



Ekonomická  
fakulta  
Faculty  
of Economics

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Ekonomická fakulta

Katedra regionálního managementu

Bakalářská práce

**Ekonomické aspekty alternativní dopravy ve  
vybraném regionu**

Vypracoval: Tomáš Nosko

Vedoucí práce: doc. Ing. Eva Cudlínová, CSc.

České Budějovice 2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš NOSKO**  
Osobní číslo: **E14592**  
Studijní program: **B6202 Hospodářská politika a správa**  
Studijní obor: **Strukturální politika EU pro veřejnou správu**  
Název tématu: **Ekonomické aspekty alternativní dopravy ve vybraném regionu**  
Zadávatel katedra: **Katedra regionálního managementu**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### Cíl práce:

Cílem bakalářské práce bude analyzovat dopravní situaci ve vybraném regionu a zjistit do jaké míry zahrnuje alternativní dopravu, šetrnější k životnímu prostředí. Jaké jsou hlavní faktory, které kladně stimulují "zelené inovace v dopravě" a co naopak brání.

#### Metodika práce:

Práce popíše a provede analýzu dopravní situace v daném regionu, jeho kvalitu infrastruktury, propojení s ostatními regiony a zaměří se na alternativní formy dopravy, které existují, nebo jsou v plánu. Lze provést i srovnání situace dvou regionů a zohlednit časové hledisko, kdy se objevuje poprvé iniciativa zelené dopravy, jak je ekonomicky podporovaná, jaká je její finanční náročnost. Je to spíše záležitost státu, nebo se v této formě dopravy angažují více soukromé firmy? Je možné srovnávat i dvě města např. lázeňského typu.

#### Rámcová osnova:

1. Úvod, 2. Literární rešerše, 3. Cíl a metodika, 4. Řešení problematiky, 5. Provedení analýzy, 6. Závěr, 7. Resumé, 8. Použitá literatura, 9. Přílohy.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

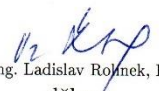
Seznam odborné literatury:

1. JEDLIČKA, J., & ADAMEC, V. (2006). Udržitelný rozvoj a doprava. **Doprava, zdraví a životní prostředí.**
2. MOLDAN, B., HAK, T., KOLÁŘOVÁ, H. (2002). K udržitelnému rozvoji České republiky: vytváření podmínek, Svazek 2, Svazek 5. **Univerzita Karlova. Centrum pro otázky životního prostředí.**
3. NEUBERGOVÁ, K. (2005). **Ekologické aspekty dopravy. České vysoké učení technické v Praze. Dopravní fakulta. Vydavatelství ČVUT.**
4. RAMANATHAN V. & CARMICHAEL G. (2008). **Global and regional climate changes due to black carbon, Nature Geoscience.**
5. TICHÁČEK, J. (2008). **Analýza dopravní infrastruktury Olomouckého kraje.**
6. ZIMMERMANNOVÁ, J. (2009). **Ekonomické nástroje pro ekologicky šetrnou dopravu v České republice. Účetnictví a reporting udržitelného rozvoje na mikroekonomické a makroekonomické úrovni, 128-132.**
7. ZAHNAŠ, T. (2007). **Analýza dopravní obslužnosti ve městě Zlín a jeho okolí.**


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Eva Cudlínová, CSc.**  
Katedra regionálního managementu

Datum zadání bakalářské práce: **25. ledna 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. dubna 2017**

  
doc. Ing. Ladislav Rojtnek, Ph.D.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
EKONOMICKÁ FAKULTA  
Studentská 13 (2F)  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Eva Cudlínová, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 14. března 2016 .

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské/diplomové práce, a to – v nezkrácené podobě/v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Ekonomickou fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

13. 4. 2017 v Českých Budějovicích

Podpis studenta:

## Poděkování:

Dovolte mi, abych na tomto místě poděkoval především všem členům své rodiny, kteří mi umožnili studovat a dojít až tak daleko – k bakalářské práci. Chtěl bych jim poděkovat za podporu a víru, kterou do mě celé 3 roky studia vkládali. Také bych chtěl poděkovat všem dopravcům, kteří mi poskytli informace, které jsem poté mohl zpracovat a následně prezentovat v této práci. Děkuji.

Také bych rád poděkoval vedoucí práce doc. Ing. Evě Cudlínové, CSc. za odborné rady a náměty pro zpracování práce. Děkuji.

# Obsah

Cíl práce .....	2
1. Úvod.....	3
2. Literární rešerše.....	4
2.1 Základní pojmy a nastínění problematiky .....	4
2.2 Dělení a druhy dopravy.....	5
2.3 Dopravní politika .....	8
2.4 Pozitivní působení dopravy na životní prostředí .....	8
2.5 Negativní působení dopravy na životní prostředí .....	9
2.5.1 Globální vlivy .....	10
2.5.2 Regionální vlivy .....	10
2.5.3 Lokální vlivy .....	12
2.6 Alternativní pohonné zdroje v dopravě.....	16
3. Cíl, hypotéza a metodika .....	23
3.1 Hypotéza .....	23
3.2 Metodika.....	23
4. Praktická část .....	25
4.1 Doprava v regionu České Budějovice .....	25
4.2 Počátky dopravy ve městě .....	26
4.3 Současná hromadná doprava v Českých Budějovicích .....	28
4.4 Integrovaný dopravní systém Jihočeského kraje.....	28
4.5 Trolejbusová doprava.....	29
4.6 Autobusová doprava .....	31
5. Porovnání autobusů a trolejbusů z hlediska nákladů provozu a vlivu na životní prostředí 38	
5.1 Porovnání z hlediska nákladů provozu.....	38
5.2 Porovnání nákladů na provoz autobusů a trolejbusů z hlediska vlivu na životní prostředí .....	43
6. Závěr.....	47
7. Resumé .....	48
I. Summary and keywords .....	49
II. Seznam použité literatury .....	50
III. Seznam grafů, obrázků a tabulek .....	52

## **Cíl práce**

Tato bakalářská práce je zaměřena na problémy v dopravě.

Cílem práce je analyzovat stávající dopravní situaci v Českých Budějovicích a porovnat tak vliv autobusů a trolejbusů, které zajišťují městskou hromadnou dopravu z hlediska nákladů na provoz a vlivu na životní prostředí.

Práce tak umožní nahlédnout na dopravu v Českých Budějovicích z hlediska nákladnosti a dopadu na životní prostředí.

# 1. Úvod

Doprava je základním stavebním kamenem pohybu veškerého zboží, osob, služeb, kapitálu a veškeré přesuny, které se na naší planetě uskutečňují, využívají možnosti dopravy. Ta, bohužel, kromě nesporných pozitiv, má i svá negativa a lidstvo s nimi bojuje už od nepaměti. Jistě si každý z nás všiml, že vozidel na silnicích neustále přibývá a dopravu využívá neustále více a více lidí po celém světě. I v zemích, kde není doprava ještě tolik rozvinutá, se postupně začíná rozmáhat a koně, spřežky a povozy postupně nahrazují nákladní vozy.

Pohyb osob po kontinentech i uvnitř nich, s sebou nese mnohá úskalí. Posledních několik desítek let si lidstvo začíná uvědomovat, že je potřeba pro udržení dopravy v chodu podnikat jistá opatření a světlo světa spatřily nové pojmy, jako je „udržitelná doprava“, či „alternativní doprava“ a světové velmoci, ač ne vždy s ochotou, začínají postupně směřovat dopravu takovým směrem, aby bylo možné neustále přepravovat vše potřebné tam, kam je to nutné. Pro zlepšení dopravy a zároveň pro snížení dopadu na životní prostředí, které je dopravou velmi poznamenáváno, se snaží celý svět vyvíjet nové možnosti v dopravě a přispět tak k jejímu rozvoji a snížení nároků na životní prostředí. Na silnicích se stále více a více objevují automobily a další dopravní prostředky, které k pohonu využívají mnoho „vychytávek“ oproti klasickému benzínu a naftě. Není výjimkou potkat automobil na elektřinu, zemní plyn, či vodík, a právě těmto problémům s dopravou, jejím negativům a pozitivům, ale i novým možnostem se budu v této práci věnovat.



## 2. Literární rešerše

### 2.1 Základní pojmy a nastínění problematiky

Jeden z velmi důležitých faktorů hospodářského rozvoje je právě doprava. Je předmětem dopravní politiky a provázaná s politikou regionální. V každém regionu je potřeba zajistit dopravní infrastrukturu pro osobní, nákladní, ale i železniční, leteckou a v přímořských regionech také námořní dopravu. Provází člověka už od pradávna. Už náš prapředek cestoval a migroval za potravou, používal nejprve vlastní nohy, později zvířata a rozvoj dnešní dopravy, zdá se, dosahuje takřka svého vrcholu. To lze pozorovat na celkové délce dopravní sítě, která převyšuje více než 740krát délku Země. Bez námořních tras dosahuje přes 30 milionů kilometrů, z nichž 6 je tvořeno linkami letecké dopravy (*Neubergová, 2005*).

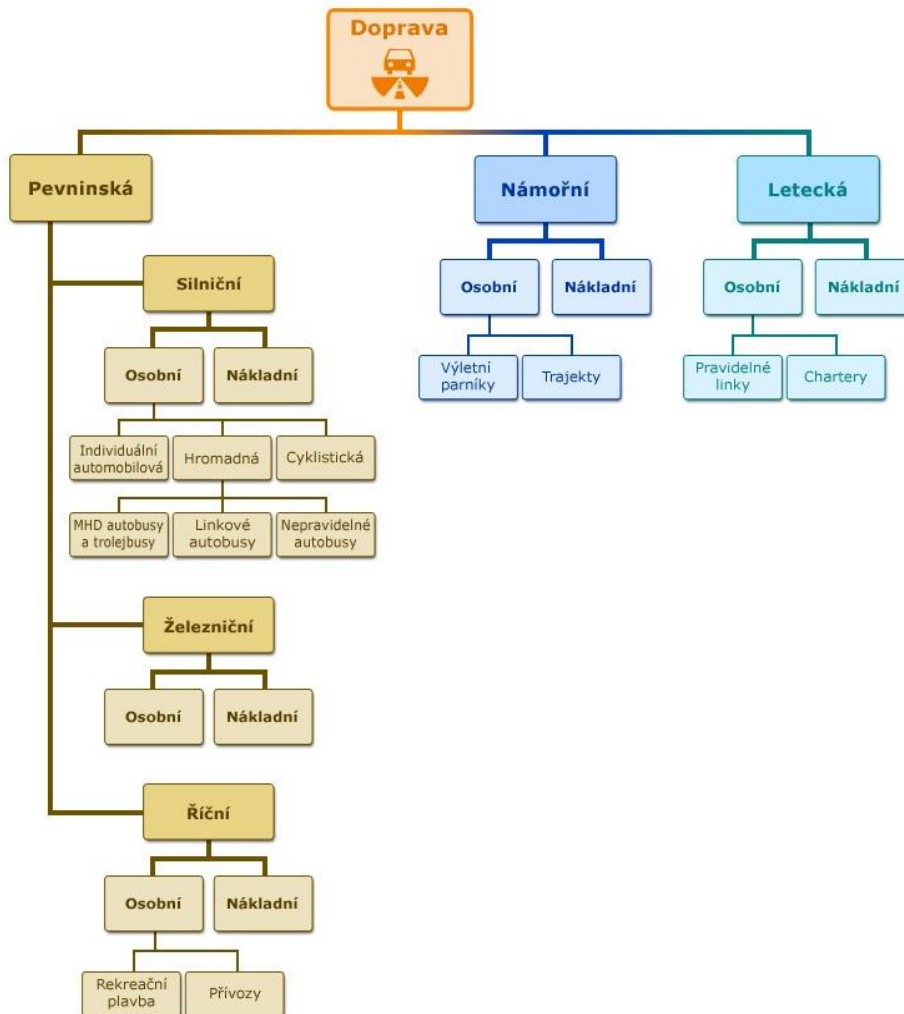
Abychom byli schopni dopravu využívat také v budoucnu, je potřeba se podle toho chovat a dodržovat jistá opatření udržitelného rozvoje. Jde o takový rozvoj, který dokáže naplnit potřeby současné generace, aniž by ohrozil potřeby generací následujících, nebo byl provozován na úkor jiných národů. Je sladěním ekonomického rozvoje s ekologickými a sociálními aspekty. V souladu s udržitelným rozvojem je také často vzpomínána udržitelná doprava. Udržitelnou dopravu vystihuje vhodně definice OECD. Ta říká, že ji lze označit za dopravu, která uspokojí potřeby mobility současných generací bez omezení potřeb mobility budoucích generací (*Škapa, 2003*).

## 2.2 Dělení a druhy dopravy

Dopravu můžeme rozčlenit do tří základních skupin na dopravu:

- pevninskou,
- vodní (námořní),
- leteckou.

Obrázek 1: Dělení dopravy



Zdroj: Vítejte na Zemi. (2017)

Především se jedná o dělení v závislosti na prostoru, ve kterém se uskutečňuje. Dále ji lze rozdělit podle druhu dopravního prostředku, nebo dopravní infrastruktury. Tento způsob vymezuje druhy dopravy.

Další podrobnější dělení nastiňuje obrázek 1. Dopravu dělíme na silniční, železniční a cyklistickou (pěší).

Vodní doprava může být pevninská, nebo námořní. V České republice je to především říční doprava. Dopravu dělíme také podle toho, co je jí přepravováno, a to na dopravu nákladní a osobní. Právě v těchto dvou kategoriích se doprava také vyhodnocuje. Existuje tak doprava městská, regionální, dálková, vnitrostátní a mezinárodní. Rozlišujeme dopravu také podle vztahu k určitému místu:

- vnější (doprava ven z území, či města),
- vnitřní (doprava pouze v hranicích dané oblasti, města, regionu),
- tranzitní (danou oblastí pouze projíždí).

V České republice je doprava charakteristická velmi hustou sítí silnic a železnic. Na 1 km<sup>2</sup> máme 0,7 km silnic a 0,12 km železnic. Hustota železnic v ČR se řadí mezi nejvyšší na světě, ve srovnání s Evropou je ČR ale průměrnou zemí. Německo má hustotu železnic více než dvojnásobnou, nebo například Japonsko až pětinasobnou. Síť dálnic a rychlostních silnic se postupně rozšiřuje až od roku 1990 vlivem rostoucí intenzity silniční dopravy. V roce 2005 dálnice zajistily zhruba 12 % dopravního výkonu, nicméně délka dálnic v České republice patří mezi podprůměrné pouze s 1 % celkové délky silniční sítě. Železniční síť se v posledních 20 letech nijak výrazně neprodlužovala, zvyšuje se ovšem její kvalita (*Vítejte na Zemi.cz 2017*).

K 31. 12. 2015 bylo v České republice registrováno 5 158 516 osobních automobilů, jejichž průměrné stáří bylo 14,3 roku. V roce 2014 bylo průměrné stáří 14,1 roku. Z toho tvoří vozidla starší 15 let 40,6 %, přičemž se na celkovém průběhu ujetých km všech osobních automobilů podílí jen 18 %. I přes to, že podíl ujetých km těchto starých vozů je jen velmi malý, emitují 49,5 % celkového objemu nebezpečných látek (*Svaz dovozců automobilů.cz 2016*).

Tabulka 1: Registrovaná vozidla k 1. 9. 2015 – 1. 9. 2016

Kategorie	2016							
	Nová vozidla		Ojetá vozidla		Celkem		Z roku 2015	Vyřazená vozidla
	Ks	Podíl	Ks	Podíl	Ks	Podíl	Ks	Ks
OA - Osobní automobily	192714	73.19 %	123837	82.04 %	316551	76.42 %	8	277614
LUV - Lehká užitková vozidla	14185	5.39 %	7294	4.83 %	21479	5.19 %		17050
BUS - Autobusy	716	0.27 %	297	0.20 %	1013	0.24 %		1739
NA - Nákladní automobily	8346	3.17 %	2532	1.68 %	10878	2.63 %		23025
L - Motocykly	15093	5.73 %	12601	8.35 %	27694	6.69 %		16956
O - Přívěsy a návěsy	28581	10.85 %	3346	2.22 %	31927	7.71 %		14130
T - Traktory	1972	0.75 %	584	0.39 %	2556	0.62 %		275
Ostatní vozidla	1683	0.64 %	437	0.29 %	2120	0.51 %		1881
Nezařaditelné	12	0.00 %	15	0.01 %	27	0.01 %		1351
<b>Celkem vozidel</b>	<b>263302</b>	<b>100 %</b>	<b>150943</b>	<b>100 %</b>	<b>414245</b>	<b>100 %</b>		

Zdroj: Svaz dovozců automobilů.cz (2016)

Z tabulky je vidět, že ojetých vozidel registrují lidé méně než vozidel nových. Největší podíl na příbytku automobilů mají automobily osobní, i přes 354 021 vyřazených automobilů jich více přibylo, než ubylo. Přírůstek tedy celkem činí 60 224 vozidel. Zajímavá je také struktura vozidel dle paliva. Tu popisuje následující tabulka 2.

