

**Utilizarea surselor regenerabile de energie – una din soluțiile problemelor globale ale omenirii**

**Ion Bostan,**

*Academician*

*Universitatea Tehnică a Moldovei,*

bostan@adm.utm.md

**Valeriu Dulgheru,**

*dr. hab. prof. univ.*

*Universitatea Tehnică a Moldovei,*

dulgheru@mail.utm.md

*Abstract. Under the circumstances of the big Global Problems (energetic and ecologic) appears the problem of non-traditional sources utilization recovered by energy. This paper deals with the elaboration and fabrication or the industrial prototypes of micro-hydro power plant for river water kinetic energy conversion, wind turbines and photovoltaic installations.*

**Cuvinte cheie:** *energii regenerabile, solară, eoliană, hidraulică*

**„Veți crea, veți avea. Nu veți crea, nu veți fi”**

Omenirea a intrat într-o nouă eră a energiei, caracterizată de creșterea cererii globale a energiei pe fondalul creșterii continuă a prețurilor și instabilității acestora, precum și de amenințările reale cauzate de schimbările climatice:

- crește mereu dependența de petrol și de alți combustibili fosili, cresc importurile și costurile energiei, fapt ce creează riscuri politice și economice și fac ca societățile și economiile noastre să fie tot mai vulnerabile;
- sectorul aprovizionării cu energie la nivel global generează peste 60% din emisiile antropice de gaze cu efect de seră (GES), fiind principala cauză a schimbărilor climatice. Încălzirea globală, care la mijlocul secolului trecut era doar un semnal pentru a fi luat în considerare, astăzi a devenit o mare preocupare la scară mondială. În acest context au fost adoptate Convenția ONU pentru Schimbările climatice (1992) și Protocolul de la Kyoto (1997).

Una dintre cele mai mari provocări ale secolului al XXI<sup>-lea</sup> constă în asigurarea accesului fiecărui cetățean al Planetei la energie nonpoluantă, durabilă, care, conform Comisiei ONU, înseamnă “o dezvoltare care satisface necesitățile prezentului, fără a compromite capacitățile viitoarelor generații să își satisfacă propriile necesități”. Dat fiind faptul că producerea energiei din surse fosile provoacă poluarea mediului, creșterea pericolului pentru sănătate,

schimbarea climei etc. căutarea unor surse noi alternative de energie, inventarea unor sisteme performante de conversie a energiilor regenerabile reprezintă o preocupare de bază a inventatorilor la acest început de mileniu trei.

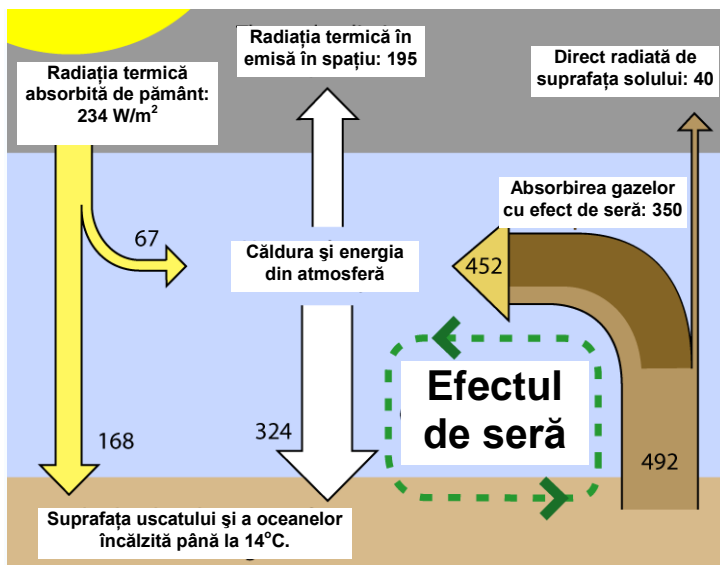


Fig. 1. Reprezentarea simplificată a efectului de seră

Ceea ce pentru noi astăzi este foarte simplu pentru omul primitiv a fost extrem de complicat. Astfel, omul primitiv a trebuit să inventeze focul, să găsească, prin observații îndelungate și încercări, semințele care pot fi mâncate și care îi țin de foame, să constate în timp că aceste semințe, în anumite condiții, pot să

