

NÁVRH PROJEKTU ZAŘÍZENÍ PRO DOBÍJENÍ AKUMULÁTORŮ SILNIČNÍCH VOZIDEL FOTOVOLTAICKÝMI ČLÁNKY

PROPOSAL OF A PROJECT FOR VEHICLE BATTERY CHARGING USING PHOTOVOLTAIC CELLS

Michal Jurašek¹, Zdeněk Šustr²

Anotace: Holistický pohled na pohony a energetické zdroje - paliva pohonů především silničních vozidel individuální a hromadné dopravy osob a jejich vliv na životní prostředí tj. environmentální pohled je základem navržené osnovy projektu na využití solární energie získané z fotovoltaických článků. Uvedený pohled změní i metodiku ekonomického hodnocení dopravních prostředků s ohledem na náklady, na budování parkovišť, na léčení chorob způsobovaných emisemi a imisemi pohonů na klasická paliva na bázi fosilních paliv. Preference biopaliv není řešením neboť způsobuje problémy s potravinami a může ovlivnit změnu klimatu.

Klíčová slova: emise, environmentální, fotovoltaický článek, palivo pohonů, trolejbus.

Summary: A scheme is presented of a project for the use of solar energy (obtained via photovoltaic cells) for propulsion of road vehicles, especially for public transport. The motivation is based on the holistic view on driving systems and fuels for road vehicles, and on their environmental influence. This new view will also change a methodology for economic evaluation of transport means, with respect to the costs related to building of parking places and curing of the diseases caused by immisions from traditional driving systems. Biofuels are not the suitable solution, as they can cause the change of climate and food problems.

Key words: emissions, environment, photovoltaic cells, fuel, traction, trolleybus, propulsion systems, public transport

1. ÚVOD

Současné dopravní prostředky využívají, téměř výhradně, spalovací motory spalující ropné produkty. Vozidla se vznětovými a zážehovými motory produkují skleníkové plyny a další látky ve spalínách, které ohrožují životní prostředí. V předkládaném článku se zabýváme hodnocením alternativních pohonů a zdrojů pro snížení produkce spalin dopravními prostředky. Navrhujeme důsledně využívat trolejbusy a autobusy, přestože

¹ Ing. Michal Jurašek, Univerzita Pardubice, DFJP, Katedra dopravních prostředků a diagnostiky, e-mail: michal.jurasek@upce.cz

² Ing. Zdeněk Šustr, Ph.D, Univerzita Pardubice, DFJP, Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě, e-mail: zdenek.sustr@upce.cz

autobusy produkují emise a imise i při stání na zastávkách a při přerušované jízdě v městském provozu.

2. SNÍŽENÍ PRODUKCE SPALIN LZE DOSÁHNOUT NĚKOLIKA POSTUPY

2.1. Omezení individuální dopravy

Navrhujeme omezit individuální dopravu a nahradit ji hromadnou dopravou s levným jízdným. Zdražování jízdného působí kontraproduktivně. Způsobuje odliv cestujících z hromadné dopravy. Některá města (např. v USA) řeší problém omezení individuální dopravy formou bezplatné jízdenky MHD.

Výsledný efekt, co do množství nežádoucích emisí spalin, bude stejný nebo nožná i horší. Důvodem návrhu je environmentální řešení zahlcení ulic a tím snížení přepravní kapacity městských komunikací velkým počtem vozidel individuální dopravy a dále vysokou potřebou parkovacích míst. Dopravní obslužnost pro cestující veřejnost bude zachována. Následkem opatření budou snížené náklady na výstavbu, provoz, údržbu a obnovu komunikací a parkovacích stání. Současně stoupne plynulost a bezpečnost dopravy.

