

NECESITATEA VALORIFICĂRII MICROPOTENȚIALULUI HIDRAULIC ÎN ROMÂNIA

**Prof.dr. ing. Mircea O.
POPOVICIU**

Universitatea „Politehnica”
din Timișoara



Absolvent din 1955 al Institutului Politehnic din Timișoara, Facultatea de Mecanică, Secția mașini de forță, specializarea mașini hidraulice.

Obține titlul de doctor inginer la aceeași facultate, în 1971. A activat în domeniile: mecanica fluidelor, turbine hidraulice, statistică aplicată în inginerie, fabricația, fiabilitatea și mentenanța mașinilor hidraulice, fenomenul de cavitație și eroziunea cavitațională. A publicat cinci manuale de specialitate și 132 de articole științifice, dintre care 27 în străinătate.

**Prof.dr. ing. Ilare
BORDEAȘU**

Universitatea „Politehnica”
din Timișoara



Absolvent din 1985 al Universității „Politehnica” din Timișoara, Facultatea de Mecanică, Secția mașini hidraulice și pneumatice. Obține titlul de doctor inginer la aceeași facultate, în 1997.

A activat în domeniile: turbine hidraulice, eroziune cavitațională, acționări hidraulice și pneumatice, instalații de alimentare cu apă și canalizare, agregate eoliene. A publicat opt manuale și 164 de lucrări științifice, dintre care 22 în străinătate.

REZUMAT

Utilizarea energiei hidraulice reduce dezavantajele combustibililor fosili (ploi acide, efect de seră etc.). UE consideră drept surse regenerabile de energie doar centralele hidraulice cu puterea mai mică de 10 MW. În conformitate cu diferitele inventarii ale potențialului hidraulic tehnic amenajabil, din România, s-a ajuns la concluzia că acesta are valoarea de 12,330 MW, din care micropotențialul este 1600 MW. Din acesta, aproximativ 60–75% este și economic amenajabil. În 1989 au fost realizate 333 de microhidrocentrale, iar 544 erau în diferite faze de realizare; dintre acestea, mai erau în funcție în 2005 doar 296. În prezent, în țara noastră se realizează micro și mini turbine hidraulice la U.C.M. Reșița. Sunt prezentate patru asemenea echipamente. O problemă majoră o constituie creșterea fiabilității lor.

ABSTRACT

The use of hydraulic energy reduces the disadvantages of fossil fuels (acid rain, greenhouse effect etc.). The EU considers as Energy Renewable Sources (ERS) only the hydraulic power plants less than 10 MW. In conformity with different inventories the hydraulic potential of our country is 12,330 MW from which 1600 MW is the micropotential (ERS). Approximately 60–75% from the total potential is also economically disposable. In 1989 there were realized 333 microhydro power plants and 544 were under construction; from these in 2005 only 296 were in use. At present in our country the equipment for microhydro power plants is manufactured at U.C.M. Reșița. Four of these equipments are briefly presented. A major problem with these equipments is the increase of their reliability.

1. INTRODUCERE

Creșterea accelerată a populației globului, conjugată cu sporirea proporției celor care beneficiază de comoditățile vieții moderne, în ciuda măsurilor relativ severe de economisire, a dus la o creștere insuportabilă a cererii de energie. Producerea energiei prin arderea combustibililor fosili a determinat creșterea importantă, în atmosferă, a gazelor cu efect de seră. Dacă ne limităm doar la dioxidul de carbon, cercetările arată că, în perioada preindustrială, concentrația a fost de 280 ppm și a ajuns în prezent la 360 ppm, iar creșterea va continua accelerat dacă nu se iau măsuri drastice de stopare. Această situație a generat

