

Úvod do vodíkového hospodářství

Ing. Aleš Doucek, Ing. Luděk Janík,
Ústav jaderného výzkumu Řež

METODY ZÍSKÁVÁNÍ VODÍKU

Vodík může být vyráběn mnoha způsoby z širokého spektra vstupních zdrojů. V celosvětové produkci vodíku dominuje v současné době výroba z fosilních paliv. Denně je na světě vyprodukováno přibližně 1,4 mld. Nm³, neboli 127 tis. tun vodíku. Obrázek 1 ukazuje zastoupení různých zdrojů využívaných v dnešní době (využívají se zejména tyto technologie: parní reforming zemního plynu, parciální oxidace ropných frakcí a zplyňování uhlí).

Využívání takto vyrobeného vodíku může pomoci lokálně snížit produkci některých zdraví poškozujících látek, globálně by však vedlo pouze k méně hospodárnému využívání primární energie a s tím souvisejícímu nárůstu produkce oxidu uhličitého. Další možností je výroba vodíku z obnovitelných zdrojů. Z nich se vodík získává pomocí elektrolýzy vody, vysokoteplotního rozkladu vody anebo zplyňováním či pyrolýzou biomasy.

Pro výrobu vodíku přímo z vody se jeví vhodná také některé vyvíjené jaderné reaktory čtvrté generace. Vysoká teplota chladiwa na výstupu z reaktoru je postačující pro vysokoteplotní elektrolýzu i některé perspektivní chemické cykly.

Stručný přehled výrobních technologií vodíku

Pro potřeby tohoto článku zde uvádíme pouze některé, nejrozšířenější, případně v současné době nejperspektivnější technologie výroby vodíku.

Vodíkové hospodářství je soubor technologických řešení pro uspokojování energetických potřeb, jejichž společným jmenovatelem je vodík. Vodík zde nevystupuje jako klasické palivo, ale jako energetický vektor neboli nosič energie. To znamená, že jej nelze těžit (vodík v elementární formě se na zemi prakticky nevyskytuje), ale musí být s určitými ztrátami energie vyráběn. Vodíkové technologie jsou tedy pouze maximálně tak ekologicky čisté, jak čisté jsou primární zdroje energie a suroviny, které jsou při výrobě vodíku využity. Na druhou stranu může být vodík vyroben z širokého spektra výchozích látek (voda, biomasa, zemní plyn atd.) za použití různých zdrojů energie zahrnujících obnovitelné zdroje nebo jadernou energii. Zvláště výhodné je spojení výroby vodíku s jadernými reaktory generace IV., jejichž vývoj v dnešní době probíhá.

Parní reforming zemního plynu

Tato technologie je v současnosti nejlevnějším a nejrozšířenějším způsobem výroby vodíku. Teplo pro reformní reakci i následnou konverzi oxidu uhelnatého je dodáváno z přímého spalování části zemního plynu.

Elektrolýza vody

Elektrolýza je proces, při kterém stejnosměrný proud při průchodu vodným roztokem štěpí chemickou vazbu mezi vodíkem a kyslíkem. Proces elektrolýzy může probíhat za normálních teplot a pro jeho chod je nutná pouze elektrická energie. Tímto způsobem jsou vyrobena asi 4 % z celkové světové produkce vodíku. Účinnost procesu se pohybuje v rozmezí 80 – 92 %. K výhodám elektrolýzy patří možnost použití různých zdrojů vstupní energie a vysoká čistota elektrolytického vodíku. Nevýhodou může být vysoká cena elektrické energie. Konvenční elektrolýza je proto výhodná zejména tam, kde je levná elektřina a dostatek vody. Příkladem může být Island s jeho geotermální energií. Na celkové účinnosti elektrolytické výroby vodíku se však podílí především účinnost výroby elektrické energie, která je pro stávající zdroje 30 – 40%. Celková účinnost elektrolýzy se pak pohybuje přibližně v rozmezí 25 – 35%.

nost elektrolýzy se pak pohybuje přibližně v rozmezí 25 – 35%.

