

## Curs 10.

### Biocombustibili

Inventatorul motorului cu ardere internă, dr. Rudolf Diesel, a preconizat chiar de la început funcționarea motoarelor cu aprindere prin comprimare și cu carburanți de origine vegetală și chiar a prezentat pe 10 august 1893 un motor care funcționa cu ulei de arahide. Acest motor a fost perfecționat și prezentat la Expoziția Mondială de la Paris din 1900. Acest mare inventator s-a dovedit chiar vizionar când a spus la o conferință în 1912: „chiar dacă astăzi biocarburanții par a fi neesențiali, în viitor ei vor tot atât de importanți ca și petrolul sau cărbunile”. Conform informațiilor existente, în primele decenii ale secolului XX firma germană DEUTZ GmbH oferea pe piață motoare cu ardere internă funcționând cu carburanți alternativi. În continuare, datorită prețului de cost redus și cererii în creștere exponențială, precum și influenței exercitate de marile companii petroliere, interesele comerciale au condus într-o altă direcție și combustibilii petrolieri au dominat piața în manieră absolută.

Ideea folosirii bioetanolului drept carburant pentru motoarele cu aprindere prin scânteie datează din primul deceniu al secolului XX. Mare constructor de automobile Henry Ford a proiectat motorul modelului T în anul 1908 ca să funcționeze cu etanol și a construit împreună cu Standard Oil o uzină pentru producerea acestui carburant în Midwest. Astfel, s-a ajuns ca în anul 1920 etanolul să reprezinte cca. 25 % din vânzările firmei Standard Oil. Ford a continuat promovarea folosirii etanolului, dar în 1940 uzina a trebuit să fie închisă sub efectul prețurilor extrem de scăzute oferite de industria petrolieră. Criza petrolieră declanșată de țările arabe la începutul anilor '70 și cerințele pentru limitarea poluării globale, din ce în ce mai severe actualmente, au impulsivat cercetările privind substituirea petrolului și a combustibililor pe baza de petrol cu combustibili proveniți din surse neconvenționale, regenerabile. Tot în această perioadă, germanul Ludwig Elsbett a dezvoltat un motor original ELSBETT care utilizează ulei vegetal având o eficiență mai mare cu 40 % decât a oricărui motor diesel contemporan. La noi în țară s-au efectuat cercetări privind utilizarea biocombustibililor începând din anul 1983, în acest sens remarcându-se studiile efectuate de către INMA (1983), prof. Al. Naghiu (1995), ICIA Cluj-Napoca și prof. N. Burnete (2003). La nivel național s-a constituit în anul 2007 Platforma Tehnologică pentru Biocarburanți din România, similară celei europene (European Technology Platform for Biofuels), Ea are scopul de a contribui la dezvoltarea la nivel mondial a tehnologiilor de producere a biocarburanților în condiții de maximă eficiență economică, de a crea o puternică industrie a biocarburanților și de a accelera dezvoltarea acestora în România prin orientarea, creșterea priorității și promovarea cercetării în domeniu, precum și prin activități de promovare și marketing.

**Bioetanolul**, alcoolul etilic obținut din materii prime organice, reprezintă unul din cei mai importanți biocombustibili actuali. Materiile prime pentru obținerea acestuia sunt: materii prime amidonoase, melasa, fructele, slecla de zahăr și trestia de zahăr, etc.

Obținerea alcoolului etilic din materii prime amidonoase este o metodă larg răspândită. Ca materii prime se pot utiliza plantele cultivate pe suprafețe mari, cum sunt porumbul și cartoful. Fața de randamentul teoretic de 71,54 L alcool/100 kg amidon pur, randamentele industriale sunt mai mici datorită pierderilor din procesul tehnologic. În tabelul 4.10. sunt prezentate randamentele practice în funcție de materia primă folosită.

Materia primă	Conținutul în amidon %	Cantitatea de alcool etilic absolut L/100 kg materie primă
Amidon pur anhidru	100	66,0 – 67,0
Cartofi	14 - 24	9,2 – 15,8
Porumb	58 - 62	38,3 – 40,9
Secară	55 - 58	36,3 – 38,3
Grâu	57 - 61	37,6 – 40,3
Orz	35 - 55	23,1 – 36,3
Ovăz	45 - 50	29,7 – 33,0
Mei	58 - 61	38,3 – 40,3

Tabelul 4.10. Randamente practice în alcool din diverse materii prime amidonoase.

Procedeul de obținere a alcoolului din materii prime amidonoase presupune hidroliza amidonului la zaharuri fermentescibile (maltoză, glucoză) și apoi hidroliza acestora la alcool. În mod curent la obținerea alcoolului etilic se utilizează porumbul și mai rar secară, grâu sau orz. În figura 4.13 este prezentată o schemă tehnologică de fabricare a alcoolului etilic din materii prime amidonoase.

