

VALORIFICAREA ENERGIEI VALURILOR. VALORIFICARE. CONCLUZII

Partea a II-a

Prof. univ. em. dr. ing. Mircea BEJAN¹, Ing. Ioana BĂLAN², Barbu BEJAN³

¹Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, ²Metz, Franța,

³ Paris, Franța

REZUMAT. Combustibilii fosili (petrol, cărbune, gaze) se consumă într-un ritm amețitor așa că trebuie să accelerăm descoperirea și exploatarea energilor regenerabile. Totuși, captarea energiei solare se lovește de costuri mari de implementare și eficiență mică, iar pentru captarea energiei eoliene este nevoie de condiții speciale. Pentru a deveni eficiente, diferitele instalații destinate valorificării în scop energetic a forței mecanice a valurilor trebuie instalate în zone cu suficient impact al curenților. Apele Oceanului Planetar dețin un imens potențial energetic care poate fi valorificat pentru producerea de energie. Principalele surse de energie luate în considerare, cel puțin la nivelul tehnicii actuale, se referă la: marea, curenții marini, valuri, diferențe de temperatură ale structurilor de apă marină. Valurile oceanelor poartă cantități masive de energie, dar această energie este, în general, greu de exploatat eficient și ieftin. Energia valurilor este fără limită, fiind un izvor nesecat, cum nesecat este și oceanul. În zonele cu valuri în tot timpul anului sau în largul mărilor și oceanelor, energia valurilor este o formă de energie regenerabilă cu foarte mare potențial. Deși potențialul energetic și puterea valurilor sunt încă costisitor de exploatat, unele firme încep să realizeze investiții serioase, așteptând clipa când electricitatea generată de valuri va fi exploatată la nivel industrial. Se prezintă diferite instalații destinate valorificării în scop energetic a forței mecanice a valurilor: instalație cu plan înclinat și bazin; instalație cu ponton greu și piston lichid; instalație cu plutitor și valvă clapet pe coloană; instalație cu piston acționat de valuri etc., cu avantajele și dezavantajele lor.

Cuvinte cheie : energii regenerabile ; potențialul energetic și puterea valurilor ; instalații destinate valorificării în scop energetic a forței mecanice a valurilor ; instalație cu plan înclinat și bazin ; instalație cu ponton greu și piston lichid; instalație cu plutitor și valvă clapet pe coloană; instalație cu piston acționat de valuri etc.

ABSTRACT. Fossil fuels (oil, coal, gas) consumed in a rapidly paced so you have to accelerate the discovery and exploitation of renewable energies. However, the capture of solar energy hitting the high costs of deployment and low efficiency, and for capturing wind energy it takes special conditions. To become effective, the various facilities for recovery for labour-mechanical energy wave must be installed in areas with sufficient impact of currents. Ocean waters hold a huge energy potential that can be harnessed for energy production. The main energy sources taken into account, at least at the level of the current technique, refer to: tides, sea currents, waves, temperature differences in the structure of marine water. Ocean waves carry massive amounts of energy, but that energy is generally hard to operate efficiently and inexpensively. Wave energy is without limit, being a wellspring is inexhaustible and like the ocean. In areas with the waves all year round or on the high seas and oceans, wave energy is a renewable form of energy with very high potential. Although the potential energy and wave power are expensive yet exploitable, some firms are starting to make serious investments, waiting for the moment when the electricity generated by the waves will be operating at the industrial level. It presents various facilities for recovery for the purpose of mechanical energy of the wave: the inclined plane and plant basin; installation with heavy liquid piston deck; floating plant and taps on the valve column; piston-driven system of waves, etc., with their advantages and disadvantages.

Keywords: renewable energies; potential energy and wave power; equipment intended for energy recovery of the mechanical strength of the waves; installation with sloping basin plan; installation with pontoon hard and liquid piston; the floating plant and taps on the valve; gas piston operated waves etc.