Zvýšené množství spalin se projevuje ve zvýšené nemocnosti a předčasnými úmrtími obyvatel. [17] [cituji **Kevin Brown 2001, 17:** „Hospitalization of young children in Canada for asthma increased by 28% among males and 18% among females between 1980 and 1990. The City of Toronto Environmental Task Force estimates that health care costs resulting from vehicle emissions in the greater Toronto area total over \$5 billion dollars annually, with about 1,800 premature deaths directly attributable to air pollution. A comparison of the mortality figures from pollution with traffic fatality data indicates that air pollution is responsible for more annual deaths in the GVRD than traffic accidents.“]

Cesta vytyčená ekologickými iniciativami směřující k samozásobení palivy z vlastních obnovitelných zdrojů je cestou do záhuby. Rozšířené osevnické plochy energetických plodin omezují plochy pro pěstování potravin k zásobování obyvatel. K obhospodařování a zpracování energetických plodin je nutno dodávat další energii získanou z fosilních paliv. Získané palivo z energetických plodin je dražší než ropné produkty. Již dnes pocítujeme zdražování paliv pro motorová vozidla, potravin a dalších produktů. Úbytek potravin v Evropě bude řešen dovozem potravin z rozvojových zemí, kde pro získání pěstebních ploch budou mýceny lesy a pralesy. Tím vznikají i klimatické změny. Jako perspektivní se jeví výroba bioplynu a těžba tzv. skládkových plynů pro lokální energetickou soběstačnost obcí a pohonů užitkových vozidel [10, 12].

Nepříznivě působí také například regulační zásahy EU do pěstování zemědělských produktů, omezení samozásobení oblastí potravinami a následně převážení potravin od producenta k velmi vzdálenému spotřebiteli. Stejný problém nalezneme i u průmyslových komodit.

Snížení přímé závislosti na fosilních palivech je možno dosáhnout organizačními a především technickými prostředky zaměřenými na zvýšení účinnosti přeměn forem energie, zdokonalení využívané solární energie [14, 19, 23] a odbouráním přímé závislosti na fosilních palivech.

Mezi technická opatření je možno zařadit perspektivní systémy poháněcích soustav vozidel.

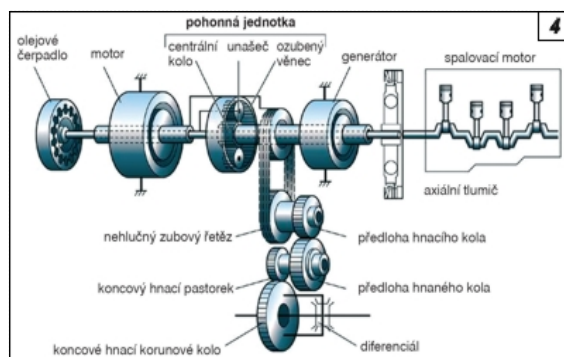
2.2. Změnou pohonných jednotek silničních dopravních prostředků

1.2.1. Přehled soustav pohonů silničních dopravních prostředků

Přehled variant pohonů vozidel, směřující k napájení z alternativních zdrojů.

a) Přednostně u dopravních prostředků individuální dopravy **nahradit dosud výhradně používaný spalovací motor hybridním pohonem HSD** (Hybrid Synergy Drive).

Hybridní pohon může být sestaven například z malého spalovacího motoru s menším akumulátorem energie na vozidle. Spalovací motor pracuje trvale v optimálních podmínkách s maximální účinností. Tím dojde ke snížení množství spotřebovaného paliva na jednotku vzdálenosti a jednotku přepravované hmotnosti. Výhodou je snížení množství nežádoucích spalin a emisí.

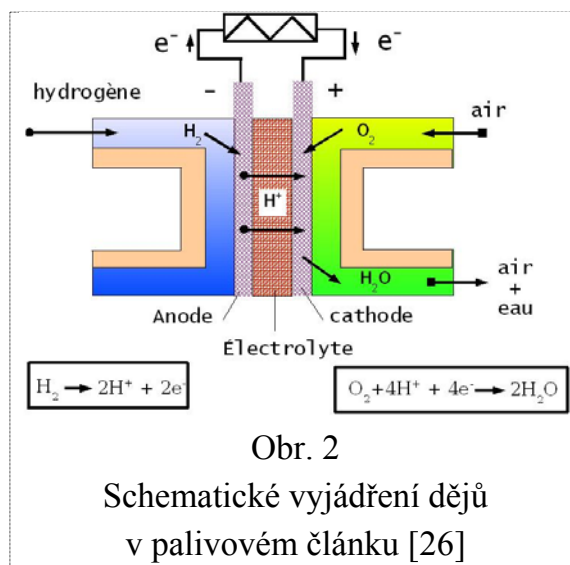


Obr. 1
Pohonná jednotka vozidla
Toyota Prius [24]

