



Palivové články

ENVIROS

Autoři: Vedoucí projektu

Ing. Antonín Český

Spoluautoři

Ing. Josef Křepinský

Ing. Vladimír Cívín

Ing. Miroslav Bleha, CSc.

Mgr. Jana Čejková

Spoluřešitelé

Ing. Miroslav Malý, CSc.

Ing. Jaroslav Vích

Jindřich Pavelka

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2003 - část A.

ZPRÁVA ENVIROS, s. r. o. – ŘÍJEN 2003

ČESKÁ ENERGETICKÁ AGENTURA

**PALIVOVÉ ČLÁNKY – PROGRESIVNÍ TECHNOLOGIE
PRO EKOLOGICKOU VÝROBU ENERGIE**



Název publikace	Závěrečná zpráva – Česká energetická agentura
Referenční číslo	ECZ 3068
Číslo svazku	Svazek 1 z 4
Verze	konečná zpráva
Datum	říjen 2003
Odkaz na soubor	Report3

Spoluautoři: Ing. Josef Křepinský
Ing. Vladimír Cívín
Ing. Miroslav Bleha, CSc.
Mgr. Jana Čejková

Spoluřešitelé: Ing. Miroslav Malý, CSc.
Ing. Jaroslav Vích
Jindřich Pavelka

Vedoucí projektu:

Ing. Antonín Český

Schváleno:

Ing. Jaroslav Vích – výkonný ředitel

Adresa klienta: Česká energetická agentura



OBSAH

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	4
1.1 Údaje o zadavateli	4
1.2 Údaje o zpracovateli	4
2. MANAŽERSKÝ SOUHRN	4
3. ÚVOD	4
4. ENERGETICKÁ POLITIKA EU A INICIATIVY V OBORU VODÍKU	4
4.1 Definice podmínek	4
4.2 Výzkum a vývoj související s vodíkem	4
4.3 Přechod na vodíkovou ekonomiku	4
4.4 Obecný rámec potřebný k výrobě vodíku	4
4.5 Souhrn vývoje podle EU, návaznost na ČR	4
5. ZÁKLADNÍ INFORMACE O PALIVOVÝCH ČLÁNCÍCH	4
5.1 Alkalické palivové články.	4
5.2 Kyselé palivové články	4
5.3 Membránové palivové články.	4
5.4 Přímé metanolové palivové články	4
5.5 Články s tavenými karbonáty	4
5.6 Články s pevnými oxidy	4
6. OBLASTI UPLATNĚNÍ PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ	4
6.1 Výhody a nevýhody palivových článků	4
7. PRŮZKUM TRHU A VYUŽITÍ PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ VE SVĚTĚ	4
7.1 Vývoj a současný stav vyrobených článků	4
7.2 Výroba energií	4
7.2.1 Statické kogenerační jednotky elektrické a tepelné energie menších výkonů	4
7.2.2 Statické kogenerační jednotky elektrické a tepelné energie o vyšších výkonech	4
7.3 Doprava	4
7.3.1 Lehká silniční a sportovní vozidla	4
7.3.2 Autobusy	4
7.3.3 Ostatní dopravní prostředky	4
7.3.4 Pomocná energetická zařízení	4
7.3.5 Jízdní kola.	4
7.3.6 Mopedy a skútry.	4
7.3.7 Lodě.	4
7.3.8 Ponorky.	4
7.4 Přenosné palivové články	4

8. ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY PRO ZAHÁJENÍ PRŮMYSLOVÉ VÝROBY PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ	4
8.1 Výroba vodíku	4
8.1.1 Reformování zemního plynu vodní parou	4
8.1.2 Parciální oxidace	4
8.1.3 Zplynování uhlí	4
8.1.4 Zplynování a pyrolýza biomasy	4
8.1.5 Elektrolyza vody	4
8.1.6 Termochemický rozklad vody	4
8.1.7 Anaerobní zpracování odpadních produktů působením mikroorganismů	4
8.1.8 Plasmové zpracování zemního plynu nebo ropy	4
8.2 Účinnost výroby vodíku	4
8.3 Skladování a přeprava vodíku	4
8.3.1 Stlačený vodík	4
8.3.2 Kapalný vodík	4
8.3.3 Zásobníky s kovovými hydridy	4
8.3.4 Chemické skladování	4
8.4 Infrastruktura	4
8.5 Bezpečnost vodíku	4
9. PROGNÓZY PRŮMYSLOVÉHO UPLATNĚNÍ PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ	4
10. SOUČASNOST A DALŠÍ VÝVOJ PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ V ČESKÉ REPUBLICE	4
10.1 Aplikační výzkum	4
10.1.1 Fáze 1	4
10.1.2 Fáze 2	4
10.2 Základní výzkum	4
10.3 Návrh na realizaci pilotních projektů stacionárních článků o výkonu do 10 kW	4
10.4 Návrh na realizaci pilotního projektu stacionárních článků o výkonu 100 – 250 kW	4
11. FINANCOVÁNÍ PROJEKTŮ NA BÁZI STACIONÁRNÍCH PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ	4
11.1 Rámcový program EU a možnosti zapojení ČR v oblasti energetiky	4
11.2 Program financování soukromého sektoru při aplikacích stacionárních palivových článků ve vybraných rozvíjejících se zemích s nárokem na fondy GEF	4
12. LITERATURA	4
13. PŘÍLOHY	4
13.1 Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie	4
13.2 Směrnice Ministerstva životního prostředí	4



PALIVOVÉ ČLÁNKY – PROGRESIVNÍ TECHNOLOGIE PRO EKOLOGICKOU VÝROBU ENERGIE

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

1.1 Údaje o zadavateli

Tabulka 1: Identifikační údaje zadavatele

Identifikace zadavatele	
Název organizace:	Česká energetická agentura
Adresa:	U Sovových mlýnů 9 118 00 Praha 1
Jméno odpovědného zástupce:	Ing. Táňa Dutkevičová
Tel.:	+420 257 531 448
Fax:	+420 257 530 478
E-mail:	dutkevicova@ceacr.cz

1.2 Údaje o zpracovateli

Identifikace zpracovatele energetického auditu je uvedena v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Identifikační údaje zpracovatele

Identifikace zpracovatele	
Název firmy:	ENVIROS, s. r. o.
Právní forma:	Společnost s ručením omezeným
IČO:	61 50 32 40
DIČ:	003 - 61 50 32 40
Spisová značka:	Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 31001
Adresa:	Na Rovnosti 1 130 00 Praha 3
Jméno odpovědného zástupce:	Ing. Jaroslav Vích, ředitel a jednatel
Tel.:	+420 284 007 499
Fax:	+420 284 861 245
Řešitelský tým	
Vedoucí projektu:	Ing. Antonín Český
	Ing. Miroslav Malý, CSc. Ing. Jaroslav Vích Jindřich Pavelka
Spoluautoři:	Ing. Josef Křepinský Ing. Vladimír Cívín Ing. Miroslav Bleha, CSc. Mgr. Jana Čejková

2. MANAŽERSKÝ SOUHRN

1. Cílem produktu je vytvořit podklady, znalosti a zkušenosti z oboru, který v poslední době provází obsáhlá diskuse. Jedná se o palivové články jako předpoklad dalšího vývoje v oblasti jejich využití.

V několika minulých letech se zvýšila intenzita diskusí odborné i laické veřejnosti o budoucnosti energetické spotřeby v rámci programů trvale udržitelného rozvoje lidské společnosti. V této souvislosti se nelze vyvarovat návazných problémů globalizace hospodářské činnosti a ekologických aktivit. Vytváří se tak velmi široký a tematicky různorodý okruh otázek nemajících dosud nejen řešení ale ani jednotící osnovu.

2. Energetický systém budoucnosti by měl splňovat podmínky několika kritérií. Trvale udržitelná a prosperující soustava musí být spolehlivým a bezpečným zdrojem, musí být integrována do životního prostředí a musí být ekonomicky únosná. Možnou odpověď těmto požadavkům je vodíková energie vyráběná z nefosilních zdrojů, pomáhající udržovat stálé klimatické prostředí, kvalitu ovzduší a bezproblémové zásobování.

3. Vodík je nutné definovat jako nositel energie, nikoliv její primární zdroj. Znamená to, že může být vyroben z různých, často lokálně výhodných zdrojů energie obnovitelných i neobnovitelných. Vyroben může být také pomocí jiných nositelů energie, elektřinou v elektrolýze vody nebo teplem v termochemické reakci. Zvláštní skupinu tvoří metody biologické přípravy vodíku.

4. Palivové články se mohou uplatnit všude tam, kde je zapotřebí energie, tedy v podstatě ve všech oblastech lidské činnosti, jak v civilním průmyslu, tak při vojenském využití. Vedle všech výše jmenovaných výhod proti současným energetickým zdrojům je jejich nejvýhodnější využívání při přímé výrobě elektrické a tepelné energie, tedy namísto současných elektráren a tepláren. Vedle šetrnosti k životnímu prostředí přidávají snadné využívání odpadního tepla při výrobě elektrického proudu, využitelného pro ohřev budov a výrobu horké vody. Jejich tepelný výkon, je přibližně stejný nebo o něco vyšší než výkon elektrický, takže celková účinnost využití paliva při výrobě energií přesahuje 70 %.

Palivové články se však dělí především podle typu elektrolytu. V současné době rozeznáváme následujících pět systémů (závorky obsahují zkratky běžně užívané v literatuře):

- ▣ Alkalické články (AFC's - alkaline fuel cells), v nichž je elektrolytem zpravidla zředěný hydroxid draselný KOH;
- ▣ Články s tuhými polymery (PEFC's - proton exchange fuel cells), v nichž je elektrolytem tuhý organický polymer;
- ▣ Články s kyselinou fosforečnou (PAFC's - phosphoric acid fuel cells), jejichž elektrolytem je jmenovaná kyselina (H_3PO_4);
- ▣ Články s roztavenými uhličitany (MCFC's - molten carbonate fuel cells), v nichž je elektrolyt tvořen směsí roztavených uhličitánů;
- ▣ Články s tuhými oxidy (SOFC's - solid oxide fuel cells), kde elektrolytem jsou oxidy vybraných kovů.



5. Studie „ Palivové články – progresivní technologie pro ekologickou výrobu energie“ představuje velice komplexní dokument, který může sloužit budoucím uživatelům, investorům ale i odborné veřejnosti. Ve studii je uveden stav využití a perspektivy dalšího vývoje v nové technologii výroby energie z palivových článků. Součástí této studie jsou návrhy na možné pilotní projekty v České republice ve dvou kategoriích stacionárních článků.

Studie dále informuje o současném legislativním zařazení technologie spojené s využitím palivových článků a předkládá možnosti získání dotací na pilotní projekty.

3. ÚVOD

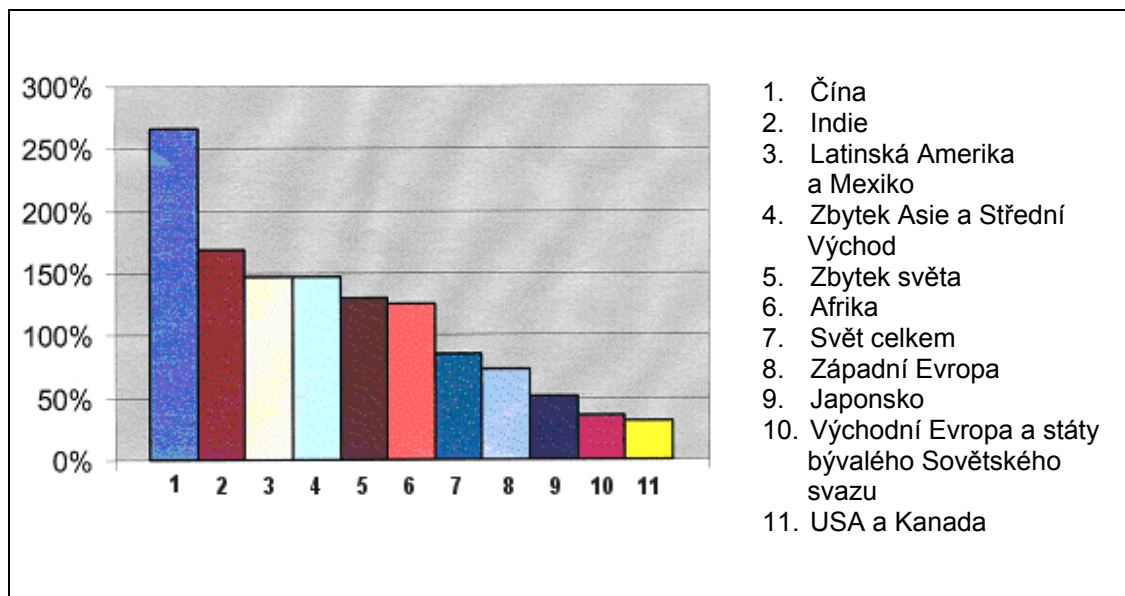
Na počátku 21. století prožíváme rychlý vzestup technického pokroku prakticky ve všech oblastech lidské činnosti, který je však doprovázen stejně rychlým odčerpáváním světových primárních energetických zdrojů – uhlí, ropy a zemního plynu. Podstatná část těchto zdrojů je využívána velmi neefektivně v nízko účinných spalovacích procesech, navíc s velmi negativním dopadem na životní prostředí. Výroba energií a silniční doprava jsou největšími podílníky velmi vážného znečišťování ovzduší. Emise dnes ohrožují zdraví více než jednu miliardu obyvatel planety a podle statistik mají ročně na svědomí přes 700 tisíc úmrtí. Navíc současná nadměrná produkce tzv. skleníkových plynů, z nichž nejvýznamnější je oxid uhličitý, představuje velmi vážnou hrozbu globálního oteplování země se všemi možnými katastrofickými dopady.

Uhelné elektrárny produkují cca 25 % z celkových emisí oxidu uhličitého a přibližně 40 % všech emisí oxidů dusíku a síry, dalších cca 25 % oxidu uhličitého a ostatních skleníkových plynů se dostává do ovzduší z provozu automobilů. Je však třeba mít na zřeteli, že současná vysoká energetická spotřeba i velký provoz automobilů se týká především vyspělých průmyslových zemí, jejichž obyvatelstvo tvoří jen menší část světové populace. Dnes však velmi rychle narůstají energetické požadavky developerských zemí latinské Ameriky, Asie a Afriky s převážnou většinou obyvatelstva planety.

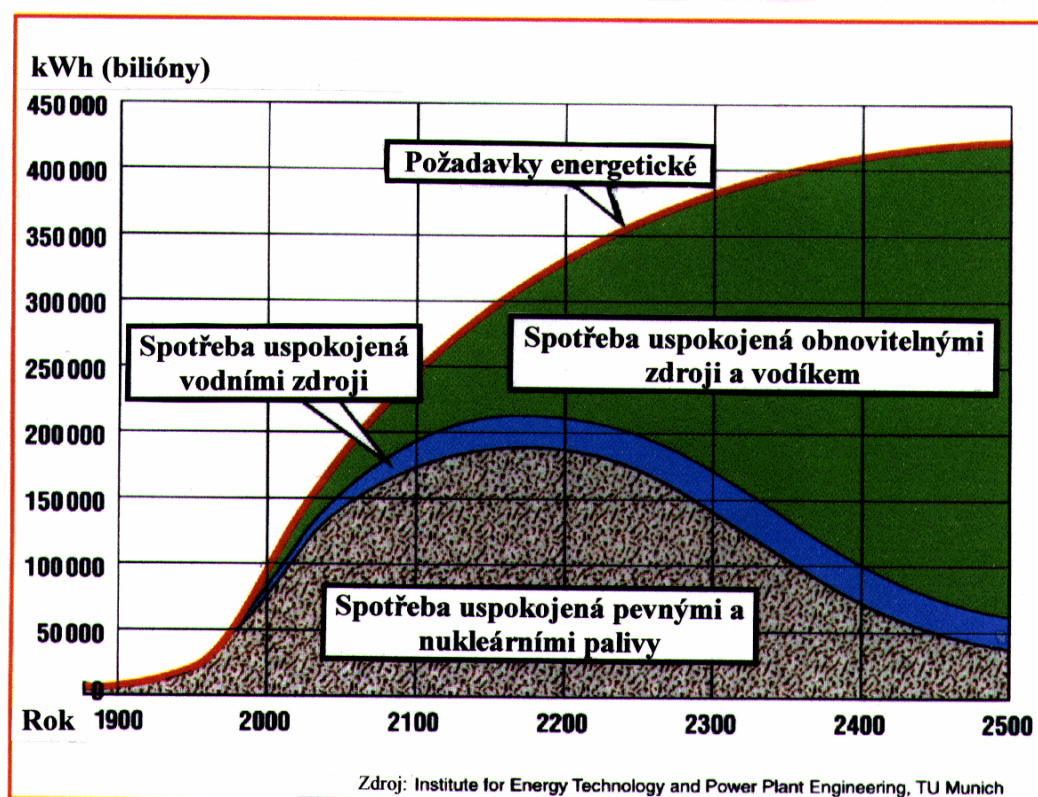
Jestliže v současné době je celkový počet všech druhů automobilů na světě přibližně tři čtvrtě miliardy, do roku 2020 jich má být jedna miliarda. Tento vysoký nárůst se bude týkat převážně developerských zemí. Obdobně je tomu tak i s celkovou světovou energetickou spotřebou, jejíž významné očekávané zvýšení v průběhu dvou desetiletí ukazuje obr. 1.

Je zřejmé, že nelze připustit pokračování tohoto trendu bez zásadních změn. Docházelo by nejen k rychlému snižování zásob primárních energetických zdrojů, které jsou vyčerpatelné, ale i k obrovskému ekologickému zatížení celé planety. Již v období kolem roku 2020 by jen emise oxidu uhličitého stouply na zhruba dvojnásobek současného stavu, tedy k roční produkci cca 14 miliard tun. Pak by asi již globálnímu oteplování planety bylo ztěží možné zabránit. Proto v posledních desetiletích stoupá ve světě zájem o tzv. obnovitelné energetické zdroje a o praktické využívání energetického obsahu vodíku prostřednictvím palivových článků. Od roku 1990 zaznamenává problematika palivových článků neuvěřitelný rozvoj, který je umocňován v posledních třech letech téměř geometrickou řadou. Je také stále více podporován finančně vládními institucemi ve vyspělých zemích. V současné době je na výzkum a vývoj palivových článků vynakládáno ve světě ročně téměř dvě miliardy dolarů. Není již příliš vzdálená doba, kdy palivové články budou pohánět naše automobily a další dopravní prostředky a dodávat energii i teplo našim domovům, úřadům a institucím s vyšší účinností a s výrazně nižším dopadem na životní prostředí než současná paliva a zdroje. Mohou do budoucna i významně snížit závislost evropských zemí a Spojených států na arabské ropě. Následující graf na obr. 2 ukazuje představu odborných energetických pracovišť o uspokojování světové energetické spotřeby v příštích 500 letech.

Obrázek 1: Nárůst světové energetické spotřeby do roku 2020



Obrázek 2: Světová energetická spotřeba do roku 2500



Řešení primárních energetických zdrojů se proto dostává na pořad dne a v některých zemích se již stalo před několika lety stěžejním problémem rozvah o trvalém rozvoji společnosti. USA a Japonsko zahájily mohutnou kampaň podporovanou ze státních i privátních zdrojů před několika lety. Federální vládní program USA zahrnul projekt



rozvoje technologií vodíku a palivových článků v lednu 2003 do prioritních úkolů a podpořil toto rozhodnutí dotací desítek miliard US dolarů na období příštích 5 let. Mimo jiné znamená toto rozhodnutí vytvoření 750 000 nových pracovních míst. Japonsko podobným rozhodnutím věnuje od roku 2002 na rozvoj vodíkových technologií přibližně 240 milionů US dolarů ročně. Evropa může proto pouze následovat tyto aktivity obdobnou iniciativou na národních i společné úrovni. Komise pro energii a dopravu EU iniciovala proto koncem roku 2002 vytvoření High Level Group for Hydrogen and Fuel Cells s cílem přípravy společné evropské vize uskutečnění obnovitelného energetického systému v budoucnosti.

4. ENERGETICKÁ POLITIKA EU A INICIATIVY V OBORU VODÍKU

Dlouho ohlašovaná vodíková ekonomika budí rostoucí zájem ze všech stran. Ministerstvo energetiky USA zorganizovalo v listopadu 2001 “Národní schůzi k vodíkové vizi”. Krátce poté vydalo zprávu nazvanou “Národní vize přechodu Ameriky k vodíkové ekonomice s výhledem do roku 2030 a dál”. Letos v březnu zorganizovala Mezinárodní energetická agentura pracovní seminář na stejné téma.

Důvody zvýšeného zájmu o vodík jsou snadno pochopitelné:

- ▣ Jedná se o čisté palivo “par excellence”, které může hrát klíčovou roli v dodržování závazků EU z Kjótského protokolu;
- ▣ Vodík lze využít ke skladování energie, což může řešit problém přerušované dostupnosti většiny obnovitelných zdrojů energie;
- ▣ Pokud by jej bylo možno vyrábět z místních zdrojů energie, šlo by o důležitý příspěvek k cíli stanovenému EU: zajistit dostatečnou soběstačnost v energiích.

Bohužel tyto velmi výhodné vlastnosti jsou jen jednou stranou mince. Vodík je nutno vyrobit, skladovat, přepravovat a využít v zařízeních pro konverzi energie. I když všechny tyto procesy jsou dnes zvládnuty na úrovni rutinního provozu, z hlediska nákladů nás čeká ještě spousta práce. A právě v této oblasti čeká vodík ještě dlouhá cesta, než se prosadí. Náklady na neřešení problému globálního oteplování by ale mohly značně překročit náklady na nové technologie zaměřené na zmírnění dopadu emisí skleníkových plynů.

Když se zaměříme na “Energetickou politiku EU a iniciativy v oboru vodíku”, můžeme vybrat oblasti, v nichž by EU měla podpořit vodíkovou ekonomiku ve střednědobé perspektivě. V tomto kontextu můžeme následně zkoumat, jak může EU ovlivnit výzkum a vývoj v oblasti vodíku,

- ▣ Jaké problémy představuje přechod na vodíkovou ekonomiku a
- ▣ Jaký obecný rámec potřebujeme k výrobě vodíku v dostatečném množství;

Než se budeme dále věnovat těmto tématům, bude dobré definovat podmínky.

4.1 Definice podmínek

Podobně jako ministerstvo energetiky USA uvažujeme o období do roku 2030.

V tomto časovém úseku spotřeba energie v tzv. EU30 vzroste, podle údajů zprávy Evropské komise “Zpráva o spolehlivosti dodávek”, z 1230 na 1660 Mt¹⁾. Ve stejném období bude nutno drasticky omezit emise CO₂. Všichni si jsme vědomi závazku snížit emise CO₂ v období 2008 – 2012 oproti roku 1990 o 8 %. Ale to je jen první krok. Přibližně v roce 2050 musí být emise sníženy o 60 až 70 %²⁾. Do roku 2030 je proto nutno je snížit nejméně o 35 %. V roce 1990 byla koncová spotřeba zemí EU30 přibližně 1130 Mt, z čehož přibližně 80 % pocházelo z fosilních paliv, tj. 900 Mt. Tento podíl je každopádně nutno snížit o 60 až 70 %. Za předpokladu stanoveného cíle omezení emisí CO₂ v roce 2030 o přibližně 35 % je nutno používat v daném roce maximálně 600 Mt fosilních paliv.

- 1) Zpráva “K evropské strategii spolehlivosti dodávek energie”: na straně 16;
- 2) Zdvojnásobit nebo zrušit? Globální budoucnost civilních jaderných zdrojů energie, M. Grimston a P. Beck, strana 181.

Při očekávané celkové spotřebě 1660 Mt lze vyslovit závěr, že nejméně 1000 Mt musí v roce 2030 pocházet ze zdrojů, které nemají žádné emise CO₂. A to ještě není všechno. Vodík je sekundárním zdrojem energie. Dokud se nezmění první termodynamický zákon, je k výrobě takového množství vodíku potřeba ještě větší množství primární energie. Podle konkrétního autora a konkrétního předpokládaného konverzního zařízení může účinnost výroby vodíku dosáhnout 25 až 90 %. I za předpokladu průměrné účinnosti 80 % budeme potřebovat 1250 Mt primární energie. To není málo - prakticky celá současná koncová spotřeba - a toto číslo může jen růst. Jak se tyto informace dotýkají tématu, o němž chceme hovořit?

4.2 Výzkum a vývoj související s vodíkem

Na základě rozsahu poptávky po čistých palivech je první závěr jasný: peníze vynaložené na vyřešení výše zmíněných technických obtíží jsou každopádně dobrou investicí. Hlavním cílem tvůrců energetické politiky by mělo být to, aby bylo zajištěno dobré využití veřejných prostředků vynaložených na tento účel. Přitom narážíme nejméně na tři problémy, které je nutno řešit:

- ▣ Zajištění hladkého přechodu mezi veřejným výzkumem a soukromým vývojem, zejména to, za jakých podmínek budou případné přelomové objevy výzkumníků předány průmyslovým koncernům ke komerční realizaci;
- ▣ Definice vztahu, který chceme navázat s rozvinutými státy mimo EU, například s USA a Japonskem. Máme zaujmout tvrdě konkurenční stanovisko s cílem dobytí světového trhu? Nebo se rozhodnout pro běžnou spolupráci prostřednictvím dohod o výzkumu s cílem zajistit si podíl na úspěchu i v případě vlastního nezdaru? Existuje nějaké kompromisní řešení, které by mohlo dát lepší výsledky? V tomto kontextu je nutno uvést, že celkové plánované výdaje na výzkum a vývoj v oblasti vodíku a palivových článků v následujících dekádách jsou na úrovni třetiny toho, co požadují v USA a poloviny toho, co požadují v Japonsku;
- ▣ S ohledem na ambiciózní dlouhodobé cíle technologické platformy je jasné, že tato vyžaduje silnou finanční podporu výzkumu a vývoje, pokud má být vize přetvořena v konkrétní úspěchy a má být dosaženo skutečných přínosů. Toto financování je nutno získat z různých zdrojů, včetně nástrojů rámcových programů EU, programových dokumentů strukturálních fondů, národního a regionálního financování výzkumu a vývoje, programů EIB, EUREKA... Dalším klíčovým prvkem ve strategii v oboru vodíku a palivových článků bude podpora zvýšených soukromých investic do výzkumu.

4.3 Přechod na vodíkovou ekonomiku

Objem investic do průmyslu bude jak se zdá obrovský a tempo jejich zavádění není o nic mírnější. Ještě není zdaleka jasné, jak nejlépe postupovat. Konkurenční trh s vodíkem zajistí nejmenší možné ceny koncovým spotřebitelům. Konkurenční trh se ale zaměří hlavně na ekonomický základ pro další čtvrtletí, a to není vhodný časový rámec pro uvažované investice. V tomto ohledu mohou lepších výsledků dosáhnout regulované trhy, které ale bývají dražší. S ohledem na to, co je v sázce, musíme využít tvořivého přístupu při vypracování rámce, který nabídne to nejlepší z obou světů. To je tím důležitější, že vodíková ekonomika nebude založena na uvádění jediného produktu na trh. Bude vyžadovat současnou dostupnost zařízení na výrobu paliva, distribučních sítí, skladovacích a konverzních zařízení.

4.4 Obecný rámec potřebný k výrobě vodíku

Stále běžněji se šíří názor, že všechny naše budoucí potřeby vodíku pokryjí obnovitelné zdroje (RES). Výše uvedená analýza ale tento názor nepodporuje.

Pokud chceme mít prostor k pokrytí mírně zvýšené spotřeby energie při současném dodržení Kjótského protokolu, nesmíme být příliš vybíraví a nesmíme se nechat chytit do ideologické pasti:

- ▣ Je nutno maximálně využít všech možností úspor energie;
- ▣ Je nutno rozvíjet všechny, a zdůrazňujeme všechny, ostatní zdroje energie z nefosilních paliv.

Poslední bod nás přivádí k nutnosti přehodnotit budoucí úlohu jaderné energie. Dokud byla pozornost upřena na krátkodobé cíle, kritici jaderné energie ji snadno mohli odsuzovat, protože byla jen “malým příspěvkem, který stejně přichází pozdě”. V současné situaci ale na věc nahlížíme z mnohem dlouhodobější perspektivy.

Pokud se zaměříme na situaci v roce 2030, je nepochybné, že jaderná energie může dostatečně a včas vypomoci. V tomto kontextu musíme konstatovat, že argumenty, které podporují přechod na vodíkovou ekonomiku současně podporují zlepšování, posilování a rozšiřování využití jaderné energie.

4.5 Souhrn vývoje podle EU, návaznost na ČR

Výše uvedený popis stavu věcí není v žádném případě kompletní. Bylo by ale velmi závažným prohrěškem nezmínit se o tom, že země EU v současnosti vytvářejí přibližně 15 % celosvětových emisí skleníkových plynů, zatímco rozvojové země už 40 %²⁾. Země EU by nedosáhly praktického zlepšení situace, pokud by rozvojovým zemím nepomohly dosáhnout jejich vlastních limitů emisí.

Postup na celoevropské úrovni je předpokladem úspěchu. Unie musí významně posílit své snahy i rozpočty v oblasti vybudování a využívání konkurenceschopných vodíkových technologií a oborů palivových článků. Tento vývoj nesmí probíhat nekoordinovaně. Získání celosvětového vedení v tomto oboru bude vyžadovat koherentní strategii na evropské úrovni, zahrnující výzkum, demonstraci technologie a její uvedení na trh. Ještě jednou musíme vyzvat všechny Evropany ke zrychlení rozvoje našich kapacit tak, abychom dokázali obstát v celosvětově rychle se měnících podmínkách, jinak se budeme jen dívat, jak ostatní tyto problémy zvládli, zatímco jsme bojovali s vlastní roztříštěností a krátkozrakostí.

Stav v České republice kopíruje situaci v evropském i světovém měřítku. Výroba elektrické i tepelné energie je soustředěna do velkých výrobních jednotek využívajících fosilní zdroje a jadernou energii. Využití obnovitelných zdrojů je malé a soustřeďuje se na vodní zdroje a několik zdrojů na bázi biomasy. Experimentální ověření probíhá také stavbou omezeného počtu větrných agregátů a slunečních baterií.

Energetický systém budoucnosti by měl splňovat podmínky několika kritérií. Trvale udržitelná a prosperující soustava musí být spolehlivým a bezpečným zdrojem, musí být integrována do životního prostředí a musí být ekonomicky únosná. Možnou odpovědí těmto požadavkům je vodíková energie vyráběná z ne-fosilních zdrojů, pomáhající udržovat stálé klimatické prostředí, kvalitu ovzduší a bezproblémové zásobování.

Splňuje vodík podmínky zadání? Uživatelský komfort spočívá v dostatečné mobilitě zdroje a přiměřeném množství tepla, chladu a elektrické energie. Dostupnost vodíku

z různých zdrojů je předpokladem dobré dostupnosti i stabilní cenové úrovně. Splňuje tedy podmínku zabezpečeného zdroje. Vodík nabízí nulové škodlivé emise a stabilní výrobu produktu – energii elektrickou a tepelnou. Vlastní výroba vodíku je buď zcela prostá emisí při použití neuhlíkových primárních zdrojů včetně nukleárních nebo jsou uhlíkové zdroje přeměněny řízeným způsobem vylučujícím vznik skleníkových plynů. Nezbytný ekonomický parametr vodíkového programu spočívá v potřebě snížit celkové energetické požadavky a zvýšením efektivnosti využití dosáhnout celkového ekonomického růstu.

Na nedostatečný vývoj v této oblasti pak navazují neřešené ekologické problémy ochrany čistoty vody a ovzduší pocházející ze současné průmyslové činnosti nebo z tzv. ekologických zátěží z dřívějšího období. Ty zákonitě vyvolávají společenské střety zastánců nových přístupů k řešení stylu života v současném „globalizovaném“ světě s představiteli často velmi konzervativních postupů a neudržitelných filozofických stanovisek z dřívějšího období. Má-li Česká republika rozvíjet své postavení technicky rozvinuté země v integrované Evropě, nezbývá, než se pokusit o zařazení do připravovaných evropských projektů formou vytvoření a ekonomické podpory vlastních přístupů k řešení. Je zřejmé, že pouhá orientace na klasické zdroje energie včetně jaderných elektráren nebude v příštích padesáti letech postačující.

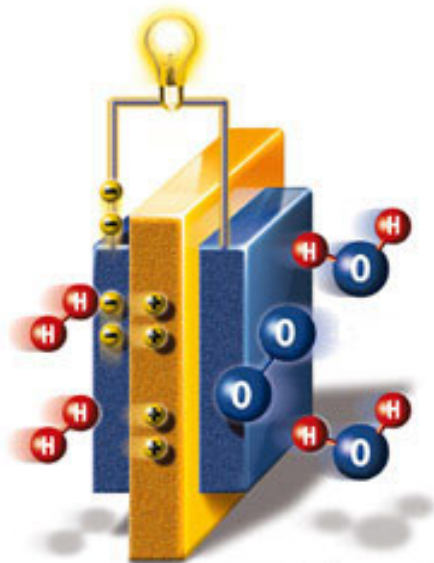
- 1) První závazek z Kjótského protokolu: –8 % by 2008 – 2012.
- 2) Dlouhodobá RTD strategie pro udržitelnou dodávku energie, P. Zegers, součást zprávy IPTS, květen 2002, str. 18.