3.5. Sisteme cu coloană oscilantă de apă

Constă dintr-o cameră realizată de o copertină de beton, care are planșeul peste nivelul maxim al apei. Camera are deschideri la partea inferioară, sub nivelul minim al apei, care permit intrarea

valurilor în interiorul camerei. Ridicarea și coborârea periodică a nivelului apei comprimă și decomprimă succesiv volumul de aer din interiorul camerei. O turbină de aer, situată la ieșirea din cameră, este pusă în mișcare de aerul expulzat sau aspirat în cameră. Axial cu turbina este generatorul, care transformă energia mecanică în energie electrică.

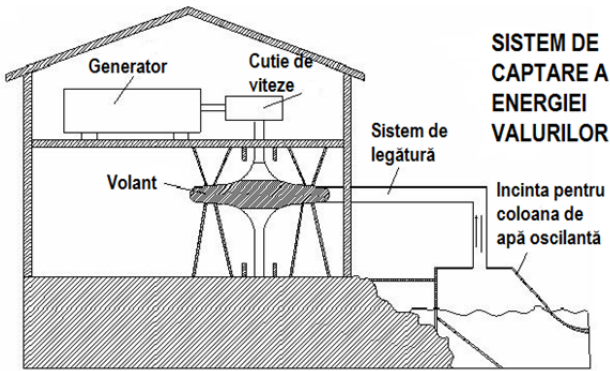


Fig. 5. Sistem de captare a energiei valurilor cu coloană oscilantă de apă.

3.6. Instalație românească destinată valorificării în scop energetic a forței mecanice a valurilor din Marea Neagră

Specialiștii români prognozează că potențialul energetic brut al valurilor de pe cei 200 km de litoral românesc al Mării Negre se ridică la circa $8 \cdot 10^9$ kWh/an, potențialul energetic tehnic utilizabil estimându-se la $4 \cdot 10^9$ kWh/an, ceea ce ar conduce la o economie de combustibil convențional de aproximativ 2 milioane t/an. În unele institute de studii și proiectări din România, au existat preocupări pentru captarea și valorificarea energiei valurilor din Marea Neagră. Studiile întreprinse (chiar în lipsa finanțării acestora) au condus la concluzia oportunității captării energiei valurilor de vânt și au impulsivat diferite cadre de specialitate să continue aprofundarea problemei.

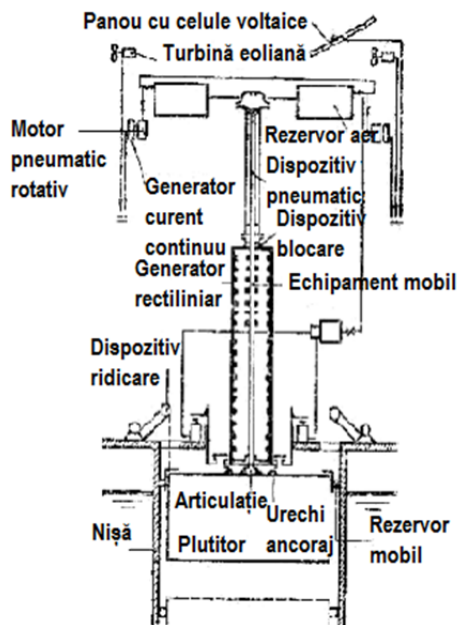


Fig. 6. Schița unei instalații românești destinată valorificării în scop energetic a forței mecanice a valurilor din Marea Neagră.

Procedul de captare proiectat este specific valurilor neregulate și constă în preluarea directă, prin intermediul unui plutitor, a mișcării pe verticală a apei, fără transport de debit – figura 6. Transmisia mișcării este realizată cu ajutorul unui generator rectiliniu (a cărui flux magnetic este făcut astfel să varieze), această mișcare fiind transformată în curent electric alternativ, cu frecvența neregulată, care poate fi folosit în stare brută ca sursă de căldură. Echipamentul hidraulic a unui element de captare este format dintr-un plutitor, care preia valurile neregulate (cu înălțimea cuprinsă între 50 mm și 9 m) și din echipamentul electric principal (alcătuit dintr-o parte mobilă legată cu articulații de plutitor și o parte fixă, solidară cu structura imobilă). Soluția prezentată impune realizarea unui structurii plutitoare cât mai stabile în masa agitată a valurilor, capabilă să susțină echipamentul energetic. O caracteristică deosebită o constituie posibilitatea nelimitată de dezvoltare pe verticală a instalațiilor, precum și capacitatea individuală a elementelor.