Hybridní pohon plně využívá současných technických poznatků a konstrukčních znalostí. Jeho zavedení vyžaduje minimální náklady, minimální vývoj a využije stávající síť čerpacích stanic na fosilní paliva (benzin, nafta, LPG, metan). **Vozidla tohoto typu by měla být cenově zvýhodněna.**

Například pro vozidlo Toyota Prius je udáváno: Při normovaném jízdním cyklu obsahují emise o 87 % méně oxidů dusíku a o 80 % méně uhlovodíků, než dovoluje norma EURO IV pro benzinové motory. To vše při kombinované spotřebě 4,3 l/100 km [24].

b) Pohon vozidla zhotovit výhradně na bázi elektromotoru, který lze **napájet z palivových článků s malým akumulátorem energie na vozidle**. Vozidla je nutno vybavit tlakovými nádobami a elektrickým pohonem. Energii je možno čerpat z čistého vodíku, propan-butanu (LPG) apod. Palivo je nutno získat z energie fosilních paliv, nebo z přebytečného výkonu jaderných elektráren v době malé spotřeby. Pro silniční vozidla hromadné dopravy osob se při zkouškách prototypů se projeví nevýhody řešení spočívající:



Obr. 2
Schematické vyjádření dějů
v palivovém článku [26]

- V dlouhé době plnění tlakových nádrží vodíkem (až 7 hodin).
- Náročné bezpečnostní podmínky.
- Značná hmotnost tlakových nádrží a pohonné jednotky na vozidle je kompenzována sníženou užitečnou nosností, to je počtem přepravovaných osob [3, 13, 21, 22].

c) Vozidla vyrobít jako **elektromobily s velkým akumulátorem elektrické energie na vozidle**. Tento typ vozidel

bývá označován jako PLUG IN „automobil napájený z elektrické zásuvky“. K získání energie pro vozidlo je nutno čerpat energii z běžné distribuční sítě, která je k dispozici ve všech domácnostech a průmyslových objektech. Za předního nositele výrobce této technologie je možno označit firmu TESLA MOTORS (USA) [5], která udává následující technická data vozidla: Indukční motor 375 V, AC s frekvenčním měničem;

Max výkon 185 kW, 4500-8500 min⁻¹;

Max. otáčky 14 000 min⁻¹; Střední účinnost 92% a 85% při špičkovém výkonu;

Kroutící moment 375 Nm při 0 až 4500 min⁻¹.

d) **Využití fotovoltaických článků**. Individuální dopravní prostředky jsou

většinou provozovány jen po nepatrný zlomek času z doby životnosti vozidla. Ujetá vzdálenost je velmi často menší než 100 km za týden, nebo je tato ujetá vzdálenost jen málo překročena. Vozidla ve městech parkují téměř výhradně na otevřených prostranstvích, na které dopadá sluneční záření a navíc jsou i v noci osvětlena veřejným osvětlením [11].

Této skutečnosti je možno využívat pro napájení akumulátoru elektrické energie na vozidle. Požadovaná dojezdová vzdálenost vozidla zůstane zachována i při snížené kapacitě zásobníku energie na vozidle. Navíc odlehčené vozidlo má menší spotřebu energie na jednotku ujeté vzdálenosti.



Obr. 3
Roadster fy TESLA MOTORS [5]



Obr. 4
Fotovoltaický článek [26]

2.3. Závěr k bodu a) až d)

Uvažujeme-li segment vozidel pro městskou a příměstskou hromadnou dopravu osob s velkou hustotou přepravy, vychází jako velmi výhodný trolejbus. Z uvedených variant je možné pro pohon trolejbusu vybrat a zvážit využití některé z uvedených variant. Výhodnost trolejbusu spočívá v konstrukčním, ekonomickém a ekologickém hledisku. Trolejbusy splňují environmentální kritéria a mají schopnost okamžitě konat službu, tj. přepravu osob i nákladů. Z hlediska životnosti jsou schopny běžně najezdit vzdálenost 1 500 000 km v městském provozu! Ve statistikách dopravních nehod se trolejbusy takřka neuvádějí [1, 2, 4, 8, 15 16, 17, 20].



