



UNIVERSITATEA ECOLOGICĂ DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE ECOLOGIE ȘI
PROTECȚIA MEDIULUI



Program de studii universitare de master:
EVALUAREA IMPACTULUI ASUPRA MEDIULUI

Forma de învățământ: învățământ cu frecvență

Suport de curs pentru disciplina:
ENERGIE ȘI MEDIU

Titular de disciplină:
Șef lucrări dr. ing. Delia POPESCU

București
2018

CUPRINS

Introducere	4
a. Date privind titularul de disciplină.....	4
b. Date despre disciplină	4
c. Obiectivele disciplinei.....	4
d. Competențe acumulate după parcurgerea cursului.....	5
e. Resurse și mijloace de lucru.....	5
f. Structura cursului	5
g. Evaluarea.....	6
Capitolul 1. CORELAȚIA MEDIU – ENERGIE	7
1.1. Definiții, forme și surse de energie, unități de măsură.....	7
1.2. Utilizări.....	11
1.3. Clasificare.....	12
1.4. Eficiență energetică	12
1.5. Bibliografie recomandată	15
Capitolul 2. COMBUSTIBILI FOSILI.....	16
2.1. Producerea energiei electrice și termice prin procesele de ardere a combustibililor fosili în CTE.....	16
2.2. Noxe emanate la producerea energiei și efectele lor nocive	16
2.3. Bibliografie recomandată	22
Capitolul 3. ENERGIA NUCLEARĂ	23
3.1. Centrale nucleare electrice (CNE).....	23
3.2. Avantajele și dezavantajele utilizării energiei nucleare	24
3.3. Utilizarea energiei nucleare în România și la nivel internațional	26
3.4. Bibliografie recomandată	27
Capitolul 4. HIDROENERGIA	28
4.1. Amenajări hidroenergetice	28
4.2. Potențialul hidro în România.....	30
4.3. Bibliografie recomandată	32
Capitolul 5. ENERGIA GEOTERMICĂ	33
5.1. Centrale geotermice	33
5.2. Utilizări neelectrice	34
5.3. Potențialul geotermic în România	34
5.4. Bibliografie recomandată	36

Capitolul 6. ENERGIA SOLARĂ	37
6.1. Conversia fotoelectrică și fototermică	37
6.2. Sisteme de încălzire solară	40
6.3. Potențialul energetic solar în România.....	43
6.4. Bibliografie recomandată	44
Capitolul 7. ENERGIA EOLIANĂ	45
7.1. Turbine eoliene (caracteristici, randamente, eficiență).....	45
7.2. Potențialul energetic eolian în România.....	47
7.3. Bibliografie recomandată	48
Capitolul 8. ENERGIA BIOCOMBUSTIBILILOR	49
8.1. Biomasa agricolă și forestieră, resurse vegetale	49
8.2. Utilizări și eficiență energetică.....	49
8.3. Potențial energetic	51
8.4. Bibliografie recomandată	51
Capitolul 9. ENERGIA MĂRILOR	52
9.1. Marea, valuri, curenți. Dispozitive de conversie energetică. Caracteristici și eficiență.....	52
9.2. Bibliografie recomandată	53
Capitolul 10. ENERGIA HIDROGENULUI.....	54
10.1. Resurse, abordări, utilizare	54
10.2. Bibliografie recomandată	56

Introducere

Cursul este destinat studenților din cadrul programului de studii universitare de master *Evaluarea Impactului asupra Mediului* al Facultății de Ecologie și Protecția Mediului.

.....
.....
.....

a. Date privind titularul de disciplină

Nume și prenume:	DELIA POPESCU
E-mail:	polluteco@gmail.com

b. Date despre disciplină

Anul de studiu:	I
Semestrul:	2

c. Obiectivele disciplinei

Obiectivul general al disciplinei	Evaluarea importanței energiei pentru fundamentarea conceptelor și strategiilor de evaluare a impactului asupra mediului
Obiectivele specifice	• Identificarea și utilizarea surselor de informații necesare pentru rezolvarea aplicațiilor corelate noțiunilor teoretice prezentate la curs; • Utilizarea și aplicarea în contextul evaluării impactului produs asupra mediului, a termenilor și noțiunilor specifice principalelor elemente privitoare la tipurile de energie și stabilirea rolului acestora în abordarea politicilor și strategiilor energetice; • Stabilirea corectă a legăturii dintre evaluarea proceselor de poluare produsă de sursele de energie primară și analiza eficienței surselor regenerabile de energie.

d. Competențe acumulate după parcurgerea cursului

Competențe profesionale	• Însușirea și înțelegerea noțiunilor generale necesare formării unei viziuni de ansamblu asupra întregii problematice din domeniul energetic; • Înțelegerea evaluării proceselor de poluare produsă de sursele de energie primară și însușirea capacității de punere în evidență a eficienței ambientale a surselor regenerabile de energie; • Identificarea elementelor esențiale ale impactului produs asupra factorilor de mediu prin utilizarea surselor regenerabile de energie; • Dezvoltarea capacității de a utiliza în contextul evaluării impactului asupra mediului, termeni și noțiuni specifice principalelor elemente privitoare la abordarea politicilor și strategiilor energetice; • Dezvoltarea abilităților de abordare a problemelor de mediu ce implică eficientizarea energetică
Competențe transversale	• Abilitatea de a înțelege principiile și modurile practice de captare și utilizare a surselor de energie regenerabile; • Abilitatea de înțelegere și aplicare cu profesionalism și rigoare a termenilor și noțiunilor specifice elementelor privitoare la corelația dintre eficiența energetică a utilizării diferitelor surse de energie și impactul produs, în scopul conștientizării responsabilităților de mediu în utilizarea diferitelor surse de energie dar și al identificării și rezolvării diverselor probleme abordate în cadrul proceselor de evaluare a calității mediului; • Dezvoltarea capacității de utilizare a competențelor personale în contextul necesarului și eficienței în echipa multidisciplinară la diferite niveluri ierarhice.

e. Resurse și mijloace de lucru

Pentru o pregătire temeinică vă sugerăm să consultați bibliografia recomandată.

f. Structura cursului

Cursul de ***Energie și Mediu*** este alcătuit din 10 capitole:

Capitolul I. Corelația mediu – energie

Capitolul II. Combustibili fosili

Capitolul III. Energia nucleară

Capitolul IV. Hidroenergia

Capitolul V. Energia geotermică

Capitolul VI. Energia solară

Capitolul VII. Energia eoliană

Capitolul VIII. Energia biocombustibililor

Capitolul IX. Energia mareelor

Capitolul X. Energia hidrogenului și a deuteriului

Cursul de **Energie și Mediu** poate fi studiat atât în întregime, potrivit ordinii prestabilite a capitolelor, dar se poate și fragmenta în funcție de interesul propriu mai accentuat pentru anumite teme. Însă, în vederea susținerii examenului este obligatorie parcurgerea tuturor celor 10 capitole.

g. Evaluarea

Înainte de examen este indicat să parcurgeți din nou toată materia, cu atenție, durata estimată pentru această activitate fiind de aproximativ o săptămână.

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
Curs	Nivelul de cunoaștere a noțiunilor prezentate la curs; încadrarea în subiect, corectitudinea exprimării, capacitatea de a utiliza materialul bibliografic indicat	Examen scris (N_E)	50%
Seminar/Lp	Expunerea clară și concisă a prezentării în PowerPoint, acuratețea și detalierea observațiilor, corelarea cu noțiunile teoretice, calitatea suportului ilustrativ.	Întocmirea și susținerea unui proiect referitor la un studiu de caz (N_P)	50%
Evaluare finală	Media aritmetică a celor două note (N_E , N_P)	$M = \frac{N_E + N_P}{2}$	100%
Modalitatea de notare (calificativ sau notă): Notă			
Standard minim de performanță: <u>Pentru nota 5:</u> - Definirea termenilor și a noțiunilor elementare referitoare la conceptul energiei; - Cunoașterea formelor de energie și clasificarea acestora în funcție de utilizare, caracterul fizic, gradul de aplicare a tehnologiei de valorificare, includerea în diverse statistici; <u>Pentru nota 10:</u> - Cunoașterea metodelor și tehnicilor aplicate în evaluarea proceselor de poluare produsă de sursele de energie primară în corelație cu evidențierea eficienței surselor regenerabile de energie; - Explicarea raporturilor dintre tipurile de energie și rolul acestora în abordarea politicilor și strategiilor energetice și de protecție a mediului în vederea aplicării acestora în abordarea integrată la nivelul componentelor de mediu.			

Capitolul 1.

CORELAȚIA MEDIU – ENERGIE

1.1. Definiții, forme și surse de energie, unități de măsură

1.1.1. Definiții

Dicționarele definesc conceptul de energie ca fiind „capacitatea unui sistem fizic de a efectua lucru mecanic, la trecerea dintr-o stare în altă stare“, această definiție reflectând o anumită mentalitate mecanicistă. Etimologic, cuvântul „energie“ are la bază cuvintele de origine latină „energia“ și de origine greacă „enerhia“, care aveau înțelesul de „activitate“.

În vorbirea curentă noțiunea de energie se referă la anumite forme ale acesteia: forța, lumina, care sunt însă aspecte diferite de manifestare a aceleiași entități fundamentale a Universului, ce există sub două forme: substanță și câmp de forțe. Einstein, prin celebra sa relație $E = mc^2$, a demonstrat identitatea dintre materie și energie.

Conceptul de „energie“ este fundamental datorită legăturii existente între materie și mișcare, dar și datorită producerii și transformării diferitelor forme de mișcare ale materiei. Aceste forme de mișcare se pot transforma reciproc unele în altele, în raporturi cantitative strict determinate, fapt ce a permis introducerea noțiunii de energie ca o măsură comună a lor („ceva ce rămâne constant“ - H. Poincaré).

Energia se definește mai exact drept ca o stare a corpurilor sau sistemelor fizice în care acestea au posibilitatea să efectueze lucru mecanic.

Un corp/sistem fizic, care efectuează un lucru mecanic, pierde energie, în timp ce sistemul fizic asupra căruia se efectuează lucru mecanic, câștigă energie. Prin urmare, lucrul mecanic efectuat de un corp este variația energiei sale, în vreme ce energia pe care o posedă un corp sau sistem fizic este o măsură a lucrului mecanic efectuat asupra corpului.

Deosebirea esențială dintre energie și lucrul mecanic, constă în faptul că **energia este o mărime fizică de stare, ce caracterizează corpul sau sistemul fizic într-o stare staționară**, în timp ce **lucrul mecanic, caracterizează corpul atunci când acesta ia parte la un proces în desfășurare, fiind așadar o mărime de proces.**

Căldura, ca și lucrul mecanic este o mărime de proces și ele reprezintă forme de manifestare ale schimbului de energie între sistemul termodinamic și mediul exterior și NU FORME DE ENERGIE!!!

Energia definește calitatea schimbărilor și proceselor care au loc în Univers, începând cu deplasarea în spațiu și terminând cu gândirea. Unitatea și legătura formelor de mișcare a materiei, capacitatea lor inepuizabilă de transformare reciprocă, a permis măsurarea diferitelor forme ale materiei printr-o măsură comună: ENERGIA.

Energia este unul dintre cele mai importante concepte fizice descoperite de om, iar înțelegerea corectă a noțiunii de energie constituie o condiție necesară pentru analiza sistemelor energetice și a proceselor energetice.

Energia definește calitatea proceselor, entropia definește sensul evoluției proceselor. Cunoașterea proprietăților sistemelor fizice și a legilor de desfășurare a proceselor se face folosind noțiunile și principiile *termodinamicii* (care sunt exprimările matematice ale *legii conservării* și *legii entropiei*). Se consideră că *reprezentările macroscopice* constituie un sistem teoretic destul de cuprinzător pentru înțelegerea generală a lucrurilor.

Sistemul energetic se poate defini ca fiind un ansamblu de elemente interconectate dinamic, capabil de a se individualiza de mediul ambiant prin realizarea unei funcții sau a unui grup de funcții specifice.

Dacă *energia este o mărime de stare a unui sistem fizic*, atunci se poate spune că orice sistem fizic reprezintă un sistem energetic sau sistemul energetic este acel sistem a cărui mărime

fundamentală de stare este *energia*, iar interacțiunile cu mediul ambiant satisfac cerințele legii de conservare și transformare a energiei. O astfel de generalizare, nu aduce însă informații suplimentare despre procesele și structura funcțională a unui sistem, despre interacțiunile lui cu mediul ambiant și respectiv despre funcțiile obiectiv pe care le are de îndeplinit.

O definiție asemănătoare, dar formulată într-o perspectivă mai cuprinzătoare, spune că *sistemul energetic* este ansamblul instalațiilor care realizează toate lanțurile transformărilor energetice și toate formele de transport a energiei în cadrul unui anumit teritoriu. Se remarcă din nou prezența cuvântului cheie "teritoriu".

Dacă ne referim la *sistemul energetic național* (SEN), considerăm sistemul ca fiind alcătuit din toate instalațiile și echipamentele prin care se realizează producerea, transportul și distribuția, precum și utilizarea energiei electrice și termice (produsă în termoficare). Aceste instalații și echipamente sunt destinate alimentării cu energie a tuturor sectoarelor de activitate economice și social-culturale, precum și a populației.

Obiectivul principal al SEN este să asigure alimentarea consumatorilor cu energie electrică și termică în condiții de siguranță și în mod economic, conform unor parametri stabiliți.

Din cantitatea totală de energie primară o parte este folosită direct, iar alta trece prin procedee de conversiune (prelucrare și transformare), pentru a ajunge la forma cerută de utilizarea sa finală. Treptele de prelucrare și transformare a energiei alcătuiesc *noduri/e* unul așa-numit lanț energetic.

Prin *lanț energetic* se înțelege șirul de transformări succesive, dintr-o formă de energie într-alta, având la un capăt sursa de energie primară și la celălalt capăt consumatorul final.

Totalitatea lanțurilor energetice de pe un anumit teritoriu (țară sau zonă), cu legăturile și întrepătrunderile lor reciproce, formează *sistemul energetic general* al teritoriului respectiv.

Pe lângă sistemul energetic general (SEN) (Fig.1.1) se pot forma și *sisteme energetice parțiale*, pentru un anumit agent energetic, cum ar fi sistemul energetic al gazelor naturale, al petrolului, al energiei electrice etc.

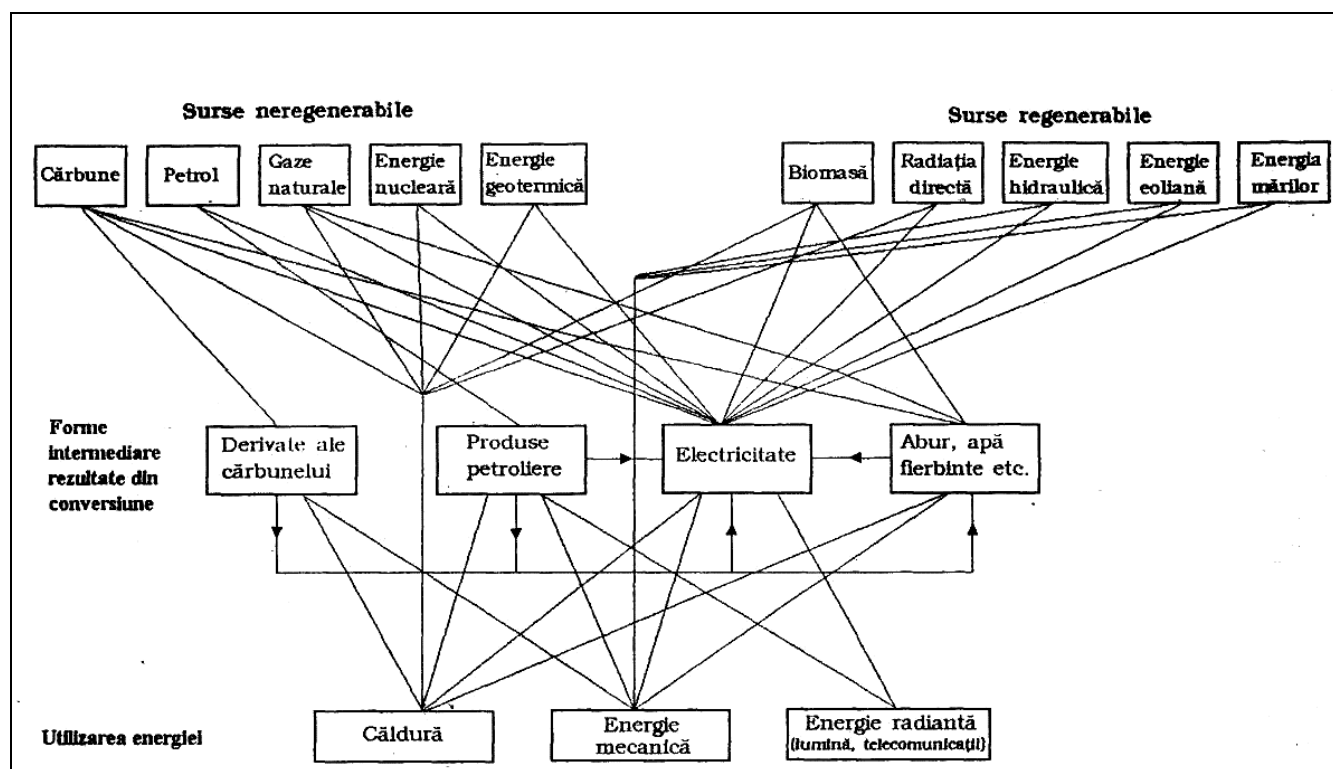


Fig. 1.1 Schema principală a unui sistem energetic

1.1.2. Forme și surse de energie

Prin *formă de energie* se înțelege energia unui sistem fizic sau energia care se acumulează, se transmite sau se cedează de un sistem fizic altor sisteme și care depinde de alte mărimi de stare (mecanice, termice, electrice, chimice, etc.) sau care este numai asociată unor anumite clase de sisteme fizice cu proprietăți specifice

Denumirea formelor de energie este legată fie de *modul de manifestare* a ei (de exemplu: energia mecanică, energia electrică, energia luminoasă), fie de *purtătorul de energie* (de exemplu: energia termică), fie de *proveniența* acesteia (de exemplu: energia nucleară, energie hidroelectrică, energia eoliană, energia geotermică, energia solară).

Energia potențială este energia pe care o posedă un sistem fizic datorită interacțiunilor ce depind numai de poziția relativă a corpurilor componente ale acelui sistem.

Energia cinetică este energia unui sistem fizic în care intervin numai mărimile ce caracterizează starea de mișcare a corpurilor care alcătuiesc sistemul.

Energia internă este o mărime caracteristică a stării corpurilor, reprezentată prin suma energiilor cinetice și potențiale ale tuturor particulelor care constituie un sistem fizic dinamic. Introducerea noțiunii de energie internă este necesară pentru alcătuirea bilanțului energetic al unui proces fizic, pe baza Principiului I al Termodinamicii.

Energia mecanică este energia raportată la o stare de referință care diferă de starea considerată exclusiv prin valorile mărimilor de stare geometrice și mecanice (mase inerente, poziția lor, viteza, etc).

Energia termică/calorică (căldura) este energia conținută de un sistem fizic și care poate fi transmisă altui sistem fizic pe baza diferenței dintre temperatura sistemului care cedează energie și temperatura sistemului care primește energie. Exemple: energia aburului, energia apei calde sau fierbinți, energia gazelor calde, etc.

Energia chimică este energia care se degajă sau se absoarbe în reacțiile chimice sub alte forme de energie. Este determinată de componența și de structura chimică a substanțelor. Se exprimă ca diferența dintre energia produselor inițiale intrate în reacția chimică și energia produselor de reacție.

Energia nucleară este energia caracteristică proceselor din interiorul nucleelor atomice.

Energia solară este energia emisă de Soare pe întreg domeniul radiației sale electromagnetice. Energia solară stă la baza celor mai multe forme de energie de pe pământ: energia hidroelectrică, energia eoliană, energia combustibililor, etc.

Energia hidroelectrică este o energie mecanică, cinetică sau potențială a maselor de apă.

Energia eoliană este o energie mecanică a maselor de aer în mișcare prin atmosferă.

Energia combustibililor este energia degajată prin arderea combustibililor.

Energia mecanică, lumina, căldura și energia electrică sunt forme de energie de care este nevoie în final la procesele de producție, transport, gospodărie comună și casnică. Ele pot apărea și ca forme intermediare de energie în procesele de transformare între forme de energie primară și formele de energie utilizate în procesele finale.

Dar ca principale forme de energie sunt considerate:

- *energia radiantă*, care provine de la soare prin razele sale sau cea folosită pentru iluminat;
- *energia mecanică*, atât de necesară diferitelor activități umane;
- *energia termică/calorică* (căldura), cea mai utilizată formă de energie;
- *energia electrică*, deosebit de apreciată datorită calităților sale;
- *energia chimică*, acumulată în corpurile combustibile și care asociată cu un carburant (spre exemplu oxigenul din aer) arde degajând căldura și lumină.

Purtătorul de energie sau agentul energetic este reprezentat de un sistem fizic sau chimic care posedă energie sau care, prin diferite transformări, poate acumula, transmite sau ceda energie. Cei mai utilizați purtători de energie sunt: combustibilii (purtători de energie chimică) aburul sau apa fierbinte (purtători de energie termică), fluidele sub presiune, cu energie cinetică sau potențială (purtători de energie mecanică), materialele fisibile sau fuzionabile (purtători de energie nucleară) etc.

1.1.3. Unități de măsură

Unitatea de măsură a energiei în Sistemul Internațional de Unități (SI) este Joule (J). Acesta fiind însă foarte mic ($1 \text{ J} = 238,85 \times 10^{-6} \text{ kcal}$), se folosesc, în multe situații, multiplii acestuia și anume: 10^3 - kilo (k); 10^6 - Mega (M); 10^9 - Giga (G); 10^{12} - Tera (T); 10^{15} - Peta (P); 10^{18} - Exa (E). În paralel se mai utilizează ca unitate de măsură **tona echivalent petrol (tep)** și **tona echivalent cărbune (tec)** care mai poartă denumirea de **tonă combustibil convențional (tcc)**: $1 \text{ tep} = 10 \times 10^6 \text{ kcal}$; $1 \text{ tec (tcc)} = 7 \times 10^6 \text{ kcal}$.

Relațiile între principalele unități de energie se prezintă în tabelul de mai jos:

J	kcal	tep	tec	kWh
1	238.85×10^{-6}	$23,885 \times 10^{-12}$	34.12×10^{-12}	0.278×10^{-6}
1 kcal = 4186,8	1	$0,1 \times 10^{-6}$	0.143×10^{-6}	$1,163 \times 10^{-3}$
1 tep = $41,868 \times 10^9$	10×10^6	1	1,4286	$11,63 \times 10^3$
1 tec = $29,31 \times 10^9$	7×10^6	0,7	1	$8,14 \times 10^3$
1 kWh = $3,6 \times 10^6$	860	86×10^{-6}	122.835×10^{-6}	1

Pentru a determina producția și consumul total de energie, a aprecia importanța relativă a fiecărei surse de energie și a pune în evidență schimbările survenite este necesar ca diferitele surse de energie să poată fi comparate pe o bază comună. Aceasta este reprezentată de o caracteristică fizică comună tuturor agenților energetici și anume conținutul lor fizic în energie și poate fi aplicată fără nici o dificultate combustibililor fosili (cărbune, petrol, gaze naturale).

