

PREOCUPĂRI ÎN ZONA BANATULUI PENTRU DOUĂ DOMENII ALE ENERGETICII EOLIENE

Dr. ing. Adrian BEJ
Universitatea „Politehnica”
din Timișoara

Absolvent al Universității „Politehnica” din Timișoara, promoția 1990; doctor inginer din 2001. În prezent, șef de lucrări la Catedra de mașini hidraulice din cadrul Facultății de Mecanică. Are competențe științifice în domeniul turbinelor eoliene, aeroenergeticii și aerodinamicii.



Prof. dr. ing. Francisc GYULAI
Universitatea „Politehnica”
din Timișoara

Specialist recunoscut în domeniul aeroenergeticii și al turbinelor eoliene. Este absolvent al Institutului Politehnic din Timișoara, promoția 1951; doctor inginer, din 1972; conducător de doctorat, din 1991. În prezent activează ca profesor consultant la Catedra de mașini hidraulice din cadrul Facultății de Mecanică. A coordonat o serie largă de programe de cercetare privind valorificarea energiei eoliene.



REZUMAT

Lucrarea prezintă câteva aspecte ale activității de cercetare desfășurate de colectivul Centrului de Cercetare pentru Aeroenergetică din cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara, privind valorificarea energiei eoliene. Sunt prezentate aspecte legate de o posibilă centrală aeroelectrică în Munții Banatului și un agregat eolian de mică putere, destinat unor aplicații locale.

ABSTRACT

The paper shows some aspects of the research activity developed by Wind Energy Research Center of “Politehnica” University of Timisoara regarding the use of wind energy. There are shown issues concerning a future wind farm in Banat Mountains, as well as, concerning a small-scale power wind unit designed for certain local applications.

1. INTRODUCERE

Începând cu anul 1982, Universitatea „Politehnica” din Timișoara desfășoară cercetări sistematice pentru promovarea în România a sursei de energie eoliană. Domeniile abordate vizează, pe de o parte, problematica evaluării potențialului aeroenergetic în regiunea Banat și, pe de altă parte, problematica valorificării și a tehnologiilor de valorificare a acestui potențial.

Studiile aeroenergetice desfășurate de Centrul de Cercetare pentru Aeroenergetică din cadrul Universității „Politehnica”, Timișoara, au indentificat, în zona montană a Banatului, peste nouă amplasamente cu potențial eolian, dintre care amplasamentul Semenic, prin avantajele pe care le oferă, a fost calificat ca favorabil pentru realizarea unei centrale (ferme) aeroelectrice.

În ceea ce privește valorificarea energiei eoliene, există preocupări pentru două domenii distincte:

– domeniul agregatelor de medie/mare putere destinate centralelor (fermelor) aeroelectrice pe amplasamente performante ca potențial aeroenergetic;

– domeniul agregatelor de putere mică, destinate unor aplicații locale pentru amplasamente cu potențial aeroenergetic mai redus.

În lucrare se prezintă aspecte privind rezultate ale cercetării desfășurate de Centrul de Cercetare pentru Aeroenergetică în domeniul energiei eoliene, făcându-se referire la Centrala Aeroelectrică Semenic și realizarea unui agregat aeroelectric de mică putere.

2. CENTRALA AEROELECTRICĂ SEMENIC

Mai multe programe desfășurate în ultimii 25 de ani urmăresc realizarea Centralei (fermei) Aeroelectrice Semenic din județul Caraș-Severin și a altor centrale aeroelectrice în zona Banatului. În ceea ce privește Centrala Aeroelectrică Semenic, obiectivele principale

urmărite au fost de cercetare științifică derulate în zece catedre ale Universității „Politehnica” și extinse pe întreaga problematică a valorificării energiei vântului în zona montană din România.

În paralel cu obiectivele științifice au fost urmărite și cele de dezvoltare. S-a colaborat cu institute de proiectare din zona de vest a României și cu societăți industriale din această zonă (IPROTIM Timișoara, HIDROTIM Timișoara,

ELECTROMONTAJ Timișoara, CM Bocșa, RENK Reșița, ELECTRICA Banat etc.). În afara acestor colaborări locale, deosebit de fructuoasă a fost și colaborarea cu specialiștii Institutului de Cercetări ICEMENERG din București.