Tabulka 2: Registrace vozidel dle paliva za 1-9/2016

Položka	Celkem	Podíl
Benzin	105 919	51,19%
Diesel	94 899	45,86%
CNG	2 338	1,13%
Hybrid	1 080	0,52%
LPG	475	0,22%
Elektro	134	0,06%
E85	7	0,00%
nezjištěno	2 047	0,98%

Zdroj: Svaz dovozců automobilů.cz (2016)

Lze si všimnout stále suverénní převahy benzinových a naftových pohonných jednotek. Česká republika je v rámci Evropské unie skeptická a alternativy v dopravě zatím moc nevyužívá. Celých 97 % registrovaných vozidel stále spaluje benzin a naftu. Nejlépe si z alternativ vede stlačený zemní plyn (CNG), který je v České republice nejrozšířenějším alternativním palivem motoristů. Je to způsobeno všeobecně možným přechodem z klasického spalovacího motoru na CNG, který obnáší „pouze“ několik málo úprav a není tak nákladný, jako pořízení nového automobilu s alternativním pohonem. K oblíbenosti CNG také přispívá možnost tankovat plyn na mnoha čerpacích stanicích.

### **2.3 Dopravní politika**

Zaměřuje se na dopravní systém státu a jeho strukturu. Cílem je optimalizovat podíly jednotlivých druhů dopravy na celkovém výkonu dopravního systému. Tato politika je součástí hospodářské politiky, což je soubor hospodářských rozhodnutí a opatření, jehož součástí jsou nástroje jejich realizace, který se opírá o určitou koncepci řízení ekonomiky.

#### **Nástroje dopravní politiky**

Do nástrojů dopravní politiky patří:

- legislativní, které představují závazné právní předpisy,
- fiskální, které představuje soustava daní, poplatků a cen,
- dotační nástroje, kterými jsou podpory pro zvýhodňování určitých činností,
- nástroje tvořící přiměřené možnosti pro přemístění pomocí hromadné dopravy,
- nástroje podpory aktivit, pomáhající segmentům dopravy, důležitým z hlediska předpokládaného vývoje a v souladu s udržitelným rozvojem (*Eisler, 2004*).

### **2.4 Pozitivní působení dopravy na životní prostředí**

Doprava nemá jen negativní vlivy na životní prostředí. K pozitivním vlivům dopravy na ekonomiku státu patří vliv na rozmístění sídel a územní strukturu hospodářství, také

- vliv na hybnost obyvatelstva,
- vliv na území a mezinárodní dělbu práce,
- vliv na hospodářskou a kulturní výměnu mezi sídly a oblastmi,
- podíl na zvyšování životní úrovně obyvatelstva.

Dopravní cesty mají vliv na rozdílné osídlování kolem silnic a železničních tratí. Podél železnic vznikají sídla ovlivněná vzdáleností a také dostupností zastávek. Podél silničních tahů a koridorů vznikají poté sídla, která jsou závislá na individuální silniční dopravě. Dalším vlivem je vliv na rozmístění obyvatel. Na jednoho průměrného obyvatele naší planety připadne ročně přibližně 200 cest, přičemž průměrná vzdálenost jedné cesty je 33 km. Lze zde pozorovat také značné rozdíly v různých zemích světa. V USA připadne průměrně na jednoho obyvatele 17 tis. kilometrů ročně, zatímco v rozvojových zemích jsou vzdálenosti připadající na obyvatele velmi nízké – je to jen několik kilometrů. Doprava, tedy zejména její vyspělost, značně ovlivňuje hybnost obyvatel a umožňuje pohybovat se po planetě v obrovských měřítkách a vzdálenostech. Doprava má vliv také na mezinárodní dělbu a na hospodářskou a kulturní výměnu mezi sídly a oblastmi. Dnešní nutností je specializovat výrobu, což vede k potřebě

přemísťovat stále více surovin a polotovarů. Konečné výrobky je poté nutné dopravit do místa jejich konečné spotřeby. Výrazným dílem doprava přispívá také na zvyšování životní úrovně obyvatelstva. S tím je spojena i zaměstnanost. Jen světová doprava zaměstnává 100 milionů lidí. Ve světě je běžnou praxí dojíždět za prací, v USA mnohdy lidé dojíždějí i do několik hodin cesty vzdálených měst. V České republice však lidé upřednostňují práci v místě jejich bydliště a mobilita není tak vysoká. Za výjimku lze považovat obyvatele příhraničních oblastí, kteří jezdí pracovat do sousedního státu (*Neubergová, 2005*).

## 2.5 Negativní působení dopravy na životní prostředí

Doprava, kromě výrazného hospodářského nebo ekonomického užítku, přináší i řadu negativních vlivů. Negativa dopravy lze dělit výrazně barvitějším a bohatším způsobem než její pozitivita. Lze na ně nahlížet různými úhly pohledu. V posledních 20 letech doprava klade velmi vysoké nároky na životní prostředí a důvodem je hlavně zvyšující se počet automobilů, jak lze vidět v tabulce 3, a stále velmi vysoké zastoupení automobilů spalujících naftu a benzin, jak ukazuje tabulka 2 v předchozím textu.

Tabulka 3: Stav vozového parku v letech 2011–2016

Dopravní prostředek	ROK				
	2011	2012	2013	2014	2015
Osobní automobily	4 597 450	4 734 317	4 820 299	4 937 206	5 158 516
Lehké užitkové vozy	495 701	505 962	506 932	512 407	530 783
Autobusy	19 844	19 499	19 451	19 871	19 966
Nákladní automobily	177 218	177 364	174 227	176 397	180 453
Motocykly	945 767	975 221	994 551	1 016 978	1 059 513
Traktory	156 510	159 257	161 955	165 127	169 972
<b>celkem</b>	<b>6 392 490</b>	<b>6 571 620</b>	<b>6 677 415</b>	<b>6 827 986</b>	<b>7 119 203</b>

*Zdroj: Svaz dovozců automobilů.cz (2016)*

Negativní vlivy lze rozdělit na vlivy globální, regionální a lokální a bude se jimi zabývat následující text.

### 2.5.1 Globální vlivy

Ke stěžejním globálním vlivům dopravy patří skutečnost, že výrazně přispívá ke skleníkovému efektu. Množství automobilů rok od roku neustále stoupá a jejich provozem dochází k nárůstu produkce skleníkových plynů, zejména CO<sub>2</sub>, který se na oteplování Země podílí většinou - 55 %. Z tohoto množství je doprava globálně zodpovědná za ¼ jeho produkce. Z jednotlivých druhů dopravy je největším producentem doprava silniční, která tvoří 80–90 % produkce CO<sub>2</sub>. Mezi dalšími plyny, na které je potřeba brát zřetel, jsou také například chlorofluorované uhlovodíky, které vznikají při provozování klimatizací v automobilech a v mrazících zařízeních. Nelze opomenout také oxid uhelnatý (CO). Tento plyn má dva účinky, a to prodlužování průměrné doby přetrvávání metanu v atmosféře až o 20 % a dokáže se přeměnit na CO<sub>2</sub>. Při násobení těchto dvou efektů je celkový vliv CO téměř 2,2krát vyšší než CO<sub>2</sub>. Existence tohoto efektu byla uznána jako oficiální v roce 1990, poté byla také vydána zpráva o IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). Tento mezivládní panel, týkající se změn klimatu, byl ustaven v roce 1988 valným shromážděním OSN. Zpráva o IPCC měla za úkol informovat světové politické představitele o závažnosti tohoto problému.

Světová silniční síť měří 22,4 mil. km., a současný vozový park světa přesahuje 640 milionu vozů. Od vynálezu automobilu dochází k nárůstu počtu automobilů všech druhů. Na počtu osobních automobilů se nejvíce podílí Evropa společně se Severní Amerikou, každá jednou třetinou. O zbytek se dále dělí Asie, Jižní Amerika, Afrika a Austrálie (*Duchoň, 1999*).

### 2.5.2 Regionální vlivy

Regionálními vlivy a dopady dopravy je myšleno především několik faktorů, kterými doprava ovlivňuje jejich prostředí. Ne každý region je zatěžován dopravou stejně. Největším zatížením je pro regiony doprava nákladní a osobní. V regionech je doprava zajištěna nejčastěji autobusovou dopravou, ve velkých městech městskými linkami. Jedním z nejvýznamnějších vlivů na regionální úrovni jsou kyselé deště a jimi způsobené ničení vegetace. Kyselé deště si dnes lidé spojují s neustále se vyvíjejícím a rozrůstajícím průmyslem a navozuje představy razantně se zhoršujícího životního prostředí. Mnoho lidí možná překvapí, že kyselými dešti se zabývaly studie v Anglii již v roce 1661. Byly publikovány výsledky vlivu emisí na lidský organismus i vliv na vegetaci a přírodní prostředí. Kyselost je vyjadřována v hodnotách pH. Normální reakce dešťové vody je zhruba 5,5 pH, dnes je však běžná i hodnota 4,1 pH. Mezi extrémní případy patří například naměřená hodnota 3,4 ve Vrchlabí v září 1980, či dokonce 1,5 pH naměřená ve stejném roce v USA ve Virginii (*Neubergová, 2005*).

Kyselost atmosféry a obsah toxických látek, které do ní činnost člověka, včetně dopravy, vypouští a které se přenáší v podobě kyselých dešťů do půdy, má negativní vliv na vegetaci, ale i stavby. Ulpívání těchto látek na povrchu listů omezuje přístup světla a narušuje mechanismy fotosyntézy. Negativní dopad mají tyto látky na stavební materiály.

Například v severních Čechách je životnost zděných staveb snížena o cirká 10 % a ocelových dokonce o 20 %. V této lokalitě ale nelze z hlediska viny hovořit pouze o dopravě. Již v minulém režimu zde stálo a dosud stojí několik uhelných elektráren, které vypouští do ovzduší značné množství síry. I přes snahu eliminace odsiřováním je koncentrace síry v těchto oblastech stále 2x vyšší, než je průměr Evropské unie na jednoho obyvatele. Ulpívání těchto látek na povrchu listů omezuje přístup světla a narušuje mechanismy fotosyntézy. Podrobně jsou problémy poškození rostlin vypsány v tabulce 4 (Neubergová, 2005).

Tabulka 4: Nejobvyklejší příznaky poškození rostlin hlavními emisemi z dopravy

Škodlivina	Aktuální poškození	Chemické poškození
Oxid siřičitý SO <sub>2</sub>	Nepravidelné nekrózy* nebo odumřelá místa mezi postranními žilkami. Zbarvení šedavé až slonovinově bílé nebo hnědé, červené až černavé. Nekrotické a odumřelé části se nápadně odlišují od ještě živých.	Při malých koncentracích předčasné stárnutí listů, žloutnutí nebo slabá pomístná chloróza*, hnědnutí spodní strany listové čepele. Při středních koncentracích povšechná chloróza.
Oxidy dusíku NO <sub>x</sub>	Voskový vzhled, bělavé tříslivé nebo hnědé nekrózy na okraji čepele listů a mezi cévními svazky, zhroucení buněk palisádového parenchymu.	Chlorózy, předčasný odpad listů
Ozon O <sub>3</sub>	Drobné světle hnědé, tmavohnědé, černé nebo červené skvrnky mezi nejjemnějšími cévními svazky na svrchní straně listové čepele, svrchní strana listové čepele bronzová, stříbřitá nebo purpurová. Šedavé, mléčně bělavé, žlutohnědé skvrny na svrchní, později i spodní straně listové čepele. Chlorózy. Zhroucení buněk palisádového parenchymu. Nekrózy.	Chlorózy, vybělení.
Peroxidy organických sloučenin	Spodní strana čepele listů porcelánová, stříbřitá nebo bronzová. Zhroucení buněk houbového parenchymu. Nekrózy.	Chlorózy, předčasný odpad listů

Zdroj: Neubergová, 2005

\*Nekróza – tvoření žlutých nebo hnědých skvrn na listech

\*Chloróza – zhroucení chlorofylu



### 2.5.3 Lokální vlivy

Mezi lokální vlivy se obvykle řadí exhalace, znečišťování vod, znečišťování okolního prostředí, hluk a vibrace, dopravní nehody a střety se zvěří a také zábor půdy a destrukce osídlení.

#### Exhalace

Exhalací se v dopravě rozumí vypouštění emisí do ovzduší. Mezi hlavní složky exhalace z dopravy patří oxidy uhlíku, síry, dusíku, prchavé organické látky, polycyklické aromatické uhlovodíky, azbest a olovo. Zastoupení olova ovšem z tabulek emisí postupně mizí díky bezolovnatým pohonným hmotám. Exhalace způsobují především znečištění ovzduší, vod a okolního prostředí. Mezi nejvýznamnější znečišťující látky se řadí oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), oxid uhelnatý (CO) a oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ).

#### Oxid uhličitý $\text{CO}_2$

Jak již bylo zmiňováno, patří oxid uhličitý mezi skleníkové plyny, kterých bychom si měli všimnout nejvíce. Jeho producentem je z 90 % silniční doprava. V průměru připadají na jednoho obyvatele 4 t  $\text{CO}_2$ , opět je ale jeho produkce velmi nerovnoměrná. Největší producenti jsou průmyslové státy severu. Evropská unie se snaží emise tohoto plynu trvale snižovat například pomocí emisních limitů vozidel. (*Neubergová, 2005*)

#### Oxid uhelnatý CO

Způsobuje zpomalování reflexů, zbavuje tělo a rostliny kyslíku, zvyšuje výskyt bolestí hlavy. I tento plyn produkuje především silniční doprava.

#### Oxidy dusíku $\text{NO}_x$

I tyto plyny mají velmi výrazný podíl na produkci skleníkových plynů z dopravy. Mezi hlavní zdroje patří opět doprava, protože tyto plyny vznikají jakýmkoli spalovacími procesy a ty pohání veškeré automobily se spalovacími motory (*Šed'a, Adamec, Švanda, Dostál, Tvarůžková, Galle, Dufek, 2003*).

Tyto oxidy neblaze působí na lidské zdraví, a především na dýchací orgány. Mohou způsobit snižování odolnosti vůči virovým onemocněním, bronchitidě a zápalu plic. Následkem vypouštění všech těchto látek do ovzduší je mimo primární problém skleníkového efektu ještě další, spíše lokální efekt – smog. Jedná se zejména o smog typu Los Angeles. Smog je definován

jako situace atmosféry, při které vzájemně reagují emise, imise a ostatní látky. Emise jsou látky vnášené do prostředí a následně imise poté vyjadřují tyto emise, které vzájemně reagují s prostředím a tím vyvolávají jeho změny.

Rozlišujeme dva druhy smogu – smog redukční a fotochemický. Smog redukční je starší, poprvé byl popsán v roce 1952 v Londýně, proto také nese název Londýnský. Je charakterizován směsí mlhy a průmyslových kouřů. Postihuje tedy především průmyslové oblasti a vzniká smísením oxidu siřičitého a tuhých depozic – sazí. Maxima dosahuje při teplotách kolem 0 °C, vysoké vlhkosti a inverzní situaci ovzduší. Druhý typ smogu, smog fotochemický, byl po druhé světové válce popsán v USA. Výskyt byl častý v Los Angeles nebo Kalifornii. Jeho tvorba je podmíněna slunečním zářením. Vzniká při dostatečné intenzitě slunečního záření fotochemickými reakcemi s exhalacemi obsahujícími uhlovodíky a oxidy dusíku (*Šeďa, Adamec, Švanda, Dostál, Tvarůžková, Galle, Dufek, 2003*).

