



Středoškolská technika 2012

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Uplatnění vodíkového palivového článku

Michal Hloušek

ISŠ Nová Paka
Kumburská 846, Nová Paka

Využití vodíkových palivových článků

Michal Hloušek, Integrovaná střední škola – Kumburská 846, 509 31 Nová Paka, 2011-2012, Hloušek.Michal@email.cz

1. Úvod

1.1 Proč jsem si zvolil toto téma

Hlavním důvodem, proč jsem si právě toto téma zvolil, je můj osobní zájem o tuto problematiku. Jelikož jsem chtěl svých znalostí ohledně palivových článků nějak využít, přihlásil jsem se prostřednictvím nabídky p. Ing. Malého na letošní projekt ENERSOL 2012. Mým původním úmyslem bylo palivový článek také vyrobit, to jsem ale vzhledem k mému časovému zaneprázdnění zamítl a projektu ENERSOL se tedy zúčastním pouze s teoretickou odbornou prací o palivových člancích, u kterých je palivem vodík.

1.2 Charakteristika tohoto projektu

Tímto projektem bych rád ukázal na problematiku ohledně palivových článků, kde palivem je vodík. Rád bych především poukázal na využití těchto palivových článků v praxi a ekologii palivových článků. Lehce se zde zaměřím i na výrobu a skladování vodíku pro palivové články, jelikož je tato část nezbytná pro funkci vodíkových palivových článků. Termín „vodíkový“ však není v tomto případě užít doslova, jelikož palivové články samozřejmě nejsou vyrobeny z vodíku, ale v této odborné práci jsem tohoto termínu využil proto, abych palivové články, jejímž palivem je vodík, odlišil od ostatních palivových článků.

1.3 Exkurze v Ústavu jaderného výzkumu Řež a.s.

Touto podkapitolou bych také rád zmínil, že jsem letos měl tu čest navštívit Ústav jaderného výzkumu v obci Řež. Tato exkurze, kterou zprostředkoval pro naši školu p. Ing. Malý, se pro mě stala jedním z podstatných zdrojů informací. Dozvěděl jsem se spoustu zajímavých informací ohledně aktuálně testovaného reaktoru třetí generace, který je zde testován a vyvíjen. Tento typ reaktoru by mohl být do budoucna levným zdrojem výroby vodíku, kterého by bylo možno využít právě pro palivové články. Dále jsem se dozvěděl spoustu zajímavých informací ohledně autobusu TriHyBus jezdícího na vodíkový palivový článek (viz kapitola 3.3), který byl touto společností podporován. Měli jsme zde možnost získat zajímavé podklady a materiály, které se týkaly těchto a různých jiných projektů které jsou aktivitami ÚJV Řež. Setkali jsme se zde také se zajímavými osobnostmi této společnosti jako p. Ing. Petr Dlouhý nebo pí. Jarmila Sucurová. Také bych rád podotknul, že jsem získal velmi zajímavé materiály určené ke stavbě vodíkových palivových článků (v AJ).



Obr.1 Vstupní brána do Ústavu jaderného výzkumu Řež a.s.

1.4 Co je to vodík

Vodík je zatím nejlehčím a nejjednodušším chemickým prvkem, který tvoří převážnou část hmoty ve vesmíru. Jeho chemickou značkou v periodické tabulce prvků je H, tedy v latině Hydrogenium. Je to bezbarvý plyn nízké hmotnosti bez chuti a zápachu, který je hořlavý, ale samotné hoření nepodporuje. Hoří namodralým plamenem. Ve srovnání se vzduchem je vodík údajně 14,38krát lehčí a sedminásobně tepelně více vodivý než vzduch. Dále má z fyzikálního hlediska šesterečnou strukturu a hustotu $0,0899\text{kg/m}^3$. Teplota tání vodíku $-259,1^\circ\text{C}$ a teplota varu vodíku je $-252,9^\circ\text{C}$.

1.5 Co je to vodíkový palivový článek

Vodíkový palivový článek je palivový článek, jehož palivem je vodík. Druhů těchto palivových článků je více. Tyto druhy a vše, co se týče těchto palivových článků, je uvedeno ve druhé kapitole „Vodíkové palivové články“.

