



TENDINTE DE DEZVOLTARE IN DOMENIUL HIDROGENULUI – CENTRUL NATIONAL DE HIDROGEN SI PILE DE COMBUSTIE

***Ioan Stefanescu, Roxana Elena Ionete, Vasile Stanciu
INC-DTCI - ICSI Rm. Valcea***

***"Diaspora in Cercetarea Stiintifica Romaneasca"
17 - 19 Septembrie 2008, in Bucuresti***



ARGUMENTE IN FAVOAREA STABILIRII UNOR NOI SURSE DE ENERGIE

- Cererea pentru energie este in continua crestere, iar materia prima folosita pentru producerea de energie este pe cale de epuizare. Consumul de petrol, carbune si gaz natural nu poate fi regenerat in acelasi ritm in care este consumat, astfel incat trebuie gasita o solutie alternativa.*
- Consumatorii sunt dependeti de locatiile din care provine combustibilul. Acest lucru a creat puternice motivatii economice din partea natiunilor consumatoare de combustibil fosil, ajungandu-se la crearea de presiuni si incercarea de a exercita un anumit control asupra regiunilor furnizoare de combustibil.*
- Emisiile provocate de utilizarea combustibililor fosili au condus la o degradare considerabila a calitatii aerului in intreaga lume, impactul asupra sanatatii si climei fiind inacceptabil.*

VIZIUNE ASUPRA UNEI ECONOMII ENERGETICE BAZATA PE HIDROGEN

- ❑ *Dezvoltarea si promovarea tehnologiilor energetice bazate pe surse regenerabile de energie reprezinta un obiectiv primordial al politicilor energetice mondiale care, in contextul dezvoltarii durabile, au ca scop:*
 - ❑ *cresterea sigurantei in alimentarea cu energie;*
 - ❑ *promovarea unei structuri energetice care sa conduca la cresterea eficientei tehnologiilor propuse, la reducerea emisiilor de gaze cu efect de sera si implicit la protejarea mediului inconjurator;*
 - ❑ *dezvoltarea la scara comerciala a unor tehnologii energetice viabile.*

- ❑ *Aceasta tendinta este urmarita si in Romania, astfel ca promovarea sistemelor si tehnologiilor energetice durabile constituie o prioritate in activitatile de cercetare.*

- ❑ *HIDROGENUL reprezinta una dintre solutii*
 - ❑ *poate fi produs din numeroase surse regenerabile, fara emisii de carbon, si*
 - ❑ *poate furniza o diversitate de servicii energetice intr-un mod eficient si fara emisii poluante (caldura, electricitate)*



HIDROGENUL - BENEFICII

- ❑ *Utilizarea hidrogenului conduce masiv la reducerea emisiilor de CO₂ si implicit a poluarii – prin combinarea sa cu oxigen in pilele de combustie se produce energie ce poate fi utilizata atat ca sursa de caldura cat si pentru generarea de curent electric, singurii produse ai reactiei fiind apa si caldura.*
- ❑ *Hidrogenul poate fi produs din diverse surse (metan, biomasa, carbune sau apa) atat in sistem centralizat si apoi distribuit cat si descentralizat. Fiecare din aceste surse aduce cu ea diferiti poluanti, diverse provocari tehnice si cerinte energetice.*
- ❑ *Vorbim despre un sistem de productie durabil daca hidrogenul este produs din apa – electroliza. Putem folosi energie regenerabila pentru alimentarea electrolizoarelor in vederea generarii de hidrogen din apa. Utilizand surse de energie regenerabila (vant, apa, energia solara) obtinem un sistem durabil, independent de produsele petroliere si nepoluant. Hidrogenul astfel produs poate alimenta o pila de combustie in vederea producerii de electricitate.*

HIDROGENUL – PURTATOR DE ENERGIE

- BENEFICIILE pe care le furnizeaza energia bazata pe hidrogen sunt semnificative, dar in aceeasi masura PROVOCARILE sunt la fel de mari.*
- Hidrogenul este astazi recunoscut pe scara larga ca fiind un purtator secundar de energie cu adevarat flexibil si prietenos cu mediul, care este capabil nu numai sa reduca semnificativ emisiile de gaze de sera si sa creasca astfel calitatea aerului, dar si sa creasca substantial securitatea alimentarii cu energie, cu urmari notabile in special asupra sectorului transporturi.*
- Hidrogenul a inceput sa fie utilizat in calitate de combustibil atat la motoarele cu combustie interna cat si in pilele de combustie (dispozitive ce au la baza un proces electrochimic de converisie a energiei, asemanatoare bateriilor; spre deosebire de o baterie pila de combustie nu stocheaza energia).*