Programele au fost finalizate prin realizarea a patru agregate model-industrial echipate cu turbine cu ax orizontal, instalate pe amplasamentul Semenec, cu puteri instalate unitare de 300 kW (fig. 1).



Fig. 1. Amplasamentul Semenec.

Amplasamentul Semenec este un platou montan având o altitudine medie de 1400 m, situat în sud-vestul României, în Munții Banatului, la cca. 150 km de Timișoara. Platoul oferă o suprafață de cca 3,6 km² de gol alpin, favorabilă dezvoltării centralei aeroelectrice.

Direcția dominantă a vântului fiind S-SE-N-NV, amplasarea agregatelor într-o rețea romboidală permite o

valorificare fără pierderi semnificative cauzate de interacțiunea agregatelor. În acest sens, figura 2 prezintă o primă variantă posibilă de amplasare a centralei Semenec.

Harta vânturilor din România, întocmită pe baza normelor europene, de către ICEMENERG București, plasează muntele Semenec la limita zonelor cu viteze de vânt medii, de 8,5–10 m/s, la elevația de la sol de 50 m.

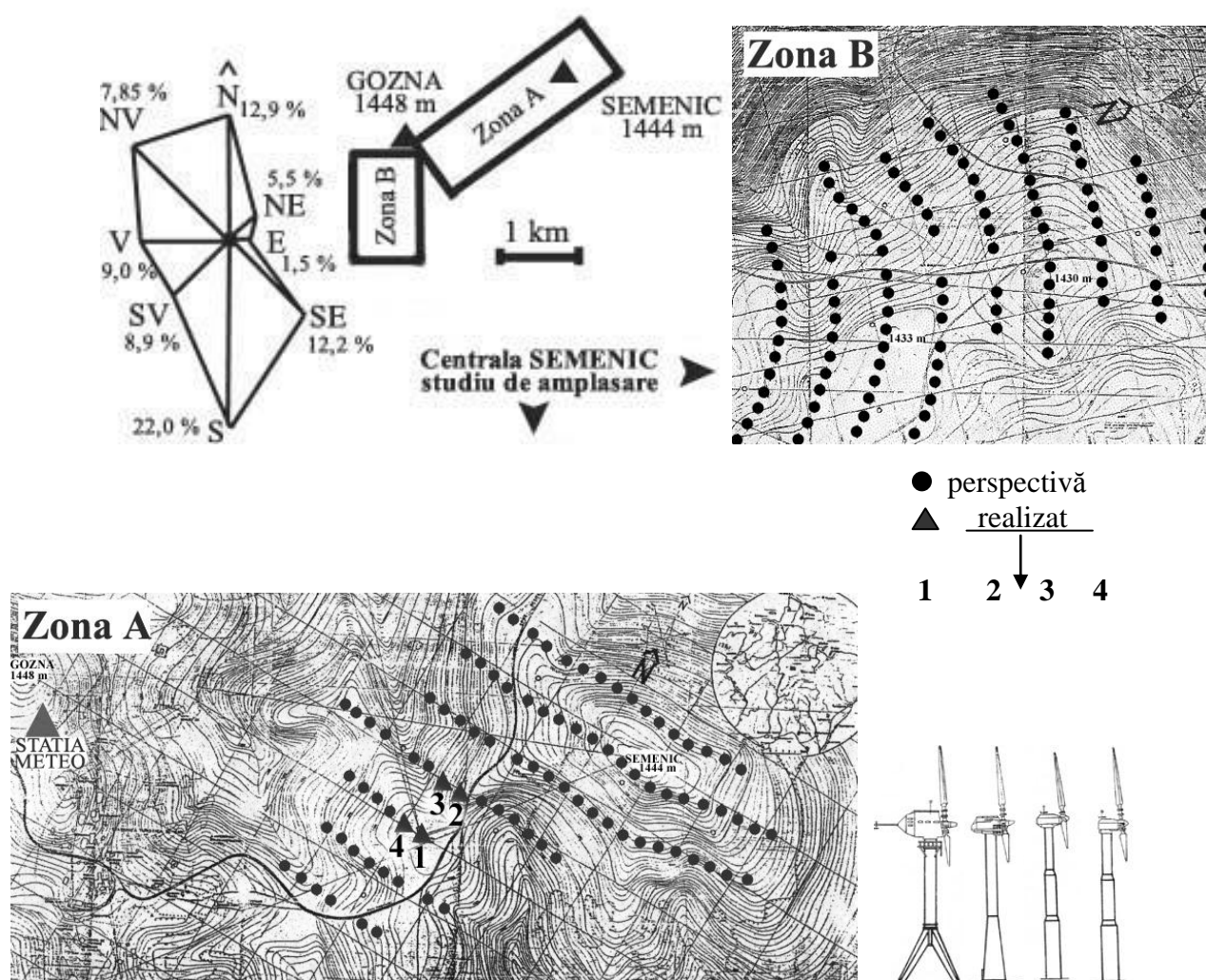


Fig. 2. Studiu de amplasare a Centralei Aeroelectrice Semenic.

2.1. Câteva rezultate ale experienței Semenic

Amplasamentul oferă condiții de vânt favorabile care asigură performanțe energetice competitive pentru o centrală (fermă) aeroelectrică. Performanțele depind desigur și de tehnologia de valorificare.

Datele privind regimul vânturilor au fost obținute pe baza măsurătorilor efectuate de stația meteo a Agenției Naționale de Meteorologie de pe Semenic, la cota standard de 10 m pentru intervalul 1961–1980, extinse ulterior pentru intervalul 1961–1990. Conform acestora, caracteristica de asigurare a amplasamentului Semenic este următoarea:

Perioada 1961–1980