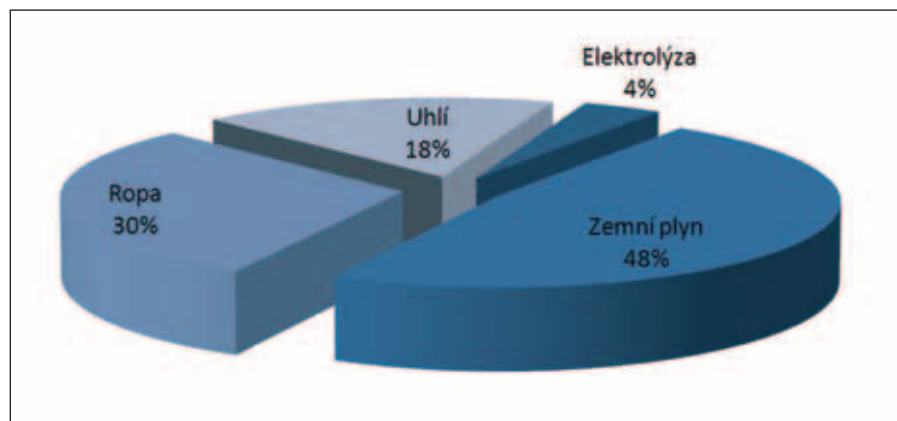
Vysokoteplotní elektrolýza

Pro vysokoteplotní elektrolýzu, nazývanou též někdy parní elektrolýza, je charakteristické, že část dodávané energie tvoří elektrická energie a část je přivedena ve formě tepla. Do elektrolýzéry vstupuje pára a vodík. Z ní je na anodě oddělen iont kyslíku, který prochází skrze membránu. Vystupuje z něho obohacená směs obsahující 75 % hmotnostních vodíku a 25 % hmotnostních páry. Vodík je pak z páry oddělen v kondenzační jednotce. Provozní podmínky procesu vyžadují teploty v rozmezí 600 – 1000 °C. Výhodou je zvýšení účinnosti procesu díky snížené spotřebě elektrické energie a snadnějšímu překonání aktivační bariéry na povrchu elektrody. Při růstu teploty vstupní páry klesá spotřeba elektrické energie. Celková účinnost vysokoteplotní elektrolýzy může dosahovat až 45 %.

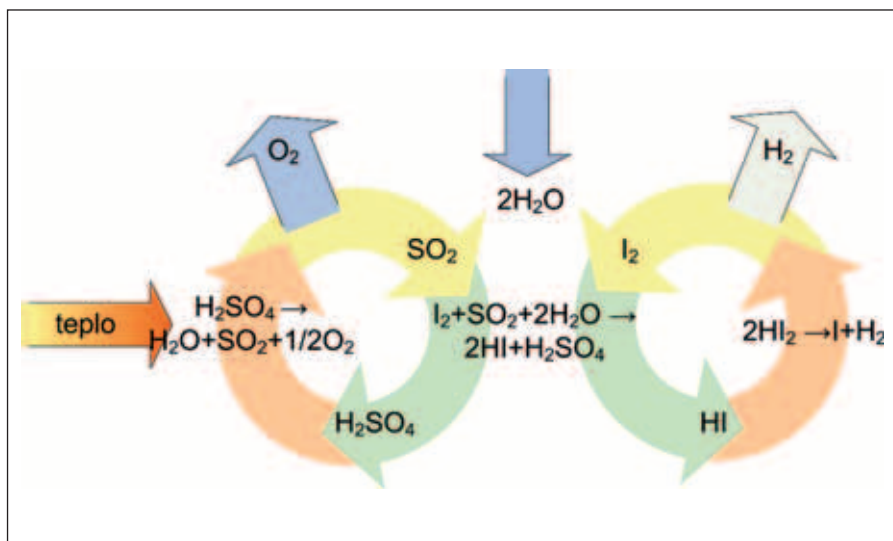
Termochemické cykly

Termochemické cykly jsou známy již více jak 35 let; intenzivně byly studovány na přelomu 70. a 80. let 20. století (v době ropné krize, tedy v době hledání ekonomické výroby alternativních paliv). Při termochemickém štěpení vody je voda rozdělena na kyslík a vodík pomocí série chemických reakcí, které jsou iniciované teplem nebo v případě hybridních cyklů teplem a elektrickou energií. Jsou to cykly uzavřené, tj. použité chemické látky jsou v průběhu reakcí recyklovány a znovu vstupují do procesu. Doplněnou vstupní surovinou je pouze voda a výsledným produktem vodík a kyslík.