5. ZÁKLADNÍ INFORMACE O PALIVOVÝCH ČLÁNCÍCH

Palivový článek můžeme definovat jako elektrochemické zařízení, uskutečňující přímou přeměnu chemické energie vodíku a kyslíku na energii elektrickou, vodu a teplo. Tato přeměna se děje katalytickými reakcemi na elektrodách a je v podstatě založena na obráceném principu elektrolýzy vody. Princip činnosti palivového článku si můžeme vysvětlit pomocí jednoduchého schématu na obr. 3.

Palivový článek se skládá z elektrolytu (žlutá barva), elektrod (modrá barva) a elektrického okruhu. Elektrolyt musí být iontově vodivý, v našem případě se jedná o proton vodič. Pro elektrický proud musí být dielektrikem, elektrony tedy propouštět nesmí. Vodík je přiváděn k anodě, na které se katalyticky štěpí na protony a elektrony. Protony přechází elektrolytem ke katodě, zatímco uvolněné elektrony přechází vnějším vedením a produkují elektrický proud. Ke katodě je přiváděn kyslík, který zde katalyticky reaguje s prostoupenými protony a elektrony za vzniku vody. Na obou elektrodách vzniká potenciální rozdíl kolem jednoho voltu, který při zatížení článku poklesne obvykle na hodnoty 0,5 – 0,8 V. Aby bylo dosaženo potřebného vyššího napětí, jsou desítky cel sériově uspořádány do jednotlivých svazků stavebnicovým způsobem. Jednotlivé svazky mohou být opět libovolně propojovány sériově nebo paralelně podle požadavků na produkované napětí a proud.

Obrázek 3: Schéma palivového článku



Svou činností se palivový článek podobá klasickým akumulátorům, ve kterých rovněž probíhá přímá přeměna chemické energie na energii elektrickou. Na rozdíl od nich však používá z vnějšku dodávané palivo, což mu umožňuje libovolně dlouhý provoz. Palivem do palivových článků může být vodík v plynném nebo kapalném stavu, nebo mohou být používána nepřímá, vodík obsahující paliva, většinou různé uhlovodíky a alkoholy. Z nich je vodík uvolňován tzv. reformovacím procesem. Mezi nejvýznamnější nepřímé zdroje vodíku patří zemní plyn, metan, propan a metanol, případně etanol. Do budoucna se počítá i s využíváním dosavadních pohonných hmot do automobilů se spalovacími motory, jejich reformování je však velmi náročné a nebude zřejmě uspokojivě vyřešeno v nejbližších letech.

Proti současným energetickým zdrojům mají palivové články řadu výhod, z nichž na prvním místě lze jmenovat významně vyšší účinnost a ekologický provoz. Při využívání

primárních energetických zdrojů, jako je dřevo, uhlí, ropa, zemní plyn se obvykle provádí jejich spalování. Vzniklá horká voda nebo pára či plyny slouží buď jako dodavatel tepla, nebo pro pohon spalovacích motorů a turbin s využitím dalších mechanických zařízení jako jsou alternátory a generátory pro výrobu elektrické energie. Tento nepřímý postup výroby elektrické energie z původního zdroje je zatížen velkými ztrátami a má tedy nízkou účinnost. Navíc značně ohrožuje životní prostředí produkcí nadměrného množství odpadů do ovzduší, jak již bylo řečeno vpředu. Palivové články při přímé přeměně chemické energie na energii elektrickou vypouští mezistupně spalovacích procesů i pohybující se mechanická zařízení, jako jsou turbíny, alternátory a generátory a nabízí proto výrazně vyšší účinnost. Jediným odpadem při provozu vodíkových palivových článků je čistá voda, při využívání reformovaných paliv je produkováno určité množství oxidu uhličitého, které je však významně nižší než u současných energetických zdrojů. Dále může být produkováno nepatrné množství oxidů dusíku, případně dalších produktů podle druhu reformovaného paliva. Z dalších předností palivových článků lze jmenovat nepatrné nároky na údržbu, protože mají minimum nebo žádné pohybující se součásti, tichý provoz bez vibrací a některé typy jsou schopné dodávat elektrickou energii ihned po spuštění reakce. Mohou tedy dobře sloužit k pohonu dopravních prostředků. V případě výroby elektrického proudu ve statických zařízeních mohou být umístěny přímo v místě spotřeby a mají možnost snadného využití odpadního tepla. Bezhlukový provoz, nepatrné vyzařování infračerveného záření a minimální tvorba emisí, jsou velice oceňovány při vojenském využívání, protože vedle ostatních výhod výrazně snižují detekovatelnost proti současně používaným polním energetickým zdrojům.

Palivových článků existuje několik druhů a většinou jsou děleny podle používaného elektrolytu a podle pracovní teploty. Takové rozdělení s nejdůležitějšími parametry ukazuje tabulka 3.

5.1 Alkalické palivové články.

Jsou to jedny z prvních článků, široce používaných dlouhodobě v kosmickém výzkumu. Pohyblivým iontem je u nich iont hydroxylový, procházející alkalickým elektrolytem od katody k anodě, tedy obráceně ve srovnání s kyselými články. Reakční voda vzniká také na anodické straně článku. Katodická redukce kyslíku probíhá lépe než u kyselých článků a proto nepotřebují používat na katodické straně v řadě případů drahé platinové katalyzátory. Nevýhodou těchto článků je jejich citlivost na oxid uhličitý, který reaguje s alkalickým elektrolytem za vzniku karbonátů. Proto alkalické články nemohou na rozdíl od ostatních druhů používat reformovaná paliva. Dokonce i reagující vodík a kyslík musí být před vstupem do článku zbaven oxidu uhličitého.



PALIVOVÉ ČLÁNKY – PROGRESIVNÍ TECHNOLOGIE PRO EKOLOGICKOU VÝROBU ENERGIE

Tabulka 3: Rozdělení palivových článků

Druh	Nízkoteplotní			Středněteplotní	Vysokoteplotní	
	Alkalické AFC (Alcaline Fuel Cells)	Membránové PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cells)	Přímé metanolové DMFC (Direct Methanol Fuel Cells)		Kyselé PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cells)	S tavenými karbonáty MCFC (Molten Carbonate Fuel Cells)
Elektrolyt	Hydroxid draselný	Iontoměničná membrána	Iontoměničná membrána	Kyselina fosforečná	Tavené karbonáty lithia, vodíku, draslíku	Oxid zirkoničitý s příměsí yttria
Pracovní teplota (°C)	60 – 100	20 – 80	20 – 130	170 – 250	600 – 650	800 – 1000
Pohyblivý iont	OH ⁻	H ⁺	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
Elektrodové reakce	A H ₂ +2OH ⁻ →2H ₂ O+2e ⁻ K ¹ / ₂ O ₂ +H ₂ O+2e ⁻ →2OH ⁻ Σ H ₂ + ¹ / ₂ O ₂ →H ₂ O	A H ₂ →2H ⁺ +2e ⁻ K ¹ / ₂ O ₂ +2H ⁺ +2e ⁻ →H ₂ O Σ H ₂ + ¹ / ₂ O ₂ →H ₂ O	A CH ₃ OH+H ₂ O→CO ₂ +6H ⁺ +6e ⁻ K ³ / ₂ O ₂ +6H ⁺ +6e ⁻ →3H ₂ O Σ CH ₃ OH+ ³ / ₂ O ₂ →CO ₂ +2H ₂ O	A H ₂ →2H ⁺ +2e ⁻ K ¹ / ₂ O ₂ +2H ⁺ +2e ⁻ →H ₂ O Σ H ₂ + ¹ / ₂ O ₂ →H ₂ O	A H ₂ +CO ₃ ²⁻ →H ₂ O+CO ₂ +2e ⁻ K ¹ / ₂ O ₂ +CO ₂ +2e ⁻ →CO ₃ ²⁻ Σ H ₂ + ¹ / ₂ O ₂ +CO ₂ →H ₂ O+CO ₂	A H ₂ +O ²⁻ →H ₂ O+2e ⁻ K ¹ / ₂ O ₂ +2e ⁻ →O ²⁻ Σ H ₂ + ¹ / ₂ O ₂ →H ₂ O
Účinnost (%) (elektrická)	45 – 60	40 – 60	40	38 – 45	45 – 60	50 – 65
Výkon(kW)	Do 20	Do 250	Do 10	50 – stovky kW	Do několika MW	Do několika MW
Používané palivo	Vodík	Vodík Reformovaná paliva	Methanol (Ethanol)	Vodík Reformovaná paliva	Vodík Nepřímá paliva	Všechny druhy bez reformování
Možné aplikace	Kosmické lodě, lodě, ponorky	Univerzální	Přenosné články	Výroba energií	Výroba energií	Výroba energií

5.2 Kyselé palivové články

Kyselina fosforečná, tvořící elektrolyt, je imobilizována v silikon-karbidové matici. Tyto středně teplotní články používají na obou elektrodách platinové katalyzátory. Jejich průmyslová výroba byla zahájena již na počátku devadesátých let minulého století. Mezi jejich nevýhody patří poměrně pomalá kinetika katodové reakce a nízká vodivost kyseliny fosforečné pro ionty při nižších teplotách. Ve srovnání s ostatními druhy palivových článků jsou značně objemné a těžké.

5.3 Membránové palivové články.

Nepoužívají korozivní kapalně elektrolyty jako předchozí dva typy, ale pevné iontoměničové membrány. Mají velkou energetickou kapacitu při menší váze a objemu ve srovnání s ostatními typy. Používají platinový katalyzátor na obou elektrodách, který je při poměrně nízké pracovní teplotě velmi citlivý na některé jedy, především na oxid uhelnatý. Proto používaný vodík musí být dostatečně čistý. V případě používání nepřímých reformovaných paliv musí mít za reformovacím zařízením zařazen další stupeň pro katalytickou oxidaci oxidu uhelnatého na uhlíčitý. Nízká pracovní teplota na druhé straně umožňuje okamžitý start reakce při běžné teplotě a snadný přechod na teplotu pracovní. Tyto články mohou být proto výhodně používány pro pohon dopravních prostředků. Hlavním nedostatkem membránových článků je, že membrány převádí ionty jen ve zbotnalém stavu. Protože procházející vodíkové ionty odvádí z membrán i určité množství vody, je nezbytné zajistit v článku takový vodní režim, který zabraňuje vysoušení membrán.

Zvláštním druhem membránových palivových článků jsou nové typy tzv. článků regenerativních. Ty vyrábí elektrický proud z vodíku a kyslíku jako ostatní články, ale navíc jsou schopné využívat elektřinu ze solárních a jiných zdrojů a vyrábět potřebný vodík a kyslík elektrolýzou vody. To je velmi důležité např. při provozu kosmických lodí. Nachází-li se raketa na odvrácené straně od slunce, může si vyrábět energii z vodíku a kyslíku, vyrobených v období, kdy byla raketa osvětlována slunečními paprsky.

5.4 Přímé metanolové palivové články

Tyto rovněž poměrně novější palivové články nepotřebují čistý vodík, ale produkci elektronů a protonů umožňuje přímá katalytická reakce metanolu na anodě. Používají tedy jako přímé palivo vodný roztok metanolu. Elektrolytem je opět pevná membrána a fungují také podobně jako membránové palivové články. Protože katalytickou reakcí metanolu vzniká vedle oxidu uhlíčitýho i menší množství oxidu uhelnatého, musí katalyzátor na anodě obsahovat vedle platiny obvykle další komponenty. Ty zajišťují oxidaci nebezpečného oxidu uhelnatého na uhlíčitý. U těchto článků nehrozí vysoušení membrány, protože je neustále zvlhčována z anodické strany vodou, tvořící podstatnou součást metanolového paliva. Úplně nejčerstvější novinkou jsou přímé metanolové palivové články, používající místo membrány kapalně kyselý nebo alkalický elektrolyt. Jejich výroba by měla být levnější a jednodušší.

5.5 Články s tavenými karbonáty

Elektrolyt těchto článků, tvořený směsí tavených karbonátů alkalických kovů, je imobilizován v chemicky inertní keramické lithium amonium oxidové matici. Pohyblivými ionty jsou ionty karbonátové, procházející elektrolytem od katody k anodě. Díky vysoké pracovní teplotě nemusí používat drahé platinové katalyzátory, ani reformovací zařízení. Při používání nepřímých paliv jsou tato konvertována na vodík přímo uvnitř článku

tzv. vnitřním reformováním. Provoz těchto článků nenarušují oxidy uhlíku, naopak oxid uhličitý může být používán jako součást paliva. Jako palivo mohou být tedy používány i produkty ze zplyňování uhlí. Je ale zapotřebí zlepšovat jejich odolnost proti sloučeninám síry. Oxid uhličitý, tvořící součást paliva, je využíván při katodické reakci, ale je zároveň produkován reakcemi na anodě. Pro účinný provoz článku je tedy zapotřebí zajistit transport tohoto plynu od anody ke katodě. Hlavní nevýhodou těchto článků je značné materiálové opotřebovávání, způsobené vysokými pracovními teplotami. Je zapotřebí volit pro jednotlivé komponenty článků materiály teplotně odolné a tedy i drahé.

5.6 Články s pevnými oxidy

Tyto články pracují vůbec při nejvyšší teplotě, nepotřebují tedy drahé katalyzátory, reformovací zařízení a jsou nejodolnější proti všem vlivům z nepřímých paliv. Mají o několik řádů vyšší odolnost než ostatní druhy článků proti sloučeninám síry a oxid uhelnatý může u nich dokonce sloužit jako součást paliva. Mohou tedy bez problémů používat palivo ze zplyňování uhlí. Vysoké pracovní teploty umožňují těmto článkům vůbec nejvyšší účinnost. Na druhé straně jsou příčinou pomalého nastartování reakce a zvýšenou spotřebou teplotně izolačních materiálů. Hlavní nevýhodou je opět nízká odolnost konstrukčních materiálů vůči vysokým teplotám. Vývoj levných materiálů, odolávajících vysokým teplotám, je klíčovým problémem masového průmyslového využívání těchto článků.

6. OBLASTI UPLATNĚNÍ PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ

Palivové články se mohou uplatnit všude tam, kde je zapotřebí energie, tedy v podstatě ve všech oblastech lidské činnosti, jak v civilním průmyslu, tak při vojenském využití. Vedle všech výše jmenovaných výhod proti současným energetickým zdrojům je jejich nejvýhodnější využívání **při přímé výrobě elektrické a tepelné energie, tedy namísto současných elektráren, tepláren a dalších zdrojů**. Vedle šetrnosti k životnímu prostředí přidávají snadné využívání odpadního tepla při výrobě elektrického proudu, využitelného pro ohřev budov a výrobu horké vody. Jejich tepelný výkon, je přibližně stejný nebo o něco vyšší než výkon elektrický, takže celková účinnost využití paliva při výrobě energií přesahuje 80 %. Další důležitou předností systémů s palivovými články je to, že účinnost není příliš závislá na jejich velikosti. Namísto centrálních vysokokapacitních a nákladných energetických závodů je možné stavět účinné energetické zdroje přímo na míru v místě spotřeby. Odpadá nutnost budovat drahé rozvodné sítě, které jsou zdrojem dalších energetických ztrát a navíc jsou ohrožovány poruchami a různými živelními pohromami. Jako příklad si můžeme připomenout nedávné výpadky elektrického proudu pro miliony obyvatel Spojených států po několika uragánech. Tyto energetické zdroje, které nazýváme statickými kogeneračními jednotkami elektrické a tepelné energie, mohou být instalovány i v odlehlých místech. To je výhodné pro vojenské využívání, ale i pro budoucí elektrifikaci odlehlých končin v zemích, které se rozvíjejí.

Statické kogenerační jednotky mohou pracovat se všemi dosavadními zdroji vodíkového paliva. Zatím nejvíce je uplatňován zemní plyn, který má velmi slušně vybudovanou infrastrukturu. Dělíme je do dvou základních skupin podle použití. Do první patří energetické zdroje pro rodinné domy a menší objekty, jejichž výkon se pohybuje většinou v rozmezí 2 – 10 kW. V Japonsku a Evropě se počítá ve značné míře se zdroji 0,5 – 2 kW, protože domácnosti zde mají nižší energetickou náročnost a většina instalovaných systémů bude používána paralelně s klasickým elektrickým rozvodem. Ve Spojených státech se počítá spíše s výkonnějšími kogeneračními až do 10 kW, protože americké domácnosti mají větší spotřebu a velká část těchto energetických zdrojů bude využívána nezávisle na rozvodných sítích v domácnostech z odlehlých končin, vzdálených od rozvodných sítí. Druhou skupinu tvoří kogenerační jednotky s elektrickým výkonem nad 10 kW pro větší komplexy budov, jako jsou např. nemocnice, nebo pro celá sídliště. Počítá se s tím, že podle potřeby budou vyráběny systémy s výkony 200 kW až 100 MW.

Další rozsáhlou oblastí pro výhodné využívání palivových článků jsou **všechny druhy pozemní a vodní dopravy**, především však pohon automobilů. Zde již se sice nemůže počítat s tak vysokou účinností jako při přímé výrobě energií, protože vyrobená elektrická energie se musí převádět na energii mechanickou pro pohon kol. Přesto porovnání se současnými spalovacími motory vychází pro palivové články velmi příznivě. Účinnost spalovacích motorů současných automobilů se pohybuje většinou v rozmezí 20 – 25 %, přičemž účinnost na pohyb kol se dále snižuje na cca 16 – 19 % kvůli ztrátám v převodech. Elektromotory s palivovými články mají účinnost přibližně dvojnásobnou než spalovací motory a při převodu na kola může být až trojnásobná. Budoucí automobily s palivovými články mohou mít každé kolo poháněné přímo samostatným elektromotorem bez dalších ztrátových převodů.

Využívání přenosných a miniaturních palivových článků tvoří oblast třetí. Mohou pracovat i při běžných nezvýšených teplotách a u tzv. dýchacích článků není ani zapotřebí dodávat kyslík – ten si samy odebírají z okolního vzduchu. Mohou sloužit k pohonu veškeré přenosné elektroniky, všude tam, kde se v současné době používají akumulátory a baterie. Přestože jejich vývoj byl zahájen později než vývoj ostatních druhů, k jejich masovému průmyslovému rozšíření dojde zřejmě nejrychleji. Důvody můžeme hledat především v rychlém rozvoji přenosných elektronických zařízení, pro řadu z nichž začaly být kritickým problémem energetické zdroje. Ani nejdokonalejší a nejdražší

lithiové baterie nestačí plnit zvyšující se nároky hlavně pokrokové vojenské techniky. Ukazuje se, že energii lze výhodněji skladovat ve formě paliva než aby byla integrovanou součástí vlastního energetického zdroje, jako je tomu u baterií a akumulátorů. Přesně tuto možnost nabízejí palivové články, které mohou pracovat nepřetržitě, dokud je jim dodáváno palivo. I při požadavku malé váhy a objemu mají přenosné palivové články schopnost dosáhnout několikanásobně vyšší energetické kapacity na jednu dávku palivové náplně než baterie či akumulátory. Jestliže energetická kapacita akumulátorů a baterií se ve většině případů pohybuje v desítkách watthodin na kg váhy a jen u těch nejdokonalejších a nejdražších překračuje 200 Wh/kg, přenosné palivové články dosahují již dnes 400 Wh/kg a v dohledné době budou schopné dosáhnout i 1000 Wh/kg. Na jednu náplň paliva je jejich výdrž 3 – 4krát delší, přičemž obměna palivového zásobníku je otázkou několika vteřin. Je tedy nanejvýš pravděpodobné že zanedlouho nahradí většinu těchto dosud používaných zdrojů, z nichž velkou část je zapotřebí po určité době provozu dlouze nabíjet. V některých případech lze však dosáhnout nejlepšího výsledku kombinací obou těchto systémů. Jedná se o tzv. hybridní palivové články, využívané v některých typech automobilů nebo u výkonnějších palivových článků přenosných. Malá váha i objem přenosných palivových článků vychází z toho, že na rozdíl od palivových článků pro dopravní prostředky nebo od statických kogenerátorů nepotřebují téměř žádné periferní součásti, jako jsou reformovací zařízení, čerpadla, kompresory, chladicí a ovládací systémy apod. Stačí jim v řadě případů jen dodávat palivo ve formě vodíku z tlakových bombiček nebo z metalhydridových zásobníků, případně kapalné palivo jako je metanol.

Ze všech uvedených typů palivových článků v současné době dominují a nejperspektivnější jsou palivové články membránové. Jako jediné se uplatňují ve všech třech aplikačních oblastech a zatím naprosto bezkonkurenční jsou v automobilové dopravě a jako přenosné palivové články. Alkalické články dominovaly dlouhá léta v kosmickém výzkumu, ale v posledním období začínají membránové palivové články pronikat i do tohoto odvětví. Další uplatnění alkalických palivových článků lze očekávat v lodní dopravě a u některých druhů pozemních dopravních prostředků. Při přímé výrobě elektrické a tepelné energie pro rodinné domy a menší objekty dominují opět membránové palivové články, k nim se začínají přidávat palivové články s vodivými oxidy. Mezi výkonnými statickými kogenerační jednotky v současné době dominují středně teplotní články kyselé. Ve významné míře se v různých převážně zkušebních provezech uplatňují vysokoteplotní články s tavenými karbonáty a s vodivými oxidy. Do budoucna lze očekávat, že tyto články získají zásadní převahu. Existují i úvahy o budoucím pronikání článků s vodivými oxidy do automobilového průmyslu. Jejich pomalý start při ohřevu na potřebnou pracovní teplotu by podle těchto úvah mohl být řešen hybridním způsobem při kombinaci s akumulátorem.

Zavedení energetického managementu je významným nástrojem k dosažení úspor energie. Jedná se o uzavřený cyklický proces neustálého zlepšování energetického hospodářství v budovách, který se skládá z následujících činností: měření spotřeby energie – stanovení potenciálu úspor energie – realizace opatření – vyhodnocení a porovnání velikosti úspor předpokládaných a skutečně dosažených.

6.1 Výhody a nevýhody palivových článků

K nesporným výhodám palivových článků patří

- ▣ Nízké opotřebení;
- ▣ Vysoká životnost (někteří výrobci udávají až desetitisíce hodin);
- ▣ Nepřítomnost pohyblivých částí a z toho vyplývající tichý chod;
- ▣ Schopnost snášet i značná přetížení (krátkodobě až stovky procent).



Kromě klasického uplatnění je lze perspektivně využívat pro kombinované systémy ohřevu a výroby elektrické energie. To plyne i z následujících údajů rámcově charakterizujících základní typy energetických přeměn.

- ▣ Velké uhelné, plynové či olejové elektrárny: cca 35 % energie se promění na elektřinu, 65 % na neužitečné teplo;
- ▣ Diesel nebo plynové turbíny: 35 % energie se přemění na elektřinu u Dieslu, 25-30% u plynových turbin, 50 % na teplo a cca 20-25 % na pohon systému (krytí ztrát);
- ▣ Palivové články: 40 – 45 % energie se přemění na elektřinu, 35 – 40 % na teplo a 20 % na pohon systému.

Vyrábějí se v širokém rozsahu velikostí od malých článků pro napájení přenosných počítačů nebo rádiových vysílačů až po velké články a jejich skupiny určené pro elektrárny o výkonech řádu několika MW.

Nevýhody palivových článků plynou ze skutečnosti, že pracují v dlouhodobém nepřetržitém provozu. Jedná se zejména o:

- ▣ Nutnost kontinuálně odstraňovat zplodiny chemických reakcí, jejichž množství závisí na velikosti odebíraného proudu (u článků H_2-O_2 jde o odčerpávání vody či vodní páry, u jiných článků o produkty oxidace);
- ▣ Udržování optimální teploty a tlaku aktivních médií (např. u alkalických článků nesmí pracovní teplota přesáhnout 110 °C, čehož se docílí cirkulací elektrolytu přes výměník tepla s chladičem);
- ▣ Uvedení do provozu (může trvat několik minut a článek se na provozní teplotu ohřívá buď proudem, který sám za studena dodává, nebo teplem z vnějšího zdroje).

7. PRŮZKUM TRHU A VYUŽITÍ PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ VE SVĚTĚ

7.1 Vývoj a současný stav vyrobených článků

Ačkoliv palivové články a jejich technologie představují nový obor, rozvíjející se v posledních desetiletích, jejich počátky spadají až do roku 1839. Tehdy anglický právník a vědec William R. Grove objevil možnost obráceného chodu elektrolýzy vody a tedy produkci elektrického proudu reakcemi vodíku a kyslíku na elektrodách. Své experimentální zařízení o několika člancích nazval plynovou baterií. Název palivové články vznikl až mnohem později. K prvnímu praktickému využití palivových článků došlo přibližně za 120 roků. V šedesátých letech minulého století byl v americké společnosti General Electric sestaven první membránový palivový článek a Francis Thomas Bacon z Cambridžské univerzity sestavil první alkalický palivový článek o výkonu 5 kW. Ve stejné době zkonstruoval Harry Karl Ihrig v americké firmě Allis Chalmers alkalický článek o výkonu 15 kW, který byl použit jako vůbec první pro pohon pojezdného prostředku – traktoru. Tento traktor byl vyroben v roce 1959 a samotný článek, obsahující 1008 článků, vážil 917 kg. Toto první historické vozidlo s palivovým článkem ukazuje obr. 4. Firma Allis Chalmers vyrobila v roce 1963 i druhý dopravní prostředek s alkalickým palivovým článkem. Tentokrát to byl golfový vozík. Palivový článek měl výkon 4 kW a jako palivo byl použit hydrazin.

Obrázek 4: První pojezdný prostředek poháněný palivovým článkem



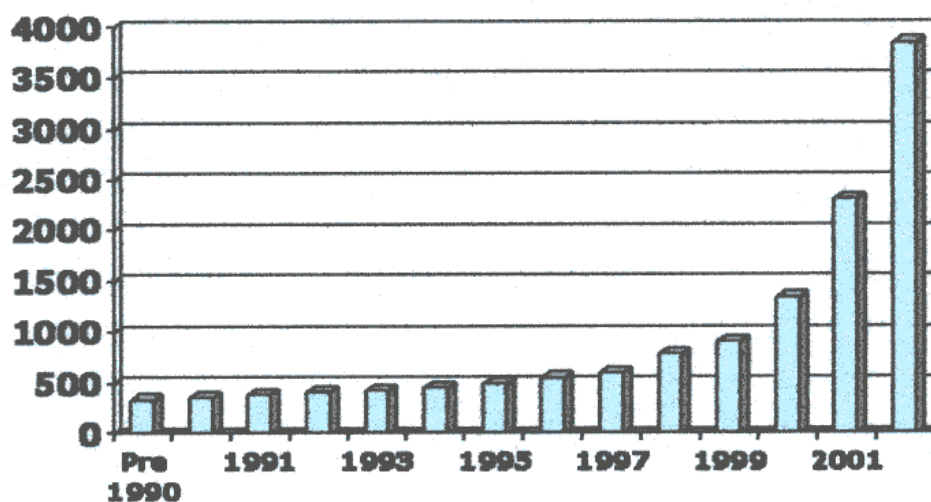
Významné využívání palivových článků je spojeno s kosmickým výzkumem a zahájeno bylo rovněž v 60. letech. Palivové články byly používány jako energetické zdroje pro palubní systémy kosmických lodí. Jako první byly použity membránové palivové články společnosti General Electric o výkonu 1 kW v americkém programu Gemini. Sloužily celkem v osmi kosmických lodích tohoto programu. Každá kosmická loď byla vybavena třemi články společnosti UTC Fuel Cells o výkonu 1,5 kW při paralelním zapojení. Těchto článků, z nichž každý vážil 114 kg, bylo vyrobeno přes 90. Použity byly při 18 letech programu Apollo, při třech letech programu Skylab a při dalších letech programu Apollo-Sojuz s celkovou dobou činnosti 10 000 hodin bez jediné závady. V dalším kosmickém programu 80. let při využívání raketoplánů byly již používány výkonnější alkalické články. Každý raketoplán byl vybaven opět třemi články, z nichž každý měl výkon 12 kW. Při osminásobně větším výkonu byly tyto články o 18 kg lehčí než předchozí typ. Byly v provozu celkem přes 80 000 hodin při více než 108 kosmických letech. Kromě výroby elektrické energie poskytovaly kosmonautům i pitnou vodu, která je odpadním produktem při jejich činnosti. V bývalém Sovětském svazu byly v kosmických lodích rovněž

používány alkalické palivové články, vyvinuté a vyráběné v Uralském elektrochemickém kombinátu.

Obrat ve vývoji palivových článků začal po ropné krizi 70. let. V tomto období se stále více společností začalo intenzivně věnovat vývoji palivových článků a výsledkem jejich činnosti byl postupně narůstající trend po roce 1990, jenž je znázorněn na obr. 5.

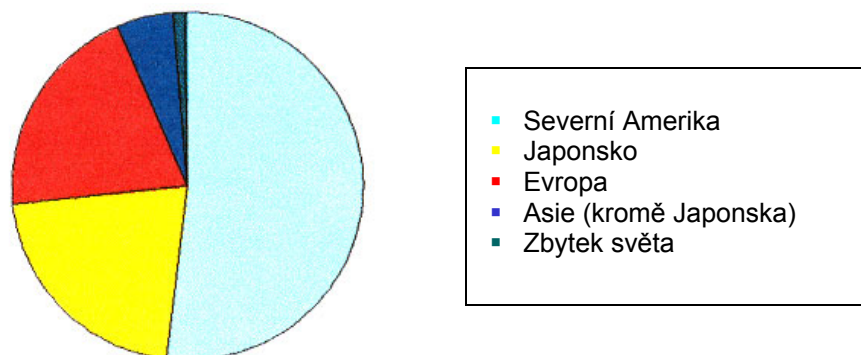
Z obrázku je zřejmé výrazné urychlení vývoje v posledních třech letech.

Obrázek 5: Kumulativní vývoj výroby palivových článků



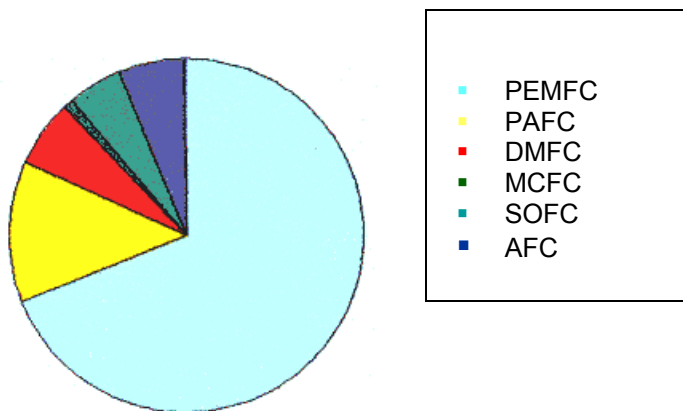
Do konce roku 2002 bylo ve světě vyrobeno celkem cca 3800 systémů a prototypů s palivovými články včetně samotných palivových článků podrobovaných různému testování a zkušebnímu provozu. Podíly jednotlivých světových regionů na této produkci ukazuje obr. 6, z kterého je zřejmá velká převaha severoamerického kontinentu, ale spolu s ním zároveň i převaha Evropy a Japonska nad zbytkem světa.

Obrázek 6: Podíl jednotlivých světových regionů na produkci palivových článků

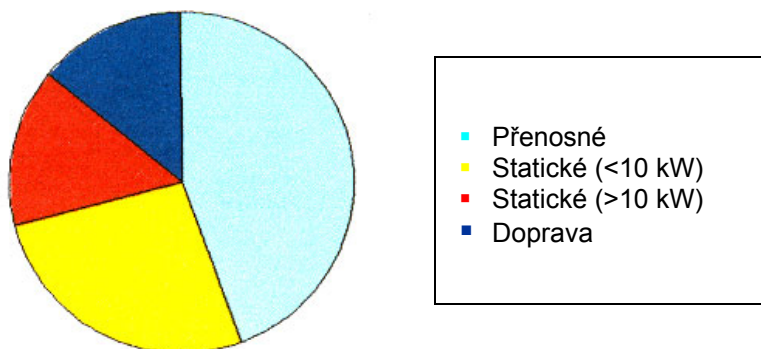


Obr. 7 ukazuje, jak se na vyrobených palivových člancích podílejí jejich jednotlivé technologické typy a na obr. 8 je znázorněno rozdělení vyrobených palivových článků podle aplikací.

Obrázek 7: Zastoupení jednotlivých technologických typů ve vyrobených palivových článcích

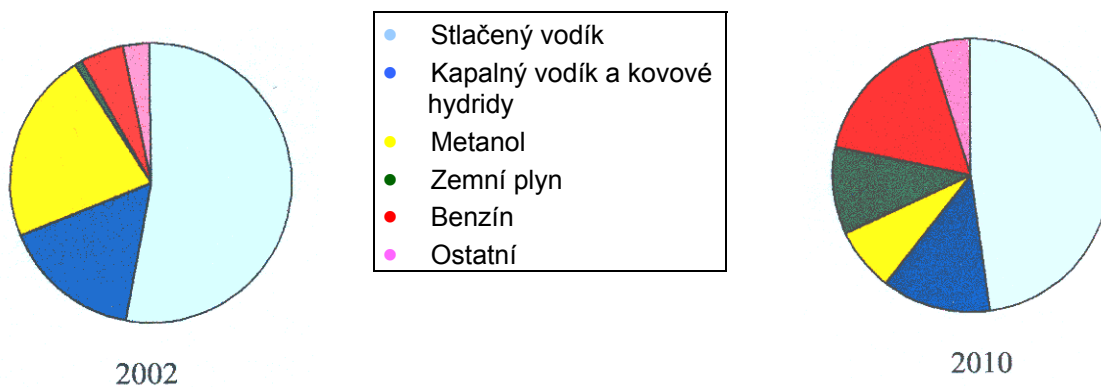


Obrázek 8: Rozdělení vyrobených palivových článků podle aplikací



Uplatnění jednotlivých druhů paliv ukazuje obr. 9. Je na něm uveden i odhad, jak se vzájemné poměry používaných paliv pravděpodobně změní do roku 2010.