schimbări profunde în echilibrul planetei noastre. Pentru definirea schimbărilor se utilizează frecvent următoarele sintagme: efect de seră, ploi acide, gaura din stratul de ozon, deșertificare prin secetă prelungită, inundații catastrofale, alunecări de teren, topirea calotelor glaciare, furtuni cu tornade. Ca urmare, în ultimul timp, urgența primară nu mai este economisirea resurselor de combustibili fosili (imperativ al anilor 1970–1985), ci protejarea mediului de poluarea generată prin arderea combustibililor fosili. Cele trei posibilități de remediere a situației actuale sunt: reflectarea radiației solare, economisirea energiei, prin creșterea randamentelor, și utilizarea „Surselor Regenerabile de Energie” (SRE). În acest sens a apărut o directivă a Uniunii Europene care

prevede creșterea utilizării SRE de la 14 la 21%, până în 2010. La rândul său, România și-a propus ca până în același an, să crească utilizarea SRE de la 28 la 33%. Energia hidroelectrică deține o pondere importantă în cadrul SRE. Prin directiva Uniunii Europene se consideră însă ca făcând parte din această categorie (a micropotențialului hidroenergetic) doar centralele hidroelectrice cu puterea instalată sub **10 MW**.

În general, amenajarea hidroenergetică are drept scop realizarea unei căderi concentrate, ceea ce impune realizarea de baraje și adesea devieri ale cursului natural al râului. Deși poluarea apei este minimă, centrala hidroelectrică influențează ambientul. Efectele sunt atât negative (o arie este acoperită cu apă și astfel este scoasă din circuitul agricol sau silvic), cât și pozitive (lacul de acumulare poate fi utilizat în multiple scopuri: turism, piscicultură, regularizarea debitului etc.). Concluzia este că întregul potențial hidroenergetic, economic amenajabil, ar trebui utilizat în scopul producerii de energie curată (lipsită de gaze cu efect de seră sau poluări radioactive). Ca urmare a divizării echipamentelor hidroenergetice în două categorii, cuprinse în SRE și în afara SRE, se consideră necesară clarificarea acestei probleme.

2. CLASIFICAREA POTENȚIALULUI HIDROENERGETIC ȘI A MAȘINILOR HIDRAULICE

Potențialul hidroenergetic amenajabil pe o porțiune de râu poate fi grupat în trei categorii (tabelul 1). Micropotențialul a fost stabilit la limita maximă prevăzută în documentele CE. Agregatele hidroelectrice depind de potențialul amenajat. Deși se discută adesea despre mini și microturbină, pe plan mondial nu există încă o definiție precisă a acestora. După consultarea diferitelor surse, autorii au ajuns la propunerea prezentată în tabelul 2 (deși nu suntem siguri că aglutinarea utilizată pentru formarea noțiunilor de „microhidroturbină”, „minihidroturbină” și „megahidroturbină” este permisă de regulile gramaticale ale limbii române, considerăm totuși că „inovația” este eficientă). Pornind de la utilizarea noțiunii de micropotențial, există tendința de utilizare doar a noțiunii de microhidroturbină, eliminând-o pe cea de minihidroturbină. O examinare atentă ne duce la concluzia că, la puteri sub 200 kW, mașinile sunt economice doar dacă sunt reduse la elementele fundamentale, care trebuie să fie extrem de simple, dar economice și fiabile. În acest fel se reduce atât costul investiției cât și cel al exploatarei, care nu reclamă personal de înaltă calificare. Mașinile de acest tip trebuie să constituie o grupă distinctă. Pentru grupa cu puteri cuprinse între 0,50 și 10 MW, mașinile pot fi realizate la o complexitate sporită, care să permită

ajustarea debitului turbinat și, în acest fel, a puterii livrate în rețea.