### **Znečišťování vod**

Škodlivé látky, pocházející z dopravy, se objeví také ve vodách. Ovlivňují jak vody podzemní, tak povrchové. Do povrchové vody se splachují dešťovými srážkami z polí, z komunikací, nebo při haváriích. Následně se mohou dostat i do podzemních vod průsakem půdy. Nejčastějšími příčinami jsou havárie, dopravní i ekologické a následné úniky nebezpečných látek. Nejčastěji tak unikají maziva, pohonné hmoty, brzdové kapaliny, nebo kyseliny obsažené v autobateriích. To platí pro všechny druhy dopravy, od silniční přes vodní až po leteckou. Každý rok dojde v České republice ke zhruba 50 případům úniku nebezpečných látek, ekologických havárií a ohrožení (*Neubergová, 2005*).

### **Znečišťování okolního prostředí**

Škodlivé látky z dopravy poskvřňují také prostředí ve svém okolí. Látky se poté dostávají do ovzduší i vod. Nejvíce je ovlivněna vegetace podél cest a ve stokách. Například konzumací ovoce ze stromů a keřů, lemujících dopravní tepny, můžeme pozřít i nežádoucí látky. I když se množství škodlivin v plodech různě liší, plody z rostlin kolem komunikací jsou kontaminovány olovem a prachem, který se na ně dostává vzduchem. Konzumace takového ovoce může být jejich zdrojem. Koncentraci lze výrazně snížit omytím až o 50 % (*Neubergová, 2005*).

Dalším významným faktorem není sama doprava, ale pečování o komunikace pro její udržení v zimních obdobích. Jedná se o solení vozovek a jejich posyp. Posypové látky se

projevují nejen podél komunikací, ale i do značných vzdáleností. Vegetace může být ovlivněna až do 50 m od místa aplikace. Například z průzkumu dálnice Praha – Brno vyplynulo, že odtokem se dostane z dálnice až 30 % aplikovaných látek, zbytek se rozpráší do ovzduší a poté se usazuje v okolí. (Neubergová, 2005)

K posypu se nejčastěji používají soli, konkrétně chlorid sodný (NaCl), chlorid hořečnatý (MgCl<sub>2</sub>) a vápenatý (CaCl<sub>2</sub>), které znečišťují okolí chemicky. Ne všude lze ale používat tyto způsoby posypů. Například v chráněných krajinných oblastech, jako je CHKO Šumava, nebo CHKO Třeboňsko, se tyto chemické posypové látky nepoužívají a jejich používání je zakázáno. Používají se pouze materiály interní, jako je štěrk, nebo drť. Tyto látky nemají chemické účinky, ale jsou významným zdrojem prašnosti a zanášejí stoky a vodoteče. Jejich výhodou je ale možnost částečného opětovného použití. Po oblevě se štěrky a drť mohou smést a následně znovu použít.

### **Hluk a vibrace**

Definice hluku je v dopravě stejná jako pro každý jiný zvuk. Vyjadřuje se v decibelech (dB). Účinky hluku lze rozdělit na obtěžující a škodlivé. Obtěžující hluk může být u každého člověka v jiné hladině, ovšem hluk škodlivý je pro sluchové ústrojí již kolem 90 dB. Každý druh dopravy produkuje jiné množství hluku. Hluk ze železniční dopravy není stálý, ale je velmi silný. Železniční tratě blízko obytných zón mohou způsobovat nepříjemné vibrace. Naopak silniční doprava je charakteristická spíše trvalým hlukem, nikoli vibracemi. Hluk ze silniční dopravy ovlivňuje ve velké míře samotná pneumatika (její dezén pláště, tlak v pneumatice, její šířka apod). Značný podíl nese také samotný povrch vozovky. Hrubší a pórovité povrchy jsou při styku s pneumatikou hlučnější než například hladké povrchy rychlostních silnic a dálnic. Dalším nepříjemným druhem dopravy, který způsobuje nadměrný hluk, je doprava letecká. Hluk je způsobován proudovými motory, které mohou při práci na plný výkon dosahovat hluku až 130 decibelů. (Neubergová, 2005)

### **Dopravní nehody a střety se zvěří**

Nehody k dopravě bohužel neodmyslitelně patří. Staly se nedílnou součástí našeho života. Bezpečnost dopravy a snižování počtu nehod na komunikacích se staly prioritní otázkou mnoha zemí při posuzování trvale udržitelného rozvoje. Trvalý nárůst vozidel, pohybujících se na komunikacích, vede i k neustálým nehodám. I přes trvale se vyvíjející dopravní prostředky a bezpečnostní prvky stále dochází na silnicích k největšímu počtu úmrtí v dopravě vůbec. Může za to také nepřiměřený způsob jízdy, nadměrná rychlost a agresivita řidičů. V neposlední

řadě často dochází také ke střetu se zvěří nejen na pozemních komunikacích, kde je častou příčinou smrtelných nehod, ale také střety s ptactvem mohou být pro leteckou dopravu katastrofickým scénářem. Při vniknutí ptactva do motoru letadel může dojít k jeho selhání a v konečném důsledku i ke zřícení celého letadla (*Šed'a, Adamec, Švanda, Dostál, Tvarůžková, Galle, Dufek, 2003*).

### Zábor půdy a destrukce osídlení

Dopravní síť v Evropské unii zabírá plochu přes 30 000 km<sup>2</sup> a neustále se staví nové komunikace pro uspokojení rozvíjející se dopravy. Na záboru půdy se z největší části podílí dopravní infrastruktura. Takto zastavěná půda není dále nijak využitelná a je překážkou pro zemědělství a lesnictví.

Tabulka 5: Délka dopravních cest v ČR (km)

Druh komunikace	Rok					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Silnice a dálnice	55 752	55 742	55 717	55 761	55 748	55 738
Železniční tratě	9 568	9 572	9 570	9 560	9 559	9 566

Zdroj: Ministerstvo dopravy ČR (2017)

Železniční síť je mnohem řidší než síť silnic a dálnic. Silniční síť České republiky patří spíše k hustším. Jak můžeme vidět z tabulky, za posledních 5 let se nijak výrazně délka silnic a dálnic nemění. Změny probíhají spíše v pozměňování kategorií tratí. Například v roce 2004 došlo k přesunutí více než 400 km tratí z kategorie osobní do osobní i nákladní. Přibývá také silnic 1. třídy. Dopravní cesty a sítě mají za následek určitý druh dělení krajiny, vytváří menší izolované celky, mezi nimiž vznikají jakési bariéry právě v podobě silnic, dálnic a železnic. Přispívají tak k estetickému narušení krajiny a jde mnohdy o negativní a nenávratné zásahy do přírody. V budoucnosti není vhodné stavět dálnice souběžně s obydlými oblastmi a již stávajícími cestami. Alternativní možností je rozšíření stávajících silnic a přeměnit je tak na silnice vyšší třídy. Také je potřeba volit průběh silnic, dálnic a železnic tak, aby co nejméně ovlivnily estetický ráz krajiny (*Duchoň, 1999*).

## 2.6 Alternativní pohonné zdroje v dopravě

Mnohá negativa, která byla doposud zmíněna, se snaží řešit právě alternativní doprava. Jedná se v podstatě o nahrazení dosavadních pohonných jednotek a pohonných hmot jinými, šetrnějšími a účinnějšími formami a snížit tak emise výfukových plynů, které vznikají spalováním benzínu a nafty. Již od doby, kdy si lidé uvědomili, že je potřeba najít jiné řešení, vznikají nové alternativy, které umožňují zachovat dopravu se sníženými, či nulovými zplodinami a výfukovými plyny. Mezi pohony vozidel, které svou nízkou produkcí spalin výrazně méně zatěžují životní prostředí, patří:

- zemní plyn CNG,
- ropný plyn LPG,
- etanol a metanol,
- bionafta a bioplyn.

Jako další alternativa, která neprodukuje žádné škodlivé spaliny, je automobil na elektřinu. Další alternativa je vodík. Tato možnost je ale zatím ve fázi vývoje a automobily ji neumí efektivně využít.

Jak již bylo naznačeno, alternativní pohony mají za úkol snížit škodlivé zplodiny, především v oblastech a regionech, kde je patrná urputná snaha o ochranu životního prostředí (CHKO, národní parky a podobně). Existují zde zvláštní opatření a omezení ve prospěch ochrany a zachování krajiny. Dalšími lokalitami jsou také centra měst, či lázeňských aglomerací, národní parky, nebo také prostory nemocnic, či výrobních hal, kde je potřeba dopravních prostředků, které nezatěžují ovzduší spalinami. K těmto účelům se používají elektromobily, či automobily na vodíkové články (*Ramanathan, Carmichael, 2008*).

### **Automobily na zemní plyn (CNG)**

Stlačený zemní plyn, mezi veřejností známý jako CNG (Compressed Natural Gas), je plyn, konkrétně metan, vyrobený z obnovitelných zdrojů, či odpadů. Používá se v automobilovém průmyslu pro pohon vozidel a lze ho považovat za relativně čistší alternativu k hojně využívanému benzínu a motorové naftě. V nádržích vozidel je plyn ve skupenství plynném a je lehčí než vzduch. Při jeho úniku dochází k odvětrávání. Spalováním CNG jsou emise výrazně nižší, než při spalování benzínu či nafty a stále o několik desítek procent nižší než při spalování LPG. Konkrétní čísla mluví čistě ve prospěch CNG oproti benzínu a naftě. Při spalování LPG vzniká o 20-25 % méně emisí oxidu uhličitého a až o 95 % méně emisí oxidu dusíku. V České republice je zemní plyn oblíbenou alternativou, a i přes stále poměrně nízký

počet čerpacích stanic, které nabízí možnost tankovat LPG, jeho využití v dopravě stále roste. Je také vhodným a účinným pro využití ve vozidlech s velkoobjemovými spalovacími motory jako jsou autobusy, či těžká nákladní vozidla. CNG je v určitém smyslu znovu obnovitelné palivo, jež lze získávat z biomasy. Skládá se z drtivé části z metanu, jehož obsahuje až 99 %. Nežádoucí složkou je sirovodík a vodní páry, které mohou podporovat korozi kovových částí spalovacího zařízení. Neobsahuje ani olovo, a proto je nutné do starších motorů přidávat náhražku v podobě různých aditiv.

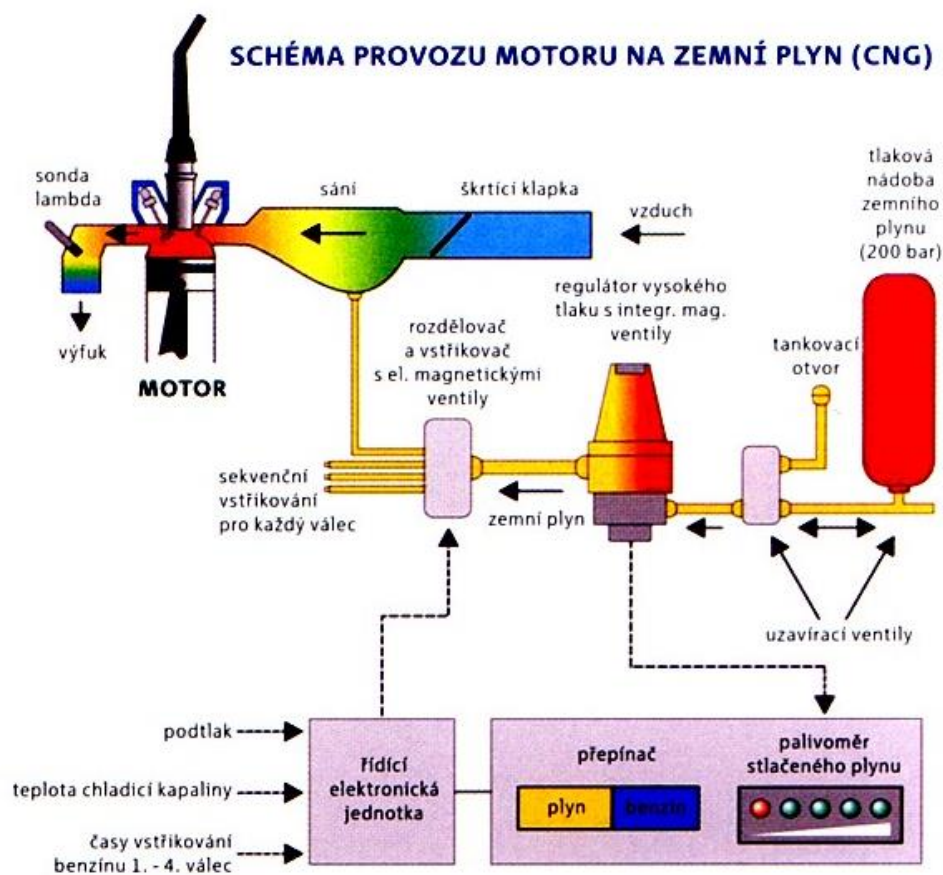
Mezi nesporné výhody CNG v dopravě můžeme zařadit:

- Stálou kvalitu plynu a s tím spojený tichý chod motoru.
- Úsporu nákladů až o 60 % v případě benzínu, až 40 % v případě nafty.
- Nabídka již originálně vyrobených vozů na CNG.
- Možnost přechodu na CNG v případě nákladních dopravních prostředků, nebo autobusů.
- Možnost výroby z bioodpadu.

CNG s sebou ale nese i jisté nevýhody. Těmi jsou především:

- Nižší pohodlí při čerpání plynu, způsobené řídkší sítí čerpacích stanic. Těch je k 21. 11. 2016 v České Republice 135. Celkem je v České Republice k 30.6 2016 celkem 7001 stanic. Také musí řidiči počítat s nižším dojezdem než u jiných paliv.
- Relativně nákladná přestavba běžného automobilu na automobil spalující CNG, která činí zhruba 40 tis. Kč. Náklady jsou spojené převážně s pořízením tlakových lahví, vedení plynu k motoru a dalších součástí potřebných pro jeho spalování. Tento proces popisuje schéma na obrázku 2.
- Záběr části zavazadlového prostoru.
- Řídká servisní síť pro údržbu a opravu.
- Vyšší náklady při pořízení nového vozu, již upraveného pro spalování CNG, které činí zhruba 50 tisíc korun mezi srovnatelnými vozy.

Obrázek 2: Provoz motoru na CNG



Zdroj: *Auta5p.eu* (2005)

### Automobily na zkapalněný ropný plyn (LPG)

LPG, z anglického názvu *Liquified Petroleum Gas*, se v dopravě v České republice vyskytuje z alternativ nejčastěji. Ropný plyn se hojně využívá už několik desetiletí. Dřívější označení jistě všichni známe – propan butan. Dříve byl využíván jako topný plyn na vaření v domácnostech a v posledních desetiletích se LPG stal velmi populární v dopravě. Využití lze v zážehových motorech automobilů. Nižší emise, produkované spalováním LPG, mu připisují přívlastek „ekologicky čisté palivo“. Plyn, připravený jako palivo pro motory, má samozřejmě jinou jakost a vlastnosti než plyn pro použití v domácnosti a propan butanových lahvích. V porovnání produkuje spalování LPG o 20 % méně  $\text{CO}_2$  než benzin a o 1,8 % méně než nafta. Největší rozdíl je ale patrný v produkci  $\text{NO}_x$ . Zde vítězí LPG v porovnání s benzinem o 20 % nižší produkcí a o 95 % nižší produkcí ve srovnání s naftou. LPG je tvořen směsí lehkých uhlovodíků, v kapalném stavu jde o bezbarvou a těkavou látku. Pro pohon automobilu

ropným plynem je třeba automobil drobně upravit a přidat systém láhví a vedení, stejně jako u CNG.

Mezi výhody LPG řadíme:

- Nižší cenu ve srovnání s naftou a benzinem (cena 1 litru LPG je zhruba poloviční oproti litru naturalu 95).
- Úspornější provoz.
- Dobré vlastnosti při spalování – spalování bez kouře, bez zápachu a sazí, v motoru se neusazuje karbon.
- Dnes již poměrně hustá síť čerpacích stanic LPG.

Nevýhody jsou pro LPG téměř totožné jako pro CNG:

- zábor zavazadlového prostoru,
- nižší dojezd,
- pořizovací náklady přestavby,
- potřeba přidávat aditiva pro starší motory z důvodu absence olova.

