



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI  
ȘI PROTECȚIEI SOCIALE  
AMPOSDRU



Fondul Social European  
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



OIPOSDRU



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
din BUCUREȘTI

FONDUL SOCIAL EUROPEAN

Investește în oameni!

Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013

Proiect POSDRU/88/1.5/S/61178 – *Competitivitate și performanță în cercetare prin programe doctorale de calitate (ProDOC)*

UNIVERSITATEA „EFTIMIE MURGU” DIN REȘIȚA

Facultatea de Inginerie și Management  
Departamentul de Mecanică și Ingineria Materialelor

Nr. Decizie Senat 994 din 25.11.2013

# TEZĂ DE DOCTORAT

*Cercetări teoretice și experimentale pe o microturbină axial-tubulară echipată cu generator imersat cu magneți permanenți*

*Theoretical and experimental research on a axial-tubular microturbine equipped with permanent magnet generator and immersed runner*

**Autor:** ing. Dănuț Florea

## COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof.univ.dr.ing. Doina Frunzăverde	de la	Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița
Conducător de doctorat	Prof. univ.dr.ing. Dorian Nedelcu	de la	Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița
Referent	Prof. univ. dr. ing. Ilare Bordeășu	de la	Universitatea „Politehnica” din Timișoara
Referent	Prof. univ. dr. ing. Mircea Bărglăzan	de la	Universitatea „Politehnica” din Timișoara
Referent	Prof. univ.dr.ing. Constantin Viorel Cămpian	de la	Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița

## PREFAȚĂ

Teza de doctorat intitulată “*Cercetări teoretice și experimentale pe o microturbină axial-tubulară echipată cu generator imersat cu magneți permanenți*” reprezintă o sinteză a activității de cercetare teoretică și experimentală axată pe o microturbină axial-tubulară, echipată cu generator imersat cu magneți permanenți, concepută într-o nouă soluție constructivă. Teza abordează etapele definitorii ale unei cercetări: studiu bibliografic, proiectare, execuție, experimentare.

Teza debutează cu prezenta **Prefață**, cu un **Cuprins**, urmat de **Listă figuri**, **Listă tabele** și **Listă notații**.

**Capitolul 1** sintetizează stadiul actual al cercetărilor în domeniul turbinelor/microturbinelor și prezintă diferite soluții alternative.

**Capitolul 2** prezintă obiectivele tezei de doctorat.

**Capitolul 3** este dedicat proiectării hidrodinamice a 3 variante de rotoare axiale, cu 4, 6 și 8 palete, simbolizate R4, R6 respectiv R8. După o simularea a curgerii prin traseul microturbinei, prin intermediul modulului Flow Simulation, pentru a calcula variația vitezei meridiene cu raza în zona rotorului, în absența paletajului rotoric, se prezintă algoritmul de proiectare hidrodinamică a rotoarelor, ultimele subcapitole fiind dedicate proiectării propriu-zise a celor 3 rotoare.

**Capitolul 4** este axat pe descrierea constructiv funcțională a ansamblului și a componentelor microturbinei. Microturbina include componente standard ale unei turbine axiale: stator, aparat director, rotor axial, tub de aspirație; elementul de noutate este concretizat prin soluția de generare a energiei electrice, care utilizează un rotor magnetic cu magneți permanenți, plasat pe periferia rotorului axial, care se rotește în interiorul statorului generatorului; rotorul magnetic și partea interioară a statorului generatorului vor fi în contact cu apa, motiv pentru care interiorul statorului trebuie inundat cu o rășină ce va asigura etanșarea.

**Capitolul 5** prezintă aspecte referitoare la prototiparea rapidă a unor componente ale microturbinei. Dintre componentele microturbinei s-au executat prin tehnologia de prototipare rapidă componentele cu geometrie mai complexă, respectiv: rotoarele axiale R4, R6, R8 și aparatul director.

**Capitolul 6** rezultatele cercetărilor experimentale efectuate asupra microturbinei, obținute în urma încadrării microturbinei în standul de cercetări microturbine al firmei S.C. Hydro-Engineering S.A. Reșița.

**Capitolul 7** prezintă concluzii finale și contribuții personale, direcții viitoare de cercetare și diseminarea rezultatelor.

