



Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

VODÍK – ALTERNATIVNÍ POHON PRO AUTOMOBILY

Vojtěch Zíval, Adam Babec, Lukáš Erlebach

Integrovaná střední škola, 3. ročník

Kumburská 846, 509 31 Nová Paka

1. Úvod

1.1 Proč jsme si projekt vybrali

Hlavním důvodem, proč jsme si tento projekt vybrali, je náš zájem o danou problematiku. Jakmile jsme se o tomto projektu dozvěděli, hned jsme si chtěli doma vyrobit palivový článek, pomocí kterého bychom vyráběli vodík a poté s ním dále pracovali, ale když jsme si přečetli několik informací na internetu, zjistili jsme, že proces výroby vodíku je velmi nebezpečný a drahý. Původně jsme chtěli vytvořit projekt o palivových člancích a popsat jejich princip, ale nakonec jsme se rozhodli s naším koordinátorem projektu p. Ing. Malým na vytvoření projektu zaměřeného na TRIHYBUS neboli autobus na vodíkový pohon.

1.2 Stručná charakteristika projektu

Úkolem projektu je ukázat současnou výrobu vodíku, a především jeho využití. Zaměřili jsme se proto na nový vodíkový autobus, který má zkrácený název TRIHYBUS (Triple Hybrid Hydrogen Bus neboli trihybridní vodíkový autobus), který začal jezdit začátkem tohoto roku v ulicích Neratovic jako městská hromadná doprava.

1.3 Historie

Vodík byl objeven v roce 1766 Angličanem Henrym Cavendishem a o několik let později roku 1839 přišel William Grove s velkým a hlavně úspěšným nápadem. Zjistil, že lze z vodíku a kyslíku pomocí galvanického článku získat reakcí elektrický proud. Významným využitím vodíku byl vesmírný projekt Apollo, který proběhl v šedesátých letech minulého století. Tento typ alternativní energie byl znovu obnoven před několika lety, kdy lidé zjistili, jak je ovzduší na Zemi znečištěné.

1.4 Co je to vodík

Tento nejlehčí a nejjednodušší chemický prvek má značku H (latinsky Hydrogenium). Tvoří převážnou část hmoty ve vesmíru. Nemá žádnou chuť, zápach, je bezbarvý a hoří namodralým plamenem. Je specifický tvarem hoření oproti klasickému benzínu nebo naftě (obr. 1). Vodík je zhruba 14 až 15 krát lehčí než vzduch. Jeho hustota je 0,0899 kg/m³, teplota tání se pohybuje okolo -260°C a bod varu je 253°C.



Obr. 1 – výbuch vodíku a benzínu

1.5 Návštěva ÚJV

Velkým zážitkem při realizaci tohoto projektu byla návštěva Ústavu jaderného výzkumu v Řeži (obr. 2) nedaleko Prahy, která proběhla 15.12. 2009 v dopoledních hodinách. Setkali jsme se s hlavním vedoucím oddělení vodíkových technologií a zároveň šéfem projektu TRIHYBUS Ing. Luděkem Janíkem spolu s dvěma pracovníky, kteří také pracovali na



Obr. 2 – vstup do areálu ÚJV Řež a.s.



Obr. 3 – palivový článek pohánějící TRIHYBUS

vývoji autobusu v oblasti elektrotechniky. Po chvilkové diskuzi v kanceláři Ing. Janíka jsme se přesunuli do garáže, kde mají autobus zaparkovaný. Když se otevřely dveře a my vstoupili do garáže, nevěděli jsme, kam se podívat dřív. Vyšli jsme na plošinu, abychom viděli autobus shora a načerpali jsme několik informací o tom, co se na střeše autobusu nachází. S autobusem musel řidič popojet,

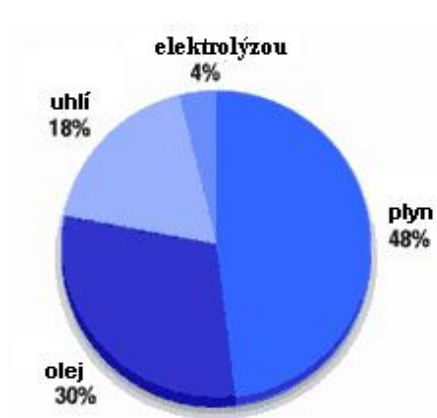
abychom se mohli podívat do zadní části, kde je uložen hlavní pohon autobusu, palivový článek (*obr. 3*). O tomto nevšedním pohonu jsme se také dozvěděli několik velice zajímavých informací. Na závěr jsme si prošli vnitřek autobusu a shodli jsme se na tom, že se cestující i řidič budou mít při jízdě velice dobře. Návštěva ÚJV byla velice zajímavá a inspirující pro tento projekt. Také jsme od p. Janíka dostali vánoční dárek v podobě modelu autíčka, který obsahuje malý palivový článek a zdroj vodíku pro výukové a demonstrační účely. Doufáme, že si tuto návštěvu někdy v budoucnu zopakujeme ať, už v Řeži nebo v Neratovicích, kde autobus jezdí.

