

Curs 12

Celule de combustie cu electroliți tip carbonați topiți (MCFC). Celula lucrează la temperaturi ridicate cuprinse între 600 - 1000°C. Electrolitul utilizat este un amestec de carbonați alcalini într-o matrice ceramică de LiAlO_2 care, la temperatura de operare, se topesc devenind ionici. Electrozii, care sunt în același timp și catalizatori, sunt pe bază de oxid de Ni promotat cu Cr la anod și NiO la catod. Catalizatorii sunt otrăviți prin depuneri de metale alcaline, care blochează centrele de reacție sau prin acțiunea directă a unor agenți otrăvitori din gazul combustibil.

Randamentul în energie electrică pentru pilele MCFC este de aproximativ 60%, dar adăugând și energia termică recuperată se ajunge la un randament global de $\approx 85\%$, cu mult mai mare decât la celelalte celule care operează la temperaturi mai mici.

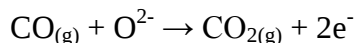
Convențional pilele MCFC folosesc drept combustibil hidrogenul obținut prin reformare externă din fracții petroliere. Datorită temperaturii mari de operare, este posibilă dezvoltarea de tehnologii care să utilizeze ca sursă de H_2 reformarea internă (în interiorul pilei) a hidrocarburilor.

Reformarea catalitică a gazului matan cu vapori de apă se realizează la temperaturi între 750 - 900°C și pe un catalizator de Ni pe suport de MgO sau LiAlO_2 . Catalizatorul menționat catalizează atât reacția de reformare cât și reacția de oxidare a hidrogenului la anodul pilei. Energia necesară reacției endoterme de reformare este asigurată de energia termică dezvoltată în pilă ceea ce înseamnă că atât producerea combustibilului cât și producerea energiei electrice poate fi realizată într-o singură incintă, extrem de avantajos pentru compactarea întregului ansamblu. Pilele MCFC se utilizează pentru producerea energiei electrice în centrale de 5 până la 50 MW.

Celule de combustie cu electroliți tip oxizi solizi (SOFC). Celulele de tip SOFC lucrează la temperaturi mari, uzual în jur de 1000°C. Atât electrozii cât și electrolitul sunt solizi, eliminând în totalitate posibilitatea pătrunderii electrolitului în structura poroasă a electrozilor. Temperatura mare de operare limitează mult materialele utilizate pentru elementele pilei. Cercetările s-au îndreptat în realizarea unei pile de formă tubulară, constând dintr-un suport ceramic poros tubular, înconjurat de anod, electrolit și catod. Forma tubulară asigură o mai bună etanșare pentru circuitul de gaze decât formele plane.

Anodul este confecționat din Ni metalic cu oxid de ytriu (Y_2O_3) stabilizat cu ZrO_2 , iar catodul este pe bază de perovskiți de tipul $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (manganit de lantan dopat cu Sr). Anodul și catodul au structuri poroase pentru a permite difuzia combustibilului (de obicei hidrogenul) și a produselor de reacție.

Oxidul de zirconiu (ZrO_2) stabilizat cu ytriu este folosit ca electrolit datorită conductivității anionice mari în domeniul presiunilor parțiale de oxigen reduse. Prezența monoxidului de carbon în combustibil nu este limitată, deoarece la rândul lui CO poate da o reacție electrochimică de oxidare la anod de tipul:



Elementele de pilă se leagă între ele prin cromit de lantan dopat cu Mg ($\text{LaCr}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_3$), care este impenetrabil pentru gaze dar în același timp un foarte bun conductor de electricitate.

Temperatura mare de operare permite obținerea hidrogenului prin “reformare internă” din metan sau alte hidrocarburi. Adaosul de ceriu în componența anodului

permite reformarea CH_4 la H_2 cu conversii mari, la temperaturi mai mici, fără depuneri de carbon la anod. S-au sintetizat și catalizatori pe bază de oxizi de Cu și Ce capabili să oxideze direct hidrocarburile la anod fără reacția intermediară de reformare. Deoarece CH_4 este mai dificil de activat decât H_2 , energia electrică produsă în pilele cu metan este mai mică. Randamentul în energie electrică pentru o pilă SOFC este de $\approx 50\%$, iar împreună cu recuperarea de energie termică poate ajunge la 80-85 %.

Primele celule de combustie SOFC pentru producerea energiei electrice sunt utilizate în centrale cu puteri de 250kW până la 1 MW.