încolțească și să dea alte semințe, mult mai multe, să găsească terenuri propice pentru a le însămânța și să aștepte ca recolta să crească și să se coacă. A trebuit, deci, să învețe să scormonească pământul, să are mai târziu, utilizând tracțiunea animalelor domestice, să secere, să treiere, să depoziteze, să macine, să fiarbă, utilizând energia de ardere a biomasei (lemn, plante uscate etc.), să facă făină, utilizând energia hidraulică a morilor de apă, și, ulterior, să coacă pâine, a trebuit să își imagineze metodele și uneltele necesare pentru toate acestea, cu alte cuvinte *a trebuit să creeze*.

Vă puteți imagina viața fără televizor, fără automobil sau fără computer, fără posibilitatea de a vă pregăti zilnic hrana, fără iluminare în casă, fără încălzire în timpul rece al anului etc.? Dar toate acestea sunt rezultatul activității creative a savanților și inventatorilor, în special, din ultimii două sute de ani. Toate acestea pot să dispară, pe parcursul primei jumătăți a secolului prezent, în urma epuizării drastice a rezervelor naturale de combustibili fosili. Creșterea consumului de energie conduce la sporirea continuă a volumului extragerii combustibililor fosili, care asigură astăzi peste 85 % din energia utilizată. În prezent, anual se consumă energie echivalentă cu peste 11 miliarde tone de combustibil convențional (t.e.p.) sau  $459 \text{ EJ}$  ( $459 \cdot 10^{18} \text{ J}$ ), din care doar 15,4% este de origine nonfossilă. Deoarece populația pe glob crește și, concomitent, sporește gradul de înzestrare cu energie a economiei, această cifră este în creștere continuă, ceea ce va avea consecințe grave. Combustibilii cei mai

acceptabili din punct de vedere economic – petrolul și gazele naturale – se presupune că se vor epuiza în cca 30 – 50 de ani [1].

Privind vizionar în viitor, Freeman Dyson de la Universitatea din Oxford argumentează că schimburile tehnologice alterează fundamental aranjamentele noastre etice și sociale și că trei tehnologii noi, care se dezvoltă rapid – energiile regenerabile, ingineria genetică și comunicarea globală, astăzi au potențialul de a crea o distribuție mai uniformă a sănătății globale. Sectorul energetic tradițional se confruntă cu două probleme majore - criza energetică și impactul asupra mediului. Aceste două aspecte grave reprezintă problemele globale ale Omenirii, soluționarea cărora cade pe umerii inginerilor, pe umerii generației tinere. *“Secolul al XIX<sup>lea</sup> a fost al aburilor, secolul al XX<sup>lea</sup> – al electricității, iar secolul al XXI<sup>lea</sup> va fi al energiilor regenerabile sau nu va fi deloc”*.

Astăzi, cea mai mare parte de energie necesară pentru consumul zilnic este obținută prin arderea combustibililor fosili – cărbune, petrol și gaz natural. Mai multe milioane de ani, descompunerea plantelor și animalelor a condus la formarea combustibililor fosili, care însă, practic, s-au consumat pe parcursul doar a cca 200 de ani. Tot timp de milioane de ani, pe Terra s-a format atmosfera și întreg sistemul vegetal, ca timp tot de cca 200 de ani, dar, în special, în ultimii 100 de ani, să fie serios periclitat mediul și să se ajungă în pragul unei catastrofe ecologice. A fost recunoscut faptul că energia modernă este vinovată de apariția a numeroase probleme de mediu. Va trebui găsit un compromis între cererea crescândă de servicii energetice și necesitatea acută de a proteja mediul ambiant. În viziunea autorilor prezentei lucrări, soluția problemei constă în revenirea omenirii la surse de energie regenerabilă.

