

Rudolf MRZENA¹

Alternativní paliva a pohony ve veřejné dopravě, řešení použitelná i v železniční dopravě

Klíčová slova: *alternativní paliva, pohony vozidel, udržitelný rozvoj dopravy*

1. Úvod

1.1 Doprava - hlavní producent skleníkových plynů

- změna klimatu je globální problém, který vyžaduje pozornost všech sektorů dopravy,
- ve vyspělých i rozvojových zemích stoupá produkce skleníkových plynů z dopravy,
- emise CO₂ z veřejné dopravy jsou na přepraveného cestujícího výrazně nižší než u individuální dopravy,
- nové technologie kombinované s efektivnějším řízením dopravních společností pomáhají snižovat ekologickou zátěž dopravy,
- hlavní příčinou znečištění ovzduší dopravou je individuální motorismus,
- veřejná doprava i v případě, že není plně využita, produkuje na místní úrovni méně znečišťujících látek než individuální motorismus,
- ačkoliv jsou nové moderní automobily „čistší“, tak stále větší množství automobilů přicházejících na silnice, produkuje více emisí i přes svůj čistší provoz.

1.2 Veřejná doprava – lepší využití neobnovitelných zdrojů

- doprava spotřebovává nejvíce energie, zejména z neobnovitelných fosilních paliv,
- veřejná doprava spotřebovává energii mnohem efektivněji než individuální doprava, přičemž vyšší využívání veřejné dopravy vede k její ještě větší efektivitě,
- energie spotřebovaná železniční dopravou, ale i autobusy, je při plném využití na 1 oskm 3-5x efektivněji využita než energie spotřebovaná automobily nebo letadly,
- životní prostor je také limitním zdrojem zaměřeným na kvalitu života všech obyvatel; veřejná doprava využívá prostor mnohem efektivněji než doprava individuální,
- i individuální doprava využívající energii s nulovými emisemi vyžaduje více prostoru než doprava veřejná.

¹ **Rudolf Mrzena, Ing.**, nar. 1978, absolvent Univerzity Pardubice, obor Technologie a řízení dopravy. Student doktorského studia DFJP Pardubice, Katedra technologie a řízení dopravy
E-mail: Rudolf.Mrzena@upce.cz

2. Ekologie a ekonomie

Nejen individuální, ale i veřejná doprava je příčinou znečištění ovzduší, její podíl na něm je ale malý. Je to jednak z důvodu nízké měrné spotřeby energie na 1 oskm, a také z důvodu počtu vozidel veřejné hromadné dopravy (dále VHD), který je mnohem nižší než počet vozidel individuální dopravy (převážně osobní automobily). Ovšem VHD je ekonomičtější než osobní automobil jen v místech s hustotou osídlení 2000 obyv./km² a vyšší. V místech s nízkou hustotou osídlení je z ekonomického důvodu výhodnější osobní automobil.

Doprava jako celek má největší nárůst spotřebované energie ze všech odvětví hospodářství. Je předpoklad, že dojde ke zdvojnásobení počtu automobilů během 30 let. Již nyní individuální automobilová doprava spotřebovává cca 20 % konečné (vyrobené) energie. Tím je dána prakticky úplná závislost vyspělých ekonomik na ropě a důsledkem nadměrné produkce CO₂ při spalování fosilních paliv jsou globální změny klimatu a místní poškození ovzduší zejména pevnými částicemi, oxidy dusíku a přízemním ozónem.

Pro dosažení trvalejší mobility je nutné, aby se doprava stala ekologicky únosnější. Toho je možno dosáhnout několika způsoby:

- náhrada neobnovitelných (fosilních) paliv palivy z obnovitelných zdrojů,
- zvýšení energetické účinnosti pohonu,
- snižování emisí škodlivin úpravami vozidel,
- pomocí územního plánování řízením dopravy a ekonomickými nástroji snížit poptávku po dopravě,
- řízením mobility (převod dopravy z osobních automobilů na VHD všude kde je to možné a energeticky výhodné).