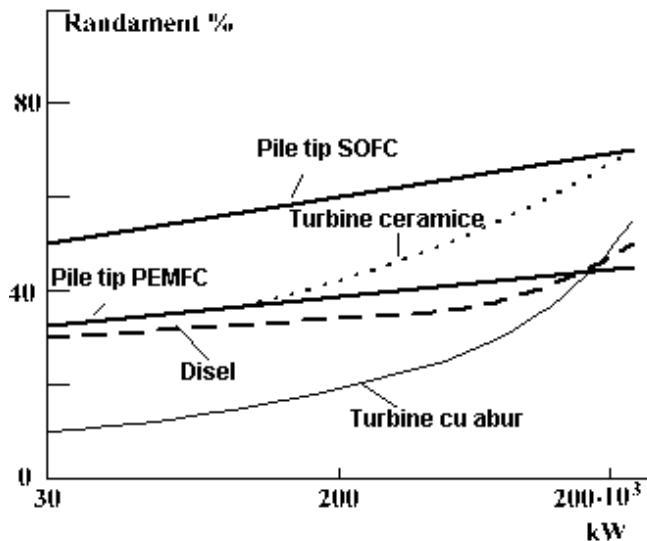


Figura 10.9. Randamentul de producere a energiei electrice în diverse tipuri de celule de combustie și sisteme clasice

Aplicațiile industriale ale celulelor de combustie sunt foarte variate la ora actuală. Deși inițial au fost concepute și dezvoltate în programele spațiale ca surse de energie și apă potabilă pentru astronauți, în ultimul deceniu aplicațiile acestora s-au extins în domeniul propulsării automobilelor și al producerii de energie electrică în centrale staționare sau portabile. Randamentul mare în producția de energie electrică, figura 10.9, și

nivelul foarte redus al emisiilor poluante în comparație cu sistemele clasice bazate pe arderea combustibililor fosili, fac din celulele de combustie una din cele mai viabile soluții alternative, pentru producția de energie “curată” în viitor. La aceste avantaje se adaugă timpul mare de exploatare și întreținerea cu costuri reduse deoarece nu există dispozitive în mișcare.

În domeniul producției de energie sunt deja în exploatare peste 250 de celule cu electrolit acid fosforic (PAFC) cu o putere de 200 kW fiecare, iar pentru următorii ani sunt deja lansate proiecte pentru centrale electrice cu puteri de 5-25 MW. Celulele de combustie încep să devină o alternativă pentru consumul de energie electrică din zonele rurale, zonele izolate, eliminând rețelele de distribuție clasice. Combustibilul pentru pile poate fi metanul din rețelele de gaze naturale sau metanolul obținut prin fermentare din biomasa existentă în zona de utilizare. Pentru utilități casnice au fost dezvoltate pile cu electrolit pe bază de membrane de polimeri (PEMFC) de dimensiuni mici cu putere de până la 2,5 kW pentru care costul de fabricare este competitiv cu cel pentru alimentarea clasică cu energie electrică.

Un domeniu de utilizare promițător este realizarea autovehiculelor cu nivel de emisii poluante “zero”. Folosirea pilelor de combustie alimentate cu combustibili

(hidrogen, benzină sau metanol) pe structura automobilelor clasice asigură un avantaj substanțial față de utilizarea bateriilor de acumulatori care necesită timp pentru reîncărcare. Rezervorul de hidrogen lichid sau gaz, sau de carburant (benzină sau metanol) asigură o autonomie de rulare de până la 500 km. Pilele folosite în aceste aplicații sunt de tip PEMFC și PAFC.

Pilele PEMFC prezintă următoarele avantaje care le recomandă pentru astfel de utilizări:

- densitate de putere mare ($0,5\text{W cm}^{-2}$ electrolit) ;
- randament termodinamic mare (până 70%) ;
- electrolit solid compact și lipsit de acțiune corozivă ;
- demaraj rapid la temperaturi coborâte.

Inconvenientul major, pentru moment este costul relativ ridicat, din care 50% revine plăcii bipolare, 35% electrolitului și 15% catalizatorului de platină. O comparație între pilele PEMFC și PAFC este prezentată în tabelul 10.3.