În anul 1960, s-au produs și s-au consumat 3000 TWh de electricitate. În 1970, aceasta a crescut până la 6000 TWh. În anul 2000, au fost consumate 150000 TWh. Chiar dacă ar fi posibilă reducerea la jumătate a consumului de energie electrică în țările industrial dezvoltate (SUA, Germania, Japonia ș.a.) și creșterea, în același timp, a consumului pe cap de locuitor în India, China ș.a. țări din lumea a treia doar cu 25%, cererea globală de energie electrică s-ar dubla față de cea de astăzi. Ce surse de energie sunt capabile pentru a satisface aceste cerințe? Creșterea producerii energiei electrice prin arderea combustibililor fosili tradiționali ar periclita și mai mult impactul ecologic. Speranța energeticienilor se bazează pe găsirea de noi soluții și procedee, care ar satisface necesitățile în energie ale omenirii în următoarele decenii sau secole. În prim plan au fost puse soluțiile ce țin de energia nucleară, însă, după avariile de la centralele Three Miles Island din SUA și Cernobîl din Ucraina, s-a simțit necesitatea elaborării altor soluții, mai prietenoase mediului.

Sectorul aprovizionării cu energie la nivel global generează peste 60% din emisiile antropice de gaze cu efect de seră, fiind principala cauză a schimbărilor climatice. Încălzirea globală, care, la mijlocul secolului trecut, era doar un semnal pentru a fi luat în considerare, astăzi a devenit o mare preocupare la

scară mondială. În acest context, au fost adoptate Convenția ONU pentru schimbările climatice (1992) și Protocolul de la Kyoto (1997), ratificat inclusiv de Republica Moldova (2003).

În prezent, tot mai multe țări ale lumii se confruntă cu consecințele serioase ale încălzirii globale, precum sunt inundațiile, furtunile, alunecările de teren, căldura excesivă în perioada de vară, seceta și altele. Consecințele materiale ale modificărilor climatice asupra economiei, vieții oamenilor și mediului înconjurător sunt foarte serioase. Încălzirea globală cu 1,8 – 4,0°C până în anul 2100 ar putea conduce la ridicarea nivelului mărilor în acest secol cu 18 – 59 cm [2]. Conform Raportului Ștern, schimbările climatice, provocate de emisiile de gaze cu efect de seră din sectorul energetic, sunt considerate ca fiind „*cel mai mare și mai de amploare eșec de piață din toate timpurile*” [2] și o amenințare majoră pentru economia mondială.

Aceste două probleme grave – criza energetică și impactul asupra mediului - reprezintă problemele globale ale Omenirii, a căror soluționare cade pe umerii inginerilor. Deoarece lumea este atât de dependentă de energie, deoarece majoritatea populației Terrei folosește combustibili fosili pentru a-și satisface necesitățile energetice, fapt ce provoacă un grad înalt de poluare a mediului, apare stricta necesitate de a căuta surse noi de energie durabile și prietenoase mediului. Vor trebui găsite surse de energie, care produc cea mai mică poluare posibilă. Energiile regenerabile sunt lipsite, practic, de acest efect negativ de poluare a mediului.

A venit timpul să conștientizăm cu toții faptul că perioada, în care se beneficia de resurse energetice ieftine, a luat sfârșit. Energia costă mult, iar producerea ei, în baza tehnologiilor tradiționale, pune în pericol viața omului pe Pământ. Astăzi, cea mai mare parte de energie necesară pentru consumul zilnic este obținută prin arderea combustibililor fosili – cărbune, petrol și gaz natural. Mai multe milioane de ani, descompunerea plantelor și animalelor a condus la formarea combustibililor fosili, care însă, practic, s-au consumat pe parcursul doar a cca 200 de ani. Tot timp de milioane de ani, pe Terra s-a format atmosfera și întreg sistemul vegetal, ca timp tot de cca 200 de ani, dar, în special, în ultimii 100 de ani, să fie serios periclitat mediul și să se ajungă în pragul unei catastrofe ecologice. Este strict necesară schimbarea de paradigmă în ceea ce privește modul de producere, transport-distribuție și utilizare a energiei. Aceste provocări necesită un răspuns adecvat din partea tuturor statelor lumii și, în deosebi, a statelor G8, China, India, Brazilia.