Tabelul 1. Clasificarea potențialului hidroenergetic, după puterea instalată în centrală

Nr. crt.	Denumire	Putere [MW]
1	Micropotențial	<10
2	Mezopotențial	10...100
3	Megapotențial	>100

Tabelul 2. Clasificarea turbinelor hidroenergetice după puterea instalată

Nr. crt.	Denumire	Putere [MW]
1	Microhidroturbină	$P < 0,2$
2	Minihidroturbină	$P = 0,2...10$
3	Hidroturbină	$P = 10...100$
4	Megahidroturbină	$P > 100$

Conform legislației românești din 1990 (PE 306/90), centralele hidroelectrice cu puterea instalată sub 3,6 MW erau categorisite ca centrale de mică putere și erau divizate în trei grupe: CHA la puteri instalate sub 0,02 MW; Micro-hidrocentrale (MHC), la puteri instalate între 0,02 și 0,2 MW și centrale hidroelectrice de mică putere (CHEMP), la puteri instalate de 0,2 și 3,6 MW [1].

În catalogul Uzinei Constructoare de Mașini Reșița (UCMR) [2], turbinele sunt clasificate în: microhidro pentru $P_i < 0,1$ MW și minihidro pentru $P_i > 0,5$ MW. Cercetătorii de la SC Hydro-Engineering Reșița [3] includ sub denumirea de microhidroturbină mașinile care au puterea instalată sub 0,2 MW. Pentru puteri cuprinse între 0,1 și 10 MW se utilizează denumirea de minihidroagregate [4].

Ținând seama de necesitatea distincției între turbinele hidroenergetice care au puterea instalată sub 10 MW (care pot fi cuprinse în categoria SRE) propunem denumirile din tabelul 2 pentru diferitele categorii de turbine hidroenergetice. Așadar, micropotențialul hidroenergetic va utiliza atât microhidroturbină (mașini deosebit de simple) cât și minihidroturbină (mașini care, după complexitate, nu diferă esențial de turbinele hidroenergetice obișnuite). În cazul puterilor foarte mari (peste 100 MW), este necesară de asemenea o abordare distinctă, ca urmare a existenței unor piese cu gabarite și mase foarte mari, pentru care turnarea și prelucrarea mecanică reprezintă o problemă deosebit de dificilă (la nivel planetar au rămas extrem de puține turnătorii care pot procesa asemenea piese). Pentru exemplificare, în tabelul 3 se prezintă câte două exemple din fiecare tip principal de megahidroturbină realizate. Primul exemplu este o turbină record, iar cel de al doilea oferă caracteristicile pentru puteri apropiate de limita de 100 MW.

Tabelul 3. Exemple de megahidroturbine

Nr.crt.	Tip	Nume	Țară	Nr. unit.	An	Putere [MW]	D* [m]
1	Pelton	Jostedal	Norvegia	1	1988	288	3,175
2	Pelton	La Batiáz	Elveția	2	1983	102,8	2,36
3	Francis	Iatipu	Brazilia/Paraguay	18	1984/91	740	7,15
4	Francis	Saucelle Huebra	Spania	2	1989	127,3	3,606
5	Kaplan	Porțile de Fier I**	România/Serbia	12	2007/1972	194/178	9,5
6	Kaplan	Taquarucu	Brazilia	5	1993	103	7,7

Observații: 1) D* reprezintă: la Pelton, diametrul tangent la jet; la Francis, diametrul în punctul de intersecție al muchiei de intrare cu coroana; la Kaplan, diametrul exterior al rotorului; 2) La CHE Porțile de Fier** au fost înscrise atât datele obținute după retehnologizarea făcută de VATECH (finalizată în 2007), cât și datele inițiale, obținute după înțrarea completă în funcție, din 1972.

3. POTENȚIALUL HIDROENERGETIC AL ROMÂNIEI

Prima inventariere a resurselor hidroenergetice românești a fost realizată în perioada 1920–1925. Ulterior au fost făcute inventarii în 1960–1965, 1970–1975, 1980–1985. Potențialul tehnic amenajabil obținut a fost de 36–40 TWh/an, iar puterea instalată posibilă este cuprinsă între 11,6 și 14,8 GW. În tabelul 4 se prezintă, după [1], repartiția potențialului hidroenergetic tehnic amenajabil în România.