$v \leq$ [m/s]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t [ore/an]	8200	7500	6750	5900	5000	4100	3225	2450	1725	1350

Perioada 1961–1990

$v \leq$ [m/s]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t [ore/an]	8028	7312	6509	5900	4649	3830	3092	2416	1808	1272

Viteza medie multianuală este: pentru perioada 1961–1980: 5,65 m/s, respectiv pentru perioada 1961–1990: 5,54 m/s.

Utilizând modelul Weibull, prin extinderea teoretică a acestei baze de referință până la viteze de 25 m/s și luarea în considerare a timpului de calm, s-a evaluat că viteza medie a vântului la cota de 10 m realizează valoarea de 5,98 m/s.

Vitezele extreme evaluate de ICEMENERG București pe baza înregistrărilor făcute în perioada 1966–1975 la cota de 10 m sunt:

0 apariție la	100	50	20	10	5	2	1
$v_{ext.}$ [m/s]	55	52	49	46	44	39	37

Tehnologia de valorificare testată pe Semenic este la nivelul anilor 1980. Soluțiile adoptate în proiecte erau competitive la nivelul acelor ani. Politica acelei perioade a impus testarea posibilităților tehnologice ale uzinelor din România. S-au dovedit a fi competitive construcțiile sudate la C.M. Bocșa, multiplicatoarele de turație realizate la Uzina Româno-Germană RENK, din Reșița, rulmenții grei realizați la Ploiești. Tehnologiile utilizate la paletajele turbinelor au fost mai puțin reușite, cu toate că aerodinamica acestora a fost competitivă. Componentele electrice (transformatoarele, aparatajul electric) au fost cu fiabilitate scăzută. Generatoarele electrice asincrone au avut performanțe acceptabile. Lucrările de montaj și transport au fost rezolvate cu competență de firma ELECTROMONTAJ Timișoara.

Performanțele energetice ale agregatelor echipate cu cele două variante de turbine utilizate sunt prezentate în figura 3.