Anul 1960 a însemnat punerea în exploatare a primelor balize și geamanduri luminoase în Marea Japoniei, alimentate cu energie electrică provenită din valuri, iar mai târziu, pe baza unui brevet emis în 1967 pe numele lui Kaisha Ryakusei, tot aici s-au realizat hidrocentrale marine de capacitate redusă utilizând soluția „pistonului lichid”. S-a experimentat o instalație a cărei lungime a măsurat 90 m, cu un diametru al coloanei de 4,5 m. La valuri cu înălțimea medie de 2,4 m, sistemul de captare și conversie a realizat o putere de 300 kW.

3.7. Sisteme cu amplasare în apropierea țărmului

Primul sistem de fructificare a energiei valurilor cu amplasare în apropierea țărmului care a furnizat energie în rețeaua unui sistem energetic, este cel denumit Wave Dragon. Instalația are două rampe largi, special profilate, care înalță local valurile și le dirijează în rezervor – figura 7. Din rezervor apa se reîntoarce în mare prin gravitație, printr-o turbină, care este conectată cu un generator. Construcția este foarte simplă, numai turbina și generatorul având părți în mișcare. Costurile inițiale sunt reduse, dar costurile de exploatare, datorită locației în afara țărmului sunt mai mari.

3.8. Sisteme cu amplasare la țărm

Între sistemele amplasate în țărm cel mai cunoscut este cel cu coloană oscilantă de apă. Sistemul denumit LIMPET (Land Installed Marine Power Energy Transmitter), care a funcționat între anii 2000 și 2007 pe coasta de vest a Scoției, a constat din

două turbine de aer Wells, cu diametrul de 2,6 m, conectate fiecare cu un generator de 250 kW, puterea totală instalată fiind de 0,5 MW – figura 8 [20].

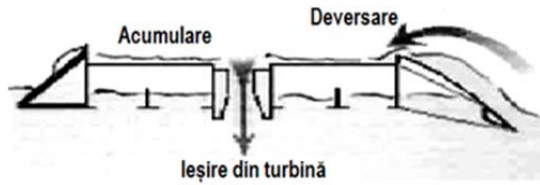


Fig. 7. Principiul instalației Wave Dragon [20].

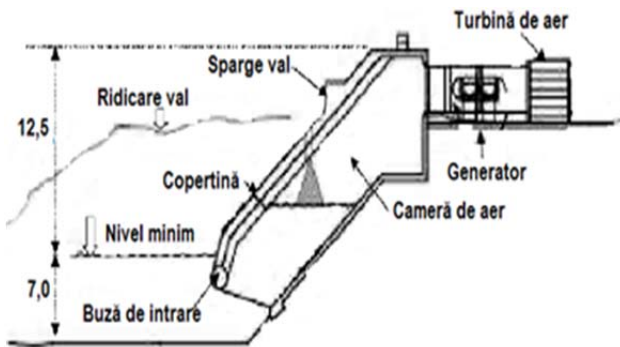


Fig. 8. Secțiune transversală prin camera sistemului LIMPET [20].

Sistemul cu panou oscilant (figura 9) este de asemenea destinat amplasării la țărm. O cutie din beton armat are o latură liberă către mare. Un panou batant este articulată de cutie, la partea superioară. Sub acțiunea valurilor panoul oscilează, iar mișcarea este transmisă unei pompe hidraulice care la rândul ei antrenează un generator [20].