2.1 Porovnání veřejné dopravy a individuální automobilové dopravy

Veřejná hromadná doprava reprezentovaná kolejovou dopravou a autobusy je považovaná za ekologicky nejlepší alternativu k osobnímu automobilu. Jelikož v současnosti dochází k výrazným změnám v provedení automobilů (výrazné zpřísnění emisních norem) a tím i poklesu jejich škodlivosti, provedl německý Ústav pro výzkum energií a životního prostředí (Ifeu) porovnání autobusů, železnice a osobního automobilu. Posuzována byla primární spotřeba energie, emise škodlivin do ovzduší, hluk a potřeba prostoru. Dalším hodnotícím kritériem byla nabídka míst příslušného dopravního prostředku. Výsledek je pro VHD stále příznivý, ale rozdíl mezi veřejnou dopravou a osobním automobilem se snižuje. To je způsobeno zejména tím, že osobní automobily jsou stále čistší a předpokládá se, že v budoucnosti dosáhnou nejčistší automobily úrovně VHD v emisích na 1 oskm. Ale průměrná spotřeba energie automobilu je stále cca 3x vyšší než u VHD. Dnešní stav je možno demonstrovat na studii německých železnic DB AG, které uvádějí následující specifické emise CO₂ v porovnání silnice-železnice:

v osobní dopravě

železnice 37 g/oskm

silnice všeobecně 141 g/oskm

os. automobil v obci 278 g/oskm

os. automobil mimo obec 210 g/oskm

v nákladní dopravě

železnice 41 g/tkm

silnice 207 g/tkm

I z hlediska potřeby prostoru automobil zaostává za VHD; i sebečistší automobil potřebuje na přepravu 1 cestujícího více prostoru než VHD. Z hlediska VHD je důležité, že u ní existuje na rozdíl od osobního automobilu velký potenciál ke snižování jejího vlivu na životní prostředí. Obzvláště důležité je to u autobusové dopravy, která na mnoha místech tvoří páteř VHD a podstatnou část vozového parku mnohde tvoří ještě starší typy vozidel, nepříliš šetrné k životnímu prostředí. U železnice problém emisí není tak palčivý, jelikož převážná část osobní dopravy je realizována elektrickou trakcí. Prostor pro snižování emisí tak zůstává jen u vozidel nezávislé trakce.

3. Paliva a pohony

V této kapitole jsou uvedeny některé druhy nových paliv a pohonů s poukázáním na možnost jejich využití v železničním provozu. Železničním provozem je v tomto případě myšlena zejména osobní doprava na regionálních tratích, která je zajišťována motorovými vozy s malými (automobilními) motory. Je to proto, že drtivá většina nových paliv a pohonů je vyvíjena právě pro tyto motory používané v silniční dopravě.

Alternativní paliva a pohony lze v zásadě podle nutných počátečních investic rozdělit na 2 skupiny. *První skupina* je dosažitelná bez nebo jen s minimálními počátečními investicemi; sem patří zejména některá alternativní paliva, případně aditiva do stávajících paliv, která je možno používat v současných motorech bez úprav. Dále je nutno do této kategorie zahrnout doplňování vozového parku vozidly s nízkými emisemi (investice v rámci průběžné obnovy parku, nikoliv tedy dodatečná investice do „ekologie“). K minimálním investicím patří opatření ke snížení emisí starších vozidel (filtry na pevné částice). Do *druhé skupiny* patří zejména nové pohony, které není možné získat bez investic do dopravních prostředků a plyná paliva, která je sice možno spalovat po minimálních úpravách v dnešních motorech, ale vyžadují rozsáhlé investice do zařízení na skladování a distribuci těchto paliv.

3.1 Paliva

Dá se říci, že veškerá pozemní, vodní i letecká doprava dneška je závislá na spalování fosilních paliv; ať již v přímé formě (benzín, nafta), nebo prostřednictvím elektrické energie získané převážně z uhlí či v některých státech z ropy (podíl jaderných a vodních elektráren a el. energie z obnovitelných zdrojů na celosvětové produkci elektřiny je jen cca 12,5 %). To je samozřejmě nepříznivý stav vzhledem k produkci skleníkových plynů při spalování těchto paliv. Do doby než bude vyvinut použitelný motor na vodík (odhaduje se minimálně 30, ale i až 50 let), který se jeví jako ideální palivo, a umožňuje používání stejných trakčních mechanismů jako dnes, je nutno snížit spotřebu fosilních paliv a tím i emise skleníkových plynů jinými palivy.

Cestou k překlenutí doby než bude k dispozici použitelný vodíkový pohon jsou alternativní paliva.