2. Výroba vodíku

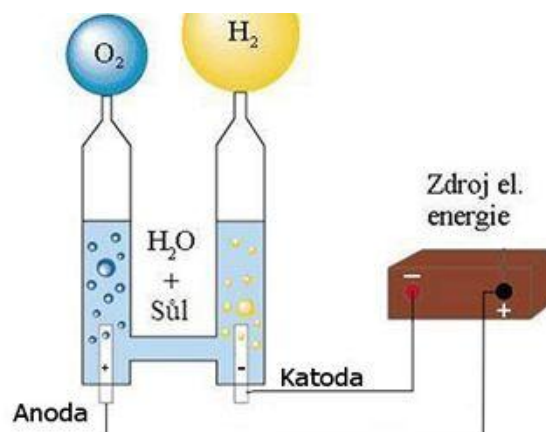
2.1 Jak a z čeho se vodík vyrábí

Dosavadní výroba vodíku je zatím bohužel zastoupena fosilními palivy. Roční světová produkce vodíku je přibližně 55 milionů tun. Využívání takto vyrobeného vodíku může pomoci lokálně snížit produkci některých zdraví škodlivých látek. Na *obr. 4* máme graf, na kterém je znázorněno zastoupení výroby vodíku.

Alternativou výroby vodíku je využití obnovitelných zdrojů energie. Vodík se dá také získávat pomocí elektrolýzy, která je znázorněna na *obr. 5*. V Ústavu jaderného výzkumu v Řeži u Prahy navíc probíhá výzkum využití nových speciálních jaderných reaktorů tzv. generace IV. se kterými by se mohl vodík vyrábět masově a byl by tak poměrně levný a mohl tak konkurovat stávajícím palivům.



Obr. 4 – zastoupení výroby vodíku



Obr. 5 – výroba vodíku elektrolýzou

2.2 Jak se uskládňuje

Skladování vodíku v plynné fázi

Obvykle se používají nízkouhlíkaté nebo legované oceli bezešvé ocelové lahve, které se vyrábějí se v objemech od 0,8 litrů až do přibližně 140 l. Typickým provozním tlakem je 350 bar (35MPa), v nejnovějších aplikacích potom 450 až 700 bar (současný limit, který je možný je 1 000 bar). Vnitřní povrch těchto lahví tvoří obvykle tenká vrstva kovu, případně speciálního polymeru, která zabraňuje úniku plynu skrz stěny. Pro skladování vodíku v těchto vysokotlakých nádržích jej musíme nejprve stlačit na požadovaný vysoký tlak, na to se používají zejména pístové kompresory. Pro stlačení vodíku na 350 bar potřebujeme přibližně 30 % energie v palivu.

Skladování vodíku v kapalně fázi

Jeho skladování je mnohem složitější, protože se skladuje při teplotě -252 °C , s tím souvisejí zvýšené nároky na použité materiály a vysoké energetické nároky na zkapalnění. Vodík je ze zásobníku čerpán jako kapalina - pro spalovací motory nebo jako plyn - pro palivové články. Pro uskladnění se používají vícevrstvé nádoby s velmi dobrými izolačními vlastnostmi s maximálním přetlakem 5 barů. Tyto nádoby musí být vybaveny přetlakovým mechanismem, kterým je regulován maximální přípustný tlak. Při skladování vodíku v kryogenních nádobách dochází vlivem přestupu tepla z okolí k postupnému odpařování, a tedy zvyšování tlaku uvnitř této nádoby. Aby nedošlo k destrukci nádrže, musí být tlak uvnitř nádoby regulován odpouštěním odpařeného vodíku. Pro běžně používané nádrže dosahují ztráty až 3 % hm na den. V některých aplikacích je takto unikající vodík jímán a stlačován do přidavných tlakových lahví.

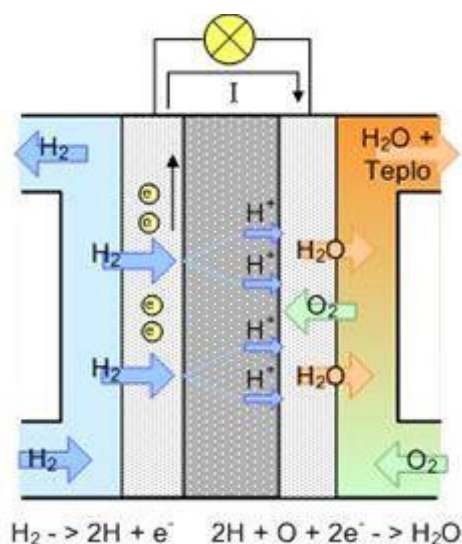
Zkapalňování vodíku je technologicky i energeticky náročný proces a energie k tomu potřebná dosahuje přibližně 40 % energie v palivu. Skladování probíhá v uhlíkových tlakových nádržích, které vydrží tlak až 1000 atmosfér, vodík je zde ale skladován je při 300 atmosférách, výhodou těchto nádrží je, že jsou podstatně lehčí.