Tabelul 4. Potențialul hidroenergetic tehnic amenajabil în România

Tipul amenajării	Energie [GWh/an]	Putere [MW]
Râuri interioare	23.724	8.410
Dunăre	6.705	1.320
CHEAP Tarnița	1.200	1.000
Micropot. hidrolic	4.000	1.600
Total	35.629	12.330

Din potențialul tehnic amenajabil, doar o cotă-parte este economic amenajabilă. Evaluarea potențialului economic amenajabil este dificilă, această mărime având oscilații mari în timp. Ea depinde de variația următoarelor costuri: pentru manoperă, pentru materiale utilizate, pentru echipamente, precum și de prețul de vânzare al energiei electrice. Totuși, studiile întocmite de prof. dr. ing. Dorin PAVEL precum și de alți experți din I.S.P.H au arătat că potențialul economic amenajabil este de aproximativ 60–75% din cel tehnic amenajabil, adică 21–27 TWh/an. Producția de energie electrică, din centrale hidro, în anul 2004 a fost de 16,591 TWh. În consecință, putem evalua că centralele hidroelectrice actuale reprezintă aproximativ 70% din potențialul economic amenajabil (0,72%, dacă luăm în considerare producția estimată, și 0,68%, dacă luăm în considerare producția realizată în 2004). De observat că ponderea hidro în totalul producției de energie electrică a României a fost de 29% [1].

Atragem atenția că angajamentul luat de România de creștere a utilizării SRE, până în 2010, de la 28 la 33%, are în vedere întregul potențial hidroenergetic, și nu doar micropotențialul hidroenergetic (cel care are puteri instalate sub 10 MW, așa cum specifică Uniunea Europeană).

4. AMENAJAREA MICROPOTENȚIALULUI HIDRAULIC ÎN ROMÂNIA

Valorificarea micropotențialului hidrolic în țara noastră a început relativ timpuriu (finele secolului XIX), unele centrale fiind și azi în funcțiune. Amintim dintre acestea: Sadu 1 și 2, Oțelul Roșu, Băile Herculane și Sinaia. La finele deceniului opt din secolul trecut a fost inițiat un vast program de amenajare a microhidropotențialului. În tabelul 5 se prezintă inventarul potențialului amenajabil, centralele realizate și cele în curs de realizare în 1989, iar în figura 1 se face comparația cu centralele în funcție la 31.12.1992 și 01.01.2005. Din cele 12 Sucursale Hidroelectrice, zece au în administrare centrale ce utilizează microhidropotențialul. Ponderea cea mai mare, ca energie furnizată, o au SH Sibiu, Curtea de Argeș, Bistrița și Cluj.

Din cele 877 centrale declarate în 1989 ca fiind terminate sau în diferite faze de realizare, regăsim în 2005 doar 296 în stare de funcționare (34 %), 49 au rămas în curs de execuție (0,06%), iar 35 sunt casate total sau parțial (0,04%) (fig. 2). Despre celelalte centrale lipsesc informațiile. Pentru a ne face o idee privind starea lor, se va analiza Centrala Bixad, situată pe Oltul Superior. Echipată cu trei grupuri turbină-generator, puterea totală a centralei este de 1,98 MW, ea fiind pusă în funcțiune în a doua jumătate a anului 1987. În continuare cităm din [5]: „În anul 1988 a funcționat numai trei luni, până la defectarea unui generator. În anul următor, perioada de funcționare a fost, de asemenea, foarte scurtă. În 1990, turbinele erau defecte, ceea ce a împiedicat funcționarea și între 1991 și 1993. În anul 1994, MHC Bixad a operat în regim provizoriu, doar câteva luni, fiind trecută în conservare la sfârșitul anului 1994...MHC se deteriorează sub acțiunea timpului și a apelor mari, aducțiunea, pe