Tip de pilă	PEMFC	PAFC
Greutate pilă/greutate automobil (kg)	150/1250	250/1450
Volumul pilei (l)	120	200
Suprafața electrozilor (m^2)	5,6	8,3
Temperatura de funcționare ($^{\circ}\text{C}$)	80-100	120-180
Cantitatea de platină (mg cm^{-2} electrod)	8	0,5
Tensiune elementului de pilă (V)	0,72	0,85
Densitatea de putere (mV cm^{-2})	360	250
Randamentul energetic (CH_3OH)	0,51	0,57
Timp de punere în mișcare (min)	0	5

Tabelul 10.3. Caracteristice comparative a două celule de combustie PEMFC și PAFC, utilizate cu precădere în industria de automobile.

Hidrogenul – combustibilul viitorului

Hidrogenul este un combustibil excelent pentru rachete mari pentru că are masa mică și entalpia de ardere mare și de asemenea principalul combustibil pentru celulele de combustie. Hidrogenul are entalpia de ardere de aproximativ $\frac{1}{3}$ din valoarea entalpiei gazului natural dar arde cu o flacără mai fierbinte, ceea ce ar determina utilizarea unor elemente mai mici de încălzire și de răcire la instalațiile casnice. În plus hidrogenul este un combustibil “verde” deoarece prin ardere produce apă, un compus care intră în circuitul natural. Utilizarea hidrogenului drept combustibil pe scară largă a început să fie serios analizată începând cu deceniu VII al secolului trecut, după prima criză a petrolului.

Principala problemă a utilizării hidrogenului drept combustibil o reprezintă prețul acestuia. Deoarece principala metodă de obținere o reprezintă electroliza, pare inutil să consumi curent electric pentru a obține hidrogen, când pentru producerea curentului electric consumi combustibili clasici petrolieri sau cărbune. Din acest motiv au fost căutate metode de a produce hidrogen ieftin și nepoluat. Una dintre metode o reprezintă colectarea energiei solare cu celule fotovoltaice și utilizarea acestora ca surse de electricitate la electroliza apei. Hidrogenul obținut astfel poate fi considerat ca o formă de conservare a energiei solare. Hidrogenul este accesibil și prin reacții fotochimice și avantajele acestui procedeu sunt legate de faptul că nu se obține dioxid de carbon ca în cazul reformării catalitice a gazului metan cu vapori de apă.

O altă problemă importantă o reprezintă transportul și depozitarea lui deoarece este inflamabil și difuzează foarte ușor. Rezolvarea acestei probleme ține de utilizarea unor materiale compozite cu structură densă în confecționarea țevelor și rezervoarelor de depozitare.

Hidrogenul este, alături de oxigen, materia primă în celulele de combustie, care produc energie prin reacția dintre cele două gaze și care actualmente sunt în plină dezvoltare.

Hidrogenul se poate obține din următoarele surse

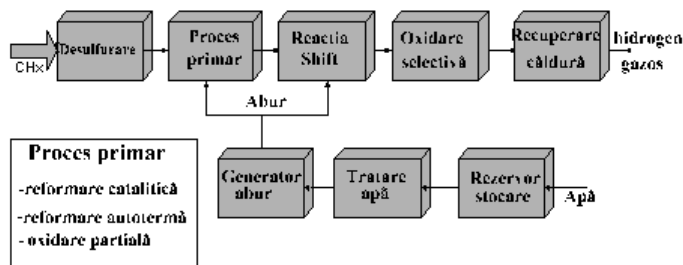
Din hidrocarburi:

- Reformarea gazului metan cu vapori de apă
- Oxidarea parțială a compușilor cu conținut mare de carbon (fracții petroliere reziduale, cocs, etc)
- Din rafinării (flexicoking, reformare, dehidrogenare)
- Piroliză

Din apă prin electroliză, fotoelectroliză, descompunere termică, fermentarea și fotosinteza biologică

Alte surse de obținere a hidrogenului pot fi: gazeificarea cărbunilor sau a deșeurilor solide, gazeificarea biomasei, descompunerea metanolului, a amoniacului sau a apei sau din celulele de combustie regenerabile

În prezent fabricarea hidrogenului în cantități mari, utilizat în fabricarea amoniacului pentru îngrășăminte, se realizează pornind de la combustibilii fosili, în special a gazului metan după o schemă prezentată în figura 10.10.