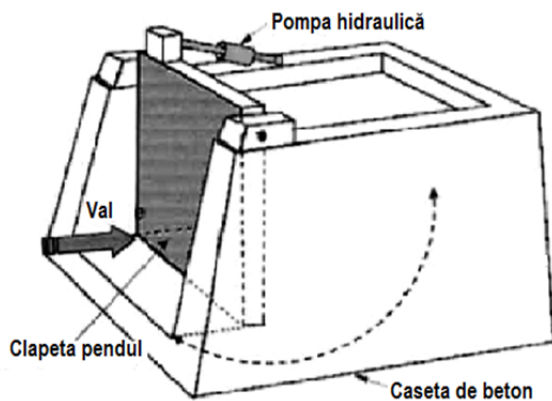


Fig. 9. Sistemul cu panou oscilant destinat amplasării la țărm [20].

3.9. Sisteme cu amplasare în larg

Un prim sistem constă în utilizarea unor *plutitori tip geamandură*, care se ridică și se coboară odată cu valurile. Mișcarea creează energie mecanică, care se transformă în energie electrică.

Alt sistem propus folosește *principiul panourilor batante*, antrenate de val. Un panou carcasat, articulată de o fundație de beton pe fundul mării, transmite mișcarea de dute-vino unui piston. Pistonul comprimă uleiul din cilindru care antrenează un generator.

Sistemul Pelamis (figura 10) este primul sistem de colectare a energiei valurilor de larg cu aplicații industriale. Sunt șase cilindri articulați, cu diametrul de 3,5 m, dintre care trei sunt flotori cu lungimea de 30 m fiecare și trei, cu lungimea de 5 m, conțin sistemul de conversie și sunt denumite module de putere. Structura este semi-submersă. Sub acțiunea valurilor elementele articulate au mișcări sus-jos și dreapta-stânga. Mișcarea din articulații este transmisă unor cilindri hidraulici, care pompează ulei la presiune foarte mare către motoarele hidraulice. Motoarele hidraulice pun în mișcare generatorul electric. Energia produsă de fiecare dintre modulele de putere este trimisă prin același cablu către o conexiune pozată pe fundul mării.

În Scoția, pe coasta de nord, la Orkneys, este o grupare de 4 unități cu puterea de 3 MW. Pe coasta de nord a Angliei este în curs de realizare o fermă de unități Pelamis cu puterea de 20 MW. O singură unitate Pelamis amplasată într-o zonă a mării cu puterea specifică medie, pe unitatea de lungime, de 55 kW/m produce într-un an $2,2 \times 10^6$ kWh [20].

3.10. Dispozitiv revoluționar ce poate valorifica energia din râuri și din curenții oceanelor

Oamenii de știință americani au realizat un dispozitiv revoluționar ce poate valorifica energia din râuri și din curenții oceanelor și care ar putea produce suficientă energie pentru întreg mapamondul – figura 11. Tehnologia poate genera electricitate din apa ce curge cu o viteză de aproape 0,55 m/s, ceea ce înseamnă că poate opera pe majoritatea râurilor și oceanelor din jurul lumii.

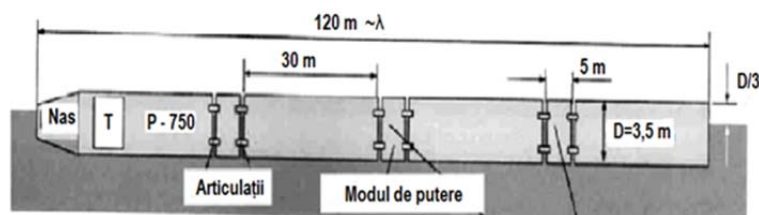


Fig. 10. Schema sistemului Pelamis [1].



Fig. 11. Dispozitiv revoluționar ce poate valorifica energia din râuri și din curenții oceanelor.

Actualele dispozitive, care se bazează pe acțiunea valurilor, fluxurilor și curenților creați de baraje, sunt mult mai limitate și cauzează obstrucții pe râurile pe care sunt construite. Turbinele și morile de apă necesită o viteză de 2,57 - 3,08 m/s pentru a opera eficient, în timp ce majoritatea curenților ating numai 1,54 m/s.