O atenție aparte este acordată potențialului energetic, istoriei dezvoltării și elaborării sistemelor de conversie a energiilor regenerabile: solară, eoliană, hidroelectrică, a valurilor mării. Astăzi, Parlamentul European a declarat un semnal clar cum trebuie de promovat energiile regenerabile în UE până în anii 2020, pentru a atinge cota de 25% din energia primară. În același timp, în acest scop a fost format consiliul european pentru energii regenerabile (CEER). *“Votul de astăzi al Parlamentului este o oportunitate istorică pentru comisie ca să testeze*

*cerințele cetățenilor pentru energie regenerabilă. Împreună cu Parlamentul trebuie să fie lideri în propuneri de construcție și asigurare legislativă pentru toate cele trei sectoare: electricitate, încălzire și biocombustibil. Comisia trebuie să își concentreze atenția asupra eliminării lipsurilor în legislația EU pentru energia regenerabilă – încălzirea și răcirea”* a declarat directorul politicii CEER Oliver Schafer.

Primul pas al UE spre elaborarea Strategiei a fost lansarea în 1996 a primei versiuni a Strategiei în așa numita *Carte Verde “Énergie pour l’avenir: les sources d’énergie renouvelables”*. După dezbaterile publice asupra *Cărții verzi* a fost redactată Strategia finală expusă în *Cartea albă “Énergie pour l’avenir: les sources d’énergie renouvelables. Une stratégie et un plan d’action communautaires”*. În Strategia prezentată în Cartea Albă Uniunea Europeană (UE) s-a declarat a fi lider mondial în combaterea acestei grave amenințări, asumându-și obiectivul de a majora ponderea energiilor regenerabile până la 20% din consumul brut de energie către 2020 și de a reduce emisiile GES cu 60 – 80% până în 2050. Aceste măsuri se referă la producerea și livrarea energiei electrice din SRE în noile condiții de liberalizare a pieței de energie și sunt expuse în *„Directive 96/92/CE du Parlement européen et du Conseil, du 19 décembre 1996, concernant des règles communes pour le marché intérieur de l’électricité. JO L27 du 30.01.1997 p.20”*.

Avantajele care prezintă SRE pentru mediu justifică adoptarea unor condiții stimulatorii de finanțare: obligația de a garanta cumpărarea la un tarif fix a unei cantități definite de electricitate produsă din SRE, care ar permite acoperirea tuturor cheltuielilor de construcție a sistemelor de conversie a energiilor regenerabile, de operare și mentenanță, și o rentabilitate rezonabilă.

Pentru a transforma ambițiile politice în acțiuni concrete, Comisarul European pentru Energie, Andris Piebalgs declarase că este nevoie de o nouă revoluție industrială, care, ca și toate revoluțiile industriale, se va baza pe utilizarea de noi generații de tehnologii – *tehnologii energetice fără emisii de carbon, precum energia eoliană, energia solară sau tehnologiile din a doua generație pentru valorificarea biomasei*. Astăzi, putem vorbi despre o politica energetică mondială și despre o strategie concretă de reducere a emisiilor poluante în atmosferă, fundamentate pe soluții tehnico-economice concrete de utilizare rațională a rezervelor de combustibili fosili (care dețin în continuare ponderea principală în producerea de energie) și de valorificare pe o scară tot mai largă a resurselor energetice regenerabile, așa-numitele energii *„curate”* sau energii neconvenționale, o alternativă la actualul sistem de valorificare energetică a rezervelor combustibile ale Terrei. Sursele regenerabile de energie pot fi utilizate atât drept surse centralizate de energie, cât și, în mare parte, descentralizate, deosebit de avantajoase, în special, pentru consumatorii rurali sau izolați.