Folosirea surselor bazate pe combustibili fosili generează CO₂ gaz ce produce efectul de seră, responsabil de fenomenul cunoscut actualmente ca „încălzirea globală”. Varianta folosirii electrolizei pentru obținerea H₂ devine atractivă în măsura în care energia electrică provine din surse economice, de obicei energie solară, sau în momentele de exces de energie în rețelele de distribuție. Dacă energia electrică folosită

Figura 10.10. Obținerea hidrogenului prin reformare catalitică a gazului metan cu vapori de apă.

în momentele de exces de energie în rețelele de distribuție. Dacă energia electrică folosită

la electroliză provine din surse de energie regenerabilă, (solară, geotermală, vânt, valuri) hidrogenul se obține fără emisii poluante.

O comparație între cele două surse de fabricare a hidrogenului este prezentată în tabelul 10.4.

	Avantaje	Dezavantaje
Reformare combustibili fosili	Costuri relativ mici Tehnologie bine pusă la punct	Sursa neregenerativă Poluare semnificativă Mai scumpă și mai puțin eficientă decât utilizarea directă a combustibililor Instalații mari, temperaturi și presiuni ridicate Hidrogenul necesită purificare
Electroliză	Tehnologie bine pusă la punct Energie din surse regenerabile Produce hidrogen curat	Proces scump Mai puțin eficient decât reformarea

Tabelul 10.4. Avantajele și dezavantajele celor două metode de fabricare a hidrogenului cele mai utilizate actualmente.

Utilizarea hidrogenului în mediu industrial, ca și combustibil casnic sau în celulele de combustie presupune fie transportul și stocarea acestuia, fie producerea acestuia în zona de utilizare.

Principalele metode de stocare a hidrogenului sunt:

În **stare gazoasă** sub presiune : în caverne subterane, butelii de 50 l la presiune de 200 bar sau în rezervoare sferice de mare presiune, rezervoare cilindrice din materiale compozite și cilindri de Al înfășurați în fibre de sticlă sau carbon la presiune >350 bar (până la 700 bar). Costurile de depozitare sunt mai mari datorită compresiei, iar viteza de umplere este mică.

În **stare lichidă** la temperatură de 20 K cu consum mare de energie (8,5 kWh kg⁻¹ până la 13,0 kWh kg⁻¹). Răcirea magnetocalorică reduce consumul la 5,0 kWh kg⁻¹. Ambele variante necesită izolarea rezervorului prin sisteme tip Dewar. Pierderile prin evaporare ~ 3% devin ne semnificative dacă utilizarea este intensivă. Comparativ cu stocarea sub presiune, lichefierea H₂ este o tehnologie scumpă.

Sub forma de **hidruri metalice reversibile** : hidrogenul se adsoarbe, pe metale convenționale, formând hidruri, la sau sub presiunea atmosferică, la temperatura mediului înconjurător, sau pe (Mg₂Ni) la temperatura mare, cel mai bun absorbant pentru hidrogen este platina dar este foarte scumpă.. Capacitatea de stocare este de 2-7 %. Pentru a intensifica adsorbția s-au realizat hidruri de mare capacitate (NaAlH₄, Na₃[AlH₆]) cu catalizator de Zr, care asigură o capacitate de stocare de 5%. Un aliaj de LiBe are o capacitate de stocare de 9%, dar necesită încălzirea la temperatură mare (250°C) pentru eliberarea H₂. Din hidruri, hidrogenul se elimină la presiune mare prin încălzire.

Dificultățile de depozitare, mai ales în cazul utilizării pilelor de combustie în propulsarea autovehiculelor, impun producerea acestuia prin tehnologii de reformare cu vapori de apă sau oxidare parțială a hidrocarburilor și alcoolilor inferiori. Procesul de reformare poate avea loc ‘ex situ’ cu stocare sau ‘in situ’ cu alimentare directă a pilei

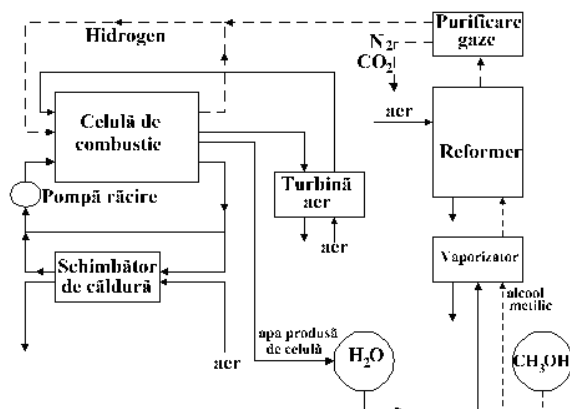


Figura 10.11. Sistem integrat celulă de combustie - generator de H_2 prin reformarea metanolului.