Obrázek 9: Uplatnění jednotlivých druhů paliv v roce 2002 a odhad pro rok 2010



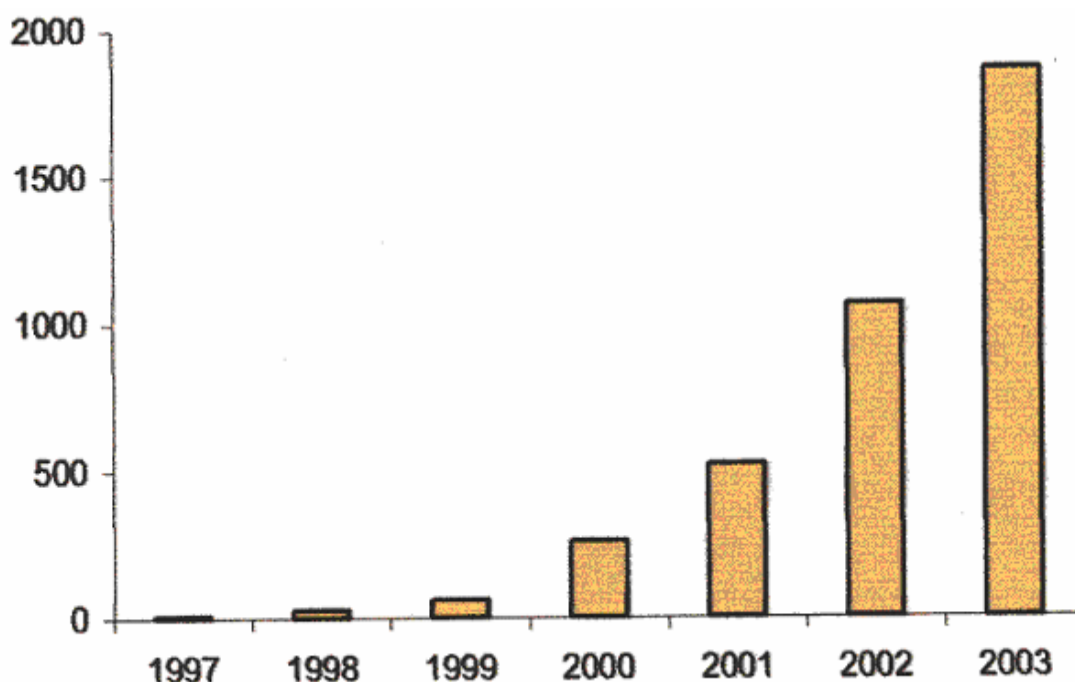
Z celkového počtu necelých 4 000 kusů vyrobených palivových článků sloužilo cca 200 ks jako energetické zdroje v kosmických lodích, cca 330 ks tvořily prototypy různých druhů dopravních prostředků, cca 1 000 ks připadá na energetické zdroje pro rodinné domy a menší objekty, cca 600 ks tvoří výkonné kogenerační jednotky elektrické a tepelné energie a přenosných palivových článků bylo vyrobeno zbylých cca 1 700 ks, z toho 900 ks v loňském roce. Více podrobností o jednotlivých skupinách bude uvedeno v dalších kapitolách.

7.2 Výroba energií

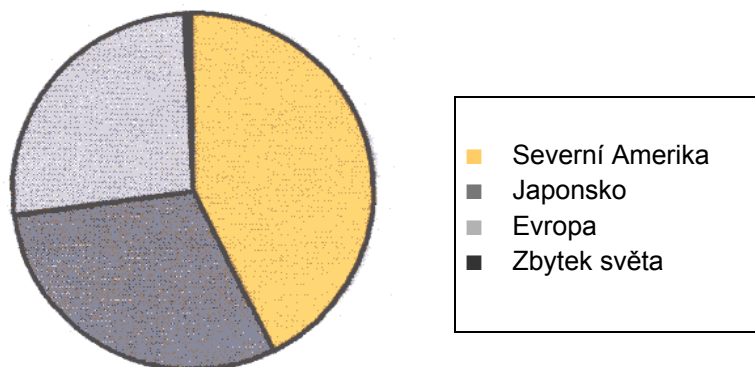
7.2.1 Statické kogenerační jednotky elektrické a tepelné energie menších výkonů

Kumulativní nárůst produkce těchto tzv. malých statických systémů (Small Stationary Systems) ukazuje obr. 10. Za poslední tři roky včetně letošního, došlo nejen ke značnému zvýšení počtu vyrobených zařízení, ale i k dalším významným změnám. Jestliže z cca 530 instalovaných kusů do konce roku 2001 jich bylo 80 % na severoamerickém kontinentu, za necelé dva roky do současné doby se z celkového počtu instalovaných cca 1900 ks nachází již větší část v Evropě a Japonsku. To nejlépe dokumentuje obr. 11. Ukazuje dále zanedbatelný podíl zbytku světa za těmito třemi regiony. Na těchto změnách se v Evropě největší měrou podílejí německá společnost Vaillant, úzce spolupracující s americkou firmou Plug Power, a švýcarská firma Sulzer Hexis.

Obrázek 10: Kumulativní nárůst malých statických systémů

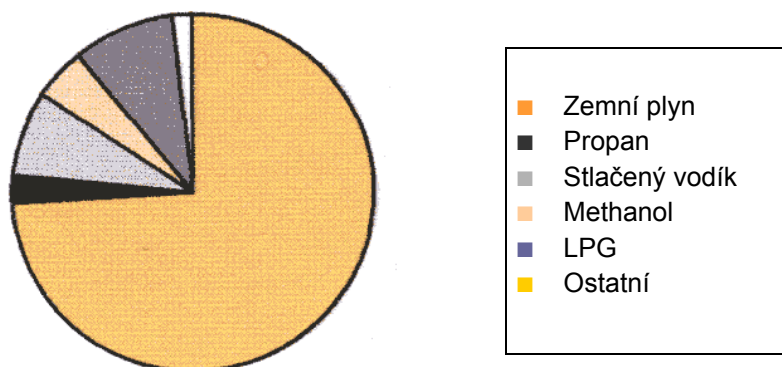


Obrázek 11: Podíl jednotlivých regionů na produkci malých statických systémů

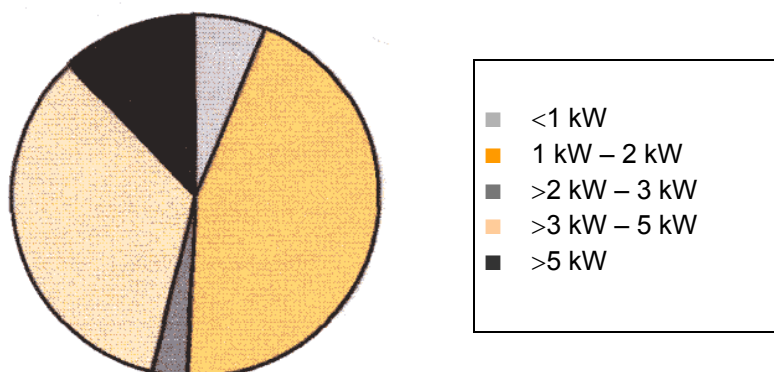


Pokud jde o uplatnění jednotlivých technologií, naprosto jednoznačně převládají palivové články membránové. Za pozornost ale stojí i změna podílu článků s vodivými oxidy, který z 5 % od konce roku 2001 stoupl na víc než 20 % do současné doby. Stejně procento zastoupení však nemá tato technologie mezi výrobci. Z počtu cca 80 firem, které se ve světě zabývají konstrukcí malých statických systémů, jich pracuje s tímto typem palivových článků jen sedm. V Japonsku se např. zaměřují jen na technologie membránové. Dalším zajímavým poznatkem je, že většina evropských a japonských firem se zabývá i výrobou konvenčních topných systémů, kdežto v USA řeší problematiku malých statických systémů jen společnosti, zabývající se výhradně palivovými články. Mezi používanými palivy jednoznačně převládá zemní plyn, jak je zřejmé z obr. 12. Příčinou je nejen jeho dostupnost a dobře vybudovaná infrastruktura v mnoha zemích, ale i vysoká zainteresovanost dodavatelů zemního plynu do této problematiky. To se týká především Německa a Japonska. Rozdělení doposud instalovaných systémů podle jejich výkonu ukazuje obr. 13.

Obrázek 12: Zastoupení jednotlivých druhů paliv u malých statických systémů



Obrázek 13: Rozdělení malých statických systémů podle výkonů



Zřejmě první prototyp energetického zdroje pro rodinné domy vyrobila americká firma UTC Fuel Cells. Již v roce 1968 instalovala zdroj s membránovým palivovým článkem o výkonu 4 kW v jednom domě v Ohio v Texasu. V 70. letech rozmístila 65 12,5-kilowatových systémů na severoamerickém kontinentu a v Japonsku. Pro průmyslovou výrobu připravuje firma 5 kW membránový zdroj, zvaný „Energy center“. Tento zdroj může být zásobován zemním plynem nebo propanem.

V Japonsku připravují výrobu 1-kilowatových membránových zdrojů pro rodinné domy firmy Sanyo Electric Co Ltd a Toyota. Další jednokilowatové membránové zdroje pro Japonsko připravuje kanadská firma Ebara Ballard ve spolupráci s firmou Tokyo Gas. Řadu prototypů tohoto druhu zkonstruovali již v roce 2001 a zahájení průmyslové výroby plánují na rok 2004.

Švýcarská firma Sulzer Hexis, zabývající se vysokoteplotními články s vodivými oxidy, prodala do konce roku 2002 90 ze 400 ks jednokilowatových zdrojů HXS 1000 pro rodinné domy, které mají pracovat paralelně s rozvodnou sítí. Zbýlých 310 aparátů plánuje distribuovat do konce letošního roku hlavně ve Švýcarsku, Německu a Rakousku jako předprůmyslovou výrobu. Zároveň připravuje nový zdroj pro rodinné domy o stejném výkonu, nazvaný „Galileo“. Ten má přijít na trh v období 2004 – 2005 a má nahradit původní typ HXS 1000. Předpokládají roční prodej 1000 – 10 000 ks.

K významným producentům membránových energetických zdrojů pro rodinné domy patří americká firma Plug Power, která v roce 2001 instalovala cca 130 systémů o výkonu 5 kW na různých místech v New Yorku a na Long Islandu. V letošním roce plánuje umístit na Long Islandu dalších 45 systémů. Její jednotky vyprodukovaly již více než 2,5 mil. kWh a mají za sebou v souhrnu cca 1 mil. provozních hodin. Evropskou verzi malých statických systémů připravili v kooperaci s firmou Vaillant. První instalaci provedli v německém Gelsenkirchenu v domě, obývaném cca 60 osobami v prosinci 2001. V roce 2002 provedli instalaci v podobném domě v Essenu a v pivovaru v Düsseldorfu. Druhá čtyřicetíměsíční fáze testovacích zkoušek začala v prosinci 2001 pod názvem „European Virtual Fuel Cell Power Plant“ a byla realizována v rámci konsorcia 11 firem. Představovala instalaci cca 50 decentralizovaných systémů, produkujících elektřinu a teplo pro individuální spotřebu a elektrickou energii do rozvodné sítě. Přibližně polovina těchto zařízení měla být instalována v SRN a polovina v Holandsku. Ve třetí, tzv. předkomerční fázi testování má být instalováno více než 400 systémů, jejichž odbytí má firma smluvně zajištěn. Tyto články mají 4,6 kW elektrický a 9 kW tepelný výkon při celkové účinnosti přes 80 %. Životnost je předpokládána 15 let nebo 80000 pracovních hodin.

Do propagace a podpory šíření malých energetických statických systémů pro rodinné domy se zapojilo aktivně i americké ministerstvo obrany. V lednu 2002 zahájilo tzv. „DOD Fuel Cell Demonstration Program“, zaměřený na membránové palivové články o výkonu 1 – 25 kW. V rámci tohoto programu je testováno 21 systémů na devíti vojenských základnách v USA.

Pro názornost uvádíme několik malých statických systémů od různých firem:

Obrázek 14: 1 kW SOFC zdroj fy Sulzer Hexis



Obrázek 15: 4,6 kW PEMFC zdroj fy Vaillant



Obrázek 16: 5 kW PEMFC zdroj fy UTC



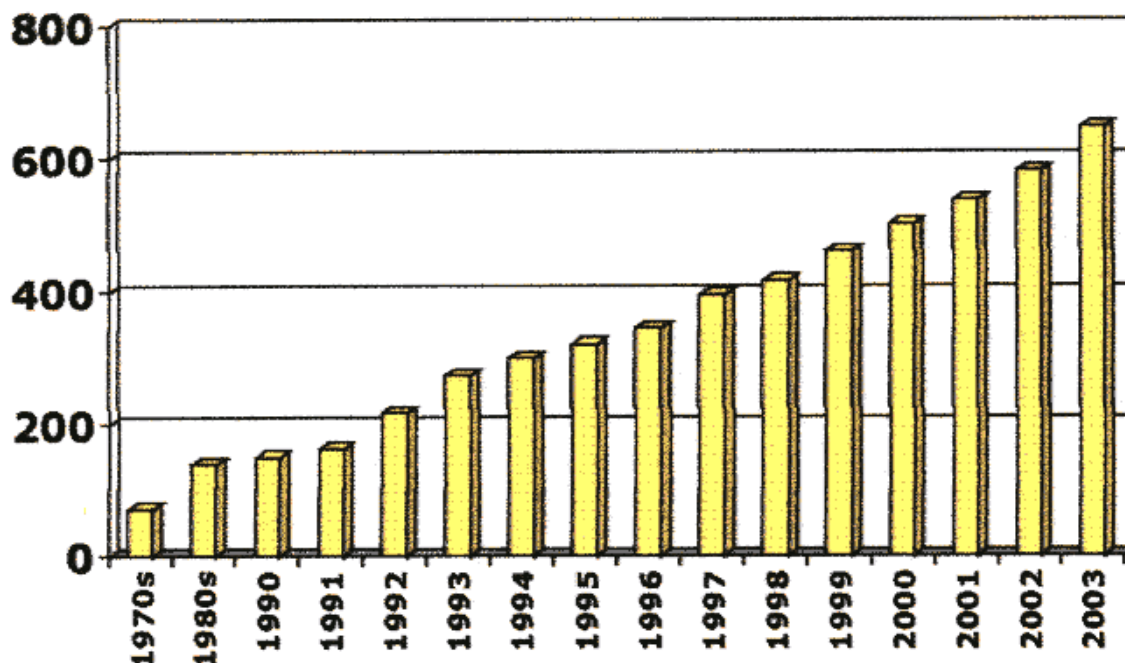
Obrázek 17: 5 kW SOFC zdroj fy FC Technologies



7.2.2 *Statické kogenerační jednotky elektrické a tepelné energie o vyšších výkonech*

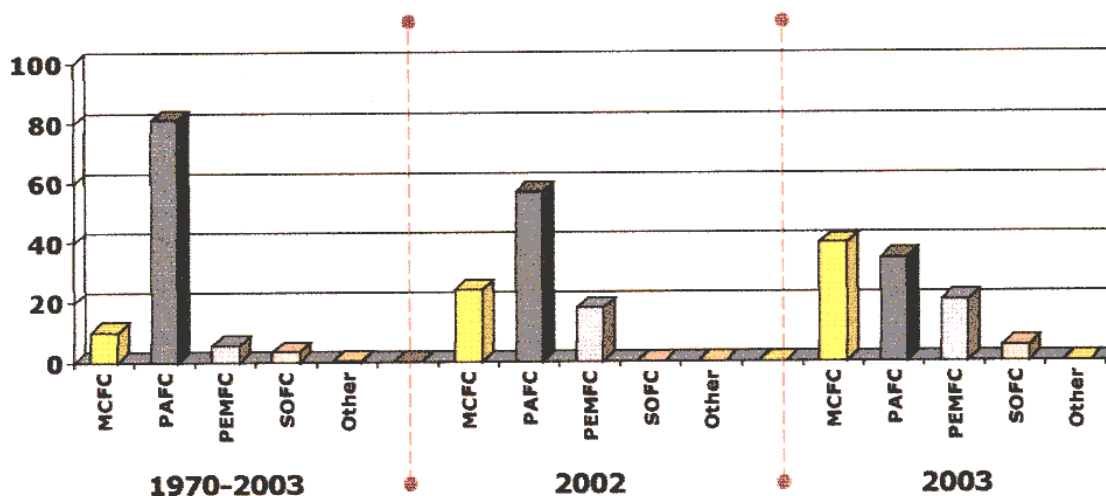
Vývoj těchto výkonných statických kogenerátorů, které jsou v poslední době nazývány velkými statickými systémy (Large Stationary Systems), začal již v roce 1960 a neprodělává v posledních třech letech tak dramatický nárůst jako ostatní aplikace palivových článků. To je zřejmé z obr. 18.

Obrázek 18: Kumulativní vývoj velkých statických systémů



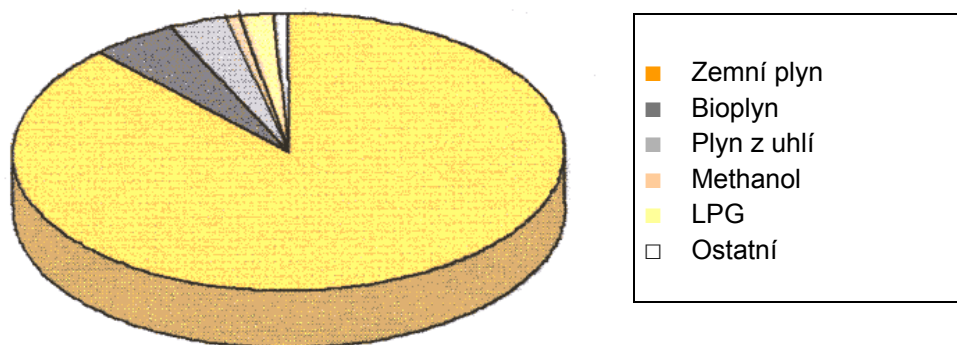
První tyto systémy byly vyrobeny v roce 1970, ale hlavní rozvoj nastal po roce 1990 a nárůst nových instalovaných systémů probíhal poměrně rovnoměrně. Jejich průměrný výkon je kolem 200 kW a zatím největší byl zkonstruován v roce 1991 v Japonsku. Jedná se o 11 MW kyselý (PAFC) systém, vyrobený společnostmi Toshiba a UTC Fuel Cells. Mezi jednotlivými typy dominují kyselé technologie s kyselinou fosforečnou, ale po třicetileté nadvládě se situace začíná měnit ve prospěch ostatních technologií, jak naznačuje obr. 19. Již u systémů, instalovaných v loňském roce, přestala být převaha kyselých typů tak výrazná jako v minulosti. Mezi instalovanými systémy v letošním roce již převažují články s tavenými karbonáty a je zřejmé, že tento trend bude nadále pokračovat. Navíc se ukazuje, že pro přímou výrobu energií mají vůbec nejlepší předpoklady palivové články s vodivými oxidy jejichž vývoj je v současné době opožděn za ostatními o několik roků. Tato situace se však zřejmě změní ještě do konce této dekády. Lze to usuzovat i z toho, že mezi firmami, připravujícími výrobu výkonných energetických zdrojů, je zaměřeno na technologii vodivých oxidů přibližně dvojnásobné množství než na technologii tavených karbonátů. Další ústup ze scény naopak lze pozorovat u technologií s kyselinou fosforečnou, kde vedoucí firmy začínají výrobu snižovat.

Obrázek 19: Podíl PAFC článků na produkci velkých statických systémů v různých obdobích



Mezi používanými palivy pro velké stacionární systémy výrazně převládá rovněž zemní plyn jako u malých statických systémů. Obr. 20 naznačuje, že se začínají objevovat i nové zajímavé alternativy. Řada palivových článků využívá bioplyn získávaný z potravinářských odpadů nebo od závodů, zpracovávajících odpadní vody. Např. 100 kW kyselé aparát společnosti Fuji Electric v Japonském Kobe, je zásobován bioplymem z potravinářských odpadů, shromažďovaných z hotelů. Tyto odpady jsou zpracovávány metanovým fermentačním způsobem. Americké ministerstvo pro energetiku připravuje v Ohio 250 kW Systém s tavenými karbonáty od firmy Fuel Cell Energy, který bude využívat metan z uhelných dolů. Dříve byl tento plyn vypouštěn do ovzduší. Jiným zdrojem paliv jsou produkty ze zplyňování uhlí. Tyto produkty obsahují oxid uhelnatý, vodík a metan. Koncem letošního roku budou používány jako palivo do 2 MW článku s tavenými karbonáty který připravuje společnost Fuel Cell Energy v americkém městě Indiana. Stejné palivo bude využíváno v řadě článků s vodivými oxidy v Japonsku. Jiný zdroj paliva lze získat při zplyňování dřeva. Na jedné univerzitě v New Yorku je např. připravována instalace článku s tavenými karbonáty, který bude napájen produkty ze zplyňování určitého druhu rychle rostoucích vrb. Stejně dobře se hodí pro napájení velkých statických systémů vodík, který je odpadním produktem při různých průmyslových procesech.

Obrázek 20: Zastoupení jednotlivých druhů paliv u velkých statických systémů



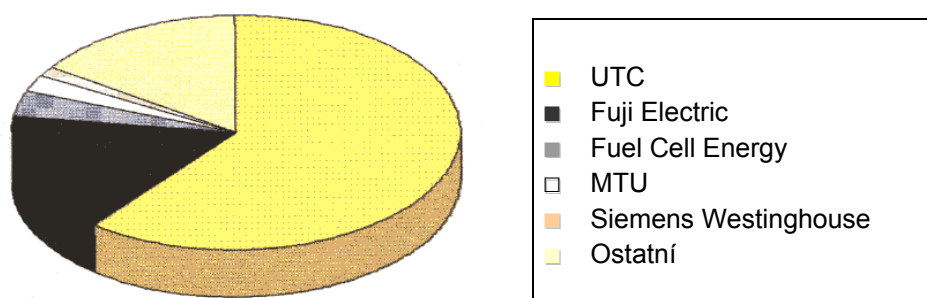
Největší množství velkých statických systémů bylo dosud instalováno ve Spojených státech a Japonsku. Menší část byla instalována v Evropě a na zbytek světa připadá jen zanedbatelné množství, jak ukazuje obr. 21.

Obrázek 21: Obr. 21. Zastoupení jednotlivých regionů při instalaci velkých statických systémů



Na instalaci velkých statických systémů v Evropě se podílí zhruba 75 % Německo a zbylími 25 % Itálie. Na rozdíl od situace u ostatních druhů palivových článků, produkci velkých stacionárních systémů se zabývá jen několik velkých společností, jak ukazuje obr. 22.

Obrázek 22: Zastoupení jednotlivých společností při instalaci velkých stacionárních systémů



Největší počet těchto systémů připadá na americkou firmu UTC Fuel Cells, která vyrábí tyto zdroje průmyslově od roku 1991. Jedná se o 200 kW systémy PC-25 na bázi kyseliny fosforečné. Do různých částí světa prodala firma již cca 260 ks, z toho jen do Japonska 80 ks. Jejich zdroje mají za sebou v úhrnu přes 6 milionů odpracovaných hodin, přičemž některé překročily již 50 tisíc hodin. Pracovaly úspěšně v různých klimatických podmínkách při teplotách okolí od -32 do $+49$ °C a do nadmořské výšky 1600m. Na základě dosavadních zkušeností je doba životnosti vlastních palivových článků odhadována na 5 – 7 roků. V současné době se cena těchto systémů pohybuje okolo 900 tisíc dolarů.

V Japonsku se vývojem PAFC systémů zabývá firma Fuji Electric již od roku 1980. V roce 1990 zahájila komerční výrobu 50 kW a 100 kW článků. Zatím jich prodala přes 100 ks.

Další japonské firmy Tokyo Gas, Osaka Gas a Toshiba Corporation of Japan úzce spolupracují s UTC Fuel Cells a s italskou firmou Ansaldo Fuel Cells. Tato firma pokračuje v dlouhodobé původní činnosti firmy Ansaldo Recherche a zabývá se systémy s palivovými články na bázi tavených karbonátů (MCFC). Vyvíjí tyto aparáty v rozmezí výkonů od 100 kW do 30 MW. V současné době se koncentruje na přípravu průmyslové výroby zdrojů do 500 kW, kterou chtějí zahájit v roce 2005.

Americká firma Fuel Cell Energy se zabývá vývojem statických MCFC systémů již od roku 1970. V současné době produkuje 250 kW jednotku s vnitřním reformováním paliva, kterou nazývá „Direct Fuel Cell“ (DFC). Tato jednotka byla testována 11800 pracovních

hodin v průběhu 16 měsíců a do rozvodné sítě dodala 1,8 mil. kWh. Nyní je vyráběna v závodě firmy v Connecticutu o roční kapacitě 50 MW. Od příštího roku připravuje firma rozšíření produkce o zdroje s výkonem 1,5 a 3 MW, které budou sestaveny kombinací původních 250 kW článků.

Německá firma MTU Friedrichshafen vyvíjí tak zvaný Hot Module systém, ve kterém je 250 kW MCFC palivový článek umístěn se všemi horkými komponentami v jedné válcové ležaté nádobě. Palivový článek do tohoto modulu je vyráběn v rámci licence s firmou Fuel Cell Energy. První prototyp tohoto systému byl umístěn na univerzitě v Bielefeldu. Do současné doby bylo instalováno celkem 20 těchto systémů v Německu, Španělsku, USA a v Japonsku. Jejich souhrnný výkon je 220 kW elektrické a 170 kW tepelné energie. Jejich cena se pohybuje kolem 10 000 \$ na kilowatu instalované energie.

Kanadská firma Ballard zahájila vývoj membránového velkého statického systému v roce 1996. Dospěla k 250 kW jednotce, jejíchž několik prototypů je testováno od roku 2000 ve spolupráci s americkými, japonskými a evropskými firmami. V Evropě bylo do začátku roku 2002 instalováno pět těchto systémů, z toho tři v Německu a po jednom ve Švýcarsku a Belgii. Jejich testování má být uzavřeno do konce letošního roku. Čistý elektrický výkon je 212 kW, tepelný výkon 240 kW a celková účinnost je zatím 73 %. Za zmínku stojí, že jeden aparát, který firma instalovala v Japonsku, využívá jako první membránový článek bioplynové palivo s vysokým obsahem metanu, získávané z čistíren odpadních vod.

Americká General Motors Corporation jako jediná z automobilových světových firem připravuje i výrobu statického systému. Jedná se o 75 kW membránový palivový článek, odvozený z vývoje pro použití v automobilech. Tento článek bude jako palivo používat vodík. General Motors zkouší získávat vodík ze zemního plynu, metanu i benzínu. K tomu účelu má firma k dispozici první funkční reformovací zařízení pro benzin Gen III. Systém bude dodávat dostatek energií pro tucty domů a zároveň bude schopen i nabíjet akumulátory elektromobilů. Testování bylo zahájeno letos, komerční výrobu plánují na rok 2005, přičemž počáteční cena má být 500 \$/kW, což je výrazně méně než u ostatních současných palivových článků. Do roku 2010, kdy plánují komerční výrobu automobilů na palivové články, má cena tohoto systému klesnout na 50 \$/kW. Podle nejnovějších informací tyto produkty mají být předmětem zatím největší obchodní transakce s palivovými články. General Motors Corporation uzavřela v květnu letošního roku dohodu s největší chemickou společností Dow Chemical na dodávku 500 ks do výrobního komplexu Dow Chemical ve Freeportu v Texasu o rozloze téměř 80 km². Palivem by měl být vodík, vznikající jako vedlejší produkt při chemické výrobě. Instalovaná kapacita cca 35 MW by měla stačit na zásobování potřebnou energií pro 25 tisíc domů. Testovací zkoušky mají být zahájeny koncem letošního roku a měly by trvat do konce roku 2005. Zahájení výstavby má začít v roce 2006. Obě firmy zvažují využití tohoto systému i v jiných oblastech Spojených států a v Evropě. Firmu General Motors Corporation bude zřejmě brzy následovat další velká automobilka – japonská Honda. V září letošního roku se její představitelé vyjádřili, že vedle výroby automobilů na palivové články bude užitečné zaměřit se i na energetické zdroje pro rodinné domy. V Japonsku je nyní zvažována i myšlenka o využití statických energetických zařízení pro zásobování pitnou vodou v oblastech, postižených zemětřesením. Jeden 200 kW statický energetický systém uvolní při svém provozu cca 70 litrů vody za hodinu.

Vysokoteplotní velké statické systémy na bázi vodivých oxidů (SOFC) mají do budoucna po překonání především cenových bariér největší potenciální možnosti masového průmyslového rozšíření. Vývoj těchto palivových článků je na rozdíl od všech ostatních druhů rozdělen do dvou základních typů – rovinových a trubkových. Hlavním představitelem trubkových článků se stala firma Siemens Westinghouse ve Spojených státech. Vyvinula postupně 25 kW a 100 kW kogenerační jednotky, z nichž ty druhé byly úspěšně testovány v Německu a Holandsku. V roce 2000 sestrojila firma první hybridní SOFC systém s 200 kW palivovým článkem a 20 kW plynovou turbinou, který instalovala

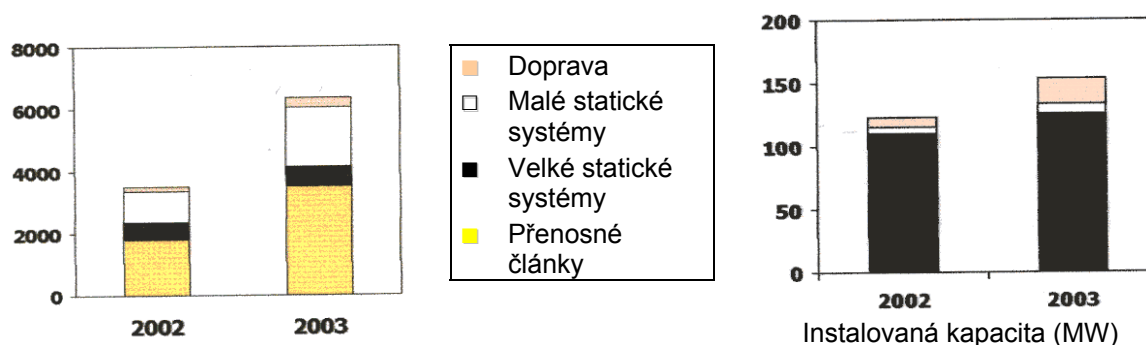
v Irvine v Kalifornii. Další dva 300 kW hybridní systémy, vzniklé kombinací 244 kW palivového článku a 65 kW plynové turbíny v roce 2002, byly určeny pro testování v SRN. Životnost palivových článků v daných systémech je odhadována na 5 – 10 roků. Firma předpokládá předprůmyslovou produkci zahájit v roce 2004 a výrobu komerčních systémů v roce 2007 – 2008. V letošním roce firma pracuje na instalaci zatím největší SOFC jednotky o výkonu 250 kW na Torontské univerzitě v Kanadě.

Vývojem rovinných SOFC článků se zabývá od roku 1992 anglická firma Rols-Royce.

Připravuje výrobu systémů v rozmezí výkonů 1 – 10 MW. Zatím připravuje svazky o kapacitě 2 – 10 kW, z kterých by měly být sestavovány jednotky o vyšších výkonech. Následovat má 60 kW systém, po kterém bude v roce 2007 sestaven hybridní 1 MW systém, kombinující 800 kW SOFC článek a 200 kW turbinu.

Závěrem lze vyslovit přesvědčení, že i v budoucnu nelze předpokládat tak velký počet nových instalací velkých stacionárních systémů jako v případě ostatních aplikací palivových článků, přestože jejich vývoj probíhá velice příznivě. Při hodnocení z hlediska instalované kapacity budou však stále zaujímat největší podíl na trhu, jak názorně ukazuje obr. 23. Vysoký zájem o tuto oblast i ochota v ní investovat budou tedy i nadále pokračovat.

Obrázek 23: Zastoupení jednotlivých druhů palivových článků v dosavadních aplikacích podle počtu a podle instalované kapacity



Z obr. 23 lze vidět, že do konce loňského roku bylo instalováno ve světě cca 120 MW. Celých 25 % z této hodnoty bylo zrealizováno v tomto posledním roce poměrně dlouhého období. Zastoupení jednotlivých regionů i druhů palivových článků na loňských instalacích ukazuje tab. 4. Podle současných prognóz by mělo být instalováno ve světě do roku 2010 cca 15 tisíc MW a do roku 2020 dokonce téměř 100 tisíc MW.

Tabulka 4: Instalované výkony a typy velkých statických systémů uvedených do provozu v roce 2002 (kW)

Typ	USA	Japonsko	Evropa	Celkem	%
PEMFC	450	250	670	1,370	5
PAFC	13,200	10,000	1,000	24,200	75
MCFC	1,250	1,060	2,860	5,170	16
SOFC	500	15	850	1,365	4
Celkem	15,400	11,325	5,380	32,105	100
%	48	35	17	100	

Několik ukázek velkých statických systémů je uvedeno dále.