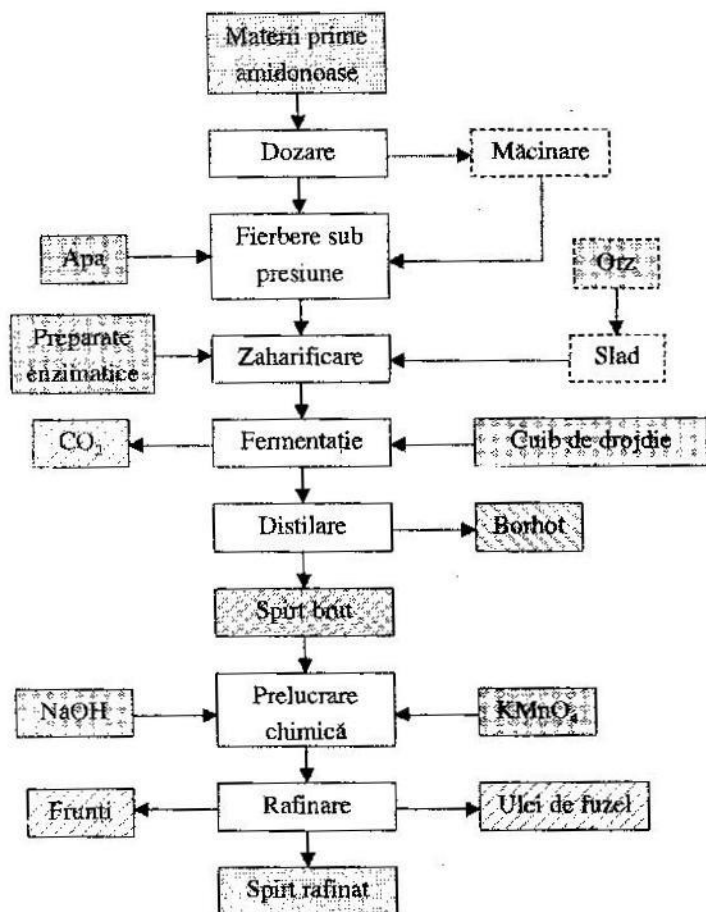


Figura 4.13. Schema tehnologică de obținere a alcoolului etilic din materii prime amidonoase.

află în interiorul celulei vegetale nu poate fi solubilizat complet prin simpla încălzire chiar la temperatura de fierbere a apei și din această cauză se utilizează fierberea la temperaturi mai mari și sub presiune în autoclave speciale, tip Henze. În funcție de felul și calitatea materiei prime, regimul de fierbere diferă ca durată, temperatură, presiune și cantitatea de apă adăugată în fierbător. Fierberea porumbului se efectuează la un raport masic porumb/apă  $\frac{1}{2}, 5-3$  și o presiune de 3-4 atm. Timp de 90-120 minute; pentru cartofi nu se adaugă apă, presiunea este de 2,5-3 atm și timpul de 45-60 minute.

- zaharificarea amidonului constă în hidroliza acestuia la zaharuri fermentescibile. Această operație se poate realiza cu malț verde, cupreparate enzimatice microbiene sau cu acizi minerali. În industria bioetanolului se utilizează primele două procedee, predominantă fiind zaharificarea cu preparate enzimatice. Hidroliza amidonului se efectuează în două etape:

- etapa de dextrinizare care durează 10 minute și când se rup 10-17% din totalul legăturilor  $\alpha$ -glicozidice, formându-se dextrine cu grad de polimerizare 6-10. În această etapă funcționează în principal  $\alpha$ -amilaza și are loc o scădere bruscă a vâscozității amestecului.
- etapa de zaharificare (plîmîdirea) ce se caracterizează prin hidroliza lentă a  $\alpha$ -dextrinelor cu formare de glucoză, maltoză, izomaltoză (cu legături  $\alpha$ -1,6-glicozidice),

Principalele etape ale procesului sunt:

- măcinarea care poate fi uscată sau umedă; macinarea uscată se efectuează în mori și amestecul obținut este separat după dimensiuni; măcinarea umedă se realizează prin adăugare de apă și permite separarea majorității componentelor din bobul de porumb: germeni, coji, amidon, gluten. Amestecul umed este separat în cicloane și hidrocicloane. Germenii sunt transformați în ulei de porumb și făină de germeni iar glutenul, după uscare într-un furaj bogat în proteine.

- fierberea este necesară deoarece amidonul natural conținut în cereale sau cartofi nu poate fi atacat de către amilaze fără o prealabilă gelifiere și solubilizare. Gelifierea se realizează prin hidratare și încălzire la temperaturi cuprinse între 60-80°C în funcție de materia primă; deoarece amidonul se

maltotrioză. În această etapă acționează mai ales  $\beta$ -amilaza și are loc transformarea completă a amilazei în maltoză și glucoză.

După zaharificare amestecul conține 66% maltoză, 4% glucoză, 10% maltotrioză și 20% dextrine și se numește plămadă dulce.

- fermentația plămezilor zaharificate, care reprezintă principala etapă de obținere a alcoolului și care se realizează cu ajutorul drojdiilor care transformă zaharurile în alcool etilic și dioxid de carbon cu ajutorul enzimelor care le conțin. În industrie se lucrează cu culturi pure de drojdii care se obțin plecând de la o singură celulă care se multiplică în condiții sterile, ami întâi în fază de laborator iar apoi la în secția industrială de culturi pure, obținându-se în final o cantitate suficientă de drojdie pentru însămânțarea plămezii dulci principale. Principalele drojdii de fermentație înaltă care se folosesc sunt din specia *Saccharomyces Cerevisiae*, cu putere alcooligenă ridicată, capabile să transforme repede și cât mai complet zaharurile fermentescibile în alcool etilic și să suporte concentrații de alcool de 10-12%. Pentru fermentare se mai pot folosi: drojdii speciale pentru alcool uscate sau sub formă comprimată, drojdii de panificație sau drojdii lichide cultivate în fabrică. Procesul de fermentație se desfășoară în trei etape: fermentația inițială, principală și finală.

Fermentația inițială durează 20-22 h și urmărește în principal multiplicarea celulelor de drojdie, regimul de temperatură fiind de între 24 -25°C cu preluarea căldurii de reacție din biomasă. În această etapă concentrația în alcool nu trebuie să depășească 4-5%.

Fermentația principală se caracterizează prin creșterea intensității fermentației, cu formare de alcool, dioxid de carbon și degajare mare de căldură; temperatura se menține între 28-30° iar timpul este de 18-20 h. În această etapă datorită creșterii concentrației în alcool peste 5% încetează practic multiplicarea celulelor din drojdie.

Fermentația secundară sau finală este etapa cea mai lungă a procesului cu o durată de 30-32 h și aici are loc desăvârșirea procesului de zaharificare secundară a dextrinelor reziduale la o temperatură medie de 27°C. Fermentația se consideră încheiată când extractul de plămadă are timp de 4 h o concentrație constantă determinată cu zaharometru Balling. La sfârșitul procesului de fermentație concentrația plămezii este de 0,1-0,2° Bllg pentru plămezile din porumb și până la 2°Bllg pentru alte tipuri de materie primă.

Celelalte tehnologii conțin, la modul general aproximativ aceleași etape, toate acestea făcând obiectul bioingineriei industriale.