3.1.1 Biopaliva

Paliva pro zážehové i vznětové motory je možno vyrábět z biomasy. *Bio-diesel* – metylester řepkového oleje, vyráběný ze semen řepky olejné, je používán již mnoho let.

Na poli biopaliv je velice činná německá společnost CHOREN Industries GmbH z Freiburgu, která se snaží pro výrobu biopaliv používat celé rostliny (stromy, rákos, trávu, i odpad z domácností) a ne pouze semena řepky.

Při výrobě paliv z biomasy je důležité zejména to, že biomasa je produkována pomocí sluneční energie z CO₂ a vody. A tedy nejenže je obnovitelným zdrojem energie, ale důležité

je i to, že paliva vyrobená z biomasy jsou z hlediska CO₂ neutrální, tzn. při jejich spalování se uvolní jen tolik CO₂ kolik ho bylo přijato z rostlin.

Firma CHOREN vyvinula metodu „Carbo-V“ na získávání tzv. syntézních plynů (směs CO a H₂) z biomasy. Z těchto syntézních plynů se dále získávají syntetická paliva – metanol a zejména čistá paliva pro zážehové a vznětové motory. Tato paliva neobsahují síru ani aromatické uhlovodíky. A tedy, nejenže jsou schopná nahradit současná paliva, ale jsou i lepší! Při spalování syntetické nafty „Eko-diesel“ se vytváří až o 50 % méně pevných částic a až o 15 % méně NO_x než při spalování běžné nafty.

Velkou výhodou těchto paliv je to, že *se dají pěstovat*. Metoda „Carbo-V“ je použitelná na rostliny tvořící rychle velké množství rostlinné hmoty (rychlerostoucí stromy, luštěniny, traviny) a tím je možné využití ladem ležících zemědělských ploch pro produkci rostlinné hmoty, a pomoci tak nejen životnímu prostředí používáním biopaliv, ale i zemědělství a energetické soběstačnosti ekonomik.

Nevýhodou biopaliv je jejich horší vznítitelnost při spalování, a tak i u vznětových motorů jsou při některých provozních stavech potřeba zapalovací svíčky. Automobilka VW předpokládá, že pro biopaliva dojde ke konstrukci nového motoru, který bude kombinovat vznětový motor s přímým vstřikem a motorem zážehovým a palivo pro tento motor bude na pomezí dnešní nafty a benzínu.

Použití kapalných biopaliv v železniční dopravě je realizovatelné bez větších obtíží, pouze s přihlédnutím ke skladování a výdeji biopaliva a úpravy motorů pro jeho spalování.

Výrobu metanu a vodíku z biomasy sleduje švýcarský projekt ECOGAS. V první fázi počítá s výrobou metanu, jehož výhodou je možnost spalování v motorech na zemní plyn a zejména to, že metan je součástí zemního plynu jehož distribuční síť je již vybudována a proto by ji bylo možno využít pro zásobování čerpacích stanic metanem bez vynaložení velkých investic do infrastruktury. Švýčari odhadují, že ze švýcarských lesů je možno vytěžit trvale každý rok navíc až 1 mil. t dřeva, z něhož vyrobený metan by nahradil až 4 % současné spotřeby pohonných hmot.

Biopaliva jsou tedy důležitým článkem na cestě ke snížení produkce výfukových plynů a CO₂ a jsou tedy důležitým prostředkem na cestě k trvale udržitelné mobilitě.

3.1.2 CNG – Compressed Natural Gas

Stlačený zemní plyn. CNG je palivo šetrné k životnímu prostředí. První vozidla na CNG produkovala více částic a CO₂ než motory vozidel spalujících naftu, ale díky mnoha vylepšením je již pohon na CNG výhodnější než vozidla s klasickými vznětovými motory na naftu. Bohužel cena vozidel na CNG je asi o 25 % vyšší než u normálních vozidel. Tuto cenu ještě zvyšují počáteční náklady na čerpací stanice a dražší údržba vozidel. Plus pro vozidla na CNG je, že již dnes splňují normu EURO 5 a poznatky z vývoje pohonů na CNG jsou využitelné pro budoucí vozidla jezdící na vodík. Pohon na CNG je výhodný jako alternativa ke klasickému vznětovému motoru (jeho úprava), a tak je velmi vhodný pro vozidla VHD.

K aplikaci plyných paliv na železnici lze ale říci, že je dosti problematická, vzhledem k bezpečnosti provozu a použití plyného paliva je tedy vzácné. Příkladem budiž zkušební provoz lokomotiv poháněných zemním plynem v Rusku.