Obrázek 24: 200 kW PAFC systém fy UTC



Obrázek 25: 220 kW SOFC systém fy Siemens Westinghouse



Obrázek 26: 250 kW PEMFC systém fy Ballard



Obrázek 27: 250 kW MCFC systém fy MTU

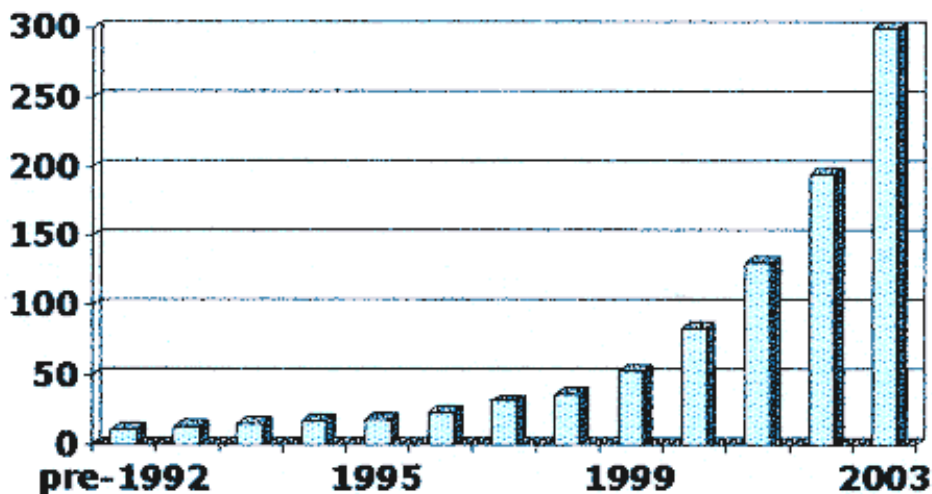


7.3 Doprava

7.3.1 Lehká silniční a sportovní vozidla

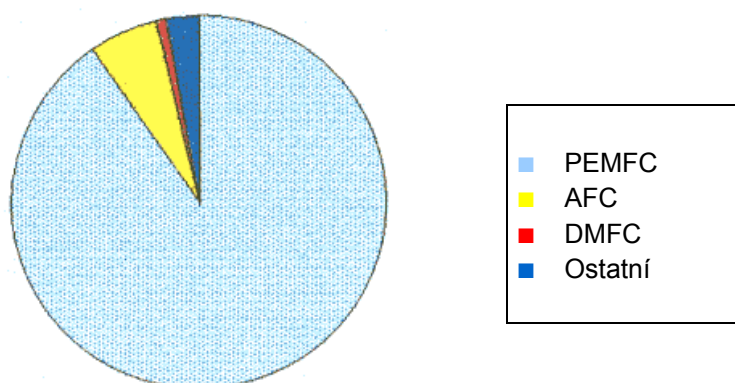
Do tohoto druhu vozidel řadíme i lehčí nákladní a dodávkové automobily, osobní a sportovní automobily včetně golfových vozíků a motokár. Počet nově sestrojených vozů narůstá stále rychleji, jak ukazuje graf na obr. 28 a do konce letošního roku je odhadován celkový počet vozidel tohoto druhu na cca 300 kusů.

Obrázek 28: Kumulativní nárůst výroby lehkých silničních a sportovních vozidel



Z jednotlivých druhů použitých palivových článků jednoznačně dominují články membránové, jak ukazuje obr. 29.

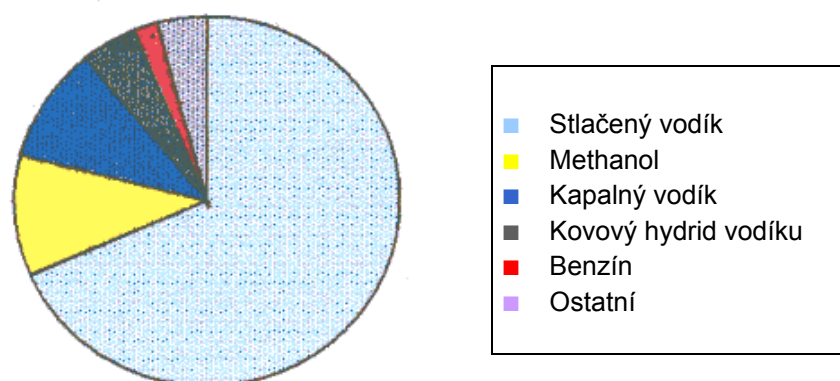
Obrázek 29: Zastoupení jednotlivých druhů palivových článků v prototypch lehkých silničních vozidel



Přehled použitých paliv v doposud vyrobených vozidlech tohoto druhu je na obr. 30. Poměrně dlouho byly vedeny úvahy, jaké palivo bude převládat u prvních průmyslově vyráběných automobilů. Výhodněji se jevil metanol, který se nechá jako kapalné palivo lépe přepravovat a uskladňovat než velmi lehký plynný vodík, který je na druhou stranu stoprocentním ekologickým palivem. Některé automobilky v minulosti spoléhaly na využívání reformovaného benzinu a nafty, což by umožňovalo využívat stávající distribuční sítě čerpacích stanic. Tato současná paliva ale obsahují různé sloučeniny síry, které působí jako jed na elektrodové platinové katalyzátory. Protože jsou velmi obtížně odstranitelné, bude zřejmě trvat ještě řadu let, než bude reformování současných paliv dokonale vyřešeno. Při využívání metanolu, který je snadněji reformovatelný než ostatní nepřímé zdroje vodíku, by rovněž nebylo zapotřebí provádět radikální změny v infrastruktuře čerpacích stanic. V poslední době však několik firem začalo dodávat vodík v lehkých a bezpečných zásobnících z polymerních materiálů za použití nanovláken. Tyto zásobníky lze plnit na tlak 35 a 70 MPa, což bude umožňovat osobním automobilům dojezd na jednu náplň 500 až 800 km. Tím se zdá být rozhodnuto, že převážná většina automobilů v prvních letech průmyslové výroby bude používat

tlakový vodík. Tuto úvahu potvrzuje i skutečnost, že poslední prototyp automobilu s metanolovým pohonem byl vyroben v roce 2001.

Obrázek 30: Podíl jednotlivých druhů paliv v dosud vyrobených prototypech lehkých silničních vozidel



Původní plány některých japonských a amerických automobilových společností na zahájení komerční výroby automobilů s palivovými články byly na období 2003 – 2004. Řada technických legislativních a organizačních překážek však znemožnila uskutečnění těchto plánů. V současné době je odhadováno reálné zahájení průmyslové produkce na období 2008-2010. V loňském roce začali hlavní producenti automobilů předvádět na světových autosalonech prototypy automobilů, které připravují pro průmyslovou výrobu. O těch nejzajímavějších se nyní stručně zmíníme.

Japonská automobilka Honda připravuje rozmístění 30 čtyřmístných osobních automobilů Honda FCX (viz obr. 31) v Kalifornii a v Tokyu. První z nich byl předán ve formě leasingového obchodu za 500\$ měsíčně městu Los Angeles 2. prosince loňského roku. Ve stejný den převzal další vůz japonský předseda vlády Koizumi pro svůj úřad.

Obrázek 31: Honda FCX V3



Vůz je vybaven palivovým článkem kanadské firmy Ballard Power Systems Mark 900 o výkonu 78 kW, jako palivo slouží vodík ze 157 litrového zásobníku o tlaku 35 MPa s celkovým obsahem 3,5 kg vodíku. Maximální rychlost vozu je 150 km/hod a dojezd na jednu náplň paliva je 355 km.

Firma Honda vyvinula v roce 2001 malou solární stanici na výrobu, uskladnění a tankování vodíku ve svém výzkumném středisku v Los Angeles. Loni uzavřela smlouvu s firmou Plug Power na vývoj domácí tankovací stanice pro vodík. Ten by se měl získávat reformováním zemního plynu a měl by sloužit jednak pro tankování automobilu, jednak pro malý statický energetický systém, dodávající rodinnému domu veškerou potřebnou energii.

Další japonská firma Toyota počítá s rozmístěním 20 vozů FCHV-4 s hybridním pohonem do konce letošního roku. Prvních šest vozů předala rovněž jako Honda leasingovým obchodem 2. prosince loňského roku. Tento leasing je na dobu 30 měsíců za měsíční poplatek 10 000\$. První čtyři vozy převzala různá japonská ministerstva a po jednom z dohodnutých tří kusů získaly kalifornské univerzity v Irvine a Davisu. Palivový článek těchto vozů má výkon 90 kW, jako palivo slouží vodík o tlaku 35 MPa, maximální rychlost je 150 km/hod a dojezd na jednu náplň paliva je 250 km. Vůz FCHV-4 lze shlédnout na obr. 32.

Obrázek 32: Toyota FCHV-4



Firma Ford Motor Company předvedla v říjnu 2002 na autosalonu v Aachen v Německu prototyp hybridního vozu Ford Focus, který má být vozem s nejvyšší dosaženou účinností přes 60 % (viz obr. 33). Vysoká provozní ekonomie vozu byla dosažena kombinací palivového článku Mark 902 o výkonu 68 kW s akumulátorem 18 kW a napětí 216 V pro startování a plynulé zrychlování. Převodová skříň omezuje původní dosažitelnou maximální rychlost vozu ze 185 km/hod na 128 km/hod. Dalším přínosem je velmi lehká konstrukce, která byla dosažena optimalizovaným snížením váhy 150 součástí, jejímž výsledkem bylo snížení váhy vozu o 300 kg. Palivem je opět vodík o tlaku 35 MPa jako u předchozích vozů. Tank o objemu 178 litrů obsahuje 4 kg vodíku, které vystačí na dojezd 320 km. Průměrná spotřeba je 4,6l/100 km ekvivalentu benzínu.

Společnost Daimler-Chrysler připravuje pro průmyslovou výrobu vůz Mercedes-Benz, který je již její šestou generací vozů s palivovými články (viz obr. 34). Je odvozen od předchozího modelu Necar 5. Motorové řešení má podobné jako Ford Focus.

V letošním roce firma začala s rozmisťováním prvních z celkového počtu 60 vozů pro omezený počet zákazníků ve Spojených státech, Evropě, Japonsku a v Singapuru.

Za zmínku stojí že i Čína má již od roku 2001 svůj prototyp vozu s palivovým článkem. Jedná se o dodávkový vůz s membránovým článkem o výkonu 20 kW, který vyvinula firma Beijing Green /Power společně s Tsinghuanskou univerzitou.

Obrázek 33: Ford Focus



Obrázek 34: Mercedes-Benz společnosti Daimler-Chrysler



Určitou raritou je prototyp malého lehkého vozu pro městský provoz, zkonstruovaný finskou firmou Hydrocell. Jedná se o hybridní vůz, poháněný malým alkalickým palivovým

článkem a olověným akumulátorem. Při výkonu 1 kW dosahuje vůz stabilní rychlosti 50 km/hod. Vůz je nazván Fantasia City Car.

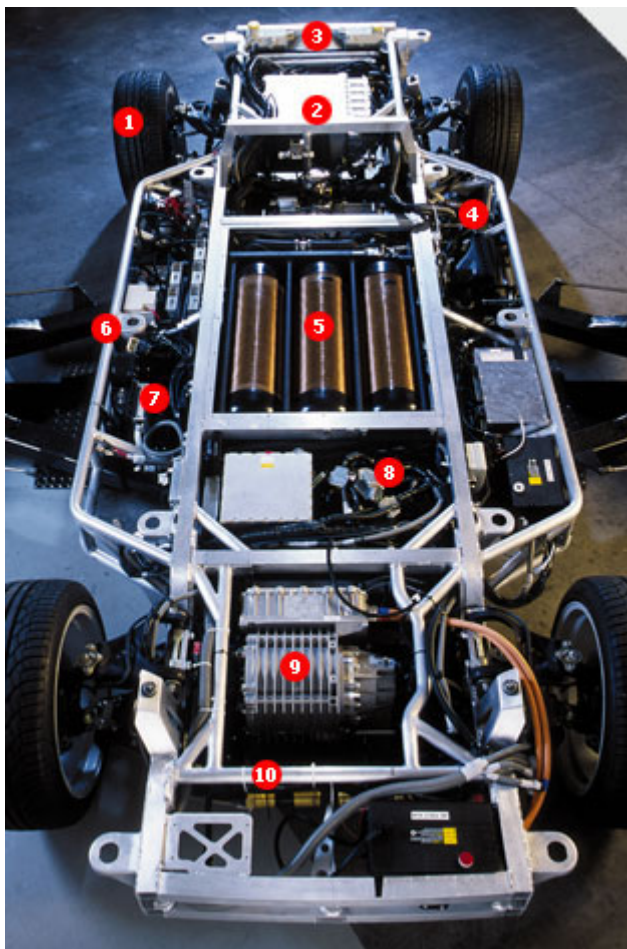
V září loňského roku předvedla firma General Motors na pařížském autosalonu supermoderní vůz budoucnosti Hy-wire. Při délce 5 m a váze 1900 kg má automobil kompletní elektrické ovládání všech funkcí. Chybí zde proto jakékoliv mechanické a hydraulické převody. Veškeré pohony a ovládací systémy včetně palivových zásobníků jsou umístěny ve speciálně upraveném chassi pod podlahou. Vůz proto nabízí více pohodlí při zvětšeném vnitřním prostoru ve srovnání s komerčními automobily, jak je vidět na obr. 35. Chybí volant, nožní pedály i sloupky mezi předními a zadními dveřmi. Okénka vpředu i vzadu těsně nad podlahou umožňují průhled přes celou délku vozu. Místo volantu má vůz ovládací páku posunovatelnou po celé šířce vnitřního prostoru. Nemá tedy nejmenší potíže při přejezdu mezi zeměmi s provozem po pravé nebo levé straně vozovky. Řadící páka připomíná řízení letadla a její základní funkce se mohou ovládat levou i pravou rukou dost podobným způsobem jako u motocyklu.

Obrázek 35: Hy-wire sedan společnosti General Motors



Pohled do vnitřního prostoru chassi se všemi ovládacími prvky nabízí obr. 36. Palivový článek o výkonu 94 kW je umístěn v zadní části podvozku, vodíkové palivo je ve třech zásobnících o tlaku 35 MPa. Vůz má pohon na přední kola. Maximální rychlost 160 km/hod byla u této první verze snížena z bezpečnostních důvodů na 65 km/hod, aby si řidiči zvykli na nový způsob ovládání. Další verze vozu bude mít vodíkové zásobníky o tlaku 70 MPa a pohon i řízení na všechna čtyři kola. Každé kolo bude mít svůj vlastní elektromotor, který ho bude pohánět přímo. Zásobníky o celkovém objemu 77 litrů budou obsahovat 3,1 kg vodíku, což představuje dojezd 270 km na jednu náplň. Velkou výhodou tohoto uspořádání je i možnost použít dané chassi s veškerými ovládacími prvky pro různé typy karoserií. V prosinci loňského roku pozvala firma General Motors 200 novinářů z celého světa, aby jim předvedla tento vůz s novým typem řízení, které si mohl každý účastník vyzkoušet.

Obrázek 36: Vnitřek chassi vozu Hy-wire



7.3.2 Autobusy

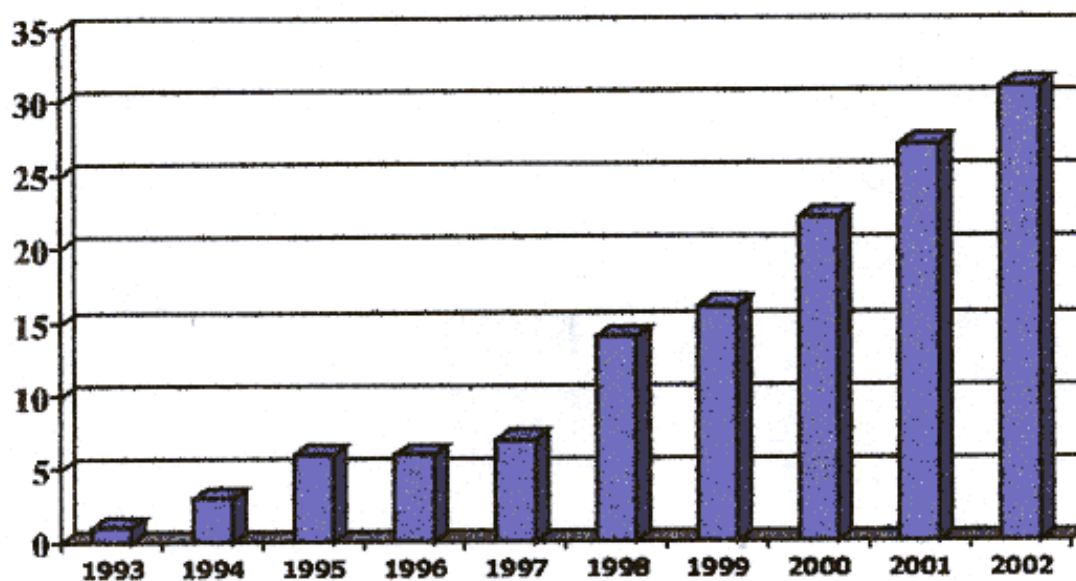
V porovnání s osobními automobily mají autobusy na palivové články mnohem lepší podmínky na rychlejší nástup průmyslové výroby. Při svých rozměrech nemají omezující nároky na velikost pohonného zařízení a umožňují umístit i dostatečné množství paliva. Protože každý linkový autobus po ujetí určitého počtu kilometrů končí v nějakém depu, může zde bez problémů provést doplnění paliva. Rozvoj výroby autobusů není tedy tolik omezen předběžným vytvořením dostatečně husté sítě čerpacích stanic. Navíc autobusy mají za sebou dokonalejší provozní testy než osobní automobily. Šest autobusů firem Ballard/Xcellsis (viz obr. 37), najezdilo v letech 1998 – 2000 téměř 120 tisíc km v běžném městském provozu v Chicagu a Vancouveru při všech typech počasí s velmi dobrými výsledky. Nejdůležitějším faktorem, který zvyhodňuje autobusy, je ale především ekonomika provozu. Při vysokých investičních nákladech je provoz autobusů s palivovými články značně levnější než u současných typů se spalovacími motory. Na stejné množství paliva, které je ekvivalentní současnému Dieselu palivu, ujedou výrazně větší vzdálenosti, protože účinnost palivového článku je vysoká. Za dobu celkové životnosti autobusů lze dosáhnout významných úspor a proto autobusy s palivovými články mohou již nyní úspěšně konkurovat autobusům současným se spalovacími motory.

Obrázek 37: První autobusy s palivovými články, používané dva roky v městské hromadné dopravě v Chicagu a Vancouveru



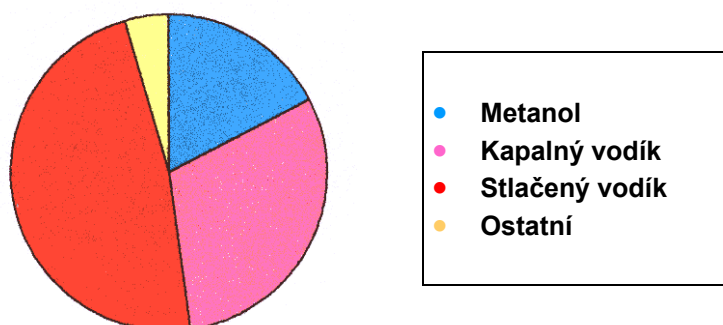
První autobus s palivovým článkem byl sestaven firmou Ballard v roce 1993. Do konce roku 2002 jich bylo postupně vyrobeno 31, jak ukazuje obr. 38. Z tohoto počtu jich bylo 17 v Severní Americe a 12 v Evropě. převážná většina používá membránové palivové články, pouze u několika exemplářů z počáteční výroby byly zkoušeny palivové články na bázi kyseliny fosforečné.

Obrázek 38: Kumulativní průběh výroby autobusů s palivovými články



Podíl jednotlivých druhů paliv u dosud vyrobených autobusů ukazuje obr. 39. Na rozdíl od osobních automobilů je zřejmý větší podíl kapalného vodíku.

Obrázek 39: Zastoupení jednotlivých druhů paliv v dosud vyrobených autobusech

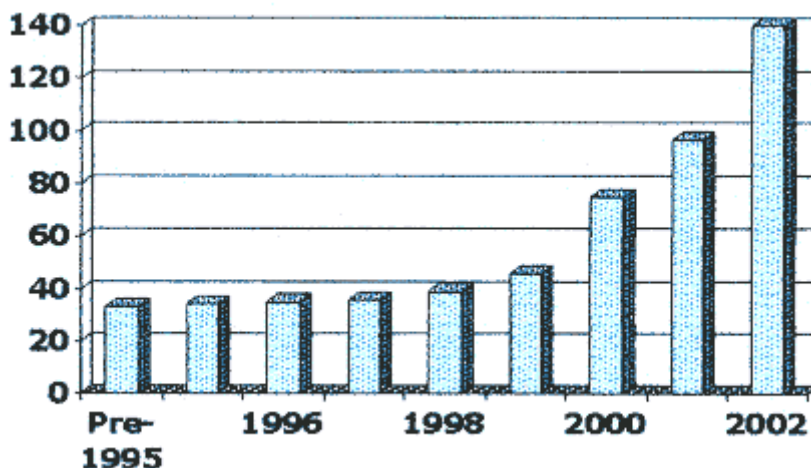


V letošním roce byla zahájena výroba cca 100 kusů autobusů, které budou dodány do různých částí světa. V roce 2001 věnovala organizace United Nation Global Environmental Facility 60 milionů dolarů na výrobu 40 až 50 autobusů do velkých měst developerských zemí. Budou to Mexico City, Sao Paulo, Cairo, New Delhi, Shanghai a Beijing. Dalších 30 autobusů má být rozmístěno v 10 evropských městech podle projektu CUTE (Clean Urban Transport for Europe). Jedná se o Amsterdam, Barcelonu, Hamburk, Londýn, Luxemburg, Madrid, Porto, Stockholm, Stuttgart a Rejkjavík. První z nich byl dodán do Madridu v květnu letošního roku. Dalších minimálně 11 autobusů bylo smluvně zajištěno do Kalifornie a tři do Perthu v Austrálii. V Berlíně mají být do konce letošního roku uvedeny do provozu dva autobusy od německé firmy Proton Motor, každý pro 120 pasažérů.

7.3.3 Ostatní dopravní prostředky

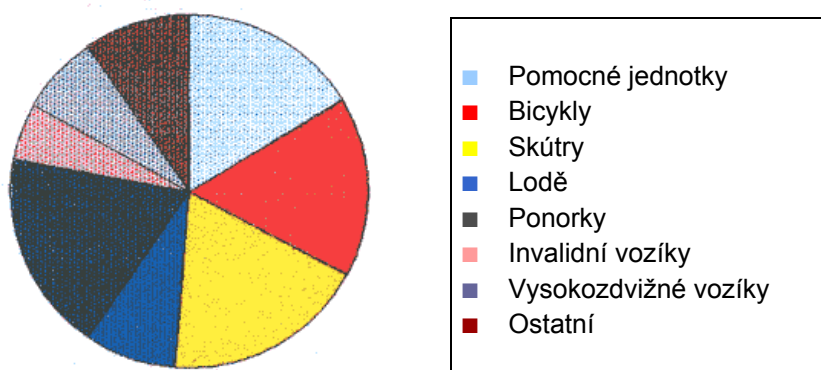
Vedle automobilů, autobusů a kosmických lodí se palivové články mohou dobře uplatňovat i v ostatních druzích dopravních prostředků, jak ukazuje kumulativní počet vyrobených prototypů na obr.40. V příštích dvou až třech letech lze očekávat značný nárůst vyrobených zařízení, především na úseku dvoukolových vozidel – bicyklů a skútrů.

Obrázek 40: Kumulativní produkce ostatních dopravních prostředků



Na obr. 41 lze posoudit zastoupení jednotlivých druhů dopravních prostředků mezi dosud vyrobenými prototypy. Zajímavý je poměrně značný podíl tzv. pomocných energetických zařízení, která tvoří palivové články, používané u běžných automobilů pro pohon vnitřních elektrických přístrojů včetně ledniček ve velkých nákladních přepravních automobilech. Snad první s jejich využíváním začala firma BMW, která k tomuto účelu použila i prototyp článku s vodivými oxidy. Bylo to vůbec první použití článku tohoto typu pro jiný účel než jako statický kogenerátor elektrické a tepelné energie. O jednotlivých druzích dopravních prostředků s palivovými články jsou následující kapitoly.

Obrázek 41: Zastoupení jednotlivých druhů ostatních dopravních prostředků mezi vyrobenými prototypy



7.3.4 Pomocná energetická zařízení

Využívání palivových článků má největší význam u velkých kamionů, jejichž Diesellovy motory musí běžet 20 – 40 % času na volnoběh kvůli pohonu ledniček, topných systémů a dalšího vnitřního vybavení v kabinách těchto vozů. Tím roste neúměrně nejen spotřeba paliva, ale i zatížení životního prostředí výfukovými plyny. Proto se řada společností zabývá v posledních třech letech vývojem a testováním pomocných energetických zařízení pro pohon vnitřních systémů. Další článek s vodivými oxidy, vyvinutý firmou Acumentrics Corp., použila firma General Dynamics pro konstrukci pomocného zařízení, které bylo instalováno loni v prosinci do tzv. „Kamionu 21. století“ v rámci programu, který má snížit spotřebu paliv a emise v kamionové dopravě. V dalším případě byl použit

membránový palivový článek firmy Ballard Power Systems Nexa s výkonem 1,2 kW. O tomto článku se budeme ještě zmiňovat v další kapitole. Letos v lednu bylo zahájeno v USA testování 5 kW pomocného zařízení ve vojenském hybridním dieselelektrickém nákladním voze ve spolupráci americké armády a firem General Motors a Hydrogenics. Zařízení by mělo nahradit hlučný motor a bateriové generátory, které nyní armáda používá pro dodávky energie v poli, aby snížila možnost detekce. Pomocné zařízení je schopné pohánět výkonný radar a další vojenské přístroje v době, kdy motor je vypnutý. Jednotka používá jako palivo vodík, produkováný elektrolýzou při jízdě automobilu. Po zaparkování slouží vodík pro výrobu energie. Dopadne-li testování úspěšně, stane se toto pomocné zařízení základem pro standardní vybavení 30 tisíc lehkých nákladních armádních vozů koncem tohoto desetiletí.

7.3.5 Jízdní kola.

Pohonem bicyklů palivovými články se zabývá řada firem a jejich největší odbyt lze očekávat do Číny a na Taiwan. V Číně se ročně prodávají stovky tisíc bicyklů s elektrickým pohonem a rozvoj palivových článků a především článků pro pohon bicyklů je jedním z 12 klíčových developerských programů 10. čínské pětiletky 2001 – 2005.

7.3.6 Mopedy a skútry.

I pro tato dvoukolová vozidla budou zřejmě mít největší odbyt ve výše zmíněných dvou zemích. Do vývoje se začínají zapojovat i některé asijské firmy. Například Asia Pacific Fuel Cell Technologies vyvíjí membránové články pro pohon skútrů. V nejbližší době by měla zajistit dodávku 50 skútrů na Taiwan pro demonstraci těchto dopravních prostředků. Další větší ukázková dodávka by měla následovat ještě před zahájením komerčního prodeje, s kterým se počítá na rok 2005. Další asijská firma, Scooters India se zabývá vývojem a přípravou výroby větší škály tříkolových vozidel.

7.3.7 Lodě.

Pokusy o uplatnění palivových článků pro pohon lodí a ponorek byly prováděny již od 80. let minulého století v USA i v Evropě pro vojenský i civilní sektor. V počátečním období byly používány články alkalické, později se postupně přecházelo na články membránové a v posledním období se uplatňují i články s tavenými karbonáty. Asi zatím největší loď, celkem pro 90 pasažérů, byla postavena v roce 1998 v Itálii. Měla hybridní pohon s kombinací 40 kW membránového palivového článku od firmy Nuvera a akumulátorů. Jako palivo sloužil kapalný vodík. Dojezd lodi na jednu náplň paliva byl 300 km. Kvůli bezpečnostním předpisům nebyla tato loď nikdy uvedena do běžného provozu.

Zdá se, že lodě představují obrovské potenciální možnosti pro využívání palivových článků, ať již jako pomocná energetická zařízení, tak pro vlastní pohon. Jen ve Spojených státech je přibližně 7 milionů lodí s délkou od 5 do 8m, většina z nichž má nároky na využívání elektrického proudu pro startování motorů, osvětlení, navigaci a komunikaci. Dalších půl milionu lodí s délkou 8 až 12m má větší proudové nároky při používání televizorů, přehrávačů, ledniček ap. Ještě větší nároky má dalších 70 tisíc lodí nad 12m. Palivové články nabízí různé výhody proti dosavadním používaným zdrojům elektrické energie. V kombinaci se solární a větrnou energií by v budoucnu mohly přinést i menší revoluci. Mohou hrát významnou roli jako záložní zdroj při poruše motoru, nebo při podmínkách počasí, které neumožňují využít solární nebo větrnou energii. I při nabíjení akumulátorů a baterií mohou dobře konkurovat současným používaným technikám. Další možnosti se nabízejí při provozu lodí na jezerech, kde jsou hlučné a ekologicky škodlivé pohony se spalovacími motory nepřipustné.

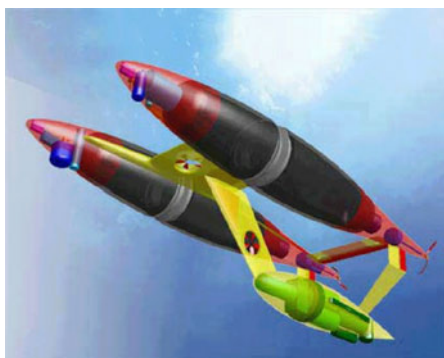
Pro americké námořnictvo je nyní připravován pohon velkých lodí palivovými články s tavenými karbonáty firmy Fuel Cell Energy. V letošním a příštím roce má proběhnout testování se článkem o výkonu 625 kW, později až do 2,5 MW.

Je zapotřebí se zmínit i o záměru islandské vlády převést celé své rybářské loďstvo na vodíkovou technologii v rámci národního projektu, počítajícího s postupným převodem celého energetického systému země na alternativní zdroje. Demonstrace první lodi je připravována na rok 2006.

7.3.8 Ponorky.

Vůbec první ponorka s palivovým článkem byla sestrojena již v roce 1964 ve spolupráci americké firmy Allis Chalmers a Electric Boat Corporation. byla to ponorka pro jednoho muže a používala 1,5 kW článek. Jako palivo sloužil hydrazin a kyslík. Od té doby byly používány palivové články v řadě dalších aplikací. Zajímavý je prototyp německé malé autonomní ponorky DeepC bez lidské posádky, znázorněná na obr. 42.

Obrázek 42: Ponorka DeepC bez lidské posádky pro oceanografické práce



Toto zařízení je určeno k provádění oceanografických prací jako je např. mapování mořského dna, ke kontrole potrubních a kabelových systémů na mořském dně a k vyhledávání potopených předmětů. Ke své práci může být nasazována z lodi, z pevniny i z helikoptéry. Ponorka o celkové váze 4 t je vybavena dvěma membránovými palivovými články a pracuje s cirkulací vodíku a kyslíku, které využívá téměř stoprocentně. Může se potopit do hloubky 4000 m, její průměrná rychlost je 11 km/hod., max. rychlost je 18 km/hod. Může pracovat pod vodou 60 hodin, dojezd má 400 km. Finální testy tohoto zajímavého výrobku mají proběhnout koncem letošního roku.

Firma Siemens provedla v březnu 2002 v Kielu křest první velké ponorky U 212 A s palivovým článkem po cca 20-ti letém výzkumu. Její výstavba započala v roce 1998. Má 9 membránových palivových článků, každý o výkonu 30 – 50 kW. Jako palivo je používán vodík v metalhydridových zásobnících a kyslík v bombách. Ponorka má kombinovaný systém Dieslova pohonu s olověnými akumulátory a další součást tvoří palivové články. Normálně je zapotřebí akumulátory pod vodou dobít každé dva dny, při provozu s palivovým článkem vydrží bez dobíjení dva týdny. V letošním a příštím roce bude dokončeno celkem šest těchto ponorek, čtyři pro SRN a 2 pro Itálii. V roce 2005 začnou dodávat do Řecka 3 ponorky typu 214, které již budou mít dva 120 kilowattové membránové palivové články. Další tři tyto ponorky budou dodány v období 2007 – 2009 do Jižní Koree.

Ve Spojených státech spolupracuje řada firem a výzkumných institucí na využití palivových článků pro pohon malých vrtulových letounů. Dosavadním výzkumem dospěli příslušní pracovníci k závěrům, že malá letadla s elektromotory a s pohonem palivových

článků budou bezpečnější, spolehlivější, výrobně jednodušší, s minimální údržbou a větší životností. Elektromotory mají nejen 10x větší životnost než motory spalovací, ale pracují i bez hluku a bez vibrací. Jedinou pohybující se součástí bude rotor motoru a vrtule, která bude na něj přímo napojená. Navíc budou tato letadla zajišťovat i ekologický provoz. Pro základní praktické zkoušky byl vybrán ve Francii vyvinutý dvoumístný letoun AGA Lafayette 111, který je snad vůbec nejúspěšnějším a nejúčinnějším letadlem. Dosahuje rychlosti 135 km/hod. při výkonu motoru 11 kW, což znamená potřebných 15 kW, které musí dodávat palivový článek. Testování letounu, který je ukázán na obrázku 43, je rozděleno do tří fází.

Obrázek 43: Dvoumístný letoun AGA Lafayette 111



První z nich proběhla koncem roku 2002 pouze s akumulátory jako energetickým zdrojem. Při výkonu motoru 11 kW mělo letadlo dolet 160 km. Ve druhé fázi, která proběhne koncem letošního roku, bude mít letadlo již hybridní pohon, tj. kombinaci membránového palivového článku o výkonu 15 – 25 kW a akumulátoru. V této fázi se počítá s doletem 400 km. Třetí fáze proběhne v roce 2004 a bude prováděna se samotným palivovým článkem o výkonu 50 -90 kW s doletem 800 km. Jako palivo bude používán tlakový vodík v zásobnících o tlaku 35 MPa. Tato malá vrtulová letadla mají být ideální pro výcvik a pro sportovní létání.