Teza se încheie cu **Bibliografie** și o **Anexă** – ansamblul microturbinei, în format A3 color.

Teza se întinde pe 164 pagini și conține: 292 figuri (inclusiv poze), 66 tabele, 27 relații și 107 referințe bibliografice.

Primul cuvânt de mulțumire îl adresez domnului prof. dr. ing. Dorian Nedelcu, care, în calitate sa de conducător științific, m-a îndrumat permanent în munca de cercetare desfășurată în cadrul tezei, a fost un sprijin permanent pe parcursul elaborării tezei și pentru analiza conținutului lucrării.

Mulțumesc domnilor prof. dr. ing. Ilare Bordeășu și prof. dr. ing. Mircea Bărglăzan, din cadrul Universității “Politehnica” din Timișoara respectiv domnului prof. dr. ing. Constantin Viorel Câmpian din cadrul Universității “Eftimie Murgu” din Reșița pentru acceptul de a face parte din comisia de doctorat, pentru sugestiile constructive referitoare la conținutul tezei și pentru întocmirea referatelor.



## *Cercetări teoretice și experimentale pe o microturbină axial-tubulară echipată cu generator imersat cu magneți permanenți*

Mulțumesc conducerii Universității „Eftimie Murgu” din Reșița, d-nei rector prof. dr. ing. Doina Frunzăverde și Centrului de Elaborare și Management al Proiectelor de Dezvoltare Instituțională POSDRU din cadrul Universității “Politehnica” din București pentru suportul acordat pe parcursul studiilor doctorale. Studiile doctorale s-au efectuat prin proiectul „*Competitivitate și performanță în cercetare prin programe doctorale de calitate (ProDOC)*”, finanțat din fondurile POSDRU prin contractul de finanțare POSDRU/88/1.5/S/61178, program desfășurat sub egida Universității „Politehnica” din București în cooperare cu Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița.

Mulțumesc tuturor colegilor de la Universitate „Eftimie Murgu”, care au fost alături de mine și m-au ajutat să finalizez teza de doctorat: domnului prof. dr. ing. Constantin Viorel Câmpian, domnului prof. dr. ing. Gilbert-Rainer Gillich, domnului conf. Călin Micloșină, domnului prof. dr. ing. Gheorghe Liuba, domnului ing. Nedelea Valentin, dr. ing. Mitulețu Cornel, șef de lucrări dr. ing. Vasile Cojocaru, asist. dr. ing. Nedeloni Marian Dumitru, cercetătorului drd. ing. Cosmin Dumbravă și tehnicianului Nicolae Trulea.

Un cuvânt de mulțumire adresez domnului dr. ing. Silviu-Dan Avram pentru ajutorul acordat la execuția componentelor microturbinei.

De asemenea mulțumesc colaboratorilor de la S.C. Hydro Engineering S.A. Reșița, unde am desfășurat cercetările experimentale: domnului director Adrian Preda, pentru acceptul de a efectua cercetările experimentale pe stand, domnului ing. Adrian Hopotă, de a cărui colaborare și competență am beneficiat pe parcursul elaborării tezei, d-lui sing. Cervenka Dietmar pentru colaborarea acordată pe durata experimentărilor.

Un cuvânt de mulțumire adresez de asemenea d-lui sing. Giuroiu Costel de la S.C. Hydro Engineering S.A. Reșița și d-lui sing. Sauca Viorel de la UCMR S.A. Reșița, pentru ajutorul acordat la inundarea cu rășină a statorului generatorului, operația care presupune experiență pentru a obține o corectă etanșare a statorului.

În final mulțumesc familiei mele pentru înțelegerea și sprijinul acordat pe întreg parcursul elaborării tezei de doctorat.