Jedním z nich je siřičito-jódový termochemický cyklus, který byl vyvinut v General Atomics (San Diego, USA) v polovině 70. let 20. století. Je předním kandidátem levné a účinné výroby vodíku pomocí jaderné



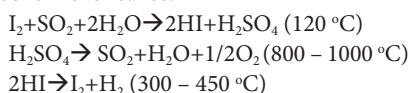
Obrázek 1: Rozložení zdrojů, z nichž se v současné době získává vodík



Obrázek č. 2: Principiální znázornění sířičito-jódového termochemického cyklu

Zdroj: www.hytep.cz

energie. Vstupní surovinou je voda a vysokopotenciální teplo; výstupními surovinami jsou kyslík s vodíkem a nízkopotenciální teplo. Všechny vstupní suroviny jsou tekuté. Jód a oxid siřičitý se recyklují a opětně používají, teoreticky se tedy neprodukuje žádný odpad. Při produkci vodíku probíhají tyto termochemické reakce:



V prvním kroku, který je znám jako Bunsenova reakce, reaguje vstupující voda s jódem a oxidem siřičitým za vzniku kyseliny sírové a jodovodíkové. Jedná se o exotermickou reakci, kdy se z reakce odvádí teplo o teplotě 120 °C. Nejvíce tepla (a o nejvyšší teplotě, 800 – 1000 °C) vyžaduje endotermický rozklad kyseliny sírové. Rozklad kyseliny jodovodíkové a současná produkce vodíku vyžaduje teploty nižší (450 °C).

Účinnost takto komplexního cyklu není jednoduché stanovit. Účinnost celého výrobního cyklu vodíku se pohybuje v rozmezí 40 - 52 % (50 % při 950 °C). S dalším nárůstem teplot bude růst i účinnost cyklu.

Oproti elektrolýze má vyšší účinnost, protože nedochází ke ztrátám při výrobě elektrické energie.

Nevýhoda tohoto cyklu je požadavek vysokých vstupních teplot a agresivita kyseliny sírové a jodovodíkové, což vede k vysokým nárokům na chemickou odolnost použitých materiálů. Problematická bude kontrola podmínek reakcí v průmyslovém měřítku (v laboratorních podmínkách byla tato otázka již zvládnuta).

Propojení s jadernou energetikou

V roce 2003 vybralo „mezinárodní fórum pro IV. generaci“ 6 návrhů na tzv. jaderné reaktory generace IV. Ty se vyznačují zejména

jednoduchostí, vyšší účinností, menší nebo téměř žádnou produkcí radioaktivního odpadu, vysokou mírou bezpečnosti (inherentní bezpečnost na principu fyzikálních principů) a také nízkou mírou rizika zneužití pro výrobu jaderných zbraní. Významnou roli budou hrát reaktory IV. generace také ve výrobě vodíku (vysokoteplotní elektrolýza a termochemické cykly), uplatní se ale i k výrobě elektřiny, tepla nebo k odsolování vody. U modelu chlazeného tekutým sodíkem je navíc velkou výhodou uzavřený palivový cyklus – reaktor bude moci využívat vysoce radioaktivní odpady z použitého paliva dnešních jaderných elektráren. Velmi vysokoteplotní reaktory (VHTR) chlazené heliem budou schopny účinně vyrábět vodík termochemickou cestou. První demonstrační projekty jsou očekávány kolem roku 2015, komerční využití pak kolem roku 2040.

ENERGETICKÉ VYUŽITÍ VODÍKU

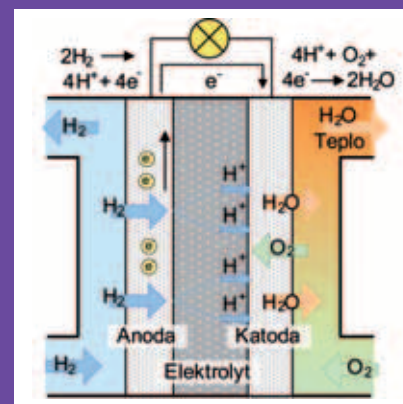
Vodík je principiálně možno využít dvěma způsoby. Chemickou energii, která je v něm uchována, je možno uvolnit buď jeho spálením ve spalovacím motoru, případně turbíně, nebo využít jeho výjimečných vlastností a přeměnit jej přímo na elektrickou energii v palivových článcích. Ačkoli první z možností je v dnešní době poměrně dobře zvládnutá, druhá nabízí, i přes nutnost překonat některé vývojové překážky, zvýšení účinnosti využití energie až o desítky procent.