Do budoucna se počítá s využitím čpavku jako paliva a s testováním většího letounu pro 6 – 8 osob.

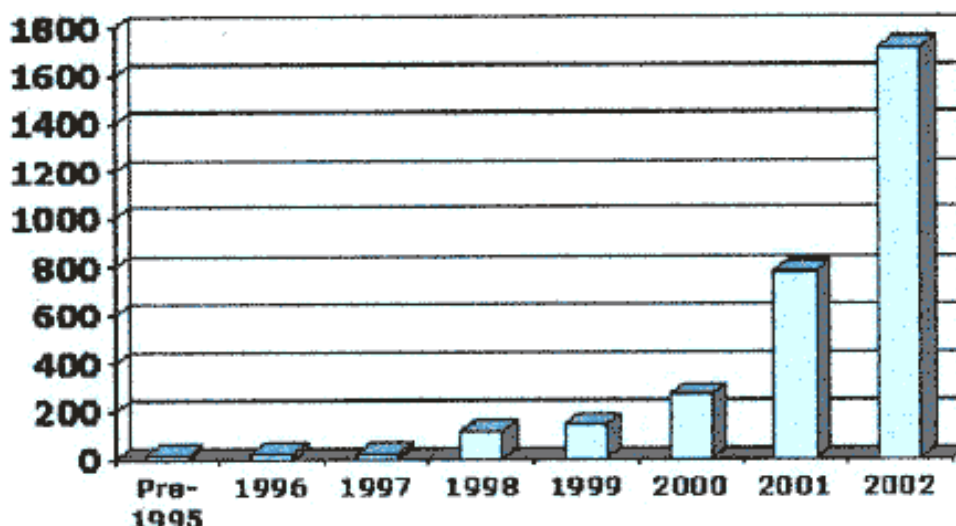
Firma Boeing připravuje pro svá trysková letadla do budoucna palivové články jako přídatný energetický zdroj pro palubní systémy. V tomto případě se má jednat o palivové články na bázi vodivých oxidů.

7.4 Přenosné palivové články

Tento nejmladší druh palivových článků se vyvíjí ze všech nejbouřlivěji, jak je možné vidět na obr. 44. Jestliže do konce loňského roku bylo vyrobeno cca 1700 ks, na konci tohoto roku již to bude přibližně 3500 ks. Vývojem tohoto druhu palivových článků se nyní zabývá více společností než v kterémkoliv jiném sektoru této problematiky. To však není hlavní příčina rychle stoupajícího množství vyrobených aparátů, protože velká část těchto společností vyrobila zatím jen jeden nebo několik málo prototypů. Hlavní podíl na rychlém

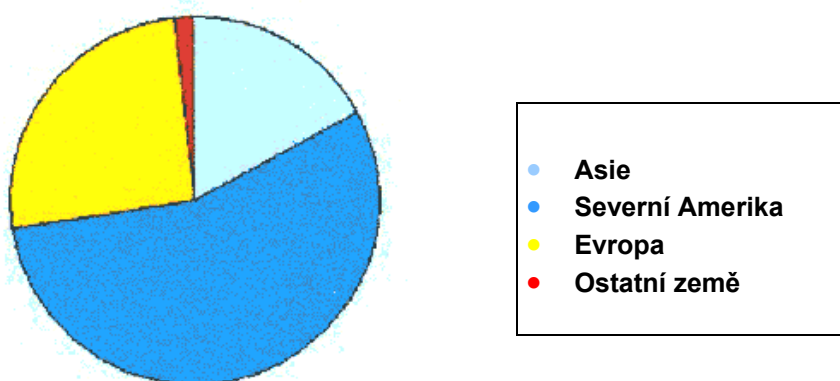
nárůstu mají čtyři firmy, které začaly některé druhy přenosných palivových článků vyrábět průmyslově.

Obrázek 44: Kumulativní nárůst výroby přenosných palivových článků



Podíváme-li se na aktivitu jednotlivých regionů na obr. 45, zjistíme, že víc než polovina všech firem, zabývajících se vývojem přenosných palivových článků, se nachází na severoamerickém kontinentu. Převahu při budoucí výrobě však může mít brzy Japonsko. Zde se velká většina zainteresovaných firem zabývá přípravou průmyslové výroby, kdežto ve Spojených státech se podstatná část firem zabývá vývojem na základě různých státem finančně dotovaných projektů, které obvykle končí konstrukcí několika prototypů.

Obrázek 45: Podíl jednotlivých regionů na produkci přenosných palivových článků

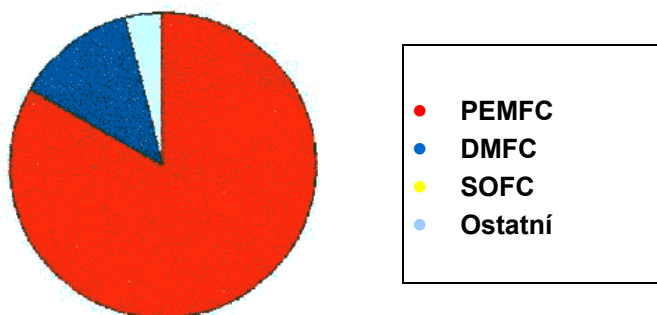


Obr. 46 ukazuje, že přibližně stejný počet společností se zabývá vývojem membránových a přímých metanolových palivových článků. V počtu vyrobených kusů však membránové články vykazují velkou převahu. V posledních měsících lze zaznamenat značné změny a na konci letošního roku se bude poměr vyrobených přímých metanolových a membránových článků blížit hodnotám 1 : 2. Dosavadní vývoj naznačuje, že především v oblasti menších přenosných článků s výkonem 1 až 250 W budou přímé metanolové články dominovat. Kapalně metanolové palivo má pro tyto malé články řadu výhod.

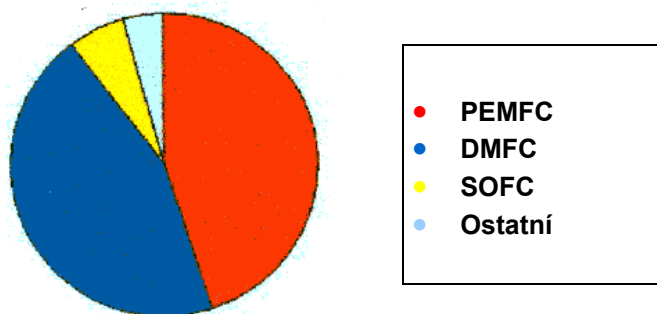
Na druhou stranu nelze zapomenout, že velká většina současných přímých metanolových článků používá jako elektrolyt membrány.

Obrázek 46: Rozdělení technologických typů dosud vyrobených přenosných palivových článků

Podle počtu



Podle druhů



Přenosné palivové články jsou obvykle rozděleny do dvou skupin. První z nich tvoří články s výkonem od 1 W do cca 100 W pro použití v mobilních telefonech, přenosných počítačích, videokamerách, hračkách a drobných nástrojích. Druhou skupinu reprezentují články od 100 W do 1 – 1,5 kW pro různou zahradní techniku, kempování zařízení a pro další rekreační aktivity. V nemalé míře budou sloužit oba druhy přenosných článků jako energetické zdroje pro nejrůznější zařízení vojenské techniky. Někdy jsou mezi přenosné palivové články zařazována i větší zařízení s výkonem do 3 – 5 kW, ale ta by měla spíše patřit mezi mobilní než přenosné energetické zdroje.

Z firem, které již zahájily komerční výrobu, můžeme jmenovat následující:

Americká firma H Power vyvinula několik druhů přenosných palivových článků a již v roce 1998 uskutečnila dodávku 65 ks zařízení, která byla používána pro světelná dálniční značení v USA v okolí New Jersey. Později začala prodávat verzi palivového článku z těchto souprav o výkonu 50 W a napětí 12 V. Od roku 2002 nabízí 500 W systém EPAC na stlačený vodík. Nedávno se tato firma spojila s firmou Plug Power a převzala její jméno. Zatím není jasné, zda toto nové uskupení bude pokračovat v produkci přenosných palivových článků.

Americká firma Ball Aerospace komerčně dodává dva typy přenosných palivových článků, pracujících na stlačený vodík z přídatných zásobníků. Jeden má výkon 50 W při 12 V, druhý 100 W a pracuje při 24 V. Oba druhy těchto palivových článků byly důkladně

odzkoušeny v polních podmínkách v americké armádě, kde sloužily jako energetické zdroje pro řadu vojenských zařízení. V letošním roce zahájila firma testování 500 W přenosného systému, jehož základem je palivový článek EPAC 500 firmy H Power, ale článek je poháněn reformovaným metanolem místo stlačeného vodíku.

Kanadská firma Ballard Power Systems vyvinula několik druhů přenosných palivových článků, např. 100 W článek jako energetický zdroj pro televize a podobná zařízení. Od loňského roku se soustřeďuje na komerční výrobu přenosného článku Nexa o výkonu 1,2 kW. Jeho základní parametry jsou: čistý výkon 1,2 kW při 26V a 46 A, váha 13 kg, cena cca 6000 \$. Tyto parametry se zdají být lepší ve srovnání s článkem firmy H Power EPAC 500, který při cca polovičním výkonu váží téměř 19kg a jeho současná cena je 8000 \$. V loňském roce vyrobila firma Ballard 600 ks těchto článků. Mohou sloužit pro další výrobce jako základ do různých energetických zdrojů pro širokou paletu použití. Poprvé byl tento článek instalován do mobilního generátoru Airgen firmy Coleman Powermate. Palivem pro tento zdroj je vodík z metalhydridového zásobníku. Pro běžné použití nemůže tento zdroj konkurovat konvenčním aparátům podobného druhu, které jsou zatím mnohem levnější. Generátor Airgen může konkurovat tam, kde je kladen důraz na tichý a čistý provoz a především jako energetický zdroj pro vojenské využití.

Nejmladší firmou, nabízející komerční výrobky, je německá firma Smart Fuel Cell. Založena byla v roce 1999, ale již od ledna 2001 zahájila seriovou výrobu přímých metanolových palivových článků na zařízení, jehož produkční kapacita byla 1000 ks za rok. Články 40 W slouží jako energetické zdroje pro přenosné počítače a další elektronická zařízení, 80 W zdroje jsou využívány v dopravních systémech, v senzorech a pro různá rekreační zařízení. Články pro notebooky mají vyměnitelné cartridge, obsahující 125 ml roztoku metanolu, který stačí na sedm hodin provozu. Kromě toho vyrábějí zařízení, zvané „Marathon-Suitcase“, obsahující 7 těchto zásobníků, takže umožňuje nepřetržitou činnost počítače po dobu 50 hodin. V příštím roce plánují uvést na trh metanolový článek, integrovaný do počítače a poskytující energii na trojnásobek času, než umožňují současné baterie. Kromě toho může být daný notebook napájen nadále baterií nebo přímo ze sítě.

Řada dalších firem v USA, Japonsku, SRN i jiných zemích připravuje zahájení komerční výroby přenosných palivových článků pro nejbližší období. Za zmínku stojí, že např. první palivové články plně integrované do vnitřku přenosných počítačů včetně palivových zásobníků, předvedla japonská firma Toshiba a dále německý Fraunhofer Institute v kooperaci s korejskou firmou LG Caltex Oil a korejsko-americkou Clean Energy Technologies Inc. Americká firma Motorola vyvinula unikátní technologii metanolových palivových článků při použití keramické struktury, umožňující zmenšení rozměrů a snížení ceny. Dále vyvíjí miniaturní reformovací zařízení pro metanol. Japonská firma Casio používá ve svých člancích účinné reformovací zařízení pro metanol ve velikosti poštovní známky. Její prototyp článku do notebooku umožňuje víc než 20 hodin provozu. Další japonská firma Yuasa, zabývající se výrobou baterií, zahájila rovněž vývoj a přípravu výroby přímých metanolových palivových článků. Ve svém závodě v Osace připravuje poloproduční linku na výrobu 100 W a 300 W článků a průmyslovou produkci plánuje zahájit v příštím roce. Již letos chtějí prodat 100 ks 100 W článků YFC-100, jejichž rozměry jsou 350 mm x 380 mm x 420 mm a váží 25 kg. Cena těchto článků má být 1 milion yenů za kus. Pro příští rok počítají s prodejem dalších 500 kusů, jejichž cena již má být pětikrát nižší v důsledku zahájení průmyslové výroby. Německá firma Motorflex připravuje od příštího roku prodej vodíkového palivového článku pro napájení notebooků, elektrických psacích strojů a další kancelářské techniky. Metalhydridový zásobník vodíku má kapacitu 750 wathodin, což stačí k provozu jmenovaných zařízení na 35 hodin. Izraelská firma Medis Technologies připravuje na trh přímé metanolové palivové články s kapalným elektrolytem. Nejdříve plánují prodej tzv. univerzálních 20 W energetických zdrojů přímo spotřebitelům na pohon nejrůznější přenosné elektroniky. Jejich rozměry budou přibližně 15cm x 7,5cm x 2,5cm a budou vážit 350 g. Další dva produkty chtějí dodávat výrobcům mobilních telefonů a přenosných počítačů. Zdroj do mobilů má mít

rozměry cca 10cm x 2,5cm x 1,25cm a bude mít výkon 4 W při napětí 4 V, druhý článek do počítačů bude dodávat 21 W při napětí 8 V a rozměrech 20 cm x 5 cm x 5 cm.

Dále následuje několik ukázek přenosných palivových článků od různých firem.

Obrázek 47: 1 kW přenosný článek fy Ballard



Obrázek 48: 1,2 kW přenosný článek Nexa fy Ballard



Obrázek 49: Mobilní zdroj fy Coleman Airgen s 1,2 kW článkem Nexa fy Ballard



Obrázek 50: 40 W přenosný článek fy Smart



Obrázek 51: Videokamera s přenosným palivovým článkem fy Fraunhofer Inst.



Obrázek 52: Přenosný počítač s palivovým článkem fy Smart



8. ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY PRO ZAHÁJENÍ PRŮMYSLOVÉ VÝROBY PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ

Předchozí kapitoly dokazují, jak velkého pokroku bylo dosaženo v problematice palivových článků, zejména v posledních několika letech. Z vlastního vývojového stadia se přešla do stadia demonstračního, po němž následuje stadium komerční. Do zahájení masové průmyslové výroby je však zapotřebí překonat ještě mnoho překážek. Mezi nejhlavnějšími úkoly, které je nutné vyřešit, můžeme jmenovat:

- ▣ Zvládnutí levné a ekologické výroby vodíku včetně zdokonalení reformovacích procesů;
- ▣ Vyřešení bezpečného uskladňování a přepravy vodíku;
- ▣ Vybudování palivové infrastruktury;
- ▣ Další zásadní snížení ceny všech druhů palivových článků.

V následujících kapitolách se budeme některými těmito aspekty zabývat podrobněji.

8.1 Výroba vodíku

Nejdříve si uvědomíme několik základních informací. Vodík není energetickým zdrojem jako je uhlí, ropa, nebo všechny obnovitelné energetické zdroje, představované slunečním zářením, větrem atd., ale je vůbec nejrozšířenějším prvkem. Na zemi neexistuje téměř samostatně, ale v mnoha sloučeninách, ze kterých je zapotřebí ho separovat. Vodík je nosičem energie a představuje stejně jako elektřina vysoce kvalitní formu energie, na rozdíl od ní však může být skladován ve velkém množství. Může být vyráběn téměř ze všech ostatních energetických zdrojů nebo s jejich pomocí a může být využíván téměř pro jakoukoliv energetickou službu. K získávání vodíku z jeho sloučenin lze použít teplo a katalýzu pro reformování uhlovodíků a jejich směsí, elektřinu pro rozklad vody nebo další procesy založené na slunečním záření, větru, plasmových rozkladech či působení mikroorganismů. 1 kg vodíku má stejný energetický obsah jako téměř 4 l benzínu. Velmi nízká váha vodíku a tedy velký objem v plynném stavu jsou příčinou velkých potíží při skladování a přepravě.

Současná cena vodíku je podle použitého zdroje a způsobu výroby 2 – 6krát vyšší než cena benzínu.

Roční světová výroba vodíku je přibližně 50 milionů tun. Z toho 48 % ze zemního plynu, 30 % z ropy, 18 % z uhlí a 4 % z vody. Kolem 40 % z vyrobeného vodíku je využíváno v rafineriích především na výrobu benzínu a Dieslova paliva, kolem 35 % se spotřebuje na výrobu čpavkových hnojiv. Polovina těchto hnojiv je produkována v Číně a Jižní Africe procesem zplyňování uhlí. Téměř 30 % světové produkce vodíku připadá na Spojené státy, kde představuje 1,8 % jejich celkové energetické spotřeby. 95 % vodíku v USA je vyráběno ze zemního plynu procesem reformování vodní parou. Téměř polovina vyrobeného množství je spotřebována v rafineriích.

Světová výroba vodíku se ročně zvyšuje o 6 % a zdvojnásobuje se každých 11 let. Zatím se převážně soustřeďuje do průmyslových oblastí ve vysokokapacitních závodech, z nichž je vodík distribuován na místo využití. Pro vodík do palivových článků bude výhodnější umístit výrobu i v menších provozovnách v místech spotřeby nebo v blízkém okolí. Výroba vodíku z primárních energetických zdrojů je doprovázena produkcí většího nebo menšího množství oxidu uhličitého, který je zatím převážně vypouštěn do atmosféry, což není žádoucí. Proto jsou hledány způsoby bezpečného

ukládání těchto oxidů (tzv. sequestrace), nebo nové technologické procesy bez tvorby oxidů. Další možnosti přináší využívání obnovitelných energetických zdrojů pro výrobu vodíku elektrolýzou vody. Z primárních zdrojů mají nejvýhodnější poměr vodíku ku uhlíku zemní plyn a metan. Jejich reformování je proto jednodušší a účinnější.

Nyní si stručně probereme různé způsoby produkce vodíku.

8.1.1 Reformování zemního plynu vodní parou

Jedná se o termickou katalytickou reakci zemního plynu nebo jiných lehkých uhlovodíků, které reagují prostřednictvím niklového katalyzátoru s vodní parou za vzniku vodíku a oxidů uhlíku. V další fázi dochází k přeměně oxidu uhelnatého na uhlíčitý a při tom vzniká další podíl vodíku. Pak následuje separace vodíku. Tento proces je zatím využíván nejvíce a je zároveň nejlevnější při velkokapacitní produkci. Jeho účinnost se pohybuje mezi 70 a 90 %.

Za zmínku stojí, že norská firma Statoil ASA provádí od roku 1996 reformování zemního plynu z nalezišť v Severním moři a ročně ukládá milion tun separovaného oxidu uhličitého zpět do podmořského reservoáru.

8.1.2 Parciální oxidace

Je to opět termická technologie, použitelná pro lehké i těžké uhlovodíky v kapalně i pevné formě. K reakční směsi se při ní přidává omezené množství kyslíku a opět vzniká směs vodíku s oxidem uhlíčitým, která se pak separuje a rafinuje. Tento proces je nákladnější, protože vyžaduje čistý kyslík, aby nemuselo být v konečné fázi zpracováváno nadměrné množství plynů.

8.1.3 Zplyňování uhlí

Tento termický proces je používán v Jižní Africe a v Číně, jak již bylo řečeno dříve. Je nákladnější než reformování zemního plynu, ale v dohledné době by mohlo dojít k významnému vylepšení. Ve Spojených státech byly nedávno vyvinuty speciální keramické vysoce porézní membrány ve tvaru svíček, které jsou schopné ze směsi plynů vyseparovat naprosto čistý vodík jen na základě rozdílné velikosti molekul. Jiný plyn není schopen projít velmi jemnými póry těchto membrán. Účinnost procesu zplyňování by se měla zvýšit o 30 – 50 %. Další možnosti pro zplyňování uhlí mohou poskytovat vysokoteplotní palivové články s tavenými karbonáty. Pro ně není zapotřebí provádět separaci plynů, vzniklých termickým procesem. Uvolněné plyny se pouze podrobí rafinaci od dehtovitých zplodin, sloučenin síry a dalších nečistot a mohou se uvést ve zvlhčeném stavu do palivového článku, ve kterém proběhne tzv. vnitřní reformování při teplotě kolem 600°C. Vodík zreaguje na anodě a zbylý oxid uhlíčitý je převeden na katodovou stranu, kde působí jako součást paliva. Odpadní teplo z provozu palivového článku je využito na generaci páry a pro zplyňovací proces. Tímto způsobem je možné vyrábět vodík do palivových článků bez emisí oxidů uhlíku do atmosféry. První takový systém, o kterém již byla zmínka v kap. 4.2, začala v září tohoto roku konstruovat společnost Fuel Cell Energy v americkém státě Indiana v závodě na zplyňování uhlí společnosti Global Energy Wabash River Energy Ltd. Kapacita daného systému, který bude obsahovat dva moduly po čtyřech svazcích palivových článků, bude 2 MW.

8.1.4 Zplyňování a pyrolýza biomasy

Další poměrně levný termický proces zpracování dřevěných, rostlinných, zemědělských a komunálních odpadů. Biomasa je v první fázi termicky převedena na plyny a páru. Tato směs kondenzuje do formy pyrolytických olejů. Ta je pak reformována vodní parou pro generaci vodíku. Vzniklá směs obsahuje 12 – 17 % vodíku na váhu suché biomasy.

8.1.5 Elektrolýza vody

Elektrolýza vody je způsob výroby velmi čistého vodíku bez nežádoucích příměsí, které vznikají při zpracování primárních paliv nebo různých uhlovodíků. Při používání elektrického proudu ze sítě je však procesem nákladným. Velké ekonomické možnosti má elektrolýza při využívání obnovitelných energetických zdrojů, které vyrobí velmi levně elektrický proud, potřebný pro elektrolytický rozklad vody. Využít se může solární energie spolu se solárními články, energie větrná, energie z vodních přehrad, i energie geotermální.

8.1.6 Termochemický rozklad vody

Zvažována je možnost využívání jaderné energie pro výrobu vodíku z vody využitím odpadního tepla jaderných reaktorů. Jaderná energie může být využita i pro elektrolýzu vody, ale oba způsoby vychází nákladněji než např. využívání obnovitelných zdrojů.

8.1.7 Anaerobní zpracování odpadních produktů působením mikroorganismů

Různé odpadní kaly a komunální odpady lze působením mikroorganismů za nepřítomnosti vzduchu přeměnit na plyny s vysokým obsahem metanu. Obvykle okolo 40 % pevných látek lze přeměnit na plyny, obsahující cca 55 – 65 % metanu. Toho využila poprvé americká firma ONSI pro výrobu paliva do svého 200 kW PAFC článku PC-25 ve městě Yonkers, NY. Anaerobním rozkladem získali plyn s obsahem 57 – 66 % metanu, 33 – 39 % oxidu uhličitého, 1 – 10 % dusíku a pod 0,5 % kyslíku. Plynná směs obsahovala malé množství sloučenin síry a chloridů. Sloučeniny síry oxidovali vzdušnou oxidací na síru. Ta byla absorbována na aktivním uhlíku, potaženém vrstvičkou hydroxidu draselného. Podařilo se tak odstranit přes 98 % přítomné síry. Vyčištěné plyny sloužily jako palivo článku několik tisíc hodin. Jediným problémem bylo kolísání obsahu metanu v rozmezí 10 %, zatímco řídicí systém článku byl schopen reagovat na změny v rozsahu 3 %. To se odráželo ve snižování výkonu článku, který ale neklesl pod 150 kW. Podobný způsob využití anaerobního zpracování byl využit i v Japonsku na pivovarských odpadech.

8.1.8 Plasmové zpracování zemního plynu nebo ropy

Tento proces používá norská firma Aker Kværner Group ASA od roku 1992. Výsledkem plasmové separace je směs, obsahující necelých 50 % vodíku, 10 % páry a 40 % uhlíkové černě, která může být využita při výrobě pneumatik nebo metalurgickém průmyslu. Tento proces by mohl znamenat konec problematického odstraňování a ukládání oxidu uhličitého.

Vedle zdokonalování a zlevňování výše popsaných způsobu produkce vodíku jsou vývojově sledovány i další možnosti. Patří mezi ně i metody fotosyntézy a fotobiologie. Bylo např. zjištěno, že rostlina algae může za určitých podmínek a při účasti mikroorganismů měnit svůj metabolický proces a produkovat vodík. Postupně bylo nalezeno přes 400 primitivních rostlin, schopných produkovat vodík. Jedná se zřejmě o mechanismy, které pomáhaly před miliony let rostlinám přežít v podmínkách s dostatkem kyslíku i bez kyslíku. U rostliny algae *Chlamydomonas* byl objeven enzym hydrogenáza, který je schopen rozkládat vodu na její komponenty. Tato rostlina potřebuje ke svému růstu síru. Když se jí v prostředí bez přístupu kyslíku zamezí dodávka síry, změni své životní pochody a prostřednictvím hydrogenázy si začne odebírat kyslík z vody a produkuje čistý vodík. Zatím je otázkou, do jaké míry bude možné tento objev prakticky využívat.

Další možnosti pro získávání vodíku spíše pro přenosné palivové články, poskytují některé chemické sloučeniny. Tak např. z litiumaluminiumhydridu lze amolýzou

(působením čpavku) získat produkt, obsahující 13 vahových procent vodíku. Teplotním rozkladem borohydridu amonia lze dokonce získat až 20 % vodíku. Zajímavou sloučeninou je borohydrát sodný, který katalytickou hydrolýzou je schopen uvolňovat značné množství vodíku. Protože se jedná o nehořlavou kapalinu, je zvažováno její průmyslové uplatnění. Společnost Daimler-Chrysler jej v roce 2001 použila ve svém voze, zvaném natrium minivan. Tento vůz je schopen na jednu náplň paliva ujet téměř 500 km. Zatím je však výroba borohydrátu sodného velmi drahá (cca 50x dražší než benzin) a jedna náplň do automobilu váží kolem 200 kg.

Na konferenci v Grenoblu 19. 9. t. r. informoval zástupce firmy German Aerospace Center o úspěšném testování nového způsobu výroby vodíku v rámci projektu Solasys. Jedná se o reformování vodní parou plynu bohatého na metan v solárních reaktorech.

8.2 Účinnost výroby vodíku

Ze současných způsobů výroby vodíku je zatím nejlevnější reformování zemního plynu vodní parou. Jeho účinnost se pohybuje mezi 70 a 90 % a na produkci 1 kWh ve vyrobeném vodíku se spotřebuje cca 1,7 kWh primární energie (do této primární energie se počítá i konstrukce výrobního závodu a doprava vodíku k zákazníkovi). Využívání obnovitelných energetických zdrojů snižuje potřebné množství vynakládané energie ze zdrojů primárních, ale zatím je ve většině případů investičně nákladnější, což se odráží v ceně vodíkové produkce. Jednoznačnou výjimku zatím tvoří způsoby využívání biomasy. Při účinnosti 60 – 65 % je v tomto případě zapotřebí jen cca 0,2 kWh primární energie na 1 kWh energie dodané produkovaným vodíkem, přičemž výrobní náklady mohou být dostatečně nízké. Podobným způsobem by mělo být dosaženo levnější produkce vodíku z různých odpadů, např. komunálních při aplikaci biotechnologií.

Elektrolýza vody, jejíž účinnost se většinou pohybuje mezi 70 – 75 %, nemůže zatím cenově konkurovat a proto jen 4 % dosud produkovaného vodíku je vyráběno tímto způsobem. Na druhou stranu se jedná o výrobu ekologickou, produkující velmi čistý vodík. Může být zajímavá tam, kde jsou již k dispozici levné zdroje obnovitelných energií, jako např. na Islandu. Potom na 1 kWh se spotřebuje jen 0,1 – 0,3 kWh energií primárních. Přitom vyprodukovaný kyslík lze použít pro zplynování suché biomasy nebo uhlí a tím přispět k výrobě dalšího levnějšího vodíku. Elektrolýza by pravděpodobně mohla být konkurenčně schopná i v případech rozdrobení do mnoha menších stanic v místech spotřeby místo ve velkých centrálních závodech. Úspory na přepravních nákladech by mohly být někdy značné. Z tohoto hlediska budou zajímavé budoucí ekonomické výsledky dvou současných čerpacích stanic v Hamburku, které si vyrábí vodík elektrolýzou při využívání větrné energie jako zdroje potřebného elektrického proudu.

Zatím ekonomicky nejméně výhodné se jeví využívání nukleární energie, při němž by na produkci 1 kWh ve vyrobeném vodíku muselo být spotřebováno cca 5 kWh energie primární.

8.3 Skladování a přeprava vodíku

Vodík může být skladován a přepravován ve formě stlačeného plynu, ve zkapalněném

stavu, nebo ve vazbě na různé chemické sloučeniny. Velké komplikace při tom způsobuje skutečnost, že je vůbec nejlehčím prvkem. Skladovací a přepravní zařízení, běžně používaná pro ostatní plyny, jsou většinou schopná pojmout jen malé množství vodíku. Tak např. ocelové bomby o tlaku 20 MPa obsahují jen jedno hmotnostní procento tohoto plynu. Současný stav na tomto úseku si nejlépe ukážeme na příkladu největšího

světového producenta vodíku - Spojených států. Hlavní část výroby je soustředěna v místech největší spotřeby vodíku. Pro prodej a distribuci menším spotřebitelům je zhruba 17 % výroby soustředěno do cca 80 centrálních závodů. Odtud je čtyři velké firmy přepravují spotřebitelům několika způsoby. Jednak potrubním systémem, který je vybudován hlavně v Texasu, Louisianě, Kalifornii a Indianě. Stlačený vodík je přepravován převážně ve velkých válcových zásobnících na speciálních podvozcích a kamionech. Pro dlouhé vzdálenosti je vodík přepravován ve zkapalněné formě, jednak opět ve speciálních automobilech, jednak lodní přepravou. Produkce kapalného vodíku je soustředěna do 11 závodů, které denně produkují 283 tun. Tento způsob skladování a přepravy je drahý a náročný, protože vodík musí být udržován při teplotě -250°C a pod tlakem. Na to se spotřebuje přibližně 30 % jeho energetického obsahu.

V nastupující éře vodíku a palivových článků by tento stav stačil snad na produkci elektrického proudu a tepla v malých nebo velkých statických systémech, většina z nichž používá jako palivo zemní plyn. Distribuční sítě zemního plynu jsou v řadě zemí dostatečně rozvinuté. Horší situace by již byla při využívání palivových článků v dopravních prostředcích a v přenosných systémech. Z tohoto důvodu byla v minulém období vyrobena řada prototypů automobilů i autobusů s kapalným vodíkem nebo metanolovým palivem. O nevýhodách kapalného vodíku již jsme se zmínili vpředu. U metanolu je situace poněkud jiná, protože jako kapalné palivo má řadu výhod před plynným vodíkem. Hlavní jeho nevýhodou je nutnost používat přímo v automobilu reformovací a další přídavná periferní zařízení, která činí konstrukci automobilu složitější a dražší. Kromě toho není stoprocentně ekologickým palivem jako vodík, protože uvolňuje do ovzduší určité množství oxidu uhličitého. Někdy vadí i jeho toxicita. Poměrně dlouho byly vedeny diskuze, které palivo dostane přednost při začínající průmyslové výrobě. Protože i v oblasti skladování technika pokročila dopředu, tento spor je dnes již rozřešen, jak se ještě zmíníme později.

Nyní se stručně zmíníme o současných a vyvíjených způsobech skladování a přepravy vodíku.

8.3.1 Stlačený vodík

V současné době již nejméně tři firmy (americké Quantum Technologies, Advanced Technical Products Inc. a kanadská Dynetek Industries Ltd.) vyrábějí lehké a bezpečné zásobníky vodíku v kombinaci plastů, uhlíkatých vláken a kovových folií o tlaku 35 a 70 MPa. Ty první již jsou využívány u posledních prototypů automobilů a ty druhé již některé firmy připravují využít v dalších verzích vyrobených prototypů, ale především u automobilů, připravovaných pro průmyslovou výrobu. Na jednu náplň paliva budou automobily schopné ujet víc než 500 km a navíc jsou tyto zásobníky lehčí než naplněné nádrže benzinem. Poměr váhy a objemu je u těchto zásobníků cca 0,3.

8.3.2 Kapalný vodík

O nevýhodách kapalného vodíku jsme se zmiňovali výše. Přřadit ještě můžeme i malé přepravované množství, které způsobuje že cena přepravy je často vyšší než cena vlastní výroby. Největší přepravníky jsou schopné naložit jen 3600 kg vodíku na rozdíl od 30 tun běžně přepravovaného benzínu. Vývoj v této oblasti je zaměřen jednak na nalezení vhodného bezpečného a lehkého konstrukčního materiálu pro výrobu velkých přepravních zásobníků, i na zdokonalení metody zkapalňování.

8.3.3 Zásobníky s kovovými hydridy

Tento druh zásobníků je dnes již nepostradatelný především pro přenosné palivové články. Tyto kovové zásobníky různých velikostí obsahují specifické kombinace slitin, které jsou schopné absorbovat vodík a uvolňovat ho buď při pokojové teplotě nebo při

ohřevu. Zásobníky se mohou opakovaně plnit a vyprazdňovat z tlakových lahví. Umožňují bezpečné skladování vodíku při konstantním poměrně nízkém tlaku do cca 1 MPa. Životnost zásobníku závisí na čistotě používaného plynu, protože kovové slitiny absorbují i nečistoty z vodíku, ale na rozdíl od něho nevratně. Zásobníky jsou schopné pojmout 1 – 2 % vodíku na svou váhu. Některé jsou schopné absorbovat 5 – 7 % vodíku, ale k jeho uvolnění by bylo zapotřebí zásobník ohřát na teplotu nejméně 2 500 °C.