REALIZARI IN CADRUL INC-DTCI – ICSI RM. VALCEA

- *Incepand cu anul 2001, Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Criogenice si Izotopice – **INC-DTCI ICSI** Rm. Valcea a inceput dezvoltarea, in cadrul Planului National de Cercetare-Dezvoltare si Inovare, a mai multor proiecte de cercetare in vederea realizarii unui sistem integrat de productie si stocare a hidrogenului si a utilizarii lui drept combustibil pentru pilele de combustie de tip PEM.*
- *De asemenea, **INC-DTCI - ICSI** reprezinta Romania in cadrul Platformei Europene HFP.*
- *Ca urmare a acestei activitati sustinute defasurate in cadrul **INC-DTCI ICSI** s-a realizat un pilot experimental-demonstrativ de productie si stocare a hidrogenului si a unui ansamblu de pile de combustie de tip PEM de mica putere. Aceasta baza experimentală este utilizata pentru testarea ansamblurilor de pile de combustie.*



REALIZARI IN CADRUL INC-DT CI – ICSI RM. VALCEA



- **Pilot experimental-demonstrativ de producere si stocare a hidrogenului prin reformarea catalitica a gazului natural format din:**
 - *unitate de producere a hidrogenului prin reformarea catalitica a gazului metan in domeniul de temperaturi 700-750° C, denumit "Reformer"*
 - *doua unitati de pre-purificare a gazului de sinteza prin oxidare catalitica care lucreaza la temperaturi de 500-550° C (HTS) si respectiv 200-250° C (LTS)*
 - *reactor cu membrane de Pd pentru purificarea finala a hidrogenului (400-550° C), "Permeator"*
 - *unitate de stocare a hidrogenului pe baza de hidruri metalice (FeTi)*
 - *ansamblu experimental de pile de combustie cu membrana schimbatoare de protoni (PEM)*

REALIZARI IN CADRUL INC-DTCI – ICSI RM. VALCEA

- placi conductoare de Cu
- placi de grafit prevazute cu canale cu rol de a transporta gazele reactante, hidrogenul la anod si respectiv oxigenul sau aerul la catod
- placi grafit cu rol de suport
- membrana polimerica de tip Nafion 117
- electrozi cu suprafata utila de 25cm^2 realizati prin depunere directa pe un substrat textil de carbon a unui catalizator de Pt.

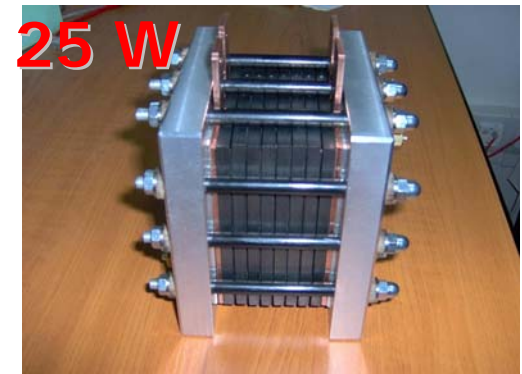
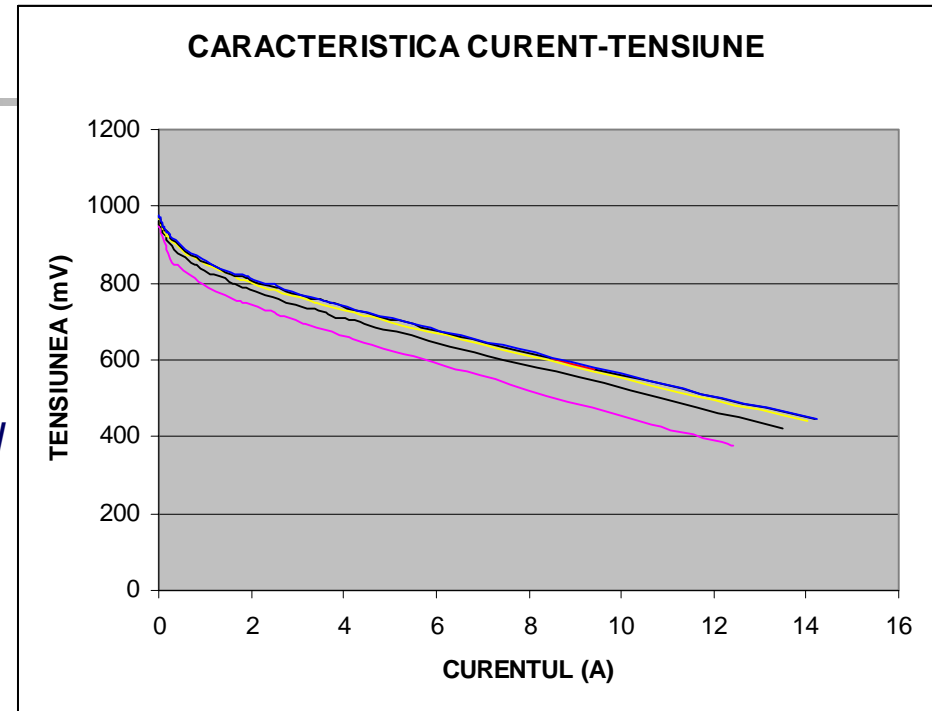
Parametrii de functionare ai unei celule

