10. Výpočet bude sloužit pro následné porovnání úplných nákladů dopravních prostředků.

**Tabulka 10: Kalkulace nákladů pro trolejbus 18 m**

Položka finančního modelu trolejbus 18 m	KALKULACE NÁKLADŮ v Kč			KALKULACE TARIFŮ v Kč	
	Náklady závislé na		Nezávislé náklady (Kč/rok)	Tarifní sazby	
	km	hod.		km	hod. stání
1. Spotřeba el. energie	4,655			4,655	///
2. Pneumatiky	0,357			0,357	///
3. Mzdy		162,920		10,935	162,920
4. Odpisy			911 184	12,267	182,773
4a. Odpisy trakčního vedení, měnírny			3 724 814	16,716	747,154
5. Oprava a údržba	1,610			1,610	///
5a. Oprava a údržba trakčního vedení, měnírny	4,050			4,050	///
6.1 Zdravotní a sociální pojištění		55,393		3,718	55,393
6.2 Ostatní			67 220	0,905	13,484
<b>Přímé náklady celkem</b>					
7. Režie			54 966	0,740	11,025
<b>Úplné vypočtené náklady</b>				<b>55,952</b>	

(zdroj: vlastní zpracování)

#### 4.2.3 Kalkulace nákladů – parciální trolejbus

Kalkulace nákladů pro provoz parciálního trolejbusu neobsahuje položky týkající se vybudování trakčního trolejového vedení a měřírny, naopak obsahuje položky uvedené v tabulce 11, které souvisí s náklady spojené s trakční baterií, která slouží k pohonu trolejbusu mimo trakční trolejové vedení. Dle zkušeností a poskytnutých informací Statutárního města Teplice byly využity vstupní data, která jsou uvedena k roku 2018. Výrobce parciálního trolejbusu Škoda Electric poskytuje sedmiletou záruku na celé vozidlo včetně trakční baterie, celková životnost parciálního trolejbusu činí 15 let. Trakční baterie má omezenou životnost, a proto je ve výpočtu uvažováno s nutnou výměnou této baterie alespoň jednou během 15 let životnosti parciálního trolejbusu. Výměna a údržba trakční baterie jsou náklady, které vznikají navíc oproti klasickému trolejbusu, a proto jsou do výpočtu dosazeny.

Tabulka 11: Vstupní data pro parciální trolejbus 18 m

Vstupní data	Hodnota
Počet ujetých (km/rok)	74 278
Spotřeba el. energie (kWh/100 km)	238,70
Cena el. energie (Kč/kWh)	1,95
1 ks pneumatiky (Kč)	6 780
Počet pneumatik na vozidle (ks)	10
Proběh pneumatik (km)	190 000
Kupní cena parciálního trolejbusu bez DPH (Kč)	16 700 000
Životnost (roky)	15
Životnost trakční baterie (roky)	7
Výměna trakční baterie (Kč)	1 500 000
Údržba a opravy (Kč/km)	2,1
Mzdy (Kč/hod.)	162,92
Sociální pojištění (Kč/hod.)	40,73
Zdravotní pojištění (Kč/hod.)	14,66
Ostatní náklady (Kč/rok)	67 220
Režie (Kč/rok)	54 965
Roční doba provozu (hod./rok)	4 985
Průměrná rychlost vozidla (km/hod.)	15

(zdroj: vlastní zpracování)

Pro navrhovaný úsek, kde by parciální trolejbus mohl nahradit stávající autobusovou linku 3, by tedy nebylo nutné budovat nový úsek trakčního trolejového vedení ve vzdálenosti 4,5 km. Jediná úprava stávající infrastruktury by spočívala v umístění natrolejovacích „stříšek“, v místě, kde by parciální trolejbus nasazoval sběrače, a to na zastávce *Globus* v Trmicích. Díky získaným vstupním hodnotám a následnému výpočtu kalkulace nákladů pro 18 m kloubový parciální trolejbus typu Škoda 27 Tr bylo možné spočítat úplné náklady na provoz, které činí 41,3 Kč/km viz tabulka 12. Celkové srovnání nákladů na zmíněné dopravní prostředky bude řešeno v následující kapitole.

**Tabulka 12: Kalkulace nákladů pro parciální trolejbus 18 m**

Položka finančního modelu parciální trolejbus 18 m	KALKULACE NÁKLADŮ v Kč			KALKULACE TARIFŮ v Kč	
	Náklady závislé na		Nezávislé náklady (Kč/rok)	Tarifní sazby	
	km	hod.		km	hod. stání
1. Spotřeba el. energie	4,655			4,655	///
2. Pneumatiky	0,357			0,357	///
3. Mzdy		162,920		10,935	162,920
4. Odpisy			1 113 333	14,989	223,322
4a. Trakční baterie, výměna	2,885			2,885	///
5. Oprava a údržba včetně trakční baterie	2,100			2,100	///
6.1 Zdravotní a sociální pojištění		55,393		3,718	55,393
6.2 Ostatní			67 220	0,905	13,484
<b>Přímé náklady celkem</b>					
7. Režie			54 966	0,740	11,025
<b>Úplné vypočtené náklady</b>				<b>41,283</b>	