Existují i nevratné hydridové zásobníky. Z nich lze vodík uvolnit obvykle reakcí s vodou, ale dál již se nenechají používat.

8.3.4 Chemické skladování

Vodík se může skladovat a přepravovat ve formě různých běžných sloučenin, nejlépe v kapalně formě a na místě spotřeby získávat reformovacím procesem. Jako příklad lze uvést metanol, případně jiný alkohol a čpavek.

Kromě těchto v praxi používaných způsobů jsou další vývojové práce zaměřeny na nové metody, jejichž realizace se zatím nenechá odhadnout. Jedná se např. o uskladňování vodíku na uhlíkatých nanovlákních, které by měly být schopné podle některých výzkumníků nasorbovat až několik desítek procent své vlastní váhy. Zatím bylo v laboratorních podmínkách dosaženo zachycení 7 % vodíku. Další možnosti přinášejí skleněné mikrokuličky, které se v zahřátém stavu ponoří do stlačeného vodíku a díky zvýšené permeabilitě svých stěn pohlcují vodík, který po ochlazení uzavrou uvnitř. K jeho uvolnění dochází opět zahřátím kuliček.

K poměrně jednoduchému a levnému uskladnění větších množství vodíku je možné využívat i určité přírodní útvarů. V Anglii např. skladovali velmi velké množství vodíku dlouhodobě v podzemních kavernách při tlaku 5 MPa. Společnost Gaz de France uskladňovala plyn s 50 % vodíku ve velkých zavodněných podzemních horizontech. Podobné podmínky mají i v německém městě Kiel. V americkém Texasu skladovali pod zavodněným horizontem velká množství helia. Je i známo, že po podzemním vyluhování kuchyňské soli zůstávají kaverny, v kterých může být vodík rovněž uchováván. Ve velkých státech, které budou používat potrubní rozvody vodíku, představuje jejich zaplnění rovněž slušnou zásobu skladovaného vodíku. Potrubní systémy pro vodík se nebudou příliš lišit od rozvodů zemního plynu a je znám případ, kdy 200 km stávajícího plynového potrubí bylo poměrně snadno a s malými úpravami přeměněno na potrubí pro vodík.

8.4 Infrastruktura

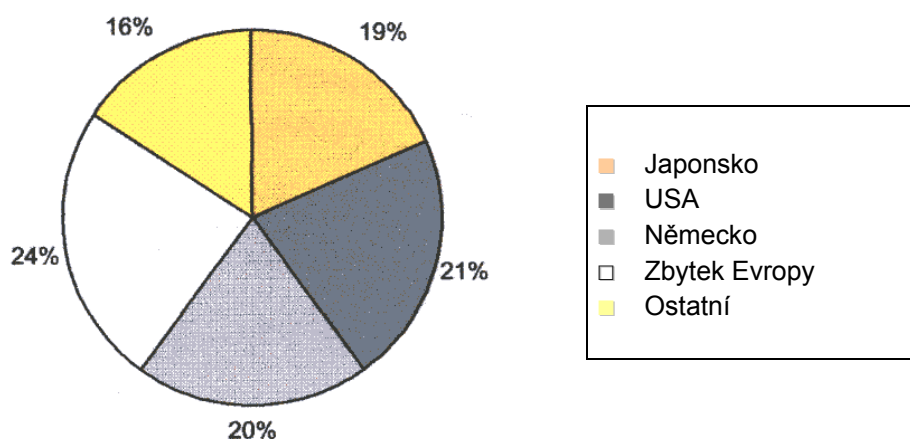
Infrastruktura vodíkového paliva je nanejvýš potřebná pro rozvíjející se automobilový

průmysl. Zavedení vysokotlakých lehkých vodíkových zásobníků vyřešilo otázku, jaké palivo bude používáno v prvních průmyslově vyráběných automobilech. Je to tlakový vodík a tedy i první konstruované čerpací stanice by měly být zavedeny na vodík. Ke globálnímu souhlasu došlo i v otázce užívání reformovacího způsobu, který by měl být orientován k čerpacím stanicím nebo do jejich blízkosti, nikoliv přímo do automobilů. Další shoda se týká umístění nových výroben vodíku. Nemělo by se jednat o velké centrální závody, ale spíše o menší jednotky, rozmístěné v místech největší spotřeby. Pro snížení ceny výroby je zapotřebí maximálně využívat levných obnovitelných energetických zdrojů a zaměřit se na zpracování různých odpadních surovin. V různých částech světa se pomalu začíná rozjíždět výstavba čerpacích stanic a poněkud překvapivě především v Evropě. Obr. 53 ukazuje předpoklad rozdělení nově postavených čerpacích stanic v různých částech světa a na evropský kontinent připadá téměř polovina z celkového počtu. Zajímavé je i rozdělení čerpacích stanic v samotné Evropě. Pouze Španělsko, Portugalsko, Itálie a Belgie budou mít do konce roku po dvou stanicích,

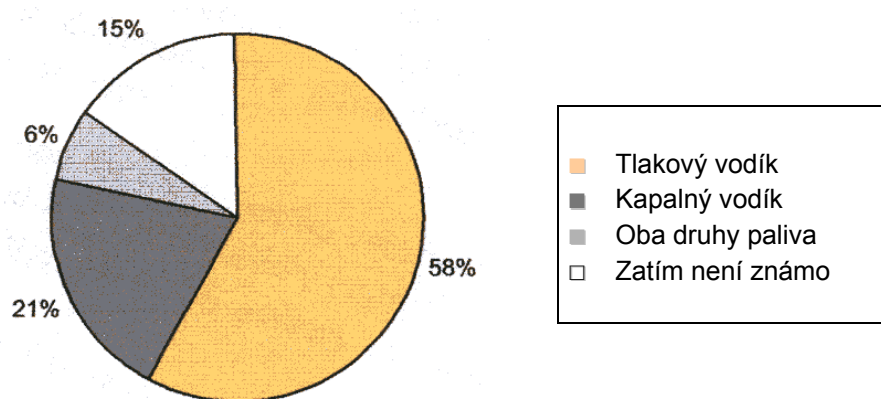
po jedné bude ve Švédsku, Holandsku, Lucembursku a na Islandu. V sousedním Německu to ale bude již 14 stanic, z toho v Berlíně, Hamburku a v Mnichově po dvou. Obě čerpací stanice v Hamburku jsou zásobovány vodíkem z elektrolýzy vody, pro kterou dodávají elektrický proud větrné elektrárny.

Největší počet stanic bude nabízet stlačený vodík (viz. obr. 54) a jen 21 % bude nabízet vodík zkapalněný. Oba druhy vodíku bude zatím poskytovat 6 %, u ostatních 15 % zatím nejsou k dispozici informace. Podle odhadu na obr. 55 bude do konce příštího roku postaveno kolem 90 čerpacích stanic, ale tento údaj se zdá být podhodnocen a skutečný stav na konci roku 2004 bude pravděpodobně větší. Na obr 56 – 62 jsou ukázky několika palivových stanic v různých částech světa včetně tří stanic mobilních.

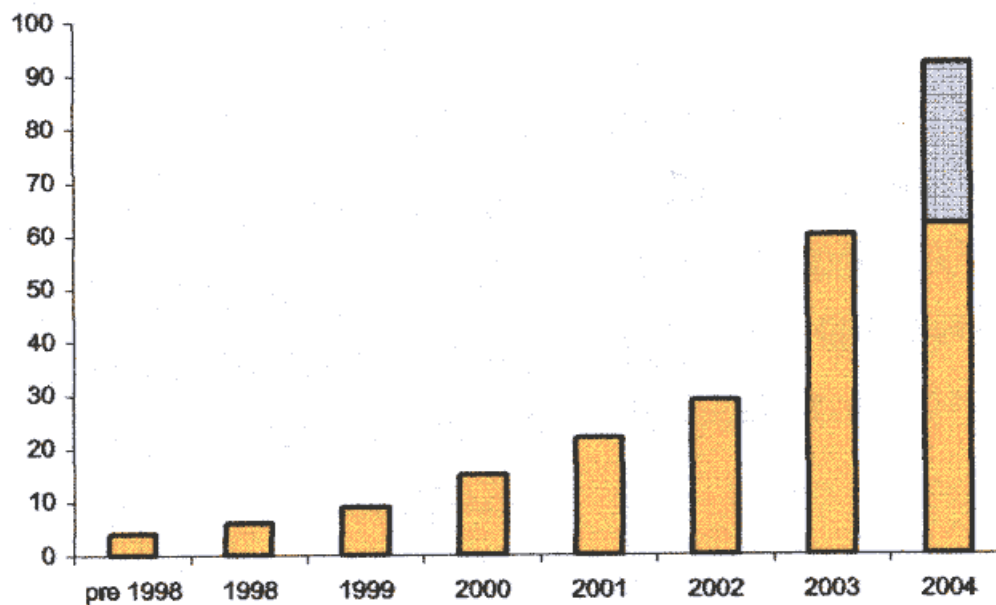
Obrázek 53: Vodíkové čerpací stanice ve světě na konci roku 2003



Obrázek 54: Rozdělení čerpacích stanic koncem roku 2003 podle servisu



Obrázek 55: Kumulativní růst počtu čerpacích vodíkových stanic ve světě s předpokladem na rok 2004



Obrázek 56: Čerpací stanice v Hamburku



Obrázek 57: Čerpací stanice v Tokiu



Obrázek 58: Čerpací stanice v Las Vegas



Obrázek 59: Čerpací stanice na Islandu



Obrázek 60: Mobilní čerpací stanice americké firmy Air Products



Obrázek 61: Mobilní čerpací stanice kanadské firmy Dynetek



Obrázek 62: Mobilní čerpací stanice kanadské firmy Dynetek



8.5 Bezpečnost vodíku

V dnešní době mnozí z nás běžně používáme ve svých domácnostech plyn nebo často čerpáme benzin do svých automobilů, aniž bychom přemýšleli, že tato paliva jsou nějak zvlášť nebezpečná. Když ale automobilový průmysl se začínal přibližně před 100 lety rozvíjet, byly sváděny těžké boje o nebezpečí benzínu a katastrofálních důsledcích z jeho

používání. O vodíku odborní pracovníci předpokládají, že během příštích 20 – 30 let se dostane mezi nejdůležitější dodavatele energie, nebo zaujme již v tomto krátkém období první místo. Většina lidí vidí ve vodíku velké nebezpečí, neboť vycházejí z falešné interpretace katastrofy vzducholodi Hindenburg v roce 1937, či z katastrofy raketoplánu Challenger v roce 1986. Na základě velmi pečlivých testů byl vodík shledán jako stejně bezpečný a v řadě ohledů bezpečnější, než současná automobilová paliva či plynné energetické zdroje. O základních vlastnostech vodíku z hlediska bezpečnosti je následující část.

Vodík je bezbarvý plyn bez chuti a bez zápachu. Je nejlehčím prvkem a při své měrné hmotnosti 0,0696 je 14x lehčí než vzduch. Má 4x větší difuzivitu než zemní plyn a 12x větší než páry benzinu. Vztlak ve srovnání s parami benzinu má 50x vyšší. Při úniku se velice rychle rozšíří do okolí, takže nevzniká nebezpečí jeho hromadění. Při zapálení shoří velmi rychle bezbarvým plamenem. Při jeho hoření nevznikají žádné saze a kouř jako při hoření ostatních produktů. Do okolí je šířena jen jedna desetina tepla radiací ve srovnání s hořením benzinu či zemního plynu. Teplota jeho plamene je o 7 % nižší než teplota plamene benzinu. Jeho hořením nejsou ohroženy osoby, nacházející se i v bezprostřední blízkosti. Vodík tvoří se vzduchem hořlavou směs v širokém pásmu objemových koncentrací od 4 do 75 %. Páry benzinu vytvářejí hořlavou směs v rozmezí 1,4 až 7,4 %. Aby tedy došlo k vytvoření hořlavé směsi, musí být ve vzduch přítomno 3x větší množství vodíku než benzinových par. Ve srovnání s benzinem či zemním plynem má vodík velmi nízkou zažehovací energii, 0,017 milijoulů proti 0,25 milijoulům. K jeho zažehnutí je tedy zapotřebí 14x menší energie. Tato nevýhoda je však diskutabilní, protože k zapálení zemního plynu stačí i jiskra ze statického náboje. Dojde-li k zažehnutí vodíku, je daleko větší pravděpodobnost jeho shoření než výbuchu, protože má mnohem nižší limit hořlavosti než limit detonační. I v případě, kdy by došlo k výbuchu, jeho explozivní energie na jednotku objemu je 22x nižší než energie benzinových par.

Na rozdíl od benzinu je vodík netoxický a ani při hoření neohrožuje životní prostředí. Produkty hoření benzinu a ostatních paliv jsou toxické. V případě nějakého incidentu při přepravě, při němž dojde k úniku přepravovaného nosiče energie, se vodík velmi rychle rozptýlí, kdežto benzin bude ohrožovat spodní vody při vsakování do země a navíc při nahromadění par v nevětraných prostorách drenážního systému může dojít ke vzniku ohně nebo k výbuchu.

Nyní se podíváme blíže na bezpečnost automobilu, jehož palivem je vodík ve vysokotlakových zásobnících. V případě kolize představuje takový vůz menší nebezpečí než ostatní paliva do spalovacích motorů. Na podporu tohoto závěru můžeme vyjmenovat čtyři důvody. Za prvé nové kompozitní tlakové zásobníky, o kterých jsme mluvili v předešlé kapitole, jsou schopné vydržet bez úhony i v případech totálního zničení automobilu. Při nárazových zkouškách, kdy byl automobil spuštěn z výšky 30 m, což představuje náraz v cca 90 km rychlosti, nedocházelo k sebemenšímu poškození těchto zásobníků. Benzinová nádrž by zřejmě v řadě takových případů nevydržela. Za druhé i při poškození zásobníku a úniku jeho obsahu by došlo k jeho velmi rychlému rozptýlení do vzduchu bez dalších následků. Rozlití benzinového paliva při havárii představuje velké nebezpečí požáru auta, případně i výbuchu. Za třetí, i kdyby došlo k hoření vodíku, velmi rychle by skončilo bez velkého ničivého efektu. Navíc díky vysoké účinnosti vodíkového paliva nádrže automobilů obsahují takové jeho množství, které odpovídá energetickému obsahu o 60 % nižšímu, než obsahuje benzinová nádrž pro stejný výkon. Za čtvrté všechny automobily s palivovými články mají opatření, že v případě kolize se automaticky uzavírají cesty pro vodík a vypíná elektrický proud.

Jiné nebezpečí může nastat, když v automobilu dojde k úniku vodíku v motorovém prostoru a k jeho zapálení. Takový případ simulovali na univerzitě v Miami. Obsah vysokotlakové nádrže o váze 1,54 kg vodíku byl vypuštěn během 100 sekund a zapálen. Vzniklý oheň dosahoval výšky 10 m. Měřicí přístroje zaznamenaly zvýšení teploty uvnitř vozu o necelé 2 °C a na kapotě vozu nebyla dosažena ani teplota, na kterou se zahřeje



v létě působením slunečních paprsků. Při druhém pokusu, podniknutém se stejným vozem, při kterém vyteklý benzin měl 2,5x menší energetický obsah, došlo k takovému poškození vnitřku vozu, které by žádný pasažér nepřežil.

Počítačovou simulací byla napodobena autohavárie v tunelu a i při ní bylo prokázáno, že vodík se svou schopností rychlého rozptýlení představuje menší nebezpečí než benzin.

Můžeme se těšit, že při úplném zavedení vodíkové technologie nebude na silnicích docházet k tak častým požárům havarovaných automobilů a že se zbavíme i nebezpečí úniků paliv do okolí a podzemí včetně úniků, způsobených různými netěsnostmi ve velkých podzemních skladech paliva.

9. PROGNOZY PRŮMYSLOVÉHO UPLATNĚNÍ PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ

V kapitolách 6 a 7 jsme se seznámili s dosavadním stavem problematiky palivových článků ve světě i s tím, co je zapotřebí bezprostředně řešit pro urychlení průmyslové výroby na všech úrovních. V jednotlivých oblastech jsme nahlédli do plánů hlavních produkčních organizací pro nejbližší budoucnost. Mohli jsme se i přesvědčit, jak je činnost v této oblasti rozdělena velmi nerovnoměrně. Potěšující pro další vývoj je stále narůstající počet zemí, zahrnujících problematiku obnovitelných energií, vodíku a palivových článků do svých programů, ať už z hlediska vývoje, výroby nebo využívání. Velmi rychle roste počet institucí, aktivně se zapojujících do vývoje, přípravy výroby a jejího organizačního zajišťování. Velmi důležité jsou i počátky budování legislativních předpokladů a vytváření mezinárodních organizací, napomáhajících celkovému rozvoji v různých částech světa. V Evropě můžeme jmenovat národní instituce „London Hydrogen Partnership“, „Stuttgart's Fuel Cell Initiative“ a především „High Level Group“, vytvořenou v loňském roce v rámci Evropské Unie. Rychlému šíření informací významně napomáhá rostoucí počet mezinárodních konferencí s problematikou palivových článků a zvyšující se počet firem, vystavujících své produkty na mezinárodních výstavách a veletrzích. V některých regionech je rozvoj problematiky palivových článků významně podporován některými ekologickými opatřeními. Např. v Kalifornii je dlouhodobě omezován procentuální počet nových automobilů se spalovacími motory. To napomohlo nevídanému rozvoji i řadě opatření, jejichž výsledkem je připravenost tohoto regionu na reálný provoz dopravních prostředků s palivovými články. I v Evropě již existují podobná omezení, např. v Londýně a v Athénách. V Japonsku může sehrát důležitou úlohu nechuť obyvatelstva k Dieslovu palivu, která by mohla vést k omezování provozu automobilů, toto palivo používajících.

Nejdůležitější pro urychlení průmyslového využívání jsou však vládní programy v jednotlivých zemích a finanční dotace i další opatření s těmito programy spojené. Na jejich základě si můžeme učinit reálnou představu o výhledu na příštích 20 až 30 let v různých částech světa. Podíváme se proto na některé z nich blíže.

Zřejmě největší vládní podpoře se těší problematika palivových článků v Japonsku. Od roku 1997 do roku 2020 je věnováno ročně na její rozvoj přes 100 milionů dolarů. V období letošního a příštího roku poskytuje vláda daňové úlevy výrobcům automobilů i jejich zákazníkům. Jejím cílem je dosáhnout výroby 50 tisíc automobilů v roce 2010 a 5 milionů v roce 2020, což by znamenalo, že s pohonem palivovými články by byl vybaven každý čtrnáctý vyrobený automobil. Průmyslovou výrobu malých statických energetických zdrojů plánují zahájit v letech 2005 až 2006, aby do roku 2010 dosáhli plánovanou instalovanou kapacitu 2,1 GW a do roku 2020 10 GW.

Poněkud složitější je situace ve Spojených státech, kde je těžiště činnosti rozděleno jednak na federální úroveň, jednak na vlády jednotlivých států. Tato lokální činnost ve spojení se soukromým kapitálem se zdá převažovat. Problematika je nejvíce rozvíjena v Kalifornii, v Connecticutu, v Texasu, v Ohiu a v Michiganu. Významnou roli má organizační seskupení řady institucí a firem „California Fuel Cell Partnership“. Na jiném konci USA je významná „Connecticut's Clean Energy Fund“. Jako příklad zapojení soukromého kapitálu můžeme uvést firmu General Motors, která má jen pro vývoj palivových článků vybudováno pracoviště v USA a v Německu s celkovým počtem 500 vývojových pracovníků. Do tohoto vývoje firma investuje ročně 100 milionů dolarů.

Na vládní úrovni jsou řešeny dva důležité programy „The Freedom CAR“ a „Fuel Initiative“. První z nich je dotován sumou 1,2 miliardy dolarů, druhý 700 miliony dolarů, oba v průběhu pěti let. Hlavním úkolem obou programů je snížení závislosti Spojených států na dovozu arabské ropy a zlepšení kvality vzduchu výrazným snížením emisí skleníkových plynů. Spojené státy nyní dovážejí 55 % veškeré ropy, kterou spotřebují.

Denně spotřebují 20 milionů barelů a z toho dvě třetiny na provoz dopravních prostředků. Změnami především v automobilovém průmyslu mohou proto dosáhnout významného snížení závislosti na dovážené ropě. Podle plánů mají snížit dovoz ropy do roku 2040 nejméně o 11 milionů barelů denně, což zhruba odpovídá současnému importu. Emise oxidu uhličitého předpokládají snížit do stejného termínu jen provozem ekologických automobilů nejméně o 1,8 miliardy ročně. Další významné snížení emisí přinese využívání malých i velkých statických energetických zdrojů s palivovými články v domácnostech i v průmyslu.

V Evropě patří prvenství v rozvoji jednoznačně sousednímu Německu. Do problematiky palivových článků je zapojeno 350 organizací, ve kterých se přímo tímto oborem zabývá 2800 pracovníků, z toho 40 % víc než 10 roků. Vládní dotace včetně různých grantů z Evropské Unie činí ročně 80-90milionů EUR. Na podporu rozvoje vytvořila federální vláda spolu s devíti institucemi alianci CEP (Clean Energy Partnership Berlin), která je jakousi obdobou kalifornské Fuel Cell Partnership. Jejím úkolem bude v průběhu příštích čtyř let testovat vodík a další paliva ve 30 automobilech. V různých částech země působí dalších 5 organizací (Brennstoffzellen Initiative Baden-Württemberg, BZI, Wasserstoff Initiative Bayern, WIBA, Wasserstoff und Brennstoffzelle Initiative Hessen, Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle Nordrhein-Westfalen a Deutscher Wasserstoff Verband, DWV). Největší pozornost je zaměřena na membránové palivové články. V loňském roce byl schválen v Německu zákon pro kombinovanou produkci elektrické a tepelné energie z obnovitelných zdrojů., jehož cílem je roční snížení emisí oxidu uhličitého o 23 milionů tun. Za každou kWh dodanou do rozvodné sítě bude dodavateli zapláceno 5,11 eurocentů nad normální cenu až do roku 2010. Za zmínku stojí, že v Německu se nachází přes 70 % ze všech systémů s palivovými články, které byly instalovány v Evropě.

Výborné podmínky pro využívání vodíku v palivových člancích existují na Islandu, kde je v současné době 70 % elektrické energie vyráběno z obnovitelných zdrojů vodních a geotermálních. Islandská vláda se rozhodla jako první na světě převést v podstatě celý energetický systém země na systém s vodíkem a palivovými články. Po převedení veškeré silniční dopravy a rybářského loďstva na tento systém bude 90 – 95 % celkové energetické spotřeby země kryto z obnovitelných zdrojů s elektrolytickou výrobou vodíku a s téměř nulovými emisemi skleníkových plynů. Obnovu automobilového parku plánují zahájit od roku 2012 a s plným rozvojem počítají v období 2015 – 2020. vybudování infrastruktury by nemělo činit žádné problémy, protože vzhledem ke koncentrování obyvatelstva do malých oblastí bude stačit 4 – 7 čerpacích stanic. Převedení celé rybářské flotily na nový systém bude podstatně složitější a bude trvat desítky let.

O Evropské Unii je hovořeno podrobněji v jiných kapitolách této studie. Zde jen připomeneme, že v rámci tzv. 6. Programu bude rozvoj problematiky obnovitelných zdrojů energie dotovat v průběhu příštích tří let sumou 2,1 miliardy EUR, z čehož by na vodík a palivové články mělo připadnout 250 – 300 milionů EUR. Vedle projektu CUTE, o kterém jsme se zmiňovali vpředu, je hlavním cílem dosáhnout do roku 2020 stavu, kdy 20 % automobilů v tomto společenství bude poháněno vodíkem v palivových člancích. Tím bude zároveň dosaženo významného snížení emisí skleníkových plynů.

Řada různých prognostických pracovišť ve světě vydává dost často různé předpovědi k budoucnosti palivových článků. Bohužel tyto předpovědi se od sebe vzájemně někdy dost liší a některé se ukáží v poměrně krátkém čase jako nereálné. Na tomto místě se zmíníme stručně o některých z období posledních 12 měsíců.

Londýnská Imperial College předpovídá, že do roku 2020 bude ve světě instalováno 95GW elektrické energie, z čehož přibližně polovina připadne na rozvojové země.

Americká společnost Pacific Palisades očekává, že v období 2006-2010 bude mít jedno procento amerických domácností malý statický energetický zdroj. Až poklesnou o několik



let později ceny výrazněji, bude těmito zdroji zásobeno 50 % amerických domácností a úplného přechodu na tento systém bude dosaženo do roku 2030.

Japonský Yano Research Institute předpovídá velkou poptávku po zařízeních s membránovými palivovými články od roku 2004. V roce 2010 by obrat na japonském trhu měl být 3,3 miliardy dolarů, z toho 2,1 miliardy za malé statické energetické systémy do rodinných domů, 600 milionů za automobily a cca 370 milionů za malé přenosné články v mobilních telefonech ap.

Americký Fuel Cell Council vypracoval letos v květnu studii, podle níž trh přenosných palivových článků v USA dosáhne do roku 2011 obratu 2 miliardy dolarů. Studie obsahuje i agresivní předpověď, že do roku 2007 nahradí přenosné palivové články ve světě 70 % trhu baterií.

Americká společnost Principia Partners ve své studii „Materials Opportunities in Fuel Cell Technologies 2002 and beyond“ předpovídá do roku 2010 celkový obrat v USA na trhu palivových článků 20 miliard dolarů, k čemuž se může připočíst další 1,1 miliardy za speciální materiály.

10. SOUČASNOST A DALŠÍ VÝVOJ PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ V ČESKÉ REPUBLICE

Zatím se zdá, že tato velmi zajímavá a důležitá problematika se spíše pohybuje mimo hranice naší republiky. Veřejnost, a to nejen laická, má velmi málo informací. V denním tisku se občas objeví nějaká dílčí informace, sporadicky i v některých populárně vědeckých časopisech, ale to samozřejmě nestačí. Na vývojových pracovištích Akademie věd nebo na vysokých školách či centrálních úřadech existují jednotlivci nebo skupiny pracovníků, kteří jsou lépe informováni z hlediska svého pracovního zaměření nebo z vlastního zájmu o tento obor. Někteří z nich řeší určité dílčí úkoly, které s palivovými články alespoň částečně souvisí. Jiná akademická i další pracoviště mají zájem řešit určité části této velmi rozsáhlé problematiky, chybí jim ale především finanční prostředky a zájem nadřízených orgánů. Před řadou let byla v Ostravě založena Vodíková asociace, která si kladla úkol napomáhat rozvoji vodíkové energetiky a palivových článků, ale její činnost nebyla nikde vidět. Po úmrtí předsedy byla tato organizace 21. března letošního roku zrušena.

Není tedy příliš povzbuzující, když v sousedním Německu vidíme obrovský zájem centrálních orgánů, které vytvořily ty nejlepší podmínky včetně finančního zajištění pro přípravu transformace státu na nový energetický a ekologický systém a dokázaly pro něj získat aktivní spolupráci stovek firem a organizací s tisíci odborných pracovníků. V České republice se řadu let zabývají danou problematikou jen dvě malé soukromé firmy, ASTRIS s.r.o. a MEGA a.s., které neustále zápasí se zajišťováním finančních prostředků pro tuto vývojovou činnost. Jejich dosavadní výsledky však na druhé straně dokazují, že i u nás mohou existovat kolektivy nadšených pracovníků, které jsou schopné i v tzv. „českých“ podmínkách držet krok se zahraniční konkurencí.

ASTRIS s.r.o. byla založena v roce 1992 v Benešově jako detašované vývojové pracoviště kanadské firmy ASTRIS Energy, Inc. Zabývá se problematikou alkalických palivových článků a zaměřuje se především na vývoj elektrodových systémů. V letošním roce začne v novém objektu ve Vlašimi budovat poloprovozní linku na výrobu elektrod do alkalických palivových článků, ve které bude později schopna i kompletovat celé svazky. Do konce letošního roku má firma v rámci tendru MPO zkompletovat mobilní alkalický palivový článek o výkonu 2,5 kW.

Akciová společnost MEGA a.s. byla založena v roce 1992, ale její profil a tradice se vyvíjejí od roku 1975, kdy byly založeny Ústřední laboratoře uranového průmyslu, z kterých po privatizaci vznikla. Je jediným výrobcem ionexových membrán v České republice a dodavatelem membránových technologií pro různé průmyslové aplikace. Do problematiky palivových článků se zapojila koncem roku 1997. Řešila vývoj levných membrán do palivových článků, protože fluorované membrány, používané v membránových palivových článcích, jsou neúměrně drahé a jsou hlavní příčinou vysoké ceny těchto článků. Později přešla v rámci projektu MO na vývoj levných membrán do přenosných palivových článků, na které jsou kladeny jiné požadavky, než na membrány pro vyšší teploty. Úkolem byl vývoj membrán a elektrod do přenosných palivových článků a konstrukce funkčního modelu přenosného palivového článku, dokazujícího schopnost vyvinutých membrán a elektrod v tomto typu článku pracovat. Projekt byl úspěšně vyřešen do konce loňského roku. Další činnost v rámci původně plánovaného nového projektu byla pozastavena jednak kvůli finančním problémům, jednak kvůli nutnosti řešení aktuálních výrobních záležitostí. Vedle vlastní výzkumné činnosti uskutečnili řešitelé v posledních třech letech řadu přednášek o palivových článcích s praktickými ukázkami v různých koncích republiky a publikovali o této nové problematice v serii několika článků v časopise Alternativní energie. Z ohlasů lze usoudit, že tato činnost přispěla alespoň částečně k zlepšení informovanosti české veřejnosti.

Obě jmenovaná pracoviště navzájem velmi úzce spolupracují a do řešení svých úkolů zapojila různá pracoviště Akademie věd ČR, vysokých škol i průmyslových organizací. Vůbec nejlépe se osvědčila spolupráce s Ústavem makromolekulární chemie AV ČR.

Jsme přesvědčeni, že je nanejvýš nutné vytvořit urychleně pro tuto velmi perspektivní a pro budoucnost každého státu velmi důležitou problematiku potřebné zázemí i u nás. Alternativní energie, ale především vodík jako nosič vysoce kvalitní formy energie a palivové články, umožňující tuto energii optimálně využívat, by měly být podle našeho názoru zařazeny jako jeden ze základních programů rozvoje vědy a výzkumu. Tento program by měl být v souladu s našimi možnostmi zaměřen na nejperspektivnější směry. Měl by být řízen ve vzájemné spolupráci mezi Akademií věd jako nositelem základního výzkumu a zainteresovanými ministerstvy pro výzkum aplikační. Finanční zdroje by vedle možností mezinárodních grantů měly být soustředěny z prostředků na rozvoj vědy a techniky z přidělů do AV ČR a dále především do ministerstev MPO, MŽP, MO a MMR. Pro organizování celého programu a jeho řízení by zřejmě bylo účelné vytvořit orgán, složený ze zástupců těchto institucí a z odborných pracovníků.

Za perspektivní směry nepovažujeme v současné době zaměření do automobilového průmyslu, který nevlastníme, ani do vývoje vysokoteplotních článků, pro který nemáme dostatek financí ani potřebných materiálů. Za optimální považujeme soustředění do dvou základních směrů, a to na vytvoření vlastního materiálového zázemí (což znamená maximální omezení drahého importu) a na vývoj vybraných druhů palivových článků a jejich aplikací. Měli bychom vycházet z dosavadních dosažených výsledků, které jsou velmi nadějně, i z našich možností. Dokončení vývoje levných ionexových membrán a pokračování ve vývoji nových druhů nám může zabezpečit nejen překonání hlavní finanční bariéry dalšího rozvoje a usnadnění realizace řady užitečných aplikací. Může nám umožnit i spolupráci s řadou zahraničních firem, které mají zvládnuty jiné části této rozsáhlé problematiky. Nesmíme zapomenout i na možnosti exportu produktu, který bude stále více žádaný. Za velmi důležité považujeme zařazení vývoje vodivých polymerů a jejich chemických modifikací. Tyto teprve nedávno objevené látky mohou velmi pozitivním způsobem zlepšit funkční schopnosti některých součástí palivových článků (aktivní i difuzní vrstvy elektrod, bipolární desky ap.).

Naše představy o rozdělení základních směrů vývoje a výzkumu jsou následující:

10.1 Aplikační výzkum

- 1) Vyřešení produkce levného vodíku z biomasy, komunálních a dalších odpadů;
- 2) Vývoj základních materiálů pro palivové články z tuzemských surovin.
 - a. Ionexové membrány
 - b. Elektrody
 - c. Vodivé uhlíkové porézní papíry pro difuzní vrstvy elektrod
 - d. Katalyzátory na vhodných nosičích (uhlík, vodivé polymery, porézní silikonové materiály)
 - e. Bipolární desky
- 3) Vývoj vybraných druhů palivových článků

Membránové

- a. Přímé metanolové včetně článků s kapalným elektrolytem
- b. Alkalické

4) Příprava aplikací palivových článků

- a. Přenosných pro armádní i civilní sektor
- b. Malých statických systémů jako energetických zdrojů pro rodinné domy a malé objekty a mobilních článků jako energetických zdrojů pro armádu v polních podmínkách

10.1.1 Fáze 1

Zajištění několika malých statických systémů od různých výrobců, jejich rozmístění na vhodných místech a provádění dlouhodobého testování ve spolupráci s výrobcí. Pro testování v armádě zajistit mobilní zdroje typu Airgen Coleman (viz obr. 49).