1.6 Historie vodíkových palivových článků

Už v roce 1838 byl objeven princip palivového článku švýcarským vědcem Christianem Friedrichem Schönbeinem. Tento princip popsal ve své publikaci, která vyšla začátkem roku 1839. Na základě Schönbeinových teorií byl později sestaven první fungující prototyp sirem Williamem Groveem. Termín „Palivový článek“ byl však poprvé použit až v roce 1889. Po vynálezu dynamu vědcem Wernerem von Siemensem v roce 1866 upadl palivový článek částečně v zapomnění. V 60. letech 20. století získal palivový článek opět popularitu kvůli svému výhodnějšímu poměru energie/hmotnost. V těchto letech byl palivový článek využit v kosmických lodí programu Apollo, kde se využívají dodnes. V těchto raketoplánech se používají vodíko-kyslíkové články o výkonu 7kW a ve špičkovém výkonu až 12kW. Po druhé světové válce bylo využito palivových článků také u vojenských plavidel, kde se nejprve používaly palivové články o výkonu 30kW, později pak 120kW. V letech 2005-2008 byla zprovozněna první vodíková dálnice s názvem HyNor na území Norska o délce 560km. V současné době se vodíkové palivové články využívají zejména jako zdroj energie jak v dopravních prostředcích, tak i v domácnostech, již uvedených kosmických lodích a dalších variantách.

2. Vodíkové palivové články

2.1 Základní rozdělení druhů vodíkových palivových článků

a) AFC (Alkaline Fuel Cell) neboli alkalický palivový článek je palivový článek s alkalickým elektrolytem složený z roztoku alkalického hydroxidu (NaOH, KOH). Reakce zde probíhají při nízké teplotě zhruba 90°C. Tento typ palivového článku patří mezi nejstarší palivové články vůbec. Tyto články byly vyvíjeny pro kosmické účely, jelikož zde probíhá kyslíko-vodíková reakce a jako odpadní produkt je voda. Pro tyto účely je velmi výhodný díky možnosti dalšímu využití této odpadní vody. Hodnota provozní teploty těchto článků je v rozmezí od 20°C až do bodu varu vody, tedy 100°C. Při této teplotě vykazují články tohoto typu účinnost 60 – 70%. Maximální účinnosti, tedy zhruba 70%, dosahují většinou jen při vesmírných aplikacích. Napětí těchto článků je 1,2V, proto se pro větší výkon tyto články skládají do bloku, tzv. stacku. V současné době se tyto typy palivových článků v blocích vyrábějí až do řádu kW. Jako katalyzátoru je zde možno použít různých materiálů, jako je platina, nikl, stříbro nebo ušlechtilé kovy.

b) PEMFC, PEM (Proton Exchange Membrane Fuel Cell), tedy palivový článek s polymerním elektrolytem, většinou se jedná o sulfonované fluoropolymery, tedy materiál nazvaný Nafion®. Princip těchto palivových článků spočívá v tom, že propustí pouze jádra vodíku (protony). Jako palivo zde lze užít vodík nebo metanol a jako okysličovadlo se zde používá kyslík nebo vzduch. Pracovní teploty tohoto typu palivového článku se pohybují kolem 60 až 90°C. Tyto palivové články se nejčastěji díky své nízké pracovní teplotě a značné hustotě výkonu používají jako zdroj energie pro dopravní prostředky. Jako katalyzátor se zde využívá materiálů jako platina nebo slitiny platinových kovů. Tento typ palivového článku požaduje velmi vysokou čistotu vstupních plynů, jelikož už nepatrná nečistota, zejména tvořená určitým podílem oxidů uhlíku, snižuje výkon těchto článků.

c) PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell) je dalším typem palivového článku s kyslíko-vodíkovou reakcí. Rozdílem mezi ostatními palivovými články je, že tento typ palivového článku využívá elektrolytu na bázi kyseliny fosforečné s grafitovými porézními elektrodami a platinovým povlakovým katalyzátorem. Pracovní teplota těchto článků se pohybuje mezi 160 až 220°C. Tyto typy palivových článků se nejčastěji využívají pro výrobu elektřiny v nemocničních, kancelářských a dalších zařízeních. Oproti ostatním palivovým článkům mají však nejen malý výkon a proud, ale i hmotnost, a to se může mnohdy stát rozhodujícím elementem pro další využití v praxi.