### **Metanol a etanol**

Metylalkohol je pro člověka jedovatou látkou. Jedná se o čistou kapalinu bez zápachu a vyznačuje se velkou universálností a také je základním stavebním kamenem mnoha chemických procesů. V dopravě se využívá méně ve srovnání s dalšími alternativami z důvodu převažujících nevýhod. Vozidla na metanol se ze strany výkonu a dojezdu podobají naftě či benzinu. Spalováním vzniká podstatně méně emisí. Ve srovnání s naftou klesají hodnoty  $\text{NO}_x$  o 65 %,  $\text{CO}_2$  a uhlovodíky o 95 %, dým až o 100 %.

Mezi výhody patří:

- vyšší oktanové číslo, což napomáhá lepší účinnosti motoru,
- bezpečnější při nehodách (případný požár lze hasit vodou),
- nižší množství škodlivých látek při spalování.

Nevýhody:

- Způsobuje rychlejší korozi kovových materiálů a plastových částí.
- Toxicita metanolu.
- V benzinových motorech způsobuje problémy při startování v nízkých teplotách.
- Až dvojnásobná spotřeba paliva oproti naftě, nebo benzinu.



## **Etanol**

Etanol se dnes využívá jako náhražka benzínu ve speciálně upravených motorech a jedná se o jednu z nejstarších alternativ. Velké množství vozidel jezdilo na etanol již od 90. let minulého století. Stejně jako metanol, lze vyrábět etanol z biomasy, což jej staví mezi perspektivní alternativy. Často je také přidáván jako biosložka do benzínu. Jeho obsah může být 3–15 %. Využívá se především pro jeho vyšší oktanové číslo, což umožňuje dokonalejší spalování a lepší účinnost motoru. Zaručuje tak vyšší výkon a nižší emise ve spalínách. Emise CO<sub>2</sub>, tuhých částic a organických látek, jsou zhruba o polovinu nižší v porovnání s benzinem. Nevýhodou je opět korozivní působení na kovové materiály, odmašťuje a má negativní vliv na plastové hmoty. I etanol, díky nižší energetické hustotě v jednom kilogramu paliva, znamená vyšší spotřebu.

## **Biopaliva**

Mezi biopaliva se dnes řadí bionafta a bioplyn. Bionafta je rostlinný olej. Lze jej získat z více než 300 druhů rostlin, z nichž mezi nejčastěji zmiňované patří řepka olejná, slunečnice, oliva, sója či kokosový ořech. Použití v motorech však přináší často mnoho problémů, a proto se olej upravuje na metylester. Tento olej je poté možné přimíchat do nafty a snížit tak emise při spalování. Po úpravě však olej obsahuje rakovinotvorné látky a je stejně toxický jako nafta. Ovšem i zde je snížení emisí patrné. V porovnání s naftou je bionafta v produkci uhlovodíku o 75 % nižším producentem, emise SO<sub>2</sub> jsou o 40 % nižší a CO o 20 % nižší.

Mezi přednosti biopaliv patří:

- kladná energetická bilance,
- nízké emise,
- bezpečnost při zacházení,
- hospodárné využití půdy, vyňaté z produkce potravinářských plodin, právě pro produkci rostlin k získávání olejů.

Nevýhody rostlinných olejů jsou jejich viskozita a zábor půdy pro jejich pěstování. Viskozita je až 40krát vyšší než nafta, a tak je problém s jejich skladováním, které snižuje jejich kvalitu.

Využití bioplynu je hojnější než využití rostlinných olejů. Ke spalování bioplynu, který je možné získávat rozkladem organické hmoty, lze upravit téměř každý naftový motor. Vyrábí se nejčastěji z odpadu živočišné výroby, konkrétně z hnoje. Možná je také výroba z dalších odpadů, může to být například tráva, či siláž. Z jednoho hektaru je možné získat až 50 tun hmoty, z které může být vyráběn plyn. Předností je opět vyšší oktanové číslo ve srovnání s benzinem či naftou, a tak je možné dosáhnout vyšší účinnosti motoru. Nevýhodou bioplynu je nutnost skladovat ho, tak jako každý plyn, v nádobách pod vysokým tlakem. To s sebou nese opětovné nároky na tlakové láhve a vedení plynu k motoru. Pro využití ve stejném měřítku jako například LPG není zatím tohoto plynu dostatek.

### **Elektromobily**

Elektromobil na našem území byl prvně sestaven v roce 1895 velkým českým elektrotechnikem Františkem Křížíkem. Hnací ústrojím elektromobilů je elektrický motor. Energie pro motory elektromobilu je uchovávána v akumulátorech. Značná část vývoje tedy v tomto oboru připadá právě na uchování co největšího množství energie v bateriích. Baterie jsou v elektromobilu jednou ze stěžejních částí. Dnes jsou akumulátory různé a využívají se články olověné, alkalické, či akumulátory Na-s, které obsahují sodík a síru. Kromě čistokrevných elektromobilů, které se spoléhají jen na baterie, lze dnes již narazit také na automobily, které kombinují elektrické pohony s dalšími, nejčastěji klasickými spalovacími motory. Nazývají se „hybridy“ a umožňují využívat jen jednu z pohonných jednotek, nebo obě najednou. Elektrický motor může být pouze podpůrný, nebo naopak hlavní zdroj pohonu a spalovací motor lze využít pro výrobu elektrické energie právě pro elektrický motor. Tyto automobily mají ale svá úskalí a nejčastějším odrazujícím faktorem je vyšší pořizovací cena a nižší dojezd, který se pohybuje v rozmezí pouze několika málo stovek km na jedno nabití v případě čistě elektrického automobilu. Dojezd se samozřejmě liší u každého z výrobců. Elektrický automobil, který „tankuje“ z elektrické sítě, je nulovou zátěží z hlediska spalin a výfukových plynů. Ty při jízdě elektromobilem neexistují, CO<sub>2</sub> ale produkuje nepřímo a ve výrazně větším množství. Daní za šetrné chování k přírodě je ale velmi vysoká cena vozů a nemožnost natankovat tam, kde by si to řidič zrovna přál. Také lze zmínit zvýšenou zátěž na elektrickou síť, což se projeví nepřímo na životním prostředí skrze zvýšení potřeby výroby elektřiny a s tím spojené navýšení nároků na elektrárny. Nabíjení z běžné zásuvky trvá několik hodin a nabíječky s vysokým napětím nejsou zatím běžně na čerpacích stanicích dostupné. Prakticky se ale dá dobít kdekoli, kde je elektrická síť. Dobíjení ale není záležitostí 5 minut jako načerpání benzínu, nafty, či plynu.

Výhody elektromobilů:

- nulová produkce přímých – místních exhalací,
- tichý, při pomalé jízdě téměř bezhlučný,
- velká spolehlivost a nízké náklady na údržbu,
- velmi nízká cena elektřiny na 100 km,
- nízké náklady na pojištění, silniční daně.

Mezi nesporné nevýhody patří výrazně vyšší pořizovací cena a omezený dojezd z důvodu absence rychlodobíjecích stanic (Vlk, 2000).

## **Vodík**

Vodík, coby čistý zdroj energie, zatím bohužel lidstvo neumí v automobilovém průmyslu využívat. Přesto, že palubní vodíkové vyvíječe jsou známy již pár let, nejsou však nikterak mohutným zdrojem vodíku pro samotný pohon automobilu. Fungují na principu elektrolýzy vody. Vzniklý vodík je poté vpouštěn do sání motoru a obohacuje tak směs klasického paliva, či plynu. Jako samostatný zdroj paliva zatím neslouží. Po stránce emisí se přidáním vodíku do směsi paliva, proudícího do válce motoru, složení výfukových plynů výrazně nemění. Přidaný vodík tak může mít pozitivní vliv z hlediska snižování nespálených uhlovodíků. Rozdíl je ale tak malý, že se dá téměř považovat za odchylku měření (v řádech jednotek miliontin). Proto tento pohon zatím nemá perspektivní využití. Vodíku lze vyrobit elektrolýzou přímo na palubě automobilu jen velmi malé množství, v řádech desítek gramů na 1000 km a nelze jej ve velké míře spalovat. Samotný vodík má také menší oktánové číslo než nafta a benzin, tudíž jeho směs trvá déle, než se v motoru vznítí. Vodíkový automobil, který by fungoval například jako automobil na plyn a mohl tankovat vodík na čerpacích stanicích, na našich silnicích zatím nejedí. Co ale můžeme nyní jako vodíkový automobil označit je vůz, který využívá vodíkové články pro výrobu elektrické energie, která poté roztáčí elektromotor (Hromádka, 2012).

Takové automobily existují a automobilka Hyundai vypustila na silnice již 400 takto poháněných automobilů. Jejich výkon se pohybuje okolo 100 kW a odpovídá průměrnému výkonu většího rodinného automobilu a dojezd činí zhruba 600 km. Stále ale máme pouze automobil, který v konečné fázi pohání elektřina, nikoli samotný vodík.

### 3. Cíl, hypotéza a metodika

Cílem práce je porovnat městskou dopravu, konkrétně autobusy a trolejbusy v Českých Budějovicích, a to z hlediska nákladů a vlivu na životní prostředí. Dílčím cílem je ověření tvrzení, že doprava v režii trolejbusů je nákladnější, a však šetrnější k životnímu prostředí než provoz běžných autobusů, které jezdí na naftu.

#### 3.1 Hypotéza

Doprava v režii trolejbusů je nákladnější než provoz běžných autobusů, které jezdí na naftu.

#### 3.2 Metodika

Pro uskutečnění cíle jsou použita data a informace, které poskytli dopravci Integrovaného dopravního systému Jihočeského kraje a zdroje, které jsou uvedeny v seznamu literatury. Pro porovnání byla nejprve potřeba získat informace o konkrétních dopravních prostředcích, které městskou hromadnou dopravu v Českých Budějovicích zajišťují. K tomu jsou využita data z počítačů několika vozů MHD a jejich řidičů. Dále pak bylo potřeba především zjistit technické údaje vozů MHD, které umožňují objektivně porovnat autobusovou a trolejbusovou dopravu. Tato data jsou získána z technických parametrů jednotlivých vozidel, udávaných jejich výrobcí. Získaná data jsou následně pro porovnání z hlediska nákladů přepočítána na jednoho cestujícího, jeden den běžného provozu, rok provozu a 1 kilometr a následně vzájemně porovnána mezi celkovými náklady na provozování a udržování autobusů a trolejbusů. Pro výpočty, popis a porovnání nákladů s jejich následným vyhodnocením, jsou použity nástroje tabulkového editoru Microsoft Excel a deskriptivní statistika. Údaje o nákladech, které zahrnují spotřebu pohonných hmot, opravy, pojištění, náklady na pneumatiky, mzdy a odpisy, bylo potřeba přepočítat na jednotlivé dny a roky provozu, následně na 1 cestujícího a 1 kilometr. Tento přepočet je uskutečněn pomocí informací o množství ujetých kilometrů ročně a také počtu přepravených osob ve statistikách dopravních společností. Následné porovnání vlivu na životní prostředí je provedeno z hlediska emisí. Mezi zkoumané emise jsou zařazeny nejvýznamnější z nich, jako jsou oxidy uhlíku, dusíku, síry a prachové částice. Výpočet je proveden za pomoci dvou vzorců. Prvním vzorcem jsou vypočítány emise oxidů dusíku, uhlíku a prachových částic naftového motoru autobusu.

Vzorec je vyjádřen jako  $E = H \times \rho / 1000 \times S \times \eta \times EF$ , kde:

- E = měrná emise – dieselové autobusy (g/km)
- H = výhřevnost motorové nafty (kWh/kg)
- $\rho$  = hustota motorové nafty (kg/m<sup>3</sup>)

- $S$  = průměrná spotřeba motorové nafty (l/km)
- $\eta$  = účinnost motoru
- $EF$  = emisní faktor pro znečišťující látku dle příslušné emisní normy EURO dieselové autobusy (g/kWh)

Druhý vzorec počítá emise  $SO_2$  a je vyjádřen jako  $E = \rho / 1000 \times S \times EF$ , kde:

- $E$  = měrná emise – dieselové autobusy (g/km)
- $EF$  = emisní faktor pro znečišťující látku – dieselové autobusy (g/kg nafty)

Ostatní parametry mají stejný význam jako v předchozí rovnici

Následně jsou vypočítané hodnoty prezentovány v tabulkách. Jako podklad pro výpočet slouží emisní normy EURO, které vypracovala Evropská unie.

## 4. Praktická část

### 4.1 Doprava v regionu České Budějovice

Dopravní obslužnost v regionu České Budějovice mají na starost především autobusová a železniční doprava. V Jihočeském kraji se délka železniční sítě vyšplhala na 881 kilometrů. Novou kvalitu v cestování vlakem přinesly do regionu také nové moderní elektrické jednotky řady 650. Zajišťují dopravu na stěžejní lince Strakonice – České Budějovice – České Velenice i na trati z krajského města do Jindřichova Hradce a Popelína. Železniční síť je také oporou cestovnímu ruchu v regionu a umožňuje navštěvovat kulturní a technické památky, známé soustavy rybníků a historická centra měst. Jihočeský kraj si zakládá na čistotě a kvalitě životního prostředí, a proto se i železniční doprava snaží snižovat a předcházet negativním vlivům například plněním zákonných povinností v oblasti jednotlivých složek životního prostředí. Průběžně se odstraňují minulé vlivy železnice a snižuje se zátěž prostředí stávajícími zdroji znečištění, jako je únik nebezpečných látek, či staré hlukové zátěže.

V regionu je nedílnou součástí doprava silniční, ať už v podobě autobusové, nebo individuální osobní dopravy. Silniční doprava v regionu už dlouhá léta postrádá rychlostní komunikaci, která by spojila jih se středem Čech. Proto k současným důležitým investicím patří výstavba dálnice D3 a navazující rychlostní komunikace R3, dále také výstavba rychlostní komunikace R4 a postupné modernizace stávajících silnic I., II., a III. třídy. V rámci dobré obslužnosti kraje je preferována doprava veřejná před individuální automobilovou. Tento cíl se snaží region naplňovat rozvíjející se městskou hromadnou dopravou ve městech a také rozvojem a zlepšováním Integrovaného dopravního systému.

Cílem nynější výstavby tahů D3, R3 a R4 je propojení oblasti jižních Čech s Prahou a napojení Táborska a Českobudějovicka na republikovou dálniční síť a na svém jižním konci navázat na hraničním přechodu Dolní Dvořiště na silniční síť Rakouska. Dálnice D3 je předmětem příprav již od roku 1939. První část byla otevřena až v roce 1991 jako obchvat města Tábor a dnes je ve výstavbě úsek od hranice Jihočeského a Středočeského kraje po Mezno a v provozu je prozatím 42 kilometrů dálnice. Plný provoz se předpokládá na úseku z Českých Budějovic k Mezno v létě 2019. Současně jsou s výstavbou spojeny problémy ve středočeské části, kde několik obcí protestuje proti navrhovanému vedení D3. Další potíže se vyskytly také na obchvatu Českých Budějovic, kde se problémy týkaly platnosti posudku vlivu stavby na životní prostředí (EIA). Tento problém je ale již zažehnán a Ministerstvo životního prostředí tak v lednu roku 2017 vydalo závazné stanovisko k prioritním stavbám. Na těch se dohodlo s Evropskou komisí, a tak výstavba 9 dohodnutých staveb, včetně D3, může pokračovat bez

nutnosti opakovat proces posuzování vlivu na životní prostředí. Celá stavba předpokládá náklady zhruba 80 miliard korun a je spolufinancována z evropského fondu soudržnosti.