La Universitatea Tehnică a Moldovei se acordă o atenție sporită elaborării noilor sisteme de conversie a trei tipuri de bază de energii regenerabile: solară,

eoliană și hidraulică. În acest scop la catedra „Teoria Mecanismelor și Organe de Mașini” a fost creat Centrul de Elaborare a Sistemelor de Sistemelor de Conversie a Energiilor Regenerabile (CESCER), în cadrul căruia au fost fundamentate teoretic soluții tehnice proprii și concepte constructive brevetate, propuse tehnologii de fabricare a profilelor aero-hidrocinematice în baza materialelor compozite, elaborate sisteme performante de conversie a energiilor hidraulică, eoliană și solară. În acest plan au fost elaborate, proiectate și fabricate prototipurile industriale ale [3,4]:

- microhidrocentralei pentru conversia energiei cinetice a apei fără construcția barajelor;
- turbinei eoliene cu ax orizontal cu trei pale aerodinamice;
- turbinei eoliene cu ax vertical cu pale aerodinamice elicoidale;
- instalației fotovoltaice cu orientare automată la soare.

**Sisteme de conversie a energiei hidraulice.** Analiza sistemelor de conversiune a energiei hidraulice a demonstrat oportunitatea dezvoltării sistemelor de conversie a energiei cinetice a apei, comparativ cu sistemele de conversie a energiei potențiale: *în plan tehnic* - sistemele de conversie a energiei hidraulice sunt relativ simple; *în plan economic* - se reduc esențial costurile lucrărilor civile (necesare în cazul construcției barajelor); *în plan ecologic* - lipsa barajelor și lacurilor de acumulare. Analiza microcentralelor existente de conversie a energiei cinetice a apei curgătoare a arătat că există rezerve de majorare a eficienței turbinelor utilizate. Coeficientul Betz, egal cu 0,59, reprezintă eficiența teoretică maximă de conversiune a energiei hidraulice. Majoritatea sistemelor existente asigură un coeficient de utilizare a energiei cinetice a apei în limitele valorii de 0,2. În această direcție există suficiente rezerve de eficientizare a turbinelor hidraulice de flux, care devin tot mai tentante pentru inginerii și inventatorii din domeniu.

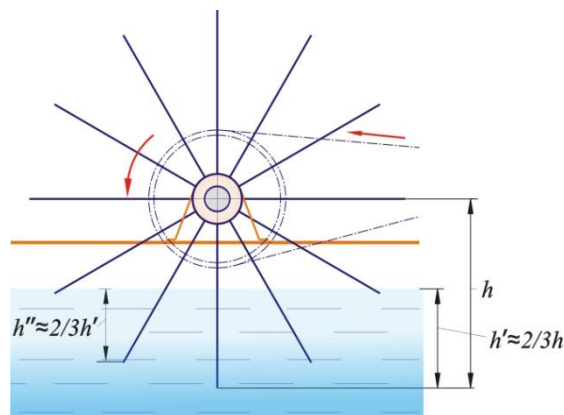


Fig. 2. Schema conceptuală a roții de apă cu profilul rectiliniu al palelor.

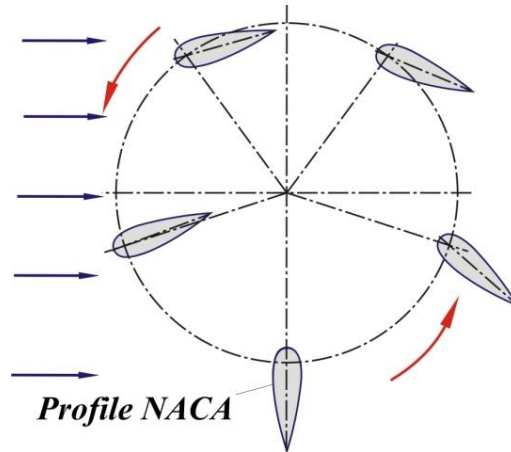


Fig. 3. Schema conceptuală a rotorului cu profil hidrodinamic al palelor reglabile față de curenții de apă (elaborată de autori).