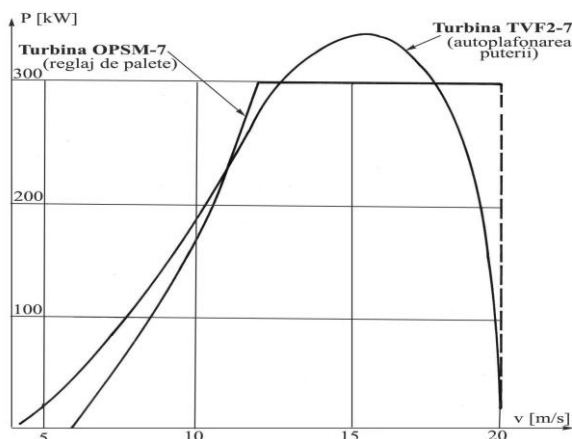


Fig. 3. Curbele de exploatare ale turbinelor experimentate pe amplasamentul Semenic.

Aria totală utilizată: 3,6 km ²	Număr de agregate: 330	Putere instalată totală: 99 MW	Putere instalată unitară: 300 kW
Amplasarea agregatelor în rețea romboidală, cu pas de 5D pe direcția dominantă a vântului, și pas de 2,5D pe direcția transversală.			
Diametrul turbinei: D ≈ 30 m	Înălțimea stâlpului: H ≈ 30 m	Producția anuală a centralei: aprox. 240 000 MWh / an	

Dacă în anii '80 agregatele cu putere de 300 kW reprezentau performanța de vârf, în prezent se oferă puteri unitare peste 1 MW, cu montare pe stâlpi înalți, diametrele turbinelor depășind uneori 100 m. În aceste condiții, performanțele viitoarei centrale Semenic trebuie revizuite prin corelare cu ofertele piețelor mondiale.

Adoptarea în România a unei legislații armonizate cu cea din UE privind producția de energie din surse regenerabile a început să încurajeze în ultima vreme

Producțiile anuale realizabile de un agregat cu stâlp de 30 m sunt de 686 MWh/an, respectiv de 808 MWh/an, cu indicatorii de putere instalată specifici de 425, respectiv, 398 W/m², și energie specifică valorificabilă de 972 kWh/m²/an, respective, 1072 kWh/m²/an. Coeficienții de disponibilitate realizați au fost mult sub performanțele realizate în acei ani pe piețele mondiale.

Cauzele acestei situații sunt numeroasele defecte cauzate de condițiile climatice severe, de absența sistemelor adecvate de control de calitate în uzine, de absența unui beneficiar care să asigure exigența de exploatare, absența unui sistem de întreținere și reparații optimizat.

Din păcate după anul 2000, ca urmare a lipsei de finanțare, proiectul Semenic a fost părăsit, în prezent niciunul dintre grupuri nemaifiind operațional.

Experiența Semenic este însă valoroasă, prin aceea că a permis formarea și dezvoltarea unor competente locale în domeniul valorificării energiei eoliene. Au fost abordate problematica fundațiilor în condițiile specifice zonei alpine, optimizarea stâlpilor de susținere, soluții ale liniei de mașini, soluții de paletaje etc. De asemenea, deosebit de utilă s-a dovedit și formularea unor condiții specifice climatei montane, precum și a posibilităților, respectiv limitelor societăților industriale din zonă. Au rezultat posibilitățile de cooperare ale acestora cu firmele specializate europene atât pentru piața viitoare din România cât și pentru alte piețe.

2.2. Probleme actuale și de perspectivă

În anii '80 s-a făcut o primă evaluare a performanțelor Centralei Aeroelectrice Semenic, care a relevat următoarea situație:

În ultimii 25 de ani, domeniul agregatelor aeroelectrice a parcurs progrese mari. Agregatele comerciale oferite de firmele producătoare sunt realizate cu tehnologii verificate, au componente fiabile, mentenabilitate ridicată și coeficienți de disponibilitate peste 95%.

manifestarea interesului din partea unor investitori autohtoni și străini pentru participarea la realizarea de proiecte de centrale aeroelectrice. Se manifestă în acest context și un interes sporit pentru amplasamentul Semenic.