O companie britanică susține că a descoperit o metodă prin care poate transforma gunoiul menajer în biocombustibil. INEOS, unul dintre cei mai mari producători de produse chimice a patentat o metodă prin care poate produce până la 400 L de bioetanol dintr-o tonă de gunoi menajer agricol. Procesul se bazează pe încălzirea deșeurilor pentru a produce gaze din care, cu ajutorul unor bacterii, se produce bioetanol. Compania își propune să introducă tehnologia până la finele anului 2010 și să obțină cantități comerciale de bioetanol pentru mașini în aproximativ 2 ani. Metodele actuale de producere a biocombustibililor din recolte agricole au fost și sunt puternic criticate deoarece se consideră că sunt vinovate de scumpirea alimentelor. Acest procedeu rezolvă două probleme fundamentale, pe de o parte obținerea de biocombustibili din alte surse decât cele agricole iar pe de altă parte folosirea și eliminarea deșeurilor.

**Biodieselul** este un biocombustibil obținut din uleiuri vegetale, cum ar fi cel de rapiță, de soia sau de floarea soarelui, pe timp de vară se poate folosi și ulei de palmier (cu 15% mai ieftin), sau grăsimi animale (cu 40% mai ieftin). La modul general procesul tehnologic presupune încălzirea uleiului la 60°C după care se introduce într-un reactor cu agitare împreună cu metanol și un catalizator (cum ar fi metoxidul de sodiu). Amestecul se încălzește la 85°C și se aduce la presiunea de 1,2-1,3 atm. când are loc reacția de transesterificare. Se obține astfel biodieselul și glicerolul. Cele două faze lichide au densități diferite și sunt transportate într-un separator pentru o perioadă de două ore; glicerolul care este mai greu se separă în partea inferioară a separatorului. Glicerolul se poate folosi drept combustibil pentru încălzire, ca materie primă la fabricarea săpunului sau se poate purifica pentru obținerea glicerinei pure utilizată în industria medicamentelor.

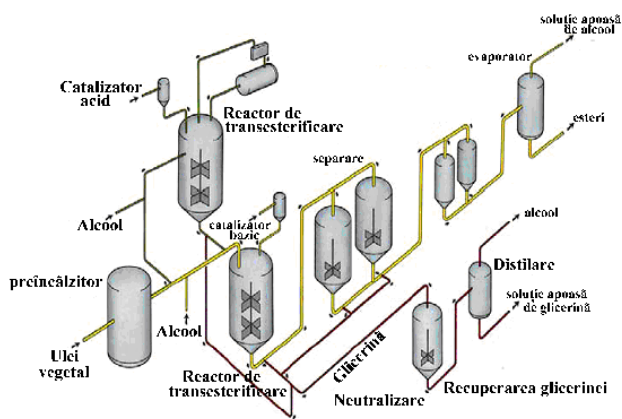


Figura 4.14. Instalație cu flux continuu - discontinuu de obținere a biodieselului.

clasici, există numeroase voci care susțin că utilizarea pe scară largă a biocombustibililor va duce la o creștere a prețului alimentelor și chiar la o mare criză alimentară avându-se în vedere și sporirea numărului populației mondiale.

Urmează apoi spălarea uscată sau purificarea biodieselului, amestecul de esteri obținuți în urma procesului de trans- esterificare, care se face de obicei cu silicat de magneziu și când se elimină eventualele urme de acizi grași, trigliceride și metanol. Urmează apoi, opțional, două procese de ultrafiltrare pentru îndepărtarea celor mai fine particule solide și stocarea biocombustibilului. În figura 4.14. este prezentată o instalație de obținere a biodieselului care poate funcționa atât în regim continuu cât și discontinuu. Deși sunt mai puțin poluanți, mai ieftini și tehnologiile de obținere au impact mult mai mic asupra mediului decât cele ale combustibililor

## Energia geotermică

### Diferite forme de energii geotermice

Energia geotermică este căldura regenerabilă din adâncul pământului. Această căldura este adusă la suprafața pământului și poate fi utilizată direct sau indirect, prin transformarea acesteia în energie electrică sau alte forme de energie.

Au existat mai multe teorii privind sursele de temperatură din interiorul pământului, figura 5.2. cea mai actuală fiind aceea în care căldura este generată de o serie de reacții nucleare, o dovadă fiind și existența în interiorul pământului a unor izotopi radioactivi ca uraniu ( $U^{238}$ ,  $U^{235}$ ), thoriu ( $Th^{232}$ ) și potasiu ( $K^{40}$ ), emisă de Lubimova în 1968.

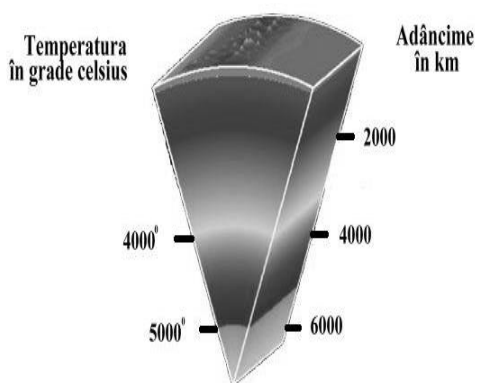


Figura 5.2. Temperatura internă a pământului.

izotopi radioactivi. Deoarece căldura produsă în manta este estimată la  $22 \cdot 10^{12}$  se consideră că rata de răcire a acestei zone este de  $10,3 \cdot 10^{12}$  W. Această rată de răcire nu este însă foarte mare, estimările arătând că temperatura mantalei nu scade cu mai mult de 300-350°C în aproximativ 3 miliarde de ani, menținându-se în jurul valorii de 4000°C, figura 5.2. Energia termică a pământului este astfel imensă dar numai o mică parte din ea poate fi folosită.