tensiune de 0,6 V

curent de 5A ($0,2\text{ A/cm}^2$)

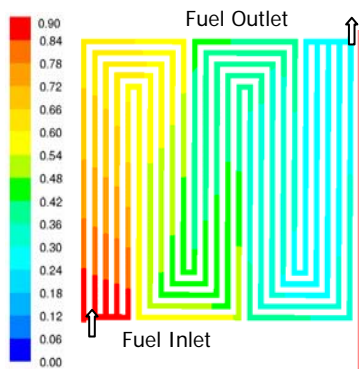
putere debitata 3 W/celula

⇒ *Curent electric, gaz rezidual, apa si caldura*

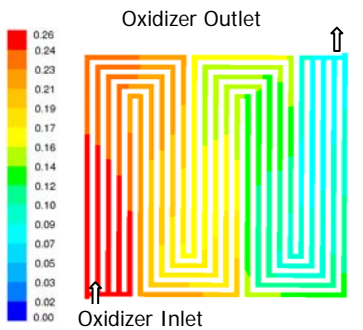


REALIZARI IN CADRUL INC-DTCI – ICSI RM. VALCEA

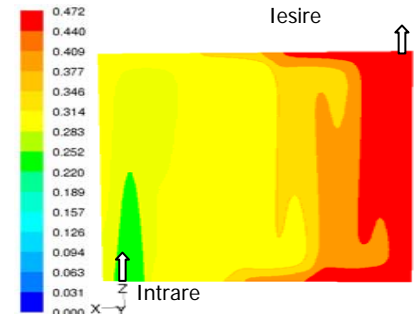
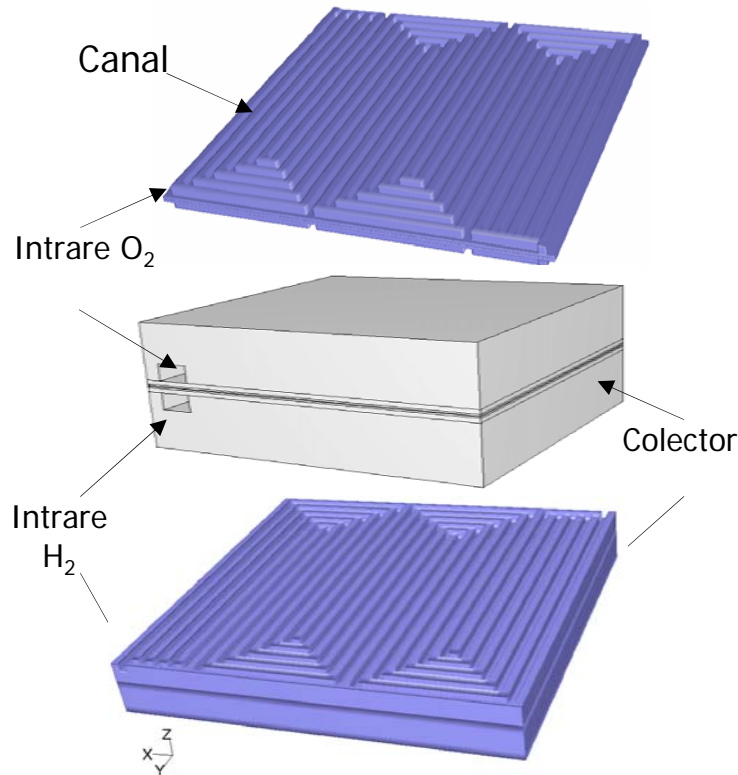
Optimizare celule – simulare FLUENT