Energia hidrolică, nucleară și geotermică se exprimă însă prin producția lor de energie electrică. Ele se includ în categoria energiei electrice primare, deoarece intră în balanța de energie primară sub formă de energie electrică și nu faptului că ar proveni din surse de energie electrică primară.

Până în 1992, pentru energia electrică primară se utiliza *criteriul conținutului fizic în energie*, bazat pe puterea calorifică a electricității: $1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal} = 3,6 \text{ MJ}$. Acest criteriu prezintă avantajul că diverșii agenți energetici au conținutul lor în energie bine cunoscut și constant în timp. Utilizarea energiei electrice pentru producerea căldurii este însă foarte limitată în comparație cu aplicațiile sale în alte scopuri, ea putând fi transformată în orice formă de energie. Din această cauză, utilizarea criteriului conținutului fizic în energie nu reprezintă o bază acceptabilă din punct de vedere economic și nu exprimă corect importanța energiei electrice primare în ansamblul producției de energie primară.

Un alt criteriu este cel al *echivalentului în combustibil clasic*, în care energia electrică primară se echivalează cu cantitatea de combustibil ce ar fi fost necesară pentru a produce o *cantitate*

Începând cu anul 1992, în *Energy Statistics Yearbook* publicat de ONU se folosește *criteriul energiei fizice utilizate*, în care pentru energia nucleară sau geotermică se ia în considerare degajarea de căldură estimată sau înregistrată, ceea ce corespunde, în medie, unui randament de 33% pentru energia nucleară și 10% pentru cea geotermică; pentru energia hidroelectrică se aplică în continuare criteriul conținutului fizic în energie, ceea ce revine la un randament de 100%.

În *Annual Bulletin of General Statistics for Europe*, editat tot de ONU se aplică două criterii:

- criteriul echivalentului în combustibil clasic, aplicat pentru toate cele trei forme de energie electrică primară (hidro, nucleară și geotermică);
- criteriul energiei fizice utilizate, în care pentru energia nucleară se ia în considerare energia termică degajată prin fisiune în reactoare (randament mediu 33%), iar pentru energia hidroelectrică și geotermică, conținutul fizic în energie (randament 100%).

Pentru problemele care se referă la cantități mari de energie, se va folosi ca unitate de măsură tona echivalent petrol (tep).

Aplicarea criteriului energiei fizice utilizate conduce la următorii coeficienți de transformare pentru energia electrică primară:

- energie hidroelectrică (randament 100%): 1 GWh = 86 tep;
- energie nuclearelectrică (randament 33%): 1 GWh = 261 tep;
- energie geotermică (randament 10%): 1 GWh = 860 tep.

1.2. Utilizările energiei

Pentru satisfacerea cerințelor de energie, agenții energetici primari pot fi utilizați fie așa cum au fost extrași, fie supuși unor procedee de conversiune pentru a se adapta mai bine cerințelor diferiților consumatori.

Procedeele de conversiune constau în prelucrarea sau transformarea energiei primare.

Prin procedeele de prelucrare nu se modifică proprietățile și caracteristicile agenților energetici primari, "ci se îmbunătățesc numai condițiile de folosire sub aspectul comodității utilizării lor și creșterii randamentului de transformare în energie utilă. Asemenea procedee sunt spălarea și brichetarea cărbunilor, rafinarea petrolului ș.a.

Procese de transformare a energiei primare conduc însă la obținerea de agenți energetici substanțial diferiți, ca proprietăți și caracteristici, de agenții energetici primari din care provin. În această categorie se include producerea **energiei electrice și a celei termice prin arderea combustibililor, gazeificarea cărbunilor ș.a.**

Consumatorii de energie se împart, după posibilitățile de utilizare a diferiților agenți sau forme de energie, în consumatori specifici unui anumit agent sau forme de energie și consumatori comuni mai multor agenți energetici.

Cu toate progresele înregistrate în producția aparatelor de utilizare și cu toate posibilitățile crescânde de substituție datorită folosirii sporite a formelor de energie derivate prin procese de prelucrare și transformare, rămân importante sectoare de consum specifice unor anumiți agenți energetici. Astfel, produsele petroliere sunt **combustibilul motoarelor termice**, ceea ce face ca **transporturile rutier, aerian și naval să fie sectoare de consum specifice acestui agent energetic**. De asemenea, **energia electrică** este specifică **electrolizei** și multor alte **proceselor industriale, telecomunicațiilor** etc. Deși teoretic, anumiți consumatori ar intra în grupa celor comuni, progresul tehnic a impus categoric un anumit agent sau formă de energie datorită avantajelor pe care le prezintă, făcându-l astfel consumator specific. Spre exemplu, **iluminatul** poate fi considerat ca un sector specific energiei electrice, deși același efect se poate obține și pe alte căi (gaz aerian, petrol lampant).

Unele sectoare de consum, considerate multă vreme ca specifice unui anumit purtător de energie, au devenit, ca urmare a progresului tehnic, sectoare comune și apoi sectoare specifice altor purtători de energie care au eliminat practic din competiție vechii agenți energetici. Un exemplu tipic îl constituie transportul feroviar. Considerat la început ca sector specific pentru cărbune, datorită dezvoltării tracțiunii Diesel și a celei electrice, el a devenit un sector comun pentru cărbune, petrol și energie electrică; cărbunele a fost însă eliminat rămânând în competiție numai tracțiunea Diesel și cea electrică.

Progresul tehnic în diferite domenii aduce în permanență mutații în diferite sectoare de consum. Un asemenea domeniu este producerea **energiei termice** unde intră în competiție **toți combustibilii fosili și energia electrică**. Cărbunele însă tinde să fie înlocuit de gaze naturale și produse petroliere, iar în unele țări de electricitate.

Rezultatul competiției dintre diferiții agenți energetici depinde de numeroși factori tehnici și economici cum sunt costul lor, prețul aparatelor sau instalațiilor de utilizare, randamentul de transformare în energie utilă, condițiile de transport și stocare, regularitatea de aprovizionare, comoditatea de exploatare. La acestea se adaugă o serie de factori psihologici care au în vedere preferințele, obiceiurile și tradițiile populației.

Dezvoltarea rapidă a unor sectoare specifice de consum face să crească cererea pentru un anumit agent energetic, bine determinat, care nu poate fi înlocuit cu altul, chiar dacă există din abundență.

1.3. Clasificare

În prezent, cea mai mare parte a cerințelor de energie este acoperită de un număr limitat de surse de energie primară. Marea diversitate a surselor de energie le face susceptibile de a fi clasificate după numeroase criterii:

○ Din punct de vedere fizic sursele de energie primară se împart în:

Surse regenerabile, care au un caracter continuu, determinat de acțiunea permanentă a energiei solare fie ca radiație directă, fie prin formele indirecte pe care le generează (hidrogen, energie hidroelectrică, eoliană, a valurilor, curenților, energia termică a mărilor) sau de acțiunea astrelor (energia mareelor). Cu toate că, teoretic, în această categorie ar trebui inclusă și energia geotermică, practic, volumul limitat al apei fierbinți și al vaporilor de apă utilizați pune în discuție caracterul regenerabil al acestei surse;

Surse neregenerabile care cuprind combustibilii fosili ce necesită un ciclu foarte îndelungat de formare, combustibilul nuclear și materialele fisiunii nucleare.

○ Clasificarea surselor de energie bazată pe gradul de stăpânire a tehnologiei de valorificare a acestora delimitează:

Surse convenționale, care se referă la cele cu o tehnologie bine cunoscută și pusă la punct, fiind utilizate în prezent pe scară largă. Acestea sunt: biomasa, combustibilii fosili (cărbune, petrol, gaze naturale), energia hidroelectrică și cea nucleară de fisiune;

Surse neconvenționale, care cuprind sursele a căror tehnologie este stabilită în principiu, dar susceptibilă de progrese substanțiale ca radiația solară directă, hidrogenul, energia eoliană, șisturile și nisipurile bituminoase, fuziunea nucleară, energia mărilor (maree, valuri, curenți, energie termică). Acestea mai poartă denumirea de surse noi.

○ O altă clasificare se bazează pe criteriul includerii lor în statisticile asupra producției și consumului de energie.

Sunt incluse în statistici sursele de energie care se vând și se cumpără, acestea denumindu-se *surse comerciale*. Alte surse de energie ca cea umană și animală, deșeurile vegetale sau agricole ș.a. nu sunt incluse în statistici, deoarece sunt folosite, în cea mai mare parte, direct pentru satisfacerea nevoilor gospodărești, ele fiind înglobate în categoria *surse necomerciale de energie*.

Prin combinarea celor două moduri de clasificare se obțin patru categorii de surse energetice: convențional comercial, convenționale necomerciale, neconvenționale comerciale și neconvenționale necomerciale.

Datele statistice energetice se referă, în principiu la sursele comerciale, pentru care există o evidență clară. Dat fiind importanța pe care o au sursele necomerciale, în special biomasa vegetală și animală, pe arii întinse, în special în țările în curs de dezvoltare, se includ și aceste date pe baza estimărilor rezultate din studii locale. Energia umană și cea animală, sursă convențională necomercială, nu sunt însă incluse.

1.4. Eficiență energetică

Conceptul de conservare a energiei a rezultat din reconsiderarea modului de abordare a problemelor energiei. Problema principală nu mai constă în a procura și vinde cantitățile de energie solicitate. Consumul intensiv de energie a apărut adesea, în trecut, ca o necesitate sau chiar un factor de progres. Cele două șocuri petroliere au pus în evidență rolul decisiv al energiei în economie și societate și au transformat energia dintr-o marfă într-un element important al politicii internaționale.

În general, economisirea energiei costă mai puțin decât producerea ei, dar spre deosebire de investițiile pentru producerea energiei, care trebuie să fie suportate centralizat, cele pentru conservarea energiei sunt împărțite între o multitudine de consumatori, fiind necesare mijloace de finanțare particulare.

Efectele principale ale conservării energiei sunt:

- diminuarea investițiilor în sectorul energetic;
- reducerea constrângerii energetice ce grevează finanțele țărilor importatoare;
- micșorarea cheltuielilor pentru energie ale întreprinderilor și ale populației;
- creșterea competitivității produselor fabricate;
- micșorarea impactului ecologic determinat de producerea și utilizarea energiei;
- diminuarea, în caz de criză, a vulnerabilității determinate de importurile de energie.

Toate aceste avantaje pe care le aduce conservarea energiei, avantaje care se răsfrâng direct sau indirect asupra întregii populații, justifică participarea Statului, prin subvenționare, la implementarea soluțiilor care contribuie la optimizarea consumului de energie. Această măsură se aplică în numeroase țări dezvoltate economic.

Căile de conservare a energiei. Principalele căi de conservare a energiei constau în creșterea randamentelor proceselor energetice simple, utilizarea resurselor energetice secundare, producerea combinată a mai multor forme de energie, schimbarea tehnologiilor complexe în diferite ramuri industriale și reciclarea.

Creșterea randamentelor proceselor energetice simple

Diagrama nivelurilor de energie prezentată în fig. 1.2, pune în evidență faptul că principalele pierderi de energie au loc la transformarea energiei primare în energie finală și a celei finale în energie utilă.

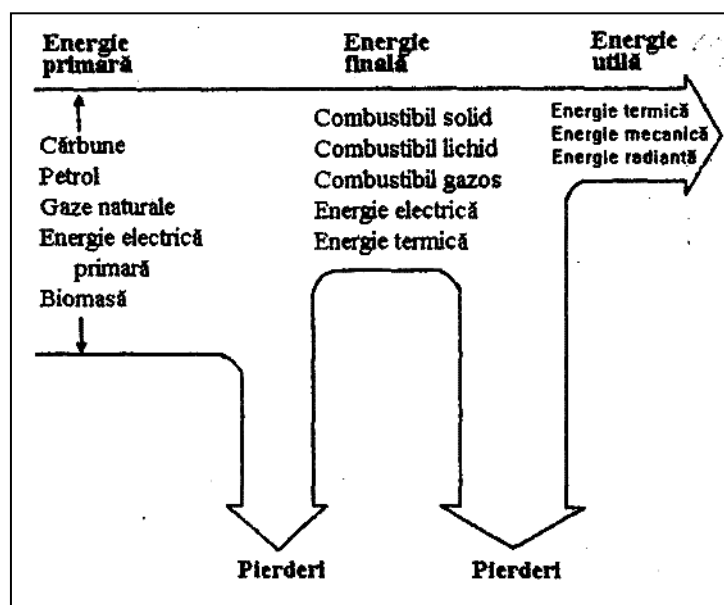


Fig. 1.2 Diagrama nivelurilor de energie

Prin creșterea randamentelor se obțin aceleași rezultate, dar cu un consum mai mic de energie. Această cale se poate aplica în toate sectoarele de consum: industrie, transport și sectorul domestic-terțiar.

În industrie, accentul trebuie pus pe instalațiile, aparatele și motoarele cu o largă utilizare în toate sectoarele, ca arzătoare, schimbătoare de căldură, motoare electrice, compresoare etc. Creșterea randamentului se poate obține prin utilizarea de noi materiale mai adecvate, îmbunătățirea izolării termice, realizarea unei game largi de tipuri care să răspundă cel mai bine regimului de funcționare cerut de utilizatori.

În transport se urmărește, în primul rând, reducerea consumului de combustibil al autovehiculelor. Pentru aceasta s-a acționat asupra tuturor componentelor ce pot contribui la atingerea acestui scop, începând cu forma exterioară pentru reducerea rezistenței aerului la înaintare, creșterea randamentului motorului, reducerea consumului serviciilor proprii și a pierderilor prin frecare, micșorarea greutății prin folosirea materialelor plastice și compozite, îmbunătățirea rulajului prin utilizarea unor cauciucuri speciale pentru pneuri etc.

În sectorul domestic problemele principale constau în reducerea consumului de energie pentru încălzire și în ameliorarea randamentului aparatelor de uz casnic. Diminuarea consumului de energie se pune atât pentru construcțiile noi cât și pentru cele existente. Pentru construcțiile noi s-au adoptat, în numeroase țări, reglementări obligatorii pentru a se asigura o izolație termică corespunzătoare care să împiedice ca noile locuințe să fie „pasaje termice”. Pentru locuințele existente problema este mai dificilă, putându-se utiliza izolații exterioare sau interioare.

La sistemele clasice de încălzire s-au adăugat altele noi ca cele cu pompe de căldură, aer cald etc. Pentru noile clădiri mari se studiază circulația aerului și a căldurii atât în perioada de iarnă, pentru încălzire, cât și în cea de vară, pentru condiționarea aerului.

Aparatele de uz casnic capătă o răspândire tot mai largă și din această cauză îmbunătățirea randamentului lor este importantă. Sunt posibilități de a micșora substanțial consumul de energie electrică al frigiderelor, congelatoarelor, mașinilor de spălat, iluminatului. Spre exemplu, iluminatul cu becuri fluorescente, deși costă mai scump, consumă de patru ori mai puțină energie electrică ca becurile incandescente, iar durata lor de funcționare este mult mai lungă. Aceasta a determinat, pe plan mondial, creșterea vânzării lor de la 59 milioane bucăți în 1989 la 249 milioane în 1995.

Resursele energetice secundare (RES) rezultă din procese industriale care nu au drept scop producerea sau conversiunea energiei. Ele se împart în următoarele categorii:

- RES combustibile sunt gazele rezultate în industria metalurgică (gaze de furnal, de cocs), rafinării de petrol etc. în această categorie se includ și produsele lichide sau solide din procese tehnologice (leșii, gudroane), precum și reziduuri industriale combustibile;
- RES termice constau în gaze sau lichide, la temperaturi ridicate, evacuate din diferite procese industriale, precum și căldura pe care o au unele produse industriale la ieșirea din fabricație (lingouri metalice ș.a.);
- RES mecanice folosesc energia standurilor de încercare a motoarelor, energia de presiune a gazelor în stațiile de decompresie etc.

Folosirea RES permite economisirea altor agenți energetici pentru obținerea aceluiași efect.

Producerea combinată a mai multor forme de energie. Cea mai răspândită formă constă în producerea combinată de energie electrică și termică în centrale de termoficare. Pentru aceasta turbinele cu abur sunt prevăzute cu 1-2 prize prin care se preia o cantitate de abur la o anumită presiune și temperatură, necesară consumatorilor, restul trecând prin condensator (grupuri cu condensare și priză); în cazul în care tot aburul turbinat este preluat de consumatori, grupurile sunt cu contrapresiune.

Cantitatea de combustibil consumată în cazul producerii combinate de energie electrică și termică, precum și investițiile și cheltuielile anuale de exploatare sunt mai mici decât soluțiile în care energia electrică s-ar fi produs în centrale termoelectrice de condensare, iar căldura în centrale termice. Termoficarea a reprezentat, pentru fostele țări socialiste, principala cale de conservare a energiei, ceea ce a determinat ampla ei dezvoltare.

Schimbarea tehnologiilor complexe în diferite ramuri industriale. Progresul tehnic face să apară noi tehnologii pentru fabricarea diferitelor produse industriale, care necesită consumuri mai mici de energie, asigură o utilizare mai bună a materiilor prime și obținerea unor produse superioare calitativ. Toate acestea impun schimbarea tehnologiilor existente pentru asigurarea competitivității producției. Scumpirea energiei datorită șocurilor petroliere a accelerat acest proces, ceea ce a permis micșorarea consumului de energie.

Pentru producător problema principală o reprezintă prețul de cost. Aplicarea diferitelor căi de conservare a energiei este stimulată atunci când prețul energiei este ridicat. În perioada 1974-1985, când prețul energiei era ridicat, s-au alocat subvenții pentru conservarea energiei, obținându-se rezultate remarcabile. După 1986, odată cu scăderea prețului petrolului, acestea au fost substanțial diminuate.

Reciclarea. Deșeurile de metal (fier, aluminiu, cupru, zinc), de hârtie, sticlă, materiale plastice etc. pot fi refolosite pentru producerea de bunuri cu un consum de energie mult mai mic față de cel necesar în cazul utilizării materiei prime clasice. Pe lângă economia de energie se adaugă avantajul economisirii materiilor prime naturale și reducerii suprafeței de depozitare a reziduurilor, care au

devenit o problemă acută în special pentru marile orașe. Eficiența maximă a reciclării se obține atunci când deșeurile sunt sortate de la început de către cel ce le produce.



1.5. Bibliografie recomandată

- a. Cogălniceanu, M., Cogălniceanu, D., *Energie, Economie, Ecologie*, Ed. Tehnică, 1998
- b. EMERG – *Energie.Mediu.Economie.Resurse.Globalizare* Vol I-IV, Ed. AGIR, 2007

Link-uri utile:

- c. <http://www.anre.ro/>
- d. <http://www.cnr-cme.ro/>
- e. <http://www.eea.europa.eu/>
- f. <http://www.eesi.org>
- g. <http://www.eia.gov/>
- h. http://www.opec.org/opec_web/en/

Capitolul 2.

COMBUSTIBILI FOSILI

2.1. Producerea energiei electrice și termice prin procesele de ardere a combustibililor fosili în CTE

Majoritatea energiei utilizate în prezent provine din arderea combustibililor fosili (cărbunele, petrolul și gazele naturale).

Aceste resurse sunt în continuă diminuare și de aceea energia trebuie să fie utilizată cât mai eficient, iar pierderile să fie minimizate.

2.2. Noxe emanate la producerea energiei și efectele lor nocive

Gazele, evacuate pe coșurile de fum ale instalațiilor de ardere, conțin importante cantități de oxizi de sulf, oxizi de azot, monoxid și dioxid de carbon, praf de cenușă etc.

Chiar și prin canalul de fum al coșurilor imobilelor de locuit sunt emise importante substanțe poluante. Amploarea și primejdia acestor emisii se explică, pe de o parte, prin aceea că emisiile de fum se fac la mică înălțime și deci dispersia lor în aer este slabă, iar pe de altă parte, prin conținutul relativ ridicat de hidrocarburi grele și gudroane, explicabil prin temperaturile mici la care se desfășoară procesele de ardere.

La toate acestea se adaugă noxele evacuate în aer odată cu gazele eșapate de autovehicule, și anume: monoxid și dioxid de carbon, oxizi de azot, aldehyde, acid clorhidric și bromhidric, acid sulfuric și azotic, combinații ale plumbului etc. Cantitatea acestora este deosebit de mare, în acest secol al civilizației, și depășește, în multe regiuni, cu mult pe cea emisă de instalațiile de ardere staționare.

Orice substanță sau produs care, folosit în cantități, concentrații sau condiții aparent nepericuloase, prezintă risc semnificativ pentru om, mediu sau bunuri materiale (deci pot fi explozive, oxidante, inflamabile, toxice, nocive, corosive, iritante, mutagene sau radioactive) se desemnează drept *substanță periculoasă*. Prin STAS 12574-87 se stabilesc concentrațiile maxime (medie lunară sau anuală) admise ale unor substanțe poluante în aerul din zonele protejate.

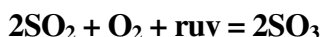
Din punct de vedere ecologic, există deosebiri destul de importante între diverse categorii de poluanți. Astfel se deosebesc:

- *noxe care dăunează direct organismului uman*, ca de exemplu oxizii de azot (NO_x), oxizii de sulf (SO_x), monoxidul de carbon (CO), precum și unele metale grele;
- *noxe care acționează direct asupra vegetației*, ca de exemplu dioxidul de sulf (SO_2) și combinațiile dintre Cl și H_2 ;
- *noxe care stau la baza formării de acizi*, ca de exemplu SO_2 , SO_3 , NO și NO_2 , ce determină formarea ploilor acide și distrugerea pădurilor (*Waldsterben*);
- *noxe persistente în soluri*, care, în cadrul lanțului biologic plantă-animal-om, se acumulează și devin astfel nocive organismului uman, așa cum este cazul metalelor grele;
- *noxe care devin factori de influență ai climei*, ca de exemplu CO_2 și N_2O , precum și factori importanți în accentuarea *efectului de seră* (de altfel, specific sistemului Terra).

Efectele nocive ale oxizilor de sulf

Din oxidarea sulfului combustibil, cea mai mare parte (peste 95 %) se transformă în SO_2 , restul în SO_3 . Conversia SO_2 în SO_3 are loc în flacără, în cazul unui exces mare de oxigen, dar și pe traseul gazelor, în prezența oxizilor de vanadiu și chiar de fier, care joacă rol de catalizator, mai ales la temperaturi de peste 800 °C (1073 K).