3.1.3 LPG – Liquid Petroleum Gas

Zkapalněný plyn. Vyrábí se rafinací ropy. Ekologicky je výhodnější než CNG a také není tak náročný na počáteční investice (nejsou potřeba kompresní stanice). U vozidel VHD se ale příliš neprosadil, jelikož se jedná o palivo zejména pro zážehové motory. Poměrně široké uplatnění, ale nachází u osobních automobilů. Vozidla na LPG jsou o 10 % dražší než vozidla na naftu, a mnohé země odmítají z bezpečnostních důvodů schválení tohoto paliva.

Toto palivo je pro železniční provoz nevhodné, jelikož je určeno hlavně pro zážehové motory, které se v železničním provozu nepoužívají.

3.1.4 Palivové směsi

Zajímavým a levným prostředkem na snížení ekologické zátěže z provozu VHD je používání palivových směsí. Jedná se zejména o přísady do nebo k motorové naftě. Cílem je snížení emisí CO₂, NO_x a částic. Několik zajímavých pokusů bylo provedeno ve Francii a Rakousku.

a) Aquazole

Ekologické zlepšení je oproti motorové naftě relativně malé. Používání Aquazole přináší snížení emisí NO_x o 10 %. Výhodou jsou ovšem velice nízké náklady na zavedení do provozu. Aquazole je totiž směsí 87 % nafty a 13 % vody. Skladování a výdej se provádí ve stejných zařízeních jako motorová nafta (nutno důkladně vyčistit). Na vozidlech nejsou nutné žádné úpravy – jen je potřeba vyprázdnit a vyčistit nádrž a vyměnit palivový filtr. Navíc toto palivo snižuje i provozní náklady, jelikož část nafty je nahrazena vodou.

b) Diester

Je směsí motorové nafty a metylesteru řepkového oleje. Obsahuje 70 % motorové nafty a 30 % metylesteru řepkového oleje. Ekologický přínos tohoto paliva v současných motorech není příliš velký (dílejší snížení emisí CO₂), nicméně Diester je částečně vyroben z obnovitelných zdrojů (řepka olejná) a přispívá tak ke snížení spotřeby fosilních paliv. Palivo na této bázi se používá i v ČR.

c) Aquaster

Palivo vzniklé sloučením Aquazole a Diesteru. V současné době probíhají první pokusy s tímto palivem u francouzské společnosti Elf. Předpokládá se, že Aquaster přispěje výrazně ke snížení emisí CO₂ a pevných částic.

d) Nafta s nízkým obsahem částic

Používání nafty s nízkým, případně žádným, obsahem síry, ve spojení s filtry na pevné částice a NO_x je možnou cestou jak u současných motorů splnit normu EURO 5. Ale již pouhé používání nafty s nízkým obsahem síry přispívá ke snížení škodlivých emisí a to bez nákladů na úpravy vozidel a infrastruktury.

e) Močovina

Spalování motorové nafty spolu s močovinou je zajímavým rakouským příspěvkem ke snížení ekologické zátěže. Opatření spočívá v instalaci oddělené nádrže na močovinu na vozidle (obsah nádrže na močovinu o stejném objemu jako nádrž na naftu vystačí na cca 6 plnění naftové nádrže). Močovina je potom vedena odděleně do motoru a spalována společně s naftou. Přínosem jsou téměř nulové emise pevných částic (možno využít i u vozidel na CNG) a výrazné snížení plynných emisí. Močovina je organického původu a je ji tedy možno považovat za obnovitelný zdroj.

Všechny tyto palivové směsi by měly být použitelné i v železničním provozu. Směs motorové nafty a metylesteru řepkového oleje již byla v železničním provozu vyzkoušena. Dodatečné náklady vznikají pouze při spalování močoviny, kdy je nutný zásah do palivového systému, motoru a dosazení řídicí jednotky dávkující močovinu do motoru.