Vodíkové spalovací motory

Možnost práce spalovacího motoru na vodík byla zkoušena od 20. let minulého století (vzducholodní motory, Ricardo a Maybach). Vodík hoří velmi rychle řetězovou rozvětvenou reakční kinetikou. Jeho plamen je v důsledku vysoké výhřevnosti stabilní i při velmi chudé směsi s dobrou účinností, kterou

ZJEDNODUŠENÝ POPIS PRINCIPU FUNKCE PALIVOVÉHO ČLÁNKU

Princip palivového článku lze nejnásledněji objasnit na palivovém článku s polymericí membránou. Tento článek se skládá ze dvou elektrod, na jejichž povrchu se nachází slabá vrstva uhlíku obsahující malé množství platiny, která zde slouží jako katalyzátor. Elektrody jsou od sebe odděleny tenkou polymericí membránou, která propouští kladně nabité ionty – protony. Vodík je přiváděn na anodu, kde na vrstvě katalyzátoru dochází k jeho disociaci na kladné ionty (protony) a elektrony. Protony procházejí skrze polymericí vrstvu, elektrony jsou nuceny procházet externím okruhem a mohou tedy konat užitečnou práci. Na katodě pak sloučením dvou kladně nabitých vodíkových iontů (protonů), dvou elektronů a atomu kyslíku vzniká voda (vzhledem k provozní teplotě palivového článku obvykle v podobě páry). Na stranu katody je přiváděn čistý kyslík nebo částí kyslík jako součást vzduchu. Schematické znázornění palivového článku je na obrázku 3.



Obrázek 3: Schematické znázornění palivového článku s polymericí membránou

lze využít pro omezení emise oxidů dusíku. Nevýhodou spalování vodíku je malá objemová výhřevnost směsi, daná nízkou hustotou vodíku. Zejména použití chudých směsí vyžaduje proto přeplňování a pokud možno vstřík vodíku do válce až během sání, nejlépe ke konci sacího zdvihu. Vývoji spalovacího motoru na vodík se dnes věnují i některé významné evropské a světové automobilky.

Palivové články

Palivový článek (dále také PČ) je zařízení, které při elektrochemické reakci přeměňuje chemickou energii kontinuálně přiváděného paliva s oxidačním činidlem na energii

elektrickou. Oproti tepelným strojům s generátorem elektrické energie dosahují palivové články při výrobě elektrické energie vysokých účinností, a to až 60% v laboratorních podmínkách. Reálná účinnost však dosahuje pouze 35 - 50%, dle zatížení a typu palivového článku. Vysoká účinnost je dána zejména tím, že přeměna energie je přímá, nikoliv přes mezistupně (tepelnou a mechanickou), jako je tomu např. u spalovacích motorů.

V současné době je vyvíjeno pět typů palivových článků lišících se především chemickým složením elektrolytu, provozními teplotami a možným palivem. U naprosté většiny palivových článků vystupuje jako oxidační činidlo vzdušný kyslík, výjimku tvoří jen specializované aplikace například v kosmonautice. Nízkoteplotní palivové články využívají jako palivo vodík nebo metanol, vysokoteplotní články mohou zužitkovat například i zemní plyn. Jednotlivé typy článků vzhledem k rozdílným provozním parametrům nacházejí uplatnění ve velmi odlišných aplikacích. Nízkoteplotní palivové články jsou dominantně využívány v mobilních aplikacích k výrobě elektrické energie, vysokoteplotní články naopak převládají v kombinované výrobě tepla a elektrické energie v aplikacích stacionárních.