(zdroj: vlastní zpracování)

## 5. Celkové zhodnocení investice do parciálních trolejbusů

Na základě předchozí kalkulace nákladů v silniční dopravě pro 18 m kloubový nízkopodlažní autobus, trolejbus a parciální trolejbus, bylo zjištěno, že největší náklady na provoz představuje klasický trolejbus spolu s trakčním trolejovým vedením, kde náklady na provoz činní po zaokrouhlení 56 Kč/km, jak je uvedeno v tabulce 13. Náklady pro provoz parciálního trolejbusu jsou znatelně nižší než u klasického trolejbusu, po zaokrouhlení činní úplné náklady 41 Kč/km. Nejnižší náklady pro provoz byly vypočteny pro autobus s dieselovým pohonem, které po zaokrouhlení činní 35 Kč/km.

Tabulka 13: Úplné vypočtené náklady

Dopravní prostředek	Autobus	Trolejbus	Parciální trolejbus
Úplné vypočtené náklady (Kč/km)	35,37	55,95	41,28

(zdroj: vlastní zpracování)

Trolejbusy ať klasický nebo parciální, mají v porovnání s autobusem menší náklady na pohonné hmoty, nebo tedy náklady na elektrickou energii. V případě autobusu je problematická stále kolísající cena ropy. Ropa se řadí mezi vyčerpateľné zdroje, budoucnost dopravních prostředků poháněných pomocí fosilních paliv je tedy nejasná. Cena elektrické energie není tolik proměnlivá a ve výsledku je mnohem levnější než ropa. Pokud se elektrická energie vyrobí díky větrné, vodní nebo sluneční energii, lze hovořit o čisté elektrické energii z obnovitelných zdrojů, kdy při výrobě nedochází k produkci škodlivin např. při spalování uhlí v uhelných elektrárnách. Jako čistou elektrickou energii lze považovat také elektřinu vyrobenou jaderným štěpením v jaderných elektrárnách. Přehled jednotlivých zdrojů energie uvádí, že k roku 2017 měly obnovitelné zdroje (sluneční, větrné, vodní, geotermální, biomasa) celkový podíl energie 7,6 %, jaderné zdroje měly celkový podíl 35,01 % a největší podíl zaznamenaly fosilní zdroje (hnědé a černé uhlí, zemní plyn, ropa a druhotné zdroje) 57,4 %. (Národní energetický mix, online). Elektrickou energii je potřeba ke zdroji dopravit, při takové dopravě do trakčního trolejového vedení může docházet k menším ztrátám elektrické energie, tyto ztráty jsou tak malé, že celková účinnost vypravené elektřiny je stále dostatečná. Náklady na elektrickou energii pro provoz trolejbusů jsou tedy znatelně nižší, než náklady na pohonné hmoty pro autobus s dieselovým pohonem viz tabulka 14.

Co se týče nákladů, které souvisí s odpisy u uvedených vozidel, zde jednoznačně, jako nejdražší dopravní prostředek, vychází klasický trolejbus, u kterého náklady na celkové odpisy spolu s trakčním trolejovým vedením činní po zaokrouhlení 29 Kč/km. Nejlevnější náklady na odpisy byly vypočteny u autobusu s dieselovým pohonem. Náklady spojené s odpisy

u parciálního trolejbusu zahrnují odpisy trakční baterie a celkově činní po zaokrouhlení 15 Kč/km viz tabulka 14.

**Tabulka 14: Porovnání nákladů na pohonné hmoty a odpisy**

Dopravní prostředek	Náklady na pohonné hmoty/el. energie (Kč/km)	Náklady na celkové odpisy (Kč/km)
<b>Autobus</b>	<b>7,6</b>	<b>9,24</b>
<b>Trolejbus</b>	<b>4,7</b>	<b>28,99</b>
<b>Parciální trolejbus</b>	<b>4,7</b>	<b>14,99</b>

(zdroj: vlastní zpracování)

Pokud se tedy dopravce bude rozhodovat z uvedeného výběru, jaký dopravní prostředek v provozu MHD využije, určitě se přikloní k variantě autobusu s dieselovým pohonem, jelikož autobus z hlediska ekonomické zátěže na provoz, představuje nejlevnější alternativu. Oproti trolejbusu má autobus mnohem kratší životnost. Obrovskou nevýhodu u autobusů s dieselovým pohonem představují lokální emise, které autobusy produkují při spalování nafty, jedná se zejména o produkci nespálených uhlovodíků, oxidu uhelnatého a oxidu dusnatého. Mezi negativa, která se pojí s provozem autobusu, patří znatelná hluková zátěž, která je v zastavbě, kde bydlí větší množství obyvatel, velmi nežádoucí. Současný trend větších měst klade důraz především na životní prostředí, které silniční doprava znatelně devastuje, proto řada měst přistupuje na pořízení dopravních prostředků, které mají co nejmenší negativní dopad na kvalitu ovzduší. K zajištění obslužnosti autobusové linky 3 je potřeba nasadit do provozu tři autobusy na den. Pokud bude uvažováno o pořízení zcela nových vozidel na linku 3, tak investice do nákupu tří autobusů typu Irisbus Citybus 2081 činní 24 705 900 Kč bez DPH viz tabulka 15. Pokud by tedy bylo uvažováno o náhradě autobusů na lince 3 jinými vozidly, musel by Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. pořídit tři nová vozidla. Jako náhrada autobusů jsou uvažovány klasické trolejbusy, pro které by však bylo nutné vybudovat rozšíření trakčního trolejového vedení, nebo využití parciálních trolejbusů.