3.1.5 Vodík

Jak již bylo řečeno, vodík je palivem budoucnosti. Problémem je nejen nalézt použitelnou technologii získávání vodíku, ale i vlastní vodíkový pohon. V zásadě se sledují 2 cesty vodíkových pohonů (viz. kapitola 3.2 Pohony) a 2 cesty získávání vodíku. Vodík lze získávat elektrolýzou vody, což je zatím energeticky nevýhodné – el. energii je nutno vyrobit; nebo lze vodík získat z biomasy podobně jako metan. Výhodou vodíku používaného jako

palivo je v podstatě stejný trakční mechanismus jako u současných paliv. Infrastrukturu na tankování vodíku lze využít i pro budoucí vozidla s palivovými články.

Při posuzování výhodnosti vodíku je potřeba zohlednit i energii vynaloženou na jeho výrobu. Bude-li vyráběn ze zemního plynu je jeho použití v palivových článcích energeticky výhodné, nejedná se ale o obnovitelný zdroj. Použije-li se k výrobě el. proud (elektrolytický rozklad vody) z evropské proudové směsi – převážně z tepelných elektráren – je jeho použití nevýhodné (vyšší energetické náklady než u běžných spalovacích motorů). Bude-li vodík vyráběn již zmíněným postupem Carbo-V z biomasy, potom se z něj stává ideální palivo, navíc z obnovitelných zdrojů.

3.2 Pohony

3.2.1 Vznětový motor

Vznětový (Dieselův) motor je vysoce účinný a vyzkoušený. I do budoucna jsou do něj vkládány velké naděje; je spolehlivý a ekonomický. Je stále vylepšován s ohledem na snížení ekologické zátěže. Zejména nové typy motorů mají spalovací proces vyřešen na vysoké úrovni (to platí i o moderních velkých dráhových motorech). Používá se nafta s nízkým obsahem síry, směs nafty a vody (Aquaster) a mnohá další vylepšení. Významné jsou filtry na zachytávání pevných částic ve výfukových plynech a filtry na NO_x. Filtry na pevné částice pracují zejména na elektrostatickém principu. Použití filtrů i na vozidlech se staršími motory přináší stejný dopad na životní prostředí jako používání motorů na CNG. Nejnovější filtry již umožňují opakované čištění, čímž se podařilo snížit původně vysoké náklady na provoz filtrů. Filtry jsou tedy nyní nejen ekologické, ale i ekonomické řešení pro úpravy starších vozidel.

Díky těmto vylepšením je vznětový motor schopen splnit normu EURO 5.

3.2.2 Deselelektrický pohon

V železniční dopravě široce používaný přenos výkonu, ale v jiných oborech VHD, zejména v autobusové dopravě nemá perspektivu. Pro autobusy je nevýhodou velká hmotnost agregátů, kompenzovaná jen malou úsporou paliva. Na druhou stranu přínosné je snížení emisí v důsledku dobré regulovatelnosti pohonu a možnost umístění trakčních elektromotorů v náboji kola umožňuje stavět nízkopodlažní vozidla. Přínosem je též plynulý přenos krouťícího momentu a tedy jízda bez rázů při řazení.

Vzhledem k rozšíření tohoto druhu přenosu výkonu v železniční dopravě, není vhodnost tohoto pohonu pro železniční vozidla dále rozebírána, jelikož se jedná o osvědčený a prověřený přenos. Zde je uveden je ve vztahu k jeho využití v jiných oborech VHD.

3.2.3 Hybridní pohony

Hybridní pohony představují v zásadě kombinaci pohonu klasickým spalovacím motorem s pohonem elektromotorem, případně se může jednat o rozšíření deselelektrického pohonu o zařízení akumulující rekuperovanou el. energii, která se později využije při jízdě.

a) Čistě hybridní pohony

Tyto pohony jsou složeny z klasického pohonu spalovacím motorem (motor+převodovka) a z pohonu elektromotorem (s akumulátory). V zásadě lze při jízdě libovolně volit mezi oběma pohony. Nyní se upřednostňuje uspořádání s hlavním elektromotorem podporovaným při rozjezdu a zrychlení spalovacím motorem. Tato tzv. „Mild Hybrid“ koncepce umožňuje použití elektromotoru o výkonu cca 25 % nižším než u spalovacího motoru. El. energie vyrobená při brzdění je samozřejmě využita na dobíjení baterie – rekuperace. Toto uspořádání přináší klidnější jízdu (elektromotor působí jako setrvačnick) a přináší cca 15 % úsporu pohonných hmot a tím i 15 % snížení emisí. Uspořádání „Mild

Hybrid“ je vhodné zejména pro vozidla s benzínovými motory (zkoušeno i u autobusů), ale je možno ho použít i u vozidel na CNG.