primul tronson, de canal deschis, manifestând exfiltrații la inundații. Sunt afectate, în principal, elementele metalice ale amenajării, însă, în mod evident, trebuie verificate și construcțiile de beton armat, în eventualitatea unei (re)puneri în funcțiune. Este regretabil că în strategia

deținătorului MHC Bixad această amenajare hidroenergetică nu apare pe niciuna din listele de obiective care urmează a fi re tehnologizate sau privatizate în perioada 2005–2008. În acest sens, presupunem că viitorul MHC Bixad este ori mai îndepărtat, ori nu există”.

Tabelul 5. Situația amenajării micropotențialului din România, în 1989

Stadiul	P [kW]	<20	(20..200)	(200..3600)	Total
Realizabile	Număr	3.000	2.000	2.800	7.800
	P _{tot} [MW]	0,23	600	1.000	1600,23
	E _t [GWh/an]	250	750	3000	4000
Realizate	Număr	4	88	241	333
	P _{tot} [MW]	0,04	9	212	221,04
	E _t [GWh/an]	0,25	40	694	734,25
În diferite stadii de realizare	Număr	4	88	452	544
	P _{tot} [MW]	0,04	9	664	673,04
	E _t [GWh/an]	0,25	40	2057	2097,25

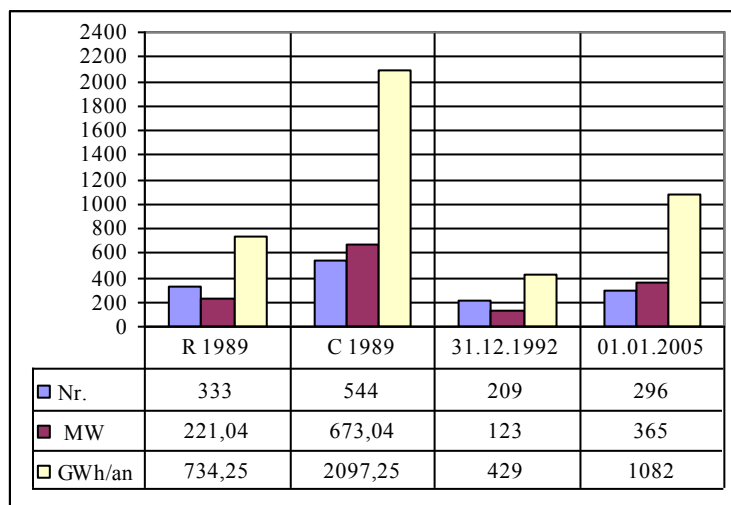


Fig. 1. Evoluția amenajării micropotențialului hidroenergetic în România.

Întregul potențial economic amenajabil trebuie să fie realizat. Evident, prețul pe kW instalat descrește de la megapotențial spre micropotențial, în timp ce costul total al investiției crește de la micropotențial spre megapotențial.

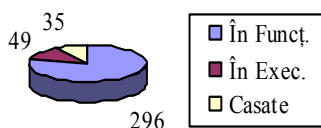


Fig. 2. Situația micropotențialului hidroenergetic în 2005.

În consecință, primul element ce trebuie analizat îl constituie partea economică, ținând seama de ambii indicatori și de puterea financiară a investitorului. În ceea ce privește amenajarea micropotențialului, pentru care efortul de investiție este mic, eventualul investitor trebuie să ia în considerare trei grupuri de probleme: juridice (cui îi aparține cursul de apă, cui îi aparține terenul ce va fi ocupat de amenajare, realizarea de tratative și contracte cu respectivii proprietari), economice (costul investiției, costurile de exploatare, întreținere, reparații, prețul de revenire al kWh; pentru funcționări discontinue sau sezoniere, dacă în perioadele prevăzute cu consum de