La sursa de căldură denumită și **radiogenică** se adaugă în proporții încă nedeterminate și alte tipuri de căldură, cum ar fi spre exemplu căldura inițială de la formarea planetei. Un model real al structurii interne a pământului a putut fi stabilit după ce a fost realizată prima balanță termică a acestui sistem de către Stacey și Loper în 1988. În conformitate cu aceasta fluxul termic total provenit de pe pământ prin fenomenele de convecție, conducție și radiație este estimat la valoarea de  $42 \cdot 10^{12}$  W. Din acesta  $8 \cdot 10^{12}$  W provin din crustă care reprezintă 2% din volumul total al pământului și care este bogată în izotopi radioactivi;  $32,3 \cdot 10^{12}$  provin din manta, care ocupă 82% din volumul pământului și  $1,7 \cdot 10^{12}$  din miezul pământului care ocupă un volum de 16% și nu conține

izotopi radioactivi. Deoarece căldura produsă în manta este estimată la  $22 \cdot 10^{12}$  se consideră că rata de răcire a acestei zone este de  $10,3 \cdot 10^{12}$  W. Această rată de răcire nu este însă foarte mare, estimările arătând că temperatura mantalei nu scade cu mai mult de 300-350°C în aproximativ 3 miliarde de ani, menținându-se în jurul valorii de 4000°C, figura 5.2. Energia termică a pământului este astfel imensă dar numai o mică parte din ea poate fi folosită.

Energia geotermică se găsește sub mai multe forme: vapori supraîncălziți, pietre fierbinți, magmă, căldura mediului înconjurător, izvoare și ape sărate geopresurizate. Din aceste forme de energie geotermică doar fluidele hidrotermice au fost exploatate din punct de vedere comercial

pentru producere de energie. Energia geotermică este purtată de apă și vaporii la presiuni ridicate care circulă în scoarță, mai ales în zonele vulcanice, în apropierea masivelor granitice sau în regiunile cu fracturi adânci. Probabil că la originea căldurii interne a globului stau procese de dezintegrare nucleară, ceea ce explică caracterul inepuizabil al acestei energii.

Resursele teoretice de energie geotermică, calculate în funcție de fluxul caloric mediu, care revine la suprafața globului sunt foarte mari, apreciindu-se la valoarea de 306,8 trilioane de Kwh/anual, din acestea însă, potențialul utilizabil s-ar limita la aproximativ 17 miliarde KWh anual, din care 0,9 miliarde Kwh pentru producerea energiei electrice.

Există două categorii de rezervoare geotermice: rezervoare cu temperaturi între 60-120°C, care se află la adâncimi de 1500-2000 m, în bazine sedimentare, și rezervoare cu temperaturi mari de 200-350°C, localizate de câteva sute de metri, în locuri cu o activitate vulcanică sau tectonică relativ ridicată. Sursele geotermale din prima categorie pot fi folosite sub formă de apă fierbinte, pentru încălzirea locuințelor, a serelor, apă menajeră, etc., iar sursele geotermale din cea de a doua categorie pot fi utilizate sub formă de aburi uscați sau umezi pentru a genera electricitate.

Electricitatea generată de energia geotermică este nepoluantă, inepuizabilă și eficientă din punct de vedere al costului.

Constrângerile care însoțesc însă utilizarea energiei geotermice ca sursă de energie sunt legate de faptul că nu se găsesc decât în anumite locuri, unde este în general și exploatată, și anume: Islanda, S.U.A, Turcia, Thailanda, Rusia, Portugalia, Filipine, Nicaragua, Mexic, Italia, China, Franța, Grecia iar în România în mică măsură.

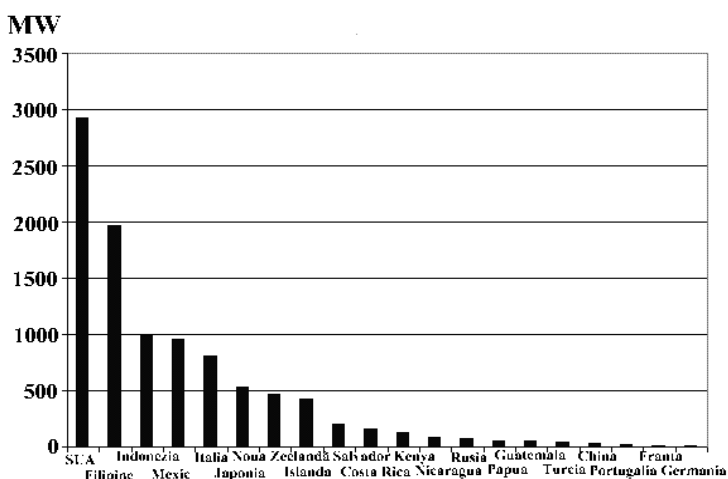


Figura 5.3. Capacitatea de produc de energie din surse geotermale la nivelul anului 2018

Folosirii energiei geotermice nu i s-a acordat o atenție corespunzătoare până de curând, ceea ce explică faptul că ea nu acoperă astăzi decât 0,5% din consumul mondial de energie.

### Utilizarea energiei geotermice pentru producerea energiei electrice

Principiul obținerii energiei electrice cu ajutorul energiei geotermale este relativ simplu: apa este transformată în vapori într-un schimbător de căldură cu ajutorul apei supraîncălzite de la mare adâncime, iar apoi vapori

antrenează o turbină cuplată la un generator electric, figura 5.4.

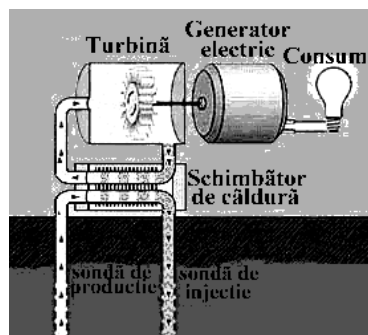


Figura 5.4. Schema de transformare a energiei geotermale în energie electrică

Pentru generarea electricității apa fierbinte având temperaturi cuprinse între 150-375°F este adusă la suprafață, din rezervoare subterane, prin puțuri de extracție, și transformată în aburi, în incinte speciale, prin eliberarea presiunii. Aburul este separat de lichid și alimentează o turbină, care învârte arborele unui generator. Fluidul geotermal folosit este injectat înapoi în părțile periferice ale rezervorului pentru întreținerea acestuia, figura 5.5.