d) MCFC (Molten Carbonat Fuel Cell) – tentokrát se jedná o vysokoteplotní palivový článek (viz obr.2), u kterého se jeho pracovní teploty pohybují mezi 600 až 700°C. Oproti všem nízkoteplotním vodíkovým palivovým článkům dosahuje tento výrazně vyšší účinnosti, která může dosahovat až 60% při normálních podmínkách. Palivem v těchto článcích může být vodík, metan nebo také karbonský plyn. Článek dostal své jméno podle materiálu, ze kterého je složen jeho elektrolyt, tedy roztavený uhličitan alkalického kovu. Tyto palivové články se díky svým vysokým pracovním teplotám a účinnosti využívají pro průmyslovou výrobu páry a zároveň elektřiny např.: v tepelných elektrárnách.

e) SOFC (Solid Oxid Fuel Cell) je článkem, kde se využívá keramika jako elektrolyt. Tento elektrolyt má však také mnoho výhod, například bych uvedl, že nevyvolává korozi, což je velmi hodnotné plus. Tento typ palivových článků však patří do vysokoteplotních, a tak pracovní teplota tohoto článku dosahuje teploty až 1000°C. Při těchto teplotách je však další výhodou to, že nemusí být pro spalování použito velmi čistého vodíku a také že výstupní vodní páry by v praxi bylo možné použít pro další aplikace jako například průmyslové vytápění domácností. Je zde také možno přivádět na anodu různé druhy paliv, jako je vodík

(nemusí být čistý), metan či oxid uhelnatý. Elektrická účinnost je zde závislá na tlaku paliva a reakčního činidla. Pohybuje se tedy zhruba od 45% do 60%.

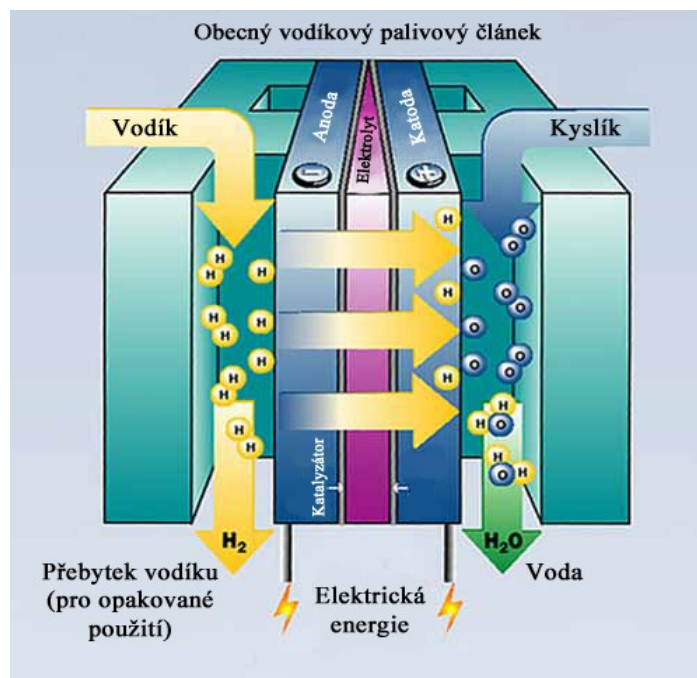
2.2 Zmínka o dalších druzích palivových článků

Většina typů palivových článků využívá jako paliva právě vodíku, existuje však jeden typ palivového článku, který využívá jako palivo výhradně metanol, a to typ DMFC (Direct Methanol Fuel Cell). Patří mezi nízkoteplotní palivové články, kde se jeho provozní teplota pohybuje mezi 60 až 100°C. Elektrická účinnost u těchto palivových článků je kolem 40%. Výhodou u tohoto typu palivového článku je, že u něho nejsou problémy se skladováním paliva jako u vodíkových palivových článků. V dnešní době jsou tyto palivové články využívány jako agregáty a zdroje elektrické energie pro různá přenosná, mobilní a další zařízení.