Noul dispozitiv este compus dintr-un sistem de cilindri atașați de resorturi și poziționați orizontal față de curenții apei. În momentul în care apa trece printre ei, cilindrii creează vortexuri (vârtej cu antrenare de aer, care apare la aspirația apei dintr-un bazin), ce împing resorturile în sus și în jos. Energia mecanică rezultată din vibrații este transformată în electricitate. Cilindrii așezați pe o suprafață de 1 m² de ocean sau râu la un curent de 1,54 m/s pot produce 51 W/h. Metoda este mult mai eficientă decât turbinele de mărime similară sau generatoarele de valuri, iar cantitatea de energie produsă este sporită considerabil dacă viteza curenților este mai mare. Un „câmp” de cilindri așezați pe fundul unui ocean pe o arie de 1 km² /1,5 km² și de înălțimea unei case cu două etaje prin care curenții trec cu o viteză de 1,54 m/s poate genera suficientă energie pentru aproape 100.000 de locuințe. Oamenii de știință din spatele acestei inovatoare tehnologii cred că energia generată prin această metodă ar costa numai 0,41 euro cenți/kWh, față de 0,53 eurocenți/kWh pentru energia eoliană și 0,48 eurocenți/kWh pentru energia solară.

3.11. Centrală electrică hidropneumatică acționată de valuri

Se propune [29] o nouă construcție a turbinei unisens, bazată pe următoarele principii:

- funcționarea turbinei se realizează prin înclinarea palelor turbinei la diferite unghiuri până la unghiul nominal în funcție de viteza fluxului de aer și cuplul generatorului;
- pornirea turbinei se realizează prin înclinarea palelor turbinei la unghiul maxim;
- evitarea ambalării turbinei, în cazul valurilor foarte mari, se obține printr-un dispozitiv centrifugal care comandă palele turbinei.

Microcentrala propusă se bazează pe principiul hidropneumatic, și este reprezentată în figura 12. Prima problemă a fost proiectarea și realizarea unui canal de valuri pentru experimentări în condiții cât mai apropiate de condițiile din natură. Apoi, s-a elaborat o metodologie de calcul a instalațiilor electrice hidropneumatice acționate de valuri pentru a se putea realiza prin similitudine mai multe modele experimentale și a se putea alege o formă constructivă optimă. Sistemul captează valurile într-o cameră artificială parțial cufundată cu o deschidere într-un perete deasupra nivelului apei. Deschiderea conduce către o turbină antrenată de aer. Creasta valului intră în cameră, ridică rapid nivelul apei, împingând aerul deasupra apei prin deschidere și rotind palele turbinei.

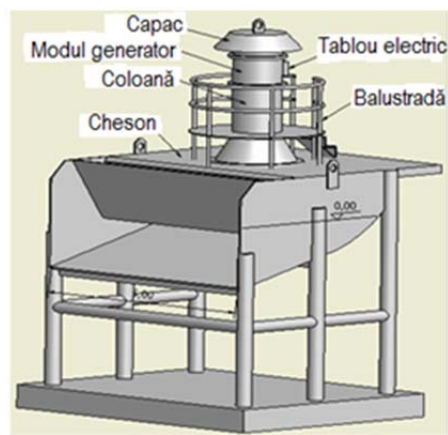


Fig. 12. Model microcentrală electrică hidropneumatică acționată de valuri.

4. CONCLUZII

- Apele Oceanului Planetar dețin un imens potențial energetic care poate fi valorificat pentru producerea de energie. Principalele surse de energie luate în considerare, cel puțin la nivelul tehnicii actuale, se referă la: marea, curenții marini, valuri, diferențe de temperatură ale structurilor de apă marină. Teoretic, energia valurilor este un izvor nesecat, fiind fără limită, cum imens și nesecat este și oceanul. Valurile oceanelor poartă cantități masive de energie, dar această energie este greu de exploatat eficient și ieftin.