energie electrică există debitul necesar pe râu), tehnice (legate de construirea obiectivelor amenajării și de procurarea, transportul și montarea echipamentelor mecanice și electrice). O problemă aparte a amenajărilor mici o constituie pericolul de înfundare a circuitului hidrodinamic. Dacă cursul râului respectiv este puternic poluat cu recipiente de plastic pentru lichide alimentare (peturi) și folii de masă plastică, este posibil ca operațiile de desfundare a aducțiunii și de evacuare a deșeurilor să coste mai mult decât energia furnizată. Cu cât amenajarea este mai mare și durata de furnizare a energiei electrice în rețea mai mare, cu atât vor exista mai multe fonduri pentru evacuarea deșeurilor.

O altă problemă deosebit de importantă o reprezintă fiabilitatea echipamentelor. Reparațiile frecvente și costisitoare sunt cheia insuccesului investiției. Un prim sfat în această privință este abordarea unei întreprinderi specializate în fabricarea echipamentului mecanic, hidraulic și electric necesar. Pe de altă parte, fabricantul trebuie să ia în considerare, cu multă seriozitate, sporirea fiabilității în condițiile exploatarei instalației cu un personal de calificare redusă. Trebuie să subliniem că adesea fabricantul nu are experiența necesară în acest sens. Pentru o instalație care funcționează din când în când cu puterea de 10 kW, nu putem pretinde beneficiarului să angajeze mecanici și electricieni de serviciu. Dobândirea experienței necesare la fabricant se poate obține prin realizarea unor amenajări-pilot, care să fie prezentate eventualilor cumpărători. Exploatarea centralei-pilot este absolut necesară pentru cunoașterea defecțiunilor frecvente și găsirea soluțiilor economice de creștere a fiabilității. Recomandarea noastră pentru eventualii investitori individuali este să cumpere echipamente doar de la producători care le pot arăta instalații-pilot, le pot da instrucțiuni pertinente de exploatare și îi asigură că vor interveni prompt în cazul unei avarii. Ar fi interesant, atât pentru beneficiari cât și pentru producători, efectuarea unor operații de revizie periodică asigurate de echipe specializate, aflate în subordinea producătorului. Evident, pentru producător organizarea echipelor specializate în intervenții constituie o încurcătură de care aceștia se feresc. Cu toate acestea, mai ales pentru țara noastră, dacă nu se vor lua asemenea măsuri, situația descrisă în [5] se poate repeta frecvent, iar problema exploatarei micropotențialului va rămâne permanent un deziderat.

O ultimă problemă, dar care nu trebuie nicidecum lăsată în suspensie, o constituie apărarea patrimoniului de furturi și vandalizări. Pentru rezolvarea acestei probleme trebuie asigurată paza patrimoniului, dar în același timp trebuie să fie adoptate măsuri sociale care să determine reducerea apetitului pentru vandalizări accidentale sau planificate, atât la MHC cât și la alte obiective economice.

5. MICRO ȘI MINITURBINE FABRICATE ÎN ROMÂNIA

În țara noastră, fabricarea turbinelor hidraulice și a generatoarelor electrice aferente a fost concentrată în principal la U.C.M. Reșița. În ultimul timp, în afară de turbine de dimensiuni mari și mijlocii, uzina realizează de asemenea micro și miniturbine. Pentru exemplificare, în cele ce urmează se vor prezenta unele turbine de mici dimensiuni, fabricate la UCMR.

În domeniul **microturbinelor**, au fost realizate agregate de următoarele tipuri: Banki, axiale tubulare, hidroagregate de largă utilizare (MLU) și Pelton. Avantajul principal constă în faptul că uzina livrează întregul ansamblu mecanoelectric. Dimensiunile și caracteristicile pot fi preluate din prospectele uzinei.

Microhidroagregatul de tip Banki. Caracteristici principale: diametrul nominal al rotorului: 250 mm; domeniul de căderi: 4–40 m; domeniul de debite: 0,075–0,240 m³/s; puterea: 1,9–50 kW. Poate fi cuplată atât la sistemul național cât și la o rețea electrică izolată.