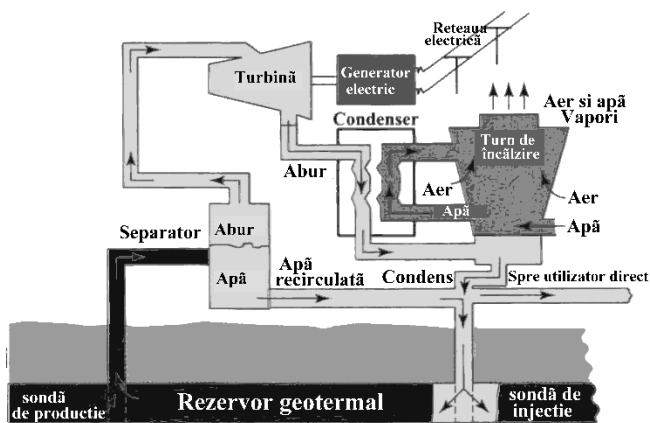


Figura 5.5. Centrală geotermoelectrică.

conectate la rețea 97% din timp, în timp ce centralele nucleare funcționează 65% din timp și cele pe cărbune 75%.

Uzinele geotermale sunt modularizate și pot fi folosite în funcție de necesități. Se pot genera atât puteri liniare cât și vârfuri de sarcini.

Timpul pentru construcția unei centrale poate fi până în 6 luni pentru o centrală cu puterea de 0,5-10 MWh și până la 2 ani pentru centralele cu 250 MWh sau mai mult. Căldura geotermală crește nivelul de furnizare a energiei. Energia geotermală este astăzi o speranță pentru viitor. Producerea energiei geotermale în SUA este pe unul dintre primele trei locuri în ceea ce privește sursele de energie care se pot înlocui, urmând puterea hidroelectrică și energia produsă de biomasă. În SUA, în industria de generare a electricității a fost instalată o capacitate electrică de 2900 MWh din energia geotermică și o capacitate în exces de 2100 MWh (aplicată direct).

Aproximativ 5700 MWh sunt generate în 20 țări din energia geotermică și 11300 MWh sunt folosite în întreaga lume în scopul încălzirii directe la temperaturi de peste 95°F.

Producerea energiei electrice din energie geotermică este echivalentă cu 6 uzine nucleare cu o capacitate de aproximativ 1000 MWh. Ca urmare a folosirii energiei geotermale, consumul de combustibili folosiți este evitat, la fel ca și ploaia acidă și efectul de seră produse de folosirea lor.

Numai în SUA energia geotermală folosită în fiecare an este echivalentul arderii a 60 milioane de barili petrol, în timp ce în întreaga lume energia geotermală folosită în fiecare an este echivalentul arderii a 150 milioane barili de petrol.

Pentru a face o comparație, întreaga rezervă strategică de petrol a SUA conține aproximativ 600 milioane barili.

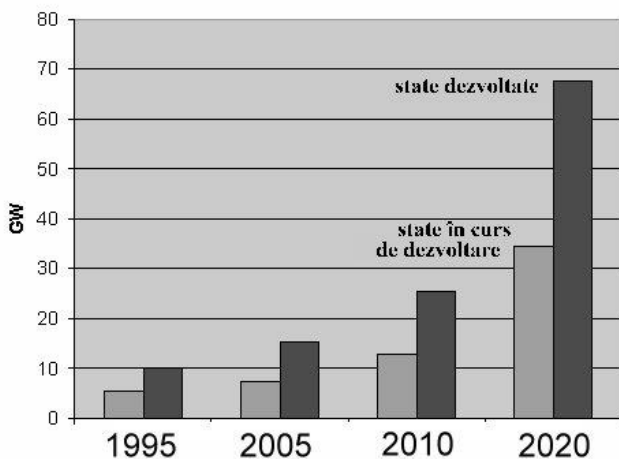


Figura 5.6. Producția de energie având ca sursă energia geotermală.

Modul cel mai avansat de utilizare a energiei geotermale este în centralele geotermoelectrice, a căror putere instalată totală este astăzi de aproximativ 3500 MW. Centralele geotermoelectrice au nevoie de ape sub presiune și la temperaturi de peste 150°C, nu au un randament prea ridicat, (20%), însă prețul de cost al electricității este scăzut.

### Flexibilitate și fiabilitate

Sistemele de folosire a energiei geotermale s-au dovedit a fi extrem de fiabile și flexibile. Uzinele hidrotermale care produc energie electrică sunt

Producția de energie având ca sursă energia geotermală se dezvoltă continuu, în figura 5.6. este prezentată evoluția până în 2010.

### Căldura geotermică nu produce poluare

Nici un tip de tehnologie pentru încălzirea casnică și aer condiționat nu este mai eficient decât *pompele de căldura geotermală*.(PCG).

Pompele de căldură geotermală se folosesc la temperatura nominală a apei din pământ pentru a încălzi iarna, a răci vara și pentru furnizarea apei calde în timpul anului. Pompele de căldură funcționează după aceleași principii ca și frigiderul

casnice, adică pomparea căldurii într-un singur sens. Totuși, pompa de căldură geotermală poate transfera căldura în ambele sensuri :iarna, căldura din pământ este furnizată locuințelor, în timp ce vara este evacuată din locuințe și stocată în pământ. În figura 5.7 este prezentată doar o modalitate de utilizare a energiei termale la încălzirea și producerea apei calde într-o locuință.

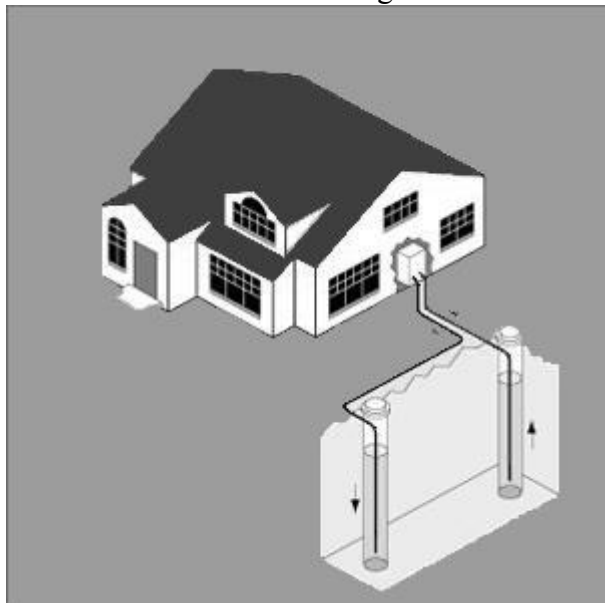


Figura 5.7. Utilizarea energiei geotermale la încălzirea și producerea apei calde menajere într-o locuință.