TYPY PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ

Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC, palivový článek s polymerní membránou)

Jako elektrolyt slouží iontoměničová polymerní membrána (většinou na bázi kyselých fluorovaných polymerů), která je výborným protonovým vodičem. Vzhledem

k tomu, že jedinou kapalinou v tomto typu PČ je voda, jsou minimalizovány problémy s korozí. Pro efektivní provoz je klíčovým problémem tzv. vodní režim; podmínky musí být nastaveny tak, aby se produkt - voda - neodpařovala rychleji, než je produkována. Vysoký stupeň hydratace membrány je podmínkou pro její dobrou protonovou vodivost. Operační teplota je limitována použitým polymerem, většinou je nižší než 120 °C (ačkoliv v současné době se provádí testy s novými materiály až k 200 °C). Palivem je v tomto případě čistý vodík nebo metanol, používaný většinou v přenosných aplikacích. Jako katalyzátor se využívá především Pt, případně Pt/Rh a jiné. Pro tento typ katalyzátorů je významným jedem CO, proto se musí zajistit, aby v palivu nebyla jeho koncentrace vyšší než 5 ppm. Hustota výkonu se u PEM palivového článku pohybuje těsně nad hranicí 0,1 kW/l a 0,125 kW/kg.

Alkaline Fuel Cell (AFC, alkalický palivový článek)

Elektrolytem je 85% hmotnostních KOH (hydroxid draselný) pro PČ pracujících při vyšších teplotách (~250°C), pro nižší teploty (<120°C) se používá (35 - 50% hmotnostních). Elektrolyt je udržován v porézním materiálu, kterým je ve většině případů azbest. Výhodou tohoto typu PČ je možnost využití širokého spektra (levných) katalyzátorů - Ni, Ag, MeO, korund a vzácné kovy. Největším problémem je čistota paliva a oxidačního činidla, kdy i malé množství CO₂ způsobuje znehodnocování elektrolytu (reakcí CO₂ s KOH za vzniku K₂CO₃). CO je stejně jako v případě PEMFC kataly-

tickým jedem.

Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC, palivový článek s kyselinou fosforečnou)

Tento druh PČ pracuje při 150 - 220 °C, přičemž jako elektrolyt používá 100% kyselinu fosforečnou. Při nižších teplotách má H₃PO₄ horší protonovou vodivost a problém CO jako katalytického jedu pro Pt se stává významnějším. Kyselina fosforečná je stabilnější než ostatní běžné kyseliny, proto je schopná pracovat v širokém rozsahu teplot.

Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC, palivový článek s tekutým uhličitánem)

Elektrolytem je většinou směs alkalických uhličitánů, které jsou zadržovány v matrixi LiAlO₂. Provozní teplota je od 500 °C do 700 °C; v tomto rozmezí tvoří směs uhličitánů vysoce vodivou roztavenou sůl, ve které zprostředkovávají vodivost uhličitánové ionty. Díky vysokým teplotám není nutné používat vzácné kovy pro katalyzátory, využívá se Ni pro anodu a NiO pro katodu.

Solid Oxide Fuel Cell (SOFC, palivový článek s pevným oxidem)

Tento typ PČ je výjimečný tím, že jeho elektrolyt je pevný, neporézní kovový oxid, používá se Y₂O₃ stabilizovaný ZrO₂. Pracovní teplota je 600 - 1000 °C, přičemž vodivost zprostředkovávají kyslíkové anionty. Materiálem pro anodu je Co-ZrO₂ nebo Ni-ZrO₂, pro katodu se používá LaMnO₃ dopovaný stronciem. Skutečnost, že elektrolyt je pevný, má velký význam pro zjednodušení systému, vyskytují se zde na rozdíl od všech ostatních typů PČ pouze dvě fáze, pevná a plynná.

Shrnutí

Palivové články jsou v současnosti technologicky velmi vyspělá a bezpečná zařízení. Jejich komerčnímu rozšíření brání prozatím jejich velmi vysoká cena daná stupněm vývoje, 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.

PŘÍKLAD VYUŽITÍ: TRIHYBUS - TROJITĚ HYBRIDNÍ AUTOBUS S VODÍKOVÝM POHONEM

Cílem projektu bylo vyvinout moderní a vysoce účinný vůz s vodíkovými palivovými články jako hlavním zdrojem energie. Zvolená koncepce trojitě hybridního pohonu umožnila dosáhnout optimálních provozních parametrů při relativně malém instalovaném výkonu palivových článků.