Pentru vehiculele electrice, uzual se folosește reformarea cu vapori de apă a alcoolilor inferiori (CH_3OH , C_2H_5OH) sau oxidarea parțială a benzinei în scopul utilizării infrastructurii existente pentru combustibili clasici (volum de stocare minim și rețea de alimentare).

Reformarea metanolului cu abur are la bază reacția între abur și metanol la $200^\circ C$ din care se produce H_2 , CO_2 , CO și exces de abur. Amestecul de reacție de la reformare este trecut în alt reactor pentru conversia catalitică a CO cu apă la CO_2 și H_2 , și în continuare prin al treilea reactor pentru oxidarea selectivă, pe catalizatori de platină, a CO

la CO_2 .

Amestecul final de gaze conține 70% H_2 , 24 % CO_2 , 6% N_2 și urme de CO .

Sistemul integrat celulă de combustie - generator de H_2 prin reformarea metanolului este prezentat în figura 10.11.

Orientarea actuală privind consumul de energie

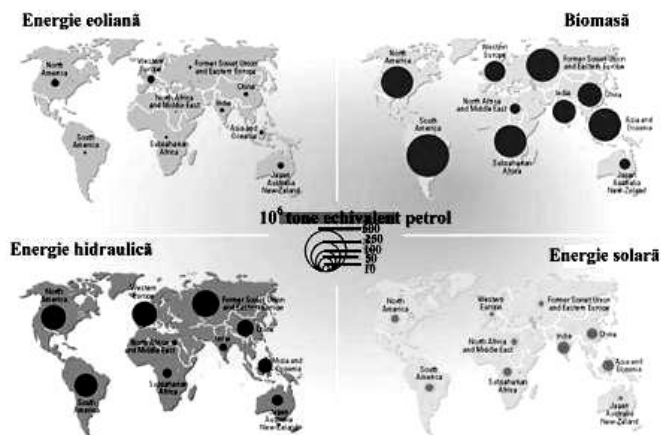


Figura 10.12. Potențialul mondial în resurse energetice neconvenționale.

Marile transformări în lumea de astăzi privind asigurarea unui trai cât mai bun sunt dependente în mare măsură de eficiența obținerii și consumului de energie cât și de impactul pe care-l au sursele și resursele energetice asupra mediului. În ultimii ani, noi tehnologii de obținere, transport și utilizare a energiei, noua tendință publică de participare la procesul decizional în energie și o serie de crize ambientale au devenit forțe puternice pe piața energiei. Potențialul energetic

estimat provenit din surse neconvenționale, inepuizabile, al omenirii este prezentat în figura 10.12.

Înțelepciunea convențională este utilă în cazurile când anticipăm tendințe uniforme, însă aproape niciodată ea nu anticipează discontinuitățile majore. Este cunoscut faptul că în ultimele trei decenii cei care fac prognoze în energie au înregistrat mari eșecuri. Astfel rapoartele din anii 1970 ale unor instituții binecunoscute din acest domeniu au supraestimat de șase ori cantitatea de energie nucleară pe care lumea ar fi folosit-o astăzi, iar studiile din 1980 susțineau că petrolul va atinge 100 de dolari barilul

la începutul anilor 1990, și, în realitate, s-a ajuns la un preț de aproximativ 4 ori mai mic, prețul acesta fiind realizat peste aproximativ 15 ani.

Deși în prezent există tendința de a nu mai repeta greșelile trecutului privind prognoza în domeniul energiei, totuși posibilitatea unor mari salturi tehnologice este rareori luată în considerație, iar schimbările sunt privite de obicei ca un proces de creștere după un vechi model.

Consensul de vederi asupra viitorului energiei mondiale, așa cum este adoptat de Consiliul Mondial al Energiei și alte organizații de profil constă în anticiparea unei economii marcată de o puternică dependență de combustibili fosili, creată de o trecere gradată de la petrolul convențional spre resurse fosile de nivel energetic mai scăzut (dar mai abundente), precum lignitul și uleiurile din șisturile bituminoase, urmărind să evite necesitatea schimbărilor semnificative în tehnologie și strategia politică.