Pentru a evita construcția unui baraj, energia cinetică a râului poate fi captată, utilizând turbine de curenți de apă. Acest gen de turbine se instalează ușor, se operează simplu și costurile de întreținere sunt convenabile. Există diverse soluții conceptuale, însă problema măririi eficienței de conversie a energiei cinetice a apei rămâne în atenția cercetătorilor. Analiza variantelor constructive ale microhidrocentralelor de flux examinate anterior nu au satisfăcut pe deplin sub aspectul eficienței de conversie a energiei cinetice a apei. Într-o roată hidraulică clasică cu ax orizontal (fig. 2) adâncimea maximă, la care este afundată una dintre pale, constituie cca  $2/3$  din înălțimea palei  $h$ . Deci doar această suprafață participă la transformarea energiei cinetice a apei în energie mecanică. De asemenea, pala anterioară acoperă aproximativ  $2/3$  din suprafața palei afundate maxim în apă ( $h'' \approx 2/3h'$ ), fapt ce reduce simțitor presiunea curenților de apă asupra paletei. Pala, care urmează după cea afundată maxim în apă, este acoperită complet de aceasta și, practic, nu participă la conversia energiei cinetice a apei. De aceea, eficiența acestor roți hidraulice este mică.

Căutările insistente ale autorilor au condus la elaborarea și brevetarea unor soluții tehnice performante de microhidrocentrale de flux, bazate pe efectul hidrodinamic, generat de profilul hidrodinamic al palelor, și orientarea palelor în poziții optime față de curenții de apă din punct de vedere al conversiei energiei în fiecare fază de rotație a rotorului turbinei (fig. 3) [3,4]. Pentru aceasta a fost necesar de efectuat un volum mare de cercetări teoretice multicriteriale privind alegerea profilului hidrodinamic optim al palelor și elaborarea

mecanismului de orientare a palelor față de curenții de apă. Majorarea gradului de conversie este, de asemenea, atinsă prin asigurarea poziției optime a palei față de curenții de apă în diferite faze de rotire a rotorului, fiind utilizat un mecanism de orientare a palelor. Astfel, practic toate palele (chiar și cele care se mișcă împotriva curenților de apă) participă simultan la generarea momentului de torsiune sumar. Palele, care se mișcă în direcția curenților de apă, folosesc atât forțele hidrodinamice, cât și presiunea apei exercitată pe suprafețele palelor pentru generarea momentului de torsiune. Palele, care se mișcă împotriva curenților de apă, folosesc doar forțele hidrodinamice de portanță pentru generarea momentului de torsiune. Datorită faptului că viteza relativă a palelor față de curenții de apă la mișcarea lor împotriva curenților de apă este practic de două ori mai mare, forța hidrodinamică portantă este relativ mare, iar momentul de torsiune generat este comensurabil cu cel generat de presiunea apei. Acest efect se află la baza tuturor soluțiilor tehnice brevetate. În baza schemelor conceptuale brevetate au fost elaborate, proiectate și fabricate două prototipuri industriale ale microhidrocentralelor de conversie a energiei cinetice a apei (fig. 4). Avantajele de bază ale acestor tipuri de microhidrocentrale sunt: impact redus asupra mediului; nu sunt necesare lucrări de construcții civile; râul nu își schimbă cursul său natural; posibilitatea utilizării cunoștințelor locale pentru a produce turbinele plutitoare.



Fig. 4. Microhidrocentrală de conversie a energiei cinetice a apei.