3. Palivové články

3.1 Jak funguje palivový článek

Je to elektrochemické zařízení, které má za úkol přeměnit ukrytou energii ve vodíku na elektrickou energii. Palivový článek se skládá ze dvou elektrod, které jsou odděleny např. elektrolytem.

Na anodu se přivádí palivo (např. vodík, methan, methanol). Zde dochází k jeho oxidaci. Ke katodě se přivádí oxidační činidlo (např. kyslík ze vzduchu), které se na ní redukuje. Uvolněné elektrony jsou vycitány anodou a vytvářejí elektrický proud, který teče přes elektrický spotřebič ke katodě. Na katodě se oxidační činidlo (většinou kyslík) redukuje na anionty (O^{2-}), a ty pak reagují s H^+ ionty na vodu (*obr. 6*).



Obr. 6 – výroba el. energie pomocí palivového článku

3.2 Druhy palivových článků

Je vyvíjeno pět typů palivových článků, liší se především chemickým složením elektrolytu, provozními teplotami a použitým palivem. Nízkoteplotní palivové články využívají s kyslíkem (většinou ze vzduchu) vodík nebo methanol, vysokoteplotní články mohou využívat i některá konvenční uhlovodíková paliva. Jednotlivé typy článků vzhledem k rozdílným provozním parametrům nacházejí uplatnění ve velmi odlišných aplikacích. Nízkoteplotní palivové články jsou využívány zejména v mobilních aplikacích k výrobě elektrické energie, vysokoteplotní články naopak převládají v kombinované výrobě tepla a elektrické energie v aplikacích stacionárních.

3.3 Výroba a náklady na výrobu článků

Palivové články jsou v současnosti technologicky velmi vyspělá a bezpečná zařízení. Jejich komerčnímu rozšíření brání prozatím jejich vysoká cena daná stupněm vývoje a převážně kusovou výrobou a v neposlední řadě cenou použitých materiálů. U nízkoteplotních palivových článků je to především cena fluorovaných membrán a platiny, u vysokoteplotních potom cena materiálů schopných odolat vysokým teplotám a korozivnímu prostředí. Cena palivového PEM článku je v současnosti přibližně 3 000–4 000 USD/kW. Přední výrobci však již dnes garantují budoucí cenu/kW srovnatelnou se špičkovým spalovacím motorem.

4. TRIHYBUS

4.1 Výrobce a výzkum autobusu

Výzkumem tohoto autobusu se zabývá ÚVJ Řež, a.s. Konkrétně pak oddělení vodíkových technologií Ing. Luďka Janíka. Vývojem tohoto vodíkového autobusu je sledován vzrůstající globální problém nedostatku energie a paliv pro vozidla a různé jiné stroje. Výrobce

karosérie, která se vyrábí sériově, je francouzská firma Iveco a autobus nese označení Irisbus Citelis. Na přebudování autobusu se podílela firma Škoda Electric, která dodala pro autobus elektromotor. Na výstavbě čerpací stanice v Neratovicích v objektu firmy Veolia se podílela firma Linde Gas.

4.2 Tři zdroje, které využívá autobus

Světovým unikátem tohoto českého autobusu je fakt, že je poháněn třemi energetickými zdroji, a s energií ekonomicky hospodaří.

Vodíkový **palivový článek** je primárním zdrojem energie pro tento autobus. Tento palivový článek má výkon 60kW a dosahuje účinnosti až 60 %. Vodík o hmotnosti přibližně 20kg je pro tento autobus je uskladněn ve střešní nástavbě autobusu ve čtyřech vysokotlakých kompozitních nádobách o celkovém objemu 820 l při 350 barech.

Sekundární zdroj, jímž jsou čtyři, sérioparalelně řazené **ultrakapacitory** o celkové kapacitě 18F a přibližně při napětí 700V, mají výkon asi 200 kW a asi 1.2 kWh. Ultrakapacitory mají za úkol pokrývat proudové špičky při rozjezdech autobusu a pohlcovat elektřinu vyrobenou při brzdění.

Druhým sekundárním zdrojem jsou **Li-ion baterie** s kapacitou 10 kWh a 40 kW výkonem. Ty slouží k udržování konstantního stabilního napětí pro autobus.