Obr.2 Vodíkový palivový článek typu MCFC o výkonu 250kW

2.3 Princip funkce vodíkového palivového článku



Obr.3 Princip funkce vodíkového palivového článku

V každém vodíkovém palivovém článku dochází k tzv. elektrochemické reakci, při které vzniká elektrická energie (viz obr3). Tato elektrochemická reakce je závislá na přivádění paliva k záporné elektrodě (anodě) a oxidačního činidla ke kladné elektrodě (katodě). U vodíkových palivových článků slouží jako palivo samozřejmě vodík (nejčastěji v plynném skupenství) a jako oxidační činidlo kyslík (nejčastěji ze vzduchu). Rád bych ale podotkl, že může být u vodíkových palivových článků využito jako paliva či oxidačního činidla i jiných chemických prvků, které jsem uvedl v kapitole 2.1 u jednotlivých typů vodíkových palivových článků. Pokud je tedy u palivového článku umožněn přístup paliva a oxidačního činidla, pak se oxidační činidlo (kyslík) na katodě redukuje na anionty (O^{2-}), které pak reagují s kladnými ionty paliva, tedy vodíku (H^+) na vodu. Při postupu kladných iontů vodíku přes anodu, katalyzátor, elektrolyt a katodu k oxidačnímu činidlu vzniká elektrická energie. Elektrické napětí vyvinuté jedním palivovým článkem však není příliš velké, většinou se tato hodnota napětí pohybuje kolem 1 až 1,23V, to však je závislé na kvalitě paliva a zpracování palivového článku. Při vyrábění elektrické energie ve vodíkových palivových člancích vzniká jako odpadní produkt přebytek vodíku, který je však možný znovu využít pro výrobu elektrické energie, dále zde vzniká voda která je však ekologicky šetrným odpadním produktem, a tepelná energie, která může být v praxi také využita např. pro vytápění.

2.4 Z čeho se vodíkový palivový článek skládá

Základními komponenty palivových článků jsou:

Kladná elektroda (katoda) a záporná elektroda (anoda), které bývají nejčastěji zhotoveny z různých kovů či grafitu. Jejich materiál se však určuje podle typu daného palivového článku a podle druhu aplikovaného paliva či oxidačního činidla v palivovém článku.

Elektrolyt či polymerní membrána – ty slouží pro oddělení kladné a záporné elektrody a propouští ionty (protony) použitého paliva do katody, kde tyto ionty reagují s anionty oxidačního činidla. Jako elektrolyt se využívá různých materiálů pevného, kapalného či plynného skupenství.

Katalyzátor – ten se však vyskytuje pouze u těch typů palivových článků, jejichž pracovní teplota dosahuje nízkých hodnot. Většinou se jedná o vrstvu, kterou bývají potaženy elektrody palivových článků složenou většinou z ušlechtilých kovů, jako je paladium či platina. Materiál katalyzátoru se však volí dle typu reakce, kde plní funkci urychlení dané reakce.

2.5 Výroba palivových článků

Palivové články, ať už vodíkové nebo na jiný druh paliva, jsou pro sériovou výrobu ve větším formátu příliš drahé. Existuje však mnoho firem, které vyrábějí palivové články sériově, ale většinou v malé míře, jelikož se při výrobě palivových článků využívá velmi drahých materiálů, jako je např. platina. Další složitostí při výrobě palivových článků je samotný technologický proces výroby, který je složitý svými nároky na přesnost výroby a kvalitu zpracování.

2.6 Náklady na výrobu palivových článků

Technologická složitost jednotlivých typů palivových článků a dostupnost materiálů pro výrobu těchto článků se samozřejmě odráží také na výsledné finanční hodnotě těchto produktů. Při výrobě těchto článků se využívá drahých materiálů, jako je platina či paladium nebo různé chemické sloučeniny a další prvky. V současné době však některé typy palivových

článků začínají být pro veřejnost finančně dostupnějšími. Pokud se jedná o vodíkové palivové články, nesou s sebou další finančně nevýhodnou vlastnost, a to skladování vodíku. Skladování vodíku je prozatím technologicky náročné a finančně nešetrné, byť existuje více způsobů jak vodík uskladňovat. Pokud vezmeme na vědomí vyrobený vodík z ekonomického hlediska, pak zjistíme, že v dnešní době už je téměř ve stejné ekonomické hladině jako jiná běžně používaná paliva do spalovacích či vznětových motorů.