În cadrul unui contract de colaborare cu firma S.C. CONFORT S.A. Timișoara, firmă interesată în realizarea de investiții pe Semenic, Centrul de Cercetare pentru Aeroenergetica din Universitatea „Politehnica”,

Timișoara, a întocmit o analiză a performanțelor optenabile ale Centralei Semenic în condițiile echipării acesteia cu grupuri performante de ultimă generație. Se consideră de interes două tipuri de grupuri oferite de firma germană ENERCON GmbH având caracteristicile și performanțele funcționale prezentate în figura 4.

	Varianta A	Varianta B
Tip turbină	E48	E44
Puterea instalată [MW]	0,8	0,9
Diametrul rotorului [m]	48	44
Putere instalată specifică [W/m ²]	442	592
Înălțimea stâlpului [m]	50 ÷ 76	55

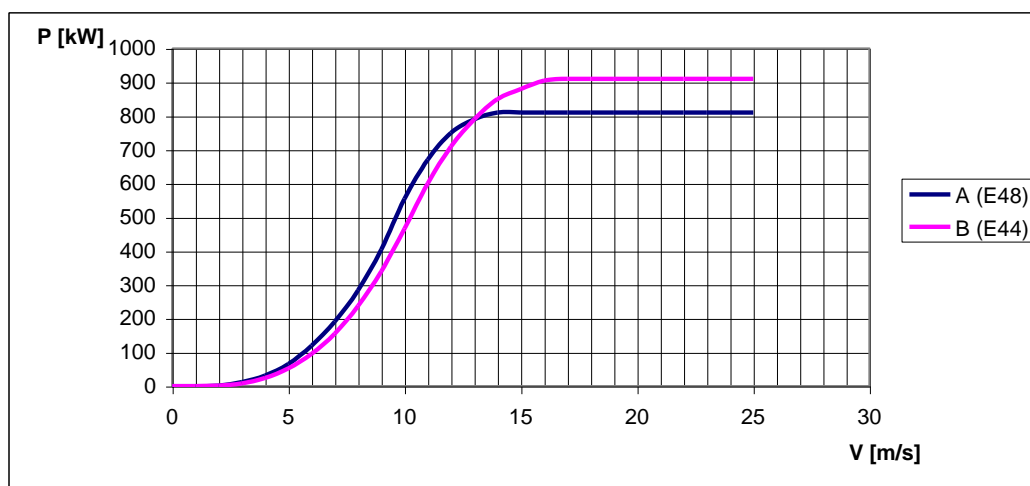


Fig. 4. Caracteristicile grupurilor eoliene ENERCON considerate pentru evaluarea performanțelor optenabile ale Centralei Semenic.

Dimensiunile acestor agregate cer o reconsiderare a problematicei transportului și montajului pe amplasament. Prin înălțimea mărită a stâlpului se ajunge la viteze medii ale vântului, la nivelul axei turbinei, de peste 9 m/s.

Având în vedere roza vântului specifică pentru amplasamentul Semenic, se apreciază ca posibilă amplasarea agregatelor într-o rețea romboidală cu pași de 4–5 D în direcția dominantă a vântului, și de 2–2,5 D, în direcția perpendiculară, fără pierderi importante de energie determinate de influența reciprocă dintre agregate.

Numărul agregatelor posibil de instalat în centrală este:

		Varianta A(E48)	Varianta B(E44)
Tip rețea	2D X 4D	195	232
	2,5D X 5D	125	149

Pentru această distribuție a rețelei de agregate, puterea totală instalată a centralei este:

		Varianta A(E48)	Varianta B(E44)
Tip rețea	2D X 4D	156 MW	209 MW
	2,5D X 5D	100 MW	134 MW

În aceste condiții producția de energie optenabilă a centralei, în ipoteza unui coeficient de disponibilitate al agregatelor de 100%, rezultă ca fiind:

Varianta	Tip rețea	Nr. agregate	Viteza medie multianuală la nivelul turbinei [m/s]	
			9	10
			Energia totală anuală [MWh/an]	
A(E48)	2D X 4D	195	472.076	566.540
	2,5D X 5D	125	302.129	362.586
B(E44)	2D X 4D	232	500.895	613.675
	2,5D X 5D	149	320.573	392.752

Investiția totală pentru realizarea Centralei Semenic depinde de puterea totală instalată. În funcție de tipul de tehnologie ales și de desimea rețelei de amplasare a grupurilor, aceasta poate varia între 100 mil euro în cazul

echipării cu grupuri “E48” și a unei rețele “2,5D X 5D”, și 200 mil euro în cazul echipării cu grupuri “E44” și a unei rețele “2D X 4D”.