Pro železniční provoz je tento pohon nevhodný, jedná se zejména o pohon osobních automobilů.

b) Dieselelektrický pohon se superkondenzátory

Řešení v podstatě opačné než předešlé. Hlavním pohonem je vznětový motor s elektrickým přenosem, superkondenzátory se používají pro krátkodobou akumulaci rekuperované energie, která se využívá pro podporu spalovacího motoru při rozjezdu. Tato technika přináší cca 15 % úspory pohonných hmot a 15 % snížení emisí oproti autobusu se standardním dieselelektrickým pohonem.

Také toto řešení se nezdá být vhodným pro železniční dopravu, jelikož využití akumulované energie pro rozjezdy je na železnici nižší (méně zastávek) než u autobusů MHD.

c) Akumulátory + dieselelektrický přenos výkonu

Toto řešení používá jako primárního zdroje energie akumulátor, který dodává elektrickou energii trakčním elektromotorům. Spalovací motor s generátorem slouží pro dobíjení akumulátoru, nebo pro zvýšení výkonu při rozjezdu. Akumulátor je dobíjen také energií získanou rekuperací při brzdění. Výhody tohoto řešení jsou zejména v úspoře paliva, odstranění emisí při provozu v uzavřených prostorách a ve snížení hluchosti.

Toto řešení je vhodné pro železniční dopravu, používá se zejména u posunovacích lokomotiv a po úpravách je použitelné i pro pohon motorových vozů. V České republice jsou zástupci tohoto provedení lok. řady 718 (funkční vzorek), vlečková řada 798 a lokomotivy pro posun v depech ČD řady 799.

Níže uvedené pohony jsou použitelné zejména v silniční dopravě. Na železničních vozidlech nebyly dosud použity.

3.2.4 Motor na vodík

Jak již bylo uvedeno, prakticky a dlouhodobě použitelný, a levný motor na vodík dosud není. Přesto je s tímto pohonem nutno do budoucnosti počítat. Pro použití je nutné vzhledem k malé hustotě vodík stlačit (stlačený nebo zkapalněný plyn). Používání stlačeného plynného vodíku je zatím reálnější možností. Bezpečnostně-technické požadavky na stlačený vodík jsou vyšší a dražší než u vozidel na CNG (skladování, tankování, úpravy vozidel).

3.2.5 Palivové články

Vozidla s palivovými články na vodík jsou dlouhodobě nejperspektivnějším prostředkem pro zabezpečení trvale udržitelné mobility. Vývoj tohoto druhu pohonu není ještě zdaleka ukončen, přesto se již podařilo vyrobit několik použitelných autobusů s tímto pohonem. Vozidla s palivovými články zatím vycházejí těžší než běžná, proto je cílem vývoje snížení hmotnosti a velikosti palivových článků, případně je možné pohon palivovými články kombinovat se superkondenzátory, čímž dojde k úspoře potřebného množství palivových článků. Reálné používání palivových článků u vozidel VHD je možné očekávat až tehdy až se přiblíží jejich cena nákladům na používání CNG a dieselových motorů splňujících EURO 5.

Palivový článek vyrábí el. energii elektrochemickým procesem přímo z paliva (vodíku). Činnost je založena na membráně prostupné pro protony a neprostupné pro elektrony. Elektrony se převádějí na opačnou stranu membrány externí cestou, čímž vzniká elektrický proud. Palivové články přeměňují vodík se vzdušným kyslíkem na vodu a el. energii. Jako membrány se v současné době používá zejména membrána PEM-BZ

(Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle). V palivových článcích nejsou žádné pohyblivé části a proto mají velkou životnost. Účinnost přeměny vodíku na energii je min. 50 % a z jednoho článku se získá 0,6 – 1 V. Proto se články spojují, aby se získalo použitelné napětí (i v řádu 100 V).

Zdrojem tažné síly je při použití palivových článků elektromotor. To je výhodné z několika důvodů:

- odpadají řadící převody,
- příznivý průběh točivého momentu,
- přetížitelnost → menší motor, nižší hmotnost.

Palivovému článku musí být při provozu dodáván vodík, vzduch a chladicí voda. K tomu potřebná pomocná zařízení spotřebovávají část vyrobené el. energie a snižují tak využitelný výkon palivového článku. Přesto je možné palivový článek provozovat s účinností nad 40 %. Celý pohon potom dosahuje účinnosti 35 %. Pro porovnání vozidlo se zážehovým motorem má účinnost 16 – 18 %. Potřebná je tedy jen cca ½ paliva.