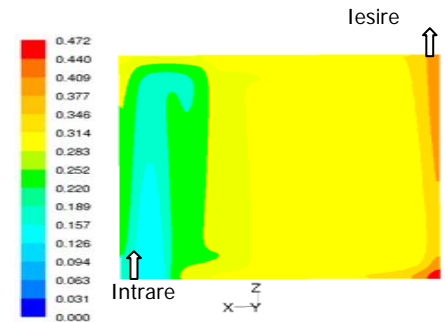
✓ Profil H_2 la anod



✓ Distributie O_2 la catod



✓ fractia masica de vapori de apa la catod (PEM)

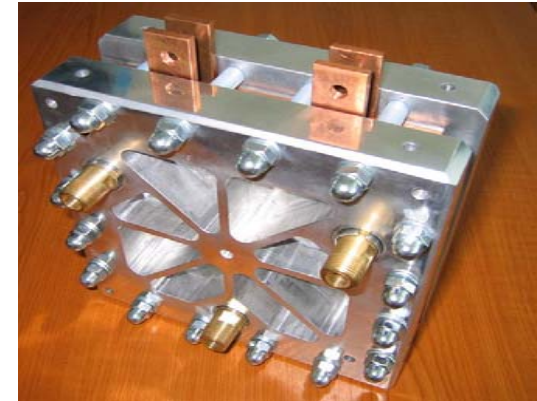


✓ fractia masica de vapori de apa la anod (PEM)

Exponate ale ICSI Rm Valcea in cadrul Targului Industrial International Hannover Messe 2008

Pila de combustie cu membrana schimbatoare de protoni PEM 100

Denumirea PEM vine de la Proton Exchange Membrane, iar 100 de la suprafata activa a membranei polimerice care este de 100cm²



Principiul de functionare al pilei de combustie cu membrana polimerica schimbatoare de protoni este relativ simplu:

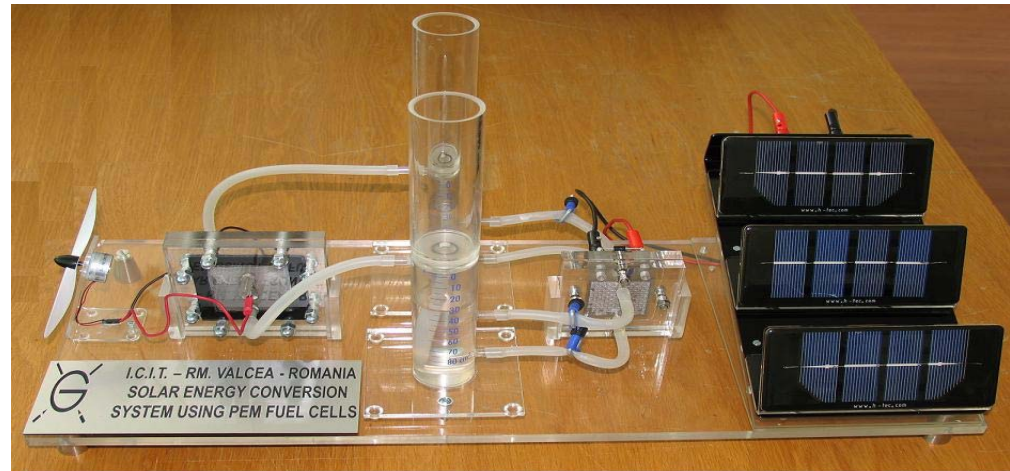
- se alimenteaza cu hidrogen partea de anod a membranei si cu oxigen sau aer, partea de catod;
- la anod, molecula de hidrogen se „sparge” in protoni si electroni. Protonii migreaza prin membrana polimerica si ajung la partea catodica, iar electronii trec printr-un circuit exterior unde sunt „utilizati”, de un consumator, acest circuit electric inchizandu-se la catod, unde electronii se recombina cu protonii in prezenta oxigenului, formand apa.