Evacuat în atmosferă, dioxidul de sulf (SO_2) reacționează în proporție de 1-2%/h cu oxigenul, sub acțiunea radiațiilor ultraviolete solare (**ruv**), dând naștere anhidridei sulfuroase (SO_3), conform relației:



Aceasta, la rândul ei, se combină cu vaporii de apă din atmosferă și formează acidul sulfuric. În perioadele de ceață și în zilele foarte umede se atinge un grad de transformare de până la 15,7 %.



Dioxidul de sulf reprezintă o substanță toxică, care atrage atenția prin mirosul și acțiunea iritantă asupra mucoaselor, provocând spasm și contracția mușchilor căilor respiratorii superioare. În concentrații ridicate, SO_2 provoacă senzație de arsură asupra mucoaselor respiratorii și conjunctivale, tuse, tulburări ale respirației, spasm glotic, senzație de sufocare etc.

Efectele nocive ale diferiților poluanți în aer, la diferite concentrații, sunt prezentate în tabelele următoare.

Efectele nocive ale anhidridei sulfuroase (SO_3) în aer, la diferite concentrații (Ioana Ionel și C. Ungureanu, 1996)

Concentrația [ppm]	Efecte fiziologice	Observații
0.3 -1.0	Se face simțită prin miros.	Concentrații tolerabile în ateliere și zone de lucru.
1.0 -10	Este posibilă iritarea nasului și ochilor.	Posibilități de suportare, scăzând până la o oră cu creșterea concentrației.
10 -100	Iritarea accentuată la aceleași organe, ca mai sus.	Idem, ca sus.
150-650	Atac al aparatului respirator.	O jumătate de oră până la o oră de expunere poate pune viața în pericol, funcție de individ.
10 000 sau 1 %	Paralizie respiratorie progresivă.	Concentrație rapid mortală. O iritare vie a părților umede ale pielii, ce apare după câteva minute, este un indiciu.

Efectele unor poluanți asupra omului (Ioana Ionel și C. Ungureanu, 1996)

Poluantul	Efectul	Concentrația [ppm]
SO_2	Suportabilă o oră. Concentrație pentru 8 ore. Pragul perceptibil mirosit. Concentrația maximă pentru ședere permanentă.	200 5-15 2-5 0,1-0,2
H_2SO_4	Moarte rapidă. Tulburări după 2-3 ore. Tulburări după 8 ore. Măsurabil.	1500 150 20 2
CO	Simptome grave după 0 oră. Tulburări după 8 ore. Neglijabil la ședere permanentă.	2000 100 20
NH_3	Mortal după 30 minute. Tulburări după 8 ore. Sesizabil olfactiv.	4000 100 26
Hidrocarb	Tulburări după 8 ore.	500
CO*	Tulburări după 8 ore.	5000

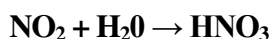
Prezența oxizilor de sulf în mediul ambiant se manifestă atât prin leziuni directe ale plantelor, cât și prin modificarea compoziției apei și solului. Astfel SO₂, în concentrație mare, distruge clorofila din frunze, acțiunea sa amplificându-se prin synergism cu NO₂. Expunând frunze de diferite plante într-o atmosferă de NO₂, în concentrație de 2 ppm și separat, într-o atmosferă cu SO₂, în concentrație de 0,7 ppm, după 4 ore, nu s-a observat nici o schimbare morfologică în structura frunzelor. Expunând însă aceleași frunze într-o atmosferă cu ambele noxe, dar într-o concentrație individuală mult mai mică decât în primul caz, (0,1 ppm pentru fiecare gaz), s-a observat o continuă modificare a țesutului frunzelor.

Oxizii de sulf, respectiv acizii sulfuros și sulfuric, care rezultă prin hidratarea acestora, determină fenomene de coroziune, decolorarea materialelor colorate, reducerea elasticității și rezistenței pentru unii compuși organici (amine, polimeri, textile etc), unele materiale de construcție și unele tipuri de cabluri electrice.

Oxizii de sulf, alături de cei de azot, sunt astăzi considerați principalele cauze ale ploilor acide, care cauzează distrugerea pădurilor, pe suprafețe îngrijorător de mari. Modificările în compoziția apei și a solului au ca rezultat tulburări de dezvoltare a plantelor, o scădere a producției de masă lemnoasă, respectiv a producției și calității fructelor, cu întregul cortegiu de consecințe economice și de altă natură, ultimele manifestate în lanțul trofic plantă-animal-om.

Acțiunea toxică și corosivă a oxizilor de azot

Din cantitatea totală de NO_x dezvoltată prin ardere, aproximativ 95 % este sub formă de *monoxid de azot* (NO) și doar restul sub formă de *dioxid de azot* (NO₂). Eliminat în atmosferă, NO, în prezența oxigenului din aer și sub acțiunea radiațiilor ultraviolete (**ruv**), se transformă, destul de repede, în NO₂, care este foarte toxic. În anumite condiții, NO₂ împreună cu H₂O formează acidul azotic, conform reacției:



Prin agresivitatea și toxicitatea lor, oxizii de azot și acidul azotic sunt extrem de periculoși pentru mecanismul biologic uman. Ei afectează căile respiratorii, mucoasele, transformă oxihemoglobina în metahemoglobină, ceea ce poate duce la paralizii. O expunere mai îndelungată la acțiunea oxizilor de azot, chiar și la concentrații foarte mici de numai 0,5 ppm, slăbește organismul uman, sensibilizându-l foarte mult față de infecțiile bacteriene. Această influență este mai evidentă asupra sănătății copiilor.

Toxicitatea oxizilor de azot crește foarte mult prin synergism cu alte substanțe toxice, așa cum s-a arătat anterior.

Acidul azotic, format din reacția NO₂ cu H₂O, determină apariția mai multor tipuri de coroziune. El atacă construcțiile metalice, provocând distrugerea lor și formează azotați cu diferiți cationi, prezenți în atmosferă. Aceștia au o acțiune corosivă asupra cuprului, alamei, aluminiului, nichelului, etc., distrugând rețele electrice, telefonice etc. Astfel de procese pot avea loc chiar la concentrații foarte mici ale oxizilor de azot în atmosferă (0,08 ppm).

Caracterul puternic oxidant și nitrurant al oxizilor de azot și acidului azotic este principala cauză a distrugerii de către aceștia a maselor plastice, lacurilor, vopselelor, utilizate ca materiale de protecție la instalații și construcții industriale.

Este dovedită acțiunea NO_x asupra unor materiale speciale de construcție din grupa carbonaților, ca de exemplu marmura. Oxizii de azot pătrund prin microfisurile din aceste materiale, formează acolo nitrați, care, prin cristalizare, măresc fisurile, provocând distrugerea construcției.

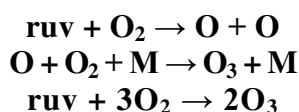
Recent se acordă deosebită atenție și compusului N₂O (protoxidul de azot). Deși se cunosc efectele sale nocive, nu s-a promulgat încă, în nici o țară, o legislație privind emisiile de N₂O, pentru protejarea mediului ambiant. N₂O este un gaz stabil care se descompune de-abia la 600 °C în elementele N₂ și O₂. În troposferă, pătura inferioară a atmosferei, se comportă ca și un gaz inert.

Experimental s-a dovedit însă că măsurile primare și secundare, aplicate industrial pentru scăderea concentrației de NO_x în gazele de ardere, sunt aproape totdeauna însoțite de o producere de

emisii secundare, nedorite ca **CO**, **N₂O**, **NH₃**. Acest fenomen este un semnal de alarmă și își aduce o contribuție de până la 10 % la creșterea anuală a concentrației de N₂O (protoxidul de azot) în troposferă (circa 0,2 %). Alte surse generatoare de N₂O sunt: fenomenele naturale din pădurile tropicale și apele oceanelor, procesele de nitrificare-denitrificare determinate de îngrășămintele chimice, industria chimică și vehiculele rutiere.

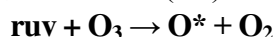
Efectul nociv al N₂O este dublu. Întâi se amintește contribuția N₂O la efectul de seră. N₂O absoarbe spectre caracteristice în domeniul radiațiilor ultraviolete emise de pământ. Spectrul în domeniul 16-18 μm se suprapune peste spectru absorbție al CO₂. În general, contribuția noxei N₂O la încălzirea atmosferei ecologice este de circa 4 %.

Al doilea, și de fapt cel mai nociv efect al N₂O, este contribuția sa la diminuarea concentrărilor de ozon strato-mezosferic (50-60 km). N₂O face parte din categoria gazelor inerte în troposferă, dar nocive în stratosferă, datorită efectului său catalitic în cadrul unor reacții fotochimice dezvoltă radicali activi care atacă concentrările de ozon. Fenomenul este puternic accentuat de faptul că durata de viață a N₂O este deosebit de mare (până la 180 ani). În stratosferă se absorb **ruv** cu lungimea de undă între 200 nm și 242 nm de către moleculele de O₂. Rezultă disocierea acestora și producerea de ozon O₃.

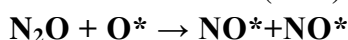


unde M este un partener de activare.

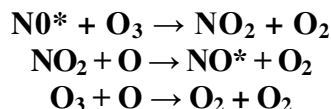
Ozonul astfel format absoarbe ruv în domeniul 200-340 nm și se descompune în oxigen molecular și atomic, în cadrul fotolizelor. Dacă însă lungimile de undă sunt mai mici decât 310 nm, se formează *oxigenul singular*, în activată (O*):



O* atacă apoi N₂O, rezultând monoxidul de azot activat (NO*):



Urmează reacția catalitică în care NO* atacă ozonul:



Acesta este **ciclul Johnston-Crutzen** de distrugere a stratului de ozon. Ozonul este atacat și de alți radicali ca de exemplu hidrocarburi pe bază de fluor și/sau clor. Cel mai important catalizator, ce contribuie cu aproximativ 25 la distrugerea stratului de ozon este radicalul NO*, produs din descompunerea protoxidului de azot (N₂O).

Acțiunea toxică a oxizilor de carbon

Oxidul de carbon este unul dintre toxicii cu mare răspândire, atât în mediul industrial, cât și în mediul urban. Oxidul de carbon pătrunde în sânge datorită următoarelor proprietăți fizico-chimice: densitate apropiată de cea a aerului, difuzibilitate mare și afinitate ridicată a hemoglobinei pentru CO (de 210 ori mai mare comparativ cu O₂). Efectul principal este intoxicația. Primele semne de intoxicație cu oxid de carbon sunt cefaleea, oboseala și amețea. Alte simptome sunt: anorexia, greața, apatia, insomnia, tulburări de memorie și personalitate.

Dioxidul de carbon este toxic numai în concentrații foarte mari (peste 5 000 ppm). CO₂ influențează clima prin efectul de seră creat asupra pământului, contribuția care-i revine fiind apreciată la circa 50 %. Până în prezent nu există soluții tehnico-economice de combatere a emisiilor de CO₂. Singura soluție fezabilă este accentuarea creșterii eficienței la producerea, transformarea și utilizarea energiei termice sau exploatarea energiei nucleare și a altor surse de energie neconvențională.

Din fericire, procesul de asimilare clorofiliană (fotosinteza) folosește CO₂ expirat de ființele vii sau eliminat de industrie, dând naștere la glucide și oxigen:



Prin efectele ei, relația de mai sus poate fi numită "*ecuația vieții*".

Acțiunea toxică a clorului și fluorului

Clorul și fluorul reacționează de asemenea cu vaporii de apă din aer, formând acid clorhidric, respectiv fluorhidric. Aceste produse, în cazul în care depășesc concentrațiile limită, devin un pericol iminent, care poate da naștere la calamități de mari proporții.

Clorul are acțiune nocivă datorită proprietății sale iritante. El acționează de obicei împreună sau prin intermediul acidului clorhidric, care se prezintă fie în stare lichidă, fie în stare de vaporii. Aceștia exercită o acțiune puternic iritantă asupra mucoaselor, putând provoca hemoragii, bronhospasm marcant sau edem pulmonar.

Florul contribuie și el la deteriorarea concentrației de ozon din jurul pământului.

Efectele nocive ale prafului de cenușă

Cenușa zburătoare, eliminată prin coșul de fum al instalațiilor de ardere, *praful de cenușă fin*, antrenat de vânt din haldele de depozitare a cenușii, și *praful de cărbune*, provenit din haldele de cărbune sau din transportul și prepararea acestuia, constituie împreună o noxă solidă, care se găsește și sub formă de *aerosoli*.

În cazul în care cenușa are un conținut foarte redus de metale grele (Cr, Ni, Cd, As, Pb), aerosolii formați sunt netoxici. Sub aspect nociv, aceștia prezintă importanță numai atunci când particulele au dimensiuni mari. În acest caz, ele pot irita mucoasele oculare și cele ale căilor respiratorii.

Mai importantă este activitatea de vehiculare a gazelor nocive și de înlesnire a exercitării efectelor periculoase ale acestora, la distanțe foarte mari de locul de emisie. Un asemenea exemplu îl constituie cazul monoxidului de carbon, care poate să ajungă la distanțe foarte mari de locul unde a fost emis, numai purtat de praful de cenușă. Dacă nu ar fi fost purtat de praf, ar fi reacționat ușor în apropierea sursei de emisie.

Cenușile murdăresc și degradează mediul ambiant, se depun pe vegetație, clădiri, străzi și dau un aspect neplăcut.

Aerosolii toxici constituie categoria de poluanți care au cele mai nocive efecte.

Din fericire, cenușile conțin arareori Pb, F, As. Aerosolii toxici sunt constituiți din hidrocarburile policiclice aromatice, rezultate ca produse ale arderii incomplete și imperfecte a combustibililor. Acestea se condensează sub formă de picături foarte fine și plutesc în aer. Asemenea aerosoli sunt foarte periculoși datorită acțiunii cancerigene a hidrocarburilor.

Pragul de nocivitate

Cercetările în acest domeniu au urmărit să stabilească *limita tolerabilă* a poluanților în aer, în condițiile protejării sănătății oamenilor. S-a ajuns la concluzia că impurificarea atmosferei poate determina **3 riscuri**:

a) *toxicitatea imediată*, datorată expunerii la concentrații relativ ridicate ale poluanților. Aceste cazuri sunt mai puțin întâlnite și se datorează unor situații excepționale, ca de exemplu apariția unor accidente în funcționarea instalațiilor industriale;

b) *intoxicarea pe termen mai lung*, care apare în cazul expunerii la substanțe cu proprietăți cumulative, ele fiind reținute în organism, în stare activă, un timp oarecare.

Absorbția repetată a micilor doze din aceste substanțe și eliminarea lor greoaie creează premisele atingerii pragului de concentrație toxică la nivelul receptorilor sensibili. Este cazul metalelor (plumb, mercur, cadmiu), al fierului, dar și al anhidridei sulfuroase și acidului sulfuric, susceptibile de a contribui la apariția bronșitelor cronice;

c) *inducția proliferărilor maligne*, care rezultă din expunerea la substanțe considerate cancerigene sau potențial cancerigene. Între aceste substanțe se numără substanțele aromatice: dimetilaminobenzenul, dimetilaminostilbenul, benzopirenul (provenit mai ales de la motoarele diesel

prost reglate) sau dietilnitrosamina. Alături de aceste hidrocarburi, o acțiune similară pot declanșa derivații arsenului, cobaltului, zincului, plumbului și cromului.

Trebuie remarcat că nu numai factorul concentrație este esențial pentru mediul ambiant, ci și alte condiții, printre care se amintesc cele meteorologice și acțiunile sinergetice ale poluanților, la care se adaugă stările fiziologice și variațiile individuale de sensibilitate ale ființei umane.

Pragurile de nocivitate ale agenților chimici care poluează atmosfera sunt încă provizoriu stabilite, cunoștințele în acest domeniu fiind în stadiu de dezvoltare. Incertitudinea, în ceea ce privește efectele tardive asupra sănătății populației expuse la poluanți, impune ca cercetările în acest domeniu să se amplifice și pe baza lor, să se acționeze pentru intensificarea combaterii poluării mediului ambiant, în totalitatea lui.

La ora actuală, în România, prin **Legea 104/15.06.2011**, sunt stabilite condițiile de calitate ale aerului atmosferic, astfel încât concentrațiile maxim admise ale poluanților să nu depășească pragul de nocivitate și să se protejeze populația, flora și fauna din zona înconjurătoare centralelor termice și nu numai împotriva efectelor nocive ale acestor substanțe.

În tabelul următor sunt prezentate normele sanitare admisibile pentru substanțele poluante specifice centralelor termoelectrice.

Normele sanitare (imisii) admisibile pentru substanțele poluante specifice centralelor termoelectrice (Ioana Ionel și C. Ungureanu, 1996)

Substanța poluantă	Concentrația maximă admisă [mg/m ³ N]		
	medie scurtă durată 30min.	medie zilnică	medie lungă durată anuală
Dioxid de sulf	0,750	0,250	0,060
Dioxid de azot	0,300	0,100	-
Pulberi în suspensie	0,500	0,150	0,075
Pulberi sedimentabile	17 g/m ² pe lună		

La stabilirea concentrației maxim admise trebuie să se țină cont de efectul sinergetic al SO₂ și NO₂ cu pulberile în suspensie, prezente simultan în aer.

Ca urmare, concentrația C_i a substanței poluante i în aer trebuie stabilită astfel încât să se respecte relația:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i\max}} \leq 1$$

în care: i este egal cu 1, 2,..., n

C_i - concentrația substanței poluante i în aer;

$C_{i\max}$ - concentrația maxim admisă pentru poluant.

Până nu demult, problema poluării mediului prin instalații de ardere se considera rezolvată dacă, prin *dimensionarea* corespunzătoare a *înălțimii coșului de fum*, se asigura o rază de răspândire a noxelor, astfel încât concentrația acestora, la nivelul solului, să fie mai mică decât valoarea limită, admisă de legislația în vigoare.

Pornind de la această concepție, Institutul de Studii și Proiectări Energetice (ISPE) din România a elaborat *actul normativ* PE 229/84, care stabilește *metodologia de calcul* pentru determinarea *înălțimii coșurilor de fum*, a concentrației de SO₂ și de pulberi de cenușă. Astfel a fost posibilă *determinarea*, prin *curbele de izopoluare*, a *zonelor afectate* și *estimarea frecvenței de apariție a acestei concentrații*, în decursul unui an.

În prezent, acest mod de rezolvare se consideră necorespunzător, deoarece, din cantitățile enorme de noxe eliminate anual prin coșurile de fum, o parte se răspândește în jurul surselor de poluare, rămânând pe teritoriul țării respective, dar o altă parte este purtată de curenții aerieni și de ape, peste granițe. Calculele de evaluare a dispersiei noxelor (CO, SO₂, NO_x) în baza distribuției gaussiene arată că, de multe ori, efectul cumulativ al mai multor surse generează depășiri ale imisiilor la sol sau la anumite înălțimi, atât în apropierea surselor, cât și la depărtare, chiar poluare transfrontalieră.

Și într-un caz și în celălalt, efectul poluant se amplifică în decursul timpului, mai ales pentru *noxele persistente*, ce formează așa-numitele *gaze sursă* (generatoare de efecte nocive).

Protecția mediului nu este un obiectiv în sine, ci un proces aflat în continuă dinamică, care necesită un cadru legislativ coerent. Activitatea de reglementare din domeniul protecției mediului înconjurător se realizează în etape, fiecare etapă având prioritățile ei, care crează premisele aplicării măsurilor de supraveghere și control propuse.

Relația duală dintre protecția mediului înconjurător și dezvoltarea economică trebuie să creeze acel echilibru, care să permită realizarea obiectivelor unei dezvoltări durabile. Ca urmare, se impun unele măsuri și decizii corespunzătoare pentru reducerea cât mai drastică a cantității de noxe eliminate prin coșurile de fum în mediul ambiant, protejându-se în acest fel atât patrimoniul ecologic național, cât și cel al țărilor învecinate. Acesta este și scopul pentru care s-a elaborat "Convenția de evitare a poluării transfrontalieră", la care a aderat și România.



2.3. Bibliografie recomandată

- a. EMERG – *Energie.Mediu.Economie.Resurse.Globalizare* Vol I-IV, Ed. AGIR, 2007
- b. Ionel, I., Ungureanu, C., *Termoenergetica și mediul*, Ed.Tehnică, București, 1996
- c. Lăzăroiu, Ghe, *Impactul CTE asupra mediului*, Ed. Politehnica Press, 2005
- Link-uri utile:
- d. <http://www.anre.ro/>
- e. <http://www.cnr-cme.ro/>
- f. <http://www.eea.europa.eu/>
- g. <http://www.eesi.org>
- h. <http://www.eia.gov/>
- i. http://www.opec.org/opec_web/en/

Capitolul 3. ENERGIA NUCLEARĂ

3.1. Centrale nucleare electrice (CNE)

Vreme de decenii, radiațiile ionizate au constituit doar o curiozitate de laborator, cunoscută numai câtorva inițiați. Descoperirea radioactivității artificiale și apoi aceea a fisiunii uraniului, în deceniul al patrulea al acestui secol, au dat un puternic imbold cercetărilor de fizică nucleară. Energia nucleară a ieșit însă din anonim abia după aruncarea celor două bombe atomice în 1945 asupra Japoniei.

La începutul secolului XXI, energia atomică furnizează aproximativ 16% din electricitatea produsă în lume. Combustibilii nucleari folosiți de centralele nucleare se găsesc din abundență în subteran și în apa mărilor. Disponibilitatea lui la nivel global, la un cost redus, este factorul cheie care ar putea permite extinderea semnificativă a centralelor nucleare. Obținerea energiei nucleare este condiționată de prezența radiațiilor.

Radioactivitatea se prezintă ca un fenomen la care participă nucleele atomilor instabili, care se dezintegrează emițând particule radioactive. Acestea sunt proiectate cu putere asupra nucleelor țintă, reușind probabilistic să le spargă în fragmente. Provocând aceste radiații, fizicienii au posibilitatea de a studia structura atomilor în instalații numite acceleratoare. Atunci când se bombardează cu raze anumiți atomi care nu sunt radioactivi, fenomenul se numește radioactivitate artificială.

La baza obținerii energiei nucleare stă **procesul de fisiune a nucleelor grele de uraniu**. Acesta constă în absorbirea unui neutron de către un nucleu atomic de dimensiuni mari cum este cel de uraniu, care va deveni astfel instabil. El se va sparge în mai multe fragmente, cu degajare mare de energie termică, ceea ce accelerează puternic fragmentele rezultate, care ating viteze foarte mari. Datorită vitezei lor mari, aceste fragmente, în urma fisiunii pot pătrunde la rândul lor în alți atomi, unde provoacă alte fisiuni.

3.1.1. Centrale nucleare electrice (CNE)

Centrala nuclearo-electrică este un ansamblu de instalații și construcții reunite în scopul producerii energiei electrice pe baza folosirii energiei nucleare.