În acest sens, combustibilii lichizi vor continua să alimenteze autovehiculele și avioanele lumii, în timp ce electricitatea derivată din cărbune va furniza cea mai mare parte din restul energiei masive de care va fi nevoie. Totuși experiența ultimelor decenii au obligat pe cei mai mulți analiști să accepte faptul că energia va fi folosită mai eficient în viitor, dar ei consideră că aceste îmbunătățiri vor fi negate de creșterea masivă a necesităților energetice ale unei populații mondiale în creștere numerică.

Deși experții în asemenea prognoze iau în considerare numeroase variabile totuși ei neglijează o serie de aspecte privind schimbările politice, modificările ecologice care amenință sănătatea a milioane de oameni și mai ales potențialul de schimbare tehnologică rapidă, de genul celor care produc acum mari salturi în electronică, telecomunicații, biotehnologie și multe alte domenii.

Un domeniu în care forțele schimbării se impun în ultimii ani este multitudinea de tehnologii mai eficiente. Multe tehnologii consumatoare de energie sunt cu cel puțin 75% mai eficiente decât standardul curent. Numeroase aparate consumatoare de energie cum ar fi becuri, frigidere, etc., au un consum de energie mai mic decât similarele lor din generația deceniilor trecute. În SUA consumul mediu al autovehiculelor a scăzut de la 16,8 l/100 Km la 7,4 l/100 Km. Însăși industria energetică, care de 100 ani caută să-și mărească eficiența echipamentelor, uzinele care au fost date în funcțiune la începutul secolului 21 sunt cu 50% mai eficiente decât în deceniul precedent.

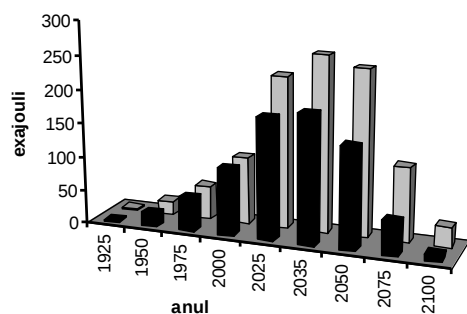


Figura 10.13. Estimarea consumului de gaze naturale în acest secol.

În prezent gazul natural ca sursă de energie majoră are cea mai rapidă creștere, figura 10.2. Appreciat pentru avantajele sale ambientale și abundență globală, gazul pare acum să devină combustibilul global dominant al acestui început de secol XXI. Acesta va permite o considerabilă înlocuire a petrolului și a cărbunelui în viitorul apropiat și va conduce la o gamă de sisteme de conversie și stocarea energiei mult mai eficiente și descentralizate.

Realizări recente transformă energia eoliană, solară și o gamă de alte resurse reutilizabile în opțiuni viabile din punct de vedere economic. Energia solară și eoliană sunt mai abundente decât oricare din resursele de energie fosile în uz astăzi, iar prețurile în scădere le vor face competitive în viitorul

apropiat. Deja peste 100 000 de turbine eoliene sunt răspândite în întreaga lume și numeroase celule solare obțin cantități enorme de energie. O altă realizare care se va impune pe viitor constă în înlocuirea motoarelor cu ardere internă alimentate cu benzină de vehicule ușoare, hibrid-electrice construite din materiale sintetice și bazate pe turbine de gaze, celule de alimentare și volanți. Cu consumuri de combustibili de trei ori sau patru ori mai mici decât media curentă și emisii de poluanți aerieni care ar putea fi doar 5% din nivelurile permise actual, aceste mașini, camioane sau autobuze vor apărea în curând cu posibilitatea de realimentare de la rețeaua electrică sau de gaze.

Experții în viitorul economiei energetice ar trebui să țină seama de revoluția electronică de la sfârșitul secolului XX și să nu se bazeze pe analiza convențională, geopolitică și geofizică. Majoritatea sistemelor energetice noi vor fi afectate de tehnologii în dezvoltare rapidă, multe dintre ele încorporând electronica de ultima oră ca mijloc de creștere a eficienței și de scădere a costurilor. O mare varietate de materiale sintetice mai rezistente, mai ușoare, mai versatile va avea aplicații multiple de la paletele de turbină eoliană la sașiuri de mașină.

Ritmul schimbării va fi influențat de faptul că cele mai importante noi tehnologii vor produce aparate relativ mici în serie și din această cauză economia producției de masă va coborî rapid costul noilor tehnologii.