- Avantajele acestor turbine de conversie a curenților marini față de turbinele de vânt sunt următoarele: pot prezice în proporție de 100 % apariția curenților, au eficiență mare, diametrul rotorului este mai mic la aceeași putere (15–20 m la 0,75–1,5 MW, față de 60–80 m, la aceleași puteri), nu necesită controlul pasului paletelor, iar platforma are o suprafață stabilă pentru întreținere. Ca dezavantaje pot fi menționate următoarele: poate fi exploatată ca sursă de energie maximum 10 ore pe zi, eficiența este mai mare la adâncimi mai mari (> 60 m), pot

apărea probleme legate de coroziune, iar pentru întreținere, de asemenea, pot apărea probleme speciale (specifice).

- Valurile reprezintă o formă de stocare a energiei transmise de vânt, energie calculabilă și demnă de luat în considerație. Mișcarea valurilor este datorată tot radiației solare. Calculele au evidențiat că valurile cu înălțimea de 1 m, lungimea de 40 m și perioadă de 5 s, au o putere disponibilă de aproximativ 5 kW pe un front de 1 m lățime. Energia oceanică este încă o sursă de energie neexploată dar cu un potențial foarte ridicat. Până în anul 2005, puterea instalată era foarte modestă, de 300 MW. Datorită gradului de poluare, costului tot mai mare și resurselor tot mai limitate, se impune înlocuirea surselor clasice de producere a energiei electrice cu diferite surse alternative regenerabile (nepoluante). În următorii 10-15 ani se prevede o creștere semnificativă a surselor regenerabile nepoluante, iar puterea instalată a centralelor de vânt și a hidrocentralelor va crește cu până la 30 %, în timp ce energia nucleară va aduce doar o contribuție modestă care abia va compensa micșorarea utilizării resurselor de petrol.

- Randamentul global al sistemului energetic este mic, pierderile înregistrate constituind prima poziție în consumul de energie și deci deține ponderea cea mai mare în emisia de CO₂. De exemplu, în 2000, pentru satisfacerea nevoilor de energie utilă ale francezilor, de 86 Mtep, s-au consumat 252 Mtep, ceea ce corespunde unui randament de aproximativ 34 %. 166 Mtep au fost astfel pierdute în transformările energetice (rafinare, producție de electricitate etc.) și în utilizările finale (randamentul aparatelor electrocasnice, vehicule etc.), influențând ponderea în emisia de CO₂.