České Budějovice jsou významnou dopravní tepnou Jižních Čech. Jsou sídlem mnoha velkých, i světoznámých podniků, jako je například pivovar Budweiser Budvar, které mají odpovídající nároky na dopravu ve všech směrech. Jedná se především o dopravu z hlediska zásobování a transportu výrobků a městskou hromadnou dopravu. Protože město je domovem pro bezmála 94 000 obyvatel a celá aglomerace, kterou MHD obsluhuje, čítá až 155 000 obyvatel, je hromadná doprava významnou součástí každodenního fungování dopravy ve městě

## **4.2 Počátky dopravy ve městě**

Prvotním problémem bylo zajistit spojení centra a nádraží. To byl úkol pro městskou hromadnou dopravu, tedy pro většinu pouličních drah – tramvaje, před více než sto lety. Ani České Budějovice nebyly výjimkou. V roce 1908 se na budějovickém náměstí ukázaly první tramvaje, nic méně pravidelný provoz byl zahájen až za další půl rok v roce 1909. První trať byla pouze jednokolejná a míjení protijedoucích vlaků měly na starost výhybky zřízeny v určitých vzdálenostech. První linka byla označena písmenem P. Název získala díky průchodu přes Pražské předměstí a konečná stanice se nacházela u dělostřeleckých kasáren. Druhá trať vedla na tehdejší Linecké předměstí a nesla tedy označení L. Linka L končila na dnešní Heydukově ulici u železniční zastávky. Protože byla potřeba překonat také železnici, což tramvaj nesměla, musely se ve městě zavést i trolejbusy. Těmi se mohli cestující prvně svézt koncem října roku 1909. Prvním trolejbusem, který brázdil ulice metropole, byl vůz od firmy Daimler-Stoll. Neměl ještě tyčové sběrače, na které jsou cestující dnes zvyklí, a táhl po trolejovém vedení speciální kontaktní vozíček. Tehdejší trolejbusy byly značně nespolehlivé a počátek první světové války znamenal jejich provozu konec bez náhrady. Změna přišla v roce 1925, kdy byla budějovická dráha zakoupena Jihočeskými elektrárnami. Ty zajistili po 11 letech jedinou významnější změnu, kterou byla od roku 1936 jen jedna linka mezi oběma předměstími a druhá zajistila spoj z náměstí k nádraží. Druhá světová válka ale stav hromadné dopravy zhoršila a tramvaje pomalu upadaly. Jejich stav vyžadoval značnou investici a ta už nebyla nejvhodnější volbou. Tramvaje tak v Českých Budějovicích ke 2. březnu 1950 definitivně dojezdily. České Budějovice ale bez městské hromadné dopravy být už nemohly. Před koncem tramvajové dopravy stihly Jihočeské elektrárny vybudovat trolejbusovou síť. Trolejbusy se tak mohly rozjet ještě před definitivním koncem tramvajů a stalo se tak 28. října 1948. Ulice už nekřížily primitivní trolejbusy, ale jednalo se o spolehlivé vozy, se kterými měla dobré zkušenosti v té době už i Praha, Plzeň, či Zlín. Trolejbus z tohoto období je vidět na

obrázku 3. Tato trolejbusová trať byla postavena do Čtyř Dvorů a vedla až za tehdejší hranice města. V druhé polovině roku 1949 byla v provozu už převážná část trolejbusové sítě a celá trolejbusová doprava byla od roku 1950 svěřena vzniklému Dopravnímu podniku. Trolejbusová doprava tak byla po dalších 20 let stěžejní městskou hromadnou dopravou.

Obrázek 3: Tehdejší trolejbus z období kolem roku 1940



*Zdroj: Dopravní podnik České Budějovice.cz (2017)*

Trolejbusová městská hromadná doprava tak fungovala již na plné obrátky, i přesto však nebyla dokonalá. Tam, kde nebylo zavedeno trolejové vedení, trolejbus zkrátka jet nemohl, a tak byla doprava posílena v roce 1951 ještě autobusy. Ty zajišťovaly zprvu dopravu do méně frekventovaných oblastí, později však přebíraly úkoly trolejbusů a v roce 1972 už v Českých Budějovicích fungovalo 11 linek o délce 87 kilometrů. Na přelomu roku 1988 dosáhla síť autobusových linek nejen po městě, ale i do okolních přilehlých vesnic téměř dvou set kilometrů a autobusy tak přezvaly na dalších 20 let žezlo a trolejbusy byly opět přivedeny k plnohodnotnému využití zpět s představou spojit trolejbusovou sítí město a jadernou elektrárnu Temelín. Tento plán se nakonec neuskutečnil, ale trolejbusů se opět dočkaly alespoň České Budějovice. Těmi se obyvatelé vozili od května roku 1991 a trolejbusové sítě se dočkaly i nově vznikající sídliště. Prvním sídlištěm, kam byla přivedena trolej, bylo sídliště Máj a Vltava a s nimi opět i Čtyři Dvory a od roku 1992 byla trať dovedena až do Borku a Rožnova. V roce 1996 se trolejbus dostal až do Suchého Vrbného a v roce 1998 se trolejbusů dočkali i obyvatelé sídliště Šumava a Strakonické ulice. Finálním rozšířením bylo propojení Pražské třídy s nádražím v roce 2003. Dnes jezdí po Českých Budějovicích na 55 vozů po 8 linkách.

*(Dopravní podnik města České Budějovice.cz 2017)*



### 4.3 Současná hromadná doprava v Českých Budějovicích

V dnešních dnech jezdí po Českobudějovickém regionu celkem více než 100 vozů hromadné dopravy na 22 linkách pod Dopravním podnikem. Snaží se tak řešit jeden významný problém, se kterým se České Budějovice potýkají, a to jsou ucpané ulice ve špičce a také nedostatek parkovacích míst. Na cestách přibývá vyhrazených pruhů pro dopravní prostředky MHD, a tak je možné dojet hromadnou dopravu do centra lépe než vlastním autem. Proto také České Budějovice uvažují o rozšíření parkovacích míst na okrajích města a zajištění dopravy právě odtud pomocí trolejbusů a autobusů. Slibují si tak zlepšení dopravní situace v centru města.

Trolejbusové linky jsou vystavěny především ve městě, autobusové linky poté spojují přilehlé oblasti a vesnice, kde trolejbusová trať vedena není. Počet trolejbusů a autobusů je tak téměř vyrovnaný. Každý den vyjíždí do ulic na 53 trolejbusů a 55 autobusů. Trolejbusy jezdí po 8 linkách a autobusy zajišťují dopravu na 14 linkách především v 16 příměstských oblastech a dvou městech, kterými je Rudolfov a Hluboká nad Vltavou, jež jsou zařazeny do vnějších tarifních pásem. Dopravní prostředky městské hromadné dopravy však nejsou jediným poskytovatelem dopravy ve městě. Město je součástí Integrovaného dopravního systému Jihočeského kraje a dopravců, kteří se podílí na hromadné dopravě v Českých Budějovicích, je více. Seznam dopravců, kteří jsou do systému zapojeni, je sepsán v tabulce 6.

*(Dopravní podnik České Budějovice.cz 2017)*

### 4.4 Integrovaný dopravní systém Jihočeského kraje

Integrovaný dopravní systém (IDS) spočívá v jakémsi propojení dopravy ve městě a jeho přilehlých částech. Cestující mají možnost zakoupit si jízdenku, kromě linek městské hromadné dopravy v centru města, také na linkové autobusy dalších dopravců, kteří jsou zapojeni do systému, včetně vlaků Českých drah na 7 dní, měsíc, či 3 měsíce a využívat tak k dopravě po městě a jeho okolí pravidelných spojů těchto dopravců.

Tabulka 6: Dopravci Integrovaného dopravního systému Jihočeského kraje

Název dopravce	Sídlo dopravce	IČ
COMETT PLUS, spol. s r.o.	Tábor, Chýnovská 2115/16	60071397
České dráhy, a. s.	Praha 1, Nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12	70994226
ČSAD Autobusy České Budějovice a. s.	České Budějovice 6, Žižkova tř. 1321/1	26060451
Dopravní podnik města České Budějovice, a. s.	České Budějovice 6, Novohradská 738/40	25166115
GW BUS a.s.	České Budějovice 4, Pekárenská 255/77	04356683

*Zdroj: Dopravní podnik města České Budějovice.cz (2017)*

IDS Jihočeského kraje se rozkládá zhruba do 20 km od Českých Budějovic a v této oblasti je možné se díky systému pohybovat na jednu jízdenku. Výhodou cestování v Integrovaném dopravním systému je nesporná úspora peněz i času. Předplatné jízdenky na delší časový horizont jsou zvýhodněné a cestující, kteří pravidelně využívají hromadnou dopravu, citelně ušetří. Ti, kteří chtějí nastoupit v místech, kde není možnost zakoupení jednorázové jízdenky a nevládní předplacené jízdenky, mohou využít také své mobilní telefony a jednorázovou jízdenku koupit přes internet snadno, rychle a kdekoli. V případě, že cestující vlastní předplatnou jízdenku, nemusí si dělat další starosti, pouze ukáží předplacenou jízdenku přepravci, a to je vše, co musí pro jízdu udělat. V rámci katastru České Budějovice může cestující využívat mnoho linkových autobusů, trolejbusů a vlaků, jejichž síť poskytuje bezproblémovou dostupnost kamkoli v regionu (*Idsjk.cz 2016*).

#### **4.5 Trolejbusová doprava**

V Českých Budějovicích v současné době Dopravní podnik města provozuje 8 trolejbusových linek, na které v pracovní dny vyjíždí 53 trolejbusů, které jsou napájeny trakčním vedením stejnosměrného proudu o napětí 750 V. Elektřinu do vedení přivádí 4 měničky, které jsou ovládané dálkově z energetického dispečinku dopravního podniku. Celkový instalovaný výkon měničů je 6400 kW. Pro představu je instalovaný výkon dostačující pro provoz 3 200 rychlovarných konvic současně. Trolejové vedení dosahuje délky 72 kilometrů. Instalováno je v délce vedení také 156 výhybek a dalších 152 km vedení elektřiny je instalováno v zemi v podobě elektrických kabelů (*Dopravní podnik České Budějovice.cz 2017*).

Vozový park tvoří 25 kloubových trolejbusů Škoda 15Tr(M), 31 nízkopodlažních kloubových trolejbusů Škoda 25Tr Irisbus a 4 nízkopodlažní kloubové trolejbusy Škoda 27Tr Solaris.

##### **Škoda 15Tr(M)**

Trolejbusy firem Škoda jsou v Českých Budějovicích stěžejním prostředkem MHD. Jeden z prvních moderních trolejbusů je právě typ Škoda 15Tr(M). Jedná se o modernizovaný dvoučlánekový trolejbus se třemi nápravami se samonosnou karoserií, která je složena ze dvou článků, které jsou standardně spojeny kloubem. Výhodou je také výrazná shodnost se současným trolejbusem tohoto typu. Interiér je vybaven polstrovanými sedačkami a cestující mohou nastupovat a vystupovat čtveřicí dvojíých dveří. Typ, který jezdí v Českých Budějovicích se vyráběl od roku 1995 do roku 2004 a České Budějovice je pořídily v letech 2002-2004 (*Harák, 2005*).

Tabulka 7: Technické parametry Škoda 15Tr(M)

délka	17,36 m
šířka	2,5 m
výška	3,41 m
hmotnost	16,4 t
místa celkem	145
výkon motoru	200–240 kW
maximální rychlost	65 km/h

Zdroj: Harák, 2005

### Škoda 25Tr Irisbus

Dalším typem trolejbusů, které se po Českých Budějovicích pohybují, jsou typy 25Tr Irisbus. Jedná se o třinápravový trolejbus, který město pořídilo v letech 2005-2009. Jedná se o trolejbus využívající upravených autobusových karoserií. Na přání lze zabudovat do trolejbusu také dieselaagregát nebo baterie, které umožňují jet i mimo trolejové vedení. Interiér vozu je celkově nízkopodlažní. Moderní asynchronní trakční motor a mikroprocesorově řízený napěťový střídač s možností rekuperace výrazně snižují energetickou náročnost na provoz vozidla a náklady na údržbu. Mimo Českou republiku využívá tyto trolejbusy také Slovensko a jeho výroba probíhá dodnes (Harák, 2005).

Tabulka 8: Technické parametry Škoda 25Tr Irisbus

délka	17,80 m
šířka	2,5 m
výška	3,58 m
hmotnost	17,7 t
místa celkem	155
výkon motoru	210 kW
maximální rychlost	65 km/h

Zdroj: Harák, 2005

### Škoda 27Tr Solaris

Trolejbus Solaris je nejmodernějším typem trolejbusů v městské hromadné dopravě Českých Budějovic. Jedná se standardně o kloubové trolejbusy o délce 18 metrů, které byly dodány do Českých Budějovic v letech 2013 a 2016, konkrétně první dva kusy 2013 a další 2 v roce 2016 s nádechem modernizace v podobě pomocného akumulátorového pohonu. Název Solaris vyjadřuje spolupráci se stejnojmennou polskou firmou Solaris, která má na voze podíl

v podobě karoserie. Elektroniku a pohon vozu dodává a též vůz kompletuje Škoda Electric. Vůz je nízkopodlažní a prostornější než předchozí vozy, taktéž nechybí vyklápěcí plošina pro vozičkáře, klimatizace, či moderní informační systémy. Stejný trolejbus jezdí také například v Plzni či Ostravě, také ale i v Sofii či v hlavním městě Lotyšska – v Rize. Vyrábí se od roku 2009 do dnes (*Škoda.cz. 2017*)

Tabulka 9: Technické parametry Škoda 27Tr Solaris

délka	18 m
šířka	2,55 m
výška	3,45 m
hmotnost	16,5 t
místa celkem	167
výkon motoru	240 kW
maximální rychlost	65 km/h

Zdroj: *Škoda.cz (2017)*

Tyto vozy jsou tedy zástupci trolejbusové dopravy. Město České Budějovice dalo přednost při koupi vozů společnosti Škoda Transportation, která je tradiční českou firmou se silným postavením a její vozy vynikají inovativními konstrukcemi a kvalitou. Jako každý jiný dopravní prostředek mají trolejbusy své výhody, na druhou stranu ale také své nevýhody. Skýtají možnost nulových přímých emisí a nízkou hlučnost. Jsou však do značné míry omezeny pohybem po trolejové trati. Přesto moderní vozy mohou jet na baterie krátce i mimo trolejové vedení a překlenout tak náhlé výpadky elektřiny.

## 4.6 Autobusová doprava

Nedílnou součástí městské hromadné dopravy jsou taktéž autobusy. Zajišťují dopravu na 14 linkách a v pracovních dnech jich vyjíždí až 55. Linky autobusů zajišťují obslužnost také v okolních obcích, které jsou součástí aglomerace a zajišťují svoz cestujících do jádrového města. Dnešní podoba rozvoje měst, jako je suburbanizace, nezbytně vyžaduje zajištění dopravy v přilehlých obcích. Proto autobusy nejen městské hromadné dopravy, ale i dalších dopravců Integrovaného dopravního systému, objíždí pravidelnými linkami 16 okolních obcí a také města Rudolfov a Hluboká nad Vltavou. Z důvodu značného omezení vjezdu autobusů do samotného centra města jsou linky vedeny po hlavních tepnách s hlavním dopravním uzlem, kterým je obchodní centrum Mercury, které slouží také jako hlavní autobusové nádraží. Nádraží se unikátně nachází na střeše samotného centra a autobusy přijíždějí na střechu centra tunelem, vedeným na straně budovy. Toto řešení je neobvyklé a pomohlo tak ušetřit místo a propojit rušné centrum s městskou dopravou.

Dopravní podnik města využívá autobusy značek Karosa, Solaris, Iveco a Irisbus. Konkrétně se jedná o 85 autobusů, které jsou v depu udržovány k možnému nasazení. Jde o vozy

- Karosa B 731, B732 a B 931,
- Karosa Renault Citybus,
- Karosa B 741 a 941,
- Solaris Urbino 12/15,
- Iveco Citelis 12,
- Iveco Citelis 18,
- Irisbus Iveco Crossway LE city.

Tyto typy vozů tvoří také většinový podíl ve vozovém parku dopravců Integrovaného dopravního systému.

### **Karosa řady 700**

Karosou z této řady se jistě vezl téměř každý. Jde o autobus, který se vyráběl v letech 1981-1997. Světlo světa spatřilo několik typů, které se lišily v závislosti na účelu. Autobusy používané v Českých Budějovicích nesly označení „B“, což znamená označení „Bus“. Druhé číslo v názvu označovalo délku autobusu, číslo 3 značilo délku 11 metrů, číslo 4 délku 17 metrů. Typy 731 a 732 jsou tedy 11metrové městské autobusy s manuální převodovkou. Typ 741 je poté kloubový autobus dlouhý 17 metrů. Plánovaná životnost autobusů představovala 6 let, což dnes stále pojízdné autobusy v Českých Budějovicích značně překročily (*Jelen, Kuchař, 2008*).