Trolejbus využívá k pohonu elektrickou energii, kterou čerpá pomocí sběračů napojených na trolejové trakční vedení, které je trvale pod napětím 600 V. Jelikož trolejbus potřebuje ke svému provozu trakční trolejové vedení, je nutné nejdříve tuto síť vybudovat. Jak už bylo řečeno, investiční náklady na vybudování trakčního trolejového jsou velmi vysoké. Ve výpočtu kalkulace nákladů vyšel provoz trolejbusu jako nejdražší varianta. Pro města, která nyní nedisponují trolejbusovou sítí, by investice do vybudování takové sítě byla nemalá. V rámci této práce je uvažováno o vybudování trakčního trolejového vedení a měničny v úseku Trmice – ul. Edisonova – Koštov, délka navrhované trasy činní 4,5 km, pokud by tedy Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. uvažoval o zavedení trolejbusové dopravy v této části města, musel



by do infrastruktury investovat celkem 74 496 280 Kč bez DPH a dalších 41 003 292 Kč bez DPH pro pořízení tří 18 m kloubových nízkopodlažních trolejbusů typu Škoda 27 Tr viz tabulka 15. Investice by zahrnovala vybudování obousměrného trakčního trolejového vedení a jedné měřírny. Náklady spojené s provozem trolejbusu a údržby trakčního trolejového vedení dle předchozích výpočtů činní 5,66 Kč/km, u autobusu jsou náklady na údržbu nižší a činní 3 Kč/km, u parciálního trolejbusu jsou náklady na údržbu trakční baterie a vozidla rovny 2 Kč/km.

Pokud by město chtělo pořídit dopravní prostředek, který nebude obnášet výstavbu trakčního trolejového vedení, je ideálním řešením parciální trolejbus, který je z ekologické stránky velmi šetrný k životnímu prostředí. Aby byla zajištěna plná obslužnost linky 3, musel by Dopravní podnik města Ústí nad Labem pořídit tři parciální trolejbusy. Investice na pořízení tří nových kloubových nízkopodlažních vozidel typu Škoda 27 Tr by činila 50 100 000 Kč bez DPH, jak je uvedeno v tabulce 15.

**Tabulka 15: Zhodnocení investic do dopravních prostředků a infrastruktury**

<b>Dopravní prostředek</b>	<b>Investice do dopravního prostředku Kč bez DPH</b>	<b>Investice do infrastruktury Kč</b>
<b>Autobus 3 ks</b>	<b>24 705 900</b>	<b>0</b>
<b>Trolejbus 3 ks</b>	<b>41 003 292</b>	<b>74 496 280</b>
<b>Parciální trolejbus 3 ks</b>	<b>50 100 000</b>	<b>0</b>

(zdroj: vlastní zpracování)

Část autobusové linky 3 byla vybrána jako navrhovaný úsek, kde by bylo možné využít právě parciální trolejbusy. Navrhovaný úsek v délce 4,5 km tvoří okrajovou část města Ústí nad Labem, i tak je zde spousta zařízení pro občanskou vybavenost a nachází se zde i průmyslová zóna. Stávající autobusová doprava dle provedené kalkulace nákladů vychází jako nejlevnější varianta pro provoz MHD, tím se potvrdila první hypotéza, která předpokládala, že *„Pořízení a provoz parciálního trolejbusu je v případě využití v MHD finančně náročnější nežli pořízení a provoz autobusu na dieselový pohon.“* Stávající trolejbusová síť, která končí u Globusu, nabízí možnost prodloužení trolejbusové dopravy až do této části. Pokud by se město Ústí nad Labem spolu s Dopravním podnikem města Ústí nad Labem a.s. rozhodlo vybudovat obousměrné trolejové trakční vedení v tomto úseku, byla by investice znatelně vyšší, než kdyby se rozhodlo nasadit v tomto úseku parciální trolejbusy. Pomocí získaných dat a provedených výpočtů kalkulace nákladů byla potvrzena druhá hypotéza, která předpokládala, že *„Pořízení a provoz parciálního trolejbusu je v případě využití v MHD finančně výhodnější nežli výstavba a provoz nového trakčního trolejového vedení spolu s pořízením klasického trolejbusu.“*