4.3 Využití kombinace pohonných jednotek

Pohonnou jednotkou trihybusu je střídavý asynchronní elektromotor, ke kterému jsou paralelně připojeny jeho tři napájecí zdroje (palivový článek, ultrakapacitory a baterie). Asynchronní motor umožňuje motorický i generátorský provoz a má větší účinnost než stejnosměrný motor.

4.4 Interiér

Interiér autobusu je v podstatě stejný jako u každého jiného autobusu, ale má několik změn. Uprostřed autobusu u stropu je připevněn monitor zobrazující pohyb energií, které autobus vydává nebo naopak přijímá. Cestující na tomto monitoru mohou vidět, kdy a kolik elektrické energie vydávají baterie, kolik ultrakapacitory a kolik elektřiny dodá autobusu palivový článek. Mohou vidět, jak se při brzdění baterie a ultrakapacitory dobíjejí. Interiér u řidiče doznal na rozdíl od běžného autobusu větších změn než prostor pro cestující. Přibylo tu několik zobrazovačů různých informací a naopak úplně zmizela řadicí páka i pedál spojky. Řidič má display, na kterém vidí, kolik energie v jakém zdroji má a podle toho přizpůsobuje styl jízdy. Vidí zde i poruchy na různých částech autobusu a jakou rychlostí se točí hřídel

motoru. Zbytek interiéru řidiče je stejný jako u běžného autobusu, takže tu máme kontrolky, tachometr nebo třeba počet ujetých kilometrů.

4.5 Technické parametry

Hmotnost autobusu je celých čtrnáct tun a na délku měří autobus dvanáct metrů. Tato kombinace délky a váhy je skoro stejná jako u normálního autobusu, jen s tím rozdílem že Trihybus je přibližně o 2-3 tuny těžší. Maximální rychlost autobusu je 65 km v hodině, která je elektronicky omezena při spotřebě vodíku 7.5 kg na 100 km, což se rovná 20l nafty na 100 km. Doba natankování tohoto autobusu je 10 minut a na plnou nádrž dokáže autobus ujet 250 až 300 km. Podvozek autobusu dodala francouzská společnost Iveco Irisbus Citelis. Typ vodíkového palivového článku je PEM.

4.6 Provoz autobusu

Provoz tohoto autobusu je v současné době finančně náročný vzhledem k drahé výrobě vodíku, který se zatím nejekonomičtěji vyrábí ze zemního plynu, ale i přes to je to velice drahá záležitost. Další vedlejší finanční zátěží je vytápění garáže pro autobus, protože pokud by v garáži, kde je tento autobus zaparkován, klesla teplota pod bod mrazu, hrozilo by zamrznutí autobusu a zničení spousty důležitých částí pro jeho provoz. Velkým mínusem pro cestující bude jistě fakt, že v zimním období autobus prakticky netopí; kvůli elektropohonu nemá topit čím.

4.7 Řízení autobusu

Řízení autobusu je vesměs jednoduché, nemusíte sešlapávat spojku při rozjezdu, proto tu tento pedál úplně chybí. Příjemná je i absence řadicí páky, takže stačí sešlápnout pedál plynu a jedete. Na druhou stranu je to nezvyk a musíte s tímto stylem řízení chvíli „bojovat“, abyste nehledali řadicí páku a spojkový pedál. Brzdění autobusu je z poloviny vyřešeno elektronicky, což umožňuje dobíjení ultrakapacitorů a baterií pomocí hnacího motoru autobusu. Druhou polovinu brzdové soustavy zajišťují klasické kotoučové brzdy, na které se systém autobusu sám přepne při intenzivním brzdění.

5. Budoucnost

5.1 Výroba vodíku v budoucnosti

Výroba vodíku v budoucnu směřuje k využití jaderných reaktorů IV. generace, které by mohly umožnit masovou výrobu tohoto paliva, a tím by mohl vodík konkurovat ropě. Vzhledem k tomu, že vodík je sám o sobě naprosto ekologický a z jeho výparů vzniká pouze voda respektive vodní pára a tak jen zbývá vyřešit problém s co možná nejekologičtější výrobou vodíku. Ovšem i tento problém je velice komplikovaný a vynakládá se veliké úsilí na

to, aby byl vyřešen. Proto se vědci vydali cestou jaderných reaktorů, která se zdá být nejen neúčinnější, ale také neekologičtější z prozatímních možností výroby H₂.

5.2 Výroba automobilů spalujících vodík

Vodíkem poháněná vozidla nejsou jen konstrukce autobusů a není to jenom projekt Trihybusu, ale i spousta dalších firem vyvíjí vozidla na vodík, především osobní automobily. Automobily na vodíkový pohon se dělí do dvou skupin, jsou to vozidla s hybridním spalovacím motorem, který je schopen spalovat jak vodík, tak i jiná paliva, většinou hlavně v kombinaci s benzinem. Druhou skupinou jsou automobily, které také využívají hybridního pohonu, avšak v kombinaci palivového článku a baterie. Výrobou takovýchto automobilů se zabývá v současné době populární německá automobilka BMW nebo Audi. Tohoto odvětví se postupně začíná prodírat i Citroen, Škoda auto, nebo například Opel či Mitsubishi.