Obținerea energiei nucleare se bazează pe *reacția de fisiune (descompunere) nucleară în lanț*. Instalația care asigură condițiile de obținere și menținere a reacției în lanț este *reactorul nuclear*. Centralele nucleare au între 1 și 8 reactoare (unități), fiecare cu o putere instalată de cel puțin 600 MW.

În principiu, reactorul se compune:

- dintr-o parte centrală numită *zonă activă*, în care are loc reacția de fisiune și se dezvoltă căldura de reacție și care conține combustibilul nuclear alcătuit din izotopi fisionabili (U-235, Pu-239) și materiale fertile (U-238, U-232);
- *moderatorul* (apa grea), care are rolul de a încetini viteza neutronilor rapizi, astfel ca reacția să fie controlabilă;
- *barele de control* ce captează neutronii rezultați din reacția de fisiune;
- *agentul de răcire*, care preia căldura dezvoltată în zona activă și o cedează apei în schimbătorul de căldură;
- *schimbătorul de căldură* unde apa se vaporizează și devine agentul producător de lucru mecanic în turbină.

Lucrul mecanic este transformat de generator în energie electrică.

Combustibilul, moderatorul și agentul de răcire formează așa numita *filieră* a reactorului termic care determină caracteristicile specifice centralelor nucleare.

Combustibilul introdus în reactor are forma unor pilule compactate sub formă de bare.

Între barele de combustibil se găsesc barele de control. Acestea conțin *cadmiu* (element chimic ce absoarbe neutroni). Ele au rolul de a regla numărul de neutroni ce pot produce noi reacții de fisiune, astfel încât puterea produsă de reactor să rămână constantă în timp.

Pentru menținerea reacției în lanț, în unele tipuri de reactoare, neutronii emiși în reacțiile de fisiune trebuie încetiniți. În timpul frânării neutronilor are loc un transfer de energie de la aceștia la moderator, temperatura moderatorului și a combustibilului mărindu-se.

Într-un reactor nuclear se obține căldura prin dezintegrarea atomilor radioactivi de uraniu-235. Aceasta este folosită pentru a produce abur care pune în mișcare rotorul turbinelor, generând electricitate. U-235 este un izotop relativ rar al uraniului, reprezentând doar 7% din cantitatea totală de uraniu disponibil. Restul este izotopul U-238. Un izotop este o formă a unui element, identică din punct de vedere chimic, cu alți izotopi, dar cu masă atomică diferită. La fel ca și combustibilii fosili, U-235 nu va dura o veșnicie, fapt ce conferă acestei surse de energie, caracterul neregenerabil. Există un anumit tip de reactor, numit reactor de "creștere", care transformă U-238 într-un alt element radioactiv, plutoniu-239. Pu-239 poate fi utilizat pentru a genera căldura. Până acum doar șase țări au construit astfel de centrale experimentale. Dintre acestea, reactorul nuclear Phenix are cel mai mare succes. Dacă acest tip de reactoare ar deveni uzuale, rezervele mondiale de uraniu ar ajunge mii de ani.

Construirea reactoarelor nucleare și posibilitatea de a utiliza aceste instalații pentru a produce energie electrică în cantitate mare, au transferat problema cercetării radiațiilor, și odată cu aceasta și problema protecției contra radiațiilor, în plin domeniu industrial și economic.

Creșterea neconținută a numărului de reactoare nucleare și a puterii acestora necesită aplicarea unor măsuri de securitate pentru a evita eventualele accidente și consecințele lor

Controlul reactoarelor nucleare se face computerizat (inclusiv al sistemelor utilizate pentru protecția reactorului și a mediului înconjurător).

Impactul asupra mediului înconjurător, constă în eliberarea necontrolată de substanțe radioactive. În regim de funcționare normală, cantitățile de substanțe radioactive eliberate de centrala nucleară sunt nesemnificative. Sistemele tehnice de securitate sunt destinate să limiteze distrugerile zonei active a reactorului.

De la descoperirea fisiunii nucleare, s-a emis și vehiculat ipoteza că orice reactor poate exploda oricând ca o bombă nucleară.

În principiu, nici un reactor nuclear nu poate exploda ca o bombă. Sunt însă posibile accidente în care reactoarele să se supraîncălzească, iar componentele lor, depinzând de materialele din care sunt realizate, să se topească sau să ardă. Creșterea presiunii agentului de răcire poate deveni cauza unor explozii "mecanice" care ar deteriora învelișul reactorului sau al sistemului de răcire. Astfel, pot fi împrăștiate în spațiu materiale radioactive, care să contamineze mediul înconjurător. Centralele nucleare actuale sunt proiectate astfel încât probabilitatea unor accidente de acest tip să fie minimă.

Toate reactoarele nucleare moderne sunt închise în containere extrem de sigure. Acestea sunt proiectate astfel încât să prevină orice scurgeri radioactive care ar putea rezulta în urma unor accidente de operare.

Centralele nucleare sunt astfel proiectate încât să cuprindă sisteme care să prevină producerea accidentelor nucleare. Acestea sunt dispuse "în linie", astfel încât, dacă un sistem de protecție se defectează, un altul să îi ia locul și așa mai departe. Desigur, este posibil ca toate sistemele din "linia" de protecție să cadă unul după celălalt, dar probabilitatea producerii unui astfel de eveniment este extrem de mică.

3.2. Avantajele și dezavantajele utilizării energiei nucleare

Avantajul esențial al utilizării energiei nucleare îl reprezintă eficiența economică: o tonă de U-235 produce mai multă energie decât 12 milioane de barili de petrol (1 baril = 158,987295 l).

Din păcate, *dezavantajele* există și trebuie acordată o atenție deosebită acestui aspect negativ al utilizării energiei nucleare. Așadar:

- ❖ Centralele nucleare sunt foarte scumpe.

- ❖ Produc deșeuri radioactive care trebuie depozitate timp de sute de ani înainte de a deveni inofensive
- ❖ Eliberarea necontrolată/accidentală a substanțelor radioactive în timpul funcționării centralelor nucleare. Un accident nuclear, ca cel produs în octombrie 1957 la Windscale, Anglia când au fost eliminate în mod accidental în atmosferă importante substanțe radioactive care au produs contaminarea solului, a producției agricole și a apei potabile din întreaga regiune sau ca cel din 1986 la centrala nucleară de la Cernobîl, în Ucraina, pot polua¹ zone întinse și pot produce îmbolnavirea sau chiar moartea a sute de persoane.
- ❖ Bomba atomică. Principiul fisiunii nucleare a fost folosit și la un dispozitiv de o cu totul altă natură: bomba atomică, prima explozie experimentală a unei bombe atomice având loc pe data de 16 iulie 1945 în deșertul Alamogordo, statul New Mexico. În acest caz, reacția de fisiune nu este încetinită; ea se amplifică și are loc cu degajare uriașă de energie. Potențialul acestei arme a fost conștientizat atunci când, pe data de 6 august, a fost lansată asupra Hiroshimei, producând 150000 de victime și mai târziu, pe 10 august asupra orașului Nagasaki, înregistrându-se și acolo zeci de mii de morți.

Poluarea radioactivă a atras atenția pentru prima oară în mod deosebit în anul 1965 la Salt Lake City în Statele Unite ale Americii, când nouă adolescenți au fost internați în spital datorită unor noduli anormali ai glandei tiroide. Anchetarea cazurilor a condus la constatarea că acești copii, cu 15 ani în urmă (1950), au suferit consecințele unor depuneri atmosferice radioactive provenite de la poligonul din Nevada, aceste depuneri conținând izotopul I-131.

Studii recente au arătat că datorită tuturor cauzelor de poluare radioactivă, doza de radiații pe cap de locuitor a crescut în ultimii 20 de ani de la 5 până la 10 ori.

Iradieră îndelungată, chiar cu doze mici, poate produce leucopenii, la malformații congenitale, pe când iradierea cu doze mari duce la accentuarea leucopeniei, la eriteme, la hemoragii interne, căderea părului, sterilitatea completă iar în cazurile extreme produce moartea.

Gravitatea impactului asupra mediului și în mod special asupra omului, o determină multitudinea cauzelor acestei poluări radioactive. Sunt binecunoscute din păcate și alte cauze, mai mult sau mai puțin legate de utilizarea energiei nucleare, însă la fel de demne de luat în seamă, ce sunt prezentate în continuare.

- a) Utilizarea practică în industrie, medicină, cercetare a diferitelor surse de radiații nucleare, care, ca materiale radioactive, se pot răspândi necontrolate în mediu
- b) Exploatarea miniere radioactive, la extragere, prelucrare primară, transport și depozitare, în urma cărora se poate contamina aerul, prin gaze și aerosoli, precum și apa prin procesul de spălare;
- c) Metalurgia uraniului sau a altor metale radioactive și fabricarea combustibilului nuclear, care prin prelucrări mecanice, fizice, chimice, poate cuprinde în cadrul procesului tehnologic și produși reziduali gazoși, lichizi sau solizi, iar stocarea, transportul și eventual evacuarea lor pot determina contaminarea mediului;
- d) Instalațiile de rafinare și de retratare a combustibilului nuclear
- e) Reactorii nucleari experimentali sau de cercetare, în care se pot produce industrial noi materiale radioactive
- f) Accidentele în transportul aerian, maritim, feroviar sau rutier a celor mai felurite materiale radioactive.

¹ Prin poluare, sau contaminare, radioactivă, se înțelege prezența nedorită sau accidentală, a materialelor radioactive, în interiorul sau la suprafața unor factori de mediu (cum sunt apa, aerul, alimentele) sau în organisme vii situație în care se depășește conținutul radioactiv natural propriu al produsului respectiv.

Clasificarea efectelor biologice asupra organismului		
Efectele somatice bine conturate	Precoce	Eritem, leucopenie, epilație
	Întârziată	Cancer de piele, osteosarcom
Efectele somatice stochastice	Precoce	Tulburări neuro-vegetative
	Întârziată	Leucemie, cancer tiroidian
Efecte genetice	Prima generație	Malformații ereditare și congenitale; reducerea natalității
	Generațiile următoare	Malformații recesive, diminuarea capacității imunobiologice

Energia nucleară – a intrat în atenția omenirii prin efectele negative, fapt pentru care va fi multă vreme privită cu teamă și suspiciune, întâmpinând destule obstacole în drumul dezvoltării ei în scopuri pașnice. De aceea se impune familiarizarea maselor largi cu probleme nucleare, întrucât aplicațiile pașnice ale energiei nucleare se dovedesc esențiale pentru progresele și evoluția societății umane.

3.3. Utilizarea energiei nucleare în România și la nivel internațional

În 1990 existau 435 de centrale nucleare operaționale acoperind 1% din necesarul energetic mondial.

În unele țări, îndeosebi în Franța, ea asigură 70% din consumul de electricitate. Nu se construiesc noi centrale nucleare din cauza depășirii costurilor, a întârzierilor și poate cele mai importante, din cauza temerilor populației în urma incidentelor de la Cernobîl și Three Mile Island.

Perspectivile energiei nucleare sunt sumbre în SUA, unde costurile per kW de putere instalată au crescut de 4 ori în termeni reali pentru centralele construite recent, în comparație cu o centrală de același tip terminată în 1971. În plus, timpul de construcție s-a dublat, randamentul centralelor rămânând mediocru. În SUA din 1978 nu s-au mai primit comenzi pentru reactori nucleari, iar 13 comenzi făcute între 1975 și 1978 au fost anulate sau amânate la infinit.

Au apărut noi tehnologii, îndeosebi în Japonia și Suedia, care ar putea face ca energia nucleară să devină o opțiune mai acceptabilă pentru populație. În Japonia a fost realizat un mic reactor experimental, cunoscut sub numele de Jojo sau "flacăra veșnică". Denumit reactor "reproducător" pentru că își produce propriul combustibil, Jojo funcționează de mai mulți ani, iar o versiune mai mare, Monju, urmează să intre în funcțiune curând. Oficialitățile se așteaptă ca acest prim experiment să fie urmat de 3 reactoare experimentale tot mai puternice, culminând, în orizontul anilor 2010-2030, cu punerea în circuitul comercial a unei centrale de 1500 MW.

În Suedia, Asea Brown Boveri a realizat un reactor PIUS "cu siguranță intrinsecă", despre care susține că poate rezista la cutremure, inundații, incendii, explozii și practic la orice dezastru. De asemenea, Asea Brown Boveri a elaborat o modalitate de scoatere și depozitare a deșeurilor, despre care spune că va face reactorul PIUS sigur pentru 10000 de ani. Nu se știe cu certitudine dacă proiectele Asea Brown Boveri chiar corespund celor susținute.

În România, a intrat în funcțiune, pe 2 decembrie 1996, centrala nucleară de la Cernavodă, care funcționează cu apă grea ca moderator, folosește uraniu îmbogățit și produce cu un singur reactor, aproximativ 10% din totalul energiei electrice produse în țară.

Centrala de la Cernavodă se bazează pe sistemul canadian CANDU și are o putere instalată de 706 MW în prezent. Structura unui reactor CANDU constă într-un recipient cilindric orizontal, cu tuburi pentru barele de combustibil și pentru lichidul de răcire (apă grea) plasate orizontal.

În jurul acestor tuburi se află apă grea, care acționează ca moderator. Apa grea conține doi atomi de deuteriu (un izotop neradioactiv al hidrogenului) și un atom de oxigen. Apa grea este mult mai eficientă ca moderator decât apa obișnuită și permite folosirea uraniului natural drept

combustibil. Ea se obține în întreprinderi specializate, prin separarea sa din apa naturală (există o astfel de întreprindere la Drobeta Turnu-Severin).



3.4. Bibliografie recomandată

- a. EMERG – *Energie.Mediu.Economie.Resurse.Globalizare* Vol I-IV, Ed. AGIR, 2007

Link-uri utile:

- b. <http://www.anre.ro/>
- c. <http://www.cnr-cme.ro/>
- d. <http://www.eea.europa.eu/>
- e. <http://www.eesi.org>
- f. <http://www.eia.gov/>
- g. http://www.opec.org/opec_web/en/

Capitolul 4. HIDROENERGIA

Un volum însemnat din apa evaporată sub influența radiației solare, în special de pe enorma suprafață a Oceanului Planetar, este dus de curenții de aer deasupra uscatului, unde condensează și cade sub formă de precipitații. O parte se evaporă, alta este utilizată de plante și animale, iar restul se scurge sub influența gravitației fie pe suprafața uscatului (pâraie, râuri, fluvii), fie în subteran, întorcându-se în Oceanul Planetar din care s-a evaporat, realizând astfel circuitul hidrologic al apei.

Cursurile de apă de pe suprafața uscatului prezintă o energie însemnată, utilizată din cele mai vechi timpuri.

Așadar, apa din natură sub diversele sale forme, este considerată o sursă de energie inepuizabilă/regenerabilă și convențională în același timp, energie cunoscută sub denumirea de energie hidrolică.

Formele sub care apare energia hidrolică sunt:

A. Mecanică, în care regăsim:

- energia cursurilor de apă (orice cantitate de apă care este situată la un anumit nivel terestru reprezintă o sursă de energie hidrolică. Energia cursurilor de apă este formată din energie potențială și energie cinetică);
- energia ghețarilor (determinată de masa acestora – nu se întrevide încă utilizarea în practică);
- energia valurilor și a curenților marini;
- energia mareelor (maremotrică);
- energia precipitațiilor atmosferice (datorită dispersiei foarte mari, nu poate fi utilizată direct)

B. Chimică, obținută prin dispersia sărurilor cu degajare de căldură

C. Termică, care poate fi energia datorată diferenței de temperatură dintre diferitele straturi de apă sau energia termică a curenților marini, ce este știută ca având un potențial destul de mare

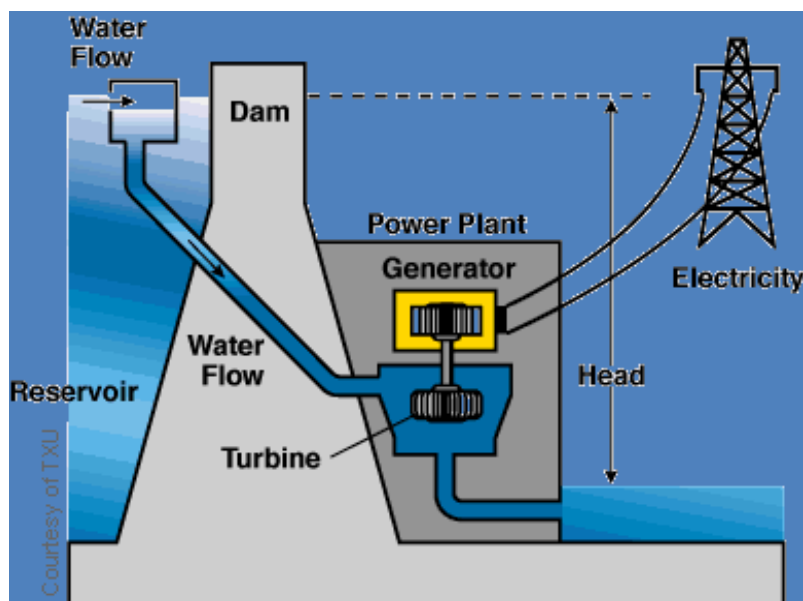
4.1. Amenajări hidroenergetice

Concentrarea energiei hidrolice a unui curs de apă și transformarea ei în energie electrică se realizează cu ajutorul mașinilor hidrolice amplasate în uzinele hidroelectrice din cadrul amenajărilor hidroenergetice.

Amenajarea hidroenergetică este un complex de construcții și instalații ce se constituie prin realizarea unui baraj transversal pe cursul de apă și curpinde: lacul de acumulare, barajul, aducțiunea, nodul de presiune și centrala hidroelectrică.

Principalele mărimi hidrolice de care se ține cont la dimensionarea unei amenajări hidroenergetice sunt: debitul, căderea și randamentul.

Debitul este mărimea fizică exprimată de volumul de apă raportat



la unitatea de timp, importantă pentru calculul puterii hidraulice și implicit pentru dimensionarea amenajării hidrenergetice.

Căderea reprezintă înălțimea la care se găsește volumul de apă deasupra nivelului dat și este direct proporțională cu energia potențială a cursului de apă, valoarea ei influențând astfel în mod direct puterea hidraulică.

Randamentul este rezultat al însumării randamentelor diverselor instalații componente.

Lacul de acumulare este lacul artificial creat în spatele barajului în scopul stocării (înmagazinării) volumelor mari de apă care vor folosi la producerea energiei electrice.

În afară de folosința energetică, lacul de acumulare poate folosi la irigații, alimentări cu apă, agrement, etc.

Barajul reprezintă obstacolul artificial construit pe albia naturală a cursului de apă în scopul obținerii lacului de acumulare. El poate fi de mai multe feluri: de beton, de anrocamente, de pământ ecranat cu beton, etc.

Aducțiunea reprezintă galeria situată sub nivelul minim din lacul de acumulare prin care se preia apa din lac și se transportă spre centrala electrică. Ea conține galeria forțată (poate fi din beton sau din beton blindat cu blindaj metalic) și conducta forțată (poate fi din beton, sau conductă metalică, ce se amplasează de obicei după nodul de presiune, din considerente de siguranță)

Nodul de presiune este compus din castelul de echilibru și casa vanelor.

Castelul de echilibru este o construcție de siguranță a amenajării și are rolul de a prelua fluctuațiile majore de nivel din sistem și de a le atenua astfel încât să nu ajungă să producă catastrofe sau pierderi ireparabile în instalațiile amenajării.

Casa de vane are rol de siguranță, reglaj și întreținere a aducțiunii și este reprezentată de o construcție care conține cel puțin două vane amplasate pe conducta de aducțiune.

Centrala hidroelectrică cuprinde următoarele: clădirea centralei, sala mașinilor (turbinele și generatorul), instalațiile din centrală (furnizează agenții necesari bunei funcționări a agregatelor: apă de răcire, ulei sub presiune, aer comprimat, sau asigură epuismul - eliminarea apei, stingerea incendiilor, aer condiționat), mașinile de ridicat (podul rulant și diverse trolii de manevră), camera de comandă (panouri electrice și automatizate pentru comenzile de la distanță a închiderii - deschiderii diverselor echipamente, ridicarea - coborârea stăvilor segment pentru deversare controlată, închiderea-deschiderea vanelor sferice, etc).

Avantajele amenajărilor hidroelectrice

Prin utilizarea amenajărilor hidroenergetice se reduc pierderile de energie față de curgerea din albia naturală și mai mult chiar, debitele de apă din lacurile de acumulare pot fi controlate. Controlul debitelor în lacurile de acumulare joacă un rol foarte important în problema colmatării, o problemă deosebit de importantă, deoarece determină reducerea capacității utile și de atenuare a duratei de funcționare a lacurilor, afectând astfel folosințele de apă și crescând riscul de inundație.

Față de energia obținută prin arderea combustibililor clasici (petrol, cărbune, gaze naturale) sau reacțiile metalelor radioactive (uraniu îmbogățit, plutoniu), energia electrică obținută prin amenajarea cursului râurilor sau fluviilor este în primul rând nepoluantă, din punct de vedere al faptului că nu eliberează în mediul înconjurător nici un fel de noxe.

Amenajările hidroenergetice constituie un exemplu de folosință complexă, (amenajarea hidrenergetică a râului Argeș, amenajarea Bistriței în sectorul Bicăz, amenajarea Porțile de Fier - Dunăre) deoarece apa acumulată într-un lac artificial poate fi folosită în același timp pentru producerea de energie, alimentarea cu apă a zonelor agricole (irigații), alimentarea cu apă potabilă sau industrială a centrelor apropiate, piscicultură, combaterea eroziunii solului, agrement, etc.

De exemplu, la amenajarea Bistriței în sectorul Bicăz, datorită lacului de acumulare de la Izvorul Muntelui, în afara efectului energetic, se mai realizează irigarea a 300 000 hectare teren agricol în câmpia Bărganului, atenuarea cu 60% a debitelor catastrofale ce se produceau pe valea Bistriței și Siretului și alimentarea cu apă a centrelor industriale din aval de hidrocentrala Bicăz (Roznov, Săvinești etc).

La amenajarea porților de Fier, prin barajul creat pe Dunăre, se asigură posibilitatea realizării unei producții de energie de 10 miliarde kWh, îmbunătățirea condițiilor de navigație și sporirea

traficului fluvial pe acest sector.

Amortizarea cheltuielilor construcțiilor executate se face relativ rapid, astfel încât investițiile ulterioare sunt minime, numai pentru întreținere, ceea ce conduce la un cost redus al kilowatt-ului, în comparație cu centralele termice la care combustibilul are costuri din ce în ce mai ridicate.