Deși petrolul poate fi înlocuit de alți combustibili fosili care să dureze încă cel puțin 100 de ani, cea mai profundă provocare care va modela sistemul energetic mondial este stabilizarea atmosferei pământului. Marele pericol provenit de la utilizarea combustibililor fosili constă în acumularea gazelor cu efect de seră și care va avea consecințe grave nu numai pentru noi dar și pentru generațiile viitoare. Oamenii de știință estimează că lumea va trebui să reducă emisiile globale de compuși ai carbonului la cel puțin 60% sub nivelurile actuale pentru a stabili dioxidul de carbon atmosferic la concentrațiile curente.

Agencia Internațională pentru Energie prognoza o creștere spectaculoasă a emisiilor între 1990-2010, cea mai mare parte în lumea a treia, unde emisiile de compuși ai carbonului pe cap de locuitor sunt în prezent între 1/20 și 1/5 din nivelul țărilor industrializate, China având o contribuție foarte semnificativă, prognoză ce s-a îndeplinit aproape total. Pentru a modifica riscul modificărilor climatice potențial catastrofale, spre mijlocul acestui secol, când economia umană va fi de câteva ori mai extinsă lumea trebuie să realizeze o rată de emisii de compuși ai carbonului per dolar de producție mondială brută de aproximativ o zecime din nivelul curent. Aceasta înseamnă practic sfârșitul economiei bazate pe combustibili fosili așa cum o cunoaștem în prezent. Dacă țările în curs de dezvoltare continuă să urmeze calea energetică străbătută de cele industriale în deceniile trecute bazându-se pe petrol și cărbune-povara combinată, economică și ambientală va începe să submineze eforturile lor de dezvoltare.

Țările din lumea a treia au o populație de 4 miliarde, iar în anul 2020 aceasta va ajunge la 6 miliarde. Consumul de energie pe cap de locuitor pentru aceste țări este mai puțin de 1/8 față de cel din țările industrializate. Consumul energetic din lumea a treia s-a triplat din 1970 până în prezent și se va dubla din nou în următorii 15 ani și în continuare va mai crește încă de 6 ori până în 2050. Dacă aceste prognoze se vor adeveri, consumul energetic mondial va crește până în 2025 cu 60%. Consumul energetic trebuie să crească fără a produce modificări nedorite ecologice.

Economia energiei mondiale este pe cale de a adopta în următoarele decenii, un nou drum, care se va îndepărta de importurile de petrol și de cărbunele atât de dăunător mediului înconjurător.

Impuse de necesitatea de a stabiliza clima terestră și atrasă de oportunitățile de investiții care se arată la orizont, piețele energetice ale lumii încep o trecere rapidă la sisteme descentralizate, mai eficiente și mai curate, amintind de saltul de la computerele centrale, la cele personale, din anii '80.

Printre marile schimbări care vor urma concretizăm următoarele:

- noua generație de automobile electrice, ușoare și supereficiente, care se pot alimenta la domiciliu;
- transformarea rapidă a centralelor electrice cu cărbune și a celor nucleare în unități energetice cu turbine cu gaze;
- un nou val de generatoare eoliene și solare, la nivel de producție de masă care vor fi competitive ca preț cu cele mai avansate sisteme cu combustibili fosili;
- mici celule de alimentare și panouri solare pentru acoperișuri, care vor permite populației să-și producă propria electricitate;
- apariția gradată a hidrogenului nepoluant ca transportator principal de energie al lumii și ca înlocuitor al petrolului și al gazului natural.

Problema cea mai importantă care se pune este cum se va stoca și transporta energia într-o lume care nu se va baza pe cărbune și petrol. Cu siguranță că energia electrică care în prezent furnizează 13% din energia de consum va rămâne de mare importanță însă probabil că hidrogenul va deveni cu timpul sursa majoră de energie la mijlocul secolului XXI. Hidrogenul poate fi fabricat direct din apă cu ajutorul energiei solare sau eoliene sau din biomasă, și este combustibilul care nu produce poluare.

După cum se știe hidrogenul este deja folosit în prezent ca substanță de mare tonaj în industrie și combustibil, ca propulsor al rachetelor în programele spațiale.

Tehnologiile hidrogenului avansează rapid și vor deveni rentabile. Mai departe transportul hidrogenului se va realiza la fel cum se transportă în prezent gazele naturale și la un preț mai scăzut decât cel al transportului energiei electrice practicat în prezent.