## Závěr

Diplomová práce se zaměřila na možnosti využití alternativních dopravních prostředků v MHD. V případě města Ústí nad Labem, kde je provozována jak autobusová tak i trolejbusová doprava, bylo uvažováno o využití parciálních trolejbusů s pomocným pohonem z trakční baterie. Parciální trolejbusy nabízejí možnost rozšíření již stávající trolejbusové sítě, a to bez nutnosti budování trakčního trolejového vedení. Parciální trolejbusy tak nabízejí možnou alternativu dopravních prostředků MHD, které stejně jako klasické trolejbusy, neprodukují žádné lokální emise a jejich provoz je šetrný k životnímu prostředí

Cíl diplomové práce spočíval v návržení rozšíření stávající trolejbusové sítě pomocí parciálních trolejbusů, dále v návržení konkrétních tras, kde by bylo možné parciální trolejbusy nasadit do provozu, a následně zhodnotit a porovnat investiční náklady, které jsou s pořízením a provozem parciálních trolejbusů spojeny. Za tímto účelem byl návrh trasy pro parciální trolejbus aplikován na stávající autobusovou linku 3 v úseku Trmice – ul. Edisonova – Koštov. V rámci porovnání investičních nákladů byla zpracována kalkulace nákladů v silniční dopravě pro tři druhy dopravních prostředků, a to pro autobus s dieselovým pohonem, klasický trolejbus a parciální trolejbus. Pomocí výpočtů, které bylo možné získat díky kalkulaci nákladů na 1 km, se potvrdily obě hypotézy. Parciální trolejbus představuje vhodný dopravní prostředek pro města, kde je již zavedena páteřní trolejbusová síť. Díky parciálním trolejbusům je možné prodloužit stávající trolejbusovou síť bez nutnosti budování nákladného trakčního trolejového vedení, vozidlo je schopné ujet až 12 km na pohon z pomocné trakční baterie, což nabízí velmi flexibilní využití i v běžném provozu MHD např. při uzavírkách komunikací. Dle realizovaných výpočtů vyšel, jako nejlevnější dopravní prostředek, jednoznačně autobus s dieselovým pohonem, který ale produkuje nežádoucí emise, na druhém místě se umístil parciální trolejbus a nejdražší variantu nabízí klasický trolejbus, který obnáší nutnou výstavbu trakčního trolejového vedení.

Dle shromážděných informací, dat a provedených výpočtů lze tedy hodnotit parciální trolejbusy jako možnou alternativu pro provoz MHD ve městech, kde je již zavedena trolejbusová síť s menším výškovým převýšením. Nespornou výhodou je ekologičnost provozu parciálních trolejbusů, která však s ohledem na poměrně vysoké pořizovací náklady nemusí být pro mnohé dopravce provozující dopravu vozidel s dieselovým pohonem dostatečnou motivací. K pořízení lokálně bezemisních vozidel, přispívají různé dotační programy, které městům umožňují jejich nákup. Parciální trolejbusy jsou v ČR zatím na vzestupu, ale i tak se jedná o slibný způsob obnovy stárnoucího vozového parku. Diplomová práce může sloužit jako námět pro další práce, které se zabývají využitím alternativních dopravních prostředků v MHD.

## Použité zdroje

CNG4you.cz. *Statistiky 2018*. [online]. CNG4you.cz, 2018 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <<http://cng4you.cz/cng-info/statistiky.html>>.

České nezávislé dopravní sdružení. *Ústecké tramvaje - ČNDS - historie ústeckých tramvají* [online]. ČNDS.cz, 2016 [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <http://cnds.cz/tramvaje/index.htm>

Československý dopravák. *První parciální trolejbusy v České republice odebere Zlín*. [online]. cs-dopravak.cz, 13. 1. 2016 [cit. 2018-14-10]. Dostupné z: <<http://www.cs-dopravak.cz/zpravy/2016/1/12/prvn-parciln-trolejbusy-v-esk-republice-odebere-zln>>.

Číže, Jakub, odborný pracovník odboru dopravy, Magistrát města Teplice. *Rozhovor a interní materiály Magistrátu města Teplice*. 4. 10. 2018. Teplice

Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. *MHD* [online]. DPmUL.cz, 2018 [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <<http://www.dpmul.cz/>>.

Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s. *Výroční zpráva 2017*. [online]. DPmUL.cz, 3. 5. 2018 [cit. 2018-10-28]. Dostupné z: <<https://www.dpmul.cz/download.php?idx=8824>>.

Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s., interní materiály za rok 2017 a 2018.

EISLER, Jan, KUNST, Jaromír a ORAVA, František. *Ekonomika dopravního systému*. Praha: Oeconomica, 2011. ISBN 978-80-245-1759-9.

Fuelcellbuses.eu. *Fuel Cell Electric Buses* [online]. fuelcellbuses.eu, 2018 [cit. 2018-14-10]. Dostupné z: <<http://www.fuelcellbuses.eu/>>.

GRISA, Ivan. *110 let MHD v Ústí nad Labem 1899 – 2009*. Ústí nad Labem: Dopravní podnik města Ústí nad Labem, a.s., 2009, 144 str.