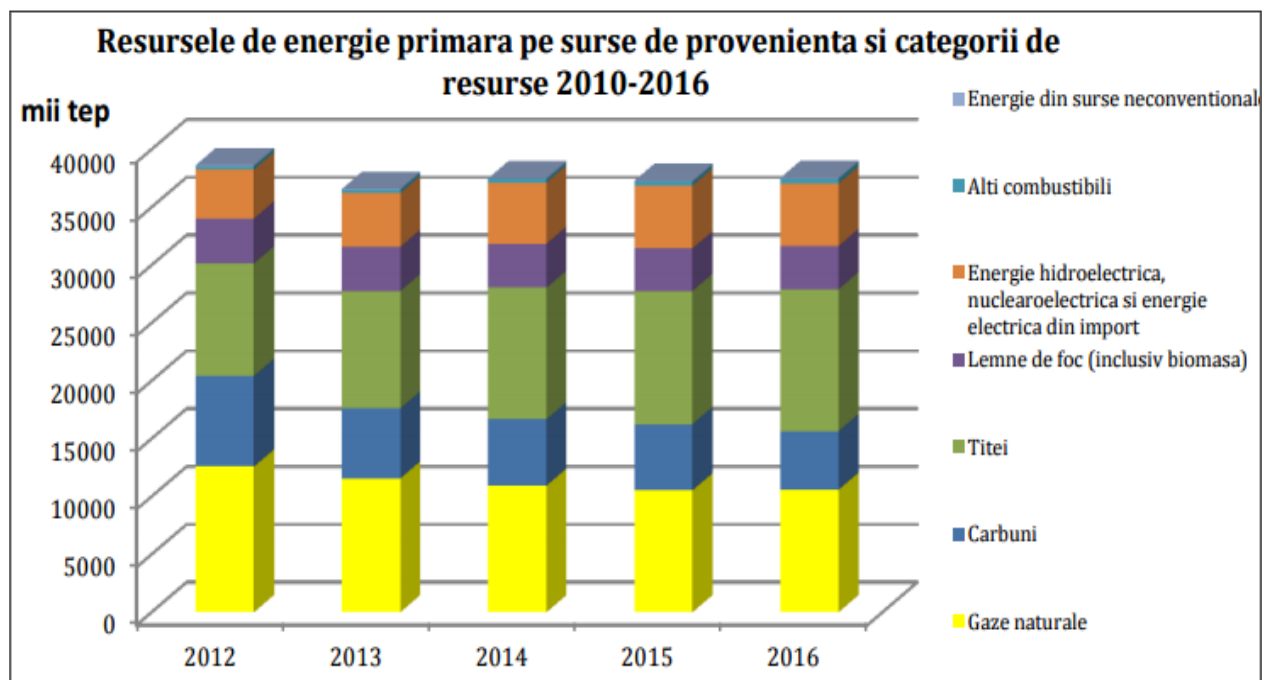
Dezavantajele constau în modificarea biotopului înconjurător, modificare cauzată de toate elementele impuse de construcțiile aferente amenajărilor, în necesitatea exproprierilor terenului din calea construcțiilor, precum și din punct de vedere meteorologic, în anii secetoși care pot scădea dramatic nivelul în lac.

Pe plan mondial, dintre toate sursele de energie regenerabile, aceasta a fost cel mai mult folosită, deși în ultima vreme punerea în aplicare a unor programe hidroenergetice din țări în curs de dezvoltare a fost temporizată din motive financiare, sociale, sau ecologice. Numai o mică parte din potențialul hidroenergetic din țările în curs de dezvoltare este utilizat: 5% în Africa, 8% în America Latină, 9% în Asia. China a captat cam 10% din potențialul său exploatabil de 378 GW, cel mai mare din lume. În țările industrializate se folosește mai mult din potențialul hidroenergetic - 26% în țările membre ale Organizației pentru Cooperare și Dezvoltare Economică și 52% în SUA.

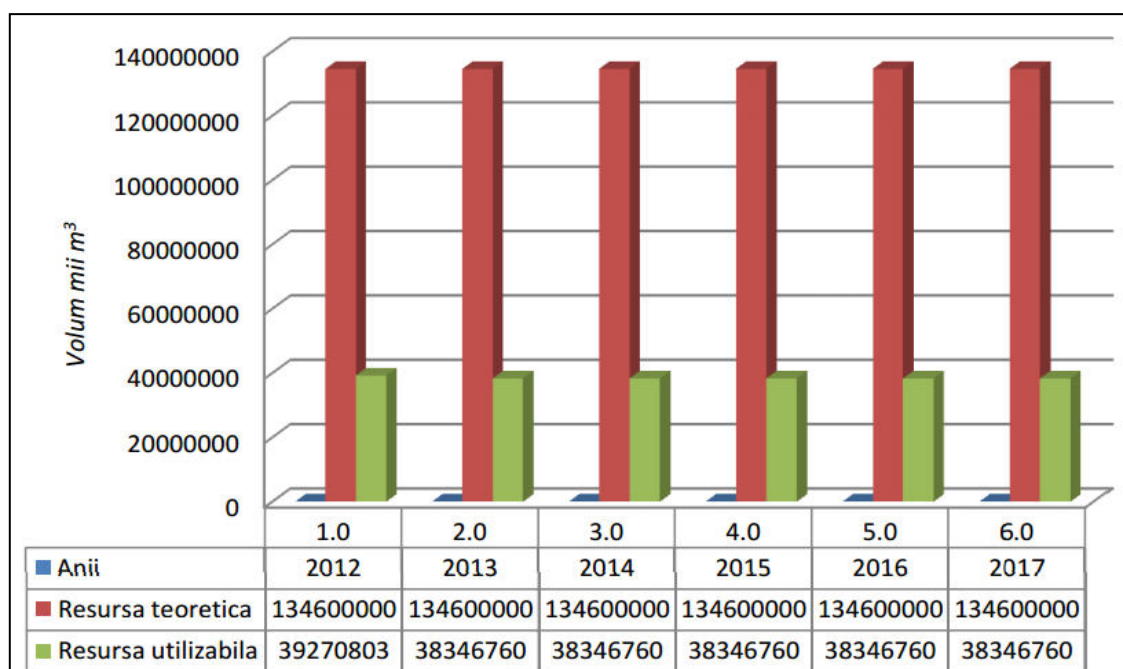
4.2. Potențialul hidro în România

În România zilelor de azi este mult mai avantajoasă obținerea energiei electrice din hidrocentrale, deoarece acestea sunt existente, nu necesită import de combustibili și sistemul hidrotehnic este foarte bine organizat.

Producția de energie electrică în perioada 2012-2016 (<http://www.insse.ro/>)



Evoluția resursei de apă teoretică și utilizabilă în perioada 2012-2017



Resurse

le de apă potențiale și tehnic utilizabile pentru anul 2017 sunt redade în tabelul de mai jos.

Sursa de apă Indicator de caracterizare	Total mii. mc.
<u>A. Râuri interioare</u>	
1. Resursa teoretică	40 000 000
2. Resursa existentă potrivit gradului de amenajare a bazinelor hidrografice *	13 679 121
3. Cerința de apă a folosințelor, potrivit capacităților de captare aflate în funcțiune	3 245 288
<u>B. Dunăre (direct)</u>	
1. Resursa teoretică (în secțiunea de intrare în țară) **	85 000 000
Resursa utilizabilă în regim actual de amenajare	20 000 000
2. Cerința de apă a folosințelor potrivit capacităților de captare aflate în funcțiune ***	3 050 420

Potențialul hidroenergetic în România

Bazinul	Suprafața km ²	Potențial hidroenergetic				
		De precipit.	De scurgere		Teoretic	Tehnic
		GWh/an	GWh/an	% E _p	TWh/an	TWh/an
Someș	18.740	23.000	9.000	39	4,20	2,20
Crișuri	13.085	10.500	4.500	43	2,50	0,90
Mureș	27.842	41.000	17.100	42	9,50	4,30
Jiu	10.544	13.000	6.300	48	3,15	0,90
Olt	24.507	34.500	13.300	38	8,25	5,00
Argeș	12.424	12.500	5.000	40	3,10	1,60
Ialomița	10.817	8.500	3.300	39	2,20	0,75
Siret	44.993	44.500	16.700	37	11,10	5,50
Total râuri interioare	237.500	230.000	90.000	39	51,50	24,00
Dunăre	-	-	-	-	18,50	12,00
Total România	237.500	230.000	90.000	39	70,00	36,00

Conform datelor Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor (INHGA) se estimează că în intervalul 2021-2050, debitele medii anuale ale râurilor vor scădea cu 20-30% și cu 30- 40% până în 2071-2100. În acest context, schimbările suferite de debitele râurilor impun o serie de măsuri de adaptare pentru asigurarea resurselor de apă atât pentru populație cât și pentru sectorul energetic, industrial și agricol.



4.3. Bibliografie recomandată

- <https://www.hidroelectrica.ro/>
- <http://www.anpm.ro/documents/12220/2209838/Raport+stare+mediu+anul+2017.pdf/12fc7560-32e3-4540-8c36-2432fe7674ae>
- <http://www.insse.ro/>

Capitolul 5. ENERGIA GEOTERMICĂ

Cuvântul „geotermic” provine din grecescul „geo” – pământ și „therme” – căldură, deci căldura pământului.

Spre centrul Pământului temperatura crește constant cu câte 1 °C la fiecare 36 m, ajungându-se în centru la temperaturi de până la 6000 °C.

Căldura din interiorul Pământului se scurge continuu spre exterior. Când temperatura și presiunea devin destul de ridicate, roca din mantie se topește și devine magmă. Aceasta fiind mai ușoară se ridică încet spre scoarță ducând cu ea și căldura. Cele mai interesante zone, sunt cele din vecinătatea contactului între plăcile intercontinentale, caracterizate de o intensă activitate vulcanică. În astfel de situații, magma ajunge până la suprafață unde devine lavă, dar cel mai des rămâne sub scoarță încălzind roca și apa alăturată ei chiar până la 700 °C. O parte din această apă, ajunge la suprafața solului prin fisuri (izvoare termale și gheizere), însă cea mai mare parte rămâne în subteran, prinsă în bazin de roca poroasă, formând așa-numitele rezervoare geotermice.

Din cele mai vechi timpuri, oamenii au folosit energia geotermică ce ajungea la suprafața pământului sub forma izvoarelor calde.



Evident cel mai des era folosită în scop menajer sau de relaxare – băi termale. Romanii de exemplu, foloseau aceste ape pentru a se vindeca de boli de ochi și de piele, iar cei din Pompei la încălzirea locuințelor. De asemenea, indienii americani foloseau în trecut apa geotermică în medicină și la prepararea mâncărilor.

Astăzi, numeroși geologi, geochimiști și ingineri fac cercetări în scopul găsirii locațiilor adecvate și a rezervoarelor geotermice pentru a putea amplasa sondele de producție.

Apoi, odată ce apa caldă sau vaporii de apă ajung la suprafață, pe lângă efectul terapeutic, se pot utiliza și pentru generarea de electricitate, în centralele electrice geotermice utilizându-se atât apa caldă, cât și vaporii de apă, sau un fluid de lucru ce acționează turbina generatorului care produce electricitate. Apa geotermică folosită este înapoiată Pământului cu ajutorul unor sonde de injecție pentru a menține presiunea din interiorul rezervorului geotermic.

În 1904 Prince Piero Ginori Conti, în localitatea Larderello a făcut primul experiment de obținere a electricității cu ajutorul aburului geotermic. În această zonă se produce energie electrică și astăzi.

În anul 1999 s-au produs 8,217 MW din 250 de centrale electrice geotermice funcționând continuu, în 22 de țări din lume și furnizând energie electrică pentru aproximativ 60 de milioane de oameni, majoritatea din țările dezvoltate.

5.1. Centrale geotermice

Clasificarea centralelor geotermice

Corespunzător diferitelor tipuri de rezervoare geotermice (în funcție de presiunea și temperatura din interiorul acestora) se pot diferenția trei tipuri de centrale geotermice:

- Dry steam power plant (centrale cu abur uscat)
- Flash steam power plant (centrale cu apă)
- Binary cycle power plant (centrale cu circuit închis)

Centrale cu abur uscat

Doar câteva rezervoare geotermice produc mult abur și foarte puțină apă. În acest caz, aburul trece printr-o conductă și lovește direct paletetele turbinei. Cea mai mare centrală geotermică de acest tip se află la 90 de mile nord de San Francisco.

Centrale cu apă

Marea majoritate a rezervoarelor geotermice produc apa fierbinte care este folosită în cazul acestor centrale geotermice. Apa este pompată la temperatură mare (180-190 °C) și la presiune ridicată iar când ajunge într-un rezervor, presiunea scade brusc și o parte va fi transformată în abur care va acționa elicele turbinei. Acest tip de centrale este cel mai răspândit, deoarece rezervoarele geotermice se găsesc sub formă de apă fierbinte.

Centrale cu circuit închis

Rezervoarele geotermice care au o temperatură de 120 – 180 °C nu au destulă căldură pentru ca apa ajunsă la suprafață să se transforme în vapori, însă pot fi folosite la crearea de electricitate în centralele cu circuit închis. Într-o centrală de acest tip, apa fierbinte trece printr-un schimbător de căldură, unde căldura este transferată unui alt lichid numit *fluid de lucru* (de ex. izopentanul) care fierbe la temperatură mai joasă decât apa. Acest fluid rotește paletetele turbinei și apoi este condensat, reluându-se ciclul fără a se produce emisii în atmosferă.

5.2. Utilizări neelectrice ale energiei geotermice

Căldura din interiorul pământului mai are și întrebuințări *directe (non electrice)* cum ar fi în agricultură, industrie, dar cea mai importantă este folosirea pentru încălzirea locuințelor. Acest lucru se poate realiza: folosind rezervoarele geotermice sau cu ajutorul *pompelor de căldură*. La câțiva metri adâncime în scoarță, pământul are temperatură constantă în orice punct al globului, pe când temperatura din atmosferă se modifică în funcție de anotimpuri. Apa din rezervoarele geotermice la temperaturi de la 10 până la 150 °C este folosită direct din pământ în:

- balneologie pentru tratarea reumatismului
- agricultură pentru încălzirea serelor
- piscicultură pentru a scurta timpul de dezvoltarea al peștilor
- industrie pentru uscarea lemnului
- încălzirea locuințelor

Ultima este o utilizare foarte importantă deoarece pe această cale se poate furniza căldura pentru cartiere întregi. Sistemul folosește apa caldă din rezervoarele geotermice care trecând printr-un schimbător de căldură va fi transferată locuințelor cu ajutorul unor *pompe de căldură*, care mențin temperatura din interior la un nivel confortabil. Primul sistem de încălzire de acest tip a fost folosit în Boise, Idaho. Asemenea sisteme sunt folosite și în Rusia, China, Franța, Suedia, Ungaria, România și Japonia, cel mai mare sistem de încălzire a locuințelor fiind la Reykjavik.

În funcție de anotimp sistemul este folosit pentru încălzire sau răcire.

Astfel, apa fierbinte este adusă prin țevi la un schimbător de căldură și apoi transferată în spații închise pentru a fi încălzite. Pe timp de vară, fluidul de lucru, circulând continuu prin rețelele de țevi din interiorul clădirilor, preia căldura, pe care o transferă, printr-un schimbător de căldură, pământului. Sistemele de încălzire a locuințelor se folosesc totuși de o cantitate mică de energie electrică dar randamentul rămâne destul de mare. Astfel se reduce consumul de energie electrică, cu până la 30-60% deoarece în acest caz electricitatea este folosită pentru transferul căldurii și nu pentru a o produce.

5.3 Potențialul geotermic în România

Spre deosebire de utilizarea căldurii pământului extrasă din rezervoarele geotermice , utilizarea sistemelor de încălzire cu pompe de căldură se poate face oriunde pe suprafața globului.

Cercetările hidrogeologice efectuate în Câmpia de Vest, au delimitat șapte câmpuri geotermale, dintre care aproape jumătate din județele Arad și Timiș, cu temperaturi medii cuprinse între 60 – 100 °C. În afara resurselor geotermale certe din Câmpia de Vest, aria acestora s-a extins și în zonele Olt, Gorj - Tg. Jiu, Dolj – Craiova - Filiași, Vâlcea – Drăgășani, Teleorman – Videle, Buzău – Siriu, Dâmbovița, București, Giurgiu, Brăila, Covasna, Sălaj, etc.

Pentru o valorificare energetică, cât mai competentă a apelor geotermale se impun:

- asocierea la aceeași sursă a consumatorilor cu caracteristici de consum diferite în timp;
- înscrierea consumatorilor care necesită niveluri diferite de temperatură ale agentului termic

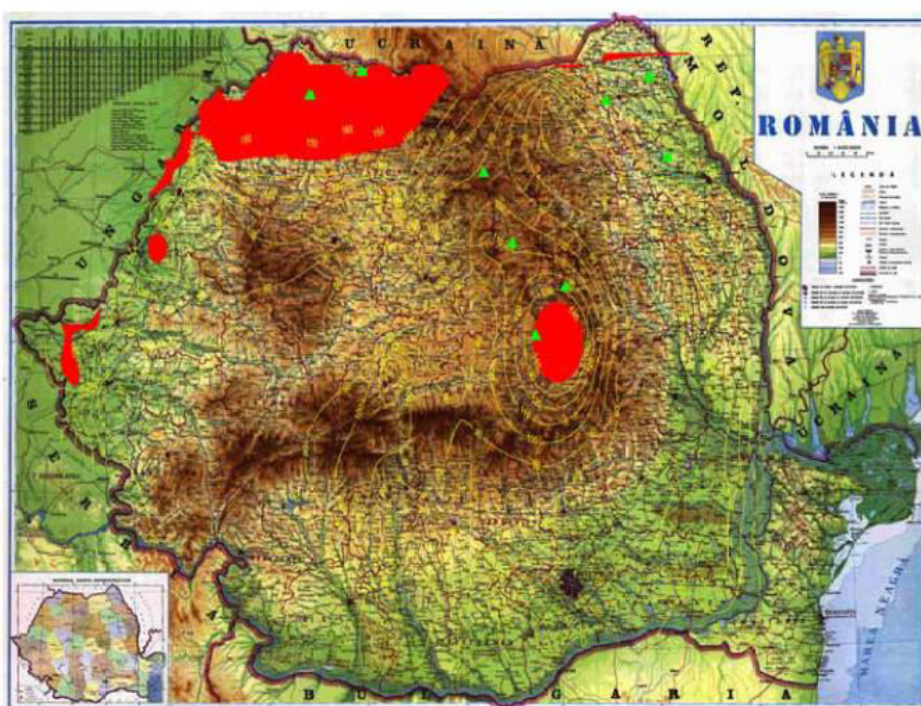
O mare importanță însă o prezintă problema calității apelor geotermale sub aspectul stabilității și compatibilității cu componentele instalației de valorificare a acestui tip de ape.

Este cunoscut faptul că majoritatea apelor provenite de la forajele din Câmpia de Vest produc fenomene de coroziune și depunere la utilizarea în instalații. În unele cazuri au constituit un factor de poluare a mediului datorită deversării lor în emisari, în condițiile în care aceste ape conțineau substanțe nocive (fenoli, hidrocarburi).

Pentru tratarea apei geotermale, metoda chimică utilizată se bazează pe eliminarea depunerilor de crustă din instalațiile obișnuite de preparare a apei calde de consum. Această metodă constă în injectarea continuă a unei soluții apoase pe bază de polifosfați care leagă cationii alcalino-pământoși (Ca, Mg) sub forma unor combinații solubile în apă.

Pe baza unor date termodinamice care caracterizează unele ape hipertermale din vestul țării, din punct de vedere al caracterului lor încrustat sau agresiv, a fost elaborat un ABAC pentru calculul PH-ului de echilibru și a conținutului de CO₂ de echilibru pentru țării ionice ridicate și temperaturi cuprinse între 0 – 100 °C, caracteristice apelor hipertermale. Cu ajutorul ABAC-ului s-a stabilit că majoritatea apelor hipertermale din vestul țării prezintă caracter încrustant.

Când se pune problema utilizării apei geotermale este necesară realizarea unui calcul tehnico-economic comparativ cu alți agenți purtători de căldură la dispoziție spre a alege varianta optimă, atât în ceea ce privește termenul de recuperare, indicatorii tehnico-economici ai producției, cât și economisirea unor materiale deficitare și combustibili convenționali. Această utilizare se poate face numai după studierea atentă și corectă a tuturor factorilor calității, cantitativi, de schemă, ecologici și economici pentru găsirea soluției optime.



LEGENDA

- ▲ Sonde în care s-au efectuat determinări de temperatură
- Geozotermă (grad C) pentru adâncimea de 3000 m
- Locații unde temperatura la adâncimea de 3000 m depășește valoarea de 140 °C, prezentând perspective pentru valorificare în scopul conversiei energiei geotermice în energie electrică.

Sursa: IGR, 2006

Avantajele folosirii energiei geotermice

- Spre deosebire de alte surse de energie în utilizarea acesteia, pe lângă faptul că este **aproape** neepuizabilă, nu se produc emisii în atmosferă deci nu contribuie la efectul de seră.
- Consumul de combustibil (energie electrică) este foarte redus
- Din momentul în care este construită o centrală geotermică, energia produsă este practic gratis, chiar dacă este nevoie de puțină energie pentru acționarea pompelor, aceasta este mai mică decât cea produsă.

Dezavantaje

- În cazul centralelor geotermice, cea mai mare problemă este că locurile unde ar putea fi construite nu întrunesc anumite condiții cum ar fi acelea că roca este prea tare sau adâncimea este peste posibilitățile forării.
- Uneori rezervorul geotermic poate să rămână fără vapori, poate chiar pentru câteva decenii
- Există riscul ca minerale sau gaze să se ridice la suprafață.
- Apele de adâncime și apele geotermale, au un nivel de radioactivitate naturală mult mai ridicat decât apele de suprafață sau cele freatice, datorită unor conținuturi mai mari îndeosebi de uraniu, radu și radon.

S-a constatat că datorită proprietăților fizico-chimice diferite ale uraniului, radiului și radonului, primul rămâne aproape în totalitate în profunzime, în timp ce antrenarea spre suprafață a radiului și a radonului are posibilități mult mai mari. Chiar și radiul este uneori, în funcție de condițiile geologice de zăcământ, numai parțial antrenat de apă spre suprafață, în timp ce radonul, mult mai ușor dizolvat și transportat, devine un martor frecvent al dezintegrării radioactive din profunzime.

Așadar, posibilitatea existenței unor concentrații semnificativ crescute de radionuclizi poate deveni factor direct implicat în viața și starea de sănătate a populației, în păstrarea nealterată a condițiilor de mediu înconjurător. Implicit, problema își deplasează ponderea de la nivelul de factor natural cu valoare terapeutică, folosit sporadic și nu numai de anumite grupe de populație cum ar fi vârstnicii, la aspecte legate de acțiunea sa asupra unor grupe mari de populație care cuprind pe cea tânără și de vârstă medie (ștranduri termale, utilizări industriale, menajere, sere, irigații, etc), devenind astfel o problemă de sănătate publică, cu adresă precisă atât pentru activitatea de igienă cât și pentru factorii tehnici care dau în folosință sau exploatează aceste resurse.