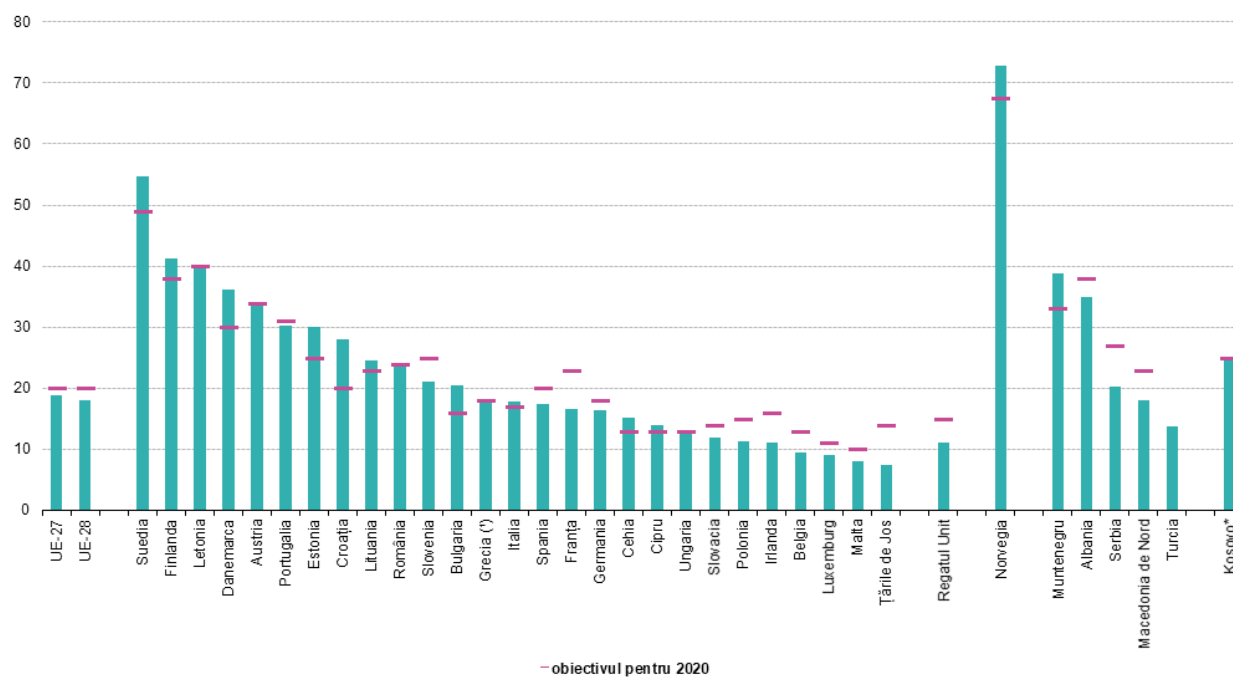
Hidrogenul va contribui la evoluția unui sistem energetic mai eficient, dispersat elegant și nepoluant. O altă prognoză privind viitorul energiei constă în asigurarea clădirilor cu sisteme de captatori solari pe acoperișuri și fațade, folosite atât la captarea căldurii solare cât și la producerea electricității. Acoperișurile fabricilor vor avea sisteme de colectare pentru alimentarea operațiunilor din interior. Se va extinde sistemul de stocare a energiei solare și apoi utilizarea ei în tot timpul zilei. Energia valurilor, a mareelor, biomasa și energia geotermică vor contribui cu un procent mai mare decât cel actual.

Vehiculele cu motor vor deveni mai eficiente și mai curate, funcționând cu gaz natural, hidrogen și electricitate.

O revoluție de asemenea amploare va crea enorme oportunități în industrie. La fel cum s-au ridicat magnații petrolului (Rockefeller, Ford, etc.) următoarea tranziție în energie promite să lanseze o nouă generație de antreprenori. Cu siguranță ca vor fi și învinși.

Rafinăriile actuale de petrol, petrolierele maritime, uzinele de automobile, reactoarele nucleare nu vor mai fi la modă.

Ponderea energiei din surse regenerabile, 2018
(% din consumul final brut de energie)



* Această denumire nu aduce atingere pozițiilor privind statutul și este conformă cu RCSONU 1244/1999, precum și cu Avizul CIJ privind Declarația de independență a Kosovo.

(*) Estimare.

Sursa: Eurostat (codul datelor online: ilc_lvho05a)

Fig.10.14. Ponderea energiei din surse regenerabile