2.7 Kladné a záporné vlastnosti vodíkových palivových článků

Typ palivového článku	Kladné vlastnosti	Záporné vlastnosti
AFC	-nízká provozní teplota -možnost dalšího využití odpadní vody -vysoká elektrická účinnost	-malé napětí jednotlivého článku -drahé výrobní materiály -drahá technologie výroby -musí být použit výkonný katalyzátor -velká citlivost na CO ₂ -požadovaná čistota paliva
PEMFC	-je možno použít více druhů paliva (vodík, metanol) -je možno použít více druhů oxidačních činidel (kyslík, vzduch) -nízká provozní teplota -značná hustota výkonu -vysoká elektrická účinnost	-drahé výrobní materiály -drahá technologie výroby -požadovaná čistota paliva -citlivost na příměsi CO -malé napětí jednotlivého článku
PAFC	-malá hmotnost -dovoluje „spalovat“ plyny s CO ₂	-drahé výrobní materiály -drahá technologie výroby -vyšší pracovní teplota (nad 100°C) -malý elektrický výkon -citlivost na příměsi CO
MCFC	-vysoká elektrická účinnost -je možno využít více druhů paliv -možnost dalšího využití odpadních par	-vysoká pracovní teplota -dražší výrobní materiály -CO ₂ musí být veden v oběhu -drahá technologie výroby
SOFC	-keramický elektrolyt -není nutnost použití čistého paliva -možnost dalšího využití odpadních par -není nutné použití katalyzátoru -možnost použití více druhů paliv -dobrá elektrická účinnost	-vysoká pracovní teplota (1000°C) -drahá technologie výroby -drahé výrobní materiály -účinnost závislá na tlaku paliva a oxidačního činidla

3. Využití vodíkových palivových článků

3.1 Vodíkový palivový článek jako pohonná jednotka dopravních prostředků

V dnešní době najdeme ve světě mnoho možností aplikací různých typů palivových článků. Já se v této podkapitole však zaměřím na použití vodíkových palivových článků jako pohonných agregátů dopravních prostředků.

Jednou z prvních zmínek, kdy byl palivový článek využit v nějakém dopravním prostředku, sahá do roku 1959, kdy Harry Karl Ihrig sestrojil pro firmu Allis Chalmers traktor o výkonu 15kW s palivovým článkem typu AFC využívajícího jako elektrolyt KOH ([viz obr.4](#)). Hmotnost tohoto traktoru byla 1270kg a jako palivo zde sloužil stlačený propan. V šedesátých letech dvacátého století byl palivový článek vyvíjen zejména pro kosmické účely programu Apollo. Jednou z nejvýznamnějších aplikací vodíkových palivových článků je však aplikace v automobilovém průmyslu. Prvním automobilem využívajícím vodíkový palivový článek byl model Electrovan společnosti General Motors, ten byl představen v roce 1966 a mohl jet rychlostí až 100km/h. Elektromotor v tomto voze měl výkon 160kW. Vodík zde byl uskládňován v tekuté podobě stejně tak jako kyslík. Pro cestování tu zde však bylo místo sotva pro dva pasažéry. Poté se vývoj palivových článků rozmáhal do stále větších rozměrů. Dnes se pohonu vodíkových palivových článků věnuje velmi velké množství automobilek zvučných jmen jako Volkswagen, BMW ([viz obr.5](#)), Audi, Mercedes-Benz, Ford, GM, Honda, Mazda a spousta dalších. Vodíkové palivové články jsou v dnešní době aplikovány zřejmě na každém druhu dopravního prostředku. Další významnou roli hrají také v městské hromadné dopravě, kde se také uplatňují už dnes. Rád bych zde podotkl, že v dnešní době existuje také spousta firem, které se zabývají výrobou palivových článků pro autobusy jako UTC Power, Siemens-KWU, Ballard, Hydrogenics, Proton Motor a další.