5.4. Bibliografie recomandată

- EMERG – *Energie.Mediu.Economie.Resurse.Globalizare* Vol I-IV, Ed. AGIR, 2007
- Predescu, M., *Conversia energiilor regenerabile*, Ed. Electra, 2005
- <http://www.mmediu.ro/>
- <http://oer.ro/>

Capitolul 6. ENERGIA SOLARĂ

6.1. Conversia fotoelectrică și fototermică

Energia solară este forma de energie reînnoibilă/inepuizabilă și neconvențională, având ca sursă de producere, radiația solară directă.

Radiația este un flux de fotoni, care se propagă cu viteza luminii, fiecare foton având energia $\varepsilon = h \cdot \nu$ cu ν fiind notată frecvența, iar h constanta lui Planck.

Radiația termică este cuprinsă într-un interval de frecvență $\Delta \nu = 0,02 \div 10^3 \text{ Hz}$

Viteza de propagare a luminii în diverse medii este:

$$c = \frac{c_0}{n} \cdot \lambda \nu$$

în care c_0 reprezintă viteza de propagare a luminii în vid ($c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$), n indicele de refracție, iar λ lungimea de undă corespunzătoare frecvenței ν .

Lungimea de undă corespunzătoare radiației termice are valori cuprinse între $0,2 \div 5 \text{ }\mu\text{m}$. Orice corp cu $T > 0 \text{ K}$ emite radiație termică, dar nu numai (poate emite de ex. și radiație electromagnetică).

Capacitatea unui corp de a emite radiații de orice tip este cunoscută sub denumirea de *emisivitate*.

În prezent, există patru moduri de conversie a energiei radiante solare:

- în energie mecanică, purtând denumirea de **conversie fotomecanică**;
- în energie calorică, purtând denumirea de **conversie fotocalorică**;
- în energie chimică, purtând denumirea de **conversie fotochimică**;
- în energie electrică, purtând denumirea de **conversie fotoelectrică**

Conversia fotomecanică, bazată pe presiunea luminii este cea mai puțin dezvoltată.

Conversia fototermică determină condițiile climatice și meteorologice de pe planetă, precum și formarea și conservarea ciclului apei pe glob.

Conversia fotochimică și fototermică asigură condițiile de viață pe glob, iar **conversia fotoelectrică** este de cea mai mare perspectivă, fiind deja sursa exclusivă pentru industria aerospațială. Pe glob, aceasta din urmă reprezintă principala sursă de energie pentru consumatorii izolați.

Pentru a transforma energia solară, captarea acesteia se face punctual sau liniar. S-a calculat că soarele ne va mai livra energie încă multe miliarde de ani de acum încolo.

Pentru folosirea energiei viitorului cele două posibilități tehnice de transformare a radiației solare în energie electrică și în energie termică au în prezent o largă aplicabilitate.

Astfel, instalațiile ce utilizează radiația solară și o transformă în energie electrică sunt **celulele fotovoltaice**.

O astfel de instalație este compusă de regulă din mai multe module care transformă razele solare în curent electric. Un astfel de modul este compus din mai multe celule fotovoltaice.



Celule fotovoltaice

Pentru acestea se folosește siliciu monocristalin sau policristalin, în funcție de procedeul de producție. Ele se compun din straturi din material semiconductor dotat în mod diferit (de exemplu cu fosfor, arsen, bor sau iridiu), care au proprietatea de a transforma lumina solară direct în tensiune electrică fără a se consuma. Această proprietate se numește efect fotovoltaic, iar tehnica, ce a

preluat această denumire, este fotovoltaică (PV). Principiul constă în producerea unei tensiuni electrice între celula asupra căreia cad razele solare și cea care este plasată în spatele ei. Prin acest circuit trece curent electric. În concluzie, *generarea curentului electric cu ajutorul celulelor fotovoltaice se face pe baza proprietății materialelor semiconductoare de a elibera electroni atunci când sunt iradiate cu lumină solară.*

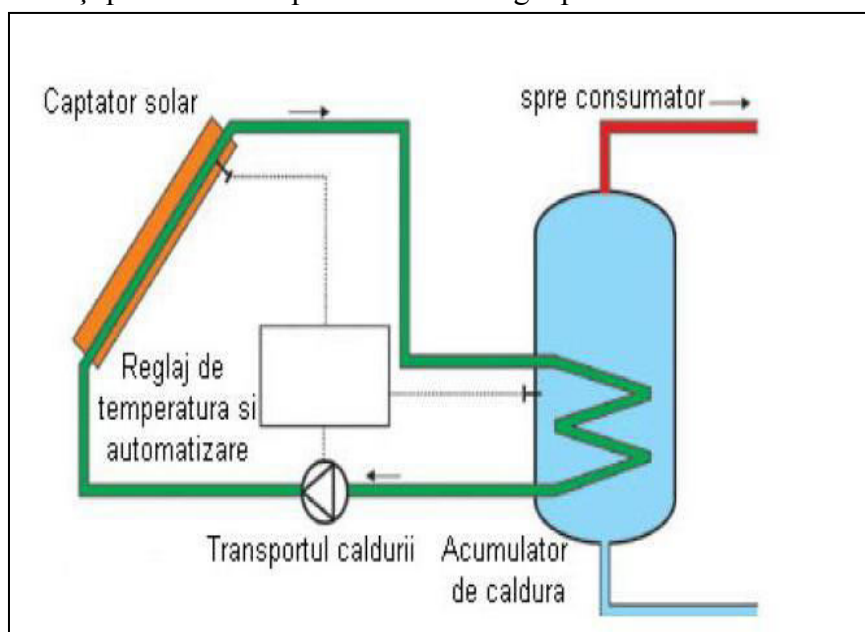
Până de curând aproape toate celulele solare erau făcute din siliciu. Cea mai mare cotă de piață o au celulele din siliciu monocristalin și policristalin, care sunt produse prin tăiere din blocuri de siliciu de 12,5 x 12,5 cm și o grosime de 0,3 mm. Ele dau un randament destul de bun de 18%, respectiv 16%. Celulele din siliciu amorf (cota de piață de 20%), care sunt produse cu mai puțin material și deci și mai ieftine, au un randament de doar 7,5%, care se mai diminuează ca grad de randament al modulului. Siliciul amorf poate fi aplicat ca strat cu o grosime de doar câteva miimi de milimetru pe un substrat.

Produse pe suprafețe mari, ele reduc astfel necesarul de circuite dintre celule, ceea ce permite o mai bună folosire a suprafeței. Astfel, sunt posibile soluții eficiente din punct de vedere economic și cu această tehnologie. Pentru ambele tipuri de celule, producătorii oferă o garanție de 20 până la 25 de ani. Alte tehnologii, precum cea cu cadmiu-telurid sau cupru-indiu-selenid (CIS, CIGS), care, de asemenea, pot fi aplicate în straturi subțiri, au jucat un rol secundar până acum, ele fiind folosite doar la scară mică. Pentru a produce curent electric, ce poate fi folosit, se cuplează de regulă 36 până la 72 de celule. Dar celula care este expusă celei mai reduse intensități ale luminii solare decide asupra fluxului de curent și cu aceasta asupra randamentului întregului modul. De aceea, deja mici conuri de umbră pot limita puternic randamentul. Aceasta, cu atât mai mult, cu cât în practică sunt cuplate de regulă până la patru "strings", acestea fiind cablate între ele. Instalațiile fotovoltaice sunt folosite de sine stătătoare sau cuplate.

Sistemele de sine stătătoare sunt cele de dimensiuni mici, ca de exemplu cele din domeniul camping-ului sau cele pentru semnele de circulație, care au nevoie de un acumulator reîncărcabil. Instalațiile de dimensiuni mai mari, pe acoperișuri sau fațade sunt folosite cuplat la rețeaua electrică, pentru a o alimenta cu energia astfel produsă. Pentru aceasta, curentul electric produs de instalația fotovoltaică cu o tensiune de 400 V, trebuie convertit în curent alternativ cu tensiune de 230 V. Această conversie se face cu ajutorul unui aparat, care face cam 15 - 20% din investiția totală, necesară pentru un sistem de mărime medie, fiind singura componentă supusă unui anumit grad de uzură. Pe deasupra, prin el se și pierd anumite procente din energia produsă.

Dacă se ține cont de realizările europene din ultimii 20 de ani în fabricația celulelor fotovoltaice se observă că eficiența acestora pentru aplicații comerciale, aproape că s-a dublat; randamentul este între 6÷18 %, fapt pentru care ele sunt preferate numai pentru locurile izolate.

Instalațiile solare termice care realizează conversia radiației solare în energie termică folosită la încălzirea apei menajere, se compun din colectori solari, depozitori termici, un circuit de țevi și un regulator.



Instalație de conversie fototermică

Colectorii captează razele solare și transportă căldura către un mediu portant. De regulă, acest sistem se folosește pentru încălzirea apei menajere, dar se poate folosi și pentru instalația de încălzire, sau - în cel mai simplu caz - la încălzirea apei piscinei. Colectorii sunt instalați de regulă pe acoperiș, asigurând astfel alimentarea cu apă caldă a unei gospodării pe o perioadă lungă din an, acoperind doar puțini metri pătrați.

Mărimile caracteristice și randamentul unui captator

P_{optic} = $S \cdot \delta \cdot \rho \cdot \eta_g$ reprezintă puterea radiației solare

S este suprafața la care este incidentă puterea radiației solare

δ - coeficient de reflexie

ρ este densitatea de putere optică, ce se măsoară în $[W/m^2]$ și are valoarea 1 în situația în care captatorul, absoarbe tot

η_g - randamentul geometric al captatorului, ce depinde de forma și natura materialului din care este confecționat acesta și de calitatea suprafeței de incidență

T_0 este temperatura mediului ambiant

T_c - temperatura captatorului

Δ - încălzirea fluidului de lucru

P_{radiant} reprezintă puterea radiată de captator

$P_{\text{conv}}(s)$ este puterea calorică datorată convecției prin suprafața s

Indiferent de temperatura la care se află, captatorul radiază căldură, ca orice corp încălzit. Astfel:

$$P_{\text{rad}} = S_1 \cdot [(T_c + \Delta T)^4 - T_0^4] \cdot \sigma \cdot \epsilon_c$$

în care S_1 este suprafața de emisie, ce nu coincide neapărat cu S

ϵ_c este coeficient de emisie specific oricărui corp subunitar, ce depinde de natura și geometria captatorului

σ este constanta lui Boltzmann; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2$

Din P_{optic} primită, captatorul absoarbe

$$P_{\text{abs}} = S \cdot \delta \cdot \rho \cdot \eta_g \cdot \alpha_c = P_{\text{optic}} \cdot \alpha_c$$

unde α_c reprezintă un coeficient de absorbție, ce depinde de natura, materialul și geometria captatorului.

Puterea termică sau căldura eliberată de captator prin convecție este proporțională cu ΔT și suprafața de contact s .

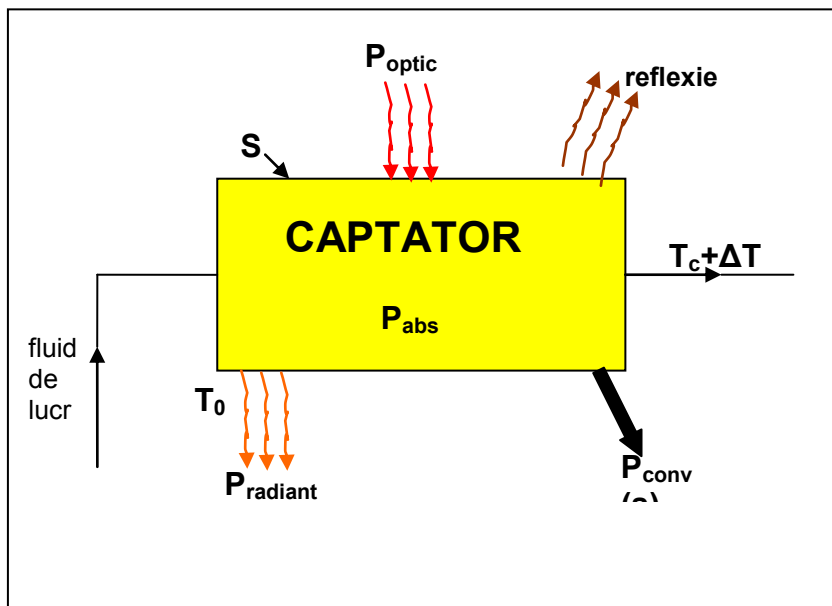
$$P_{\text{conv}} = s \cdot (T_c + \Delta T - T_0) \cdot h_c$$

în care h_c este un parametru ce depinde de vânt (curenții exteriori captatorului) și care are valoarea 1, dacă nu există vânt sau curenți exteriori captatorului.

$$P_{\text{termică}}^{\text{utilă}} = P_{\text{abs}}^{\text{utilă}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{rad}} - P_{\text{conv}}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{abs}}^{\text{utilă}}}{P_{\text{optic}}}$$

Expunerea către sud, respectiv către direcția de insolație maximă și montarea panourilor la aceeași înclinație cu cea a latitudinii geografice a locației, constituie condițiile esențiale ale unei eficiențe maxime. Montarea trebuie făcută în funcție de specificul fiecărui amplasament în parte,



astfel încât să se obțină o durată maximă de expunere la soare a captatorului plan, ținându-se în același timp seama de umbra aruncată de relief, vegetație și construcțiile învecinate.

Pe timp de vară și în locuri izolate, energia electrică necesară funcționării sistemelor de automatizare (pompa și comenzi) poate fi asigurată cu ajutorul celulelor fotovoltaice.

■ După natura instalațiilor, sistemele de încălzire solară se împart în:

I. Sisteme pasive

Sistemele solare pasive sunt denumite astfel pentru că nu necesită pompe de recirculare sau alte mecanisme cu părți în mișcare și nu au nevoie de energie electrică pentru a funcționa. Instalații solare pasive tipice sunt sistemele cu termosifonare și colectoarele integrale cu stocare.

II. Sisteme active

Sistemele solare active folosesc pompe electrice de recirculare și electrovalve pentru a controla fluxul de agent termic. Acest lucru oferă flexibilitate sporită față de sistemele pasive, pentru că rezervorul de apă caldă nu trebuie să fie deasupra colectorului solar. În plus, acest tip de instalații e proiectat pentru a funcționa pe toată durata anului, fără pericol de îngheț. Instalațiile solare cu sau fără scurgere, în buclă închisă sau deschisă sunt sisteme active.

■ După tipul transferului de căldură, sistemele solare pot fi:

A. Sisteme solare cu transfer direct

Sunt acele sisteme care permit încălzirea apei menajere *direct în colector*, la sistemele cu circuit deschis. Ele nu pot fi folosite în aplicații în care apa de încălzit este dură sau acidă, datorită apariției riscului de colmatare sau corodare a instalației.

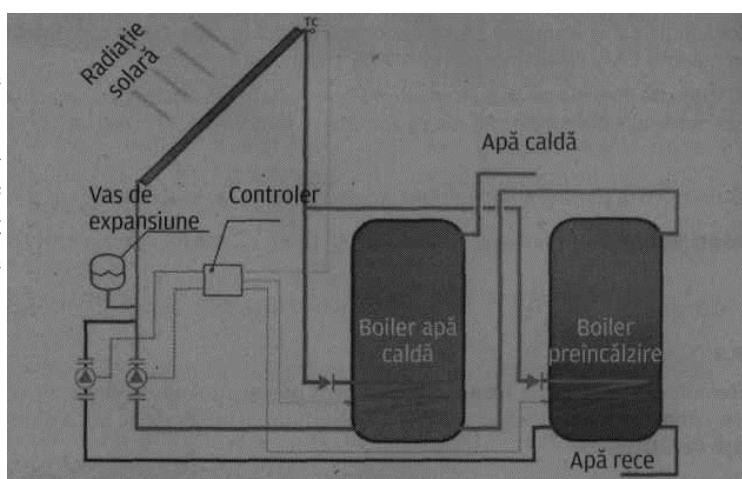
B. Sisteme solare cu transfer indirect

Sunt sistemele care permit încălzirea apei menajere prin *intermediul unui schimbător de căldură*, la sistemele cu circuit închis.

6.2. Sisteme de încălzire solară

- ▶ sisteme cu panouri solare;
- ▶ colectoare solare cu rezervor integrat;
- ▶ colectoare solare cu tuburi vidate super-conductoare și boiler electric integrat;
- ▶ instalație solară cu boiler de preîncălzire;
- ▶ instalație mixtă de încălzire (solar, combustibil);
- ▶ sistem complex pentru încălzirea apei tot timpul anului;
- ▶ sistem solar complex pentru încălzire și apă caldă.

Principala aplicație de încălzire solară este prepararea apei calde menajere, aplicațiile secundare uzuale fiind încălzirea spațiilor de locuit și a piscinelor. Deși tipurile de sisteme de încălzire solară diferă mult sub aspect constructiv, anumite componente se regăsesc la toate variantele constructive.



Instalație solară cu boiler de preîncălzire

Sistemul complex pentru încălzirea apei tot timpul anului

Principiul de funcționare

Două sau mai multe panouri solare plane sau cu tuburi vidate amplasate pe acoperiș sau pe pereții dinspre sud ai locuinței. Tancul acumulator solar amplasat în interiorul locuinței, cu volum de 200 - 300 litri. Sistemul poate fi presurizat lucrând la presiunea apei din rețea sau nepresurizat, unde apa se menține în tancul solar la nivel normal printr-un robinet cu flotor.

În funcție de proiect, există variate tipuri de scheme hidraulice de realizare, cu circuit solar separat, prin care circulă agentul termic alcătuit din antigel. Schimbătorul de căldură din circuitul primar poate fi extern sau intern în tancul solar.

Avantaje

- sunt relativ ușor de instalat, lucrează tot timpul anului la presiunea de apă a rețelei;
- au cel mai bun raport calitate - randament - preț;
- au fiabilitate mare, durată de viață peste 20 de ani;
- se pot combina cu sistemul existent de încălzire al reședinței, dar randamentul maxim se obține prin folosirea concomitent a unei pompe de căldură crescând astfel eficiența globală a instalației;
- reduc costurile de încălzire a apei utilitare cu până la 90%, prin utilizarea complementară a pompelor de căldură și cu o bună izolație a componentelor instalației.

Dezavantaje

- Suprafața necesară pentru montaj este mai mare – atât pe acoperiș cât și în interior;
- costurile investiționale sunt mai mari decât la sistemul compact

Utilizare

Este sistemul cel mai folosit la aplicațiile rezidențiale, asigurând apa caldă aproximativ 90% din timpul anului și putând completa necesari de căldură pentru încălzirea spațiilor de locuit în special în perioada primăvară-toamnă. Se utilizează pentru încălzirea apei tot timpul anului.

Componente

- 2 colectoare plane;
- tanc solar de 200 litri din oțel galvanizat cu protecție anodică la coroziune;
- set auxiliar pentru montaj;
- grup automat de pompare compus din: pompă circulație, schimbator de căldură, controler solar, senzori de temperatură, supape siguranță, robineti, supape aerisire, tanc expansiune, manometru, termometru;
- set alimentare apă rece: robineti, robinet cu sens unic, filtru apă.

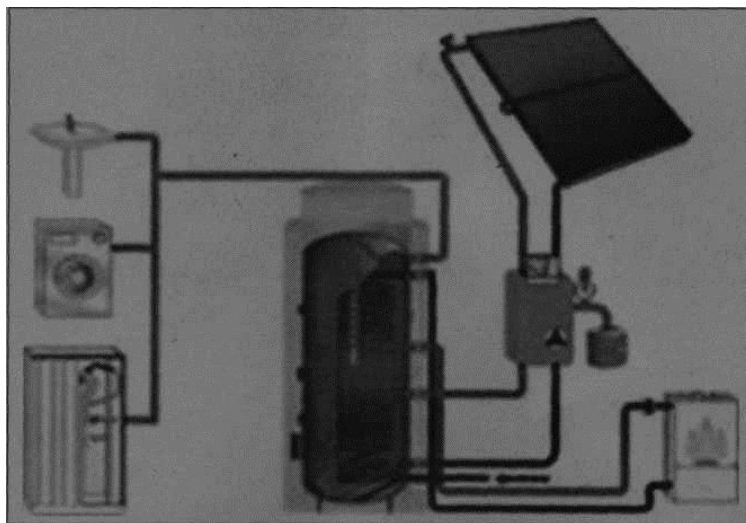
Caracteristici tehnice generale

Colectoarele sunt aceleași ca și la sistemul compact și pot fi colectoare plane sau cu tuburi vidate, în funcție de proiect și cerințele beneficiarului.

Tancurile solare pot fi din inox sau tablă galvanizată și protejate cu anod de consum.

Circuitele termice pot fi multiple, în funcție de proiect și cerințele beneficiarului.

Fiecare instalație este concepută specific pentru fiecare aplicație în parte adaptată sinergic cu sistemul de încălzire existent sau nou conceput.



Sistem complex pentru încălzirea apei tot timpul anului

Avantajele utilizării energiei solare pentru încălzire

- **Este gratuită!!!** Nu va fi influențată în nici un fel de creșteri ulterioare de preț;
- **Instalațiile nu necesită practic nici un fel de întreținere;**
- **Nu consumă nici un fel de combustibil;**
- **Este total nepoluantă;**
- **Investiția într-o astfel de instalație se justifică**, deoarece cantitatea de energie solară care ajunge zilnic la nivelul Pământului este în medie de $3,4 - 4,4 \text{ kWh/m}^2$.
- **Instalația solară**, dacă este corect dimensionată și numărul de panouri (tuburi) este suficient, **poate asigura integral sau în cea mai mare parte necesarul de căldură în locuință**. Totul depinde de modul în care este construită casa (expunere sudică, vânturi exterioare, dar mai ales modul în care este realizată izolația termică a construcției);
- **Este mai bună decât o instalație pe gaz sau alt combustibil**. Instalația solară ar trebui văzută ca dispozitiv auxiliar al unei instalații convenționale, mai ales la o construcție existentă, al cărei grad de izolație termică nu permite încălzirea casei numai solar. Chiar dacă nu e soare în fiecare zi, energia solară colectată corect va asigura 60 – 70% din costurile combustibililor clasici;
- **Instalațiile de încălzire solară, funcționează și iarna**. Datorită construcției tuburilor din sticlă, temperatura exterioară nu influențează funcționarea instalației, ea va produce apă caldă, absorbind radiația solară în orice anotimp. Bineînțeles că iarna, ziua fiind mai scurtă, perioada de insolație zilnică este mai mică, dar se calculează numărul necesar de panouri astfel încât să se asigure în acumulatorul termic, o temperatură de 50 – 65 °C. Zăpada nu acoperă tuburile, din rațiuni constructive.