Caracteristici tehnice ale pilei de combustie PEM 100:

- *Puterea maxima debitata 16W la un curent de 25A si o tensiune de lucru de 0,65V*
- *Curent maxim debitat 47A;*
- *Temperatura de lucru 65°C;*
- *Presiunea de lucru 1 bar;*
- *Puritatea hidrogenului 99,99%*
- *Puritatea oxigenului 99,99%*

Exponate ale ICSI Rm Valcea in cadrul Targului Industrial International Hannover Messe 2008

Sistem demonstrativ de producere a energiei din Hidrogen



Sistemul are rolul de a demonstra posibilitatea conversiei energiei solare in energie electrica prin intermediul electroliatoarelor si pilelor de combustie cu membrana schimbatoare de protoni.

COMPONENTA:

- panou solar cu rolul de a transforma energia solara in energie electrica;
- electrolizor de tip PEM alimentat cu energie electrica din panoul solar cu rolul de a genera Hidrogen si Oxigen;
- 2 vase cu rolul de stocare a Hidrogenului si Oxigenului generat de electrolizor;
- pila de combustie de tip PEM;
- element de "consum" al energiei generate de pila de combustie - motor electric

Exponate ale ICSI Rm Valcea in cadrul Targului Industrial International Hannover Messe 2008

Stand de testare al pilelor de combustie FC 500

Instalatia are rolul de a monitoriza si controla parametrii functionali de intrare si iesire a fluidelor participante la generarea energiei electrice pe baza pilelor de combustie de tip PEM. Ea ofera posibilitatea controlului presiunii si debitului gazelor de reactie, a temperaturii lor cat si a gradului de umidificare.

O alta caracteristica a acestei instalatii o reprezinta posibilitatea reglarii temperaturii de racire cu apa demineralizata a ansamblurilor de pile testate. De asemenea, ofera posibilitatea simularii unui procesor de combustibil prin dispunerea la intrarea instalatiei a 2 amestecatoare de gaze care pot introduce simultan pana la 5 tipuri de gaze: H_2 , O_2 , N_2 , CO , CO_2 , S , NH_3 , CH_4 , H_2S , etc;



Exponate ale ICSI Rm Valcea in cadrul Targului Industrial International Hannover Messe 2008

Stand de testare al pilelor de combustie FC 500

Caracteristici Instalatie:

- *Parametrii reglabili pana la puteri generate de 1600W;*
- *control de mare acuratete al debitelor gazelor pana la 20 litri/minut;*
- *grad de umidificare al gazelor 35-100%;*
- *bucla independenta de racire cu apa demineralizata;*
- *posibilitate de simulare a presiunilor de lucru pana la 4 bari;*
- *posibilitate de purjare de siguranta cu azot a instalatiei;*
- *posibilitate de oprire a instalatiei in cazul atingerii unor parametri de alarma.*





TEME DE CERCETARE ABORDATE IN CADRUL INCDTCI-ICSI

- **Sistem integrat de producere a energiei electrice pe baza de celule de combustibil de hidrogen cu membrana schimbatoare de protoni**
 - *In cadrul proiectului s-a obtinut o instalatie pilot de producere a hidrogenului prin reformarea catalitica a gazului metan in curent de abur cu o putere de generare de $0,5 \text{ Nm}^3/\text{h}$, capabil sa alimenteze un ansamblu de pile de combustie de max 2 kW*

- **Cercetari privind optimizarea geometrica si termodinamica a ansamblurilor de pile de combustie de tip PEM**
 - *Proiectarea si realizarea unui ansamblu de pile de combustie. Determinari experimentale in vederea stabilirii performantelor functionale. Elaborarea documentatiei tehnice de realizare a unui ansamblu de pile de forma cilindrica alimentate cu hidrogen si aer cu o putere electrica utila de 1KW*



TEME DE CERCETARE ABORDATE IN CADRUL INCDTCI-ICSI

- **Sistem integrat de conversie a energiei din surse regenerabile**
 - *Obiectivele principale urmaresc realizarea unui sistem integrat de conversie a energiei utilizind surse regenerabile si pile de combustie, elaborarea unei tehnologii competitive de productie a ansamblurilor de pile de combustie de mica putere (5kW)*