Obr. 5
Pohonná jednotka trolejbusu
umístěná v pojezdovém kole [27]

Pro napájení trolejbusů se nabízí řešení s využitím fotovoltaických článků podle varianty „d“. Je možné mobilní umístění solárních článků na střeše vozidla, respektive jejich stabilní uložení na napájecí stanici. V obou případech bude sehrávat rozhodující úlohu otázka investic a možnost odebrané velikosti výkonu, který je odvozen od velikosti, sklonu a poloze využitelných ploch střech, stěn i oken budov.

V segmentu mobilních zařízení na vozidlech individuální dopravy osob a nákladů na krátké vzdálenosti vychází dle dostupných zdrojů nejvýhodněji elektromobil s fotovoltaickými články na povrchu karoserie, doplněný konvertorem energie PLUG IN. V případě trolejbusové dopravy se jeví výhodněji varianta s centrálním uložením fotovoltaických článků. Příkladem je řešení napájení tramvajové trati v Kirnitzschském údolí u Bad Schandau, kde jsou fotovoltaické články umístěny na střeše vozovny[6]. Získaná elektrická energie je dodávána přes frekvenční měniče a transformátor do trakčního obvodu, vlastní spotřeby nebo do nadřazené napájecí rozvodné sítě vysokého napětí.

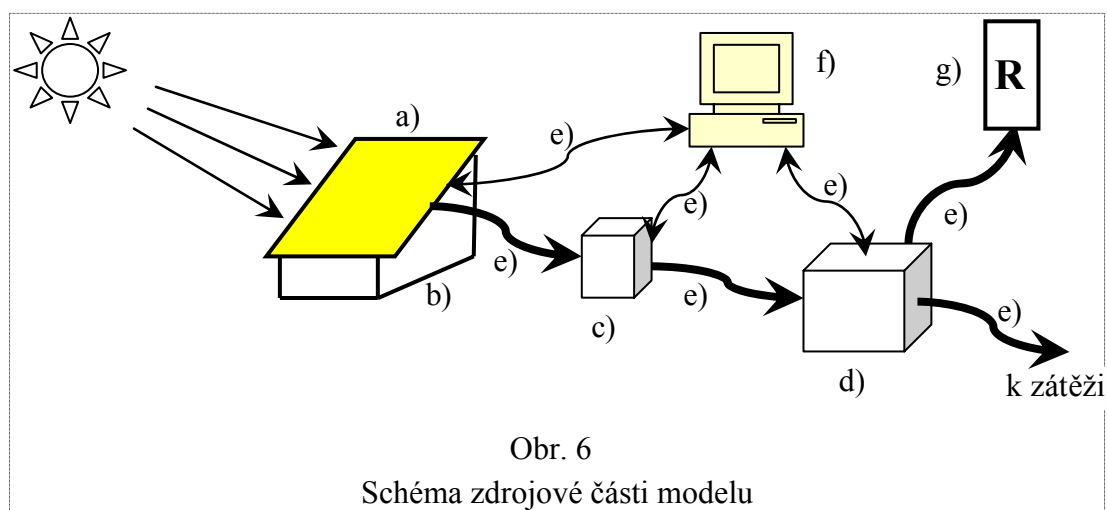
3. NÁVRH PROJEKTU

Ve spolupráci s Dopravním podnikem města Pardubic (DPmP), byla k dané problematice zadána bakalářská práce, která bude mapovat využití solární energie v areálu DPmP. Předpokládanými výstupy bude inventarizace vhodných ploch a návrh způsobu využití získané tepelné či elektrické energie. Předpokládáme, že na bakalářskou práci navážou jiné práce, které budou konkrétně řešit jednotlivé možnosti využití a přímou aplikaci zařízení.

První částí projektu bude **zdrojová část**, sestavená ze solárních panelů s fotovoltaickými články. Fotovoltaické články budou umístěny na pevné nebo pohyblivé konstrukci pro sledování polohy Slunce. Výstupní výkon bude přiveden na akumulátory energie a vybíjecí rezistor nebo rozvodnou síť. Zařízení umožní sledovat a analyzovat výkon elektrické energie dodávané z fotovoltaických článků.