Obr.4 Traktor pro firmu Allis Chalmers od Harryho Karla Ihriga z roku 1959



Obr.5 Nejrychlejší auto spalující vodík na světě od firmy BMW

3.2 Vodíkový palivový článek jako zdroj elektrické energie

Vodíkový palivový článek sám o sobě není zdrojem, nýbrž jen akumulátorem elektrické energie. Existuje však řada firem, které z jednotlivých palivových článků vyrábějí zdroje elektrické energie, schopných vyrábět elektrickou energii ve velkých výkonech, řádově v kilowattech. Tyto zdroje se používají a hlavně by se v budoucnu měly používat jako zdroje elektrické energie v domácnostech, průmyslu a dalších aplikacích. Dále pak jsou vyvíjeny vodíkové palivové články sloužící k napájení elektroniky, tj. mobilních telefonů, MP3 přehrávačů, notebooků atd. Tyto palivové články jsou vyvíjeny např. ve Fraunhoferově institutu pro spolehlivost a mikrointegraci v Berlíně (Německo) nebo také u japonského giganta, společnosti NTT DoCoMo. S další zajímavou věcí chce přijít v blízké době na trh společnost Panasonic, ta má v úmyslu za dva roky dovážet do Evropy palivové články pro výrobu elektrické energie pro domácnost. Výkon aktuálních článků vyráběných touto společností je 1kW, v budoucnu však chce Panasonic zvýšit výkon až na 3kW. Tyto systémy by se pak mohly v kombinaci například se solárními články využít i pro průmyslové účely a firmy by tak byly nezávislé na elektrické rozvodné síti. Tyto články Panasonic poprvé představil na japonském veletrhu spotřební elektroniky CEATEC.

3.3 Využití vodíkových palivových článků v ČR

U nás v České republice se většinou o palivových člancích pouze hovoří. Existuje však u nás hodně zájemců, kteří se této problematice věnují. Většinou to jsou studenti středních a vysokých škol, učitelé, vědci ale mohou to být i obyčejní lidé. Každou chvíli k nám přicházejí ze světa různé velmi zajímavé informace ohledně vodíkových palivových článků, které se za nedlouhou dobu stanou přístupnými a sehnatelnými produkty i pro nás. Aktuálně však i u nás se objevují první palivové články různých typů, a proto se u nás začíná tato problematika vcelku rozvíjet. Můžeme se však pyšnit také pyšnit jedním světovým unikátem, a to autobusem nazvaným TriHyBus. Tento autobus je zvláštní tím, že využívá tří zdrojů elektrické energie. Prvním z těchto zdrojů je palivový článek, který je pohonnou jednotkou celého autobusu. Druhým zdrojem jsou ultrakapacity, které pohlcují elektrickou energii vyrobenou při brzdícím procesu, a třetím zdrojem elektrické energie jsou Li-ion baterie, které udržují konstantní napětí v celém autobusu. Tento autobus je provozován v oblasti města Neratovice a na jeho vzniku se podílejí Ústav jaderného výzkumu Řež, Škoda Electric, Veolia a mnoho dalších společností.

Palivových článků, které by však byly volně prodejné pro soukromou potřebu u nás moc není, ale pokud se poohlédnete po našem trhu, jsou již k sehnání různé experimentální, ale fungující palivové články např. jako model automobilu či experimentálního palivového článku s odměrkami na palivo a svorkami pro různé laboratorní měření.

4. Ekologie vodíkových palivových článků

4.1 Jsou vodíkové palivové články ekologicky šetrné k životnímu prostředí?

Ano, vodíkové palivové články jsou velice šetrné k životnímu prostředí, ale pouze v provozních podmínkách. Emise z vodíkových palivových článků jsou zanedbatelné a odpadní látkou všech vodíkových palivových článků je voda (H_2O), která nijak neznečišťuje životní prostředí. Pokud palivový článek doslouží, není už podle mého názoru tak bezpečný (některé typy obsahují nebezpečné chemické sloučeniny). Aby se tato bezpečnost dodržela, měla by být zajištěna určitá bezpečnostní opatření, co se týče bezpečného a ekologicky

nezávadného skladování starého palivového článku. Až na našem území budou tyto vodíkové palivové články běžné, myslím, že pro ně budou zřízena specializovaná sběrná místa či minimálně bezpečnostní vyhlášky o skladování palivových článků. Teoreticky je možné, že některé části palivových článků budou recyklovatelné proto je také možné že se budou použité staré palivové články vykupovat podobně jako v dnešní době autobaterie.