- **Dezvoltarea unui sistem de productie a hidrogenului, la costuri scazute, prin metoda electrolizei cu membrana schimbatoare de protoni**
 - *Obiectiv: Dezvoltarea de solutii alternative de productie a hidrogenului - electroliza cu membrana polimerica schimbatoare de protoni. Implica dezvoltarea si realizarea a noi procese si materiale, dar si proiectarea unui nou tip de ansamblu de celule electrochimice care sa alcatuiesca un electrolizor de tip PEM capabil sa furnizeze hidrogen la un cost scazut si presiune ridicata*

TEME DE CERCETARE ABORDATE IN CADRUL INCDTCI-ICSI

- Sistem inovativ de producere a energiei electrice utilizand pilele de combustie de tip PEM la temperaturi ridicate alimentate cu hidrogen produs prin reformarea acidului acetic
 - *Obiectiv: Dezvoltarea unui sistem inovativ integrat de producere a energiei electrice utilizand pilele de combustie de tip PEM la temperaturi ridicate alimentate cu hidrogen produs prin reformarea acidului acetic. Principalele obiective ale proiectului sunt: (1) dezvoltarea unui reformer catalitic cu membrana permselectiva utilizat la producerea hidrogenului din acid acetic; (2) dezvoltarea unei tehnologii inovatoare de realizare a pilelor de combustie de tip PEM (HT-PEM) care sa opereze in domeniul de temperaturi 120-200°C; (3) integrarea pilei HT-PEM cu reformerul catalitic.*



TEME DE CERCETARE ABORDATE IN CADRUL INC DT CI-ICSI

- **Dezvoltarea si implementarea de noi solutii in vederea imbunatatirii performantelor pilelor de combustie cu membrana schimbatoare de protoni"**
 - *Obiectiv: Obtinere de materiale speciale (polimeri, catalizatori, materiale carbonice) si de gasire de solutii noi si inovatoare in vederea realizarii membranelor, electrozilor si placilor bipolare care constituie partile componente principale ale unei pile de combustie care sa lucreze la temp. mai mici de 100°C, dar in conditii de functionare variabile (presiune, temperatura, compozitie a gazelor reactante) si la opriri/porniri repetate*
- **Sistem de control multivariabil de tip robust pentru ansamblurile de pile de combustie de tip PEM. Stabilirea comportarii in regim de functionare tranzitoriu**
 - *Obiectiv: realizarea unui sistem de control multivariabil de tip robust pentru un ansamblu de pile de combustie PEM. Sistemul va fi utilizat atat pentru aplicatii mobile cit si pentru aplicatii stationare intr-o gama de puteri de pina la 5 kW*



ACTIUNI IN CADRUL PLATFORMEI EUROPENE PENTRU HIDROGEN SI PILE DE COMBUSTIE

- ❑ **9 Martie 2007** – Comisia Europeana aproba Amendamentul Nr. 3 la Contractul Nr. 011744 – Proiect HY-CO ERA-NET, prin care Romania devine Partener activ, incepand cu data de 01.02.2006/Partener 25.
- ❑ **30-31 Mai 2007** – intrunirea Comitetului de Coordonare HY-CO ERA-NET, la Salonic - Presentari si discutii asupra procedurii de lansare a call-urilor comune.
- ❑ **10 Decembrie 2007** – Autoritatea Nationala pentru Cercetare Stiintifica declara Expresia de Interes pentru participare la lansarea comuna de proiecte in cadrul HY-CO ERA-NET si intentia de a contribui cu suma de 2.000.000 euro/2 ani la proiectele comune.
- ❑ **21 Februarie 2008** – intrunirea Mirror Group, la Brussels – Agenda de lucru a cuprins prezentari si discutii cu privire la Joint Technology Initiative (JTI) si stadiul HY-CO Contract ERA-NET.