- O putere semnificativă poate fi obținută cu ajutorul generatoarelor plasate în zonele de curenți marini mari. Se evaluează că energia totală care este conținută în mișcarea apei în timpul fluxului și refluxului apei Oceanului Atlantic este de 100 kWh/zi/persoană. Dacă se poate extrage 10 % din această energie și ținând cont că conversia și procesul de transformare a energiei se realizează cu un randament de maxim 50 %, se obține valoarea de 5 kWh/zi/persoană. Această formă de energie are următoarele avantaje: ● o energie previzibilă ca urmare a unui fenomen natural care se repetă cu regularitate; ● succesiunea fluxurilor de înălțime mare și mică se desfășoară în intervale de timp de 12 ore; ● nu necesită construcții costisitoare; ● densitatea de putere produsă este mai mare decât pentru generatorii eolieni; ● turbinele subacvatice nu necesită măsuri speciale de protecție.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Enache, M., *Realizări și perspective în utilizarea energiei valurilor*, În: Revista Știință și Tehnică, nr.9/1979.
- [2] Proca, A., *Proiecte de azi, energia de mâine*, În: Univers Ingineresc, nr.17/2007.
- [3] Bejan, M., Bologa, O., *Energia regenerabilă*, În: Univers Ingineresc, nr.19/2007.
- [4] Baican, R., *Energii regenerabile*, Editura GRINTA, Cluj-Napoca, 2010.
- [5] Bejan, M., Rusu, T., Bălan Ioana, *Energia valurilor*. În: Buletin AGIR, Tehnologii avansate și materiale noi, An XV, nr.4/2010, Editura AGIR, București, 2010, ISSN-L 1224-7928, Online: ISSN 2247-3548.
- [6] David, JC Mackay, *Sustainable Energy*, www.withouthotair.com
- [7] * * * <http://www.wind-energie.de/>
- [8] * * * <http://bioenergy2020.eu/>
- [9] Vidican, I., Bejan, M., *Unele aspecte privind mediul înconjurător și utilizarea energiilor regenerabile*, În: Energie, Eficiență, Ecologie și Educație, Centrul Editorial-Poligrafic al USM, Asociația Inginerilor de Instalații din Republica Moldova și Universitatea Tehnică a Moldovei, 2014 – ISBN 978-9975-71-505-8, pag.111-118.
- [10] Stematiu, D., *Amenajări hidroenergetice*, Editura Conspress, București, 2008.
- [11] Iulian, C., Lazăr, P.D., *Energia valurilor: captare și conversie*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1982.
- [12] Iulian, C., *Utilizarea energiei valurilor*, Editura tehnică, București, 1990.
- [13] Malița, M., Băcescu, M., *Viitorul mărilor și al oceanelor*, Editura Academiei RSR, București, 1980.
- [14] Sorensen, H.C., ș.a., *The Wave Dragon – Now Ready for Test in Real Sea - Proceedings from the Fourth European Wave Energy Conf.*, Aalborg, 2000.
- [15] Cazacu, M.D., Neacșu, R., *On mechanically and pneumatically generated waves*, The V-th International Energy Conf. – Energex. Seoul, 1993.
- [16] * * * *Surse noi de energie – Orientări, realizări, tendințe în cercetarea științifică și inginerie tehnologică*, Vol.II., INID, București, 1980.
- [17] * * * http://www.aquaret.com/index.php?option=com_content&view=article&id=131&Itemid=274&lang=ro
- [18] * * * <http://ro.wikipedia.org/wiki/Val>
- [19] * * * <http://thefraserdomain.typepad.com/energy/2005/10>
- [20] Spînu, I., Deac, C.D., *Valorificarea energiei valurilor*, Știință și Inginerie, Editura AGIR, București 2012, vol. 21, ISSN 2067-7138 eISSN 2359 – 828X, pag. 403-410.
- [21] * * * <http://energy.sourceguides.com>, Practical Ocean Energy Management Systems.
- [22] * * * www.enerdata.fr/enerdatauk/, World energy statistics databases, forecasts and analyses.
- [23] Griffiths, C., *Coal with the Future*, Coal International, 2000.
- [24] Exarhu, M., *Mașini și instalații hidraulice și pneumatice*, Editura SC Andro Tipo SRL, 2006, pag. 407.
- [25] Constantinescu, V.N., *Mecanica fluidelor și elemente de aerodinamică*, Editura didactică și pedagogică, București, 1983.
- [26] Carafoli, E., Oroeanu, T., *Mecanica Fluidelor*, vol.II, Editura Academiei Române, București, România, 1955, pag. 60-80.
- [27] Tănăsescu, F.T., *Conversia energiei - Tehnici neconvenționale*, Editura tehnică, București, 1986.
- [28] Olaru, Gh., Lazăr, P.D., *Contribuții privind implementarea digurilor energetice în largul Mării Negre*, Energetica, Mart. - Apr. 1990.
- [29] Stroe, C.C., Panaitescu, V., *Centrală electrică hidro-pneumatică acționată de valuri*. Știință și Inginerie, Editura AGIR, București 2012, vol. 22, ISSN 2067-7138 eISSN 2359 – 828X, pag. 109-116.
- [30] Bejan, M., *Energetica nucleară - pro și contra*, Partea I și Partea a II-a, Știință și Inginerie, vol. 19/2011, Editura AGIR, București, ISSN 2067-7138 eISSN 2359 – 828X, pag. 65-74 și 75-84.