

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Hodnocení vozidel veřejné dopravy z
hlediska dopadů na životní prostředí**

(Bakalářská práce)

Přerov 2020

Kristýna Vonášková



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

studentka

Kristýna Vonášková

studijní program
obor

Logistika
Dopravní logistika

Vedoucí Katedry bakalářského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v bakalářském studijním programu určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Hodnocení vozidel veřejné dopravy z hlediska dopadů na životní prostředí**

Cíl práce:

Vyhodnotit vozidla veřejné silniční dopravy z hlediska dopadů na životní prostředí a struktury vozidlového parku. Kvantifikovat finanční dopady implementace evropských směrnic v této oblasti pro vybraný kraj.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Bakalářskou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Legislativní prostředí, analýza vozidlového parku
2. Dopady autobusové dopravy na životní prostředí
3. Opatření nutná k implementaci směrnic
4. Ekonomické vyhodnocení implementace směrnic pro vybraného dopravce

Závěr

Rozsah práce: 35 – 50 normostran textu

Seznam odborné literatury:

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2009/33/ES a 2019/1161

DUCHOŇ, Bedřich. Inženýrská ekonomika. Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-763-0.

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

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

31. 10. 2019

Datum odevzdání bakalářské práce:

5. 5. 2020

Přerov 31. 10. 2019



Ing. et Ing. Iveta Dočkalíková, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a že jsem ji vypracovala samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušila autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byla také seznámena s tím, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byla poučena o tom, že bakalářská práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované bakalářské práce v její tištěné i elektronické verzi. Tímto prohlášením souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

V Přerově, dne 05. 05. 2020

.....

podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu panu docentovi Říhovi za jeho vedení, cenné rady a trpělivost při zpracování této bakalářské práce. Mé díky patří i paní inženýrce Staňkové za podporu a mnoho hodnotných informací, které mi během psaní práce poskytovala.

Anotace

Práce se zabývá hodnocením vozidel veřejné dopravy z hlediska dopadů na životní prostředí. Po úvodu do problematiky dopravy analyzuje její pozitivní a negativní vlivy se zvláštním důrazem na životní prostředí a možnosti jeho ochrany. Dále představuje legislativní prostředí týkající se ochrany životního prostředí a dopravy. Na příkladu společnosti Arriva Střední Čechy s.r.o. hodnotí, jaký finanční dopad by měla implementace směrnice evropského parlamentu a rady 2009/33/ES pro zmíněného dopravce.

Klíčová slova

autobusová doprava, životní prostředí, evropská unie, legislativa, ekonomické vyhodnocení

Annotation

This thesis evaluates public transports vehicles according to their impact on the environment. After introducing transportation in general, the thesis analyses its positive and negative effects, focusing in particular on the environment and its protection. Furthermore, it introduces legislative nature of the transportation and environment protection. Based on the example of the company Arriva Střední Čechy s.r.o., it evaluates the financial impacts of implementing EU directive 2009/33/ES, for this particular company.

Keywords

bus transportation, environment, European union, legislature, economical evaluation

Obsah

Úvod	8
1 Doprava a životní prostředí.....	10
1.1 Skleníkový efekt	11
1.2 Veřejná doprava.....	12
1.3 Legislativa	14
1.3.1 Směrnice evropského parlamentu a rady 2009/33/ES	16
1.3.2 Směrnice evropského parlamentu a rady 2019/1161.....	17
2 Společnost Arriva.....	20
2.1 Vozidlový park	21
2.1.1 Ekologická kategorie Euro.....	22
2.2 Opatření nutná k implementaci směrnice EU	22
2.2.1 Plyn jako alternativní pohon autobusů	23
2.2.2 Elektrobusy	26
3 Ekonomické vyhodnocení implementace směrnice	28
3.1 Teorie kalkulace nákladů.....	28
3.2 Matematický postup.....	31
3.3 Finanční dopady.....	33
3.3.1 Pořizovací náklady	33
3.3.2 Celkové náklady	35
Závěr.....	41
Seznam zdrojů.....	44
Seznam grafických objektů.....	46
Seznam zkratk	47

Úvod

Ve své bakalářské práci se budu zabývat hodnocením vozidel veřejné dopravy z hlediska dopadů na životní prostředí. V současném společenském prostředí je doprava běžnou součástí života, má ale stále větší negativní dopady nejenom na životní prostředí, ale také na zdraví společnosti. Doprava představuje jeden z nejvýznamnějších zdrojů znečištění ovzduší ve městě a na celou společnost má dopady v oblasti ekonomické, energetické, sociální i ekologické. V teoretické části práce představím problematiku a vysvětlím základní pojmy, které v práci budu používat. K tomu použiji rozmanitou odbornou literaturu. Zaměřím se především na teoretickou analýzu technické infrastruktury veřejné dopravy a související legislativu. Nejprve popíši obecně dopady autobusové dopravy na životní prostředí a alternativy k autobusové dopravě, v další části práce budu analyzovat legislativní prostředí. Zaměřím se především na Směrnici evropského parlamentu a rady 2009/33/ES a její novelizaci 2019/1161, týkající se veřejné dopravy v závazku veřejné služby, které budu dále využívat při vyhodnocení dopadů jejich implementace na vybraného autobusového dopravce poskytujícího veřejnou dopravu ve vybrané lokalitě. Vybrala jsem si příklad společnosti Arriva Transport Česká republika a.s., respektive jejich dceřiné společnosti Arriva Střední Čechy s.r.o., které obě stručně představím. Následně budu analyzovat vozidlový park společnosti Arriva Střední Čechy s.r.o. a budu se věnovat opatřením nutným k implementaci výše zmíněných směrnic. Výstupem teoretické části bude analýza současné podoby dopravy, analýza legislativních opatření a analýza vlivu dopravy na životní prostředí.

V praktické části práce ekonomicky vyhodnotím dopad implementace směrnic na konkrétním příkladu společnosti Arriva Střední Čechy s.r.o. Vozidla veřejné silniční dopravy vyhodnotím z hlediska struktury vozidlového parku s ohledem na různý pohon a kvantifikuji finanční dopady implementace evropských směrnic v této oblasti jak pro společnost Arriva Střední Čechy s.r.o., tak i pro celou Českou republiku. Pro ekonomické zhodnocení dopadů implementace zmiňované směrnice je klíčové porovnat náklady a jak se liší u autobusů s různým pohonem. Nejprve předložím stručnou teorii kalkulace nákladů a následně vysvětlím matematický postup a zhodnotím konkrétní finanční dopady na společnost Arriva Střední Čechy s.r.o. Pomocí ekonomické kalkulace nákladů vyčísím nejdříve teoretický dopad směrnice na pořizovací náklady při nákupu nových autobusů společnosti Arriva Střední Čechy s.r.o. podle směrnice z roku 2009 a porovnáám

s finančním dopadem novelizace směrnice z roku 2019. Následně propočítám a porovnáím změnu celkových nákladů pro autobusovou dopravu v České republice při různých variantách implementace směrnice, a tedy různých poměrech čistých a částečně čistých vozidel, rovněž s porovnáním obou směrnic. Na závěr shrnu své poznatky, k čemu jsem v práci došla a zmíním možný prostor pro další zkoumání tématu.

1 Doprava a životní prostředí

Doprava má pozitivní vliv na mobilitu obyvatelstva, dělbu práce a zvyšuje životní úroveň společnosti, ale nesmíme zapomínat na její negativní působení na životní prostředí, které jsem již několikrát zmínila. Negativní působení dopravy na životní prostředí můžeme podle Kristýny Neubergové rozdělit na vlivy globální, kde největším globálním vlivem je vliv dopravy na zvyšování skleníkového efektu, regionální vlivy, jelikož doprava v oblasti regionů přispívá k destrukci vegetace, kyselým dešťům a depozici dusíku a lokální vlivy, které se objevují v bezprostřední blízkosti komunikací jako například vysoká hladina znečištění ovzduší, hluk, nehody, přímé znečištění podzemních vod, nebo bariérový efekt, který tvoří dopravní infrastruktura. [1] Největším znečišťovatelem ovzduší z hlediska škodlivých emisí je silniční doprava s podílem okolo 90 % na emisích jednotlivých škodlivých látek jako je olovo, prach, kysličník uhelnatý, kysličník siřičitý, uhlovodíky. Nižší jsou emise z železniční dopravy, které tvoří okolo 0–7 %. Velmi závažná je ovšem i letecká doprava, neboť poškozují ozonovou vrstvu atmosféry. [2]

Při analýze vlivu dopravy na ekologii nesmíme zapomínat na energetickou náročnost dopravy, která je úměrná jejímu vlivu na životní prostředí. S nárůstem počtu vozidel a s nárůstem využívání dopravní infrastruktury roste také spotřeba energií. Dle Adamce až o 75 % za deset let. [3] Největší nárůst spotřeby energie byl zaznamenán u silniční dopravy, přičemž spotřeba ropy jakožto výrobní suroviny pro automobilové benzíny a motorové nafty tvoří 40 % z celkové spotřeby ropy. Problémem je, že zvyšující energetická náročnost dopravy spotřebovává neobnovitelné fosilní zdroje energie, a proto je nutné hledat náhrady těchto konvenčních zdrojů energie už v současnosti. Mezi nahraditelné pohonné systémy by v budoucnu mohly patřit pohony hybridní, palivové články, elektrické pohony nebo jiné, doposud neznámé zdroje. Nahradit je možné i paliva, například alternativními palivy jako je bioetanol, bionafta, metanol, zemní plyn, elektrická energie, nebo vodík. Nárůst spotřebované energie zaznamenal především sektor automobilové dopravy, silniční nákladní dopravy a letecké dopravy, na rozdíl od sektoru vodní a železniční dopravy, kde spotřeba klesá. Tento rychlý nárůst energetické a surovinové spotřeby dopravy není dlouhodobě udržitelným.

1.1 Skleníkový efekt

Nejzávažnějším problémem v rámci udržitelné dopravy je zejména princip skleníkového efektu, tedy když krátkovlnné záření Slunce ohřívá Zemi a ta naopak vyzařuje záření dlouhovlnné. Toto dlouhovlnné záření není všechno pohlceno atmosférou, protože jeho část prochází do kosmického prostoru a část se vrací zpět na Zem. Části, která se vrací v důsledku rostoucích skleníkových plynů na Zem zpět, je čím dál více. Tato situace poté vede k nadměrnému ohřívání planety. [1] Nejvýznamnějším skleníkovým plynem je oxid uhličitý, CO_2 , který neovlivňuje lidské zdraví, ale z 50 % způsobuje oteplování atmosféry. Dlouhodobé oteplování planety může vést ke zvýšení nemocnosti obyvatel vlivem rostoucích teplot, zvyšováním sucha, snižováním zemědělských výnosů a zhoršováním zásobování vodou. [2] Oxid uhličitý vzniká spalováním fosilních paliv. „Spálením jednoho litru benzínu vznikne 2,4 kg oxidu uhličitého, spálením jednoho litru nafty vznikne 2,7 kg oxidu uhličitého. Dalšími skleníkovými plyny jsou freony (14 %), metan (18 %), přízemní ozon (12 %) a oxid dusíku (6 %).“ [2, s. 94]

Existence skleníkových plynů a jejich působnost v ovzduší je známá od první třetiny předminulého století zásluhou J. B. Fouriera. V roce 1896 odhadl Arrhenius vliv skleníkových plynů na průměrnou teplotu Země. Vlivem všech skleníkových plynů je průměrná teplota Země podstatně vyšší, než by byla bez absorpce skleníkovými plyny a bez zpětné radiace. Jednotlivé odhady uvádějí zvýšení průměrné teploty Země vlivem skleníkových plynů v rozmezí 21 až 30 stupňů Celsia. Bez skleníkového efektu by Země byla jakousi zmrzlou koulí. Skleníkový efekt tedy není žádným strašákem. Právě naopak. Způsobuje to, že Země je pro nás obyvatelná. [4] Takto vysvětluje skleníkový efekt Miroslav Kutílek ve svém článku „Globální oteplování a klimatické změny v minulosti“. Oxid uhličitý CO_2 patří ke skleníkovým plynům podobně jako metan, oxidy dusíku nebo vodní pára. Názvem skleníkový se společnou zkratkou vyjadřuje vlastnost této skupiny plynů. Skleníkové plyny přítomné v atmosféře propouštějí krátkovlnné sluneční záření, které ohřívá povrch Země. Odtud je zpět vyzařováno dlouhovlnné (infračervené) záření, které je absorbováno těmito skleníkovými plyny a je tedy propouštěno jen v malé míře do vnějšího prostoru mimo atmosféru Země. Tím se opět ohřívají nižší vrstvy atmosféry a povrch Země. Míra zahřívání záleží na koncentraci těchto plynů v atmosféře, vyšší koncentrace má za následek vyšší teploty. Na celém procesu se značně podílí svislé proudění vzduchu neboli konvekce, jelikož teplý vzduch stoupá vzhůru a chladný vzduch klesá.