În ambele cicluri apa caldă pentru bucătărie este încălzită și stocată separat, putând îndeplini parțial sau total rolul unui boiler. Pentru ca pompele de căldură geotermală au nevoie de energie electrică numai la transportul căldurii și nu la producerea ei, acestea vor furniza energie de 3-4 ori mai multă decât consumă. Pot fi folosite pentru o gamă largă de temperaturi subterane.

Pompele de căldură geotermală sunt montate în interiorul caselor sau clădirilor, la fel ca o minicentrală pe gaz. La o instalație tipică, un cot din țevă de plastic este plasat într-un puț de foraj vertical de adâncime ce se află în apropierea clădirii. O soluție specială circulă prin țeava de plastic ajungând să se încălzească din cauza căldurii subterane și astfel să iasă la suprafață cu ajutorul circulației naturale. Odată ajunsă la suprafață țeava trece printr-un schimbător de căldură unde soluția își cedează energia termică circuitului auxiliar și se reîntoarce în subteran. Soluția din țevă nu are contact direct nici cu apa fierbinte din subteran nici cu circuitul auxiliar și are garanție 50 ani.

### Energia geotermică-alternativă cu adevărat ieftină

Ceea ce se plătește în SUA la stațiile de benzină sau pentru facturile cu alte necesități nu reflectă costul real al energiei. În cea mai mare parte adevăratul preț al energiei este neștiut. Dacă s-ar putea calcula costul pagubelor produse de coroziune, probleme de sănătate, a pierderii recoltelor, a depozitării deșeurilor nucleare, a cheltuielilor militare pentru apărarea surselor de energie precum și substratul economic al industriei nucleare și al combustibilului fosil și s-ar aduce aceste sume la facturile pentru energie, am fi cu adevărat foarte surprinși de adevăratele valori ale energiei clasice.

Pentru a micșora costul real nu trebuie să ascundem o parte din el ci să modificăm modul de folosire a energiei și sursele de combustibil aducând în atenție mult mai multe surse de energie regenerabilă și metode de conservare a energiei.

Costul total al energiei poate scădea și vom putea avea un mediu înconjurător mai curat. Accelerarea dezvoltării resurselor regenerabile și conservarea sunt idei ieftine în câteva cazuri, chiar cu ascunderea substratului energiei convenționale.

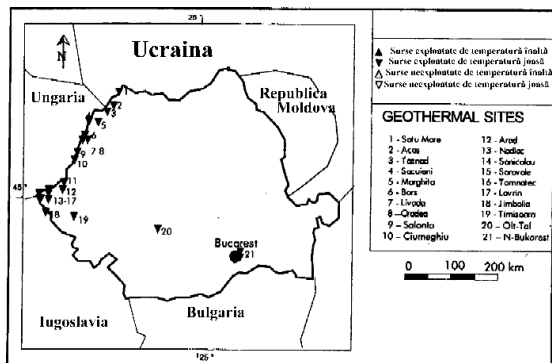


Figura 5.8 Principalele zone geografice de folosire a energiei geotermale în România.

În România principalele zone geografice unde se utilizează energia termala sunt prezentate în figura 5.8

## Energie eoliană

Energia eoliană provine din mișcarea maselor de aer în atmosferă. Potențialul energetic eolian total reprezintă 2% din cantitatea de energie solară recepționată de pământ ca urmare a faptului că diferențele de presiune atmosferică derivă din gradul diferit de încălzire a suprafeței active a globului. Se consideră utilizabilă forța vântului dacă viteza medie a acestuia este de minim 3-5 m/s și frecvența vânturilor este foarte ridicată. Potențialul eoloenergetic total este evaluat la peste 26 trilioane kWh anual.

Ideea folosirii vântului se pierde în negurile preistoriei, când au fost construite navele cu vele. Egiptenii foloseau nave cu vele cu cel puțin 2000 de ani î.H. Până în 1850 nava cu vele era “regina mării”. Apoi navele cu abur au înlocuit aproape complet velierele cu excepția unor călătorii locale.

Vântul reprezintă un mod natural de acumulare a energiei solare. Cea mai mare parte a radiațiilor solare care cad pe planeta noastră sunt reflectate înapoi în spațiu de particulele de praf și de învelișul noros. În realitate o mică parte a radiațiilor solare încălzesc aerul. Poate pare surprinzător, dar principalul mecanism al încălzirii atmosferei este transferul termic conductiv și convectiv pe seama uscatului și a oceanelor încălzite de soare. Declinația pământului, unghiul sub care cad razele solare, structura locală a terenului și învelișul de nori determină o încălzire inegală a terenului. Apar diferențe de temperatură între suprafețele de teren și masele de aer din apropierea lor. Aceste diferențe de temperatură conduc la diferențe ale presiunii atmosferice, iar aerul încearcă să egaleze “vârfurile” și “văile” circulând în cicluri. Într-un fel am putea spune că vântul este mecanismul de transfer al captatorului terestru. Vântul menține echilibrul dinamic al căldurii pământului. Energia eoliană sau a vântului este direct și în întregime datorată insolației, fiind de fapt “**energie solară primară**”.

Pentru Europa, potențialul teoretic eolian ar fi de 100 kW/m<sup>2</sup> însă cel practic fiind mult mai mic. Distribuția producției de energie eoliană la nivel mondial este prezentată în figura 6.2.

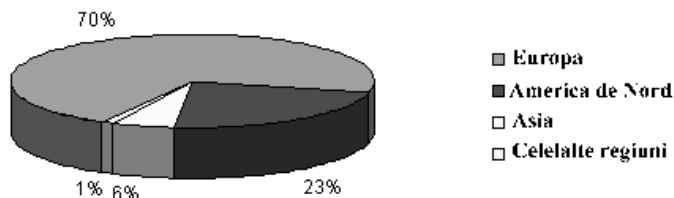


Figura 6.2. Distribuția producției mondiale de energie eoliană.