6. Anketa

6.1 Popis

Naším cílem této ankety bylo zjištění několika faktů, co si o tom lidé myslí, zda-li by do tohoto autobusu vůbec nastoupili, kdyby přijel na zastávku apod. Z výsledků ankety je poznat, že většina lidí v České republice již o tomto autobusu někde zaslechla, což je pro nás menším zaskočením. Čekali jsme opak. Zde je ukázka ankety, kterou jsme umístili na naše školní webové stránky a zároveň jsme anketu propagovali na ulicích.

6.2 Výsledky

Rozhodli jsme se, že zároveň s projektem připravíme malý průzkum, co si lidé o tom myslí a zda vůbec o tomto autobuse někde slyšeli. Anketu jsme prováděli on-line na stránkách naší školy (<http://www.issnp.cz/>) a současně jsme dávaly otázky lidem na ulicích. Výsledky nejsou konečné. Anketa bude dále probíhat do prezentace projektu, potom již bude uzavřena. Ankety se zúčastnilo celkem 106 lidí a jejich odpovědi zněly takto:

Otázka číslo	Počet odpovědí			
	A	B	C	D
1	56	34	12	4
2	52	30	16	1
3	18	52	29	2
4	7	31	41	23

Tyto výsledky byly spočítány 22. ledna 2010.

U první otázky, která byla zaměřena na výrobu energie z vodíku, nejčastěji respondenti hlasovali pro odpověď „A“.

Věděli jste o tom, že již existuje princip výroby energie z vodíku, který je novou alternativou paliva pro automobily?

a) *Ano, již jsem o tom slyšel, jsem informovaný*

U otázky č. 2 jsme se ptali, zda je TRIHYBUS bezpečný. Nejčastější odpovědí byla odpověď „A“.

*Myslíte si, že je Trihybus **bezpečný** vzhledem k informacím, které dosud máte, a jezdili byste s ním třeba do práce?*

a) *Ano, zdá se mi bezpečný, rád se svezu*

Otázkou č. 3 jsme zjišťovali, jestli by si respondenti pořídili automobil na vodík. Lidé na tuto otázku odpovídali nejčastěji zvolením druhé možnosti, tedy možnost „B“.

*Pokud cena vodíku bude adekvátní ceně ropných paliv a cena nového automobilu na vodík bude přijatelná, **pořídili byste si automobil** na tento pohon?*

b) *Možná si takové auto v budoucnu pořídím*

U poslední otázky č. 4 se lidé shodli na možnosti „C“. Zde jsme se ptali, jaký mají pocit z toho, že by byly vodíkové automobily masově nasazeny.

Pokud se zkušební provoz vodíkového autobusu osvědčí a dojde k masovému nasazení autobusů a automobilů do dopravy, domníváte se, že to bude mít podstatný vliv na současný vývoj klimatu na Zemi, zatížený fosilními palivy?

c) *Nevím, záleží na míře znečištění průmyslem a výrobou*

7. Celkové hodnocení

7.1 Srovnání

Pokud začneme porovnávat alternativní pohon budoucnosti – vodík s klasickým palivem dnešní doby, benzinem či naftou, zjistíme, že vodík je jednoznačně více ekologický než jakýkoliv jiný druh paliva, a to z důvodu emisí, které vodík má nebo spíše nemá. Jedinou

látkou, která se do ovzduší dostává, je voda v plynném stavu neboli pára. Je zde sice otázka, jak se tento výpar z autobusu bude chovat v zimě. Při velmi nízkých teplotách by se mohla pára přeměňovat přímo na led, a to by dělalo za autobusem doslova kluziště. Výzkum autobusu, který bude trvat asi dva roky, má ukázat na to, jestli bude tento problém realitou či jen naší domněnkou. Pokud se přijde na tento problém, nebude pro výzkumné centrum tento problém nevyřešitelný a hravě si s ním poradí.

7.2 Výhody a nevýhody

Jednou z největších výhod, proč se tento druh energie znovu objevuje, jsou nulové výpary z palivových článků. Když porovnáme bezpečnost naftového nebo benzinového a vodíkového pohonu, začneme asi mít obavy, ale nemusí být tak velké. Pokud by se event. stala nehoda, vodík by začal unikat z vozidla nebo autobusu do ovzduší. Výbuch by byl sice větší než z klasických paliv ale šel by směrem vzhůru, tudíž nemusíme mít tak velké obavy (obr. 1). Současnou nevýhodou je výroba vodíku, která probíhá za účasti fosilních paliv. V budoucnosti se počítá s výrobou vodíku, která bude probíhat pomocí jaderného reaktoru, ale tato možnost je zatím ve výzkumu a je to otázka několika let nebo dokonce měsíců.