Jednotlivé skleníkové plyny mají různý radiační absorpční potenciál, např. metan má tento potenciál osmkrát větší než CO₂ a koncentrace skleníkových plynů v atmosféře je také rozdílná. Protože koncentrace metanu v atmosféře je mnohonásobně nižší, než tomu je u CO₂, je jeho příspěvek na oteplení třikrát menší. Významný podíl na skleníkovém efektu má také vodní pára. [4]

„Zatím nebyla potvrzena hypotéza o vlivu emisí CO₂ jakožto dominantního faktoru způsobujícího vzrůst globální teploty. Konsensus, shoda názorů v určité části vědecké obce, není vědeckým argumentem. Pokud by existující klimatické modely byly vyhovující, musely by být úspěšně aplikované na více případů klimatických změn v geologické minulosti Země v pleistocénu, a především v holocénu. Navíc ve scénářích současných modelů nejsou adekvátně zváženy další faktory, působící obvykle ve vzájemné provázanosti na změnu klimatu. Mimořádně vysoké teploty v posledních 25 letech jsou srovnatelné se středověkou teplou periodou a nepřevyšují její hodnoty. Tvrzení o nejvyšších teplotách v miléniu nejsou pravdivá a středověká teplá perioda byla mnohem delší než naše současná. Teorie o tom, že oteplování při současném zvýšení koncentrace CO₂ vede k ariditě (tj. vyprahlost – pozn. autorky) a ke katastrofickému snížení rostlinné produkce je vyvrátitelná. Přejmenování neprověřených hypotéz na vědeckou teorii je postupem nepřijatelným v racionálních vědeckých metodách.“ [4]

1.2 Veřejná doprava

Jednou z možností, jak snížit zátěž z dopravy, je preference veřejné (hromadně) dopravy. Ta je efektivnější než individuální doprava, jak blíže vysvětlím níže. Autobusy jsou nejpoužívanějším prostředkem veřejné dopravy a na rozdíl od vlaků a jiných druhů dopravy se díky jejich flexibilitě a dalším výhodám využívají čím dál více. Zároveň ale v konvenčním chápání tohoto problému poškozují životní prostředí klasické diesellové autobusy více než například elektrické lokomotivy, ačkoli u těch poté samozřejmě záleží na složení zdrojů energie. Doprava patří k základním odvětvím, které zásadně ovlivňují socioekonomický rozvoj a růst životní úrovně. Důsledky rozvoje dopravy mají jak pozitivní dopad, například díky rychlé přepravě osob a zboží, tak i negativní faktory, zejména v oblasti životního prostředí. Hlavními nepříznivými vlivy na životní prostředí jsou znečišťování vody, půdy a ovzduší. Ke znečišťování vody a půdy dochází vlivem úniku provozních kapalin při dopravních nehodách, nebo špatnému stavu dopravních

prostředků. Dalšími negativními vlivy, hlavně v prostředí měst, jsou hluk a vibrace. Současným vývojem automobilových prostředků a technického pokroku vozidel dochází trvale ke snižování hlukové hranice a vibrací, které byly způsobené nedokonalostí vozidel. Hluk a vibrace jsou ve městech způsobeny také nekvalitním povrchem pozemních komunikací, zejména jejich nerovnostmi. Meziměstským negativním jevem je například zábor půdy, která by jinak sloužila k zemědělské výrobě. Vzhledem ke stoupajícímu vlivu infrastruktury a maximální potřebě omezit průjezd městy a dopravu směřovat okolo těchto měst, jsou budovány obchvaty, a to i v místech, kde do té doby byla zemědělská půda. Mezi další negativní vliv silniční dopravy patří produkce odpadu. V případě automobilů se nejedná jen o výfukové exhaláty, ale i opotřebované provozní náplně jako jsou oleje, dále také pneumatiky a náhradní díly. Dalším negativním jevem je také vznik dopravních nehod, který je přímý důsledek silného silničního provozu.

Podle příkladu z Prahy má doprava zcela zásadní podíl na emisích zdraví škodlivých látek, u škodlivin PM_{2,5} je to až 95 %, PM₁₀ až 96 %, NO_x 77 % a Benzo(a)pyren 84 %. [5] V oblasti dopravy tedy máme šanci výrazně snížit emise skleníkových plynů a dalších škodlivin. Důležitým ukazatelem je dělba přepravní práce (tzv. modal split) mezi veřejnou a individuální dopravou. Individuální automobilová doprava se na energetické spotřebě v dopravě podílí až z 88 % (emise CO₂ až 84 % a emise dalších škodlivin až 93 %). Pro podporu trvale udržitelného rozvoje naší společnosti je klíčová podpora veřejné hromadné dopravy. Ta má příznivější energetické i prostorové parametry, jelikož na přepravu více osob je spotřebováno méně materiálu, prostoru i energie oproti osobním automobilům, kde se v průměru podle statistik Ministerstva dopravy ČR pohybuje obsazenost na hodnotě 1,3 osoby/vůz a vůz je v průměru využíván 24 minut denně. [6] Například v Praze je více než 75 % cestujících přepraveno elektrickou trakcí (kde poté samozřejmě záleží na složení energetických zdrojů), autobusy ale tvoří zhruba třetinu všech dopravních výkonů a těchto 1200 autobusů ročně najede zhruba 62 milionů kilometrů a spotřebuje cca 30 milionů litrů nafty. [5] Rozvoj elektrifikované dopravy tedy neroste rychleji než zvyšující se mobilita obyvatelstva.

Ačkoli nižší náklady na spotřebu, které nabízí některé alternativní pohony jako například pohon elektrický zní lákavě, v současné době zůstává velkým problémem chybějící infrastruktura, která je překážkou nejen k implementaci evropské směrnice 2009/33/EU o čistých vozidlech, ale spolu s vyššími pořizovacími náklady nejspíš může být i důvodem, proč dopravci sami nesaňají po těchto alternativních možnostech pohonu.

Kromě obnovy vozidlového parku, patří mezi další opatření, která mohou mít pozitivní vliv na snižování emisí CO₂ například výše zmíněné snižování spotřeby paliva díky preferenci MHD a nákupu autobusů s nižší spotřebou paliva. Rozšiřování systému zastávek na znamení má také dílčí pozitivní vliv na spotřebu paliva i produkci emisí, včetně hluku. Zvyšování efektivity a kvality MHD také přispívá k omezení individuální automobilové dopravy a potažmo zajišťuje podmínky ke snižování emisí CO₂ také z provozu osobních automobilů. Rozvoj kolejové veřejné dopravy, která je energeticky efektivnější, je zcela zásadním opatřením pro snižování emisí. Přepravní proudy autobusové dopravy jsou silně zatížené a podpora přepravy železnicí, trolejbusy či tramvajemi významně snižuje emise v dané lokalitě.

1.3 Legislativa

Zhruba 97 % spotřeby energie v dopravě je tvořeno uhlovodíkovými palivy. Při předpokladu 30% účinnosti spalovacích motorů u dopravních prostředků je ztráta odpadního tepla příliš vysoká. Spalování uhlovodíkových paliv má také velmi negativní vliv na životní prostředí, kvalitu života i zdraví lidí. Tyto dopady jsou nevýraznější v městských aglomeracích, kde je doprava koncentrovaná. Klíčové jsou zejména emise oxidů dusíku, jemných prachových částic, polyaromatických uhlovodíků a oxidu uhličitého, jehož dopady se nepřímou projevují na lokálních i globálních výkyvech klimatu. Zejména od počátku nového tisíciletí vidíme snahy tento trend zvrátit pomocí snížení emisí a dalších souvisejících negativních dopadů dopravy, jak na úrovni České republiky, tak i evropské. V této podkapitole představím různé dokumenty, které se vztahují k této problematice. Tématu se věnují zejména tyto strategické dokumenty:

Rámcová úmluva OSN o změně klimatu a navazující Pařížská dohoda (COP 21),

Nařízení 2009/33/EU o čistých vozidlech (resp. její transpozice do české legislativy),

Státní energetická koncepce ČR,

Dopravní politika ČR pro období 2014 – 2020 s výhledem do roku 2050,

Národní program snižování emisí ČR,

Národní akční plán čisté mobility.

Požadavky na snižování emisí v provozu autobusů definuje jak obecná legislativa, tak i strategické cíle schválené na místní, národní i mezinárodní úrovni (např Rámcová úmluva OSN o změně klimatu a navazující Pařížská dohoda). Mezi základní sledované parametry patří především emise CO₂, kvůli důrazu na klimatické změny. Hlavními východisky v oblasti snižování emisí z dopravy je několik dokumentů, které stručně představím. Patří mezi ně například „Emisní limity EURO“, které určují limity emisí pro zážehové motory v rámci EU. Díky nim došlo k výraznému snížení emisí NO_x, CO či PM. Vozidla EURO VI vykazují snížení oproti EURO II a EURO III o více než 95 %. [7] Limity EURO neurčují snižování emisí CO₂ kvůli technickým možnostem konvenčních motorů.

„Nařízení 2009/33/EU Clean Vehicle Directive – novelizace 6/2019“ stanovuje povinný podíl nízkoemisních a bezemisních vozidel pro nově nakupovaná vozidla. V přípravě je transpozice do české legislativy, platit bude od termínu vydání českého zákona, předpokládá se výjimka pro smlouvy o závazku veřejné služby, které budou uzavřené před vydáním českého zákona. Směrnice určuje, že vozidla zakoupená do roku 2025 musí mít 20,5 % zcela bezemisních vozidel a 20,5 % částečně čistých vozidel. Nákupy od roku 2025 musí zahrnovat 30 % zcela bezemisních vozidel a 30 % částečně čistých vozidel. Za bezemisní vozidla se považují elektrobusesy, trolejbusy a vodíkové autobusy. Částečně čistá vozidla jsou hybridy, vozidla s pohonem na bioCNG, bioLNG a bionaftu. [6] Tomuto dokumentu se budu dále věnovat detailněji. „Národní akční plán čisté mobility“ – novelizace 2019 (v přípravě) je souhrn cílů a podpůrných opatření v rámci ČR. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/94/EU definuje typy ekologických vozidel.

„Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu do roku 2030“ stanovuje základní cíl snížení energetické náročnosti dopravy. Závazným cílem je mezi lety 2020 a 2030 snížit konečnou spotřebu energie o 8 %. Z technického hlediska je možné tohoto dosáhnout pomocí použití motorů s vyšší energetickou účinností nebo rekuperací brzdě energie díky částečné či plné elektrifikaci či rekuperací v rámci napájecí sítě. Z hlediska konečné spotřeby energie je potřeba kalkulovat také energetickou náročnost výroby, úpravy, transportu a skladování příslušného používaného alternativního paliva či pohonu. Jako další opatření může fungovat zvýšení provozní efektivity MHD pomocí preference či například zastávek na znamení. „*Preference veřejné hromadné dopravy je činnost směřující ke zvýšení rychlosti, plynulosti a tím i atraktivity hromadné osobní dopravy oproti dopravě individuální, zejména automobilové.*“ [8]

1.3.1 Směrnice evropského parlamentu a rady 2009/33/ES

Tento dokument je v mé práci zásadní, jelikož v praktické části práce ekonomicky vyhodnotím dopady jeho implementace. V této podkapitole ho tedy představím detailněji.