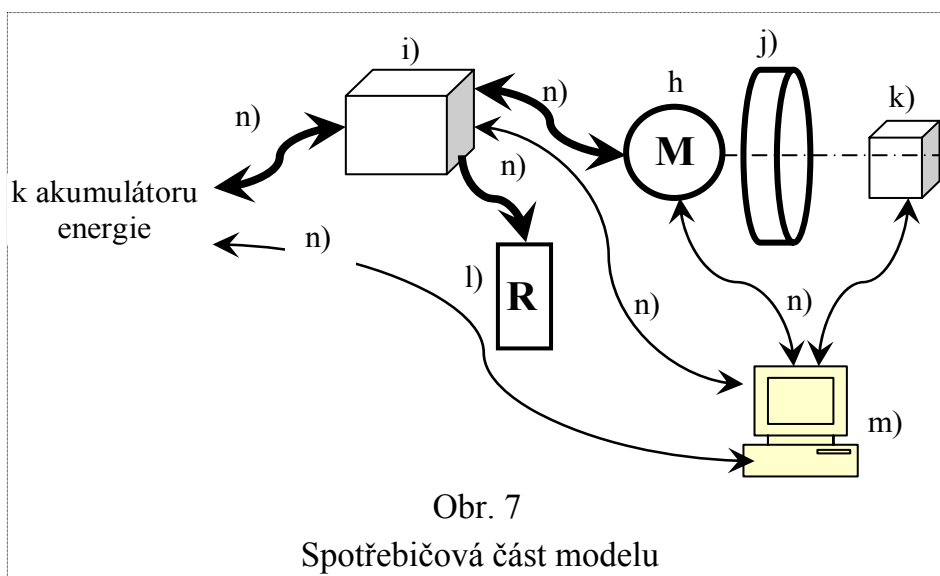
Druhou částí bude **spotřebičová část**, která umožní modelovat provozní stavy pohonu vozidla tj. rozjezdy, jízdu výkonem, výběh a rekuperaci energie. Umožní stanovit energetické vztahy mezi zdrojovou a spotřebičovou částí. Energetické vztahy mezi použitelnou plochou a tvarem karoserie vozidla pokrytou fotovoltaickými články vůči kapacitě akumulátoru energetické energie na vozidle a dojezdové vzdálenosti vozidla.

3.1 Hlavní součásti zdrojové části modelu:



- a) Panel fotovoltaických článků.
- b) Natáčivá nosná konstrukce fotovoltaických článků.
- c) Měnič parametrů získaného výkonu.
- d) Akumulátor energie.
- e) Propojovací vedení pro přenos výkonu a informací.
- f) Zařízení pro měření a registrace toku energie, stavu akumulátoru a předávání naměřených hodnot.
- g) Vybíjecí rezistor.

3.2 Hlavní součásti spotřebičové části modelu:



- h) Elektromotor.
- i) Řídicí výkonový člen - měnič, který s elektromotorem vytváří řízený pohon.
- j) Setrvačnik.
- k) Brzda setrvačnicku.
- l) Vybíjecí rezistor.
- m) PC pro sledování, řízení, regulaci a zapisování získaných dat.
- n) Propojovací vedení pro přenos výkonu a informací.

Výstupním cílem příspěvku bude návrh projektu. Cílem projektu bude získání dat z měření a analýzy dodávaného výkonu z fotovoltaických článků využívající nanotechnologií a jejich využití. Získanou energii bude možno ukládat do akumulátoru energie na vozidle, akumulátoru energie v budově, přímo napájet rozvod třífázové distribuční soustavy nebo napájet trolejové vedení [6].

Uvažovaným výsledkem navrhovaného projektu je snížení spotřeby energie z neobnovitelných zdrojů, u některých vozidel. Tak bude umožněna úplná nebo alespoň částečná nezávislost vozidla na vnějších zdrojích energie z fosilních paliv.

4. MOŽNÉ SROVNÁNÍ TROLEJBUSU DŘÍVE A V BUDOUCNOSTI

Jedna z vizí roku 2020 řeší budoucnost vozidel pro hromadnou dopravu osob a nákladní dopravu i na velké vzdálenosti. Řešení vidí v budování samostatných dálničních pruhů s nadzemním vedením závislé trakce. Porovnání historického ohlednutí a vize do budoucnosti je na obrázcích 8 a 9 [27].