Reșița, 2013

Drd. ing. Florea Dănuț

## CUPRINS

Listă figuri	6
Listă tabele	13
Listă notații	15
<b>Cap. 1 STADIUL ACTUAL PRIVIND REALIZARILE DIN DOMENIUL MICROTURBINELOR AXIAL-TUBULARE ȘI ALTERNATIVE</b>	16
1.1 Generalități	16
1.2 Surse de energie regenerabilă	18
1.3 Energia hidraulică. Scurt istoric al mașinilor hidraulice.	19
1.4 Realizări privind turbinele hidraulice din România	24
1.5 Cercetări teoretice și experimentale actuale pe microturbine	24
<b>Cap. 2 OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT</b>	35
<b>Cap. 3 PROIECTAREA HIDRODINAMICĂ A VARIANTELOR DE ROTOARE ALE MICROTURBINEI</b>	36
3.1 Simularea curgerii prin traseul microturbinei	36
3.2 Algoritmul de proiectare hidrodinamică a rotoarelor	48
3.3 Proiectarea hidrodinamică a rotorului R4	51
3.4 Proiectarea hidrodinamică a rotorului R6	73
3.5 Proiectarea hidrodinamică a rotorului R8	95
3.6 Concluzii	117
<b>Cap. 4 DESCRIERE CONSTRUCTIV FUNCȚIONALĂ A COMPONENTELOR MICROTURBINEI</b>	118
4.1 Introducere	118
4.2 Ansamblu microturbină	118
4.3 Statorul generatorului	124
4.4 Rotorul magnetic	125
4.5 Rotorul axial și rotorul magnetic	127
4.6 Modificarea soluției constructive – varianta 1	127
4.7 Modificarea soluției constructive – varianta 2	128
4.8 Concluzii	130
<b>Cap. 5 PROTOTIPAREA RAPIDĂ A COMPONENTELOR MICROTURBINEI</b>	131
6.1 Introducere	131
6.2 Tehnologia și echipamentul de prototipare rapidă	131
6.3 Prototiparea rapidă a rotorului R8	134
6.4 Prototiparea rapidă a rotoarelor R4 și R6	136
6.5 Prototiparea rapidă a aparatului director	138
6.5 Concluzii	138
<b>Cap. 6 CERCETARI EXPERIMENTALE PE MICROTURBINA AXIALĂ ȘI ANALIZA REZULTATELOR</b>	140



*Cercetări teoretice și experimentale pe o microturbină axial-tubulară echipată cu generator imersat cu magneți permanenți*

<b>6.1 Cercetări experimentale preliminare pe rotorul magnetic</b>	140
6.1.1 Încercări preliminare pe un alternator echipat cu magneți permanenți	140
6.1.2 Încercări preliminare pe un generator echipat cu rotor magnetic	141
<b>6.2 Cercetări experimentale pe microturbina axial-tubulară</b>	144
<b>6.3 Descrierea metodologiei de măsură și a relațiilor de calcul</b>	147
<b>6.4 Rezultate experimentale</b>	147
<b>6.5 Concluzii</b>	151
<b>Cap. 7 CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE.</b>	152
<b>DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE. DISEMINAREA REZULTATELOR</b>	152
7.1 Concluzii finale și contribuții personale	152
7.2 Direcții viitoare de cercetare	154
7.3 Diseminarea rezultatelor	154
<b>BIBLIOGRAFIE</b>	156
<b>ANEXĂ – ansamblul microturbinei, în format A3 color</b>	164