10.1.2 Fáze 2

Vývoj malých statických systémů a mobilních článků při využití vlastních vyvinutých materiálů.

Zakoupení a testování malých statických systémů pomůže nejen získat potřebné zkušenosti, ale bude důležitým krokem konkrétní demonstrace výhodnosti tohoto způsobu pro veřejnost a potenciální uživatele této technologie.

10.2 Základní výzkum

Zde doporučujeme soustředění na tyto základní směry.

- 1) Elektrochemie – oxydoredukční katalytické reakce na elektrodách (vodík, metanol, čpavek, metan)
 - vlastnosti elektrolytů kapalných a pevných
- 2) Polymerní chemie – polymery s iontovýměnnými vlastnostmi
 - filmotvorné polymery
 - vodivé polymery a jejich modifikace
- 3) Separace vodíku z plyných směsí, především od oxidů uhlíku, a jeho rafinace hlavně od oxidu uhelnatého a sloučenin síry

10.3 Návrh na realizaci pilotních projektů stacionárních článků o výkonu do 10 kW

Kdybychom měli analyzovat, na kterou firmu se můžeme obrátit s požadavkem na instalaci energetického zdroje pro rodinné domy, měli bychom vycházet z ceny a spolehlivosti zařízení, z reputace firmy a měli bychom hledat firmy především z evropského okolí kvůli jednodušším kontaktům při nesnázích, potřebných opravách atd. V tomto období je to pochopitelně velmi složité, protože probíhá převážně testování

vyrobených prototypů, jejich demonstrace a příprava průmyslové výroby. Z toho důvodu nejsou ani známé ceny aparátů, abychom je mohli brát v úvahu. Ze známých údajů ale můžeme předpokládat, že zatím budou ve většině možných případů v rozmezí 10 – 15 tisíc dolarů. Zatím není ani dobře známo, která z cca 80 firem, které se ve světě zabývají touto problematikou, je schopná již svoje zařízení prodat nebo ochotná je zapůjčit na dohodnuté testování. Řada firem totiž z reklamních důvodů

publikuje údaje, které zatím není schopná splnit. Proto vycházejme z toho, že z celkového počtu cca 1900 dosud instalovaných jednotek jich plně dvě třetiny pochází od pěti firem. Japonské firmy Nippon Oil a Sonyo Electric jsou příliš vzdálené stejně jako americká firma Avista Labs, která má navíc svůj 1,5 kW systém zařízení na napájení vodíkem. Pro nás je mnohem vhodnější demonstrovat systém, používajícím jako palivo dostupný zemní plyn. Zbývají tedy dvě firmy, švýcarská Sulzer Hexis a německá Vaillant. První vyrobila již velký počet systémů o výkonu 1 kW s vysokoteplotními články z vodivých oxidů. Druhá používá membránové články od americké firmy Plug Power o elektrickém výkonu 4,6 kW a 9 kW výkonu tepelného. Jak z hlediska výkonu, tak z typu použitého článku je pro nás vhodnější firma Vaillant. Nejen proto, že membránové články u malých statických systémů významně převládají, ale i proto, že je v našich možnostech vybudovat si do budoucna materiálovou základnu, především levných membrán.

Firma Vaillant uvádí, že předpokládá životnost svých systémů 80 tisíc pracovních hodin, což se zdá být dost přehnané. Zatím jen několik ze všech na světě instalovaných systémů má za sebou praktické využívání přes 10 tisíc hodin a k požadovaným 40 tisícům hodin bude řada firem potřebovat provádět další vylepšování a zdokonalování svých produktů. Některé firmy se i z těchto důvodů soustřeďují na okruh zákazníků, kterým kratší životnost systémů nevadí. Jedná se především o banky a telefonní společnosti, kterým výpadky elektrického proudu přináší značné finanční ztráty. Instalované malé statické systémy zde budou sloužit jako záložní zdroje a jejich kratší životnost proto tolik nevadí. Je zajímavé, že mezi takto zaměřenými firmami je i dodavatel článků pro Vaillant, firma Plug Power. I proto doporučujeme zajistit více systémů od různých firem pro možnost vzájemného porovnání a k případnému výběru nejvhodnějšího partnera, až se dostaneme do fáze průmyslového uplatnění vlastních výrobků. V úvahu přicházejí následující firmy:

- ▣ Italská Nuvera, která v loňském roce instalovala v Německu 5 kW systém;
- ▣ Německá European Fuel Cells, která připravuje testování cca 100 jednotek o výkonu 1,5 kW;
- ▣ Italská Roen Est disponuje s 5 kW systémem PENTA;
- ▣ Německá Viessmann vyvinula 2 kW prototyp;
- ▣ Německá firma Bunderus má zastoupení americké firmy UTC Fuel Cells pro Evropu. Tato americká firma produkuje 5 kW kogenerátor, který je možné shlédnout na obr. 16. Na trh má být uveden v roce 2005;
- ▣ Kanadská firma Hydrogenics má rovněž k dispozici malý statický systém. Jednání je možné vést prostřednictvím německé firmy Enkat, kterou Hydrogenics zakoupila v loňském roce.

10.4 Návrh na realizaci pilotního projektu stacionárních článků o výkonu 100 – 250 kW

Úvahy o demonstračním projektu většího statického systému, který by mohl být umístěn například v nemocnici, obchodním centru apod. jsou ještě složitější než v předchozím případě. Zatím jediný komerčně dostupný systém je 200 kW PC-25 na bázi kyseliny fosforečné americké společnosti UTC Fuel Cells. Za víc než 10 let průmyslové produkce bylo prodáno celkem cca 260 jednotek a jak již píšeme vpředu, prodej začíná klesat. Když hledáme příčiny, zjistíme, že dosavadní prodej se uskutečňoval především díky velkým vládním subvencím. Americká vláda dotovala celkem 94 jednotek, instalovaných v USA, částkou cca 200 tisíc dolarů na každou, což představovalo dlouho jednu třetinu ceny. Podobné podpory prováděly vlády Japonska a SRN při exportu do těchto zemí. Za celé dlouhé období nedošlo k poklesu ceny, naopak z původních 600 tisíc dolarů se cena vyšplhala na dnešních cca 900 tisíc dolarů. Protože firma měla zájem především o takto podporovaný prodej, nedocházelo ani k žádnému pozorovatelnému technickému vylepšování. V poslední době se ukazuje, že vysokoteplotní systémy jsou perspektivnější a všechny jmenované vlády začaly podporovat nyní systémy s tavenými karbonáty. Technologie PAFC se dostala na rozcestí a záleží, zda bude firma volit cestu zásadních technických a cenových opatření. Zatím podle posledních informací hodlá firma tuto výrobu zastavit a přejít na systémy membránové s nižšími výkony. Podobně je tomu s technologií PAFC i v Japonsku, přestože tam byla projevoována snaha o vylepšování systémů. Od roku 2001 však zájem o tento druh generátorů silně poklesl.

Ostatní výkonné statické systémy jsou zatím ještě ve vývojovém stadiu, doprovázeném vysokými cenami. Jestliže cena PAFC systémů je nyní 4500 \$/kW instalovaného výkonu, cena systémů MCFC je stále kolem 10 tisíc dolarů na kilowatu. Ceny membránových a SOFC systému zatím známe nejsou, ale zřejmě speciálně SOFC systémy se budou spíše blížit v současné době 20 tisícům dolarů na kW. U membránových statických systému si můžeme učinit představu z případu první instalace Ballardovy 250 kW jednotky v Berlíně. Tato jednotka byla uvedena do provozu v roce 2000 na základě projektu za 7,5 milionů marek. Dotace tohoto projektu činily celých 50 %. 40 % hradila německá vláda a 10% samotná firma Ballard/Alstom.

11. FINANCOVÁNÍ PROJEKTŮ NA BÁZI STACIONÁRNÍCH PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ

11.1 Rámcový program EU a možnosti zapojení ČR v oblasti energetiky

Cíle a struktura 6. RP

Rámcové programy EU pro výzkum a technologický vývoj jsou programy orientovaného výzkumu, z nichž první byl zahájen v roce 1984. Ve srovnání s předchozími představuje 6. rámcový program (6.RP) na období 2002 - 2006 určitý zlom co se týče velikosti, zaměření a nástrojů vytvořených k implementaci jeho cílů, především integraci výzkumných snah sdružením širokého spektra odborníků. Základním cílem 6.RP je přispět k vytvoření

Evropského výzkumného prostoru (European Research Area – ERA). Projekt ERA směřuje ke vzniku společné výzkumné politiky, jejímž prostřednictvím si Evropa udrží konkurenceschopnost v globální znalostní společnosti 21. století. Tato politika zajistí větší návaznost národních výzkumů a užší spolupráci mezi výzkumem financovaným z veřejných zdrojů a soukromým průmyslovým výzkumem, lepší využití kapacit evropských výzkumných pracovišť a vytvoří prostředí podporující tržní uplatnění výsledků výzkumu a vývoje.

1. Zaměření a integrace evropského výzkumu (částky jsou v mil. €)			13 345
Tematické priority		11 285	
• Vědy o živé přírodě, genomika a biotechnologie pro zdraví	2 255		
Pokročilá genomika a její využití pro zdraví	1 100		
Boj proti hlavním chorobám	1 155		
• Technologie informační společnosti	3 625		
• Nanotechnologie a nanovědy, inteligentní multifunkční materiály, nové výrobní procesy a zařízení	1 300		
• Letecký a kosmický výzkum	1 075		
• Kvalita a nezávadnost potravin	685		
• Udržitelný rozvoj, globální změny a ekosystémy	2 120		
Udržitelné energetické systémy	810		
Udržitelná povrchová doprava	610		
Globální změny a ekosystémy	700		
• Občané a vládnutí ve znalostní společnosti	225		
Specifické aktivity zahrnující širší oblast výzkumu		1 300	
• Výzkum na podporu politik a nové vznikající vědy a technologie	555		
• Specifické výzkumné aktivity na podporu MSP	430		
• Specifické aktivity pro mezinárodní spolupráci	315		
Nejaderné aktivity Společného výzkumného centra (JRC)		760	

2. Strukturování ERA			2 605
Výzkum a inovace	290		
Lidské zdroje a mobilita	1 580		
Výzkumné infrastruktury	655		
Věda a společnost	80		
3. Posilování základů ERA			320
Koordinace výzkumných aktivit	270		
Rozvoj výzkumných a inovačních politik	50		
CELKEM			16 270
Program EURATOM			1 230

Souhrnný rozpočet dosahuje 17 500 mil. €, což znamená po vyloučení inflačních vlivů 9 % nárůst oproti rozpočtu 5. RP. Navýšena byla rovněž částka na podporu účasti malých a středních podniků, která by měla dosáhnout až 15 % rozpočtu tematických priorit 6. RP.

Hlavní principy 6. RP

- ▣ projekt řeší mezinárodní konsorcium;
- ▣ finanční spoluúčast řešitelů (cca 50 %);
- ▣ inovační dimenze - projekt musí přinést novou znalost na evropské úrovni;
- ▣ evropská dimenze - projekt musí mít přínos pro Evropu (nelze řešit regionální problematiku);
- ▣ příspěvek k sociálním cílům - kvalita života, zdraví, bezpečnost;
- ▣ využitelnost výsledků - zvýšení evropské konkurenceschopnosti.

Energetika v 6. RP

Cílem aktivit tzv. priority 6 „Udržitelný rozvoj, globální změny a ekosystémy“ je rozvoj vědeckých a technologických znalostí nutných k posílení konceptu trvale udržitelného rozvoje, který bude integrovat sociální, ekonomické a environmentální aspekty. V oblasti energetiky hlavním úkolem zůstává snížení emisí skleníkových plynů, zvýšené využití obnovitelných zdrojů energie, zabezpečení dodávek energie a její efektivnější využití.

Cesty ke splnění těchto cílů jsou rozděleny na výzkumné aktivity s potenciálním využitím v krátko- až střednědobém horizontu (demonstrace inovativních a cenově konkurenčních technologií, podpora jejich urychleného zavedení na trh; zaměření na výsledky, převaha demonstračních aktivit nad výzkumnými, výzkumná složka okolo 20 %, pre-normativní výzkum, šíření výsledků, transfer technologií) a na aktivity s potenciálním využitím v horizontu středně- až dlouhodobém (dosažení výsledků, které budou široce využitelné v horizontu roku 2010 a dál; důraz na výzkumné aktivity, školení, šíření výsledků; hlavní rizika vědecká a technologická, nikoli tržní a finanční). Problematika využití palivových článků spadá do poslední jmenované skupiny. Pro informaci je uveden podrobný rozpis aktivit s dopadem ve středně- až dlouhodobém horizontu:

- ▣ Palivové články včetně jejich aplikací;

- ▣ Nové technologie pro přenos a skladování energie, zejména a vodíkové;
- ▣ Nové a pokročilé koncepty technologií obnovitelných energií;
- ▣ Zachycení a redukce emisí CO₂ v elektrárnách na fosilní paliva;
- ▣ Socio-ekonomické nástroje a koncepty energetické strategie.

V první výzvě pro podávání projektů (uzávěrka proběhla 18. 3. 2003) byly v oblasti týkající se palivových článků otevřeny oblasti:

- ▣ Vývoj vysokoteplotních palivových článků pro čisté, bezpečné a spolehlivé decentralizované zásobování energií, teplem/chladem a elektřinou a pro mobilní aplikace s výkonem od několika kW až do MW;
- ▣ Vývoj polymerních palivových článků a součástí pro stacionární a mobilní užití;
- ▣ Vytváření nových znalostí v klíčových otázkách levných a udržitelných materiálů, procesů, součástí a systémů v PEM a DM palivových článcích;
- ▣ Vývoj pokrokových, bezpečných a čistých palivových článků pro malé aplikace;
- ▣ Vývoj a validace nové generace pokročilých výpočetních modelů a simulačních nástrojů pro analýzu palivových článků

Vyhlášení další výzvy, která by měla zahrnovat předkládání výzkumných projektů v oblasti palivových článků, je očekáváno v září roku 2004. Aktuálně otevřená výzva je zaměřena na podporu projektů typu SSA (Specific support Actions), tedy takových, které mají za úkol podpořit realizaci rámcového programu a mohou být využity k přípravě budoucí strategie výzkumu EU. V rámci prioritních témat mohou být podporovány například konference, semináře, studie a analýzy, pracovní skupiny expertů apod.

Nové nástroje 6. RP

Značné roztržičnosti evropského výzkumu hodlá EK zabránit mimo jiné novými typy projektů, které jsou v 6. RP nazývány nástroji, z nichž nejdůležitějšími jsou integrované projekty a sítě excelence. V obou případech se jedná o projekty, jejichž rozpočty mohou dosáhnout až desítek milionů eur. V počáteční fázi by měl být přechod k jejich plnému uplatnění usnadněn modifikací nástrojů užívaných již v 5. RP.

Cílem integrovaných projektů je dosažení jasně definovaných vědeckých a technologických cílů v určité prioritní oblasti. Integrace projektů může mít podobu vertikální – ve směru od vytvoření znalosti přes vývoj technologie až po její uplatnění, či podobu horizontální – ta je dána multidisciplinární povahou projektu. V projektech může být mimo zásadní výzkumné a vývojové části uplatněna i složka demonstrační, zaváděcí nebo školicí. Předpokladem každého integrovaného projektu je sdružení tzv. kritického množství pracovních kapacit, znalostí a zdrojů. Příspěvek Evropské komise bude mít formu grantu k rozpočtu projektu. Výše podpory závisí na nákladovém modelu organizace a na typu aktivit. Například pro firmy dosahuje následující výše:

- ▣ 50 % na výzkumné a inovační aktivity;
- ▣ 35 % na demonstrační aktivity;
- ▣ 100 % na řízení konsorcia;

- ▣ 100 % na školicí aktivity;
- ▣ 100 % na jiné specifické aktivity.

Obvyklá délka trvání projektu bude dosahovat 3 – 5 let. Účastníky projektu musí být nejméně tři nezávislé právní subjekty ze tří různých členských zemí EU nebo asociovaných států (tento minimální počet může být zvýšen, což bude specifikovat příslušný pracovní program).

Sítě excelence mají propojovat instituce tak, aby byla sdružena kritická výzkumná kapacita nutná pro to, aby Evropa představovala v daném oboru rozhodující výzkumnou sílu. Můžeme rovněž říci, že cílem je snížení fragmentace evropského výzkumu. Předpokládá se, že sítě excelence mohou sdružovat týmy čítající až stovky odborníků v projektech s délkou trvání 5 let. Sítě excelence by ve své činnosti měly pokračovat i po ukončení finanční podpory EK. Ta bude představována tzv. grantem pro integraci, který bude – zjednodušeně řečeno – odvozen od počtu výzkumníků sdružených v síti excelence.

Informace

Technologické centrum AV ČR – Národní informační centrum pro evropský výzkum
<http://www.tc.cas.cz>.

CORDIS – <http://www.cordis.lu>

11.2 Program financování soukromého sektoru při aplikacích stacionárních palivových článků ve vybraných rozvíjejících se zemích s nárokem na fondy GEF

International Finance Corporation (IFC), přidružená firma skupiny World Bank Group pro soukromý sektor, se stává vedoucím faktorem při zavádění stacionárních palivových článků jako preferované technologie distribuce energie v řadě developerských zemí. Posláním firmy IFC je podporovat udržitelné investice do soukromého sektoru v developerských zemích. IFC financuje investice do soukromého sektoru v developerských zemích, mobilizuje kapitál na mezinárodních finančních trzích a poskytuje technickou podporu a rady vládám i firmám. IFC funguje jako výkonný úřad pro Global Environment Facility (GEF) a využije fondy poskytnuté GEF při napomáhání rozvoji trhu technologií palivových článků v soukromě financovaných aplikacích stacionárních palivových článků v distribuci energie ve vybraných zemích s nárokem na fondy GEF. Sekretariát GEF v květnu 2002 souhlasil s tím, že uváže, že by touto programem ve dvou fázích poskytl až 54 milionů USD, na základě návrhu koncepce vypracovaného IFC po analýze dříve připravených výkazů. GEF je multilaterální program financování po administrativní stránce zastřešený Světovou bankou (World Bank). Fond GEF byl nedávno doplněn na celkovou výši 2,92 miliardy USD. GEF prostředky předá firmě IFC po obdržení a schválení přijatelnosti návrhů, které budou IFC předloženy ke konkrétním projektům.

GEF představuje oficiální mechanismus financování Rámcové konvence OSN o změně klimatu (the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)) a rozhodla, že palivové články jsou slibnou technologií, která bude podporována v rámci Provozního programu GEF č. 7: „Snížování dlouhodobých nákladů na technologie s nízkými emisemi skleníkových plynů (GHG)“. Palivové články využívají paliva s malým nebo neutrálním obsahem uhlíku při vysoké elektrické účinnosti a mají proto potenciál podstatně snížit emise skleníkových plynů. I když v současnosti ceny palivových článků umožňujících výrobu elektřiny nemohou konkurovat klasickým technologiím, očekává se, že další vývoj technologie povzbuzený podporovaným růstem trhu a rozšířením výroby

přinese snížení nákladů, které poté povede k instalaci velkého množství palivových článků ve výrobě energie, čímž se sníží emise skleníkových plynů.

První fázi představují až tři (3) samostatné pilotní projekty, které prokáží ekonomickou a ekologickou výhodnost technologie stacionárních palivových článků. Tyto prvotní demonstrační projekty přinesou informace potřebné k návrhu a strukturování druhé fáze, v jejímž rámci bude poskytnut značný objem financí pro zrychlení uvádění palivových článků na trh distribuované výroby energie podporou příslušných instalací této technologie v rozvíjejících se zemích s nárokem na fondy GEF.

První fáze projektu má zahrnovat až tři komerční demonstrační projekty v nejméně dvou (2) zemích s nárokem na fondy GEF, s využitím palivových článků k distribuované výrobě energie. Tyto projekty budou mít různé podílníky a mají vést k instalaci celkového výkonu 5 – 7 MW v palivových článcích do roku 2005. IFC bude uvažovat o nových projektech, které budou mít významný potenciál k tomu, aby byly zopakovány jinde, dobrý potenciál rozvoje trhu a prokáží ekonomickou a ekologickou výhodnost technologie palivových článků na trhu distribuované výroby energie.

Demonstrační projekty první fáze budou dotovány až výše 50 % nákladů projektu, nejvýše však 2000 USD/kW instalovaného výkonu nebo 3 miliony USD/projekt. Preferováni budou předkladatelé návrhů, které dosáhnou nejvyššího počtu instalovaných kW při minimálním objemu dotací. Tyto prostředky budou poskytovány formou grantů a kontingentního financování (v poměru odpovídajícím jednotlivým projektům) s cílem překonat bariéry a rizika vybraných projektů. Tyto fondy smí být použity na úhradu kapitálových nákladů nákupu zařízení a poskytování technické pomoci a implementačních služeb tak, aby bylo na zbytek potřebné částky získáno komerční financování. IFC a GEF si přejí podpořit využívání palivových článků pro různé účely na trzích rozvíjejících se států a rozšířit kapacity na výrobu palivových článků. Podpora úhradou kapitálových nákladů nákupu zařízení nabízená firmou IFC prostřednictvím fondů GEF by měla výše zmíněné kroky usnadnit. Navrhované projekty jsou omezeny na země s nárokem na fondy GEF s místní spoluúčastí; silně doporučujeme náležitě se seznámit s vnitrostátními předpisy, tržními podmínkami a obchodními zdroji dané země.

Iniciativa zaměřená na financování druhé fáze podle předpokladů podpoří řadu projektů, jejichž výsledkem by měla být instalace přibližně 50 MW kapacity palivových článků do roku 2008 ve třech až pěti (3 – 5) zemích ve dvou až třech (2 – 3) geografických regionech, za předpokladu, že firmy vyrábějící palivové články vyhoví technickým, cenovým a obchodním kritériím a že bude prokázána existence dostatečné kapacity zajišťující výrobu a dodávky palivových článků v tomto měřítku.

Toto oznámení představuje výzvu firmy IFC k předkládání nabídek firmě IFC nebo vyjádření zájmu o posouzení nabízených řešení ze strany firmy IFC umožňující pozdější přidělení prostředků GEF konsorciím dodavatelů palivových článků a developerů projektů založených na kvalifikaci příslušných firem, úspěšných praktických instalacích a výhledech cen instalovaných produktů v uvedených obdobích. Zájem je o instalace palivových článků „na klíč“, provedené dodavateli, kteří prokáží nárok na zařazení do programu, a kterým bude poskytnuto financování konkrétních projektů nebo skupin projektů podle podmínek jejich návrhů. Vzhledem k očekávanému snižování cen stacionárních palivových článků v daném období si IFC vyžádá i samostatné cenové výhledy instalací v dalších obdobích. Důležité bude, aby předkladatelé návrhů prokázali své předpoklady objemů/cen dodávek, aby bylo po druhé fázi možno přejít na komerční instalace bez nutnosti dalších dotací.

Obdržené návrhy budou posuzovány podle celkové kvality návrhu. Firma IFC si vyhrazuje právo dle vlastní úvahy nepřijmout návrh, které nevyhovuje požadavku nebo dostatečně neprokazuje schopnost vyrábět, dodávat, navrhovat, vybavit potřebnými povoleními a instalovat dostatečné množství palivových článků a splnit hlavní požadavky celé



iniciativy. Firma IFC si vyhrazuje právo požádat o další rozhovory kteréhokoli z předkladatelů návrhů s cílem vyjasnit si podmínky nebo získat další informace. Experti firmy IFC uzavřou hodnocení do tří měsíců od obdržení návrhů, i když přesný časový plán bude záviset na počtu, rozsahu, kompletnosti a složitosti obdržených návrhů.

Termínem „palivový článek“ se rozumí integrovaný závod na výrobu energie se zásobníkem, trubkovým polem nebo jinou funkčně ekvivalentní strukturou, která mění chemickou energii paliva na elektřinu, střídačem pro připojení k síti a sekcí pro zpracování paliva, pokud je potřebné; dále musí být součástí závodu i další vybavení (včetně rekuperace tepla) potřebné k jeho provozu a k převodu energie. Těmito zařízeními se rozumí i hybridní systémy, které vyrábějí další energii z odpadního tepla konverzního procesu, popř. tepelnou nebo mechanickou energii z ostatních součástí systému, popř. regenerační systémy, které vyrábějí vodík pro další použití.

12. LITERATURA

1. Kordesch K., Simader G. : Fuel Cells and Their Application., VCH Publishers, Inc. New York, 1996.
2. Parsons, Inc.: Fuel Cell Handbook, 5. vyd., U.S. Dept. of Energy 2000.
3. Larminie J., Dicks A.: Fuel Cell Systems Explained, John Wiley and Sons, LTD, Chichester 2001.
4. Stobart R.: Fuel Cell Technology for Vehicles., Soc. of Automotive Engineers, Warrendale 2001.
5. Fuel Cell Power for Transportation 2001, Soc. of Automotive Eng., Warrendale 2001.
6. Small Fuel Cells for Portable Applications, 3. vyd. The Knowledge Press, 2002
7. Fuel Cells: The Sourcebook, EscoVale Consultancy Services, Norwood Hill, 2002
8. Felix N. Büchi: Portable Fuel Cells, Conf. Proc., Luzerne, 1999, European Fuel Cell Forum, 1999.
9. Blomen L.: Fuel Cell 2000, Conf. Proc., Luzerne 2000, World Fuel Cell Council, 2000.
10. Nurdin M.: Fuel Cell Home, Conf. Proc., Luzerne 2001, World Fuel Cell Council, 2001.
11. Felix N. Büchi: 1st European PEFC Forum, Conf. Proc., Luzerne 2001, World Fuel Cell Council, 2001.
12. Nurdin M.: The Fuel Cell Word, Conf. Proc., Luzerne 2002, World F.C. Council 2002.
13. Huijsmans J.: Fifth European Solid Oxide Fuel Cell Forum, Conf. Proc., Luzerne 2002.
14. The Knowledge Foundation's 4th Ann. Int. Symp.: Small Fuel Cells for Portable Applications, Conf. Proc., Wyndham Washington DC, 2002.



15. Moseley P.T.:Scientific Advance in Fuel Cell Systems, Conf. Proc., Amsterdam 2002, J. Power Sources, Vol.118, 2003.
16. Lovering D.G.: Sixth Grove Fuel Cell Symposium, Conf. Proc.,Londýn 1999, J. Power Sources, Vol. 86
17. Moseley P.T.: Seventh Grove Fuel Cell Symposium, Conf. Proc., Londýn 2001, J. Power Sources, Vol. 106, 2002.
18. The Business of Fuel Cells for Stationary Applications, Conf. Proc., Brussel 2001, Eyeforfuelcells 2002.
19. The Business of Fuel Cells for Automotive Applications, Conf. Proc., Detroid 2002, Eyeforfuelcells 2002.
20. Fuelcells for Portable Applications, Conf. Proc., Boston 2002,Eyeforfuelcells 2002.
21. Eyerforfuelcells Weekly Newsletters, 2000-2003.
22. Alexander Communication Group News 2002-2003
23. Fuel Cell Energy News 2003.
24. Geiger S.:Report from the Stationary Fuel Cell Conference in London, Fuel Cell Today, 24.4.2003.
25. Thomas S., Zalbowitz M.: Fuel Cells – Green Power, Los Alamos National Laboratory, 1999.
26. Knoppel T., Reynolds J.:A Fuel Cell Primer: The Promise and the Pitfalls,Rev. 7 May 1,2001
27. Wiens B.: The Future of Fuel Cells, Ben Wiens Energy Science,May 3, 2002.
28. Fuel Cells Bulletin, Elsevier Advanced Technology, 2001-2003.
29. Fuel Cell Industry Report, Alexander Communication Group, 2001-2003.
30. Firemní literatura a webové stránky jednotlivých firem.

31. Joon K.: Fuel Cells – a 21st Century Power System, J. Power Sources, 71 (1998) 12-18.
32. Jollie D.: Market Challenges of Fuel Cell Commercialisation, Berlin, September 2002, F.C.Today, 16. Oct. 2002
33. Jollie D. Fuel Cells: A Perspective on 2002, F.C. Today, 8. Dec. 2002.
34. Jollie D. Fuel Cell Market Development: History and Future, F.C. Today, 2. Apr. 2003.
35. Walsh B., Moores P.: Auto Companies On Fuel Cells, Fuel Cells 2000.
36. Busquin P.: Fuel Cells Powering the Future – Sustainable Power for the European Union, Fuel Cell Brochure from the European Commission, May 2000.
37. Azar Ch. aj.: Hydrogen or Methanol in the Transportation Sector?, Chalmers University of Technology, Göteborg, Švédsko, 2001.
38. Holmes J.W.: Fuel Choices for Fuel Cell Powered Vehicles, Exxon Corporation, Oct. 5, 1999.
39. Damberger T.A.: Fuel Cells for Hospitals, J. Power Sources, 71 (1998) 45-50.
40. Ogden J.M.: A Comparison of Hydrogen, Methanol and Gasoline as Fuels for Fuel Cell Vehicles: Implications for Vehicle Design and Infrastructure Development, J. Power Sources, 79 (1999) 143-168.
41. Smith W.: The Role of Fuel Cells in energy Storage, J. Power Sources, 86 (2000) 74-83.
42. Companion Guide to Hydrogen: The Matter of Safety, Cognizant Media Production – Hydrogen 2000, Inc.
43. Comparison of Safety of Fuels for Use Onboard Vehicles, Directed Technologies, Inc.
44. Hydrogen Safety, Hydrogen Storage, Fuel Cell Store Information.
45. Business Wire: Safe Hydrogen Storage Solution May Enable Earlier Shift to Fuel-Cell Powered Autos, FC Today, 8. Aug. 2002

46. Milliken J., Podolski W.: Hydrogen Storage Workshop Summary, Hydrogen, Fuel Cells, and Infrastructure Program Forum, Washington, DC, Oct. 22, 2002.
47. Steinfeld G., Watts J.U., Hebb J.: Wabash River Tests the Clean Coal Fuel Cell, Power Engineering International, Nov. 2002.
48. Lincoln Composites Demonstrates 10,000 Psi TUFFSHELL Hydrogen Fuel Tank, Eyeforfuelcells, 22.5.2002.
49. Geiger S.: Scientists Discover New Storage Medium for Hydrogen, FC Today, 27 Nov. 2002.
50. University of Michigan: New Materials Show Promise for Hydrogen Fuel Storage, FC Today, 15 May 2003.
51. Dicks A.L.: Hydrogen Generation from Natural Gas for the Fuel Cell Systems of Tomorrow, J.Power Sources,61 (1996) 113-124.
52. SpiegelR.J., Preston J.L.: Test Results for Fuel Cell Operation on Anaerobic Digester Gas, J. Power Sources,86 (2000)283-288.
53. Evers A. Four Steps to a New Reliable, Cleaner and Decentralised Energy Supply Based on Hydrogen and Fuel Cells, FC Today, 4 Sept. 2003.
54. Bauen A., Hart D.:Assessment of the Environmental Benefits of Transport and Stationary Fuel Cells, J. Power Sources,86 (2000) 482-494.
55. Seip K.L., Wang H.: Environmental Impacts of Energy Facilities: Fuel Cell Technology Compared with Coal and Conventional Gas Technology, J. Power Sources, 35 (1991) 37-58.
56. Geiger S.: Automotive Hydrogen Infrastructure – On the way to a Hydrogen Economy, FC Today, Feb. 2003.
57. Hart D. aj.: Methanol Infrastructure –will it affect the Introduction of SPFC Vehicles? J. Power Sources 86 (2000) 542-547.
58. Tarman P.B.: Fuel Cells for Distributed Power Generation, J. Power Sources 61 (1996) 87-89.
59. Prater K.B.:Solid Polymer Fuel Cells for Transport and Stationary Applications, J. Power Sources 61 (1996) 105-109.

60. Cropper M.: Fuel Cell Market Survey: Portable Applications, FC Today, July 2 2003.
61. Bunch J.: Creating the Power Source for the Handheld Electronics Revolution, Eyeforfuelcell, Sept. 5 2002.
62. Geiger S., Copper M.: Fuel Cell Market Survey: Small Stationary Applications, FC Today, July 30 2003.
63. Copper M.: Fuel Cell Market Survey: Large Stationary Applications, FC Today, Sept. 7 2003.
64. Weiner S.A.: Fuel Cell Power Business Development, J. Power Sources, 71 (1998) 61-64.
65. Pokojski M.: The First Demonstration of the 250-kW Polymer Electrolyt Fuel Cell for Stationary Application (Berlin), J. Power Sources 86 (2000) 140-144.
66. Barlow R.: Residential Fuel Cells: Hope or Hype? Home Power 72, Aug/Sept. 1999.
67. Plug Power to instal 45 more Fuel Cells across Long Island, FC Today, 26 Feb. 2003.
68. McNicol B.D.aj.: Fuel Cells for Road Transportation Purposes – yeas or no? J. Power Sources 100 (2001) 47-59.
69. Copper M.: Fuel Cell Market Survey: Niche Transport Applicatios, FC Today, March 5 2003.
70. Copper M.: Fuel Cell Market Survey: Light Duty Vehicles, FC Today, Jan. 16 2003.
71. Carne D.: HY-Wire Act, Popular Science, March 2003.
72. Benefits of Fuel Cells in Transportation, Fuel Cells 2000.
73. Sattler G.: Fuel Cells going On-board, J. Power Sources, 86 (2000) 61-67.
74. Report To Congressional Defence Commities: On the Utilization and Demonstration of Fuel Cells, US Dept. of Defense, Aug. 1998.