Cílem této směrnice je podporovat a podněcovat rozvoj trhu s čistými a energeticky účinnými vozidly. Ukládá povinnost orgánům veřejné správy a některým dalším provozovatelům veřejné dopravy zohlednit dopad těchto vozidel v průběhu jejich životnosti, pokud jde o spotřebu energie, emise CO₂ a emise jiných znečišťujících látek. Podle Směrnice evropského parlamentu a rady 2009/33/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel (dále také pouze „směrnice“), je ropa hlavním energetickým zdrojem v EU a zároveň je významným zdrojem emisí znečišťujících látek. Evropský parlament a rada evropské unie označuje emise skleníkových plynů a znečištění způsobené dopravou za jedny z hlavních překážek udržitelného rozvoje. Cílem této směrnice je povzbudit trh s čistými a energeticky účinnými silničními vozidly. Od okamžiku schválení české transpozice do roku 2025 musí být z nově nakupovaných vozidel 41 % čistých, z toho polovina (20,5 %) musí být zcela bezemisních a druhá polovina (20,5 %) postačuje částečně čistých. Od roku 2025 stoupá povinný celkový limit na 60 % (analogicky 30/30 %). [6]

Tato směrnice se vztahuje na zakázky na nákup silničních vozidel zadané veřejnými zadavateli nebo jinými zadavateli a provozovateli plněními závazky veřejné služby vyplývající ze smlouvy o veřejné službě. Směrnice určuje, že „členské státy zajistí, aby od 4. prosince 2010 všichni veřejní zadavatelé, jiní zadavatelé a provozovatelé podle článku 3 zohledňovali při nákupu silničních vozidel energetické a ekologické dopady provozu těchto vozidel za dobu jejich životnosti podle odstavce 2 a uplatňovali alespoň jednu z možností uvedených v odstavci 3“. [9, s.5] Mezi provozní energetické a ekologické dopady, jež mají být zohledněny, patří spotřeba energie, emise CO₂ a emise NO_x, NMHC a částic. Podle odstavce 2 (této směrnice) vypočte v jednotkách spotřeby energie na kilometr, ať už je uváděna přímo, jako je tomu v případě elektrických vozidel, či nikoliv. V případech, kdy je spotřeba pohonných hmot udávána v jiných jednotkách, se tyto jednotky převedou na spotřebu energie na kilometr s použitím převodních faktorů stanovených v příloze směrnice v tabulce 1, která uvádí energetický obsah různých pohonných hmot. [9]

Při výpočtech v mé práci budu postupovat podle pokynů pro hodnocení uvedených taktéž v této směrnici. Ta stanoví, že peněžní hodnota na jednotku energie odpovídá nižší z hodnot nákladů na jednotku energie benzínu nebo motorové nafty před zdaněním, jsou-li používány jako pohonné hmoty pro účely dopravy. [9] Provozní náklady vynaložené na spotřebu energie za dobu životnosti vozidla se stanoví vynásobením počtu kilometrů na dobu životnosti podle odstavce 3, přičemž se v případě potřeby vezme v úvahu počet kilometrů již najetých, spotřebou energie na kilometr podle první odrážky tohoto písmene a náklady na jednotku energie podle druhé odrážky tohoto písmene. [9] Budu vycházet z tabulky spotřeby pohonných hmot, emisí CO₂ a emisí znečišťujících látek uvedených v příloze směrnice v tabulce 2 na kilometr provozu vozidla. Ty jsou určeny na základě standardizovaných zkušebních postupů Společenství pro vozidla, pro která jsou takové zkušební postupy stanoveny v právních předpisech Společenství o schvalování typu. [9] Výpočet nákladů provedu taktéž podle této směrnice.

1.3.2 Směrnice evropského parlamentu a rady 2019/1161

Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/1161 ze dne 20. června 2019, kterou se mění směrnice 2009/33/ES o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel (Text s významem pro EHP), mění a doplňuje předchozí směrnici. Jelikož v době zpracování mé bakalářské práce nebyla dosud přeložena do české legislativy, vycházím při výpočtech z údajů v této směrnici i ve směrnici z roku 2009.

V příloze směrnice je v tabulce zobrazeno, jaké podíly čistých vozidel musí, pro kterou kategorii vozidel, zajistit který členský stát. [10] Tabulku jsem přepracovala, aby zobrazovala pouze počty pro kategorii autobusů (kategorie M₃) a vybrala jsem pro porovnání určeného podílu („minimálního cíle“) čistých vozidel příklad České republiky a našich sousedů, tedy také Německo, Rakousko, Slovensko a Polsko, což je graficky zobrazeno v tabulce 1.1.

Tab. 1. 1 Podíl čistých vozidel dle směrnice EU 2019/1161

Členský stát	Od 2.8.2021 do 31.12.2025	Od 1.1.2026 do 31.12.2030
Německo	45 %	65 %
Rakousko	45 %	65 %
Česko	41 %	60 %
Slovensko	34 %	48 %
Polsko	32 %	46 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Poloviny minimálního cíle pro podíl čistých autobusů musí být dosaženo prostřednictvím zakázek na autobusy s nulovými emisemi (viz výše). Členské státy musí uvést v účinnost právní a správní předpisy nezbytné pro dosažení souladu s touto směrnicí do 2. srpna 2021. Směrnice uvádí, že podle odhadů vývoje trhu bude nákupní cena čistých vozidel setrvale klesat. [10] Nižší provozní náklady a náklady na údržbu umožňují konkurenceschopnější celkové náklady na jejich vlastnictví již dnes. Očekávané snížení nákupní ceny by mělo v příštím desetiletí dále omezit překážky, které brání dostupnosti čistých vozidel na trhu a jejich využívání. I když je Evropská Unie jedním z vedoucích regionů v oblasti výzkumu a ekologických inovací, největší výrobci autobusů na bateriový elektrický pohon a výrobci baterií jsou v Asii a Tichomoří. Vývoj světového trhu s bateriovými elektromobily pohánějí také trhy v Číně a Spojených státech. Unijní politika v oblasti zadávání zakázek na čistá vozidla pomůže podnítit inovace a dále posilovat konkurenceschopnost a růst průmyslu Unie na globálních trzích s čistými vozidly a s nimi spojenou technologickou infrastrukturou. Dostupnost infrastruktury pro dobíjení a čerpání paliva je nezbytná při zavádění vozidel na alternativní paliva. 8. listopadu 2017 byl přijat akční plán na podporu urychleného zavádění infrastruktury pro alternativní paliva v Unii, včetně zvýšení podpory zavádění veřejně dostupné infrastruktury z prostředků Unie, což by mělo pomoci vytvoření příznivějších podmínek pro přechod na čistá vozidla i ve veřejné dopravě.

Veřejná doprava přispívá k emisím z odvětví dopravy malým podílem. Aby se podpořila dekarbonizace dopravy, zlepšila kvalita ovzduší a zachovaly se rovné podmínky pro

různé provozovatele, mohou členské státy rozhodnout, že uloží obdobné požadavky i soukromým provozovatelům, kteří nespádají do oblasti působnosti této směrnice, jako jsou provozovatelé taxislužby, půjčovny automobilů a společnosti organizující spolujízdu. „Členské státy by měly mít možnost pružně přerozdělovat úsilí o splnění minimálních cílů v rámci svého území v souladu se svým ústavním rámcem a s cíli vlastní dopravní politiky. Při rozložení úsilí uvnitř členského státu by měly být zohledněny různé faktory, například rozdíly v ekonomické kapacitě, kvalita ovzduší, hustota obyvatelstva, charakteristiky dopravních systémů, politiky zaměřené na dekarbonizaci dopravy a omezování znečištění ovzduší a případná další relevantní kritéria.“ [10, s. 119] Je třeba mít na paměti, že i vozidla s nulovými emisemi z výfukových plynů mohou zanechávat značnou environmentální stopu, například z důvodu emisí pocházejících z palivového řetězce, a také v závislosti na způsobu výroby konstrukčních částí a jejich recyklovatelnosti. Výroba baterií by měla probíhat v souladu s cíli udržitelnosti, zejména pokud jde o těžbu surovin používaných k jejich výrobě.

2 Společnost Arriva

Arriva je jednou z největších dopravních společností v Evropě, operuje ve 14 evropských zemích a má přes 60 000 zaměstnanců. Ročně přepraví více než 2,4 miliardy cestujících. Od roku 2010 je součástí koncernu Deutsche Bahn. V České republice skupina Arriva provozuje 2 000 autobusů, 35 trolejbusů a zhruba 40 vlaků a zaměstnává více než 3 200 zaměstnanců. Celkový roční obrat skupiny převyšuje 4 miliardy korun. Hlavní činností skupiny je linková autobusová doprava, provozuje přes 13 000 spojů denně a během roku přepraví přes 115 milionů cestujících. V roce 2013 společnost vstoupila i na trh osobní dopravy železniční. Centrálou skupiny je společnost Arriva Transport Česká republika a.s., která sdružuje dalších 8 dceřiných společností. [11] Společnost je zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl B, vložka 10113; výše základního kapitálu: 1 568 500 000 Kč; je členem koncernu Deutsche Bahn. Společnost zajišťuje příměstskou a dálkovou veřejnou autobusovou dopravu ve Středočeském kraji a v Praze s přesahem do Libereckého, Královéhradeckého, Jihočeského a Plzeňského kraje. V Berouně, Hořovicích a Příbrami zajišťuje provoz městské dopravy. Provozuje také smluvní a tuzemskou nebo zahraniční zájezdovou dopravu.

Historie společnosti Arriva Střední Čechy s.r.o. se začala psát 1. ledna 2015, kdy byli do nově vzniklé společnosti sloučení dopravci TRANSCENTRUM BUS Kosmonosy a BOSÁK BUS z Dobříše. Další etapa historie firmy začala 1. června 2017, kdy do ní fúzoval dopravce PROBO BUS a.s. z Králova Dvora a dvě provozní části z původní ARRIVA PRAHA. Kořeny všech dopravců sahají hluboko do poválečných let, kdy se začala psát samostatná kapitola podniků ČSAD, které následně prošly po revoluci výraznými privatizačními změnami. Zapsána je v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, registrační značka C 55481. [12]

Arriva vstoupila na český trh autobusové dopravy v roce 2006 akvizicí společnosti Arriva Střední Čechy s.r.o. (dříve TRANSCENTRUM bus s.r.o.) a v roce 2013 pak i na trh železniční dopravy prostřednictvím společnosti ARRIVA VLAKY s.r.o. V roce 2007 Arriva koupila společnosti BOSÁK BUS, spol. s r.o. a OSNADO spol. s r.o. a v roce 2013 pak společnosti skupiny Abellio - PROBO BUS a.s., Arriva Services a.s. (dříve Abellio CZ a.s.) a PT REAL, spol. s r.o. Ve stejném roce Arriva převzala společnosti skupiny Veolia v České republice, a to společnosti ARRIVA PRAHA s.r.o., ARRIVA TEPLICE s.r.o., ARRIVA MORAVA a.s. a ARRIVA VÝCHODNÍ ČECHY a.s.

a ARRIVA CR s.r.o. Poslední akvizicí skupiny Arriva bylo nabytí společnosti RDS bus s.r.o. v červenci 2014. Za účelem zefektivnění provozu a využití synergií mezi společnostmi ve skupině došlo k 1. 1. 2015 k několika fúzím: zanikla společnost BOSÁK BUS, spol. s r.o. a nástupnickou společností se stala ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY s.r.o., dále zanikla RDS bus s.r.o. a nástupnickou společností se stala PROBO BUS a.s. a zanikla i PT REAL, spol. s r.o. a nástupnickou společností se stala Arriva Services a.s. Další fúze proběhly k 1. 6. 2017: společnosti ARRIVA PRAHA s.r.o. a ARRIVA TEPLICE s.r.o. byly sloučeny do nové společnosti ARRIVA CITY s.r.o., OSNADO spol. s r.o. po připojení k ARRIVA VÝCHODNÍ ČECHY a.s. zaniklo, stejně jako PROBO BUS a.s. po připojení ke společnosti ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY s.r.o. Došlo i k přesunu některých regionálních spojů z ARRIVA PRAHA s.r.o. do ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY s.r.o. [11]

2.1 Vozidlový park

Arriva Střední Čechy obsluhuje svými 442 autobusy rozsáhlé území uvedené výše. Společnost se dělí na jednotlivé provozovny, z nichž počtem autobusů je největší provoz Kosmonosy – Mladá Boleslav (107 autobusů), dále Příbram (87), Dobříš (59), Praha (54), Králův Dvůr – Beroun (53), Hořovice (44) a nejmenší provozovnou jsou Domažlice s 12 autobusy. Skladbou jde o vozy s menšími rozměry přes standardní až po kloubové a některé z nich společnost nakoupila s pomocí evropských nebo státních dotací. V rámci těchto krajů zajišťuje dopravce provoz v řadě integrovaných systémů, jde například o Liberecký IDOL, Královehradecké IREDO, v Praze a okolí jde o PID, ve Středních Čechách o SID. Autobusy jezdí také v integrované dopravě Plzeňska nebo podle komerčního tarifu nejen v dálkové, ale i na vybraných regionálních linkách na Mladoboleslavsku a Domažlicku. Provoz zajišťuje celkem 644 zaměstnanců, z toho je 9 řidiček a 562 řidičů.