Caracteristici ale instalației solare

❖ *Principiul de funcționare*

Un agent termic încălzit de panourile solare, transmite căldura apei din acumulatorul termic. De aici, căldura este preluată atunci când este nevoie pentru a încălzi apa caldă menajeră, locuința, etc. Un controler specializat analizează temperaturile din casă și din instalație și controlează deschiderea automată a valvelor și pornirea pompei de recirculare a agentului termic atunci când este nevoie.

❖ *Temperatura asigurată de instalație*

Agentul termic din instalație poate ajunge la 120 °C. Temperatura apei din acumulatorul termic, poate ajunge până la 80 °C. Prin urmare, apa caldă menajeră poate fi furnizată la 75 – 85 °C pe timp de vară și la 45 – 55 °C pe timp de iarnă. Totuși este bine să se limiteze temperatura apei calde menajere la 55 °C, pentru a evita depunerile de calcar și din motive de siguranță de utilizare.

❖ *Durata normală de utilizare a instalației*

Durata medie de viață a colectoarelor este de 15 ani. Desigur, așa cum sunt aparatele electrocasnice, a căror durată medie de viață este de 5-8 ani (frigidere, mașini de spălat) și care funcționează chiar și după 10-15 ani, tot așa și colectoarele solare pot funcționa fără probleme 25-30 de ani, deoarece nu conțin piese în mișcare, iar materialele din care sunt fabricate sunt în principal, oțel inoxidabil și sticlă.

❖ *Montarea instalației*

Panourile solare se montează pe acoperiș, înspre sud (sau într-un loc în care să fie soare cât mai mult timp din zi), la un unghi de aproximativ 45°. Greutatea panourilor este mică (câteva zeci de kg) sau medie (în cazul instalațiilor cu rezervor integrat). Panourile cu tuburi se pot monta și pe verticală, pe peretele sudic al clădirii, în situațiile în care construcția nu permite o altă soluție.

❖ *Defectarea colectoarelor solare*

Pericolul cel mai mare al defectării acestor colectoare este o grindină de mari dimensiuni. Fabricantul asigură rezistența tuburilor așezate la 45° la impact cu bucăți de grindină până la diametrul de 35 mm.

Spargerea unui tub, nu este considerată un defect major. Prin tuburile conductoare din sticlă, nu circulă apa și nici agentul termic al instalației. Aceasta poate funcționa și fără acest tub, fiindu-i afectată numai puterea de încălzire. Tubul se înlocuiește cu un altul similar, procurabil de la firma producătoare, ca piesă de schimb.

❖ **Cantitatea de apă încălzită**

Un colector cu rezervor pentru apă caldă menajeră, încălzește zilnic, în medie, o cantitate echivalentă cu capacitatea rezervorului la o temperatură de 60 -65 °C. În lunile de iarnă, fiindcă ziua este mult mai scurtă, temperatura apei nu va fi de 60 °C, dar colectorul funcționează și ridică temperatura la 35 – 40 °C, în timp ce vara, într-o zi însorită, temperatura poate ajunge la peste 80 °C. Din acest motiv, se ia în considerare o medie.

Utilizările energiei solare

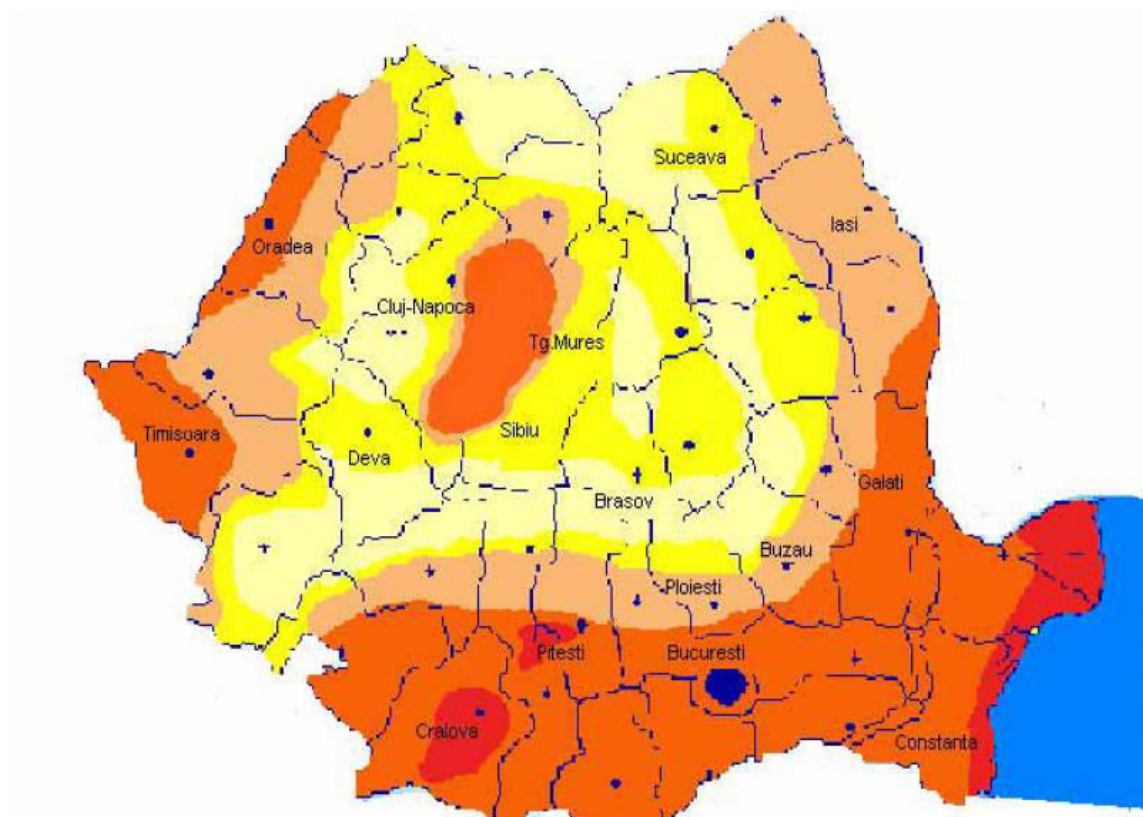
- *Domestice (casnice):* încălzirea locuințelor (încălzirea directă a blocurilor, încălzirea blocurilor cu ajutorul pompelor de căldură, încălzirea blocurilor cu ajutorul cuptoarelor solare), apă caldă menajeră, climatizare pe timp de vară, frigider solar, sobe de gătit solare, pile solare;
- *Agricultură și industrie:* procese de uscare și conservare (nutrețuri, fructe, etc), distilării, desalinizare apă, producerea energiei electrice (generarea electricității prin celule fotovoltaice, generarea electricității prin centrale electrice termale, generarea electricității prin turnuri solare);
- *Transporturi:* baterii solare ce se încarcă ziua, iar noaptea servesc la balizare și semnalizare.

Dezavantaje

Pornesc în esență de la modul de transmitere a radiației solare. Astfel, deși energia solară este reînnoibilă și ușor de produs, problema principală este că soarele nu oferă energie constantă la nici un loc de pe pământ. În plus, datorită rotației pământului în jurul axei sale, și deci a alternanței zi-noapte, lumina solară nu poate fi folosită la generarea electricității decât pentru un timp limitat în fiecare zi. O altă limitare a folosirii acestui tip de energie o reprezintă existența zilele noroase, când potențialul de captare al energiei solare scade sensibil datorită ecranării soarelui, limitând aplicațiile acestei forme de energie reînnoibilă.

6.3. Potențialul energetic solar în România

România se află în zona B europeană din punct de vedere al însoririi (1250 – 1600 kWh/m²/an), între țări cu o industrie solară puternică dar cu o însorire considerabil mai mică (Germania, Suedia, Danemarca – 2,4 – 3,4 kWh/m² zilnic) și țările Europei de sud (Portugalia, Spania, Italia, Grecia – 4,4 – 5,4 kWh/m² zilnic). Harta radiației solare directe în România prezentată mai jos, reflectă potențialul energetic solar disponibil la nivelul țării noastre.



ZONA DE RADIATIE SOLARA	INTENSITATEA RADIATIEI SOLARE($\text{kWh/m}^2/\text{an}$)
I	>1350
II	1300-1350
III	1250-1300
IV	1200-1250
V	<1200

Harta radiației solare directe în România (ICPE, ANM, ICEMENERG, 2006)



6.4. Bibliografie recomandată

- EMERG – *Energie.Mediu.Economie.Resurse.Globalizare* Vol I-IV, Ed. AGIR, 2007
- Predescu, M., *Conversia energiilor regenerabile*, Ed. Electra, 2005
- <http://www.eia.gov/>
- <http://www.mmediu.ro/>
- <http://oer.ro/>

Capitolul 7. ENERGIA EOLIANĂ

7.1. Turbine eoliene (caracteristici, randamente, eficiență)

Este o formă de energie reînnoibilă/neverizabilă și neconvențională, generată de puterea vântului.

Principalul element analizat în studiul acestui tip de energie îl constituie *vântul*, parametru meteorologic reprezentat de efectul mișcării aerului atmosferic, efect obținut ca urmare a repartiției neuniforme a presiunii atmosferice cauzată de încălzirea diferențiată a suprafeței terestre și implicit a straturilor de aer situate la diferite înălțimi.

În studiul privind energia produsă de către acest factor se ține seamă atât de viteza/tăria (intensitatea), cât și de durata manifestării vântului. Intensitatea se apreciază în funcție de efectul produs asupra diferitelor obiecte de pe sol, și se exprimă în grade Beaufort (pe o scară de la 0 la 10⁰ B utilizată în marină), după cum se poate observa din tabelul următor.

Intensitatea și denumirea vântului	v [m/s]	Starea mării	Starea uscatului
0 – Calm	0,0÷0,2	Marea ca oglinda	Fumul se ridică vertical
1 – Adiere ușoară	0,3÷1,5	Se formează încrețituri fără creste de spumă; valuri cu $h < 7$ cm	Fumul se înclină după direcția vântului
2 – Briză ușoară	1,6÷3,3	Valuri mici, cu înălțime cuprinsă între 0,15÷0,3 m, cu apariția spumei	Vântul se simte pe față, frunzele se clatină
3 – Briză bună	3,4÷5,4	Valuri cu înălțime cuprinsă între 0,6÷0,9 m, cu creste care se sparg	Frunzele și ramurile mici se mișcă în continuu, iar pavilioanele se întind
4 – Briză moderată	5,5÷7,9	Valuri mari, cu înălțime cuprinsă între 1÷1,5 m	Praful, hârtiile și frunzele moarte sunt ridicate
5 – Briză rece	8÷10,7	Valuri cu înălțime cuprinsă între 1,8÷2,5 m, care se sparg	Se mișcă arborii mici, înfrunziți
6 – Briză tare	10,8÷13,8	Valuri mari, cu înălțime cuprinsă între 2,9÷3,9 m, care se sparg	Se mișcă ramuri groase și se simte rezistența la înaintare
7 – Aproape furtună	13,9÷17,1	Valurile au înălțime cuprinsă între 4÷5,8 m; spuma este luată de vânt	Arborii mari se clatină; rezistență mare la deplasare
8 – Furtună	17,2÷20,7	Valuri cu înălțime cuprinsă între 5,5÷7,6 m; spumă și picături luate de vânt	Ramuri mici și mai mari se rup; mers foarte dificil
9 – Furtună puternică (Vijelie)	20,8÷29	Valuri cu înălțime cuprinsă între 7,5÷10 m	Crengile copacilor se rup și sunt purtate de vânt; mersul este aproape imposibil
10 – Uragan	> 29	Valuri cu înălțimi mai mari de 10 m	Se produc adevăratele catastrofe naturale; acoperișuri smulse, copaci smulși de vânt, etc.

Turbinele eoliene sunt alcătuite dintr-o elice ușoară așezată pe un suport înalt și un generator electric.

În general, instalațiile eoliene pot fi exploatate pentru viteze ale vântului cuprinse între 6 ÷ 18 m/s, deoarece la viteze mai mari, costul captării este foarte mare.

Amplasarea instalațiilor eoliene în anumite zone ale teritoriului țării noastre se face pe baza unor hărți elaborate de ANM, ce împart România pe zone cu viteze și durate diferite ale vântului.

Instalațiile eoliene utilizate pentru producerea energiei, se numesc turbine și în funcție de puterea produsă, dar și de diametrul rotorului, pot fi:

- Mici, cu $P \leq 50$ kW
- Medii, cu $50 \leq P \leq 500$ kW
- Mari, cu $P \geq 500$ kW

Pentru calculul puterii se utilizează formule empirice, cum ar fi spre exemplu:

$$P = 1,3687 \cdot 10^{-2} \cdot v^3 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Primele două categorii au atins deja stadiul de maturitate a dezvoltării și de tehnologie, fiind produse în cantități mari.

În 2005, capacitatea mondială a generatoarelor eoliene era de 58,982 MW, producția lor creând mai puțin de 1% din energia electrică mondială folosită. Deși încă relativ o sursă minoră de energie electrică pentru majoritatea țărilor, producția energiei eoliene practic a crescut de patru ori între 1999 și 2005. Energia eoliană este folosită destul de extensiv în ziua de astăzi, și turbine noi de vânt se construiesc în toată lumea, aceasta, fiind forma de energie cu cea mai rapidă creștere în ultimii ani. Majoritatea turbinelor produc energie 25% din timp, acest număr crescând iarna, când vânturile sunt mai puternice.



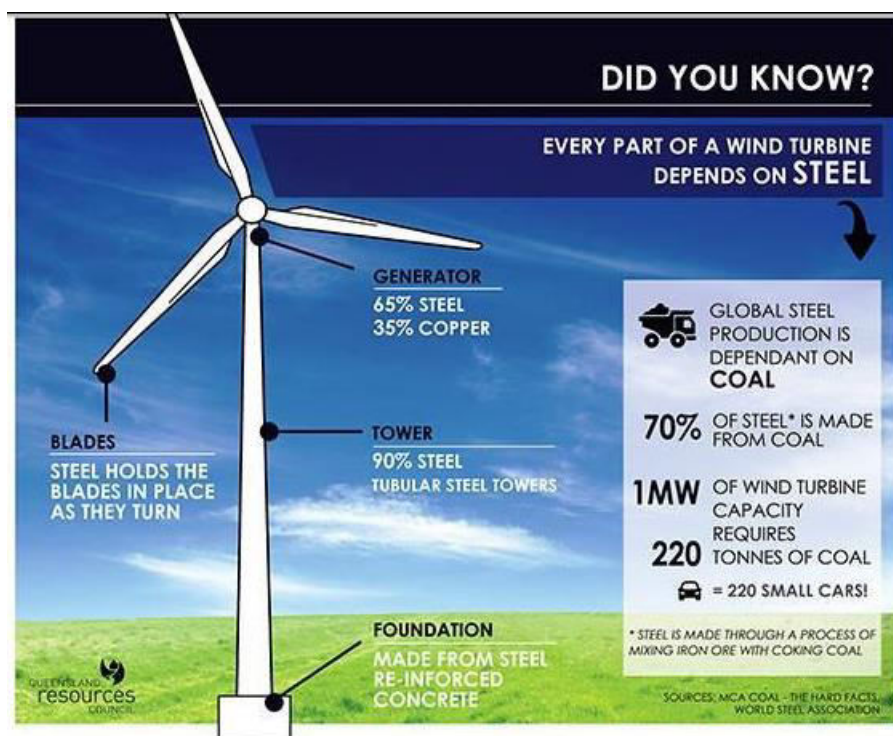
Fermă de energie eoliană în Tarifa, Spania

Se crede că potențialul tehnic mondial al energiei eoliene poate să asigure de cinci ori mai multă energie decât este consumată acum. Acest nivel de utilizare ar necesita ca 12,7 % din suprafața uscatului să fie acoperite de parcuri de turbine, considerând că terenul ar fi acoperit cu 6 turbine mari de vânt pe km^2 .

Totuși, pe lângă avantajele prezentate, există și implicații negative ale funcționării acestor instalații eoliene.

Principalul dezavantaj al producției de energie eoliană este faptul că turbinele produc "poluare vizuală" - adică, au o apariție neplăcută - și de asemenea produc "poluare sonoră" (sunt prea gălăgioase).

De asemenea, există surse care susțin dezavantajul poluării mediului, bazându-se pe argumentarea utilizării oțelului ca materialul din care sunt confecționate turbinele eoliene,



producerea acestuia fiind strict dependentă de utilizarea cărbunilor.

Statisticile arată că în statul California, pe șoselele care străbat fermele eoliene, are loc o creștere de opt ori a accidentelor auto.

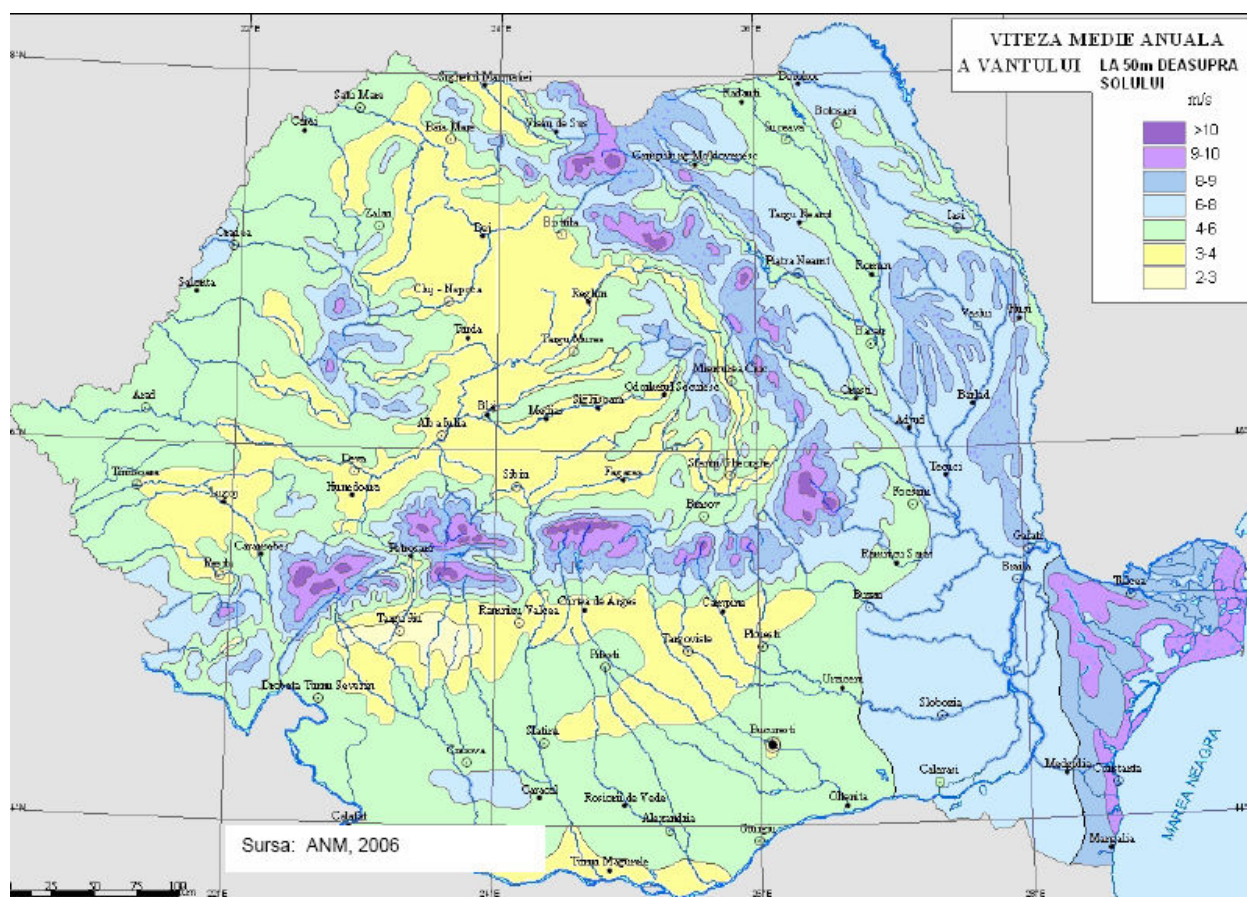
În Olanda, datorită unei posibile produceri de infrasunete, datorate acestor instalații, în fermele de animale este afectată producția de lapte.

De asemenea, zgomotul produs în zilele cu vânt puternic și bucățile de gheață aruncate în timpul funcționării rotorului în zilele de iarnă, afectează turismul foarte dezvoltat din zona Kempten – Bavaria.

Alții susțin că turbinele afectează mediul și ecosistemele din împrejurimi, omorând păsări și necesitând terenuri mari virane pentru instalarea lor.

Argumente împotriva acestora sunt că turbinele moderne de vânt au o apariție atractivă stilizată, că mașinile omoară mai multe păsări pe an decât turbinele și că alte surse de energie, precum combustibilii fosili, sunt cu mult mai dăunătoare pentru mediu.

Un dezavantaj real este însă variația vitezei vântului în funcție de zone, fapt ce nu permite utilizarea puterii eoliene în orice locație.



7.2. Potențialul energetic eolian în România

După cum se poate observa și din harta potențialului eolian al României, cel mai mare potențial îl au instalațiile construite în zona Banatului (pe Semenik) și în zona Deltei.



7.3. Bibliografie recomandată

- a. Burton, T, Sharpe, D, Jenkins, N., Bossanyi, E., *Wind Energy Handbook*, John Wiley & Sons Ltd, 2001
- b. <http://www.enero.ro>
- c. <http://www.mmediu.ro/>
- d. <http://oer.ro/>
- e. <http://stopthesethings.com/2015/12/06/wind-power-not-cheap-not-clean-and-not-green/#comments>

Capitolul 8.

ENERGIA BIOCOMBUSTIBILILOR

8.1. Biomasa agricolă și forestieră, resurse vegetale

Problema obținerii surselor de energie din resurse vegetale este clasică. În industria obținerii energiei din biomasă, pe lângă reziduurile provenite din agricultură și industria forstieră, se utilizează și resurse vegetale precum:

- **Porumbul** (*Zea mays*)
- **Rapița** (*Brassica rapa*)
- **Soia** (*Glycine maxima*)
- **Trestia de zahăr** (*Saccharum officinarum*)
- **Celuloza**
- **Algele**
- **Uleiurile vegetale uzate**
- **Jatropha**
- **Salcia energetică** (*Salix viminalis*)

Reziduurile organice sunt puternic poluante, de aceea s-a încercat depoluarea sau tratarea acestora, cu dublu scop de depoluare și obținere a energiei.