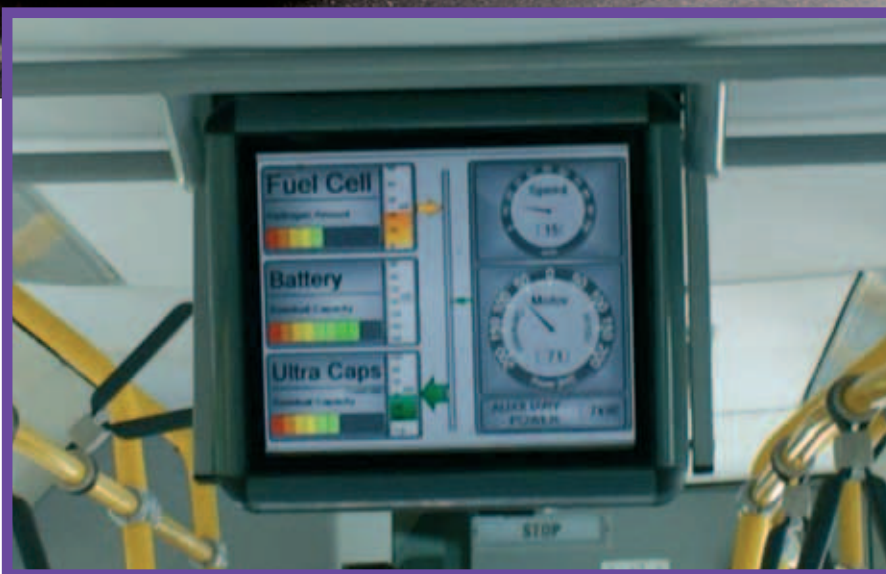
Obrázek 4: Příklad palivového článku s polymerní membránou



Obrázek č. 5: Trojitě hybridní autobus s vodíkovým pohonem

TriHyBus (zkratka z anglického Triple Hybrid Hydrogen Bus, neboli trihybridní vodíkový autobus) je v prvním přiblížení elektrický vůz s primárním zdrojem elektrické energie v podobě vodíkového palivového článku. Při energeticky náročných režimech jízdy mu asistují baterie a ultrakapacitory. Systém také umožňuje rekuperaci brzděné energie, která vzniká například při dobrzdění nebo při jízdě z kopce. Autobus je brzděn elektricky přibližně do 60 % zdvihu brzdového pedálu, dál je brzděn běžnou pneumatickou brzdou. Strategie řízení energetických toků ze tří zdrojů je závislá na aktuální výkonové potřebě, stupni nabití akumulátorů a ultrakapacitorů i na aktuální rychlosti jízdy. Při vysokých rychlostech si autobus ponechává jistou rezervu v kapacitě akumulčních prvků, aby byl schopen pojmout energii, která vznikne při brzdění. Při nízkém nabití akumulčních prvků je naopak palivový článek provozován na vysokých výkonech a dobíjí tak především trakční baterii. Při plných akumulčních kapacitách lze brzdít do odporníků umístěných na střeše vozidla.

Akumulační prvky tvoří trakční baterie typu Li-Ion, schopné akumulovat až cca



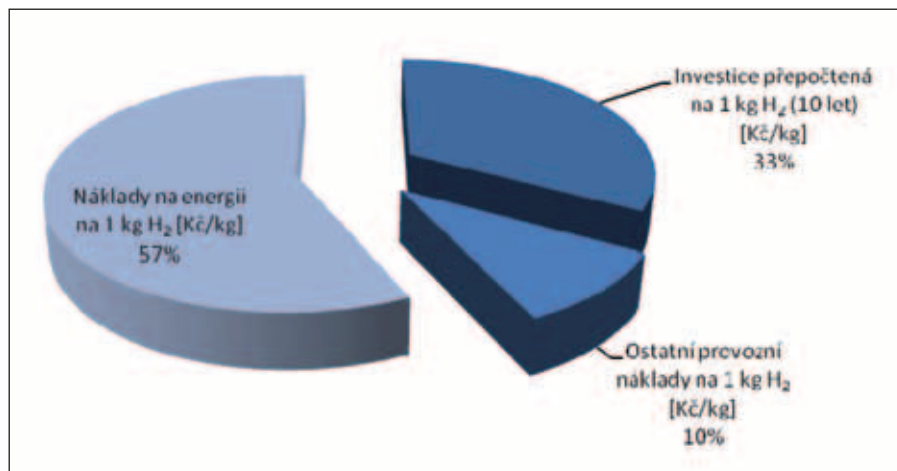
Obrázek č. 6: Ukazatel toků energií ve vozidle, množství vodíku a nabití akumulátorů a ultrakapacitorů