Kromě smluvní a zájezdové dopravy je hlavní činností společnosti zajišťování provozu regionálních linek v různých dopravních systémech, dálkových linek nebo městské dopravy v Příbrami, Hořovicích a Berouně – Králově Dvoře, kde je provoz zajišťován pouze nízkopodlažními vozy. Autobusy vyjíždí také na přeshraniční linkovou dopravu do měst Furth im Wald, Cham nebo vzdáleného Passau. Celkem je provozováno 235 linek a v pracovní den vyjede podle současných jízdních řádů 3 672 spojů. Do své trasy vyjíždí

pravidelně také velmi oblíbený cyklobus na Čerchov v Českém lese, další spoje vyráží do čím dál více turisty oblíbených Brd. Cestující mohou platit jízdné kromě hotovosti také pomocí čipových karet nebo bezkontaktními platebními kartami a obrátit se mohou na osm dispečinků nebo na devět informačních kanceláří.

Arriva Střední Čechy s.r.o. zajišťuje také komerční činnosti, například přepravu fotbalistů prvoligového FK Mladá Boleslav na jejich zápasy nebo přepravu herců mladoboleslavského divadla na zájezdová vystoupení autobusy v jejich polepu. Významnou roli v zájezdové dopravě hraje také přeprava turistů z Asie při poznávacích cestách po republice pomocí vlastní inomingové služby. Společnost se pyšní historickým autobusem RTO Lux. Cestující ho mohou pravidelně využívat při vyhlídkových jízdách, které jsou pořádány při každoročním Dni otevřených dveří, který se koná v září. Při této akci se také objevuje i ROBUR, který byl v minulosti také ve vozidlovém parku, a zabezpečoval přepravu na hrad Karlštejn, tzv. Karlštejn bus. Společnost se prezentuje cestující veřejnosti na zmíněném Dni otevřených dveří nebo například mikulášskými jízdami nebo pravidelnou akcí na Mladoboleslavsku, kdy vozí v autobusech vyřazené knihy z místních knihoven. Tradici mají také soutěže pro místní základní školy.

2.1.1 Ekologická kategorie Euro

Společnost Arriva Střední Čechy s.r.o. má ve svém vozidlovém parku 5 autobusů normy EURO II, čtyři od výrobce Karosa a jeden Solaris. Nejstarší z nich je v provozu od roku 1997. Autobusů normy EURO III je ve vozidlovém parku 93. Jedná se o vozidla výrobců SOR, Karosa, Irisbus (dva autobusy), Mercedes (jeden autobus) a Berkhof (také jeden autobus). Autobusů normy EURO IV má Arriva Střední Čechy s.r.o. 83. Jedná se o autobusy výrobců IVECO, SOR a jeden autobus od výrobce Neoplan. Autobusů normy EURO V má Arriva Střední Čechy s.r.o. 104, jedná se o autobusy výrobců Iveco, SOR, Rošero (tři vozidla), Mercedes (dvě vozidla), SKD (dvě vozidla). Zbylé autobusy jsou normy EURO VI a jsou od výrobců SOR, Iveco, Mercedes, SETRA, Rošero (jeden autobus) a Dekstra (jeden autobus).

2.2 Opatření nutná k implementaci směrnice EU

Společnost Arriva v reakci na žádost Ministerstva dopravy týkající se vyčíslení předpokládaného hospodářského a finančního dopadu navrhované právní úpravy v souladu se

Směrnicí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/1161 ze dne 20. června 2019 vyčíslila náklady na jeden autobus v porovnání autobusů s různým pohonem. V současnosti jsou schopni rámcově vyčíslit ekonomický dopad pouze na úrovni nákladů na jeden autobus v porovnání s dieselovým autobusem srovnatelné velikosti a data výroby, viz tabulka 2.1. S autobusy jiného typu pohonu nemají větší zkušenosti.

Tab. 2. 1 Náklady na jeden autobus

Typ pohonu	Diesel	CNG	Elektrobus	Vodík*
Pořizovací cena vozidla	100 %	+25 %	+160 %	+300 %
Náklady na spotřebu	100 %	-25 %	-30 %	+100 %
Náklady na údržbu	100 %	+20 %	-40 %	+100 %

* Odhad dle výrobců autobusů, v opravách jsou začleněny náklady na výměnu palivových článků po 5 letech.

Zdroj: [11].

2.2.1 Plyn jako alternativní pohon autobusů

Hlavní výhodou LNG a CNG autobusů je v tuto chvíli jejich ekologičnost a fakt, že následují stávající trendy ochrany životního prostředí a omezování škodlivin produkovaných při provozu vozidel na diesel, ale i benzin. Naopak za největší nevýhodu lze považovat vysoké pořizovací náklady, které mohou zároveň mnohé od pořízení LNG či CNG autobusů (i dalších vozidel) odrazovat. Je-li však provozovateli poskytnuta dotace či je mu umožněno změnit odpisovou skupinu, pak jsou náklady na provoz ve srovnání s dieselem příznivější.

Ve své diplomové práci Daniel Mach realizoval výpočty, dle kterých se aktuálně „*jak provoz LNG, tak ani CNG autobusů dopravnímu podniku nevyplatí, a to ani při zohlednění výrazně nižších cen pohonných hmot LNG/CNG. Důvodem jsou vyšší pořizovací náklady LNG a CNG autobusů (ve srovnání s těmi dieselovými v prvním případě v průměru o 30 % a v druhém o 20 %). Situaci však může značně ovlivnit udělená dotace na nákup těchto autobusů... Pozornost tedy byla zaměřena také na minimální výši dotace, která je třeba, aby byla zachována rentabilita provozu LNG/CNG autobusu. Minimální výše dotace tak byla v případě LNG autobusů určena ve výši 14,26 % a v případě CNG ve výši 10,36 %. Ve skutečnosti jsou však dopravcům aktuálně poskytovány dotace o desítky procent vyšší (viz případ ČSAD Střední Čechy), a to proto, aby byly*

jistou motivací k obnově/rozšíření vozového parku ve prospěch CNG/LNG autobusů (což lze do určité míry považovat i za způsob ovlivnění trhu). Druhou variantou, jak nákup/provoz CNG/LNG autobusů učít ekonomicky výhodnějším/rentabilnějším, je změna odpisové skupiny (opět případ ČSAD Střední Čechy), a to z 2. na 3., kdy se odpisové období mění z 5 na 10 let. Za užití totožného matematického výpočtu (opět – stejně jako v případě zohlednění udělení dotace – se změnou v položce odpisů) bylo zjištěno, že je-li odpisová skupina změněna, provoz LNG/CNG autobusů se i bez čerpané dotace provozovateli vyplatí.“ [13, s. 66]

Hlavní nevýhodou autobusů s plynovým pohonem jsou tedy vysoké pořizovací náklady. Tento problém lze vyvažovat různými ekonomickými zvýhodněními, jako jsou dotace či změny v odpisech. Výhodou je ekologičnost, která však s ohledem na vysoké pořizovací náklady nemusí být pro mnohé provozovatele stávajících dieselových vozidel dostatečnou motivací ani při zohlednění aktuálně příznivějších cen LNG a CNG k obnovení vozového parku. Je třeba myslet také na investice, které jsou nutné k provedení úprav stávajících dieselových autobusů tak, aby odpovídaly stále se zpřísnujícím normám a stanoveným limitům emisí. Dnes jsou ceny LNG a CNG nižší než ceny dieselu i benzínu, tato skutečnost je dána systémovými opatřeními, která do roku 2025 zamrazila spotřební daň na tato alternativní paliva. Do budoucna však lze očekávat, že jejich ceny vzrostou.

CNG není kvůli své vazbě na ropu považován pro účely směrnice za čistý ani částečně čistý pohon, ale bioCNG ano. BioCNG se ale dá jako palivo používat ve všech autobusech s pohonem na CNG. Kromě využití surového bioplynu pro vytápění nebo společnou výrobu elektřiny a tepla je další možností vyčištění surového bioplynu na kvalitu potrubního zemního plynu a následná distribuce vyrobeného biometanu pomocí stávajících plynovodů k přímé spotřebě nebo po stlačení plnění BioCNG do vozidel s pohonem na zemní plyn. Biometan (také Bioerdgas, Green Gas) je bioplyn upravený na kvalitu a čistotu potrubního zemního plynu, tzn. minimálně 95% CH₄. [14] Jedná se o domácí, obnovitelný zdroj energie, ve srovnání se zemním plynem je biometan obnovitelný zdroj s nulovými emisemi oxidu uhličitého. BioCNG je v Evropě využíván ve Švédsku, Švýcarsku, Německu, Rakousku nebo Španělsku.

Propan butan – LPG je směs zkapalněných rafinérských plynů – uhlovodíků, obsahující převážně propan a butan a menší množství vyšších uhlovodíků, přičemž poměr obsahu propanu a butanu v LPG je v různých zemích odlišný. LPG vzniká při rafinaci ropy

anebo jako kapalná frakce separovaná od metanu v průběhu těžby zemního plynu. Za normálních atmosférických podmínek se propan butan vyskytuje v plynné formě. Poměrně snadno, ochlazením nebo stlačením, ho lze převést do kapalného stavu. V kapalném stavu zaujímá pouze 1/260 svého plynného objemu. Snadný přechod mezi oběma skupenstvími je pro praktické využití velmi výhodný. Propan butan je v současnosti nejvíce využívaný plyn v dopravě, jako automobilové palivo je využíván již několik desetiletí. Jedná se o levné, z ekologického pohledu příznivé palivo. Díky vazbě na ropu nebývá LPG považován za alternativní pohonnou hmotu. [14]

V Česku by měla brzy vzniknout nová bioplynová stanice, která dokáže vyrábět biometan a dodávat ho do distribuční plynárenské soustavy. Chystá se ji postavit firma Organic technology, stát by měla v Horní Suché na Karvinsku. Spolupracují s firmou Trafim Oil, která ekologicky likviduje použité potravinářské tuky a oleje a má těchto surovin dostatek i pro plánovanou stanici. Zájem o biometan v Česku souvisí s očekávanou podporou výroby od roku 2021. Výroba biometanu má nahradit končící dotace na výrobu elektřiny z bioplynu v kogeneračních jednotkách. Část bioplynových stanic by tedy mohla přejít od výroby elektřiny a tepla na výrobu plynu. [15] Biometan má stejné složení jako zemní plyn, vše, co funguje na zemní plyn tedy může fungovat i na BioCNG.