8. Závěr

8.1 Čestné prohlášení

Tímto prohlášením potvrzují, že jsme na tento projekt použili pouze své vlastní texty vytvořené námi, a fotografie pořízené při exkurzi. Toto neplatí u fotografií č.1, 3, 4, 5 a 6, které jsou pořízené z internetových stránek.

Rádi bychom chtěli poděkovat našemu koordinátorovi panu Ing. Malému, který nás motivoval k tomuto projektu a jsme mu vděční za pomoc při vypracování a také za to, že nám zprostředkoval setkání s hlavním vedoucím projektu TRIHYBUS Ing. Janíkem, kterému také děkujeme za vyčerpávající exkurzi.

9. Příloha

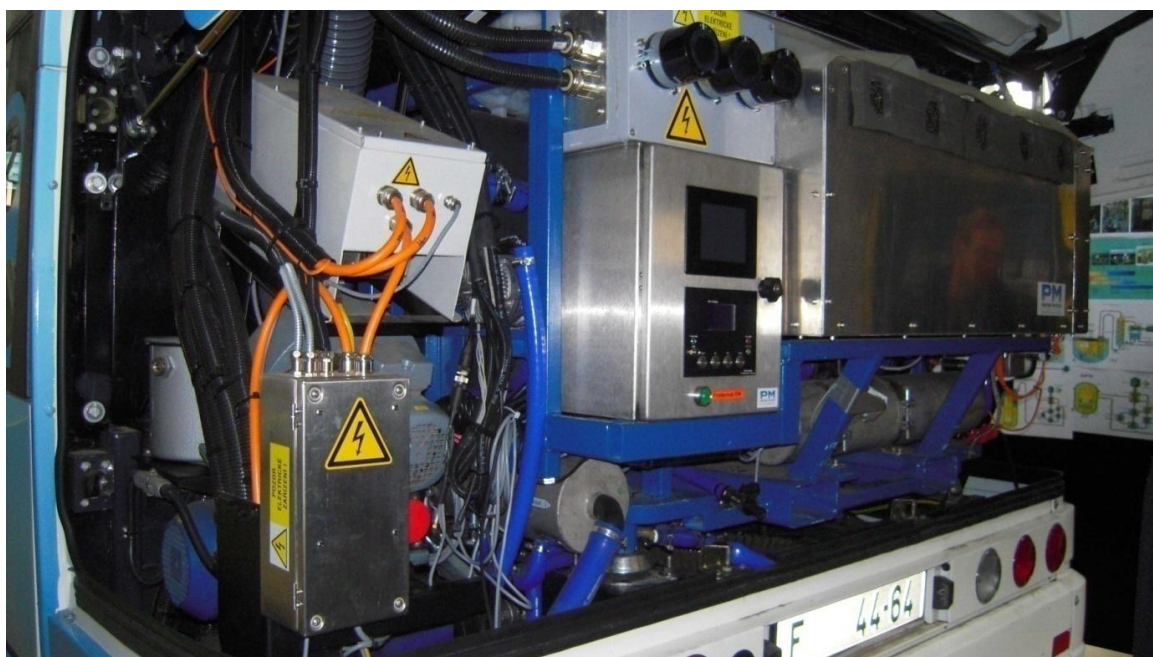
9.1 Fotogalerie



Obr. 7 – vodíkový autobus - TRIHYBUS



Obr. 8 – střecha autobusu (elektronika, kapacitou, nádrže na vodík)