Obr. 8
První trolejbus – konstrukce
Ernst Werner von Siemens [27]



Obr. 9
Dálniční nákladů tahač a trolejbus
budoucnosti [27]

5. POZNÁMKA K REGIONÁLNÍ HISTORII MHD

Již v prvních letech dvacátého století bylo uvažováno o tramvajovém provozu mezi Chlumcem nad Cidlinou, Bohdančí, Pardubicemi, Chrudimí a Slatiňany. Vyprojektována byla tramvajová trať Pardubice – Sezemice [25].

Pardubice se pravděpodobně mohou pochlubit prvním trolejbusem. Na Východočeské výstavě v roce 1903, konané na výstavišti Na Olšinkách, ve stánku firmy Křížík, byl provozován malý elektromobil, který odebíral stejnosměrný proud o napětí 440 V ze dvou vodičů pomocí tyčových sběračů - trolejbus. Svědectví o tomto počínu podal syn profesora Vladimíra Lista, konstruktéra tohoto, jak doslova uvádí, „loveckého vozíku“. Lze směle tvrdit, že to byl první trolejbus na území Čech. Po skončení slavné výstavy bylo veškeré zařízení odvezeno [25].



Obr. 10
Maketa tramvajového vozu na
nákladním automobilu před nádražím
v Pardubicích. Dvacátá léta dvacátého
století. [25]

6. ZÁVĚR

Navrhovaný projekt pro sledování využití solární energie je inspirován provozem tramvají v Kirnitzschském údolí u Bad Schandau a vhodnou orientací budov vozovny DPmP. Technické a provozní zařízení vozovny s měnírnou umožní široké spektrum využití solární energie. Získanou obnovitelnou energii bude možno využívat na ohřev vody, dobíjení akumulátorů vozidel, napájení vlastní spotřeby vozovny i napájení trakční soustavy MHD. Napájecí zařízení solární energií je perspektivním řešením pro budoucnost. Na zpracování

studie je zadána bakalářská práce s názvem „Návrh využívání solární energie v DPmP“, která bude zpracovávána ve spolupráci s Dopravním podnikem města Pardubic.

Trolejbusová doprava bude mít perspektivu na zavedení i v tvrdé konkurenci s vlakovou a autobusovou dopravou. V porovnání s vlakem je operativnější, umožňuje provoz v kratších intervalech a zasahuje přímo až do obytných zón. Trolejbus přijede za cestujícím, ale cestující musí dojít k vlaku. Porovnáním trolejbus / autobus vychází výhodněji autobus především na řídké obsluhovaných trasách. V obcích, na krátkých vzdálenostech mezi zastávkami, se nepříznivě projeví především nižší dynamika rozjezdu, spotřeba paliva při chodu motoru na volnoběh během čekání, hlučnost a exhalace autobusu.

Náklady zřízení trolejbusových linek jsou poměrně vysoké. Zohledněním následků na zdraví, nákladů na léčení plicních onemocnění, zohledněním počtu zraněných a mrtvých, zohledněním sekundárních nákladů na budování silnic a parkovišť pro prostředky individuální dopravy, zohledněním zvýšení bezpečnosti a plynulosti silniční dopravy jsou zvýšené náklady na zřízení trolejbusové dráhy pro trolejbus plně akceptovatelné. Například již uvažovaná propojení MHD souměstí (Slatiňany) - Chrudim - Pardubice - Hradec Králové - Jaroměř a Pardubice - Sezemice vytlačí ze silnic mnoho dopravních prostředků individuální dopravy. Dopravní situace se zklidní a nenaroste množství exhalací vypouštěných v intravilánu lidských obydlí a nedojde k ničení extravilánu obcí.