Tabulka 10: Technické parametry Karosa B700

Údaj	B 731, B 732	B 741
délka	11,05 m	17,3 m
výška	3,16 m	3,16 m
šířka	2,5 m	2,5 m
hmotnost	9400 kg	13700 kg
místa celkem	94	150
výkon motoru	151 kW	190 kW
maximální rychlost	130 km/h	70 km/h
spotřeba	32-40 l/100 km	35-44 l/100 km

*Zdroj: Jelen, Kuchař, 2008*

## Karosa řady 900

Autobusy řady 900 jsou již poměrně moderní vozy, které vyráběla společnost Karosa od prvního prototypu, který vyjel na silnici poprvé na Mezinárodní výstavě v Paříži v květnu 1995, až do roku 2007. Zástupci této řady autobusů jsou v Českých Budějovicích typy B931 a B 941. Písmeno „B“ opět označuje městský autobus, a i zde se jedná o dvě verze. Tou první je klasický autobus s číselným označením 931, druhý je autobus kloubový, nesoucí označení 941. I zde platí značení délky druhou číslicí v číselném označení typu vozu. Vůz 931 opustil brány továrny naposledy v roce 1996 a byl dodán do mnoha měst v České republice, ale i na Slovensko. Kloubový model řady 900, tedy model 941, byl vyráběn od roku 1997 do roku 2001 a za dobu výroby sjelo z výrobní linky 335 kusů, které byly dodány především dopravním podnikům v České a Slovenské republice (Harák, 2016).

Tabulka 11: Technické parametry Karosa B700

Údaj	B 931	B 941
délka	11,34 m	17,6 m
výška	3,16 m	3,16 m
šířka	2,5 m	2,5 m
hmotnost	10 150 kg	14 300 kg
místa celkem	94	160
výkon motoru	175 kW	186 kW
maximální rychlost	70 km/h	70 km/h
spotřeba	32-40 l/100 km	32-40 l/100 km

Zdroj: Harák, 2016

## Karosa Renault Citybus

Typ vozu Karosa Renault Citybus je nejpočetnějším autobusem ze všech ostatních typů. V depu se jich v provozuschopném stavu udržuje 21 kusů. V Českých Budějovicích jezdí model Karosa Renault Citybus 12M. Jedná se o nízkopodlažní autobus, který se vyráběl v letech 1995–2005. Druhý model této řady vozů nesl označení 18M a jednalo se o kloubový vůz. Autobus je vybaven 3 dveřmi a také tak zvaným „kneelingem“, což umožňuje snížit jednu stranu autobusu a zlepšit tak již velmi pohodlné nastupování do vozu vozíčkářům, či osobám se sníženou hybností, nebo vjezd kočárků. Vozů bylo celkem vyrobeno 11 066 kusů a na český a slovenský trh se jich dostalo přes 500 kusů. V Evropě jezdí Citybus převážně ve francouzských městech, také v Německu a Řecku (Čuma, Kocman, Mrkos, 2005).

Tabulka 12: Technické parametry Karosa Renault Citybus 12M

délka	1,99 m
šířka	2,50 m
výška	2,97 m
hmotnost	11,2 t
místa celkem	100
výkon motoru	186 kW
maximální rychlost	70 km/h
průměrná spotřeba	35 l/100 km

Zdroj: Čuma, Kocman, Mrkos, 2005

### Solaris Urbino 12/15

Typy 12 a 15 jsou modely polského autobusu. Jedná se o nízkopodlažní autobusy, které vyrábí firma Solaris Bus & Coach od roku 1999. Urbino 12 je základním modelem a jedná se o 12metrový autobus. Jde také o nejrozšířenější typ autobusu od tohoto výrobce. České Budějovice vlastní 6 autobusů této značky. Největším provozovatelem je v České republice jednoznačně Ostrava, kde jezdí 166 vozů Urbino 12 a 90 z nich je vzhledem k ovzduší v Ostravě vybaveno pohonem na CNG. Vozidla Urbino 15 jsou oproti typu 12 kapacitnější a také delší o 3 metry. Vozy typu Urbino samozřejmě v největší míře nalezneme v sousedním Polsku (*Solarisbus.com. 2017*)

Tabulka 13: Technické parametry Solaris Urbino 12/15

Údaj	Urbino 12	Urbino 15
délka	12 m	14,59 m
výška	2,85m	2,85 m
šířka	2,55 m	2,55m
hmotnost	10 400 kg	12 700 kg
místa celkem	71	118
výkon motoru	209 kW	231 kW
maximální rychlost	70 km/h	72 km/h
spotřeba	30-36 l/100 km	35-40 l/100 km

Zdroj: *Solarisbus.com (2017)*

## Iveco Citelis 12/18

I tyto modely jsou nízkopodlažními autobusy značky Iveco. Byly vyráběny společností Irisbus a pro český a slovenský trh byly požadavky na tento autobus řešeny přes společnost Iveco Czech republic, dřívější Karosa. Citelis 12 je městský autobus, který byl vyráběn v letech 2005-2013. Je nástupcem modelu Citybus 12M a stejně jako předchozí model byl vyráběn ve Francii a Itálii. Konstrukčně je velmi podobný předchozí verzi, což usnadňuje údržbu. Autobus také nabízí možnost pohonu na CNG, kterou zatím České Budějovice nevyužívají. Autobus splňuje veškeré evropské emisní normy. Druhým zástupcem z řady Citelis je model Citelis 18. Jedná se o kloubový, taktéž nízkopodlažní, autobus. Nízkopodlažní autobusy se v městské hromadné dopravě pomalu stávají samozřejmostí, a to především pro snadnější nastupování a vystupování cestujících. Autobus taktéž vychází z předchůdce, kterým je Citybus 18 a i tato verze nabízí možnost zakoupení agregátu na CNG. Karoserie Citelis 18 používá taktéž plzeňská Škoda, která je využívá pro výrobu nízkopodlažních trolejbusů Škoda 28Tr Irisbus

*(Iveco.com 2017)*

Tabulka 14: Technické parametry Iveco Citelis

Údaj	Citelis 12	Urbino 18
délka	11,99 m	17,8 m
výška	2,97 m	3,18 m
šířka	2,5 m	2,5 m
hmotnost	11 200 kg	17 300 kg
místa celkem	95	155
výkon motoru	213 kW	213 kW
maximální rychlost	70 km/h	72 km/h
spotřeba	33-37 l/100 km	36-40 l/100 km

*Zdroj: Iveco.com (2017)*

## Irisbus Iveco Crossway LE city

Jedná se o model příměstského a meziměstského autobusu. Po Českých Budějovicích se mohou cestující svést 5 vozy. Jedná se o nástupce Karosy řady 900 a je využíván především v meziměstské dopravě mezi Hlubokou nad Vltavou a Českými Budějovicemi. Vyrábí ho od roku 2007 firma Iveco bus, v České republice pro potřeby vnitrostátního trhu a pro slovenský trh továrna firmy Iveco ve Vysokém Mýtě. Lze jej zakoupit ve 3 variantách různých délek a v Českých Budějovicích jezdí nejdelší varianta vozu dlouhá téměř 13 m. Kromě Českých Budějovic využívají stejné modely také například v pražské hromadné dopravě, či několika městech slovenska *(Iveco.com 2017)*.



Tabulka 15: Technické parametry Irisbus Iveco Crossway LE city

délka	12,96 m
šířka	2,55 m
výška	3,14 m
hmotnost	18 t
místa celkem	114
výkon motoru	210 kW
maximální rychlost	70 km/h
průměrná spotřeba	37 l/100 km

Zdroj: *Iveco.com (2017)*

### Autobusy na plyn

Tak jako automobily, i autobusy už mají svůj alternativní pohon. Kromě několika existujících typů autobusu na elektřinu umožňuje dnešní doba městům a hromadné dopravě volit také autobusy s pohonem využívajícím nejčastěji CNG. V Česku jezdí už přes 1000 autobusů na stlačený zemní plyn v 50 českých městech. Nejlákavějším faktorem jsou především emise, CNG autobusy totiž produkují o 95 % méně jedovatého oxidu uhelnatého a o třetinu méně nespálených uhlovodíků. Také jsou méně hlučné než běžný naftový autobus, a to až o 70 % uvnitř, což značně zpříjemňuje jízdu cestujícím, ale také až o 50 % méně hlučné na venek. Dopravní podniky mohou také ušetřit na nákladech a značně přispět k tomu, aby se co nejvíce omezil vznik smogové situace ve velkých městech. Dopravní společnosti, které CNG autobusy pořídili (jsou to například Liberec, či Ostrava), chválí nižší náklady na palivo až o 35 % a také poklesly náklady na výměnu oleje. Největší překážkou k jejich pořízení je jejich cena, která je vyšší než pořizovací cena standardního naftového autobusu, a to v řádu stovek tisíc korun. Přes to je možné CNG autobusy získat za stejnou cenu jako autobusy naftové, někdy i levněji, díky možnosti získat dotaci. Ne všichni dopravci jsou však ochotni překážky spojené s dotacemi podstupovat a jsou založeni spíše konzervativně. To ale neplatí pro České Budějovice. Město této alternativě jde naproti s plánem nákupu 23 autobusů na stlačený zemní plyn v letech 2017-2019. Nové autobusy na CNG budou tak postupně nahrazovat starší vozy z vozového parku. Plány města nyní už závisí především na tom, zda získá příslušné dotace v žádané částce zhruba 160 milionů korun. Ředitel dopravního podniku Slavoj Dolejš je však přesvědčen, že pravděpodobnost úspěchu je velká. Pořízení autobusu na CNG totiž není levná záležitost. *„Krátké modely CNG autobusu vyjdou cenově na 6 milionů korun, dlouhé poté na zhruba 8.2 milionu korun. Pro představu, například nový trolejbus poté město vyjde zhruba na 10-13 milionů korun.“*, říká náměstek primátora pro dopravu František Konečný. O tom, jaké

vozy budou pořízeny rozhodne až dotační řízení. Dalším krokem k provozu CNG autobusů je také vybudování plnicí stanice plynu. Ta vyjde zhruba na 24 milionů korun a město se na ni také chystá získat dotaci. Pomoci může i plynárenská společnost, která při nákupu 4 a více vozů výstavbu stanice podporuje a dle projektového řešení může stanice obsloužit i mnoho dalších dopravních prostředků.

Největším problémem v masovém nahrazování naftových autobusů je v České republice značně konzervativní přístup a dopravci neradi mění zaběhlé systémy. I přesto, že je v současné době CNG již plnohodnotná alternativa a nabízí dopravcům zaručené úspory, cestu k ní najdou jen podnikaví dopravci, kteří se změn nebojí.

## 5. Porovnání autobusů a trolejbusů z hlediska nákladů provozu a vlivu na životní prostředí

### 5.1 Porovnání z hlediska nákladů provozu

Náklady vyjadřují opotřebení, nebo také spotřebu majetku. Lze do nich zahrnout i práci zaměstnanců a jejich výše je zásadní ve výsledku hospodaření. Náklady mohou být členěny různě z mnoha hledisek. V této bakalářské práci však bereme v úvahu především náklady provozní, přímo spojené s provozem vozů a s jejich udržováním a náklady na jejich pořízení. Pro srovnání autobusů a trolejbusů budeme uvažovat následující parametry:

- spotřeba pohonných hmot,
- náklady na řidiče,
- náklady na pojištění vozu,
- náklady spojené s opravami a udržováním,
- náklady na pneumatiky,
- náklady na pořízení vozu promítnuté jako roční odpis.

Pořizovací cena autobusů a trolejbusů je různá a liší se v závislosti na typu vozu, výkonu a velikosti. Pro tuto analýzu budeme uvažovat průměrnou pořizovací cenu kloubového autobusu 7 milionů korun a cenu trolejbusu 11 milionů korun.

#### **Autobusy**

Výhodou v porovnání s trolejbusy je jednodušší zjišťování informací, protože pro provoz autobusu není potřeba nic jiného než nafta. Autobus tak není omezen a může jezdit prakticky kdekoli bez nutnosti dalších nákladů oproti trolejbusům, a to celkem po 164,6 kilometrech cest, které jsou rozděleny do 14 linek. Ročně tak autobusy po linkách v Českých Budějovicích najedou zhruba 3.1 milionu kilometrů. Pro zjištění nákladů na provoz autobusů jsou získaná data přepočítávána na náklady na provoz za jeden den, za rok provozu, na jeden kilometr a na jednoho cestujícího. Porovnání vychází z údajů dopravního podniku a palubních počítačů autobusů, přepravený počet cestujících je zaznamenáván podle počtu prodaných jízdenek a zakoupených předplacených průkazek. Srovnání je provedeno na základě stanovených parametrů. Spotřeba pohonných hmot bude představovat pro autobusy průměrnou spotřebu nafty v městském provozu.

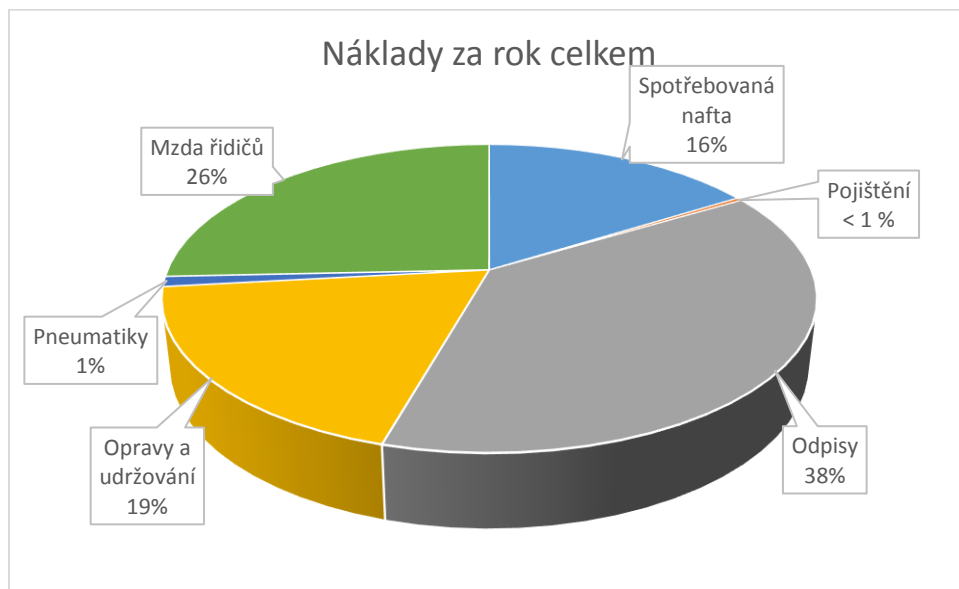
Tabulka 16: Náklady autobusu roční

Náklady v průměru na provoz autobusu v Českých Budějovicích za rok	
Spotřebovaná nafta	593 588 Kč
Pojištění	11 872 Kč
Odpisy	1 400 000 Kč
Opravy a udržování	694 000 Kč
Pneumatiky	39 400 Kč
Mzda řidičů	947 000 Kč
<b>Náklady za rok celkem</b>	<b>3 685 860 Kč</b>

Zdroj: Dopravní podnik České Budějovice, vlastní výpočty

Z tabulky a z následujícího grafu je patrné, že nejvýznamnějším podílem v nákladech na provozování autobusu jsou odpisy. Autobusy, stejně jako trolejbusy, patří do 2. odpisové skupiny a doba odepisování je tedy 5 let. Následuje mzda řidičů a spotřeba pohonných hmot. Spotřeba pohonných hmot se pohybuje průměrně kolem 65 litrů na 100 km a lze si všimnout, že průměrná spotřeba je až dvojnásobná oproti spotřebám udávaným výrobcí autobusů, které jsou uvedeny v tabulkách č. 10–15. Tento fakt je dán skutečností, že autobus v městské dopravě se neustále rozjíždí a zastavuje, a to spotřeba od výrobců nebere v potaz, protože tato spotřeba je udávána jako kombinovaná.

Graf 1: Procentuální rozdělení nákladů na provoz autobusu



Zdroj: vlastní výpočet

Náklady jsou tedy procentuálně rozděleny s největším zastoupením mezi odpisy, mzdy a spotřebu paliva. Následují opravy a udržování vozů v depu, náklady na pneumatiky a zanedbatelné, ale velmi důležité náklady na pojištění vozů.