“Řidiči automobilů na stlačený zemní plyn (CNG) mají poprvé v České republice možnost vyzkoušet jízdu na BioCNG. Biometanem obohacený zemní plyn je emisně čistou variantou CNG, která při spalování uvolňuje do ovzduší až o 80 % méně emisí oxidu uhličitého oproti benzínu či naftě a plní tak i nejpřísnější limity čisté mobility. Innogy získává biometan z biologicky rozložitelného odpadu z Energetického centra recyklace (ECR) Rapotín, které patří do holdingu Energy financial group. Zkoušky s tímto stoprocentně obnovitelným plynem plánuje na svých 63 plničkách CNG rozmístěných po celém Česku do konce letošního června.” [16] Biometan je plnohodnotnou alternativou k elektromobilitě, ale má výrazně nižší vstupní náklady. Je stejně obnovitelný jako elektřina vyráběná ze slunce či z větru a nevyžaduje žádné dodatečné úpravy motorů. Jeho velkou výhodou je bezproblémové vtláčení do plynárenské infrastruktury i do vozidel s pohonem na CNG. Biometan by tak mohl patřit mezi paliva budoucnosti. V porovnání s ostatními konvenčními biopalivy má nejnižší emise skleníkových plynů i nejnižší spotřebu energie v celém životním cyklu, zvláště pokud je vyráběn z biologicky rozložitelného odpadu. [16] Pro Innogy vyrábí biometan ECR Rapotín na Šumpersku z biologicky rozložitelného odpadu. Využívá k tomu moderní technologii s osvědčením

od Mezinárodního systému certifikace biomasy a biopaliv (ISCC EU). Po vtlačení do distribuční soustavy může být biometan spotřebován kdekoli. Využití jej lze jak pro provoz energetického zařízení, tak v dopravě. Uložení biometanu v distribuční soustavě a spotřeba na kterémkoliv připojeném místě je součástí řešení mnoha problémů najednou, například jde o energetické využití odpadu, snižování emisní zátěže ovzduší v dopravě a redukci emisí oxidu uhličitého v energetickém mixu paliv. Podle rozsáhlé studie týkající se bilance skleníkových plynů za celý životní cyklus vozu, kterou v loňském roce nechala vypracovat Mezinárodní automobilová federace (FIA), jsou auta s pohonem na CNG šetrnější než elektromobily. Vozy na CNG jsou oproti elektromobilům levnější, jednodušší a mají menší nároky na dobíjecí infrastrukturu. Vzhledem k způsobu jeho výroby je bioplyn spíše lokální záležitostí, a i když tyto předpovědi zní velmi optimisticky, jedná se stále o budoucí plány, a tedy v současnosti je jeho využití spíše okrajovou záležitostí.

2.2.2 Elektrobusy

Elektrická vozidla se v posledním desetiletí stala mainstreamovou záležitostí. Již ovládla malý, ale rostoucí podíl osobní dopravy a díky společnosti Tesla i obrovský mediální rozruch a nyní se elektrická vozidla derou i na autobusový trh. Elektromobilita s sebou kromě výše zmíněných vyšších pořizovacích nákladů nese i další potenciální nedostatky, které je nutné vzít v potaz, jako je dojezd, výdrž baterií či cena výměny baterií. Na lokální úrovni je pak také nezanedbatelným faktorem nabíjecí infrastruktura a její dostupnost, která je v České republice prozatím nedostatečná.

Bateriově poháněná vozidla vždy měla problém s dojezdem. Na počátku vývoje automobilového průmyslu elektrická auta soupeřila s benzinovými a parními vozidly. V roce 1900 bylo 38 procent automobilů v USA poháněných bateriemi a pouze 22 procent mělo vznětový motor. Postupně ale trh ovládly vznětové motory, částečně jelikož auto na plnou nádrž benzínu dojede dál než na plně nabitou baterii. Dramatické vylepšení technologie baterií způsobila návrat elektrických vozidel a umožnila, že vozidla jako například Tesla model 3 mohou na jedno nabití ujet 200 mil (tedy 321,8 km). Problém bateriově poháněných vozidel vždy byl dojezd. U autobusů na vytížených linkách nebyl dojezd dostatečný. Příklad z Albuquerque ukázal, že elektrobusy značky BYD se slibovaných dojezdem 275 mil (tedy 442,57 km) ujely v běžném provozu pouze 177 mil (284,85 km) na jedno nabití. Ve Vancouveru testují bateriově poháněné busy

s rychlonabíjením během přestupů. Rychlonabíjení je ale náročné na personál, jelikož musí probíhat pod dohledem, na rozdíl od nabíjení na konci dne. [17] Je tedy zřejmé, že elektrobusy jsou přes své nesporné výhody stále teprve rozvíjejícím se odvětvím dopravy, které má ale stále prostor pro zlepšení, než bude schopné plně konkurovat ostatním alternativám. V mých propočtech finančních dopadů implementace Směrnice EU 2009/33/ES proto ukazují, jak by se projevilo nahrazení různých počtů vozidel autobusy s elektropohonem.

3 Ekonomické vyhodnocení implementace směrnice

Pro ekonomické zhodnocení dopadů implementace zmiňované směrnice je klíčové porovnat náklady a jak se liší u autobusů s různým pohonem. Nejprve předložím stručnou teorii kalkulace nákladů a následně vysvětlím matematický postup a zhodnotím konkrétní finanční dopady na společnost Arriva Střední Čechy s.r.o. Náklady jsou peněžně vyjádřená spotřeba výrobních faktorů. Pojetí nákladů ve finančním účetnictví je základem pro výpočet hospodářského výsledku. Ekonomické pojetí nákladů zahrnuje i oportunitní náklady, jako jsou například náklady na vlastní kapitál. Náklady podnikové činnosti kvantifikují všechny vstupy nutné k jeho produkci. Tyto vstupy jsou převáděny na peněžní jednotky.

3.1 Teorie kalkulace nákladů

K výpočtu nákladů se používají dva přístupy, účetní přístup je především evidence nákladů za uplynulá období (jeho úkolem je statisticky zaznamenat minulost), manažerský přístup pracuje s budoucností a jeho pojetí nákladů je tak složitější. Zaměřuje se na se odhad budoucích nákladů, možné úspory a pracuje s pojmem oportunitní náklady.

Základní druhy nákladů jsou spotřeba materiálu, energie a externích služeb, osobní náklady (mzdy, platy, sociální náklady), odpisy či finanční náklady. Další dělení nákladů podle oblasti činnosti může být na náklady provozní, finanční či mimořádné náklady. Jedním z typu nákladů jsou utopené náklady. Jedná se o náklady již vynaložené, většinou jednorázové, které nemají vliv na další rozhodování. Typickým případem jsou náklady na koupi vozidla, jejichž výši již neuvažujeme při rozhodování o využívání tohoto vozidla. Výši utopených nákladů již totiž nelze změnit. Jejich velikost je většinou dobře známa, na rozdíl např. od nákladů oportunitních. [18]

Typy kalkulovaných nákladů zahrnují přímé náklady, tedy náklady materiálové, mzdové a ostatní. Nepřímé náklady zahrnují fixní a ostatní náklady jako je například výrobní režie zahrnující nájem, daně, odpisy či údržbu, nepřímé materiálové náklady, nepřímé mzdové náklady (na kontrolu, údržbu a jiné), administrativní náklady jako je správní režie zahrnující řídicí pracovníky, úředníky, účetní, nájem kanceláří, telefony. Náklady na marketing a odbyty zahrnují náklady na prodejce, reklamu, cestovní výdaje, obchodní služby a další. Mezi náklady může patřit i výzkum a vývoj. [18]

Kalkulační vzorec pro výpočet nákladů musí zahrnovat přímý materiál (jednicový), energie, přímé mzdy, ostatní přímé náklady, výrobní (provozní) režie, správní režie, odbytové náklady a zisk. Chceme-li znát hodnotu nákladů na výrobní jednotku, používáme dělení nákladů za účelem kalkulace na přímé a nepřímé. Přímé náklady jsou takové, které lze přímo změřit na kalkulační jednotku, tedy především materiál a přímé mzdy. Náklady, které takto přiřadit nelze a které jsou společné více kalkulačním jednicím, nazýváme nepřímé. Patří mezi ně především správní a provozní režie, významnou položkou jsou také odpisy. V případě, že budeme za klíčové posuzovat rozdělení nákladů na přímé N_p a nepřímé N_{np} , vyjdeme ze vztahu pro celkové náklady N_c , kdy N_c je součtem N_p a N_{np} , viz vzorec 3.1.

$$N_c = N_p + N_{np} \quad (3.1)$$

Klíč rozpočítání režijních nákladů, jinými slovy to, jak velká část režijních nákladů bude přiřazena ke každému autobusu, si určuje každá firma sama, a to buď počtem autobusů (a každý autobus pak ponese stejný díl režijních nákladů), nebo se autobusy mohou lišit pořizovací cenou (Kč), dopravními výkony (km) nebo kapacitou (počet míst). Pro výpočet jednotkových nákladů známe dva vzorce, vzorec 3.2 a vzorec 3.3.

$$n_{km} = n_{PHM} + n_{PNEU} + n_{OST} + \frac{n_{HOD}^P}{v} + n_{ODP} + n_R \quad (3.2)$$

$$n_{KM} = c * p_{PHM} + n_{PNEU} + n_{OST} + \frac{n_{hod}^P}{v} + \frac{N_{ODP} + N_R}{L} \quad (3.3)$$

Kde:

- n_{PHM} ... jednotkové náklady na pohonné hmoty (Kč/km),
- n_{PNEU} ... jednotkové náklady na pneumatiky (Kč/km),
- n_{OST} ... ostatní přímé náklady (Kč/km),
- v ... cestovní rychlost (Km/hod),
- n_R ... jednotkové režijní náklady (Kč/km),

- c spotřeba pohonných hmot na jeden kilometr (l/km),
- p jednotková cena pohonných hmot (Kč),
- n_p ... ostatní přímé náklady - opravy, přímé mzdy apod. (Kč/km),
- N_{ODP} ... odpisy dopravního prostředku (Kč/rok),
- N_R ... režijní náklady (Kč/rok),
- L ... ujeté kilometry za období jednoho roku (km/rok).

Z uvedeného vztahu můžeme vidět, pomineme-li klasické položky nákladů, že do cen významně vstupuje cena pohonných hmot, společně s náklady na přímé mzdy a pořízení vozidel (odpisy, leasing) tvoří 60 – 70 % celkových nákladů, výslednou jednotkovou cenu pak ještě může ovlivnit využití dopravního prostředku. [18] Je důležité, jak dokáže dopravce nepřímé náklady rozmělnit na jednotku výkonu, tedy v našem případě jednoho kilometru, to už ale bude závislé na poptávce, a tedy ne až tak ovlivnitelné. Pro výpočet celkových nákladů lze pak použít tento vztah uvedený ve vzorci 3.4.

$$N = n_{km} * L + n_t * T_{stání} \quad (3.4)$$

Kde:

Ncelkové náklady (Kč/obd.),

Lcelkem ujeté km za období (km/obd.),

N_{km} náklady na ujetý km (Kč/km),

N_tnáklady na hodinu stání (Kč/hod),

$T_{stání}$celková doba stání za období (hod).

Postup při kalkulaci potom je:

- a) náklady nezávislé se v prvním kroku vydělí roční dobou provozu vozidla a vypočtená hodnota se zapíše do nákladů sazby na hodinu stání vozidel.
- b) náklady závislé na hodinách provozu v jednotlivých položkách kalkulačního vzorce se vydělí rychlostí a výsledek se uvede v nákladech za ujetý kilometr.