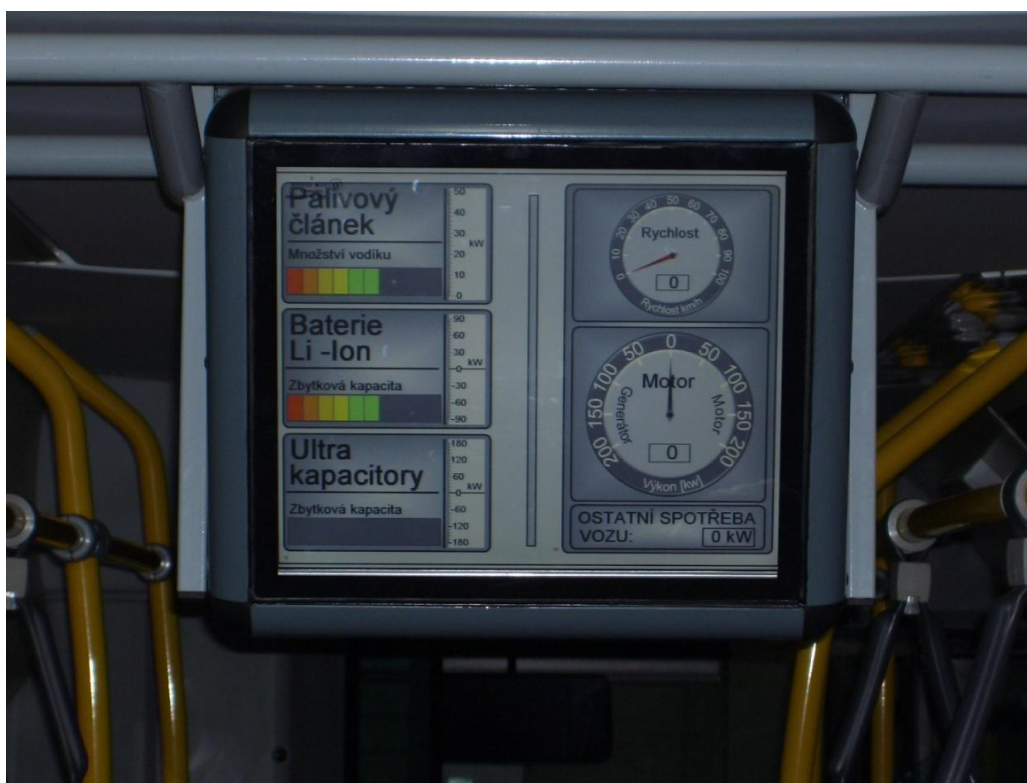
Obr. 9 – palivový článek



Obr. 10 – plnění nádrží, Ing. Luděk Janík – vedoucí projektu



Obr. 11 – interiér autobusu

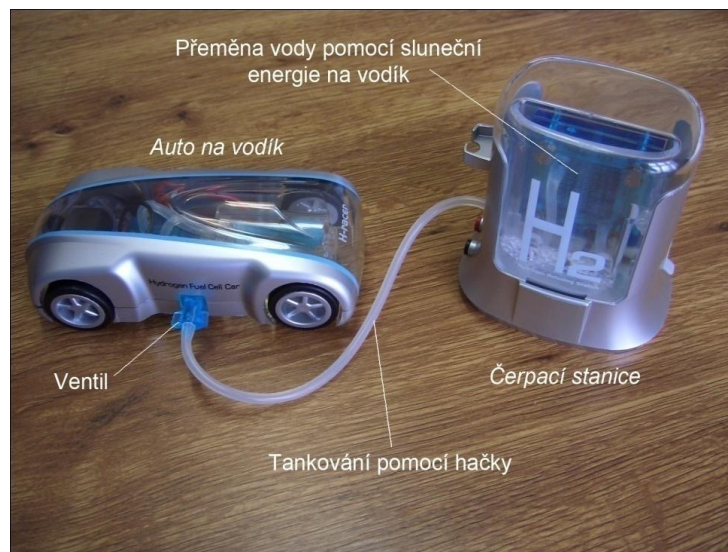


Obr. 12 – informativní LCD panel pro cestující

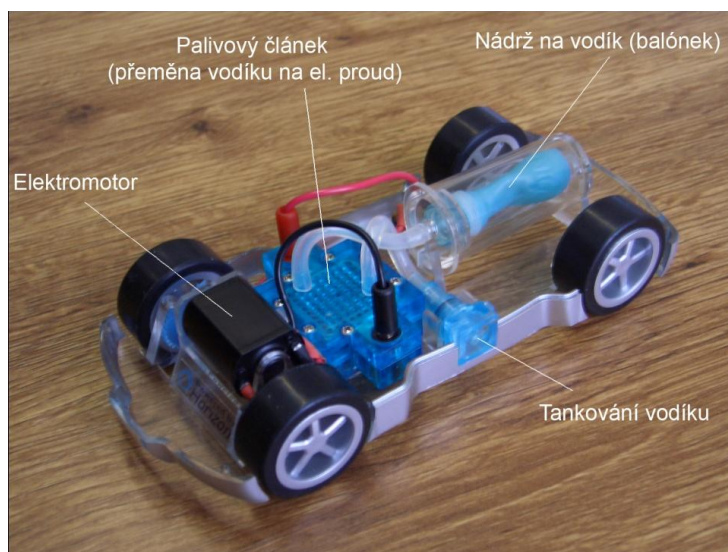
9.2 Prezentace autíčka

Při návštěvě ÚJV jsme dostali jako vánoční dárek od pana Ing. Janíka autíčko na vodík, které se dá běžně zakoupit. Byli jsme velice překvapeni. Autíčko jsme vyndali z krabice a sestavili ještě dříve, než jsme dojeli domů.