HINČICA, Libor. *Největší objednávky na vodíkové autobusy v Evropě. 40 vozů zamíří do Německa*. [online]. cs-dopravak.cz, 2018 [cit. 2018-18-10]. Dostupné z: <<http://www.cs-dopravak.cz/zpravy/2018/3/7/nejvt-objednvka-na-vodkov-autobusy-v-evrop-40-voz-zam-do-nmecka>>.

HINČICA, Libor. *Plzeň nakoupí 18 m parciální trolejbusy od Škody Electric* [online]. Cs-dopravak.cz, 16. 3. 2018. [cit. 2018-25-11]. Dostupné z: <<http://www.cs-dopravak.cz/zpravy/2018/3/16/plze-nakoup-18m-parciln-trolejbusy-od-kody-electric>>.

HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: Komplexní přehled problematiky*. Praha: Grada, 2012, 158 str. ISBN-978-80-247-4455-1.

HURTOVÁ, Ivana a SEJKOROVÁ, Marie. *Experience with Operation of a Partial Trolleybus*. University of Pardubice. 2016. 15 str.

Hybrid.cz. *Počet CNG autobusů se za poslední 2 roky u nás zdvojnásobil*. [online]. Hybrid.cz, 2016 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <<http://www.hybrid.cz/pocet-cng-autobusu-se-za-posledni-2-roky-u-nas-zdvojnasil>>.

Hytep.cz. *Studie – Využití vodíkového pohonu v dopravě v České republice*. [online]. 2018 [cit. 2018-13-10]. Dostupné z: <<https://www.hytep.cz/images/dokumenty-ke-stazeni/Studie-Vyuziti-vodikoveho-pohonu-v-doprave-v-Ceske-republice.pdf>>.

CHRZ, Václav a ČERMÁK, Tomáš. *Doprava na zemní plyn – stanice na zkapalněný zemní plyn (LNG) pro autobusy*. [online]. Busportal.cz, 2009 [cit. 2018-14-10]. Dostupné z: <<http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=7056>>.

JAKOVLJEVIČ, Jan. *Nové trolejbusy mohou jezdit i bez trolejí*. [online]. Munimedia.cz, 9. 4. 2018. [cit. 2018-14-10]. Dostupné z: <<http://www.munimedia.cz/prispevek/nove-trolejbusy-mohou-jezdit-i-bez-troleji-13716/>>.

JANČAR, Rostislav. *Do ulic vyrazil první český autobus na vodík. Bude mít vlastní čerpací stanici*. [online]. 2009 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <[http://technet.idnes.cz/do-ulic-vyrazil-prvni-cesky-autobus-na-vodik-bude-mit-vlastni-cerpaci-stanici-18u-tec\\_tecnika.aspx?c=A090626\\_155912\\_tec\\_tecnika\\_rja](http://technet.idnes.cz/do-ulic-vyrazil-prvni-cesky-autobus-na-vodik-bude-mit-vlastni-cerpaci-stanici-18u-tec_tecnika.aspx?c=A090626_155912_tec_tecnika_rja)>.

LNG Blue Corridors.eu. [online]. LNGBC.eu, 2018 [cit. 2018-14-10]. Dostupné z: <<http://lngbc.eu/>>.

Mapový portál Mapy.cz [online]. [cit. 2018-11-06]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=13.6364000&y=50.4926000&z=11>

MARKOWSKI, Robert. *LNG Blue Corridors – across (parts of) Europe*. [online]. 21. 8. 2014 [cit. 2018-14-10]. Dostupné z: <<https://gazeo.com/up-to-date/news/2014/LNG-Blue-Corridors-across-parts-of-Europe,news,8000.html>>.

MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Praha: Grada, 2005. 223 str. ISBN 80-247-0350-5.

Odbor strategického rozvoje Magistrátu města Ústí nad Labem: *Profil města* [online]. Usti-nad-labem.cz, 2007 [cit. 2018-09-06]. Dostupné z: <[http://www.usti-nad-labem.cz/files/Usti\\_profil\\_final.doc](http://www.usti-nad-labem.cz/files/Usti_profil_final.doc)>.

OTE, a.s. *Statistika. Národní energetický mix* [online]. OTE. [cit. 2018-25-11]. Dostupné z: <<https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>>.

Proelektrotechniky.cz. *Elektrobuses v Ostravě: úspěchy v pravidelném provozu* [online]. Proelektrotechniky.cz, 2013 [cit. 2018-14-10]. Dostupné z: <<http://www.proelektrotechniky.cz/elektromobilita/22.php>>.

ŘÍHA, Zdeněk, TICHÝ, Jan a SMÍŠEK, Ondřej. *Utilization of CNG and LNG in Transportation*, In: 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2016, book 5: Ecology, Economics, Education and Legislation. Sofia: Bulgarian Academy of Sciences, 2016. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7105-66-7.

SLAVÍK, Ing. Jakub, MBA. *E-mobilita v MHD*. Proelektrotechniky.cz [online]. 2013 [cit. 2018-14-10]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/pdf/Studie1.pdf>

Statutární město Ústí nad Labem: *Základní informace* [online]. [cit. 2018-08-16]. Dostupné z: <<http://www.usti-nad-labem.cz/cz/volny-cas/turistum/usti-nad-labem-se-predstavuje/>>.