ACTIUNI IN CADRUL PLATFORMEI EUROPENE PENTRU HIDROGEN SI PILE DE COMBUSTIE



□ **8-9 Aprilie 2008, Bonn, Germania** – intrunirea Comitetului Retelei HY-CO ERA-NET. Agenda de lucru a cuprins prezentari si discutii cu privire la activitatea Grupurilor de Actiune care au lansat/nu au lansat pana la data intrunirii oferte comune de proiecte si prelungirea contractului HY-CO ERA-NET cu un an, din luna septembrie 2008 pana in luna septembrie 2009.

□ **2-3 Septembrie 2008, Utrech-Senternovem, Olanda** – Intrunirea Comitetului Retelei HY-CO ERA-Net. Agenda de lucru a cuprins o retrospectiva asupra celor 4 ani de activitate in cadrul **HY-CO ERA-Net** (proiect lansat la 1 Decembrie 2004), activitati curente si plan de viitor, colaborarea rețelei HY-CO cu JTI si discutii asupra elementelor de sustinere a prelungirii proiectului HY-CO ERA-Net, cu 1 an.



ACTIUNI IN CADRUL PLATFORMEI EUROPENE PENTRU HIDROGEN SI PILE DE COMBUSTIE

Misiunea principala a Platformei Europene pentru Tehnologia Hidrogenului si Pilelor de Combustie este de a fi o forta de coordonare pentru programele de cercetare publice si de initiere a activitatilor comune in tehnologia pilelor de combustie in Europa

O consecinta a implicarii Romaniei in Platforma Europeana pentru Hidrogen si Pile de Combustie se va materializa prin infiintarea la nivel national a unui Centru pentru Experimentarea Tehnologiilor bazate pe Hidrogen si Pile de combustie.



CENTRUL NATIONAL DE CERCETARE PENTRU HIDROGEN SI PILE DE COMBUSTIE

Rol: facilitarea implementarii tehnologiilor energetice bazate pe hidrogen la nivel national.

Acest lucru se va realiza prin dezvoltarea si instalarea de sisteme bazate pe hidrogen, prin organizarea de programe de instruire privind utilizarea energiei hidrogenului, prin incurajarea si pregatirea tinerilor cercetatori in domeniu, prin conectarea cercetarii romanesti la directiile promovate la nivel european/international in domeniul producerii de energie din surse regenerabile.

Activitatile Centrului vor fi orientate catre cercetarea stiintifica si tehnologica in domeniul tehnologiilor bazate pe producerea de hidrogen si aplicarea lui in pilele de combustie, fiind deschis pentru intreaga comunitate stiintifica romaneasca si europeana, facilitand colaborarile la nivel international.



CENTRUL NATIONAL DE CERCETARE PENTRU HIDROGEN SI PILE DE COMBUSTIE

OBIECTIVE STRATEGICE:

- Dezvoltarea infrastructurii de laboratoare pentru realizarea de materiale noi si competitive pentru componentele pilelor de combustie;
- Dezvoltarea de laboratoare privind cercetarile fundamentale din domeniul electrochimiei;
- Dezvoltarea unui laborator de simulare a proceselor implicate de functionarea pilelor de combustie;
- Dezvoltarea de sisteme de productie a hidrogenului din surse regenerabile: biomasa, solar, eolian si hidrocarburi;
- Dezvoltarea de aplicatii stationare si mobile utilizand tehnologia hidrogenului
- Sustinerea procesului educativ prin realizarea de cursuri postuniversitare sustinute de personalitati in domeniu, atat din mediul de cercetare national cat si international, dar si demararea unor contracte economice de furnizare de material educativ in domeniul energetic (machete demonstrative pentru obtinere de energie din surse alternative, pile de combustie de diferite puteri, membrane, sisteme de testare pentru pile de combustie, catalizatori, etc.)

CENTRUL NATIONAL DE CERCETARE PENTRU HIDROGEN SI PILE DE COMBUSTIE

1. Faze preliminare: Studiu de fezabilitate – 2006;
2. Obținerea finanțării – 2007
3. Derularea investiției

Nr crt	Denumire etapa	Termen (luni)	Perioada
1	Proiectare	2-3	Oct-Dec 2007
2	Obținere avize	3	Dec-Feb 2008
3	Organizare proceduri achiziție publică	2	Mar-Apr. 2008
4	Construcție	8	Mai 2008- Oct 2009
5	Instalații	6	Mai 2009- Oct 2009
6	Amenajări exterioare	4	Iul 2009- Oct 2009
7	Dotări	4	Iul 2009-Sep 2009
8	TOTAL GENERAL	18	Mai 2008-Oct 2009