Fig. 3. Microagregat Banki realizat de UCMR.

Microhidroagregatul axial tubular. Caracteristici principale: diametrul nominal: 350 mm; domeniul de căderi: 3–5,5 m; domeniul de debite: 0,112–0,130 m³/s; puterea 4 kW. Rotorul axial este de tip monobloc, iar aparatul director conic este fix. Transmiterea momentului de la arborele turbinei la generator se realizează prin intermediul unui angrenaj conic la 90°. Microhidroturbina este ideală pentru alimentarea cu energie electrică a unor obiective izolate.

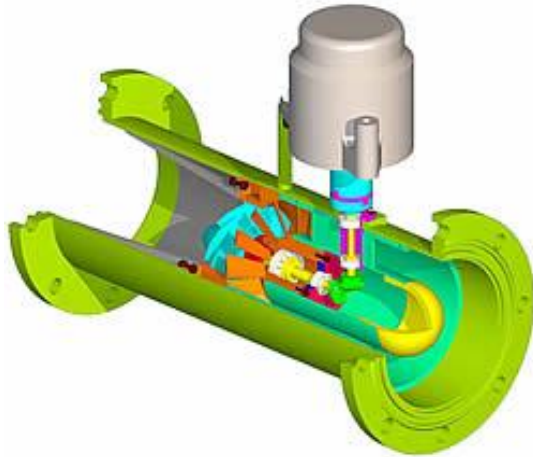


Fig. 4. Microagregatul axial tubular fabricat de UCMR.

În domeniul **miniturbinelor**, agregatele sunt mult mai diversificate. Unele dintre ele nu se deosebesc constructiv de mezoturbine. Altele sunt realizate simplificat (turbine axiale fără reglarea paletelor rotorului sau fără reglarea paletelor aparatului director), turbine Francis cu arbore vertical sau orizontal și turbine Pelton cu arbore orizontal. În cele ce urmează vor prezentate câte miniturbine standardizate, care se fabrică la cerere.

Miniturbine axiale:

- Kaplan cu arbore vertical, cu cameră spirală metalică sau din beton, cu dublu reglaj (KVB ȘI KVM);

- Bulb cu arbore orizontal și dublu reglaj (KOT);
- Semi-Kaplan în S cu arbore orizontal, cu palete rotorice mobile și palete de aparat director fixe (KOS);
- Elicoidale cu arbore vertical, cu palete de aparat director mobile (EVB);
- Elicoidale cu arbore orizontal, cu palete de aparat director mobile (EOS).

Turbine Francis:

- Francis cu arbore vertical și cameră spirală metalică (FVM);
- Francis cu arbore orizontal și cameră spirală metalică (FOM).

Turbine Pelton:

- Pelton cu arbore orizontal (PO).

Pentru exemplificare, în figura 5 este prezent aspectul general al turbinei EOS standard [2]. Asemenea turbine se realizează într-o gamă largă de dimensiuni. Iată diametrele rotorului, în mm: 500, 600, 700, 800, 900, 1100, 1300, 1500, 1700, 2000. Intervalul de căderi este cuprins între 3 și 15 m iar puterile sunt cuprinse între 100 și 2500 kW.

În figura 6 este prezentat aspectul general al turbinelor FOM standard [2]. Asemenea turbine se realizează într-o gamă largă de dimensiuni. Iată diametrele rotorului, în mm: 390, 460, 570, 640, 720, 820, 1020. Intervalul de căderi este cuprins între 15 și 130 m, iar puterile, în kW, sunt cuprinse între 100 și 2500.