Centrala Aeroelectrică Semenici este visul nostru de 25 de ani, vis susținut de numeroși ani de cercetări științifice a unei generații de aerodinamicieni și alți specialiști din Banat. Suntem convinși că acest vis se va transforma în realitate, devenind prima centrală aeroelectrică modernă pe un amplasament montan din România. Poate nu va semăna cu soluțiile propuse de noi la sfârșitul secolului trecut, dar va reprezenta o satisfacție certă pentru efortul nostru.

3. AGREGAT AEROELECTRIC DE MICĂ PUTERE

În afara domeniului agregatelor eoliene mari, al doilea domeniu de interes îl constituie agregatele de mică putere, care au ca destinație aplicații locale, de regulă în amplasamente cu potențial aeroenergetic redus. Dacă primul domeniu este caracterizat prin aceea că tehnologia de valorificare este maturizată, la ora actuală firme specializate oferind pe piața mondială grupuri performante, în ceea ce privește domeniul agregatelor de mică putere (< 50 kW) nu se poate vorbi încă de o maturizare a acestei tehnologii. Totuși, în ultimii ani se manifestă un interes crescând și pentru acest domeniu, o serie de firme europene și americane oferind diverse soluții de miniagregate. Acestea sunt echipate, de regulă, cu turbine de tip elice – cu ax orizontal, dar în ultima perioadă a revenit și interesul față de soluția cu ax vertical, datorită

unor avantaje pe care le oferă (complexitate mai redusă, lipsa sistemului de orientare după direcția vântului etc.). Astfel de microagregate sunt destinate rezolvării unor probleme locale, de regulă la nivel de gospodărie. Pot funcționa fie în regim autonom, în cazul unor consumatori izolați, fie ca sursă complementară de energie, pentru economisirea altor surse de energie.

În acest context, al interesului pentru dezvoltarea unor agregate de mică putere, Centrul de Cercetare pentru Aeroenergetică din Universitatea „Politehnica”, Timișoara, a elaborat în ultimii 10 ani studii, proiecte și modele experimentale de componente pentru turbine cu ax orizontal cu puteri de 0,5–3 kW.

În anul 2003 a început o colaborare cu firma canadiană CLEANFIELD ENERGY Corp.

(www.cleanfieldenergy.com), fiind proiectat un agregat cu ax vertical tip Giromill (H-Darrieus), de 3,5 kW putere nominală la arborele turbinei. Cercetările pentru realizarea acestui proiect au fost finanțate de CLEANFIELD ENERGY Corp. Concepția generală, proiectul aerodinamic și structura mecanică sunt rezultatul activității colectivului Centrului de Cercetare pentru Aeroenergetică din Universitatea „Politehnica”, Timișoara, proiectul generatorului electric revenind Colectivului de mașini electrice al Academiei Române – Filiala Timișoara, în colaborare cu S.C. BEGA-ELECTROMOTOR S.A.-Timisoara (www.electromotor.ro).


	Puterea instalată	3,5 kW la arborele turbinei
	Viteza vântului:	nominală: 12,58 m/s maximă de exploatare: 25 m/s supraviețuire: 40 m/s
	Turația:	nominală: 173 rpm maximă; 200 rpm
	Turbina:	Nr. Palete: 3 Diametrul: 2,5 m Înălțimea: 3 m
	Generator:	asincron cu magneți permanenți cu turație variabilă și frâna mecanică înglobată

Fig. 5. Agregatul eolian „Cleanfield Energy 3500 W / 2,5m”.