8.2. Utilizări și eficiență energetică

În urma proceselor de tratare a apelor uzate orășenești și din ferme zootehnice s-a obținut un amestec de gaze, utilizat drept combustibil, amestec numit *biogaz*. Acesta este obținut prin procesul de metanogeneză ce constă în fermentarea în condiții anaerobe (absența O₂) a substanțelor organice (grăsimi, uleiuri, resturi vegetale, etc.) sub acțiunea unor bacterii naturale. Ca rezultat al acțiunii acestor bacterii, are loc un proces biochimic concret conform căruia substanțele organice se descompun în urma etapei de fermentare anaerobă în substanțe minerale (azot, fosfor, carbon) și amestec de gaze ce poartă denumirea de *biogaz*. Astfel, în bălțile și lacurile bogate în substanțe organice, vara (când intensitatea procesului de fermentare este determinată esențial de temperatură), se degajă așa-numitul „gaz de baltă”.

Cercetările au arătat că biogazul obținut prin fermentare are o putere calorică de 5500 kcal/m³, apropiată de cea a gazului de la aragaz.

Potențialul teoretic în fermele zootehnice din România, în cazul în care animalele ar fi grupate în ferme mai mici sau mai mari este estimat între 200÷800 mil. m³ biogaz/an.

Din procesul de metanogeneză rezultă nămoluri fermentate care constituie un excelent îngrășământ organic natural dacă procesul este controlat de agronomi.

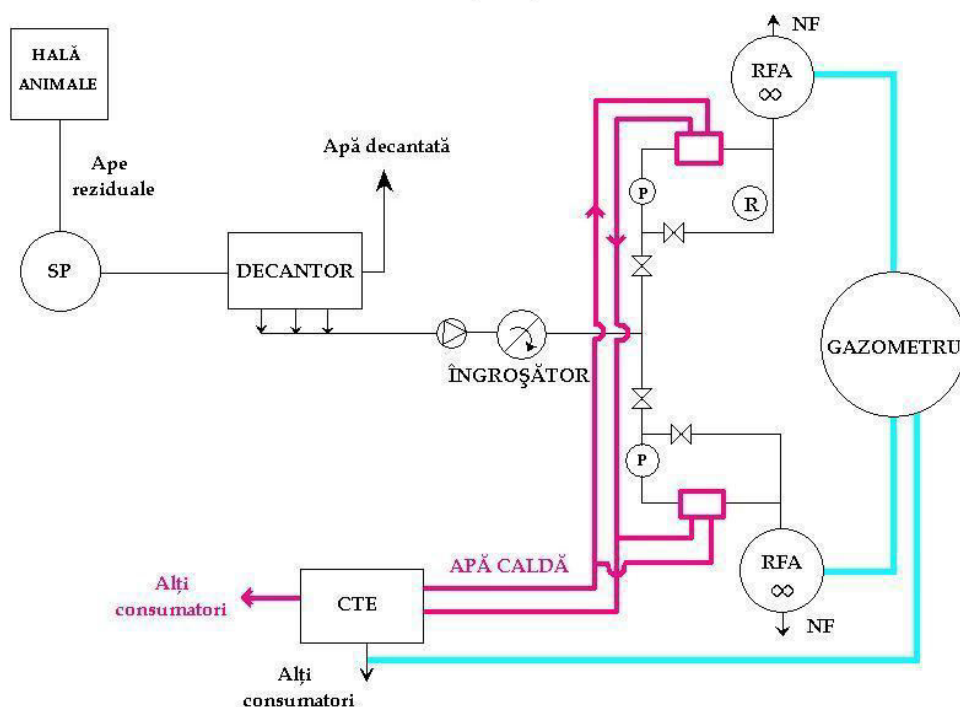
În valorificarea tehnică a apelor reziduale, trebuie avute în vedere următoarele aspecte:

- costul depoluării;
- sursa de energie la nivel de gaz combustibil brut;
- produsul secundar;
- îngrășăminte organice naturale

Procesul de fermentare anaerobă adoptat ca soluție pe plan mondial se poate face în condiții normale în regiuni cu temperatură scăzută (20 °C), medie (35 °C) și înaltă (48 °C), spre deosebire de obținerea temperaturii de fermentare pe timp friguros, care va necesita un consum mai mare de energie calorică. Din acest punct de vedere se explică extinderea unor reactoare de fermentare anaerobă (RFA) la nivel de familie sau grup în zonele calde (ex. sudul Chinei).

Dintre tehnologiile de obținere a biogazului, soluția românească presupune funcționarea, conform schemei de obținere a biogazului, prezentată mai jos.

SCHEMA TEHNOLOGICĂ DE OBTINERE A BIOGAZULUI

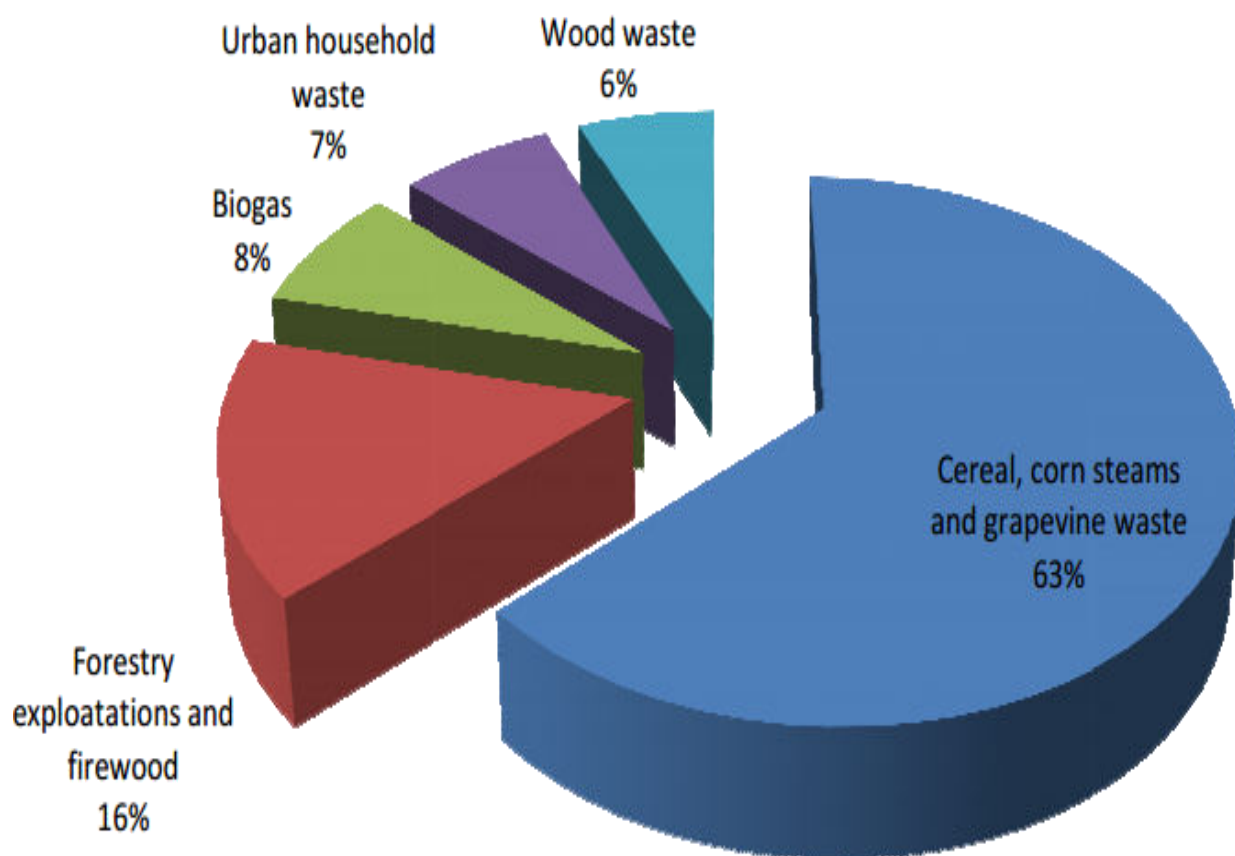


Apele reziduale sunt colectate gravitațional la o stație de pompe și refulate într-un decantor. Periodic, nămolul din decantor este evacuat gravitațional sau nu, într-un îngroșător. De aici, cu pompele (P) este alimentat periodic fiecare reactor (rezervor) de fermentare anaerobă. Biogazul este colectat într-un gazometru, ce alimentează o centrală termoelectrică (CTE) și alți consumatori. Nămolul fermentat este transportat către așa-numitele paturi de uscare.

Centrala termoelectrică asigură un circuit de apă caldă pentru procesele de fermentare, sub două aspecte: pentru șarjele de alimentare și pentru recirculare.

Biomasa vegetală este în același timp și principala „materie primă” a unei surse de energie deosebit de importantă și anume a rocilor organogene combustibile, dintre care cele mai însemnate sunt cărbunii, petrolul și gazele naturale.

8.3. Potențial energetic



<http://homes.et.aau.dk/mbb/supervision/reports/florin-bujac-2010e.pdf>



8.4. Bibliografie recomandată

- a. Predescu, M., *Conversia energiilor regenerabile*, Ed. Electra, 2005
- b. <http://www.eea.europa.eu/>
- c. <http://homes.et.aau.dk/mbb/supervision/reports/florin-bujac-2010e.pdf>
- d. <http://www.enero.ro>

Capitolul 9. ENERGIA MĂRILOR

În unele locuri unde râurile cu flux lent nu sunt potrivite pentru proiectele hidroelectrice, marea poate fi o sursă alternativă de energie. Energia mărilor include energia *valurilor*, *a curenților*, *energia termică a mărilor* și cea a *mareelor*.

9.1. Marea, valuri, curenți. Dispozitive de conversie energetică Caracteristici și eficiență.

Energia valurilor

Valul este o mișcare permanentă, la suprafața unui lichid greu. Mișcarea poate fi aperiodică sau periodică, bi sau tridimensională a unui lichid sub acțiunea câmpului gravitațional și a tensiunii superficiale lichidului respectiv.

Cauzele apariției valurilor în practică sunt:

- vântul, care dă naștere așa-numitelor *valuri călătoare* (*valuri gravitaționale*)
- cutremurele de pământ, în urma cărora se formează *valul unic*, *catastrofal*
- furtunile, în urma cărora apar valurile numite *valuri de hulă*
- trecerea unei ambarcațiuni pe suprafața apei produce *valuri capilare* (încrêțituri pe suprafața acesteia)

Sistemele de captare ale energiei produse de valuri sunt: sisteme cu flotori, dispozitive cu clapetă batantă, sisteme cu con rezonator, dispozitive cu plan înclinat.

Valurile imense ale oceanelor poartă cantități masive de energie, dar această energie este totuși greu de exploatat eficient și ieftin. Se testează diferite scheme experimentale. Într-o schemă, niște plute numite "răzuște" urcă și coboară odată cu trecerea valurilor. Această mișcare acționează o pompă care împinge apă printr-o turbină ce acționează un generator.

O nouă schemă experimentală de energie a valurilor pentru Insula Islay, în dreptul coastei de vest a Scoției, a fost concepută pentru a genera 180 kW (180.000 W) de electricitate. Ea funcționează pe principiul coloanei de apă oscilantă. O cameră scufundată, deschisă în partea inferioară, conține o coloană de apă cu aer deasupra. O dată cu trecerea valurilor, coloana de apă se ridică și coboară, împingând și scoțând aerul dintr-o turbină conectată la un generator de electricitate.

Litoralurile prezintă dovezi suficiente ale energiei valurilor. De-a lungul anilor, bățile continue erodează stanca solidă. Însă folosirea acestui tip de energie pentru a genera eficient electricitate se dovedește a fi dificilă.

Energia curenților

Dintre mișcările aperiodice ale apelor, cele mai interesante sunt marile sisteme de curenți care antrenează apele de suprafață ale Oceanului Planetar într-o amplă și complexă mișcare. Cauzele formării curenților sunt variate: direcția curenților de aer, diferența de densitate a apei datorită încălzirii inegale, evaporației mai intense, aportului de apă dulce al fluviilor, ghețarilor ș.a.

Energia termică a mărilor

Suprafața Oceanului Planetar are, datorită radiației solare, în special în zonele tropicale și ecuatoriale, o temperatură mai ridicată ca cea din adâncime, provenită din regiunile polare. Diferența de temperatură „pe verticală” poate fi utilizată pentru a obține energie termică.

Energia mareomotrică

Mișcarea astrelor produce variația câmpului gravitațional exterior, influența cea mai puternică având-o corpurile cerești situate la mică distanță de Pământ, respectiv Luna și Soarele. Acestea dau naștere mareelor, care reprezintă variații locale ale nivelului apelor ce pot fi mai mari sau mai mici, în funcție de poziția relativă pe care o au Pământul, Luna și Soarele. Mareele mari apar atunci când acțiunea exercitată de Soare și Lună este convergentă, respectiv când Luna este în opoziție sau în conjuncție, iar cele mici când Luna este în cuadratură. Mareele maxime sunt cele echinocțiale, atunci când distanța dintre Pământ și Soare este minimă.

În afară de factorii astronomici, mareele sunt amplificate și de o serie de factori locali, datorită reflexiei și interferenței undelor în mările puțin adânci. Din această cauză mareele reale sunt diferite de cele teoretice ca tip, oră de apariție și amplitudine. În mările închise mareele sunt mici; amplitudinea maximă se înregistrează în Bay of Fundy (America de Nord) unde atinge 17 m.

Această mișcare periodică ce cuprinde toată masa de apă a Oceanului Planetar, reprezintă o importantă sursă potențială de energie.

Energia mareelor poate fi folosită pentru a acționa turbine conectate la generatoare de electricitate. Locurile în care costul unor asemenea proiecte este justificat sunt însă puține, deoarece câștigul din electricitatea produsă în acest fel este relativ mic.

La rețeaua de hidrocentrale mareomotrice de pe râul Rance din Franța, fluxul din estuar generează o energie medie de numai 100 MW – o zecime din energia generată de o centrală electrică obișnuită.



9.2. Bibliografie recomandată

- a. Predescu, M., *Conversia energiilor regenerabile*, Ed. Electra, 2005
- b. <https://setis.ec.europa.eu/related-jrc-activities/jrc-setis-reports/ocean-energy-technology-information-sheet>

Capitolul 10.

ENERGIA HIDROGENULUI

10.1. Resurse, abordări, utilizare

În condițiile actuale ale crizei petrolului și ale respectării normelor impuse de Uniunea Europeană în privința poluării produse în cazul utilizării resurselor neregenerabile, devine necesară utilizarea cât mai eficientă a resurselor regenerabile, prin crearea unor tehnologii neconvenționale nepoluante.

Hidrogenul este una din alternativele la care se tinde pentru înlocuirea combustibililor fosili (aproximativ 80% din energia mondială este reprezentată de sursele fosile), ce reprezintă pe lângă o resursă epuizabilă și una din cele mai poluante surse de energie. Mulți combustibili sintetici pot să nu polueze atmosfera ambiantă, dar hidrogenul îndeplinește cel mai bine aceste condiții.

Este principala componentă a soarelui, având o pondere de 73% din compoziția acestuia, a apei și totodată una din componentele principale ale atmosferei ($5 \cdot 10^{-5}\%$); un gaz ușor inflamabil, fără culoare și miros, puternic reactiv ce își găsește aplicații datorită capacității sale chimice de gaz reducător.

Etimologic, cuvântul hidrogen reprezintă o combinație a două cuvinte grecești, având semnificația de "a face apă". Se folosește în industria petrochimică la producerea benzinelor, în industria chimico-alimentară pentru hidrogenarea grăsimilor, în prelucrările mecanice ale metalelor și în tratamentul termic al acestora.

Câteva caracteristici ce recomandă utilizarea hidrogenului ca sursă de energie produsă pe bază de tehnologii neconvenționale sunt:

- hidrogenul concentrează surse (energetice) de energie primară pe care o prezintă la consumator într-o formă convenabilă
- cost de producție relativ ieftin ca urmare a perfecționărilor de ordin tehnologic
- posibilitatea de conversie în diverse forme de energie prin procedee caracterizate de eficiență maximă
- este o sursă inepuizabilă, având în vedere că se obține din apă, iar prin utilizare se transformă în apă. Producția și consumul hidrogenului reprezintă un ciclu închis, care menține constantă sursa de producție - apa, și reprezintă un ciclu clasic de recirculare a materiei prime
- este cel mai ușor și mai curat combustibil. Arderea hidrogenului este aproape în întregime lipsită de emisii poluante, cu excepția NO_x -ului, care poate fi și el eliminat prin reglarea corespunzătoare a condițiilor de ardere. Are o „densitate energetică” gravimetrică mult superioară oricărui alt combustibil
- randamentul motoarelor cu ardere internă ce folosesc drept combustibil hidrogen este ridicat
- hidrogenul poate fi stocat în mai multe moduri: gaz la presiune normală sau la înaltă presiune, ca hidrogen lichid sau sub formă de hidruri solide
- poate fi transportat pe distanțe mari în oricare din formele prezentate anterior
- deoarece se poate combina fără probleme cu oxigenul care, în cazul unei pile de combustie, are o eficiență de combustie de peste 60 %, oferă perspectiva depozitării electricității în afara vârfurilor de sarcină, prin electroliza apei în scopul obținerii hidrogenului.

Sistemele bazate pe hidrogen reprezintă una din cele mai atractive direcții ale energiei viitorului. Producerea hidrogenului din materiale ieftine, cum ar fi apa, este un proiect care va fi susținut în viitor.

Obținerea hidrogenului

Actualmente, hidrogenul se obține prin reformarea cu abur a gazului metan. Prin utilizarea apei ca materie primă de obținere a hidrogenului se va realiza economisirea gazului metan, cu atât mai mult cu cât în viitor se preconizează utilizarea hidrogenului drept carburant nepoluant.

Disocierea termică directă a apei și disocierea apei cu ajutorul cuantelor de lumină (fotodisocierea apei) sunt metode neconvenționale de obținere a hidrogenului. Utilizarea energiei luminoase pentru disocierea apei este posibilă deoarece vaporii de apă absorb lumina de cca. 1860 Å și fotonii de radiații ultraviolete de 1949 Å. În aceste condiții se rupe legătura H-OH cu un randament de formare a hidrogenului de cca. 0,4 %. Ca fotosisteme utilizate pentru generarea hidrogenului din apă sunt dioxidul de titan (TiO_2) și compozițiile mixte: dioxid de titan/suport zeolitic (una din proprietățile remarcabile ale zeoliților, fiind capacitatea de a absorbi masiv apă și de a o elimina la temperaturi de peste 100 °C, fenomen care are aspectul de fierbere).

"Hidrogenul solar" (obținut în urma disocierii apei sub efectul radiației luminoase) are posibilități reale de a deveni mai rentabil ca sursa energetică decât energia furnizată de centralele atomoelectrice, iar sistemele bazate pe acest combustibil reprezintă una din cele mai atractive direcții ale energiei viitorului.

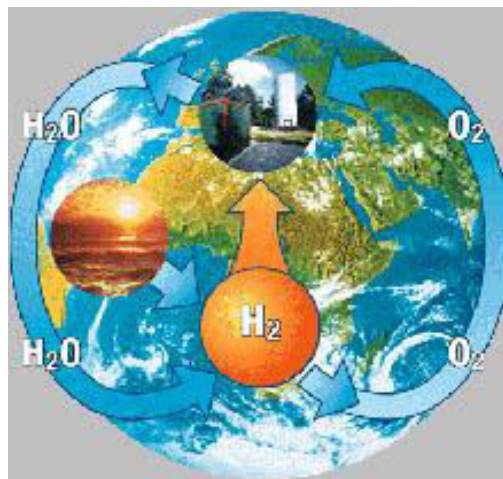
Așadar, principalul avantaj al utilizării hidrogenului pe post de combustibil îl reprezintă latura nepoluantă a acestuia; odată consumat, combustibilul nu degajă decât apă și aer.

Dezavantaje

Specialiștii încă se mai confruntă cu o serie de probleme care împiedică lansarea mai devreme a sistemelor pe bază de hidrogen:

- pericolul mare de explozie;
- producere în cantități mici
- lipsa unor rețele de stații de alimentare cu hidrogen

Pentru **generarea unei cantități suficiente de hidrogen** care să pună autovehicolul în mișcare, se pune problema includerii unei surse de energie care să producă hidrogenul, situație în care trecerea de la actualele sisteme la cele alternative nu se mai justifică din punct de vedere al costurilor sau al poluării.



În acest sens, cercetătorii americani au anunțat că au reușit să pună la punct prima celulă microbiană de energie asistată electric, prin care se reușește producerea unei cantități de patru ori mai mari de hidrogen direct din biomasă decât se genera în mod clasic prin procesul de fermentare. Această soluție de alimentare ar putea fi modificată, urmând să fie integrată automobilelor cu sisteme de propulsie pe bază de hidrogen, reducând astfel costurile operațiunilor de filtrare a apei.

Specialiști în probleme de mediu din cadrul Universității Pennsylvania State împreună cu cercetătorii de la Ion Power Inc. au realizat un procedeu care nu necesită oxigen pentru producerea hidrogenului din biomasă. Până în prezent, hidrogenul rezultat din biomasă era o consecință a fermentării până la o limită, unde bacteriile, în lipsa unui aport de energie, pot transforma carbohidrații numai în cantități limitate de hidrogen și alte componente care nu contribuie în vreun fel la fermentare, precum acidul acetic sau acidul butiric.

Prin aplicarea unei cantități foarte mici de curent electric, de respectiv 0,25 volți, practic o mică parte din voltajul unei baterii clasice pentru telefon de 6 volți, se obține o cantitate mare de dioxid de carbon și hidrogen, prin depășirea barierei de fermentare a unei componente inutile până acum, acidul acetic.

Ce se petrece de fapt în timpul aplicării curentului electric suplimentar? În momentul în care bacteriile consumă biomasa, se transferă electronii către anod (așa numitul fenomen de electroliză). Bacteriile transmit protoni, atomi de hidrogen fără electroni, iar anodul migrează printr-un cablu

către catod, în partea opusă a celulei de energie, unde prin asistență electrochimică se combină cu protonii și se produce hidrogenul.

Simultan, celula de energie poate fi utilizată pentru filtrarea apei reziduale rezultate în urma acestui proces, necesitând aproximativ o zecime din voltajul specific electrolizei.

Acest nou procedeu demonstrează pentru prima dată că există un potențial real de capturare a hidrogenului pe post de combustibil, hidrogen generat prin utilizarea resurselor regenerabile (biomasa), asigurând astfel sisteme nepoluante pentru propulsia automobilelor.

O altă metodă de producere a hidrogenului, s-a descoperit recent a fi microbul *Carboxydotherrnus hydrogenoformans*, care se hrănește în exclusivitate cu monoxid de carbon pe care combinându-l cu apa prin procesul de digestie, elimină hidrogen. Microbul se găsește izolat într-un izvor termal de pe insula vulcanică rusească Kunashir și este o metodă care poate fi luată foarte în serios, datorită faptului ca are cel mai rapid ciclu de dezvoltare.



10.2. Bibliografie recomandată

- a. <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-fuel-basics>
- b. <http://www.enme.umd.edu/ceee>
- c. <http://www.eea.europa.eu/>
- d. https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_benefits.html
- e. <https://www.renewableenergyworld.com/hydrogen/tech.html>