4.2 Porovnání vodíkového pohonu dopravních prostředků s běžnými pohony z hlediska ekologie

Pohon dopravních prostředků na vodíkové palivové články považují do budoucna za velmi perspektivní. Oproti běžně používaným pohonům má vodíkový palivový článek značně ekologicky pozitivnější vlastnosti, které jsou pro budoucnost lidstva zásadní. Tento typ pohonu má však i své značné (prozatímní) nevýhody a to složitost technologie výroby palivových článků, používání drahých materiálů a také poměrně technologicky složitá výroba samotného vodíku a jeho skladování. Používáním benzínových (spalovacích) a naftových (vznětových) motorů však škodíme svému životnímu prostředí a spolu s různými dalšími zdroji skleníkových plynů k tomu dále přispíváme. Existují však již i určitá opatření, která tento problém zčásti řeší, jako je například povinná emisní kontrola u automobilů nebo v podobě ekologické daně určené hodnoty dle třídy emisního limitu EURO.

5. Budoucnost

5.1 Výroba vodíku v budoucnosti

V současné době je výroba vodíku celkem ekonomicky nákladná, ale podle mého názoru se v budoucnosti přijde na způsob, jak vodík vyrobit ve stejné nebo ještě lepší cenové hladině, než je nafta, benzín nebo LPG. Pokud přijdeme na tento levnější způsob, bude poté vyřešen problém s nedostatkem fosilních paliv a bude tak umožněno nadále využívat dopravních prostředků. Využívání vodíkových palivových článků v dopravních prostředcích by mělo být nejen ekonomické, ale také ekologicky šetrné.

5.2 Výroba vodíkových palivových článků v budoucnosti

Výroba palivových článků je v současné době velmi drahá a probíhá při náročném technologickém postupu, ve kterém se také musí dbát na přesnost zpracování těchto článků. Tato výroba je ekonomicky náročná zejména používáním velmi drahých materiálů. Pokud se v budoucnu přijde na levnější, jednodušejší získatelné materiály pro výrobu vodíkových článků sníží se také jejich cena a zvýší produkce. Tyto palivové články by pak byly používány pro dopravní prostředky, a pokud by jejich pracovní teplota byla nízká, tak i pro různé mobilní zařízení a elektrické spotřebiče. Aplikace vodíkových palivových článků jsou však vždy závislé na svých vlastnostech.

5.3 Využití vodíkových palivových článků v budoucnosti

Vodíkové palivové články se dnes používají jako zdroj pohonné jednotky, který v dopravním prostředku vyrábí elektrickou energii pro elektromotor, jenž je pohonným agregátem tohoto dopravního prostředku. Dále se používají jako zdroje elektrické energie v domácnostech či v průmyslu. Některé typy palivových článků mohou sloužit i jako zdroj tepelné energie. Také existují i aplikace palivových článků v elektronických přístrojích, jako je mobilní telefon, MP3 přehrávač nebo notebook. Vyrábí se také vodíkové palivové články

pro laboratorní a výzkumné účely. Jako zdroj elektrické energie využívají také vodíkové palivové články kosmické rakety společnosti NASA, pro kterou mimo to pracuje a pracovalo mnoho významných vědců, kteří se touto problematikou palivových článků zabývali.

Věřím, že možnosti aplikací budou v budoucnosti dále stoupat a podaří se vytvořit revoluci v obnovitelných zdrojích elektrické energie.

6. Závěr

6.1 Závěrečné prohlášení

Myslím, že cesta vývoje vodíkových palivových článků bude ještě dlouhá, ale v praxi by se tyto články mohly využívat už zanedlouho. Závěrem bych také rád připomenul, že jsme byli s panem učitelem Ing. Malým také v kontaktu s: Ing. Martin Paidar, Ph.D, z Ústavu anorganické technologie, VŠCHT Praha

S panem Ing. Martinem Paidarem, Ph.D jsme diskutovali ohledně možnosti zakoupení membrány pro vodíkový palivový článek (typ PEMFC). Tato diskuze měla být podnětem ke stavbě tohoto typu palivového článku, ale z nedostatku časového prostoru z tohoto projektu prozatím sešlo.