## LISTĂ FIGURI

Figura	Denumire	Pag.
1.1	Resursele naturale prin intermediul cărora se poate obține energia electrică	16
1.2	Producerea de energie electrică în România în anul 2008 respectiv 2011	17
1.3	Roata cu făcaie	20
1.4	Schema de principiu a unei amenajări hidroenergetice	21
1.5	Energia produsă în anul 2008	22
1.6	Energia produsă în anul 2009	22
1.7	Energia produsă în anul 2010	23
1.8	Energia produsă în anii 2008 - 2010	23
1.9	Reprezentarea schematică a turbinei model	25
1.10	Modele de turbină și locația funcționării acestora	25
1.11	Modelul turbinei de curenți oceanici	26
1.12	Geometria inițială și finală a turbinei Tidal	26
1.13	Instalația experimentală cu mini-pompă centrifugală (imagine preluată după [40] și prelucrată)	27
1.14	Rotorul cu palete divizate	27
1.15	Construcția unei turbine în miniatură	27
1.16	Aparatul hidrocinetic „Hidropólio®” pentru generarea electricității	28
1.17	Schița turbinei hidrocinetică „Poraque” și imaginea rotorului	28
1.18	Rotorul turbinei	29
1.19	Domeniul de simulare	29
1.20	Modelul a 10 mini-unități de turbine	29
1.21	Instalația experimentală a pompei centrifuge	30
1.22	Forma constructivă a mini-turbo pompei	30
1.23	Forme ale rotorului mini-turbo pompei	30
1.24	Modelul geometriei paletelor rotorului	31
1.25	Discretizare în elemente finite a paletelor rotorului și a domeniului rotorului	31
1.26	Cele 4 forme diferite combinate ale rotoarelor cu paletele în spirală	32
1.27	Stand experimental cu „Stefan Propulsor Emotor”	32
1.28	Microturbină de tip axial prezentată de autor la conferința internațională Think-Hydro.com	34
3.1	Traseul hidraulic al miniturbinei utilizat în simularea numerică a curgerii	36
3.2	Domeniul de analiză și simularea numerică a curgerii	39
3.3	Condițiile de frontieră pentru simularea numerică a curgerii	39
3.4	Fereastra Solver Monitor	40
3.5	Divizarea inițială a domeniului de analiză (Basic Mesh)	41
3.6	Secțiune prin planul XY al discretizării 3D	41
3.7	Liniile de curgere prin domeniul de analiză al miniturbinei	42
3.8	Distribuția vitezei $V_x$ pe domeniul de analiză pentru varianta R4	43
3.9	Distribuția vitezei $V_x$ pe domeniul de analiză pentru varianta R6	43
3.10	Distribuția vitezei $V_x$ pe domeniul de analiză pentru varianta R8	43
3.11	Puncte de preluare ale parametrilor în zona rotorului	44
3.12	Variația vitezelor în zona rotorului R4	47

Figura	Denumire	Pag.
3.13	Variația presiunilor în zona rotorului R4	47
3.14	Variația vitezelor în zona rotorului R6	47
3.15	Variația presiunilor în zona rotorului R6	47
3.16	Variația vitezelor în zona rotorului R8	47
3.17	Variația presiunilor în zona rotorului R8	47
3.18	Elemente asimptotice la intrare și ieșire din rotor	49
3.19	Variația vitezei meridiane funcție de razele de calcul pentru rotorul R4	52
3.20	Variația pasului relativ și a unghiului de incidență funcție de razele de calcul pentru rotorul R4	53
3.21	Variația poziției săgeții, grosimii și a grosimii funcție de razele de calcul pentru rotorul R4	53
3.22	Variația randamentului hidraulic și a coeficientului de postrotație funcție de razele de calcul pentru rotorul R4	53
3.23	Variația coeficientului de portanță și a săgeții relative funcție de razele de calcul pentru rotorul R4	54
3.24	Variația vitezelor funcție de razele de calcul pentru rotorul R4	54
3.25	Variația unghiurilor funcție de razele de calcul pentru rotorul R4	54
3.26	Variația lungimii profilelor funcție de razele de calcul pentru rotorul R4	55
3.27	Profilul și scheletul secțiunii 1 pentru rotorul R4	59
3.28	Profilul și scheletul secțiunii 2 pentru rotorul R4	59
3.29	Profilul și scheletul secțiunii 3 pentru rotorul R4	59
3.30	Profilul și scheletul secțiunii 4 pentru rotorul R4	59
3.31	Profilul și scheletul secțiunii 5 pentru rotorul R4	59
3.32	Profilul și scheletul secțiunii 6 pentru rotorul R4	59
3.33	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R4	66
3.34	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R4	66
3.35	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R4	66
3.36	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R4	66
3.37	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 1 / rotorul R4	66
3.38	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 1 / rotorul R4	66
3.39	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R4	67
3.40	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R4	67
3.41	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R4	67
3.42	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R4	67
3.43	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 2 / rotorul R4	67
3.44	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 2 / rotorul R4	67
3.45	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R4	68
3.46	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R4	68
3.47	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R4	68
3.48	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R4	68
3.49	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 3 / rotorul R4	68
3.50	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 3 / rotorul R4	68
3.51	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R4	69
3.52	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R4	69
3.53	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R4	69