22 kWh a ultrakapacitory o úctyhodné kapacitě 18 F, 2 kWh. Hlavním rozdílem mezi trakční baterií a ultrakapacitory je v maximálním proudovém zatížení. Zatímco baterie je schopná dlouhodobě dodávat přibližně 30 kW, ultrakapacitory jsou schopné poskytnout řádově vyšší výkony. Z provozních testů se kapacitory výrazně podílejí při akceleraci vozidla, kde po dobu několika sekund dodávají až 70 % celkového výkonu do trakčního motoru, podobně i energie z brzdění je z větší části směřována do kapacitorů. Baterie je využívána při dlouhodobě energeticky nároč-

nějších režimech jízdy, jako je například jízda do kopce.

Čerpací stanice vodíku

Srdcem celé čerpací stanice je kompresorová stanice, která se skládá ze dvou částí. V první části se nachází zařízení pro stlačování vodíku a potrubní rozvody, ve druhé pak elektroinstalace a hydraulika. Kompresorová stanice je zejména z bezpečnostních důvodů umístěna v samostatně stojícím betonovém kontejneru, který je chráněn proti výbuchu. Vodík je zde stlačován na tlak 300



Obrázek č. 7: Podíl investičních a provozních nákladů ve výrobní ceně vodíku

bar (30 MPa) ve dvou stupních. Oba stupně kompresoru jsou hydraulicky poháněny a jejich plášť chlazen olejem, takže se komprese blíží izotermickému ději. Vodík je ukládán ve dvou sekcích svazků tlakových lahví při tlaku 300 bar a třetí vysokotlaké sekci při tlaku 450 bar.

Před tankováním se nejprve změní počáteční tlak v nádrži vozidla a vzhledem k okolní teplotě a ohřátí plynu se dopočte požadovaný koncový tlak. Plnění začíná postupně z obou zásobních sekcí, zbytek plnění se odehrává v režimu boosteru, kdy kompresor nasává plyn z vysokotlaké sekce při minimálním tlaku 150 bar. Proces plnění je automaticky ukončen při dosažení požadované hodnoty koncového tlaku. Celková specifická spotřeba energie při plnění tlaku 350 bar je asi 0,125 kWh/Nm³.

Čerpací stanice bude sloužit pro potřeby provozu autobusu, je však přístupná i dalším případným zájemcům. Doba čerpání je přibližně 8 min. pro 350 bar, 20 kg H₂.

EKONOMICKÉ HLEDISKO

Principiální výhodou vodíku oproti elektřině je možnost jeho skladování. Při uvažování pokročilejších metod výroby vodíku, jako je například vysokoteplotní elektrolýza, lze částečně akumulovat i tepelnou energii, což má příznivý vliv na celkovou účinnost výroby vodíku. U termochemických cyklů lze akumulovat do vodíku přímo tepelnou energii, odpadají tak ztráty při výrobě elektrické energie. Při podrobnějším pohledu jsou obě zmíněné cesty pokročilé výroby vodíku z hlediska celkové účinnosti srovnatelné. Mírně vyšší celkovou účinnost termochemických cyklů vyvažuje vysokoteplotní elektrolýza nižšími nároky na řízení procesu i na použité materiály.

Elektrolýza vody – energetické a investiční náklady

Spotřeba elektrické energie na výrobu 1 m³ H₂ je v dnešní době asi 5,2 kWh, tedy při-

bližně 57,2 kWh/kg. Graf na obrázku 7 ukazuje podíl investičních a provozních nákladů ve výrobní ceně vodíku.