ŠAŠEK, Petr. *Ústecké trolejbusy třicet let v pohybu 1988 – 2018*. Ústí nad Labem: Dopravní podnik města Ústí nad Labem, a.s., 2018, 96 str.

Technet.cz. *Jak se vyrábí palivo budoucnosti. Vodík pro auta i elektroniku* [online]. 2008 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <[http://technet.idnes.cz/jak-se-vyrabi-palivo-budoucnosti-vodik-pro-auta-i-elektroniku-p6d/tec\\_technika.aspx?c=A080127\\_234744\\_tec\\_technika\\_vse](http://technet.idnes.cz/jak-se-vyrabi-palivo-budoucnosti-vodik-pro-auta-i-elektroniku-p6d/tec_technika.aspx?c=A080127_234744_tec_technika_vse)>.

Technet.cz. *Vodík: palivo budoucnosti, které nahradí benzin i naftu* [online]. Technet.cz, 2007 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <[http://technet.idnes.cz/vodik-palivo-budoucnosti-ktere-nahradi-benzin-i-naftu-pf4-/tec\\_technika.aspx?c=A071028\\_001202\\_software\\_jza](http://technet.idnes.cz/vodik-palivo-budoucnosti-ktere-nahradi-benzin-i-naftu-pf4-/tec_technika.aspx?c=A071028_001202_software_jza)>.

TICHÝ, Jan. *Kalkulace nákladů silniční a osobní dopravy* [online]. ČVUT a Společenství autodopravců Čech a Moravy, 2014. [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <<https://docplayer.cz/4821766-Kalkulace-nakladu-silnicni-nakladni-a-osobni-dopravy.html>>.

TOMÁŠ, Cafourek. *Města nakupují autobusy na elektrinu. Lákadlem je miliarda z dotací*. IDNES.cz: Ekonomika [online]. 3. 5. 2018 [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: [https://ekonomika.idnes.cz/elektrobuses-nakupy-mesta-0yb-/eko-doprava.aspx?c=A180503\\_399125\\_eko-doprava\\_fih](https://ekonomika.idnes.cz/elektrobuses-nakupy-mesta-0yb-/eko-doprava.aspx?c=A180503_399125_eko-doprava_fih)

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Město Ústí nad Labem.....	11
Obrázek 2: Pozůstatek kolejí v ulici Bílinská .....	13
Obrázek 3: Tramvajový provoz v Ústí nad Labem.....	16
Obrázek 4: Linkové schéma trolejbusové sítě 1. 7. 1988 .....	21
Obrázek 5: Linkové schéma trolejbusové sítě 9. 12. 2007 .....	22
Obrázek 6: Trolejbus Škoda 15 Tr 13-6M .....	25
Obrázek 7: Trolejbus Škoda 28 Tr .....	26
Obrázek 8: Trolejbus Škoda 21 Tr ACI .....	26
Obrázek 9: Trolejbus Škoda 25 Tr .....	26
Obrázek 10: Druhy energií pro pohon dopravních prostředků .....	28
Obrázek 11: LNG Blue Corridors of Europe .....	31
Obrázek 12: Popis vodíkového autobusu.....	33
Obrázek 13: Elektrobus SOR EBN 10,5.....	37
Obrázek 14: Box s trakčními bateriemi u vozidla Škoda 26 Tr .....	39
Obrázek 15: Natrolejovací stříšky pro parciální trolejbus.....	41
Obrázek 16: Návrh trasy Dobětice - ul. Nad Točnou .....	47
Obrázek 17: Výškový profil na trase Dobětice - ul. Nad Točnou.....	47
Obrázek 18: Návrh trasy Krásné Březno – ul. Neštěmická.....	48
Obrázek 19: Výškový profil na trase Krásné Březno - ul. Neštěmická .....	48
Obrázek 20: Návrh trasy centrum – Klíše.....	49
Obrázek 21: Výškový profil na trase centrum – Klíše .....	49
Obrázek 22: Návrh trasy Trmice – Koštov.....	50
Obrázek 23: Výškový profil na trase.....	50
Obrázek 24: Návrh trasy Trmice – ul. Edisonova .....	51
Obrázek 25: Výškový profil na trase Trmice - ul. Edisonova.....	51

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled trolejbusů v Dopravním podniku města Ústí nad Labem a.s. ....	24
Tabulka 2: Přehled trolejbusových linek MHD .....	27
Tabulka 3: SWOT analýza parciálního trolejbusu.....	42
Tabulka 4: Vozový park a infrastruktura MHD .....	43
Tabulka 5: Přehled autobusových linek MHD.....	44
Tabulka 6: Kalkulace nákladů - přehledová tabulka .....	55
Tabulka 7: Vstupní data pro autobus 18 m.....	64
Tabulka 8: Kalkulace nákladů pro autobus 18 m.....	65
Tabulka 9: Vstupní data pro trolejbus 18 m.....	66
Tabulka 10: Kalkulace nákladů pro trolejbus 18 m .....	67
Tabulka 11: Vstupní data pro parciální trolejbus 18 m.....	68
Tabulka 12: Kalkulace nákladů pro parciální trolejbus 18 m.....	69
Tabulka 13: Úplné vypočtené náklady .....	70
Tabulka 14: Porovnání nákladů na pohonné hmoty a odpisy .....	71
Tabulka 15: Zhodnocení investic do dopravních prostředků a infrastruktury .....	72