3.2 Matematický postup

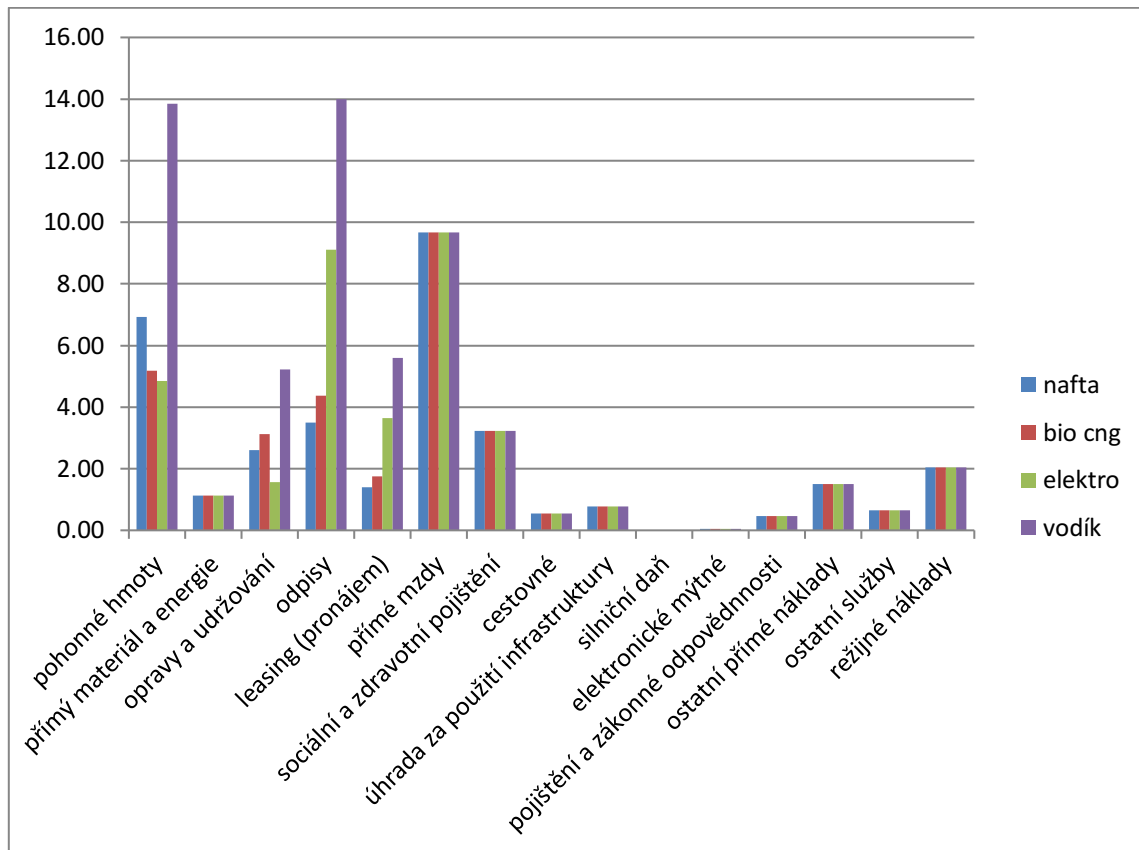
V této podkapitole vysvětlím, jak jsem postupovala při ekonomickém zhodnocení. Spotřeba CNG a LNG je nejčastěji uváděna v kilogramech, v případě nafty je nakládáno s litry. V rámci výpočtu není třeba převádět jednotky na litry, do základního vzorce lze dosadit diesel v litrech a spotřebu plynu v kg s tím, že výsledná cena plynu bude poté uvedena v ceně za 1 kg. Podle informací na stránkách IODA (Informace pro dopravní analýzy) byly náklady veřejné linkové dopravy v závazku veřejné služby v přepočtu na km 6,92 Kč/km za pohonné hmoty a 2,61 Kč/km za opravy a udržování. [19]

Pro výpočet kalkulace nákladů budeme potřebovat tyto jednotkové veličiny nákladů:

- náklady na pohonné hmoty,
- náklady na přímý materiál a energie,
- náklady na opravy a udržování,
- náklady na odpisy,
- náklady na leasing (pronájem),
- náklady na přímé mzdy,
- náklady na sociální a zdravotní pojištění,
- náklady na cestovné,
- náklady na úhradu za použití infrastruktury,
- náklady na silniční daň,
- náklady na elektronické mýtné,
- náklady na pojištění a zákonné odpovědnosti,
- náklady na ostatní přímé náklady,
- náklady na ostatní služby a na režijní náklady.

Tyto náklady uvádím v grafu 3.1 v Kč/km, kde se mění pouze náklady na pohonné hmoty, na opravy a udržování, na odpisy, a na leasing (pronájem) v závislosti na druhu paliva. Pro přehlednost jsou hodnoty zobrazeny detailně v tabulce 3.1. Hodnoty pochází ze stránek ministerstva dopravy. [20] Náklady na spotřebu CNG jsou dle propočtů společnosti Arriva nižší o 25 %, náklady na spotřebu u elektrobusu jsou nižší o 30 %, zatímco spotřeba vodíkového autobusu je o 100 % vyšší oproti klasickému dieselovému autobusu. Náklady na údržbu autobusu na CNG jsou vyšší o 20 %, náklady na údržbu u

elektrobusu jsou nižší o 40 % a spotřeba vodíkového autobusu je o 100 % vyšší oproti klasickému dieselovému autobusu (viz tabulka 2.1).



Graf 3.1 Jednotkové náklady

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 3.1 Jednotkové náklady

P o l o ž k a	Nafta	Elektrobus	BIO CNG	Vodík
	Kč/km	Kč/km	Kč/km	Kč/km
Pohonné hmoty	6,92	4,84	5,19	13,84
Přímý materiál a energie	1,13	1,13	1,13	1,13
Opravy a udržování	2,61	1,56	3,13	5,21
Odpisy	3,50	9,10	4,37	14,00
Leasing (pronájem)	1,40	3,65	1,75	5,61
Přímé mzdy	9,67	9,67	9,67	9,67
Sociální a zdravotní pojištění	3,23	3,23	3,23	3,23
Cestovné	0,54	0,54	0,54	0,54
Úhrada za použití infrastruktury	0,77	0,77	0,77	0,77
Silniční daň	0,00	0,00	0,00	0,00
Elektronické mýtné	0,04	0,04	0,04	0,04
Pojištění zákonné odpovědnosti	0,47	0,47	0,47	0,47
Ostatní přímé náklady	1,50	1,50	1,50	1,50
Ostatní služby	0,66	0,66	0,66	0,66
Režijní náklady	2,05	2,05	2,05	2,05
Náklady celkem	34,48	39,21	34,50	58,72

Zdroj: vlastní zpracování.

3.3 Finanční dopady

Jak jsem již psala výše, Arriva Střední Čechy s.r.o. má v současné době ve vozidlovém parku 442 autobusů, všechny naftové. Dle Nařízení 2009/33/EU Clean Vehicle Directive – novelizace 6/2019 budou muset vozidla zakoupená do roku 2025 mít 20,5 % zcela bezemisních vozidel a 20,5 % částečně čistých vozidel. Nákupy od roku 2025 musí zahrnovat 30 % zcela bezemisních vozidel a 30 % částečně čistých vozidel. [6] Za bezemisní vozidla se považují elektrobusy, trolejbusy a vodíkové autobusy. Částečně čistá vozidla jsou hybridy, vozidla s pohonem na bioCNG, bioLNG a bionaftu. Podle výpočtů společnosti Arriva je pořizovací cena autobusu na CNG o 25 procent vyšší (tyto autobusy mohou jezdit též na bioCNG, které je považováno za částečně čistý pohon a které budu používat ve svých výpočtech jako příklad). Náklady na pořízení elektrobusu jsou podle společnosti Arriva o 160 % vyšší (viz tabulka 2.1) než na pořízení diesellového autobusu.

3.3.1 Pořizovací náklady

V této podkapitole provádím teoretický propočet nákladů na nákup nových vozidel podle pravidel směrnice. Pro vyhodnocení jsem vybrala průměrný nízkopodlažní autobus

Arriva o délce 12 metrů. Protože autobusy jsou různě dlouhé a různě vybavené, rozhodla jsem se pro tento typ, který je často používaný a jeho cena je ve Střední části spektra pořizovacích cen běžně používaných autobusů. Když budeme uvažovat tak, že těchto „průměrných“ autobusů jezdí v současnosti ve Středočeském kraji 442, můžeme tak porovnat pořizovací náklady v současnosti s pořizovacími náklady za podmínek, které musí být splněny do roku 2025 a za podmínek, kterých musí být dosaženo po roce 2025. Pořizovací cena jednoho autobusu s naftovým motorem činí 4 900 000 Kč. Pořizovací cena jednoho autobusu s motorem na CNG by tedy činila 5 700 000 Kč. Pořizovací cena jednoho autobusu s elektromotorem by byla 11 400 000 Kč. Podle směrnice musí být do roku 2025 20,5 % nakupovaných autobusů ve veřejném závazku autobusy částečně čistými, tj. plynovými (bioCNG) a 20,5 % autobusů čistých, tj. autobusy s elektromotorem. Po roce 2025 musí být z nakupovaných autobusů 30 % částečně čistých, tj. plynových a 30 % nově nakupovaných autobusů nahrazeno autobusy čistými, tj. autobusy s elektromotorem.

Dle tohoto mého příkladu tedy náklady na pořízení 442 autobusů s naftovým motorem činí 2 165 800 000 Kč. Pokud budeme řešit situaci, která musí nastat do roku 2025, bude vozový park obsahovat 260 autobusů s naftovým motorem v souhrnné pořizovací hodnotě 1 274 000 000 Kč, 91 autobusů s plynovým motorem na bioCNG v souhrnné pořizovací hodnotě 518 700 000 Kč a 91 autobusů s elektrickým motorem v souhrnné pořizovací hodnotě 1 037 400 000 Kč. Náklady na pořízení vozidlového parku se tedy zvýší z 2 165 800 000 Kč na 2 830 100 000 Kč. To znamená zvýšení pořizovacích nákladů o 664 300 000 Kč.

Pokud budeme řešit situaci, která musí nastat po roce 2025, bude vozidlový park obsahovat 176 autobusů s naftovým motorem v souhrnné pořizovací hodnotě 862 400 000 Kč, 133 autobusů s plynovým motorem na bioCNG v souhrnné pořizovací hodnotě 758 100 000 Kč a 133 autobusů s elektrickým motorem v souhrnné pořizovací hodnotě 1 516 200 000 Kč. To znamená zvýšení pořizovacích nákladů o 970 900 000 Kč. Znázorňuji to v tabulce 3.2.

Tab. 3.2 Změna pořizovacích nákladů

	Současný stav	Do roku 2025	Od roku 2025
Pořizovací cena 442 autobusů	2 165 800 000 Kč	2 830 100 000 Kč	3 136 700 000 Kč
Zvýšení nákladů o	0 Kč	664 300 000 Kč	970 900 000 Kč

Zdroj: vlastní zpracování.

Pro lepší představu jsem data z tabulky graficky znázornila v následujícím grafu 3.2.



Graf 3.2 Zvýšení nákladů v statisících Kč

Zdroj: vlastní zpracování.

3.3.2 Celkové náklady

Nyní provedu propočty, jak by se změnila náklady na provoz autobusové dopravy po implementaci směrnice. Pro účely této práce a vzhledem k omezenému rozsahu nebudu uvažovat některé proměnné, které by ale stály za zvážení v případném dalším zkoumání tématu v rámci diplomové či disertační práce. Mezi tyto neuvažované náklady patří například vysoké náklady na vybudování v současnosti nedostatečné infrastruktury, dodatečné náklady na výměnu baterií či zvýšené náklady na pořízení vozidel způsobené menším dojezdem bateriově poháněných autobusů, kvůli kterému může ve výsledku

docházet k potřebě zapojit na stejnou trasu více autobusů. Zároveň je třeba brát v potaz, že pracuji s průměrnými hodnotami vycházejícími z cen pohonných hmot za rok 2018, jelikož jsem práci začínala psát v roce 2019.

Na základě hodnot z grafu 3.1 vypočítáme celkové náklady, pro každý typ paliva (nafta = 34,48 Kč/km; Elektro = 39,21; BioCNG = 34,50; Vodík = 58,72). Zde vidíme, že náklady na naftu, bioCNG a elektrickou energii se liší pouze v řádech korun, ale vodík je téměř dvojnásobně drahý v porovnání s naftou. Pro lepší porozumění znázorňuji v tabulce 3.3 o kolik procent jsou celkové náklady vyšší než pro naftu.