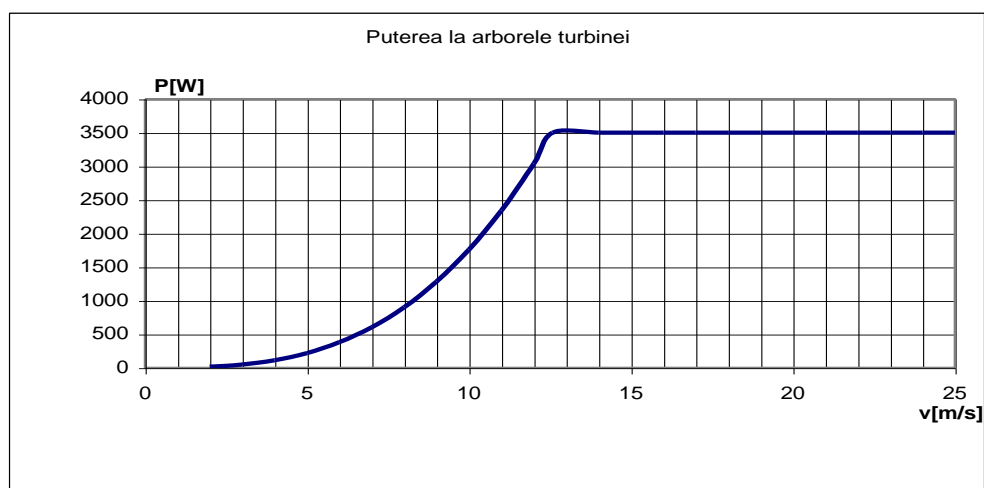


Fig. 6. Curba de exploatare a turbinei agregatului eolian „Cleanfield Energy 3500 W / 2,5m”.

Inițial au fost realizate trei prototipuri, unul din ele testat în tunelul aerodinamic “N.R.C. – 9m WindTunnel” de la Ottawa–Canada. Urmare a rezultatelor favorabile ale acestor teste, la sfârșitul anului 2006 a fost lansată fabricația de serie, turbina fiind fabricată de firma S.C. CLAGI ROMANIA SRL. din Biled (Jud. Timiș) (www.clagi.ro), generatorul electric, de S.C. BEGA-ELECTROMOTOR S.A.-Timișoara, iar invertorul și sistemul de conducere și control, de firma canadiană CLEANFIELD ENERGY Corp.

Principalele caracteristici tehnice ale agregatului sunt redată în figura 5.

Curba caracteristică de exploatare a turbinei (puterea la arborele turbinei, ca funcție de viteza vântului), în condițiile reglajului optimal de turație (asigurat de sistemul de control) în vederea maximizării puterii extrase din vânt în domeniul vitezelor mici de vânt (viteze mai mici decât viteza nominală), respectiv menținerea puterii la nivelul valorii nominale, la viteze mari de vânt (viteze peste viteza nominală), pentru o valoare a densității aerului de $1,25 \text{ kg/m}^3$, este cea prezentată în figura 6.

În funcție de oferta energetică specifică a amplasmentului pe care se instalează (viteza medie multianuală a vântului la nivelul turbinei), producția de energie anuală optenabilă se estimează a avea valorile precizate în figura 7.

Viteza medie multianuală la nivelul turbinei [m/s]	Energia anuală, la arborele turbinei [kWh/an]	Energia anuală, la bornele generatorului electric [kWh/an]
3	1241	950
4	2208	1733
5	3503	2755
6	5089	3975
7	6897	5319