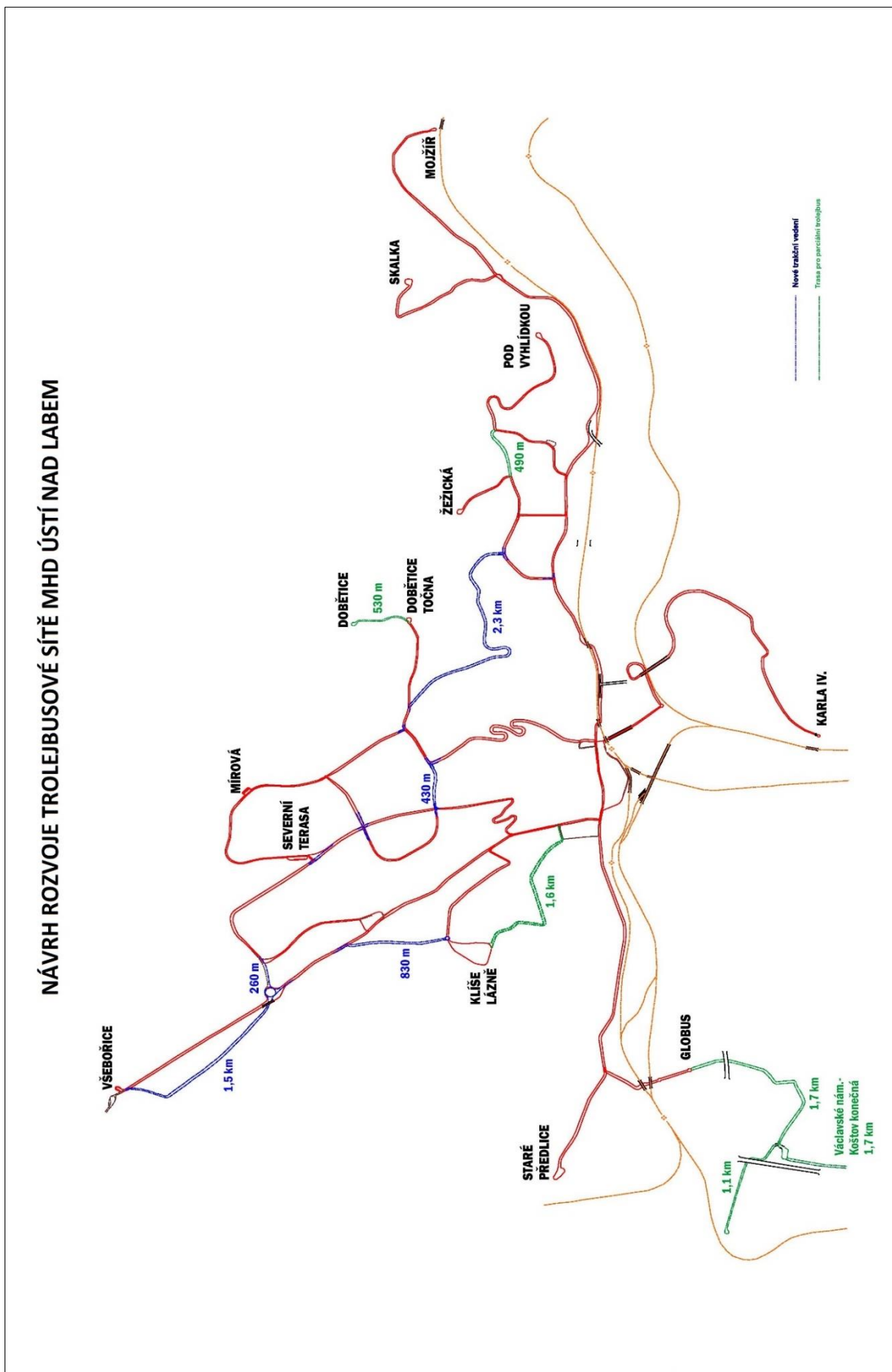
## Seznam příloh

Příloha 1: Schéma MHD v Teplicích .....	79
Příloha 2: Schéma MHD v Ústí nad Labem.....	80
Příloha 3: Návrh rozvoje trolejbusové sítě MHD Ústí nad Labem .....	81
Příloha 4: Staniční jízdní řád MHD autobusové linky 3.....	82











Příloha 4: Staniční jízdní řád MHD autobusové linky 3

**MĚSTSKÁ HROMADNÁ DOPRAVA A DOPRAVA ÚSTECKÉHO KRAJE**

**3**



Dopravce: Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s.  
 Revoluční 26, 401 11 Ústí nad Labem,  
 tel. : 800 100 613, 47 521 15 47,  
 internet : www.dpmul.cz, info@dpmul.cz