Circulația vânturilor în țara noastră este determinată de prezența principalelor centre de acțiune din Europa: anticlonul siberian, anticlonul azoric și depresiunea mediteraneană. În estul țării, datorită influenței lanțului Carpaților Orientali, iarna, la sol, sunt caracteristice două

direcții predominante: NV și SV la Suceava, N și S la Bacău. În zona Galați direcțiile predominante sunt SV, S și N, la Tulcea NV, N și S iar la Constanța predomină direcțiile V și NV. La București și Buzău direcțiile predominante ale vântului sunt SV, V, NE și E respectiv NV și SE. În zonele Craiova și Drobeta-Turnu Severin predomină vânturile din direcția NV, V și E respectiv V și NV iar la Arad în direcțiile S, SE și N în timp ce la Oradea în direcțiile S și E și la Sibiu, SE și NV. La Predeal predominant este vântul din direcțiile SE, NV și S.

Viteza vântului crește cu înălțimea. În țara noastră viteza vântului în spațiul cuprins între sol și înălțimea de 5 km oscilează între 20 și 50 m/s. Frecvența are valorile cele mai mari în zona Sibiului și cele mai mici la Predeal. Vânturile de pe malul mării fac excepții: viteza este mai mare la înălțimi relativ mici.

Prin inventarierea potențialului eolian al țării noastre s-a apreciat că pe Munții Bucegi, Semenic și Gutâi sunt condiții potrivite pentru instalarea unor stații eoliene, delimitându-se peste 30 de sectoare cu viteze eoliene mari. În România potențialul energetic eolian este apreciat la 15-18·10<sup>9</sup> kWh anual, 50% din teritoriul țării având vânturi de peste 3 m/s timp de peste 3500 ore anual. În figura 6.3. este prezentat potențialul eolian al țării noastre.



Instalațiile eoliene ce folosesc în special vânturi slabe se numesc turbine de vânt și sunt caracterizate printr-un număr mare de palete și prin pornirea lor ușoară, figura 6.4., iar cele ce folosesc în special vânturile mai tari se numesc motoare de vânt și sunt caracterizate printr-un număr mai mic de palete și prin pornirea lor mai greu. Pentru vânturile puternice cu viteze mai mari de 8 m/s se proiectează motoare gigant, pe turnuri înalte de câteva sute de metri. S-a calculat că o viteză mai constantă a vântului poate fi întâlnită la înălțimea de 400 m, însă o asemenea înălțime pune probleme deosebite pentru turnul de susținere. Practic pentru motoarele eoliene medii se preferă înălțimi de 30-40 m.

Turbinele moderne de vânt întrebuințează forța vântului până la viteza de 8 m/s. La vânturile mai tari puterea rămâne constantă deoarece intră în funcțiune reglarea automată prin devierea roții și au în general trei palete, figura 6.5.

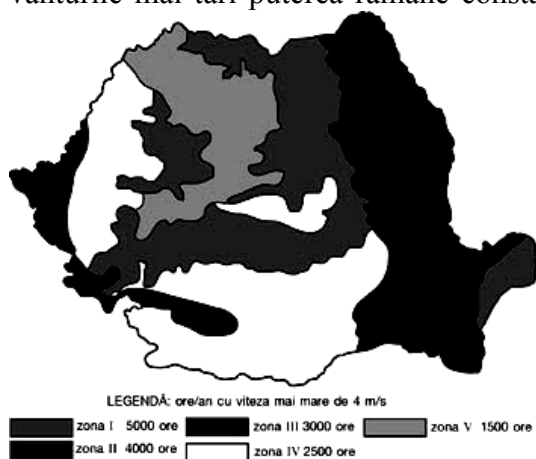


Figura 6.3. Potențialul eolian al României.



Figura 6.5.a. Turbină de vânt cu trei palete.

#### Avantajele sistemelor eoliene :

- emisia zero de substanțe poluante și gaze cu efect de seră, datorită faptului că nu se ard combustibili;
- nu se produc deșeuri;
- costuri reduse pe unitate de energie produsă. În 2004, prețul energiei eoliene ajunsese deja la o cincime față de cel din anii 80, iar previziunile sunt de continuare a scăderii acestora;
- costurile de scoatere din funcțiune la capătul perioadei normale de funcționare sunt minime, instalațiile eoliene putând fi integral reciclate.

#### Dezavantaje:

- cel mai important dezavantaj este variația vitezei vântului și din acest motiv nu orice locație se pretează la acest gen de aplicație;
- un alt dezavantaj semnalat este "poluarea vizuală și sonoră" (există persoane care susțin că nu se încadrează vizual în mediul înconjurător și fac zgomot în timpul funcționării) și faptul că afectează ecosistemele (necesită terenuri virane mari pentru instalare și pot omorî păsările). 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 generarea de electricitate folosind cărbunele, sunt cu mult mai dăunătoare pentru mediu, deoarece creează poluare și duc la efectul de seră. Și oficialitățile române încep să se preocupe de acest subiect, unele dintre primele zone vizate pentru instalarea de turbine eoliene sunt: zona

Braşov-Ghimbav, zona Bran, masivul Postăvarul și un câmp de turbine eoliene în Dobrogea construit în colaborare cu Germania .

### Energia hidroelectrică

Una din primele forțe ale naturii supuse și folosite de om a fost forța produsă de apă sau hidroenergia. Ridicarea sau căderea apei erau posibilități importante încă din vechime, de îmbunătățire a vieții oamenilor, ajutând agricultura prin irigații sau prin construcția de mori de apă pentru măcinarea cerealelor. Irigarea câmpurilor era semnalată prin secolul al V-lea î.H în Persia, China și India.

Inventarea *noriei*, o roată cu axul orizontal din lemn sau din bambus, prevăzută cu găleți și palete pe circumferință pe care le lovea un jet de apă ce curgea repede a contribuit la irigarea suprafețelor cultivabile. Roțile învârtindu-se, umpleau gălețile de apă, le ridicau și atingând punctul cel mai înalt, le deșertau într-un jgheab special, care ducea la locul de utilizare. Asemenea roți mai pot fi găsite și azi în unele țări ale Asiei de SV, producând lucrul mecanic de ridicare a apei fără cheltuială.