Tab. 3.3 Zvýšení celkových nákladů

Nafta	Elektro	BioCNG	Vodík
100 %	+ 14 %	+0,05 %	+70 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Za použití dat z databáze IODA, kde se uvádí, že jízdní výkony celkových 6016 kusů autobusů autobusové dopravy v závazku veřejné služby činí celkem 328 072 000 km (za rok). [19] Tyto hodnoty použijeme pro výpočet, kdy vydělíme celkové jízdní výkony celkovým počtem autobusů, a následně vydělíme počtem dní, čímž získáme nájezd jednoho autobusu za den, viz rovnice 3.5.

$$L_{bus} = \frac{L_{sum}}{p} = \frac{328\,072\,000}{6016 \cdot 365} = 149 \text{ Km/autobus} \quad (3.5)$$

Kde:

L_{bus} ... nájezd jednoho autobusu za den (km/den),

L_{sum} ... nájezd všech autobusů za rok, (podle IODA) (km/rok),

P ... počet autobusů.

S pomocí takto vypočteného průměrného nájezdu autobusu za jeden den a celkových nákladů na ujetý kilometr můžeme vypočítat finanční dopad různých variant uplatnění směrnice. Jak se změní celkové náklady při různých variantách změny vozidlového parku v souladu s implementací směrnice je zobrazeno v tabulce 3.4. Tabulka ukazuje celkové náklady na všechny autobusy v České republice, s použitím dat o průměrných výkonech

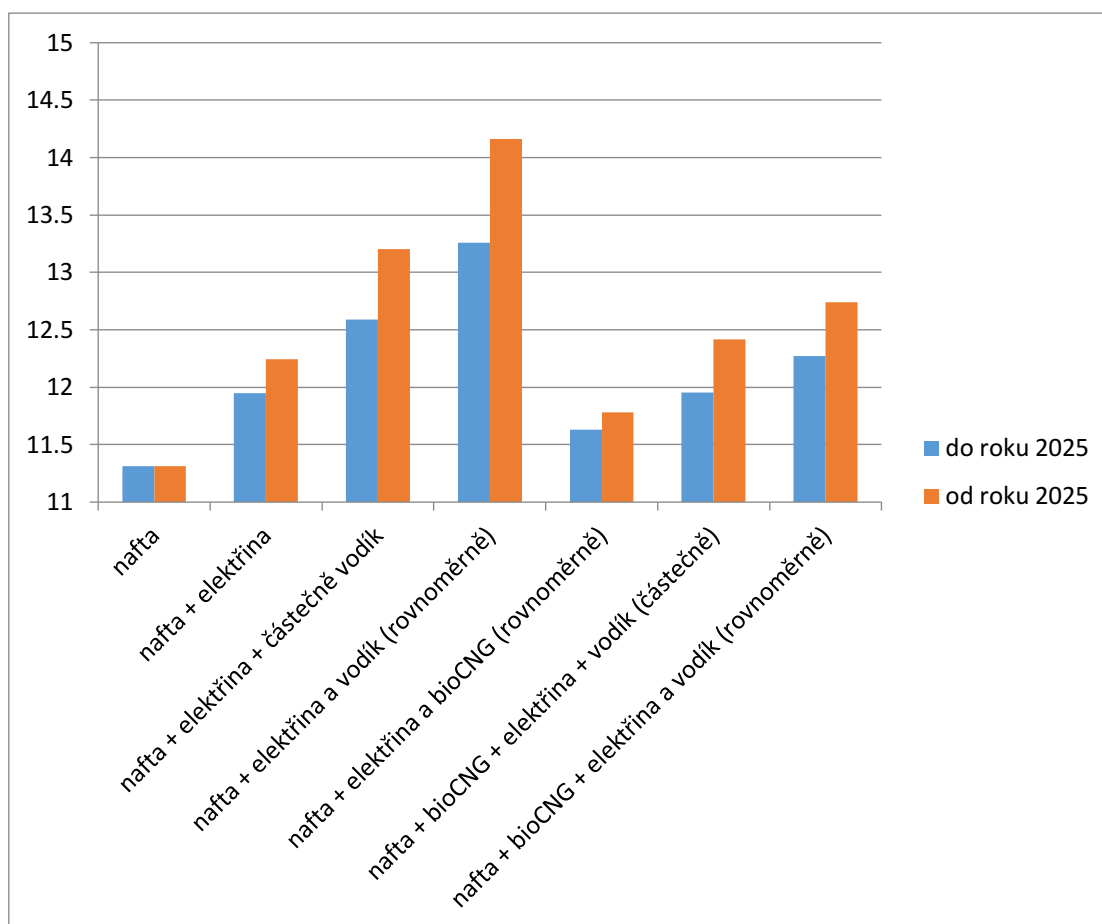
autobusové dopravy na stránkách IODA. [19] Jednotkové náklady jsem vynásobila jízdními výkony celkem. Srovnávat budeme s celkovými náklady ve výši 11 312 329 560 Kč, což je současný stav dle IODA (2018).

Tab. 3.4 Celkové náklady

	Do roku 2025		Od roku 2025
59 % nafta, 41 % elektřina	11 948 053 200 Kč	40 % nafta, 60 % elektřina	12 242 656 900 Kč
59 % nafta, 31 % elektřina, 10 % vodík	12 588 092 600 Kč	40 % nafta, 45 % elektřina, 15 % vodík	13 202 715 900 Kč
59 % nafta, 20,5 % elektřina, 20,5 % vodík	13 260 133 900 Kč	40 % nafta, 30 % elektřina, 30 % vodík	14 162 774 900 Kč
59 % nafta, 20,5 % elektřina, 20,5 % bioCNG	11 631 361 900 Kč	40 % nafta, 30 % elektřina, 30 % bioCNG	11 779 206 100 Kč
59 % nafta, 20,5 % bioCNG, 15,5 % elektřina, 5 % vodík	11 951 381 600 Kč	40 % nafta, 30 % bioCNG, 20 % elektřina, 10 % vodík	12 419 245 500 Kč
59 % nafta, 20,5 % bioCNG, 10,5 % elektřina, 10 % vodík	12 271 401 200 Kč	40 % nafta, 30 % bioCNG, 15 % elektřina, 15 % vodík	12 739 265 200 Kč

Zdroj: vlastní zpracování.

Následující graf (Graf č. 3.3) znázorňuje vývoj celkových nákladů v miliardách Kč.



Graf 3.3 Celkové náklady v miliardách Kč

Zdroj: vlastní zpracování.

Dále můžeme porovnat, jaký rozdíl bude v zapojení pohonu na bioCNG. Porovnáme tedy variantu 59 % naftových autobusů, 31 % elektrobusů a 10 % vodíkových autobusů s variantou 59 % naftových autobusů, 20,5 % bioCNG a 15,5 % elektrobusů 5 % vodíkových autobusů. Poté do roku 2025 vychází rozdíl úspory zapojení bioCNG na úkor elektřiny a vodíku na celkových 636 711 000 Kč. Od roku 2025 při stejné variantě činí úspora při zapojení bioCNG 783 470 400 Kč. Tyto hodnoty pro přehlednost uvádím v tabulce 3.5.

Tab. 3.5 Úspora při zapojení bioCNG

	Úspora při zapojení bioCNG
Do roku 2025	636 711 000 Kč
Od roku 2025	783 470 400 Kč

Zdroj: vlastní zpracování.

Z grafu 3.3 vidíme, že vodíkový autobus i v pouze malém procentu autobusů hodně ovlivní celkové náklady. Vysoký podíl bioCNG tolik náklady neovlivňuje, ale když počítáme pouze s čistými vozidly a vodík bychom zapojili v maximální hodnoty, budou náklady extrémně vyšší. Když porovnáme data se současným stavem (pro účely porovnání řekněme, že jde ze 100 % o naftu) a srovnáme například se situací, kde 59 % autobusů by mělo naftový pohon, 20,5 % elektrický pohon a 20,5 % by jezdilo na vodík, rozdíl nákladů by činil 1 947 804 340 Kč, tedy téměř 2 miliardy. A stejně, pro rok 2025, tedy kdy by bylo 40 % diesellových autobusů, 30 % elektrobusů a 30 % vodíkových, je rozdíl 2 850 445 340 Kč tedy téměř 3 miliardy. Naopak dle grafu nejvýhodnější varianta, která je tedy úplně bez využití vodíku, s 59 % naftových autobusů, 20,5 % elektrobusů a 20,5 % bioCNG by znamenala rozdíl oproti současnému stavu ve výši pouze 319 032 340 Kč. A pro variantu od roku 2025, kde by 40 % tvořily autobusy na naftu, 30 % elektrobusy a 30 % bioCNG je rozdíl 466 876 540 Kč, tedy necelá půl miliarda Kč. Tyto hodnoty opět graficky znázorňuji v tabulce 3.6.

Tab. 3.6 Zhodnocení pro vodík a elektřinu

	Nejméně výhodná varianta	Nejvíce výhodná varianta
Do roku 2025	1 947 804 340	319 032 340
Od roku 2025	2 850 445 340	466 876 540

Zdroj: vlastní zpracování.

Vyčíslila a znázornila jsem několik možných variant implementace směrnice EU z roku 2009 i její novelizace z roku 2019. Z mých výpočtů vyplývá, že jednoznačně nejdražší variantou je zapojení vodíkových autobusů, byť i jen v minimální míře. Naopak výhodnou se jeví varianta zapojení bioCNG, zvláště pak díky možnosti využití stávajících autobusů na CNG. Jak jsem vysvětlila výše, bioCNG je ale spíše lokální a stále se teprve vyvíjející alternativou k CNG, které není směrnicí považováno za (ani částečně) čistý pohon. Elektrické autobusy sice nabízí snížení nákladů na spotřebu, mají ale mnoho nedostatků, mezi něž patří například vysoké pořizovací náklady, nedostatečná infrastruktura (respektive vysoké náklady na její vybudování), dodatečné náklady na výměnu baterií či malý (a mnohdy nedostatečný) dojezd, který může ve výsledku vést k potřebě zapojit na stejnou trasu více autobusů, a tedy zvýšené náklady na pořízení

vozidel. U uvažování elektrického pohonu autobusů je také třeba brát v potaz složení a čistotu zdrojů elektrické energie.

Závěr

Na tomto místě bych ráda shrnula, čeho jsem v této práci dosáhla. Ve své práci jsem nejprve představila většinové názory na otázku vztahu dopravy a životního prostředí, včetně jejich kritiky a snažila jsem se přiblížit jak důležitost, tak i negativa dopravy, která se samozřejmě netýkají jen naší planety, ale především lidí na ní žijících. Vypadá to, že bohaté společnosti či národy dokáží udělat mnoho pro ochranu životního prostředí, ale zároveň lidé často přírodní zdroje ničí, aby dosáhli toho, že se stanou právě takovou bohatou a prosperující společností. Myslím, že je zřejmé, že jde o velmi rozsáhlý a komplikovaný problém. Pro účely mého tématu, tedy hodnocení dopadů vozidel veřejné dopravy na životní prostředí, jsem tedy poskytla stručný vhled do problematiky a dále jsem se zaměřila na lépe uchopitelné a úžeji vyměřené téma autobusů ve veřejné dopravě. Jak jsem v práci vysvětlila podrobněji, autobusy jsou nejpoužívanějším prostředkem veřejné dopravy a na rozdíl od vlaků a jiných druhů dopravy se díky jejich flexibilitě a dalším výhodám využívají čím dál více. Zároveň ale v konvenčním chápání tohoto problému poškozují životní prostředí klasické dieselové autobusy více než například elektrické lokomotivy, ačkoli pak samozřejmě záleží na složení zdrojů elektrické energie.