Príspevek vznikl za podpory Institucionálního výzkumu MSM 0021627505 „Teorie dopravních systémů“ Univerzity Pardubice.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HADRABA, D. 1988 *Městská hromadná doprava*, Alfa-vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatury Bratislava, SNTL nakladatelství technické literatury Praha 1988.
- [2] PODIVÍN, L. 1999 *50 let trolejbusové dopravy v Hradci Králové*, Dopravní vydavatelství Wolf, Ústí nad Labem, 1. vydání 1999.
- [3] PORŠ Z.: 2002 *Palivové články*, Ústav Jaderného Výzkumu Řež, a. s. Divize jaderné bezpečnosti a energetiky 2002.
- [4] 301 *Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů ze dne 7. srpna 2001 o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.*
- [5] *TESLA MOTORS (USA)*. <http://www.teslamotors.com/>
- [6] *Tramvaj v Kirnitzschském údolí u Bad Schandau* <http://www.ceskosaske-svycarsko.cz/obce/bad-schandau.html> 18.11.2008 13:18:11.
- [7] *Vodík jako alternativní ekologické palivo* <http://vossost.lit.cz/pk/Vodik.htm>. 2005-11-17 10:53:44.
- [8] *COMPARISON OF CONVENTIONAL DIESEL BUS ROUTE, A TROLLEYWAY & A TRAMWAY* <http://www.tbush.org.uk/trolleycoach%20economics.xls>. 2005-07-18 13:32:13.
- [9] *Soubor:Fuell cell.jpg* http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Fuell_cell.jpg 18.11.2008 13:11:42.
- [10] VÁŇA, J. *Motorová biopaliva - obnovitelný zdroj energie* <http://stary.biom.cz/mag/18.html> 2005-11-17 11:07:52.

- [11] SOLLARIS s.r.o. <http://www.sollaris.cz/index.php?A=fotovltaicke-elektrarny> 18.11.2008 13:15:03.
- [12] Kittel H.: *Alternativní motorová paliva* <http://www.cappo.cz/veletrh2003/kittel.html> 2005-1-24 10:53:59.
- [13] *MPower Battery Technology Knowledge Base.* http://www.mpoweruk.com/fuel_cells.htm 2005-11-24 10:54:41.
- [14] Bartosch R.: *AUTOBUSY (NGV) V NĚMECKÝCH, MĚSTECH* (Dipl. Ing. Roland Bartosch, Augsburg, SRN, roland.bartosch@stawa.de) http://www.alen.cz/obsahy/2004/stranky/4_06.html 2005-11-26 6:45
- [15] *Přehled dopravních prostředků pro městskou hromadnou dopravu osob ve světových městech* <http://citytransport.info/Electbus.htm#Advan>, 2005-11-26 17:35:11.
- [16] ŠKODA HOLDING as <http://www.skoda.cz/produkty.asp?Q853A=C0J1P1T1K61ID4932>, 2005-11-26 20:15:27.
- [17] BROWN, K. *The Benefits of Clean, Quiet, Emission-Free Transit Service: Promoting the Trolleybus in Vancouver* 18.11.2008 13:16:21.
- [18] *Information and Materials Package The TBus Group February 2001 Revised and Updated May 2001* <http://vancouver.trolleybus.net> 2005-12-16.
- [19] *Autobusové-motory-Scania-Euro-4-a-Euro-5-9456-10-1* <http://www.auto.auto-news.cz/> 2005-12-05 18:00:56 Scania.
- [20] *Bus portal* <http://www.busportal.cz/modules.php?name=article&sid=1334&PHPSESSID=d12f7c14d3e5035323fb87ac87e527d2#next> bus portal 2005-12-05.
- [21] Kevin Brown BA MA, Academic Advisor, Faculty of Science, University of Alberta in Edmonton, Canada. <http://www.tbus.org.uk/fuelcell.htm>. 2005-12-13 16:20:1.
- [22] BENEŠ, Štěpán Ctibor: *Energetické využití palivových článků.* *Biom.cz* [online]. 2005-09-29 [cit. 2005-12-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=639172>>. ISSN: 1801-2655.
- [23] *Autobusy na CNG firmy Karosa* http://www.karosa.cz/main.php?show=city_bus_cng&language=czech 18.11.2008 13:22:49.
- [24] *Hybridní Toyota Prius* http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34820
- [25] *Historie dopravy v regionu* <http://www.dpmp.cz/index.php?sekce=6> 17. 11. 2008
- [26] *Palivový článek* http://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8DI%C3%A1nek 18.11.2008 13:20:23.
- [27] [<http://www.trolleybus.co.uk/>, 19.12.2008 9:31].

Recenzent: doc. Ing. Stanislav Gregora, Ph.D.
Univerzita Pardubice, DFJP, Katedra elektrotechniky, elektroniky
a zabezpečovací techniky v dopravě