Auto funguje jako předváděcí model, jak z vodíku vyrobit el. proud, který bude pohánět elektromotor. Výroba vodíku pracuje na principu elektrolýzy. Do čerpací stanice se nalije voda, nejlépe destilovaná (pro větší životnost článku) a buď pomocí solárního panelu dodaného k autu, nebo přímo z tužkových baterií lze vyrobit elektrolýzou vodík, který se rovnou čerpá do autíčka. Proces trvá cca 10 minut a auto je schopné poté jezdit asi 3 minuty.



Obr. 13 – popis čerpací stanice a vodíkového autíčka



Obr. 14 – popis vodíkového autíčka

9.3 Anketa TRIHYBUS

Od Nového roku 2010 bude jezdit ve zkušebním provozu v Neratovicích první český autobus s vodíkovým pohonem. Jmenuje se Trihybus, neboť jeho pohyb zajišťují tři zdroje – palivový článek, který z vodíku vyrábí el. proud, lithiová baterie a ultrakapacitory. Vlastním pohonem je elektromotor a místo jedovatých spalin se do okolí vypouští maximálně vodní pára.

Otázka č.1:

Věděli jste o tom, že již existuje princip výroby energie z vodíku, který je novou alternativou paliva pro automobily?

- b) Ano, již jsem o tom slyšel, jsem informovaný
- c) Něco jsem o tom zaslechl
- d) Ne, nic o tom nevím
- e) Vůbec mě to nezajímá

O vodíku se říká, že s kyslíkem tvoří výbušnou směs. Pevnostní uhlíkové zásobníky jsou umístěny na střeše autobusu a jsou konstruovány až na 1000 atmosfér. Plní se jen na 1/3 tlaku. Při úniku do prostor se však velmi rychle rozplyne.

Otázka č.2:

Zdá se vám s tím, co dosud víte, že je Trihybus **bezpečný** a jezdili byste s ním třeba do práce?

- c) Ano, zdá se mi bezpečný, rád se svezu
- d) Zkusím to, ale budu mít určité obavy
- e) Možná to někdy zkusím, vyčkám, co na to řeknou ostatní
- f) Ne, vodík je nebezpečný, ani do něj nevlezu

Samotný vodík se zatím vyrábí hlavně spalováním zemního plynu. Plánuje se však výroba za pomoci nového jaderného reaktoru, a to levně a ekologicky.

Otázka č.3:

Pokud cena vodíku bude adekvátní ceně ropných paliv a cena nového automobilu na vodík bude přijatelná, **pořídili byste si automobil** na tento pohon?

- a) Ano, pořídil bych si takové auto ihned
- b) Možná si takové auto v budoucnu pořídím
- c) Nevím, ještě to zvážím s jinými alternativami
- d) Ne, nikdy, raději budu chodit pěšky nebo jezdit na kole

Otázka č.4:

Pokud se zkušební provoz vodíkového autobusu osvědčí a dojde k masovému nasazení autobusů a automobilů do dopravy, domníváte se, že to bude mít podstatný vliv na současný vývoj klimatu na Zemi, zatížený fosilními palivy?

- a) Rozhodně ano, zlepšení pocítíme brzo
- b) Možná, ochrání to přírodu alespoň z části

- c) Nevím, záleží na míře znečištění průmyslem a výrobou
- d) Ne, příliš to neovlivní, pozemní doprava je jen kapkou v moři celkového znečištění planety

Obsah

1. Úvod	1
1.1 Proč jsem si projekt vybral	1
1.2 Stručná charakteristika projektu	1
1.3 Historie	1
1.4 Co je to vodík	2
1.5 Návštěva ÚJV	2
2. Výroba vodíku	3
2.1 Jak a z čeho se vodík vyrábí	3
2.2 Jak se uskládňuje	3
3. Palivové články	4
3.1 Jak funguje palivový článek	4
3.2 Druhy palivových článků	4
3.3 Výroba a náklady na výrobu článků	5
4. TRIHYBUS	5
4.1 Výrobce a výzkum autobusu	5
4.2 Tři zdroje, které autobus využívá	5
4.3 Využití kombinace pohonných jednotek	5
4.4 Interiér	6
4.5 Technické parametry	6
4.6 Provoz autobusu	6
4.7 Řízení autobusu	6
5. Budoucnost	7
5.1 Výroba vodíku v budoucnosti	7
5.2 Výroba automobilů spalující vodík	7
6. Anketa	7
6.1 Popis	7
6.2 Výsledky	7
7. Celkové hodnocení	9
7.1 Srovnání	9
7.2 Výhody a nevýhody	9
8. Závěr	9
8.1 Čestné prohlášení	9

9. Příloha	1
9.1 Fotogalerie	1
9.2 Presentace autíčka	4
9.3 Anketa TRIHYBUS	5