**Sisteme de conversie a energiei eoliene.** Energia eoliană a fost folosită de om pe parcursul a peste 3000 de ani. Și astăzi, în secolul informaticii, energiei



nucleare și electricității, mii de mori de vânt pe diferite continente sunt folosite pentru pomparea apei și a petrolului, pentru irigare, producerea energiei mecanice în scopul acționării mecanismelor de mică putere. Reieșind din actualitatea domeniului și din costurile relativ mari ale turbinelor eoliene de import colectivul de autori a elaborat două tipuri de turbine eoliene de putere mică: cu orientare la vânt cu giruetă și cu servomotor (fig. 5 [4]). Simplificarea construcției turbinei eoliene cu giruetă conduce la diminuarea prețului de cost cu aproximativ 20 - 30% comparativ cu turbinele cu dispozitive cinematice de orientare. Înelișul exterior al palelor cu profil aerodinamic asimetric, de asemenea, conul gondolei și girueta au fost fabricate în Laboratorul CESCER, UTM din materiale compozite, armate cu fibre de sticlă prin tehnologii moderne. Cercetările teoretice ale rotorului elaborat au fost efectuate cu utilizarea softurilor moderne ANSYS CFX5.7 și Autodesk MotionInventor. În rezultat au

fost determinați parametrii de bază ai profilului aerodinamic, care caracterizează eficiența conversiei energiei vântului de către palele rotorului. Actualmente se află la faza de producere a unei serii din 10 turbine eoliene.

**Sisteme de conversie a energiei solare.** Studiile efectuate în ultimii ani [3] demonstrează existența a sute de consumatori mici de energie electrică dispersați teritorial, pentru care unica soluție rațională este cea oferită de conversia PV a energiei solare, printre care: instalații de pompare a apei pentru irigarea mică, posturile de lansare a rachetelor antigrindină și micii consumatori de energie electrică dispersați teritorial. În scopul majorării eficienței de conversie a energiei solare la Universitatea Tehnică a Moldovei a fost elaborată construcția instalației fotovoltaice de irigare cu orientare la soare în regim automat (fig. 6).

Un aspect deosebit de important al activităților Centrului este aspectul educațional, care include popularizarea în rândurile largi ale populației,



Fig. 5. Turbină eoliană cu servomotor.

tinereții studios a sistemelor de conversie a energiilor regenerabile: solară, eoliană, hidraulică, a mareelor și valurilor mării. În acest scop au fost elaborate și editate două manuale [], care se adresează elevilor, studenților, masteranzilor și doctoranzilor din învățământul tehnic superior, inginerilor proiectanți de sisteme de conversie a energiilor regenerabile, inclusiv utilizatorilor acestora. Manualele vor fi utile celor interesați de viitorul Planetei sub aspectele energetic și ecologic.



Fig. 6. Instalație fotovoltaică de irigare cu orientare la soare în regim automat.

### Referințe bibliografice:

1. *IPCC Fourth Assessment Report*, 2007.
2. *Raportul Stern privind economia schimbărilor climatice*. Marea Britanie, Ministerul de Finanțe. <http://www.hm-treasury.gov.uk/independentreviews/sternrevieweconomicsclimatechange/sternreviewindex.cfm>
3. Bostan I., Dulgheru V., Sobor I., Bostan V., Sochirean A. *Sisteme de conversie a energiilor regenerabile*. Univ. Tehn. a Moldovei. Ch.: Ed. „Tehnica-Info” SRL, 2007. 665p. (Tipografia BONS Offices). 2007. 600 p. ISBN 978-9975-63-076-4.
4. Bostan I., Dulgheru V., Bostan V., Ciupercă R. *Antologia invențiilor. Sisteme de conversie a energiilor regenerabile: fundamente teoretice, concepte constructive, aspecte tehnologice, descrieri de invenții*. Ch.: Ed. BONS Offices. 2009. 458p. ISBN 978-9975-63-078-4.