Během tvorby projektu a také během různých exkurzí konaných naší školou jsem získal ohledně problematiky vodíkových palivových článků (a jiných problematik) mnoho zajímavých zkušeností a informací. Studium problematiky vodíkových palivových článků jsem se dozvěděl informace, o kterých jsem nikdy předtím neměl tušení a rád bych se této problematice věnoval i v budoucnu, jelikož je to zajímavé a také to může být i přínosem pro moji budoucí studijní kariéru. Mým výhledem do příštího školního roku byla také stavba již zde zmíněného vodíkového palivového článku. Pokud se mi povede zdárně vykonat maturitní zkoušku, rád bych se poté alespoň pokusil podat přihlášku na nějakou z vysokých či vyšších odborných technických škol. Rád bych dále studoval obor automatizace či jiný zajímavý technický obor podobného zaměření.

6.2 Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že všechny texty užití v tomto projektu jsou mé vlastní a žádný z nich není falsifikátem jiné fyzické osoby. Fotografie zde užití byly pořízeny z internetové sítě, fotografie č. 1 byla však mnou upravena do českého jazyka v grafickém editoru.

Rád bych zde také poděkoval svému koordinátorovi panu Ing. Malému, který mě k tomuto projektu motivoval a umožnil návštěvu v Ústavu jaderného výzkumu Řež a.s. kde jsem získal také velké množství zajímavých informací.

6.3 Použitá literatura a zdroje

- a) e-book - **Build Your Own Fuel Cells** by Phillip Hurley, USA
- b) http://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8D1%C3%A1nek
- c) <http://vodik.czweb.org/view.php?cisloclanku=2011010301>
- d) <http://www.h2bus.cz/autobus>
- e) <http://www.hydrogencarsnow.com/hydrogencars1807-1986.htm>
- f) http://technet.idnes.cz/vodik-pohani-vojenske-ponorky-i-vas-notebook-fn5-/tec_technika.aspx?c=A071130_173323_tec_technika_vse

Dalším zdrojem pro mne byly vědomosti, krátké úryvky z časopisů a dokumenty o této problematice, které jsou v mém soukromém vlastnictví.

Obsah

	Stránka
1. Úvod	
1.1 Proč jsem si zvolil toto téma	3
1.2 Charakteristika tohoto projektu	3
1.3 Exkurze v Ústavu jaderného výzkumu Řež a.s	3
1.4 Co je to vodík	4
1.5 Co je to vodíkový palivový článek	4
1.6 Historie vodíkových palivových článků	4
2. Vodíkové palivové články	5
2.1 Základní rozdělení druhů vodíkových palivových článků	5-6
2.2 Zmínka o dalších druzích palivových článků	6
2.3 Princip funkce vodíkového palivového článku	6-7
2.4 Z čeho se vodíkový palivový článek skládá	7
2.5 Výroba palivových článků	7
2.6 Náklady na výrobu palivových článků	7-8
2.7 Kladné a záporné vlastnosti vodíkových palivových článků	8
3. Využití vodíkových palivových článků	9
3.1 Vodíkový palivový článek jako pohonná jednotka dopravních prostředků	9
3.2 Vodíkový článek jako zdroj elektrické energie	10
3.3 Využití vodíkových palivových článků v ČR	10
4. Ekologie vodíkových palivových článků	10
4.1 Jsou vodíkové palivové články ekologicky šetrné k životnímu prostředí?	10-11
4.2 Porovnání různých druhů pohonů dopravních prostředků z ekologického hlediska	11
5. Budoucnost	11
5.1 Výroba vodíku v budoucnosti	11
5.2 Výroba vodíkových palivových článků v budoucnosti	11
5.3 Využití vodíkových palivových článků v budoucnosti	11-12
6. Závěr	12
6.1 Závěrečné prohlášení	12
6.2 Čestné prohlášení	12
6.3 Použitá literatura a zdroje	13