Tabulka 17: Náklady autobusu denní a na jednoho cestujícího při 175 vozokilometrech/den

<b>Náklady v průměru na denní provoz autobusu v Českých Budějovicích</b>	
<b>Spotřebovaná nafta</b>	1627 Kč
<b>Pojištění</b>	33 Kč
<b>Odpisy</b>	3836 Kč
<b>Opravy a udržování</b>	1901 Kč
<b>Pneumatiky</b>	108 Kč
<b>Mzda řidičů</b>	2595 Kč
<b>Náklady denně celkem</b>	10 100 Kč
<b>Náklady na jednoho cestujícího</b>	8,46 Kč

*Zdroj: Dopravní podnik České Budějovice, vlastní výpočty*

Náklady na provoz autobusu vyjdou město ročně téměř na 3,7 milionu korun. Největším nákladem jsou odpisy a mzdy řidičů, kteří ročně průměrně v autobuse přepraví zhruba 435 700 cestujících. Denně tak stojí provoz autobusu více než 10 tisíc korun a přepravit jednoho cestujícího stojí na základě dostupných údajů zhruba 8,46 Kč.

## **Trolejbusy**

Náklady na provoz trolejbusu jsou o poznání komplikovanější a příčinou komplikací pro jejich zjištění a porovnatelnému přepočtu je nutnost provozu trakčního vedení, napájecích transformátorových stanic a přenosových soustav, které zahrnují desítky kilometrů kabeláže jak pod zemí, tak na povrchu. České Budějovice jsou protkány 8 trolejbusovými linkami o celkové délce 65,8 km a trolejbusy na nich ročně ujedou více než 2,5 milionu kilometrů. Pro srovnání spotřeby pohonných hmot s autobusy je u trolejbusů zohledněna spotřeba elektrické energie, do nákladů na opravy a udržování zahrnuty také opravy a provoz trakčních sítí a elektrického vedení.

Tabulka 18: Náklady trolejbusu roční

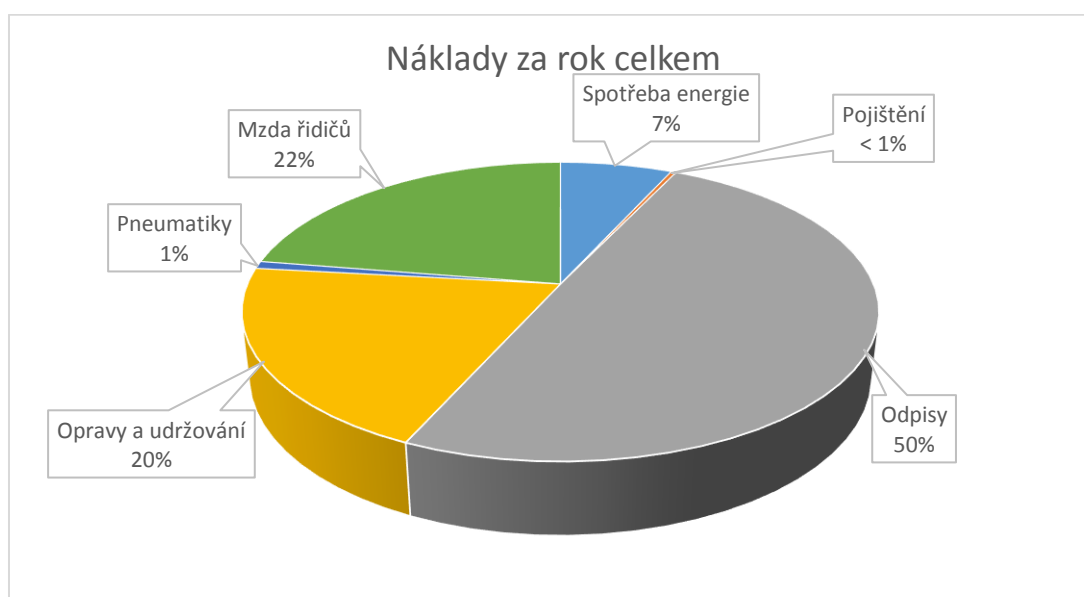
Náklady v průměru na provoz trolejbusu v Českých Budějovicích za rok	
Spotřeba energie	300 468 Kč
Pojištění	13 480 Kč
Odpisy	2 200 000 Kč
*Opravy a udržování	887 900 Kč
Pneumatiky	35 700 Kč
Mzda řidičů	994 000 Kč
<b>Náklady za rok celkem</b>	<b>4 431 548 Kč</b>

Zdroj: Dopravní podnik České Budějovice, vlastní výpočty

\*Opravy a udržování zahrnují náklady na opravy samotných vozů a také trolejové sítě.

Tabulka ukazuje, že náklady na provoz trolejbusu a autobusu jsou rozdílné. Především ve spotřebované energii lze pozorovat výrazný rozdíl, poté také ve výši odpisů. Patrná odchylka v odpisech je zapříčiněna výrazně vyšší pořizovací cenou trolejbusu. Spotřebou energie, přepočítanou na peněžní částku, pak jasně vítězí trolejbus, naopak náklady na udržování a opravy, stejně jako odpisy, jsou podstatně vyšší. To je spojeno právě s potřebou udržování a oprav jak samotných vozů, tak desítek kilometrů vedení a rozvodných stanic. O něco málo vyšší jsou i náklady na mzdy řidičů. Skutečnost je spojena s četností spojů, které jsou v případě trolejbusů častější a četnější jsou i spoje noční.

Graf 2: Procentuální rozdělení ročních nákladů na provoz trolejbusu



Zdroj: vlastní výpočet

Nejvyšší podíl nákladů mají opět odpisy, mzdy řidičů a náklady spojené s údržbou a opravami vozů a trolejového vedení. Následují náklady na energie, které jsou ale zhruba o polovinu nižší než v případě autobusů. Kdybychom však vzali v úvahu, že by trolejbusy za rok ujely větší vzdálenost a převezly více osob, ze skutečnosti nižších nákladů na samotné pohonné hmoty (energie) a při stejných nákladech na údržbu a provoz trolejového vedení můžeme tvrdit, že čím více jsou trolejbusy využívány a více jezdí, tím jsou levnější.

Tabulka 19: Náklady trolejbusu denní a na jednoho cestujícího při 196 vozokilometrech/den

Náklady v průměru na denní provoz trolejbusu v Českých Budějovicích	
Spotřeba energie	823 Kč
Pojištění	37 Kč
Odpisy	6027 Kč
*Opravy a udržování	2424 Kč
Pneumatiky	98 Kč
Mzda řidičů	2723 Kč
<b>Náklady denně celkem</b>	<b>12 132 Kč</b>
<b>Náklady na jednoho cestujícího</b>	<b>9 Kč</b>

Zdroj: Dopravní podnik České Budějovice, vlastní výpočty

\*Opravy a udržování zahrnují náklady na opravy samotných vozů a také trolejové sítě.

Z tabulky vyplývá, že náklady na jednoho přepraveného cestujícího jsou vyšší než v případě autobusů. Trolejbus přepraví průměrně 492 000 cestujících ročně, autobus jen 435 700, a i při tomto počtu přepravených osob jsou náklady na jednoho cestujícího vyšší o 6,4 %. Kdyby však trolejbusy jezdily více, náklady na jednoho cestujícího by klesaly stále rychleji než v případě autobusů. Skutečně tedy platí, že s větším počtem ujetých kilometrů a přepravených osob jsou náklady na trolejbusy stále nižší.

Tabulka 20: Porovnání ukazatelů autobusů a trolejbusů (ukazatelé průměrně na 1 vůz)

Vůz	Ujeté km ročně	Přepraveno osob ročně	Ujeté km denně	Náklady na 1 cestujícího	Náklady na ujetý km	Požizovací cena
autobus	63 898	435 700	175	8,46 Kč	57,7 Kč	4,7–7,9 mil Kč
trolejbus	71 657	492 000	196	9 Kč	61,8 Kč	10–13 mil Kč

Zdroj: vlastní výpočet

Z tabulky je patrné, že trolejbus je v případě provozu v Českých Budějovicích při stávajících podmínkách dražší než autobus. Může za to především vysoká pořizovací cena a

vyšší náklady spojené s údržbou a provozem trakčního vedení. Z jiného úhlu pohledu je však potřeba nahlížet na účinnost spalovacího motoru, která není vyšší než 35 % a až 65 % energie se tak přemění na teplo. To zvýhodňuje trolejbusy, jejichž elektromotory dosahují účinnosti přes 90 %. Přenos a využití energie v modelu elektrárna – přenosová síť – elektromotor poté ztrácí zhruba 10 % účinnosti, nicméně je účinnost stále vyšší než 80 %. Faktem také je již dlouholetá existence trolejové sítě a náklady na její výstavbu se pomalu vracejí v kladných číslech. Pokud by České Budějovice trolejbusovou síť zaváděly, rozdíl v nákladech by byl mnohem znatelnější.

Pro města, která nahrazují autobusovou dopravu trolejbusy, jsou náklady v prvních 20 letech mnohem vyšší a také fakt, že trolejbus má podstatně vyšší pořizovací cenu než autobus, z něho dělá velmi drahý dopravní prostředek ve fázi pořízení nových vozů. Cena trolejbusu se pohybuje v závislosti na modelu od 10 do 13 milionů korun a je tak až o 40 % dražší než nákup autobusu.

## 5.2 Porovnání nákladů na provoz autobusů a trolejbusů z hlediska vlivu na životní prostředí

Vliv veřejné dopravy na přírodu, který je reprezentován v našem případě městskou hromadnou dopravou, je dnes důležitým kritériem v oblasti posuzování efektivity jejího rozvoje a je jedním z nejdůležitějších hledisek, které je potřeba zohledňovat při provozování MHD. Množství emisí, které do ovzduší doprava vypouští, je v případě Evropské unie regulováno pomocí emisních norem a limitů. V rámci norem EURO, které stanovují limity pro jednotlivé druhy dopravy a dopravních prostředků, jsou limitovány u autobusů se vznětovými motory především oxidy dusíku NO<sub>x</sub>, prachové částice (PM) oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) a oxidy uhlíku (CO).

Tabulka 21: Emisní normy EURO pro naftové motory v g/kWh, \*g/kg nafty

Norma	Platnost	CO	*SO <sub>2</sub>	No <sub>x</sub>	PM
Euro I	1992	4,500	0,02	8,000	0,612
Euro II	1998	4,000	0,02	7,000	0,150
Euro III	2000	2,100	0,02	5,000	0,100
Euro IV	2005	1,500	0,02	3,500	0,020
<b>Euro V</b>	<b>2008</b>	<b>1,500</b>	<b>0,02</b>	<b>2,000</b>	<b>0,020</b>
Euro VI	2013	1,500	0,02	0,400	0,010

Zdroj: Parner's Contacts, 2010



Z tabulky si můžeme udělat pomocí následujících výpočtů představu o tom, kolik může naftový motor autobusu produkovat daných škodlivin a plynů. Následující výpočty nám vyčíslí hodnoty nejzásadnějších spalin, které jsou u autobusů předmětem limitace. Pro výpočet budeme uvažovat normu EURO V. Tuto normu splňuje většina autobusů, které zajišťují dopravu v Českých Budějovicích. V tabulce je vyznačena tučně.

Pro výpočty emisí oxidů dusíku, uhlíku a prachových částic autobusu, který splňuje normu EURO V, je použit následující emisní vzorec:

$$E = H \times \rho / 1000 \times S \times \eta \times EF$$

kde:

- E = měrná emise – dieselové autobusy (g/km)
- H = výhřevnost motorové nafty (kWh/kg)
- $\rho$  = hustota motorové nafty (kg/m<sup>3</sup>)
- S = průměrná spotřeba motorové nafty (l/km)
- $\eta$  = účinnost motoru
- EF = emisní faktor pro znečišťující látku dle příslušné emisní normy EURO dieselové autobusy (g/kWh) – tabulka 21

Parametr H má pro naftu hodnotu 11,8 kWh/kg

Parametr  $\rho$  má hodnotu 832,5 kg /m<sup>3</sup>

Průměrná spotřeba 65 litrů / 100 km

Účinnost motoru 33 %

K výpočtu emisí SO<sub>2</sub> pro autobus, který splňuje normu EURO V, je použit následující emisní vzorec:

$$E = \rho / 1000 \times S \times EF$$

kde:

- E = měrná emise – dieselové autobusy (g/km)
- EF = emisní faktor pro znečišťující látku – dieselové autobusy (g/kg nafty) - tabulka 21
- ostatní parametry mají stejný význam jako v předchozí rovnici

Tabulka 22: Vypočtené emise autobusu splňujícího normu EURO V

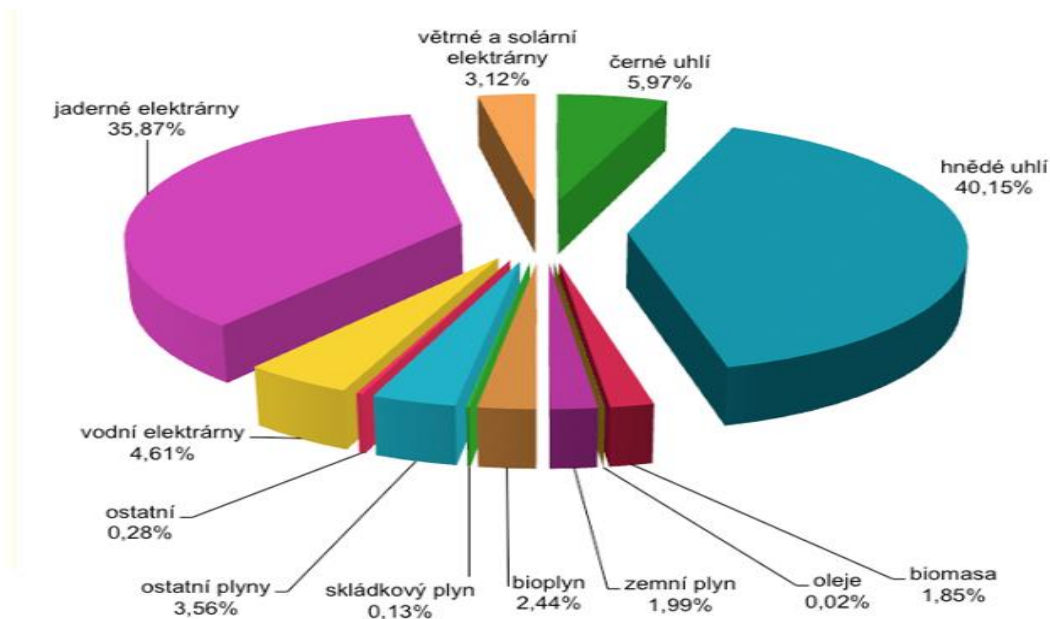
Znečišťující látka	Množství emisí (g/km)	Roční emise (kg/rok)
NO <sub>x</sub>	4,2143	269,3
PM	0,0421	2,7
SO <sub>2</sub>	0,0011	0,07
CO	3,1607	201,9
Celkem	7,4182	473,97

*Zdroj: vlastní výpočet*

Z tabulky zřetelně vidíme, že celkovým emisím dominují oxid dusíku a uhlíku. Jsou to také hlavní činitelé, kteří mají na svých bedrech vznik skleníkového efektu. Také množství uvolněných pevných částic není zanedbatelné. Z výfuku průměrného autobusu za rok vyletí téměř 3 kilogramy částic o velikosti několika nanometrů. V průměrném provozu denně vyjede do ulic města zhruba 50 autobusů pouze pod záštitou dopravního podniku a další desítky autobusů dalších dopravců integrovaného dopravního systému. Denně tak do ovzduší vypustí až několik stovek kilogramů emisí.

Nahlédneme-li na trolejbusy, musíme vzít v úvahu nulovou zátěž v místě výkonu. V ulicích města trolejbus jezdí absolutně čistě a nemá žádný dopad na prostředí v podobě přímých emisí jako v případě autobusů. I tak je důležité si uvědomit, že energie, kterou spotřebuje z trakčního vedení, musí někde vznikat a v České republice je výroba elektřiny stále uskutečňována nejvíce v uhelných elektrárnách, které jsou těsně následovány elektrárnami jadernými. Podle Ministerstva průmyslu a obchodu jedna kWh elektřiny v České republice znamená produkci 1,17kg CO<sub>2</sub> a jeden vozokilometr trolejbusu by tedy poté znamenal zhruba 2,5 kg emisí CO<sub>2</sub>, samozřejmě nepřímo vyprodukovaných v elektrárnách. Elektřina z uhlí se podílí na celkové produkci energie 40 %, a proto je u nás 1 kWh elektřiny takto emisně nákladná. Na druhou stranu, jaderná elektrárna například neprodukuje žádný oxid uhličitý. Podíl výroby elektřiny dle paliv v České republice znázorňuje následující graf.