**celodenní nástup předními dveřmi**



Jízdní doklad předkládáte řidiči ke kontrole bez vyzvání. SMS jízdenka: nástup povolen pouze s přijatou a platnou jízdenkou.

min.	Zastávka + tarifní zóna	PRACOVNÍ DEN	SO+NE+SV
0 0 0	Mírové náměstí <sup>IDS</sup> <sup>W</sup> 101	00	00
2 2 2	Revoluční <sup>W</sup> <sup>W</sup> 101	01	01
3 3 3	Divadlo <sup>W</sup> <sup>W</sup> 101	02	02
4 4 4	Hraničář <sup>W</sup> 101	03	03
6 6 6	Klíšská 101	04 36EK <sup>W</sup>	04 36 <sup>25</sup> V <sup>W</sup>
7 7 7	Kaufland 101	05 06M <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	05 06 <sup>25</sup> M <sup>W</sup> 36 <sup>25</sup> V <sup>W</sup>
9 9 9	Průmyslová 101	06 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	06 06 <sup>25</sup> V <sup>W</sup> 36 <sup>25</sup> K <sup>W</sup>
10 10 10	U Vlečky <sup>W</sup> <sup>W</sup> 101	07 06KS <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	07 06 <sup>25</sup> V <sup>W</sup> 36 <sup>25</sup> K <sup>W</sup>
11 11 11	Vlnola <sup>W</sup> <sup>W</sup> 101	08 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	08 06V <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>
12 12 12	Nové Předlice <sup>IDS</sup> 101	09 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	09 06V <sup>W</sup> 36V <sup>W</sup>
14 14 14	Trmice, Globus <sup>IDS</sup> 101	10 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	10 06V <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>
16 16 16	Trmice, Bělský můstek <sup>IDS</sup> 101	11 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	11 06V <sup>W</sup> 36V <sup>W</sup>
17 17 17	Trmice, Za Humny 101	12 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	12 06V <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>
18 18 18	Trmice, Stará škola <sup>IDS</sup> <sup>W</sup> 101	13 06M <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	13 06V <sup>W</sup> 36V <sup>W</sup>
19 19 <	Trmice, Gogolova 101	14 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	14 06V <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>
20 20 <	Trmice, Zámecká <sup>W</sup> <sup>W</sup> 101	15 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	15 06V <sup>W</sup> 36V <sup>W</sup>
22 < <	Trmice, Metal 101	16 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	16 06V <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>
23 21 <	Trmice, Elektrárna <sup>W</sup> 101	17 06M <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	17 06M <sup>W</sup> 36V <sup>W</sup>
24 22 <	Trmice, Důl 5. květen 101	18 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	18 06V <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>
26 24 <	Trmice, Nad Zámkem 101	19 06D <sup>W</sup> 36K <sup>W</sup>	19 06 <sup>24</sup> V <sup>W</sup> 36 <sup>24</sup> V <sup>W</sup>
27 25 19	Trmice, Václavské náměstí <sup>IDS</sup> 101	20 06D <sup>W</sup>	20 06 <sup>24</sup> V <sup>W</sup>
28 26 20	Koštov <sup>W</sup> <sup>W</sup> 101	21 06 <sup>31</sup> PKS <sup>W</sup> 34 <sup>31</sup> G <sup>W</sup>	21 06 <sup>24</sup> PKS <sup>W</sup>
29 27 21	Koštov obec <sup>IDS</sup> <sup>W</sup> 101	22	22 02 <sup>24</sup> G <sup>W</sup>
30 28 22	Koštov konečná 101	23	23

**Poznámky:**

- X - zastávka nebo spoj na znamení
- ♿ - zastávka je bezbariérově přístupná
- <sup>IDS</sup> - zastávka je v systému DÚK
- ♻️ - zastávka na znamení
- ♿ - spoj s bezbariérově přístupným vozidlem
- 📄 - automat na výdej jízdenek MHD
- 📞 - informační centrum DP
- 📄 - předprodej jízdenek
- 🚆 - přestup na vlak
- G - končí v zast. Globus
- P - přes Metal
- E - přes Důl 5. květen, Metal
- S - přes Důl 5. květen
- V - Václavské náměstí
- D - Václavské náměstí přes Důl 5. květen
- M - Václavské náměstí přes Metal, Důl 5. květen
- K - Koštov konečná
- <sup>24</sup> - Nejede 24.12.
- <sup>25</sup> - Nejede 1.1., 25.12.
- <sup>31</sup> - Nejede 31.12.



základní jízdné  
60 minut

SMS jízdenka: cena dle tarifu, text MDJ  
 odeslat na 90206, platnost 60 minut, nástup  
 pouze s přijatou a platnou SMS jízdenkou.

Na lince platí tarif a smluvní přepravní podmínky  
 zveřejněné ve vozidle na lince a na informačním  
 místě dopravce.

Platnost od 1.1.2018

Zpracováno systémem SKELETON® FS software s.r.o.