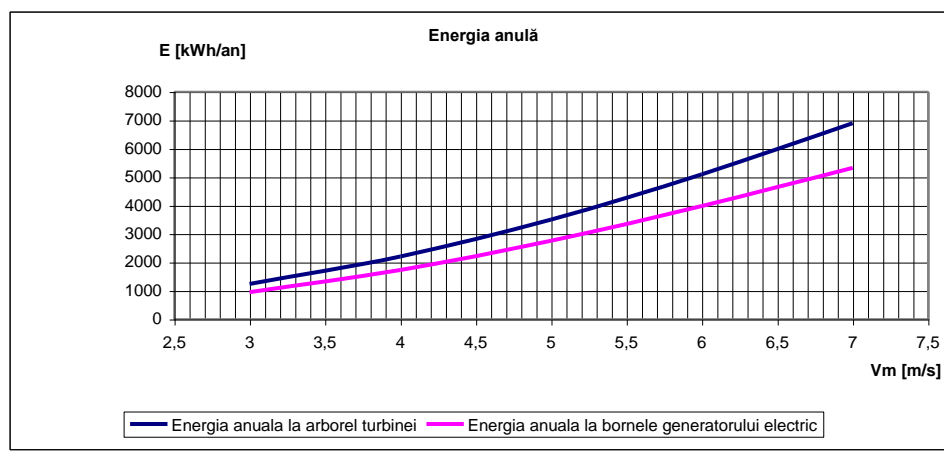


Fig. 7. Energia electrică produsă de agregatul „Cleanfield Energy 3500 W / 2,5m”.

În ipoteza unui consum mediu lunar de 300 kWh/lună, la nivelul unei gospodării, producțiile de energie realizate de acest agregat se situează la nivelul de 26%, pentru o viteză medie de 3m/s, 48%, pentru o viteză medie de 4m/s, 77%, în cazul vitezei medii de 5m/s, 110%, în cazul vitezei medii de 6m/s, respective, 148%, în cazul vitezei medii de 7m/s.

În prezent, agregatul aeroelectric se oferă pe piața nord-americană (Canada și SUA). Nu este exclusă nici valorificarea produsului pe piața din România și Europa.

Firma S.C. CLAGI ROMANIA SRL, companie specializată în realizarea de componente din materiale compozite de tip poliesteri armați cu fibră de sticlă, încurajată de experiența pozitivă a fabricației turbinei agregatului companiei canadiene CLEANFIELD ENERGY Corp. și de trendul favorabil privind promovarea valorificării energiilor alternative, a inițiat, de curând, prin colaborarea cu Colectivul de Aeroenergetică din Universitatea „Politehnica”, Timișoara, un program propriu pentru realizarea unei familii de turbine de mică și medie putere, cu ax orizontal în gama de puteri de la 3 la 30 kW. A fost demarată pregătirea unui prim prototip de 3 kW.

Colaborarea Universității „Politehnica”, Timișoara, cu concernul CLEANFIELD ENERGY Corp. din Canada și cu firmele S.C. CLAGI ROMANIA SRL, din Biled, și S.C. BEGA- ELECTROMOTOR S.A.-Timișoara a dus la un salt pe piața agregatelor de mică putere, prin lansarea în fabricația de serie a primelor tipuri de astfel de agregate.

Saltul constă în fabricarea de serie, încadrată în normele internaționale C.E.I., față de experiența existentă la nivelul unor agregate mici, de laborator, și modele experimentale unicate.

Avem convingerea că, prin susținerea firmei CLEANFIELD ENERGY Corp. din Canada, CLAGI ROMÂNIA și BEGA-ELECTROMOTOR, aceste noi produse lansate pe piață vor avea succes la nivel mondial.

BIBLIOGRAFIE

1. **Gyulai F., Bej A.**, Experiențe și perspective privind Centrala Aeroelectrică Semenic, Conferința națională de surse noi și regenerabile de energie „CNSNRE 2003”, 11–14 septembrie 2003, Târgoviște.
2. **Bej A., Garbacea A.**, Sites for Wind Farms in Romania, The World Wind Energy Conference and Exhibition, 2–6 July 2002, Berlin, Germany.
3. **Gyulai F., Bej A., Hentea T.**, Contributions to aerodynamic optimisation of horizontal axis wind turbines for mountain sites, ENERGEX'2000, the 8th International Energy forum and the official Conference of the International Energy Foundation, July 23–28, 2000, Las Vegas, USA.
4. **Gyulai F., Bej A., Lazarescu S.**, Romanian Experiences Concerning the Future Wind Farm in a Mountain Area, European Wind Energy Conference and Exhibition, 1–5 March, 1999, Nice, France.
5. *** Strategy on Renewable Energy Sources in Romania, PHARE project 94–0914/1996.