Figura 7.2. Turbină Pelton

Noua viață a puterii apei se consideră că a început în anul 1880, când inginerul american Lester Allen Pelton realizează o turbină hidroelectrică în care curentul de apă este dirijată asupra unor cupe duble (asemănătoare cu două "căuce") fixate pe un rotor cu axul orizontal, figura 7.2. Când se folosesc căderi mari de peste 200 m pentru acționarea turbinei Pelton se obțin randamente foarte bune.

Chiar și țările care dispuneau de suficienți combustibili fosili au găsit ca atractivă construcția de hidrocentrale electrice. Și acesta în principal din următoarele motive: se elimină o parte din folosirea cărbunelui, considerat murdar și poluant, reînnoirea continuă a apei și în special prețul de cost mic al energiei electrice obținute.

Construirea hidrocentralelor necesită nu numai cursuri de ape cu debit mare ci și căderi mari de ape, o mare capacitate de stocare (baraj și lac de acumulare).

Pe glob, principalele zone în care se produce energia electrică pe seama hidroenergiei se află în emisfera nordică, cu cele mai importante amplasamente favorabile (relief montan, rețele de apă ramificate).

Se estimează că potențialul hidroenergetic al cursurilor și căderilor de apă ale planetei noastre este de  $3,8 \cdot 10^{10}$  MWh an însă condițiile geografice reduc la aproximativ 45% potențialul tehnic amenajabil.

Principalele țări producătoare și consumatoare de energie electrică obținută prin hidrocentrale sunt: SUA, Canada, fosta URSS, Japonia, Norvegia, Brazilia, Suedia etc. În unele din aceste țări energia electrică obținută de hidrocentrale asigură un procent mare din consumul total energetic ca de exemplu Norvegia 99%, Brazilia 92%, Canada 71% etc.

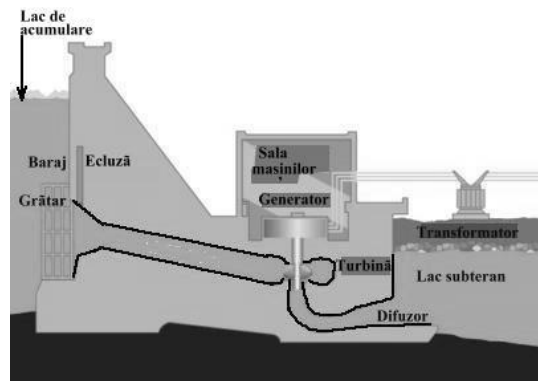


Figura 7.3. Schema generală de funcționare a unei hidrocentrale

Hidrocentralele dețin o pondere ceva mai ridicată din capacitatea instalată a ansamblului uzinelor electrice (peste 33% adică  $21,29 \cdot 10^9$  MWh/an) față de ponderea producției de electricitate hidroelectrică din producția totală (aproximativ 21%) deoarece timpul lor de funcționare este mai scurt decât cel al termocentralelor. Schema generală de funcționare a unei hidrocentrale este prezentată în figura 7.3.

Hidrocentralele sunt de trei tipuri :

- hidrocentrale de cădere mare (peste 200 m) construite în special pe râuri de munte, în

- general cu debit mic;
- hidrocentrale de cădere medie (30-200 m ) în general cu debit mai mare decât cele precedente, construite în regiuni de munți mai scunzi sau de podiș cum sunt cele din Podișul Braziliei, Podișul Boemiei, Masivul Central Francez, Hidrocentrala de la Stejarul de pe Bistrița cu o cădere de 140 m și un debit instalat de 150 m/s;
  - hidrocentrale cu cădere mică (sub 30 m ) la care denivelarea redusă este compensată prin debitul mare al arterelor hidrografice puse în valoare cum ar fi hidrocentralele de pe Volga, Rin, Dunăre (Porțile de Fier).

În tabelul 7.1. se prezintă concentrarea prin obstacol pentru cursuri de ape din România.

Cursul de apă	Amenajarea	Densitatea de energie volumică [Kwh m <sup>-3</sup> ]		Raportul de concentrare prin obstacol( $E=I_v/I_v$ )
		Inițială ( $I_v$ )	Finală ( $I_v$ )	
Dunăre	Porțile de Fier I	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0,067	515
Bistrița	Stejaru	$1,7 \cdot 10^{-4}$	0,280	1647
Argeș	Vidraru	$1,8 \cdot 10^{-4}$	0,671	3728
Lotru	Ciunget	$0,7 \cdot 10^{-4}$	1,800	25714
Olt	Rm.Vâlcea	$2 \cdot 10^{-4}$	0,036	180
Someș	Mărișelu	$2 \cdot 10^{-4}$	1,000	5000

Hidrocentralele cer, în general investiții mari, cel mai costisitor fiind barajul în spatele căruia se formează lacul de acumulare. care se amortizează într-un timp îndelungat, dar cheltuielile de producție sunt neînsemnate, uzinele fiind alimentate de o sursă practic gratuită și inepuizabilă de energie.

Tabelul 7.1. Concentrarea prin obstacol pentru cele mai importante amenajări hidroenergetice din România la debite și căderi medii.

În schimb termocentralele se construiesc într-un timp mai scurt cu investiții mult mai mici, iar localizarea lor este mult mai puțin dependentă de anumite condiții naturale.

La noi în țară s-au construit hidrocentrale pe Olt, Jiu, Mureș, Siret, Bistrița, Argeș, Lotru, Dunăre (Porțile de Fier ) etc.

Țara noastră dispune de un bogat potențial hidroenergetic amenajabil apreciat la  $4 \cdot 10^{13}$  MWh ceea ce reprezintă aproximativ 17% din potențialul hidroenergetic al țării.

Viața teoretică a unor hidrocentrale față de cele termice, (50 ani respectiv 35 ani), elasticitatea furnizării energiei, nepoluarea mediului, prețul de cost scăzut vor impulsiona puternic valorificarea surselor hidroenergetice mari sau mici.