Z hlediska využitelné energie je vodík asi 4,3x hodnotnější než dnes využívaná ropná paliva. Výrobní cena vodíku, která by se v případě elektrolýzy pohybovala okolo 100 Kč za kilogram je tedy srovnatelná s asi 23 Kč za litr benzínu. Při současné ceně ropy a stávající daňové politice tedy platí, že využití vodíku pro dopravu je z hlediska provozních nákladů srovnatelné s využitím dnešních pohonných hmot.

BEZPEČNOST A DALŠÍ SPECIÁLNÍ POŽADAVKY

Téměř všechna paliva jsou nějakým způsobem nebezpečná. Vysoká hustota energie, hořlavost a výbušnost jsou vlastnosti, které jsou společné všem druhům paliv. Skladování takových paliv v prostoru vozidla představuje riziko vznícení, případně výbuchu, paliva vně spalovací komory tepelného motoru nebo palivového článku. Vodík není v tomto ohledu výjimkou, přesto je jeho chování v mnoha ohledech velmi odlišné od stávajících fosilních paliv. Zkoušky však ukázaly, že při destrukci nádrže stoupá vodík díky své nízké hustotě velmi rychle vzhůru a případný požár vzniká ve větší míře vně vozidla. Ke zvýšení bezpečnosti paradoxně přispívá i menší množství paliva skladovaného ve vozidlech. Bezpečnost se dá dále zvýšit vhodným umístěním skladovací nádrže (například na střechu). Je třeba připomenout, že využívání vodíku není novinka posledních let. Ve velkém množství je spotřebováván například v ropných rafinériích při výrobě benzínů nebo v potravinářství při ztužování tuků. Relativně nové je pouze jeho používání jako energetického nosiče. Velké množství dopravních prostředků v rámci demonstračních projektů na celém světě (Cute, HyFleet:Cute, ...) denně proka-

zuje, že je vodík pro tyto účely dostatečně spolehlivý a bezpečné palivo.

ZÁVĚREM

Existuje mnoho cest, jak vyrábět vodík. Preference jedné vyplývá z lokálních podmínek výroby, poptávky a především z investičních a provozních nákladů více než z celkové účinnosti procesu. Pro masivní udržitelnou výrobu se jeví perspektivní výroba vodíku chemickými cykly nebo vysokoteplotní elektrolýza v kombinaci s vysokopotencionálním zdrojem tepla - vybrané reaktory Generace IV. Konvenční elektrolýza najde pravděpodobně uplatnění v menších lokálních zdrojích vodíku. Elektrická energie z obnovitelných zdrojů může být s výhodou využita právě pro lokální výrobu vodíku, odstraňuje komplikace s regulací energetické přenosové soustavy. Bioplyn a ostatní obnovitelná biologická paliva bude pravděpodobně výhodnější spalovat přímo ve spalovacích motorech či v menších zdrojích elektrické energie. Výroba vodíku se také může stát perspektivní alternativou regulace spotřeby elektrické energie.

O AUTORECH

Ing. ALEŠ DOUCEK je od roku 2008

pracovníkem výzkumu a vývoje Ústavu jaderného výzkumu Řež, a.s. V roce 2007 zakončil magisterské studium Fakulty technologie ochrany prostředí Vysoké školy chemicko-technologické v Praze, kde nadále pokračuje postgraduálním studiem. V roce 2006 absolvoval stáž na Technical University of Denmark se zaměřením na biopaliva, environmentální chemii a ochranu ovzduší. Ve výzkumné práci se zabývá problematikou výroby a využití vodíku jako energetického vektoru, jeho čištění, distribucí a skladováním.

Ing. LUDĚK JANÍK pracuje v Ústavu jaderného výzkumu Řež a.s. jako vedoucí odd. vodíkových technologií, které stojí mj. za projektem prvního českého vodíkového autobusu a vodíkové čerpací stanice. Studium na Vysoké škole báňské v Ostravě, obor chemické inženýrství, ukončil v roce 2003, přičemž v rámci studia absolvoval stáž na University of Leoben (Rakousko). Kromě ÚJV Řež a.s. působí také jako ředitel České vodíkové technologické platformy a dokončuje postgraduální studium na VŠCHT v Praze, obor anorganická technologie.

Kontakt na autory:
dck@ujv.cz, jni@ujv.cz