75. TÜV Bayern Group: Hydrogen the Energy Carrier, Druckhaus Münster, Kornwestheim, 2000.
76. Hydrogen Energy and Fuel Cells – a Vision on Our Future, High Level Group for Hydrogen and Fuel Cells, European Commission, June 2003.
77. Lovins A.B.: Twenty Hydrogen Myths, Rocky Mountain Institute, Sept. 2 2003.
78. Geiger S.: Fuel Cells in Germany – a Survey of Current Developments, FC Today, June 18 2003.
79. Brož K.: Elektřina a teplo z palivových článků; Energie; č4 / 97; 1997
80. Cívín V.: Palivové články – nový energetický zdroj, Alternativní energie 6, 2002.
81. Cívín V.: Palivové články – nový energetický zdroj, 2. část, Alt. Energ. 2 2003.
82. Cívín V.: Palivové články – nový energetický zdroj, 3. část, Alt. Energ. 4 2003.
83. Doležal I.,: Elektrochemie, Skripta FEL ZČU, 1998

13. PŘÍLOHY

13.1 Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie

1. Část A Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie (dále jen Státní program) je vyhlašována k naplňování Národního programu hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů.

2. Státní program je zaměřen na zavádění energeticky úsporných opatření v oblasti výroby, přenosu, distribuce a spotřeby energie, vyšší využívání obnovitelných a druhotných zdrojů energie a rozvoj kombinované výroby tepla, chladu a elektřiny, a stanoví pravidla ve smyslu nařízení vlády č. 63/2002 o poskytování dotací ze státního rozpočtu (dále jen dotace) na akce obsažené v Národním programu.

3. Státní program vyhlašuje Ministerstvo průmyslu a obchodu (dále jen vyhlašovatel) na základě Usnesení vlády ČR č. 1083 ze dne 6. listopadu 2002.

Čl. 2

Členění Státního programu

I. Podpora zpracování územních energetických koncepcí a energetických auditů

odstavec I.1. Územní energetické koncepce

odstavec I.2. Energetické audity

II. Výrobní a rozvodná zařízení energie

odstavec II.1. Zvýšení účinnosti užití energie ve výrobních a rozvodných zařízeních energie

odstavec II.2. Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla

odstavec II.3. Vyšší využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie

odstavec II.4. Projekty vedoucí ke snižování emisí skleníkových plynů

odstavec II.5. Pilotní projekty využití moderních technologií ve výrobních a rozvodných zařízeních energie

I. Výrobní a rozvodná zařízení energie

II.1. Zvýšení účinnosti užití energie ve výrobních a rozvodných zařízeních energie

II.1.1. Komplexní modernizace zásobování sídlištního celku současně ve zdrojové a distribuční části, která bude provedena některým z následujících opatření:

Zdrojová část:

- a) Sdružení více malých zdrojů tepla (blokové a domovní kotelny) do 1 většího zdroje s kombinovanou výrobou tepla a elektřiny do maximálního výkonu 5 MW s minimální úsporou primární energie 30 %.
- b) Rekonstrukce zdroje tepla na zdroj s kombinovanou výrobou tepla a elektřiny o maximálním tepelném výkonu 50 MW s minimální úsporou primární energie 33 %.
- c) Přechod na jiné palivo nebo způsob spalování, který sníží, při nezměněném množství do sítě dodávaného tepla, spotřebu paliva minimálně o 20 %.

Distribuční část:

- a) Optimalizace tepelné sítě s úsporou minimálně 15 % tepla dodávaného zdrojem do sítě a 10 % elektrické energie pro čerpadla.
- b) Rekonstrukce parní sítě na horkovodní nebo teplovodní spojená s úsporou minimálně 20 % tepla dodávaného zdrojem do sítě.
- c) Modernizace předávacích stanic spojená s decentralizací přípravy teplé užitkové vody, tj. především s náhradou čtyřtrubkových sekundárních rozvodů, s úsporou tepelné i elektrické energie min. 10 %.
- d) Optimalizace měření a regulace v technicky čistých, případně chemicky ošetřených otopných systémech s úsporou minimálně 15 % tepla dodávaného zdrojem do sítě.

II.1.2 - Rekonstrukce zdrojové části s použitím technologie čistého uhlí.

II.1.3 - Rozvoj spotřebitelské oblasti v soustavě CZT využitím tepla získaného realizací komplexní modernizace zásobování sídlištního celku energií a realizací energeticky úsporných opatření u konečného spotřebitele jako zdroje pro rozšíření oblasti zásobování o minimálně 15 %.

II.1.4 - Optimalizace zásobování sídlištního celku energií decentralizovaným způsobem s prokazatelnou úsporou energie minimálně 30 % a odpovídajícím snížením zátěže životního prostředí.

II.1.5. - Rekonstrukce zdroje tepla z důvodu změny paliva nebo způsobu spalování se snížením spotřeby paliva minimálně o 15 %. Pokud energetický audit neprokáže vhodnější řešení, bude použito zařízení pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla.

II.1.6. - Technická opatření v distribuční části s použitím některých z následujících opatření při minimální úspoře 15 % tepla dodávaného ze zdroje do sítě :

- a) modernizace tepelné sítě,
- b) rekonstrukce parní sítě na horkovodní nebo teplovodní,
- c) decentralizace přípravy teplé užitkové vody,
- d) modernizace předávacích stanic,
- e) modernizace systému měření a regulace.



Dotace může činit až 15 % celkových investičních nákladů na úsporná opatření, max. 3 mil. Kč na jednu akci.

II.2. Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla

II.2.1 - Kombinovaná výroba tepla a elektřiny v zařízení na využití biomasy.

II.2.2 - Kombinovaná výroba tepla, elektřiny a chladu (trigenerace).

II.2.3 - Kombinovaný zdroj s palivovým článkem.

II.2.4 - Instalace nového nebo rekonstrukce stávajícího zdroje tepla v kombinaci s:

- a) kogenerační jednotkou s pístovým motorem a tepelnými výměníky,
- b) parním kotlem a soustrojím s parní protitlakou nebo odběrovou turbinou,
- c) soustrojím s plynovou a parní turbinou s kotlem pro paroplynový cyklus.

II.2.5 - Instalace zařízení na výrobu elektrické energie ve výtopně, jejíž kotle mají parametry páry vyšší než je potřebné pro teplonosnou látku dodávanou ze zdroje.

Zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla bude dimenzováno tak, aby jeho tepelný výkon byl vyšší než minimální tepelný výkon vlastního zdroje.

Dotace může činit až 15 % celkových investičních nákladů na instalaci zařízení, max. 3 mil. Kč na jednu akci.

II.3. Vyšší využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie

II.3.1. Instalace souboru zařízení pro využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie, jako jediného zdroje tepelné a elektrické energie potřebné pro krytí energetické spotřeby obce, resp. obytného celku.

II.3.2. Výstavba, obnova nebo rekonstrukce zařízení na využívání obnovitelných a druhotných zdrojů energie. Požadovaná doba návratnosti vložených finančních prostředků je max. do poloviny životnosti zařízení a dále musí být splněny následující základní podmínky :

- a) Naměřená roční průměrná rychlost větru musí být u větrných elektráren vyšší než 4,8 m/s.
- b) Nově instalovaná turbina u malých vodních elektráren musí dosáhnout v provozním optimu minimálně účinnost 85 % (měřeno na spojce turbíny). U renovací starších typů je nutno dosáhnout minimálně účinnost 80 %, při nezbytnosti jejich koncepce automatického provozu jako průtočné MVE.
- c) Tepelná čerpadla by měla mít následující topné faktory garantované výrobcem pro teplotu vstupu / výstupu :

země-voda - 0°C / 35°C - topný faktor vyšší než 3,9



voda-voda - 10°C / 35°C - topný faktor vyšší než 4,8

vzduch-voda - 7°C / 35°C - topný faktor vyšší než 3,9

Tepelná čerpadla do výkonu 100 kW nesmí obsahovat chladivo s tzv. "tvrdými" freony např. R22.

d) U solárních kolektorů (mimo kolektorů s fresnelovými čočkami) musí být dodržena optická účinnost min. 80 % při jejich klidové teplotě min. 115 °C (při teplotě vzduchu +25°C).

Dotace může činit až 15 % celkových investičních nákladů na úsporná opatření, max. 3 mil. Kč na jednu akci.

II.4. Projekty vedoucí ke snižování emisí skleníkových plynů

Cílem podpory je realizace souborů opatření vedoucích k takovému zvýšení účinnosti ve výrobních a rozvodných zařízeních energie, které zajistí odpovídající snížení emisí skleníkových plynů.

Projekty budou zaměřeny na:

- modernizaci zdrojů a rozvodů centrálního zásobování teplem se snížením emisí min. 1000 t CO₂ ekv. ročně,
- výstavbu malých vodních elektráren se snížením emisí min. 200 t CO₂ ekv. ročně,
- využití skládkových a důlních plynů se snížením emisí min. 1000 t CO₂ ekv. ročně,
- výstavbu nebo rekonstrukci zdrojů na spalování biomasy se snížením emisí min. 600 t CO₂ ekv. ročně.

Dotace bude stanovena podle výše ročního snížení emisí skleníkových plynů a doby životnosti navržených opatření, max. 3 mil. Kč na jednu akci.

II.5. Pilotní projekty využití moderních technologií ve výrobních a rozvodných zařízeních energie

Realizace pilotních projektů využívajících progresivní (na světové úrovni) technologie získávání vyššího procenta energetického potenciálu primárních i druhotných energetických zdrojů, šetrné k životnímu prostředí. Cílem je vyzkoušení a provozní ověření těchto technologií v podmínkách České republiky.

Dotace může činit max. 3 mil. Kč na jednu akci.

III.3. Vývoj a využívání moderních technologií a materiálů pro opatření ke zvýšení účinnosti užití energie

Podpora vývoje a využívání moderních postupů, technologií a materiálů pro opatření ke zvýšení účinnosti užití energie je zaměřena na dokončení a ověření systémů a jejich komponentů pro energeticky úsporná opatření a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie, včetně využití recyklace odpadových materiálů.

Podmínkou poskytnutí dotace je výstup na úrovni ověřovací série, realizace pilotního projektu nebo technických předpisů pro zavedení příslušných postupů a systémů v praxi do 18 měsíců od oznámení rozhodnutí hodnotitelské komise o výběru.

Dotace může činit až 30 % celkových nákladů, max. 3 mil. Kč na jednu akci.

III.4. Projekty zvyšování energetické účinnosti vedoucí ke snižování emisí skleníkových plynů

Cílem podpory je realizace souborů opatření vedoucích k takovému zvýšení účinnosti užití energie, které zajistí odpovídající snížení emisí skleníkových plynů. Projekty budou zaměřeny na:

- zvýšení účinnosti užití energie v objektech veřejného sektoru a bytového fondu zejména vyšší tepelnou ochranou budov, moderními systémy regulace otopných soustav se snížením emisí min. 600 t CO₂ ekv. ročně
- zvýšení účinnosti užití energie v průmyslových zařízeních modernizací jejich energetických center, vyšší tepelnou ochranou provozních budov a využitím odpadního tepla z výrobních procesů se snížením emisí min. 2000 t CO₂ ekv. ročně.

Součástí všech projektů může být instalace nových zařízení na využívání obnovitelných a druhotných zdrojů pro zajištění potřebného množství energie.

Dotace bude stanovena podle výše ročního snížení emisí skleníkových plynů a doby životnosti navržených opatření, max. může činit 3 mil. Kč na jednu akci.

13.2 Směrnice Ministerstva životního prostředí

o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR na opatření v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie platné pro rok 2003.

Podle dostupných informací a oficiálního stanoviska Státního fondu životního prostředí (SFŽP), odboru obnovitelných zdrojů je možné posuzovat společnou výrobu elektřiny a tepla jako „zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy a bioplynu“

což je kategorie 7A Přílohy II. Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR na opatření v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie platné pro rok 2003.

Aktuálně uvádíme programy pro letošní rok a dále je nutné připojit předpoklad pro rok příští.

Podle oficiálního vyjádření odboru obnovitelných zdrojů SFŽP se bude předkládat návrh pro příští rok, ve stejné úrovni a ve stejných rámcových podmínkách jako letošním roce.

Cílem programů vyhlášených Přílohami Směrnice Ministerstva životního prostředí (dále jen MŽP) o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR je zabezpečení realizace „Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2003“. V souladu s meziresortní koordinací „Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie“ (dále jen Státní program) a v souladu s Národním programem hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů (dále jen Národní program), podporuje Státní fond životního prostředí ČR (dále jen Fond) pouze projekty zaměřené na využití obnovitelných zdrojů energie. Státní program je každoročním naplněním cílů Národního programu vyhlášeného pro období čtyř let. Podporují se pouze akce na území České republiky.

SPECIFIKACE OPATŘENÍ, NA KTERÁ BUDE SFŽP ČR PŘIJÍMAT ŽÁDOSTI

Podpora z Fondu bude poskytována pouze v rámci jednotlivých vyhlášených programů. V každém z programů bude proveden samostatný výběr a hodnocení akcí, přičemž vzájemné porovnávání žádostí o podporu bude prováděno pouze u technicky a ekonomicky srovnatelných žádostí. Jednotlivé programy jsou vymezeny technickými a ekologickými podmínkami, rozdílně jsou vymezeny pro jednotlivé programy i možnosti poskytnutí podpory z Fondu.

Environmentálně šetrným způsobem vytápění nebo výroby elektrické energie se rozumí vytápění nebo výroba elektrické energie pomocí moderních technologií využívajících obnovitelných zdrojů energie. Obnovitelným energetickým zdrojem je využitelný energetický zdroj, jehož energetický potenciál se obnovuje přírodními procesy. Jedná se zejména o energetický potenciál slunečního záření, biomasy, vody, větru, horninového prostředí a ovzduší. Tomuto potenciálu odpovídají technologie, které jsou předmětem podpory: termosolární systémy pro ohřev vody a pro pítápění, moderní technologie pro energetické využití biomasy všech výkonů, malé vodní elektrárny, větrné elektrárny a tepelná čerpadla.

Základní typy opatření, která budou podporována:

7.A. Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy a z bioplynu.

V tomto programu jde o výstavbu kogeneračních jednotek, kde palivem je biomasa, resp. bioplyn vznikající fermentací zemědělských odpadů a biologicky rozložitelných (tříděných) odpadů. Dále se jedná např. o systémy s termickým zplyňováním dřeva, parním kotlem, parní turbínou atd. Podmínkou získání podpory je splnění kritérií uvedených v osnově energetického auditu (viz příloha č. II.6.). V případě, že energetický audit prokáže efektivitu takového zařízení, může být podpořena i pouze výroba elektrické energie (např. ostrovní provozy, záložní zdroje apod.). Podpora bude poskytována v závislosti na objemu rozpočtovaných prostředků Fondu na daný rok.

V rámci dílčího programu 7.A budou přednostně podporovány projekty na využívání obnovitelných zdrojů energie v lokalitách, kde bude cílevědomé pěstování energetických rostlin řešit obecné problémy zemědělství v marginálních podmínkách a výstavba zdroje využívajícího takto vypěstovanou biomasu vyřeší zásobování teplem (případně elektrickou energií) oblasti mimo ekonomický dosah jiných zdrojů.

V souladu s rozhodnutím Úřadu pro hospodářskou soutěž může být v případě potřeby podpora poskytnuta i na náklady za převod technologie na základě získání provozních licencí či patentovaného nebo nepatentovaného know-how, za předpokladu, že tato nehmotná aktiva budou využívána výhradně příjemcem podpory, bude na ně pohlíženo

jako na neamortizované statky, budou zahrnuta do aktiv příjemce podpory a budou používána příjemcem podpory nejméně po dobu 5 let.

Přímé finanční podpory

Přímá finanční podpora na realizaci opatření může podle typu subjektu dosáhnout maximální hranice celkové podpory/maximální hranice příspěvku v procentuálním vyjádření ze základu pro výpočet podpory uvedené v následující tabulce podle vyhlášených programů:

1.a. Přímé finanční podpory - podíl

Za environmentálně šetrný způsob výroby tepla a elektrické energie se zásadně považuje využití obnovitelných zdrojů energie

Číslo programu	Název programu	Typ žadatele	Max. limit % podpory/příspěvku, ze základu pro výpočet podpory
1.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody pro byty a rodinné domy pro fyzické osoby: a) kotle na biomasu, b) solární systémy na přípravu teplé vody, c) solární systémy na přitápění a přípravu teplé vody.	E	30/30 ^{1/3/} 30/30 ^{1/3/} 50/50 ^{2/3/}
2.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů zásobování energií v obcích a částech obcí	A, P	80/50 70/0
3.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody ve školství, zdravotnictví, v objektech sociální péče a v účelových zařízeních neziskového sektoru.	A, P	90/70 90/0
4.A.	Investiční podpora vytápění tepelnými čerpadly v obytných budovách, včetně rodinných domů pro fyzické osoby.	E	30/30 ^{2/4ú}
5.A.	Investiční podpora výstavby malých vodních elektráren	A, P, E	70/35 ^{5/} 70/0 ^{5/6/}
6.A.	Investiční podpora výstavby větrných elektráren	A, P, E	60/30 ^{5/} 60/0 ^{5/} 40/40 ^{5/6/}
7.A.	Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy a z bioplynu	A, P, E	70/40 ^{5/} 55/30 ^{5/7/} 60/35 ^{5/}
8.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody v účelových zařízeních	A, P	80/50 70/0
9.A.	Investiční podpora environmentálně šetrné výroby elektrické energie ze sluneční energie	A, P, E	30/30 ^{8/}
10.A.	Slunce do škol	A	100/100 ^{9/} 90/90 ^{10/} 90/70 ^{11/}
11.A.	Obnova a rekonstrukce zařízení na využívání obnovitelných zdrojů energie v území postiženém povodněmi	A, E, P	80/80 ^{12/} 80/0
1.B.	Podpora vzdělávání, propagace, osvěty a poradenství v rámci celostátní strategické kampaně na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie	A	80/80 ^{13/}
2.B.	Podpora vydávání knižních publikací	A, P	50/50 ^{14/}

			50/50 ^{14/}
--	--	--	----------------------

Ve všech programech u typu žadatelů A se bude Fond podílet na úhradě energetického auditu do výše 50 % celkových nákladů, v případě žadatele E v programech 1.A.c. a 4.A se bude podílet na úhradě auditu do výše 50 % celkových nákladů, maximálně do výše 10 tis. Kč. Posudek pro programy 1.A.a. a 1.A.b. je Fondem hrazen plně, maximálně však do výše 3 tis. Kč. V případě programu Slunce do škol se bude podílet na úhradě vyjádření EKIS apod. maximálně do výše 5 tis. Kč.

1/ Maximální výše příspěvku na jednu akci činí 50 tis. Kč.

2/ Maximální výše příspěvku na jednu akci činí 100 tis. Kč.

3/ V případě instalace solárního systému případně kotle na biomasu v objektu nahrazujícím objekt prokazatelně zničený povodní v srpnu 2002 se maximální limit podpory zvyšuje na 80/80, maximálně však 150 tis. Kč.

4/ V případě instalace tepelného čerpadla v objektu nahrazujícím objekt prokazatelně zničený povodní v srpnu 2002 se maximální limit podpory zvyšuje na 60/60, maximálně však 200 tis. Kč.

5/ Uvedený procentní limit výše podpory platí pouze po dobu účinnosti v současnosti platného cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 1/2002 o výkupních cenách elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

6/ V případě žadatelů typu E (fyzické osoby) se pro malé vodní elektrárny podpora vztahuje pouze na zařízení do jmenovitého výkonu 50 kW včetně a pro větrné elektrárny na zařízení o jmenovitém výkonu do 35 kW včetně.

7/ Výše podpory pro subjekty typu P vychází z rozhodnutí Úřadu pro hospodářskou soutěž. V souladu s tímto rozhodnutím platí uvedený limit podpory 55/30 pouze pro NUTS II region Praha, a to pouze v případech, kdy žadatelem je subjekt, který nenaplnuje definiční znaky malého a středního podnikání (dle zákona č. 47/2002 Sb., o podpoře malého a středního podnikání a o změně zákona č. 2/1969 Sb.), a kdy toto zařízení nebude řešit zásobování teplem, respektive elektřinou, oblastí mimo ekonomický dosah jiných zdrojů energie. Ve všech ostatních případech je maximální výše podpory stanovena na 60 % s možností příspěvku do 35 % a půjčky do 25 % základu pro výpočet podpory (60/35).

8/ Maximální výše příspěvku na jednu akci pro žadatele typu E činí 300 tis. Kč.

9/ Doporučená maximální velikost zařízení je u fotovoltaických zařízení omezena instalovaným výkonem 220 Wp u fototermtických zařízení plochou kolektorů 4 m². Maximální výše příspěvku je pro tyto fotovoltaické i fototermtické systémy 100 tis. Kč.

10/ Pro specializované střední školy apod. je v případě instalace fotovoltaických zařízení s instalovaným výkonem 221 Wp až 1200 Wp maximální výše podpory (příspěvku) ze základu pro výpočet podpory omezena na 90 %.

11/ Pro specializované vysoké školy za účelem výuky, případně pro vědecko-výzkumné účely a pro maximální instalovaný výkon fotovoltaických zařízení 20 kWp je maximální výše podpory (příspěvku) stanovena na 70 % s možností půjčky do 20 % základu pro výpočet podpory (90/70).

12/ V případě malých vodních elektráren se tento program vztahuje i na žadatele typu E – nepodnikající fyzické osoby.

13/ Na semináře nebo odborné vzdělávací kursy zabývající se obnovitelnými zdroji energie, které budou pořádat školská zařízení případně sdružení škol pro jiná školská zařízení, je maximální výše podpory (příspěvku) stanovena na 100 % základu pro výpočet podpory (100/100), maximálně však 150 tis. Kč na jednu akci.

14/ Maximální výše příspěvku na jeden titul činí 250 tis. Kč. Základ pro výpočet podpory je stanoven jako počet výtisků násobený konečnou cenou jedné publikace.

1.1. Podpora formou příspěvku

Příspěvek na realizaci opatření může podle typu subjektu dosáhnout maximální hranice příspěvku v procentuálním vyjádření ze základu pro výpočet podpory uvedené v tabulce 1.a. podle vyhlášených programů.

Fond má právo změny požadovaného % poměru a finančního objemu příspěvku v rámci podmínek daného programu podpor. Změna požadovaného poměru a výše příspěvku vychází z ekonomického hodnocení žadatele a technicko-ekonomické analýzy předloženého opatření. O případnou změnu bude upravena i výše vlastních zdrojů.

1.2. Podpora formou půjčky

Fond má právo změny požadovaného % poměru a finančního objemu půjčky v rámci podmínek daného programu podpor. Změna požadovaného poměru a výše půjčky vychází z ekonomického hodnocení žadatele a technicko ekonomické analýzy předloženého opatření. O případnou změnu bude upravena i výše vlastních zdrojů.

Doba splatnosti půjčky se řídí jednotlivými programy, přičemž tato lhůta nabíhá rokem následujícím po posledním roce zaslání finančních prostředků příjemci půjčky a může činit maximálně 12 let. Fond si vyhrazuje práva upravit požadovanou dobu splatnosti na základě ekonomického hodnocení žadatele.

Odklad splatnosti se řídí podmínkami stanovenými pro jednotlivé programy a může v rámci doby splatnosti dosáhnout maximálně 2 roky.

Na základě žádosti příjemce půjčky může Fond odsouhlasit restrukturalizaci splátek půjčky, tj. úpravu režimu splácení v rámci celkové doby splatnosti bez odkladu splátek. Maximální hranice půjčky v procentuálním vyjádření ze základu pro výpočet podpory a maximální částka v Kč jsou uvedeny v následujících tabulkách. V případě jiných než podnikatelských subjektů činí maximální výše úroku 30 % základní úrokové sazby, stanovené jako PRIBOR 6M, v případě podnikatelských subjektů pak 90 % základní úrokové sazby. Výše úrokové míry může být aktualizována v závislosti na vývoji úrokových sazeb na mezibankovním trhu depozit po projednání v Radě Fondu. Fixní úroková míra může být měněna podle vývoje úrokových sazeb na mezibankovním trhu depozit po projednání v Radě Fondu.

Fond s přihlédnutím k politice ČNB a platným Přílohám Směrnice MŽP ČR přistupuje před každou Radou Fondu k vyhodnocení úrokových sazeb Pribor 6M a předkládá návrh Radě Fondu na změnu úrokových sazeb. Aktuální sazby se mohou lišit oproti Přílohám Směrnice MŽP ČR pro nově schvalované akce, které budou Radou Fondu kladně doporučený.

Aktualizovat úrokové sazby lze jen u nově schvalovaných podpor. Úrokové sazby se neaktualizují v případě uzavřených akcí a změn Rozhodnutí ministra.

Výše úrokové míry již zůstává stálá po celou dobu splácení půjčky za dodržení podmínek smlouvy o podpoře.

Úroková sazba půjčky na realizaci opatření může pro žadatele v kategorii A činit nejvýše 1,5 %, pro žadatele v kategorii P a E nejvýše 4 %. Maximální hranice půjčky v procentuálním vyjádření ze základu pro výpočet podpory, maximální částka v Kč, úrok v %, maximální doba splatnosti a nejvyšší doba odkladu splatnosti stanovené podle jednotlivých programů jsou uvedeny v tabulkách 1.2.1. až 1.2.3.

Pro žadatele spadající do kategorie P, kterým byla poskytnuta půjčka, platí: pokud investor splní termíny výstavby a dosáhne nejméně 75 % projektovaných parametrů (například roční výroba) v prvním roce provozu, budou investorovi prominuty úroky z úvěru poskytnutého SFŽP na dobu až 4 let v závislosti na dodržení projektovaných parametrů v letech následujících:

1.2.1. Kategorie A žadatelů o podporu (nepodnikatelské subjekty, obce a města atd.)

Číslo programu	Název programu	Běžná výše půjčky - % ze zákl. podpory	Úrok úvěru v %	Doba splatnosti	Odklad půjčky
2.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů zásobování energií v obcích a částech obcí	30	0	12	2
3.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody ve školství, zdravotnictví, v objektech sociální péče a v účelových zařízeních neziskového sektoru.	20	0	12	2
5.A.	Investiční podpora výstavby malých vodních elektráren	35 ^{1/}	1,5	12	2
6.A.	Investiční podpora výstavby větrných elektráren	30 ^{1/}	1,5	12	2
7.A.	Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy a bioplynu	30 ^{1/}	0	12	2
8.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody v účelových zařízeních.	30	1,5	12	2
10.A.	Slunce do škol	20 ^{2/}	0	12	2

1.2.2. Kategorie P žadatelů o podporu (bytová družstva, podnikatelské subjekty)

Číslo programu	Název programu	Běžná výše půjčky - % ze zákl. podpory	Úrok úvěru v %	Doba splatnosti	Odklad půjčky
2.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů zásobování energií v obcích a částech obcí	70	4	12	2
3.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody ve školství, zdravotnictví, v objektech sociální péče a v účelových zařízeních neziskového sektoru.	90	2	12	2
5.A.	Investiční podpora výstavby malých vodních elektráren	70 ^{1/}	4	12	2
6.A.	Investiční podpora výstavby větrných elektráren	60 ^{1/}	4	12	2
7.A.	Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy a bioplynu	25 ^{1/}	0	12	2



8.A.	Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a přípravy teplé vody v účelových zařízeních.	70	4	12	2
A.	Obnova a rekonstrukce zařízení na využívání obnovitelných zdrojů energie v území postiženém povodněmi				

1.2.3. Fyzické osoby

Číslo programu	Název programu	Běžná výše půjčky - % ze zákl. podpory	Úrok úvěru v %	Doba splatnosti	Odklad půjčky
5.A.	- Investiční podpora výstavby malých vodních elektráren	70 ^{1/3/}	4	12	2
7.A.	- Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy a bioplynu	25 ^{1/}	0	12	2
7.A.	- Investiční podpora výstavby zařízení pro společnou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy a bioplynu	25 ^{1/}	0	12	2

1/ Uvedený procentní limit výše půjčky platí pouze po dobu účinnosti v současnosti platného cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 1/2002 o výkupních cenách elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

2/ Platí pro fotovoltaická zařízení s maximálním instalovaným výkonem 20 kWp pro specializované vysoké školy za účelem výuky, případně pro vědecko-výzkumné účely.

3/ V případě žadatelů typu E (fyzické osoby) se pro malé vodní elektrárny podpora vztahuje pouze na zařízení do jmenovitého výkonu 50 kW včetně

1.3. Podpora ve formě kombinovaného příspěvku a půjčky

V případě kombinované podpory je možno nahradit příspěvek nebo jeho část půjčkou nebo navýšením půjčky s podmínkou, že nebude překročena maximální výše celkové podpory, stanovená pro daný program.

V případě kombinované podpory má Fond právo změny požadovaného % poměru a finančního objemu příspěvku a půjčky v rámci podmínek daného programu podpor. Změna požadovaného poměru a výše příspěvku a půjčky vychází z ekonomického hodnocení žadatele. O případnou změnu bude upravena i výše vlastních zdrojů.

1.4. Souběh podpory z Fondu a ze zahraničí

Souběh podpor Fondu a ze zahraničí je možný.

K financování projektů v oblasti obnovitelných zdrojů energie a úspor energie lze nově využít možnosti předložení projektu jako projektu společné implementace (Joint Implementation – JI), které umožňuje vstup zahraničního partnera (investora) do realizace projektu formou vložení finančních prostředků za které získá dohodnuté množství redukcí emisí skleníkových plynů vzniklých v důsledku realizace projektu. JI projekty jsou řešeny samostatným metodickým pokynem, procedura jejich přípravy a schvalování je vzhledem k mezinárodnímu rozměru odlišná od standardních projektů v oblasti obnovitelných zdrojů. Zařazení projektu jako JI nevyučuje čerpání podpory ze stávajících podpůrných programů (tj. souběh vstupu zahraniční investice a domácí

podpory), dojde pouze k definování specifických podmínek, za kterých bude tato podpora čerpána.

2. Nepřímé finanční podpory

Příspěvek na částečnou úhradu úroků z úvěru

Příspěvky na částečnou úhradu úroků z tuzemského investičního úvěru budou poskytovány pouze na základě Fondem odsouhlasené úvěrové smlouvy s tuzemskou bankou až do výše 4 % p. a., a to po dobu maximálně 5 let počínaje rokem, kdy byl příspěvek na částečnou úhradu úroků žadateli přiznán, do data splatnosti úvěru podle Fondem odsouhlasené úvěrové smlouvy. Příspěvek na úroky se zásadně poskytuje na úvěr v Kč. Výše příspěvku je omezena pevnou částkou 50 mil.Kč. Fond vyplatí v daném roce příspěvek na úhradu úroků odpovídající skutečně zaplaceným úrokům, a to maximálně do výše 4 % p. a. Limitní výše příspěvku na částečnou úhradu úroků z úvěru v p.a. může být aktualizována v závislosti na vývoji úrokových sazeb na mezibankovním trhu depozit po projednání v Radě Fondu.

SFŽP ČR s přihlédnutím k politice ČNB a platným Přílohám Směrnice MŽP ČR přistupuje před každou Radou Fondu k vyhodnocení úrokových sazeb Pribor 6M a předkládá návrh Radě SFŽP ČR na změnu výše příspěvků na úroky. Aktuální sazby se mohou lišit oproti Přílohám směrnice MŽP ČR. Fond navrhuje aktualizovat výši příspěvku na úroky z komerčních úvěrů, a to s ohledem na zlevnění půjček a úvěrů (snížení úrokových sazeb) v bankovním sektoru.

Aktualizovat příspěvky na úroky lze jen u nově schvalovaných podpor. Zásadně se nevstupuje již do uzavřených akcí nebo do změn Rozhodnutí ministra.

Výše příspěvků na úroky již zůstává stálá po celou dobu trvání smlouvy o podpoře.

3. Změny podmínek

V případě, že dojde v průběhu realizace opatření s podporou Fondu do doby závěrečného technicko-ekonomického vyhodnocení a definitivního přiznání podpory ke změně platnosti obecně platných zákonů nebo ke změně vlastnických vztahů, vyhrazuje si Fond právo přehodnotit přístup v jednotlivých případech, příp. odstoupit od smlouvy na poskytnutí podpory.

Pokud příjemce podpory typu A z municipální sféry (obec, město) požádá o prodloužení doby splatnosti půjčky z důvodu změny příjmů na základě zákona č. 243/2000 Sb., po individuálním posouzení ekonomické situace žadatele Fond může prodloužit dobu splatnosti půjčky max. o 3 roky nad dobu původně sjednanou, a to i nad rámec maximální doby splatnosti stanovené pro daný program v době vydání původního „Rozhodnutí“ ministra o poskytnutí podpory. Pro prodlouženou dobu splatnosti platí zůstává úroková míra beze změny.

4. Souběh přímé a nepřímé finanční podpory

Souběh přímé a nepřímé finanční podpory není možný.



5. Souběh podpory z Fondu a ze Státního rozpočtu

Podporu z Fondu lze poskytovat i na opatření individuálně dotovaná ze státního rozpočtu nebo podporovaná v rámci programů financovaných ze státního rozpočtu. Podmínkou je, že maximální výše celkové podpory, včetně podpory z Fondu, nepřesáhne výši uvedenou v tabulce 1. a. Přímé finanční podpory – podíl. Společná podpora z Fondu a státního rozpočtu bude poskytována pouze žadatelům, kteří současně splní kritéria všech poskytovatelů podpory. Pokud jeden subjekt realizuje více akcí současně (například opatření k úspoře energie a zároveň instalace zařízení na využití obnovitelných zdrojů energie), lze na každou z těchto akcí poskytnout prostředky bez výše uvedených omezení.