Graf 3: Podíl výroby elektřiny v České republice podle paliva



Zdroj: *Elektrina.cz* (2014)

Je patrné, že uhelné a jaderné elektrárny jsou primárním zdrojem energie u nás. Trolejbus tak s produkcí emisí oxidu uhlíku převyšuje autobusy, které těchto látek na 1 km vyprodukují pouze přes 3 gramy, trolejbus nepřímo produkuje stovky gramů. Musíme ale vzít v úvahu, že v místě provozu, což jsou především centra měst, umožňují výrazně zlepšit čistotu ovzduší a neprodukují žádné další škodlivé oxidy. Celkově tedy jsou trolejbusy čistší alternativou především pro místa, ve kterých jezdí a značně tak pomáhají řešit problémy s ovzduším v problémových oblastech, jako je například Ostravsko.

V Českých Budějovicích trolejbusy pomáhají významným způsobem k udržení čistého ovzduší v centru města. Náklady na ně jsou však vyšší než na autobusovou dopravu díky jejich vysoké pořizovací ceně a celkové míře potřebné údržby. Nulovou zátěží v místě provozu a nízkým hlukem poté vyrovnají dražší provoz a napomáhají zlepšovat kvalitu životního prostředí v centru města i v jeho okolí.

## 6. Závěr

Trolejbusy jsou jednou z možností šetrnější dopravy. V Českých Budějovicích jezdí trolejbusy již mnoho let a jsou tradicí městské hromadné dopravy. V analýze se potvrdila hypotéza, že trolejbusy jsou pro České Budějovice dražší alternativou městské hromadné dopravy v ročních nákladech až o 20 %, ušetřit lze ale za elektřinu, maziva a oleje. Také je trolejbus čistým dopravním prostředkem v centru města, kde neznečišťuje prostředí a nepřidá tak další zátěž k již existující emisní zátěži individuální dopravy. Při výkonu trolejbusů, který činí ročně více než 2.5 milionu kilometrů, jsou náklady na trolejbusy vyšší než v případě autobusů. Původní tvrzení, že trolejbus je dražší než autobus, se z hlediska celkových nákladů v případě Českých Budějovic potvrdilo. Toto tvrzení platí i pro pořízení trolejbusů samotných, které jsou až o 40 % dražší. S vytížeností trolejbusů klesají náklady na jejich provoz. České Budějovice se snaží do trolejbusů přilákat co nejvíce cestujících a maximalizovat vytížení trolejbusů právě proto, že s jejich rostoucí vytížeností klesají celkové náklady na jejich provoz.

Drahá je i výstavba celého trakčního vedení se všemi rozvodnými stanicemi a přenosovou soustavou.

Pro města, která chtějí trolejbusovou dopravu zavádět, jak se říká „na zelené louce“, tedy chtějí stavět trolejové vedení a trolejbusy přivádět k životu úplně se vším všudy, je poté mnoho let trolejbus velmi drahou alternativou pro klasické naftové autobusy. Kilometr průměrného trolejového vedení v závislosti na charakteru tratě totiž stojí zhruba 16 milionů korun a trolejbusům v Českých Budějovicích tak nahrává právě skutečnost, že tato investice již byla uhrazena před mnoha lety a pomalu se téměř vrátila.

Trolejbusy tak v Českých Budějovicích plní to, co se od nich v první řadě vyžaduje – jezdí v centru historického města „čistě“ a mnohem tišeji než autobusy, celkově neprodukují nepřímo tolik škodlivin, a to především pevných částic, které jsou pro lidi pohybující se po ulicích jednou z nejnepříjemnějších látek, které z autobusu unikají. Produkce oxidu uhlíku je sice nepřímo vyšší, další škodliviny, které vznikají spalováním nafty však do ovzduší neunikají a město tak napomáhá kvalitě života jeho obyvatel.

## 7. Resumé

Doprava je s nespornými pozitivy také velkou zátěží životního prostředí. Pozitiva, se všemi negativními dopady dopravy, jsou přehledně shrnuty do literární rešerše a je patrné mnoho zásadních problémů, se kterými se musí lidstvo vypořádat, aby mohlo dopravní situaci zvládnout udržet a rozvíjet v budoucnosti. Jednou z možností je právě trolejbusová doprava, která je být velmi nákladná, v dlouhém časovém období však může být levnější než doprava autobusová. Tento případ nákladnosti trolejbusů také má analýza potvrdila a prokázala, že celkové náklady na trolejbusy a autobusy jsou rozdílné a trolejbusy v Českých Budějovicích jsou tedy dražší alternativou k autobusům zhruba o 20 %. Srovnávané náklady zahrnují především odpisy a náklady spojené se samotným provozem autobusů a trolejbusů, které jsou přepočítané na jeden den provozu, jeden rok provozu, na 1 kilometr a na jednoho cestujícího.

Pro porovnání dopadu na životní prostředí jsou vybrány nejzásadnější emisní látky, jako jsou oxidy dusíku, uhlíku, prachové částice a oxidy síry. Tyto látky jsou pro porovnání přepočítány pomocí emisního vzorce pro autobusy s naftovým motorem a vztaženy k emisním limitům EURO, které stanovila Evropská unie. Trolejbusy poté produkují emise nepřímo a celkově lze říci, že v oblasti emisí CO<sub>2</sub> vycházejí ze souboje jako poražený. V produkci dalších emisí, jako jsou prachové částice, či oxidy vznikající při spalování nafty vycházejí lépe než autobusy, a to především v prostředí, ve kterém jezdí. Zde jsou jejich emise nulové. Zajímavým tématem by mohlo také být další zkoumání nepřímých emisí za přesných výpočtů z různých zdrojů výroby elektrické energie, protože v České republice je zastoupeno mnoho zdrojů její výroby a každý vyrábí 1 kWh energie s jiným množstvím emisí.

## **I. Summary and keywords**

This thesis deals with ecological problems caused by transportation at the global, regional and local levels and focuses on transport situation in the region of České Budějovice. The aim of the work is to analyze transport situation and compare bus and trolley transport in the region. The theoretical part includes general overview of all problems caused by transport and the rate of inclusion of alternative forms of transport. The main part focuses on region itself and its transport situation and public transport. All necessary data are obtained by questionnaires and interviews. The data are evaluated using MS Excel and descriptive statistics.

Key words: Transport, region, alternative forms of transport, infrastructure

## II. Seznam použité literatury

### Odborná tištěná literatura

- Čuma, L., Kocman, T., Mrkos, J. (2005): Autobusy v brněnské městské dopravě 1930–2005, Praha – dopravní vydavatelství Pavel Malkus.
- Duchoň, B. (1999). Ekonomika dopravy, 1. vydání, Praha, vydavatelství ČVUT.
- Eisler, J. (2004). Ekonomika dopravních služeb a podnikání v dopravě, 1. vydání Praha: Nakladatelství Oeconomica.
- Harák, M. (2005). Encyklopedie československých autobusů a trolejbusů, II. díl. Nakladatelství Corona.
- Harák, M. (2016). Autobus Karosa 900: historie, vývoj, technika, modifikace. Praha: Grada Publishing.
- Hromádko, J. (2012). Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada
- Jelen, T., Kuchař, D., (2008) Autobusy Karosa – 11. díl – městské a příměstské standardní autobusy řady 700. Československý dopravák. 2008, roč. VII., čís. 4
- Neubergová, K. (2005). Ekologické aspekty dopravy. Praha: Vydavatelství ČVUT.
- Ramanathan, V. & Carmichael, G. (2008). Global and regional climate changes due to black carbon, Nature Geoscience
- Šed'a, V., Adamec, V., Švanda, J., Dostál, I., Tvarůžková, J., Galle, D., Dufek, J. (2003). Doprava a životní prostředí, Centrum dopravního výzkumu – sekce životní prostředí, Brno.
- Škapa, P. (2003). Doprava a životní prostředí I (1. vyd.). Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- Vlk, F. (2004). Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: František Vlk.

### Články v elektronickém časopise

- Mrzena, R. (2010). Parner's Contacts: Porovnání vlivu individuální a hromadné dopravy na životní prostředí, 5. vydání 218–227. Dostupné z [http://pernerscontacts.upce.cz/PC\\_192010.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/PC_192010.pdf)

### Internetové zdroje

- Auta5p.eu. (2005) Automobily na CNG. Dostupné z <http://auta5p.eu/clanky/cng/cng.php>
- Brněnská MHD. (2014) Nové autobusy Solaris Urbino 18 v Brně. Dostupné z <http://www.bmhd.cz/aktuality/aktualita.php?1200>
- CNG stanice.cz. (2017) CNG vs. LPG. Dostupné z <http://www.cngplus.cz/o-cng/cng-vs-lpg/>
- České dráhy. (2014) České dráhy v Jihočeském kraji. Dostupné z <http://old.cd.cz/jihocesky-kraj/cd-jihocesky-kraj/-5967/>

- Dopravní podnik České Budějovice. (2017) Současná MHD. Dostupné z <http://www.dpmcb.cz/o-spolecnosti/soucasna-mhd/>
- Dopravní podnik města České Budějovice. (2017) Historie MHD v Českých Budějovicích. Dostupné z <http://www.dpmcb.cz/o-spolecnosti/historie/>
- Dopravní podnik města České Budějovice. (2017) Seznam dopravců IDS Jihočeského kraje. Dostupné z [http://www.dpmcb.cz/files/File/Priloha%20c\\_%203%20-%20Seznam%20dopravcu%20IDS%20jihoceskeho%20kraje.pdf](http://www.dpmcb.cz/files/File/Priloha%20c_%203%20-%20Seznam%20dopravcu%20IDS%20jihoceskeho%20kraje.pdf)
- Elektrina.cz. (2014) Výroba elektřiny v ČR. Dostupné z <http://www.elektrina.cz/vyroba-elektriny-v-cr-nejvic-energie-stale-ziskavame-z-uhelnych-elektren>
- Hybrid.cz. (2016) Počet CNG autobusů v České republice. Dostupné z <http://www.hybrid.cz/pocet-cng-autobusu-se-za-posledni-2-roky-u-nas-zdvojnasil>
- Idnes.cz. (2016) Dálnice D3 u Českých Budějovic. Dostupné z [http://budejovice.idnes.cz/dalnice-d3-borek-sevetin-0sj-/budejovice-zpravy.aspx?c=A160426\\_084246\\_budejovice-zpravy\\_khr](http://budejovice.idnes.cz/dalnice-d3-borek-sevetin-0sj-/budejovice-zpravy.aspx?c=A160426_084246_budejovice-zpravy_khr)
- Idsjk.cz. (2016) Integrovaný dopravní systém Jihočeského kraje. Dostupné z <http://www.idsjk.cz/ids-jihoceskeho-kraje/>
- Invest Jihočeský kraj. (2010) Dopravní dostupnost Jihočeského kraje. Dostupné z <http://invest.kraj-jihocesky.cz/cz/page/dopravni-dostupnost-jihoceskeho-kraje>
- Iveco.com. (2017) Iveco Citelis. Dostupné z <http://www.iveco.com/Documents/Irisbus/Irisbus-City-Technical-sheets.html>
- Iveco.com. (2017) Iveco Crossway. Dostupné z <http://www.iveco.com/czech/produkty/pages/iveco-bus-crossway-le.aspx>
- Iveco.com. (2017) Iveco Crossway. Dostupné z [http://www.iveco.com/czech/collections/technical\\_sheets/Documents/Iveco-bus/Crossway\\_LOW\\_ENTRY\\_CITY\\_E6.pdf](http://www.iveco.com/czech/collections/technical_sheets/Documents/Iveco-bus/Crossway_LOW_ENTRY_CITY_E6.pdf)
- LPG-CNG.ochranamotoru.cz. (2017) Základní informace o CNG. Dostupné z <http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auto-autobus-jizda-na-plyn-palivo-zemni-cng.htm>
- Mdcr.cz. (2017) Statistiky Ministerstva dopravy České republiky. Dostupné z <https://www.mdcr.cz/Statistiky?page=8>
- Ministerstvo průmyslu a obchodu. (2016) Výpočet úspor emisí oxidu uhličitého. Dostupné z <http://www.mpo.cz/dokument6794.html>
- Ministerstvo průmyslu a obchodu. (2016) Zpráva o aktualizaci stavu Evidence čerpacích stanic pohonných hmot v ČR. Dostupné z



- Ministerstvo životního prostředí. (2017) Dálnice D3. Dostupné z [http://www.mzp.cz/cz/news\\_170106\\_EIA\\_D3](http://www.mzp.cz/cz/news_170106_EIA_D3)
- Solarisbus.com. (2017) Urbino 12. Dostupné z <https://www.solarisbus.com/vehicle/urbino-12>
- Svaz dovozců automobilů. (2016) Grafy a tabulky ke statistice vozidel registrovaných v ČR v období 1-9/2016. Dostupné z [http://portal.sdac.cz/clanky/download/2016\\_10\\_tiskovka-pdf-2016-9.pdf](http://portal.sdac.cz/clanky/download/2016_10_tiskovka-pdf-2016-9.pdf)
- Škoda.cz. (2017) Trolejbus 27 TR. Dostupné z <http://www.skoda.cz/reference/trolejbus-27-tr/?from=prod>
- Vítejte na Zemi. (2017). Multimediální ročenka životního prostředí: Dopravní infrastruktura ČR. Dostupné z [http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=dopravni\\_infrastruktura\\_v\\_cr&site=doprava](http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=dopravni_infrastruktura_v_cr&site=doprava)

### III. Seznam grafů, obrázků a tabulek

#### Seznam grafů

- Graf 1: Procentuální rozdělení nákladů na provoz autobusu  
 Graf 2: Procentuální rozdělení ročních nákladů na provoz trolejbusu  
 Graf 3: Podíl výroby elektřiny v ČR podle paliva

#### Seznam obrázků

- Obrázek 1: Dělení dopravy  
 Obrázek 2: Provoz motoru na CNG  
 Obrázek 3: Tehdejší trolejbus z období kolem roku 1940

#### Seznam tabulek

- Tabulka 1: Registrovaná vozidla k 1. 9. 2015 – 1. 9. 2016  
 Tabulka 2: Registrace vozidel dle paliva za 1-9/2016  
 Tabulka 3: Stav vozového parku v letech 2011–2016  
 Tabulka 4: Nejjobvyklejší příznaky poškození rostlin hlavními emisemi z dopravy  
 Tabulka 5: Délka dopravních cest v ČR (km)  
 Tabulka 6: Dopravci integrovaného dopravního systému Jihočeského kraje  
 Tabulka 7: Technické parametry Škoda 15Tr(M)  
 Tabulka 8: Technické parametry Škoda 25Tr Irisbus  
 Tabulka 9: Technické parametry Škoda 27Tr Solaris  
 Tabulka 10: Technické parametry Karosa B700  
 Tabulka 11: Technické parametry Karosa B700  
 Tabulka 12: Technické parametry Karosa Renault Citybus 12M  
 Tabulka 13: Technické parametry Solaris Urbino 12/15  
 Tabulka 14: Technické parametry Iveco Citelis  
 Tabulka 15: Technické parametry Irisbus Iveco Crossway LE city  
 Tabulka 16: Náklady autobusu roční  
 Tabulka 17: Náklady autobusu denní a na jednoho cestujícího při 175 vozokilometrech/den  
 Tabulka 18: Náklady trolejbusu roční

Tabulka 19: Náklady trolejbusu denní a na jednoho cestujícího při 196 vozokilometrech/den

Tabulka 20: Porovnání ukazatelů autobusů a trolejbusů (ukazatelé průměrně na 1 vůz)

Tabulka 21: Emisní normy EURO pro naftové motory v g/kWh, \*g/kg nafty

Tabulka 22: Vypočtené emise autobusu splňujícího normu EURO V