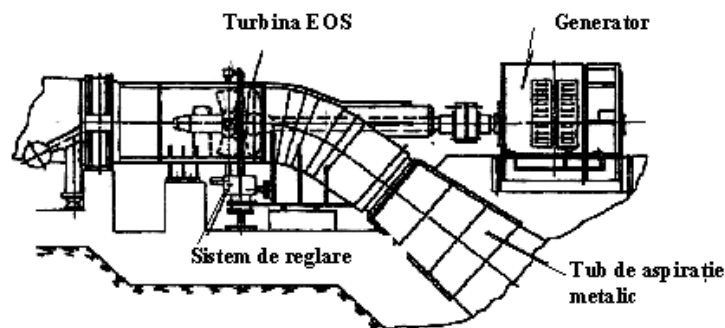


Figura 5. Turbina Elicoidală orizontală în S.

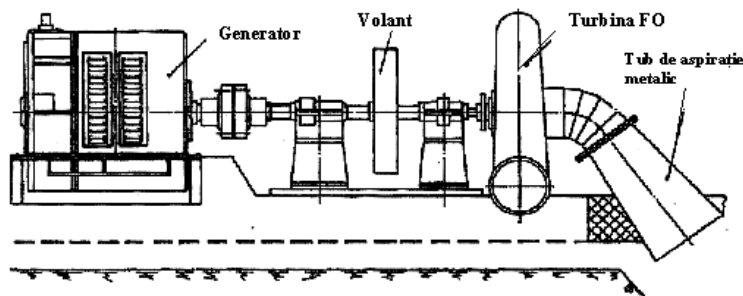


Fig. 6. Agregatul Francis orizontal.

6. CONCLUZII

Exploatarea potențialului hidroenergetic economic amenajabil, indiferent de mărimea acestuia, este un deziderat care trebuie imperativ realizat, deoarece în acest mod se diminuează dezavantajele utilizării în scopuri energetice a combustibililor fosili. Amenajarea micropotențialului hidroenergetic este de dorit din aceleași motive.

Exploatarea unor centrale dotate cu mini și microhidroturbine ridică probleme deosebite, ținând seama că ele trebuie exploatate cu personal puțin și cu calificare redusă. Sporirea fiabilității echipamentelor din asemenea centrale este o condiție indispensabilă pentru implementarea mini și microturbinelor. Pentru ca fabricantul să fie la curent cu problemele defecțiunilor, considerăm indispensabilă patronarea de către acesta a unor microcentrale-pilot care să servească simultan și ca expoziție pentru potențialii clienți.

BIBLIOGRAFIE

1. **Florica Popa, Adina Paraschivescu, Bogdan Popa:** „Micropotențialul hidroenergetic al României”, A Patra Conferință a Hidroenergeticienilor din România, în memoria profesorului Dorin Pavel, 26–27 mai 2006, Ed. Printech, București, p. 845–854.
2. *** UCMR, Hidroagregate de mică putere, tipuri și listă de referință, iunie 2003. p. 4.
3. **Ioan Hoța, Ioan Bejan, Gh. Zincescu, Walter Dorn, Gabriela Mortoiu:** „Microhidroagregate compacte în gama 10–100 kW, dezvoltate la U.C.M. Reșița”, A Patra Conferință a Hidroenergeticienilor din România, în memoria profesorului Dorin Pavel, 26–27 mai 2006, Ed. Printech, București, p. 789–806.
4. **Sorin Toader, Claudiu Iavornic:** „Minihidroagregate modulare în gama 1,1–10 MW, dezvoltate de Hydro-Engineering”, A Patra Conferință a Hidroenergeticienilor din România, în memoria profesorului Dorin Pavel, 26–27 mai 2006, Ed. Printech, București, p. 807–824.
5. **Virgil Petrescu, Oreste Sumbasacu:** „Microhidrocentrala Bixad (Județul Covasna). Trecut, prezent și, poate, viitor”, A Patra Conferință a Hidroenergeticienilor din România, în memoria profesorului Dorin Pavel, 26–27 mai 2006, Ed. Printech, București, p. 773–778.