4. Inaugurarea oficială a lucrărilor investitoriale – 9 mai 2008
5. Finalizare investiție – Octombrie 2009



TENDINTE DE DEZVOLTARE

- *Producerea hidrogenului intr-un sistem integrat denumit generic 'reactor membrana' in care etapele de reformare catalitica, purificare a gazului de sinteza obtinut prin reactia de schimb apa-gaz precum si etapa finala de purificare a hidrogenului pana la un continut de monoxid de carbon mai mic decat 10 ppm sa fie cuplat intr-un singur reactor;*
- *Dezvoltarea unui ansamblu integrat de producerea energiei pile de combustie utilizand surse noi si regenerabile (pile de combustie, celule solare, energia eoliana);*
- *Crearea unui nucleu de tineri angrenat in modelarea fenomenelor ce apar in functionarea unei pile de combustie, utilizand software-ul specializat "Fluent";*
- *Studierea managementului termic, al ne-uniformitatilor fenomenelor de curgere a fluidelor intr-un sistem de pile de combustie si dezvoltarea unei metode de analiza a distributiei curgerii pentru a rezolva aceste ne-uniformitati si pentru a optimiza performanta pilei printr-o distributie adecvata si un management termic si al apei corespunzator;*

TENDINTE DE DEZVOLTARE



- Dezvoltarea si implementarea de noi solutii in vederea imbunatatirii performantelor pilelor de combustie cu membrana schimbatoare de protoni de tip PEM prin cercetari avansate privind materialele utilizate la realizarea componentelor sale principale (membrane, electrozi si placi bipolare);**
- Dezvoltare unui sistem de analiza comportamentala a unui ansamblu de pile de combustie in conditii variabile de lucru (temperatura, presiune si compozitie a gazelor reactante variabilele, opriri/porniri repetate). In acest sens vor fi studiate efectele de degradare si de imbatranire ale componentelor care formeaza o pila de combustie;**
- Dezvoltarea unei noi configuratii de pile de combustie tip PEM, optimizata din punct de vedere geometric si termodinamic, pentru diverse aplicatii (mobile, telecomunicatii, centrale de apartament, etc**
- Studiul conversiei energiei utilizand diferite tipuri de invertoare de putere si diminuare pierderilor electrice prin recuperarea energiei electrice**

CONCLUZII

In conditiile in care, in viitor, hidrogenul va patrona in domeniul energetic, ca sursa de energie, in special pentru alimentarea pilelor de combustie, este necesara concentrarea atentiei asupra urmatoarelor obiective:

- dezvoltarea tehnologiilor de productie descentralizata, local la consumator a hidrogenului;
- dezvoltarea tehnologiilor de stocare a hidrogenului: sub forma lichida, sub presiune (in conditii ergonomice ridicate: greutate, volum) si pe metal hidrati;
- asigurarea masurilor de securitate ridicata in utilizarea hidrogenului;
- imbunatatirea tehnologiilor de fabricare a pilelor de combustie; identificarea de noi materiale care sa reduca costurile;
- dezvoltarea unei noi configuratii de pile de combustie tip PEM, optimizata din punct de vedere geometric si termodinamic, pentru diverse aplicatii (mobile, telecomunicatii, centrale de apartament, etc).

CONCLUZII

- *Evolutia activitatii de cercetare din cadrul Institutului National de Cercetare - Dezvoltare pentru Tehnologii Criogenice si Izotopice Rm. Valcea, in ultimii zece ani, a condus catre transformarea sa intr-un centru de excelenta in cateva domenii particulare considerate a fi extrem de importante, atat pentru cercetarea romaneasca in contextul european cat si ca suport pentru viata economica si sociala a Romaniei.*
- *INC-DTCI-ICSI Rm. Valcea si-a propus dezvoltarea de activitati ce, in mod direct sau indirect, converg catre dezvoltarea parghiilor de functionare atat in domeniul energetic cat si in cel al protectiei mediului.*
- *Directiile de cercetare abordate la nivelul tehnologiei hidrogenului si aplicatiilor lui la pilele de combustie deschid oportunitati de dezvoltare atat la nivel tehnic cat si uman, prin concentrarea lor intr-un centru de excelenta pentru hidrogen.*