3.2.6 Akumulátorový pohon

Řešení v podstatě obdobné jako 3.2.3c, ale s vypuštěním dieselelektrického agregátu. Jako zdroj energie tedy slouží jen akumulátorová baterie. Dobíjení baterie probíhá během přestávek v práci vozidla z veřejné sítě (výhodné nabíjení v nočních hodinách se sníženou sazbou ceny za kWh el. energie), nebo během provozu vozidla rekuperací energie vyrobené při brzdění. Toto řešení je použitelné jak v železniční tak v silniční dopravě. Na železnici se používá již od konce 19. stol., např. u nás Ing. Křižík zkouší již v listopadu 1897 akumulátorové vozy na trati Nusle – Modřany – Zbraslav – Měchenice. ČSD používaly akumulátorové lokomotivy řad E407.0, E416.0 a E417.0 k posunu na pražských spojkách a v bratislavském přístavu v letech 1926 až 1966. Akumulátorové lokomotivy provozovaly také italské a francouzské dráhy. Později bylo toto řešení použito u akumulátorových vozů řady 515 DB (v provozu až do GVD 1995/96) a na posunovací lokomotivě řady A219.0 z ČKD Praha (nyní provozována v Maďarsku), ČD mají ve svém parku akumulátorové lokomotivy řad 103 a 199.

4. Závěr

Důsledné využívání nových paliv a pohonů ve všech subsystémech dopravy, přispěje ke snížení ekologické zátěže způsobené dopravou.

Problém emisí je nejpálčivější u autobusového subsystému veřejné dopravy, proto výše uvedená řešení jsou aplikovatelná zejména na autobusovou dopravu. Železniční doprava včetně tramvajové a metra je ve velké míře elektrifikovaná (zejména příměstské tratě). Proto problém emisí zde není tak akutní; ke znečišťování ale dochází v místech výroby elektřiny. Pro neelektrifikované tratě platí v podstatě totéž co o autobusech – tedy výše uvedená opatření jsou použitelná i na železnici, snad s výjimkou plynových pohonů. Moderní železniční motorové vozy a jednotky totiž využívají ve velké míře motorů zkonstruovaných automobilovým průmyslem. Řešením s výhodou použitelným v železniční osobní dopravě na neelektrifikovaných tratích je použití akumulátorových vozů.

Z pohledu trvale udržitelného rozvoje a mobility je nutno si uvědomit, že dopravní podniky budou používat ekologicky přijatelná vozidla je tehdy, přinese-li jim to užitek a konkurenční výhody. Proto by výběrová řízení na zabezpečení dopravní obslužnosti měla obsahovat motivační opatření na používání ekologicky šetrných vozidel, a tato např. systémem bonus/malus zvýhodňovat oproti „obyčejným“ vozidlům.

5. Literatura

1. P. Dietrich, S. F. Lienin, Ch. Bach: Konzepte für eine nachhaltigere individuelle Mobilität, in *Strasse und Verkehr*, 3/2004, s. 19-25
2. E. K. Freudling, F. Schwarm: Alternative Energien und Antriebe: Wohin geht der Trend?, in *Internationales Verkehrswesen* 9/2003, s. 423-425
3. R. Viennet: Autobusové sítě v boji proti znečišťování ovzduší, in *Transport public* 5/2002, s. 24-26, překlad M. Janda, ODIS
4. C. Eickmann: Zjišťování emisí CO₂, in *EI-Eisenbahningenieur* 9/2002, s. 116-122, překlad J. Mencl, ODIS
5. M. Müller: Ekologické standardy ve veřejné osobní místní dopravě, in *Nahverkehr praxis* 10/2001, s. 18-19, překlad J. Mencl, ODIS
6. Ecology and Economy: the fuel choice debate, *UITP Focus* 9/2000
7. Public transport for sustainable mobility, *UITP Focus* 7/2002

Příspěvek vznikl za podpory Institucionálního výzkumu „Teorie dopravních systémů“ (MSM 0021627505) Univerzity Pardubice.

Praha, říjen 2005

Lektoroval: Ing. Jaroslav Opava, CSc.
Výzkumný ústav železniční