Nezávisle na různých názorech na tuto problematiku je ale v současnosti pro nás jako členy Evropské Unie závazná její legislativa, a proto jsem nejprve představila závazné dokumenty a směrnice EU a poté zhodnotila, jaké dopady by měla aplikace směrnice 2009/33/ES (a její novelizace z roku 2019), týkající se veřejné dopravy v závazku veřejné služby, na vybraného autobusového dopravce poskytujícího veřejnou dopravu ve vybrané lokalitě. Jako příklad jsem si vybrala společnost Arriva Střední Čechy s.r.o. Společnost jsem nejprve představila a zanalyzovala její vozidlový park. Momentálně má tato dceřiná společnost koncernu Arriva Transport Česká republika a.s. ve vozidlovém parku pouze autobusy s konvenčním (fosilním) pohonem, podle Nařízení 2009/33/EU Clean Vehicle Directive – novelizace 6/2019 však musí všechny nákupy ve veřejných zakázkách od roku 2025 zahrnovat 30 % zcela bezemisních vozidel a 30 % částečně čistých vozidel. Za bezemisní vozidla se dle této směrnice považují elektrobusesy, trolejbusy a vodíkové autobusy, částečně čistá vozidla jsou hybridy, vozidla s pohonem na bioCNG, bioLNG nebo bionaftu. Abych ukázala, jak se konkrétně ekonomicky projeví implementace této směrnice, vypočítala jsem, jak by při nákupu vozidel odpovídajících těmto podmínkám, při srovnání s cenou průměrného dieselového autobusu v současné době, vzrostly náklady

při nákupu nových vozidel. Pokud by tedy teoreticky společnost Arriva Střední Čechy kvůli implementaci směrnice EU obnovila celý svůj vozidlový park, před rokem 2025 by se náklady na takto nakoupená vozidla zvýšily o 664 300 000 Kč z 2 165 800 000 Kč na 2 830 100 000 Kč, což je zvýšení asi o 30 %. Po roce 2025 by se náklady na takto nakoupená vozidla zvýšily o 970 900 000 Kč z původních 2 165 800 000 Kč (při vozidlovém parku pouze diesellových autobusů) na 3 136 700 000 Kč, což je zvýšení asi o 45 %.

Jelikož proměnnou nejspíš ještě důležitější, než pořizovací cena je pro dopravu cena nákladů na spotřebu a údržbu, podle vzorce pro výpočet nákladů v dopravě jsem porovnála náklady na tyto zmíněné typy autobusů. Jelikož se nedá předem určit, jak rychle bude zvolený dopravce svůj vozidlový park obměňovat, a tedy jaký bude podíl různých druhů vozidel, vypočítala jsem průměrné roční náklady na elektrobus a autobus s pohonem na vodík a na bioCNG a porovnála je s náklady na klasický diesellový autobus. Na rozdíl od pořizovací ceny, která je u všech typů vyšší než u diesellového autobusu, jsou náklady na spotřebu nižší u elektrobusů i autobusů na bioCNG a u elektrobusů jsou nižší i náklady na údržbu. Ačkoli nižší náklady na spotřebu zní lákavě, v současné době zůstává velkým problémem chybějící infrastruktura, která, jak jsem vysvětlila detailněji výše, je nejen překážkou k implementaci zmíněné směrnice, ale nejspíš může být i důvodem, proč dopravci sami nevyužívají tyto alternativní možnosti pohonu.

Dle mých výpočtů, když porovnáme současný stav například se situací, kdy 59 % autobusů by mělo naftový pohon, 20,5 % elektrický pohon a 20,5 % by jezdilo na vodík, rozdíl nákladů by činil 1 947 804 340 Kč, tedy téměř 2 miliardy. A stejně, pro rok 2025, tedy kdy už by mělo být dle směrnice na 40 % diesellových autobusů například 30 % elektrobusů a 30 % vodíkových autobusů, je rozdíl 2 850 445 340 Kč, tedy téměř 3 miliardy. Naopak dle mých propočtů nejvýhodnější varianta, která je úplně bez využití vodíku, by měla 59 % naftových autobusů, 20,5 % elektrobusů a 20,5 % autobusů na bioCNG a rozdíl oproti současnému stavu by činil pouze 319 032 340 Kč. Pro variantu od roku 2025, kde 40 % by tvořily autobusy na naftu, 30 % elektrobusy a 30 % bioCNG je rozdíl 466 876 540 Kč, tedy necelá půl miliarda Kč.

Z mých výpočtů tedy vyplynulo, že jednoznačně nejdražší variantou je zapojení vodíkových autobusů, byť i jen v minimální míře. Naopak výhodnou se jeví varianta zapojení bioCNG, také díky možnosti využití stávajících autobusů na CNG. Jak jsem vysvětlila výše, bioCNG je ale spíše lokální a stále se teprve vyvíjející alternativou

k CNG (které ale není směrnici považováno za ani částečně čistý pohon). Elektrické autobusy sice nabízí snížení nákladů na spotřebu, mají ale mnoho nedostatků, jako například vysoké pořizovací náklady, nedostatečná infrastruktura, respektive vysoké náklady na její vybudování, dodatečné náklady na výměnu baterií či menší dojezd vozidel na jedno nabití, který může ve výsledku vést k potřebě zapojit na stejnou trasu více autobusů, a tedy zvýšit náklady na pořízení vozidel. U uvažování elektrického pohonu autobusů je také třeba brát v potaz složení a čistotu zdrojů elektrické energie.

Ráda bych na závěr zmínila ještě několik témat, kterým jsem se vzhledem k zaměření, a především určenému rozsahu práce nemohla věnovat podrobněji, ale které by byly vhodným tématem budoucího zkoumání. Zmiňované nedostatky elektrických autobusů, respektive s nimi spojené náklady, jako jsou dodatečné náklady na výměnu baterií či menší dojezd, který může vést k potřebě zapojit na stejnou obslužnost více autobusů, by si jistě zasloužily podrobnější prozkoumání. Dalším námětem pro zkoumání by mohlo být složení a čistota zdrojů elektrické energie, které jsou při posuzování čistoty elektrického pohonu vozidel zásadní. Nedostatečná infrastruktura v našich podmínkách, respektive vysoké náklady na její vybudování by také mohly být námětem samostatné práce.

Seznam zdrojů

- [1] NEUBERGOVÁ, K. *Ekologické aspekty dopravy*. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-003131-4.
- [2] ŽEMLIČKA, Z. MYNÁŘÍK, J. *Doprava a přeprava*. Praha: NADATUR, spol. s r.o., 2008. ISBN 80-7270-030-8.
- [3] ADAMEC, V. a kol. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2156-9.
- [4] KUTÍLEK, Miroslav. Globální oteplování a klimatické změny v minulosti. *Metodický portál RVP* [online]. 2007, 10.04.2007 [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <http://cepin.cz/cze/clanek.php?ID=742>
- [5] *Program zlepšování kvality ovzduší zóna CZ01 Praha*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, Červenec 2015, 10 zákonač.100/2001Sb.2. Dostupné také z: [http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/ovzdusi/koncepcni_dokumenty/PZKO_2016/Program_zleps_kvality_ovzdusi_aglomPraha_2016\\$5465-export.xhtml?aid=2192773](http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/ovzdusi/koncepcni_dokumenty/PZKO_2016/Program_zleps_kvality_ovzdusi_aglomPraha_2016$5465-export.xhtml?aid=2192773)
- [6] *Koncepce využití alternativních paliv DPP: V podmínkách Dopravního podniku hl. m. Prahy, a.s.* 30.9.2019. Praha, 2019.
- [7] European emission standards. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards
- [8] Preference veřejné hromadné dopravy. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Preference_ve%C5%99ejn%C3%A9_hromadn%C3%A9_dopravy
- [9] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/33/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel (Text s významem pro EHP)*. 2009, 23. dubna 2009.
- [10] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/1161: kterou se mění směrnice 2009/33/ES o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel*. 2019, ročník 2019, 2019/1161.
- [11] O společnosti: Profil. *Arriva* [online]. [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.arriva.cz/cs/o-spolecnosti/profil>
- [12] Arriva Střední Čechy: *Dceřiné společnosti*. Arriva [online]. [cit. 2020-04-23]. Dostupné z: <https://www.arriva.cz/cs/o-spolecnosti/dcerine-spolecnosti/arriva-stredni-cechy>

- [13] MACH, Daniel. *Ekonomické zhodnocení vozů na LNG v autobusové dopravě*. Praha, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [14] CNG info: Další alternativní pohonné hmoty. In: *CNG4you* [online]. [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/dalsi-alternativni-pohonne-hmoty.html>
- [15] *Na Karvinsku má vyrůst teprve druhá výrobní biometanu v Česku* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/na-karvinsku-ma-vyrust-teprve-druha-vyrobnia-biometanu-v-cesku-1368720>
- [16] Test BioCNG v innogy. In: *CNG.cz* [online]. 28.04.2020 [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.cng.cz/novinky/20-04-28-test-BioCNG-innogy>
- [17] LEVY, Alon. The Verdict's Still Out on Battery-Electric Buses. In: *CITYLAB* [online]. 17.1.2019 [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: https://www.citylab.com/transportation/2019/01/electric-bus-battery-recharge-new-flyer-byd-proterra-beb/577954/?fbclid=IwAR0A8hwouhyXoh5I-A4CAAdrTyEC4OA1xQ922Zq-CxthOyvvrTZkc_R7s9Dvo
- [18] ŘÍHA, Z. a J. TICHÝ. The Costs Calculation And Modelling In: *Transport Means 2015*. Kaunas: Kauno technologijos universitetas, 2015, 22.10.2015 - 23.10.2015, s. 388-391 [cit. 2020-05-03]. ISSN 1822-296X.
- [19] *IODA: Informace pro dopravní analýzy* [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://data.ioda.cz/>
- [20] Náklady a tržby z přepravní činnosti za období od počátku roku do konce 4. čtvrtletí 2018: Pravidelná linková doprava v závazku veřejné služby. In: *Ministerstvo dopravy* [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Statistiky/Autobusova-doprava/Ekonomicke-ukazatele-v-autobusove-doprave/Ekonomicke-ukazatele-dopravcu-v-silnicni-linkove-d/SouhrnDop2-04_2018.xls.aspx?lang=cs-CZ

Seznam grafických objektů

Tab. 1.1 Podíl čistých vozidel dle směrnice EU 2019/1161	18
Tab. 2.1 Náklady na jeden autobus	23
Tab. 3.1 Jednotkové náklady	33
Tab. 3.2 Změna pořizovacích nákladů	35
Tab. 3.3 Zvýšení celkových nákladů.....	36
Tab. 3.4 Celkové náklady	37
Tab. 3.5 Úspora při zapojení bioCNG.....	38
Tab. 3.6 Zhodnocení pro vodík a elektřinu.....	39
Graf 3.1 Jednotkové náklady	32
Graf 3.2 Zvýšení nákladů v statisících Kč.....	35
Graf 3.3 Celkové náklady v miliardách Kč	38

Seznam zkratek

CNG – compressed natural gas (stlačený zemní plyn)

CO₂ – oxid uhličitý

EHP – Evropský hospodářský prostor

EU – Evropská unie

LNG – liquefied natural gas (zkapalněný zemní plyn)

MHD – městská hromadná doprava

NMHC – uhlovodíky jiné než methan

NO_x – oxidy dusíku

PM – particulate matter (pevné částice)

Autor/ka	Kristýna Vonášková
Název BP	Hodnocení vozidel veřejné dopravy z hlediska dopadů na životní prostředí
Studijní obor	DOL
Rok obhajoby BP	2020
Počet stran	47
Počet příloh	-
Vedoucí BP	doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.
Anotace	Práce se zabývá hodnocením vozidel veřejné dopravy z hlediska dopadů na životní prostředí. Po úvodu do problematiky dopravy analyzuje její pozitivní a negativní vlivy se zvláštním důrazem na životní prostředí a možnosti jeho ochrany. Dále představuje legislativní prostředí týkající se ochrany životního prostředí a dopravy. Na příkladu společnosti Arriva Střední Čechy s.r.o. hodnotí, jaký finanční dopad by měla implementace směrnice evropského parlamentu a rady 2009/33/ES pro zmíněného dopravce.
Klíčová slova	autobusová doprava, životní prostředí, evropská unie, legislativa, ekonomické vyhodnocení
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	