<b>Figura</b>	<b>Denumire</b>	<b>Pag.</b>
3.54	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R4	69
3.55	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 4 / rotorul R4	69
3.56	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 4 / rotorul R4	69
3.57	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R4	70
3.58	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R4	70
3.59	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R4	70
3.60	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R4	70
3.61	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 5 / rotorul R4	70
3.62	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 5 / rotorul R4	70
3.63	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R4	71
3.64	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R4	71
3.65	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R4	71
3.66	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R4	71
3.67	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 6 / rotorul R4	71
3.68	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 6 / rotorul R4	71
3.69	Vedere 3D a rotorului R4	72
3.70	Profile 3D rotor R4	72
3.71	Intersecție rotor R4 cu plane radiale	72
3.72	Intersecție rotor R4 cu plane de nivel – Vedere Front	72
3.73	Intersecție rotor R4 cu plane de nivel – Vedere Top	72
3.74	Intersecție rotor R4 cu plane de nivel – Vedere Izometrică	72
3.75	Variația vitezei meridiane funcție de razele de calcul pentru rotorul R6	74
3.76	Variația pasului relativ și a unghiului de incidență funcție de razele de calcul pentru rotorul R6	75
3.77	Variația poziției săgeții, grosimii și a grosimii funcție de razele de calcul pentru rotorul R6	75
3.78	Variația randamentului hidraulic și a coeficientului de postrotație funcție de razele de calcul pentru rotorul R6	75
3.79	Variația coeficientului de portanță și a săgeții relative funcție de razele de calcul pentru rotorul R6	76
3.80	Variația vitezelor funcție de razele de calcul pentru rotorul R6	76
3.81	Variația unghiurilor funcție de razele de calcul pentru rotorul R6	76
3.82	Variația lungimii profilelor funcție de razele de calcul pentru rotorul R6	77
3.83	Profilul și scheletul secțiunii 1 pentru rotorul R6	81
3.84	Profilul și scheletul secțiunii 2 pentru rotorul R6	81
3.85	Profilul și scheletul secțiunii 3 pentru rotorul R6	81
3.86	Profilul și scheletul secțiunii 4 pentru rotorul R6	81
3.87	Profilul și scheletul secțiunii 5 pentru rotorul R6	81
3.88	Profilul și scheletul secțiunii 6 pentru rotorul R6	81
3.89	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R6	88
3.90	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R6	88
3.91	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R6	88
3.92	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R6	88
3.93	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 1 / rotorul R6	88
3.94	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 1 / rotorul R6	88

<b>Figura</b>	<b>Denumire</b>	<b>Pag.</b>
3.95	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R6	89
3.96	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R6	89
3.97	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R6	89
3.98	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R6	89
3.99	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 2 / rotorul R6	89
3.100	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 2 / rotorul R6	89
3.101	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R6	90
3.102	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R6	90
3.103	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R6	90
3.104	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R6	90
3.105	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 3 / rotorul R6	90
3.106	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 3 / rotorul R6	90
3.107	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R6	91
3.108	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R6	91
3.109	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R6	91
3.110	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R6	91
3.111	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 4 / rotorul R6	91
3.112	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 4 / rotorul R6	91
3.113	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R6	92
3.114	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R6	92
3.115	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R6	92
3.116	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R6	92
3.117	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 5 / rotorul R6	92
3.118	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 5 / rotorul R6	92
3.119	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R6	93
3.120	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R6	93
3.121	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R6	93
3.122	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R6	93
3.123	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 6 / rotorul R6	93
3.124	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 6 / rotorul R6	93
3.125	Vedere 3D a rotorului R6	94
3.126	Profile 3D rotor R6	94
3.127	Intersecție rotor R6 cu plane radiale	94
3.128	Intersecție rotor R6 cu plane de nivel – Vedere Front	94
3.129	Intersecție rotor R6 cu plane de nivel – Vedere Top	94
3.130	Intersecție rotor R6 cu plane de nivel – Vedere Izometrică	94
3.131	Variația vitezei meridiane funcție de razele de calcul pentru rotorul R8	96
3.132	Variația pasului relativ și a unghiului de incidență funcție de razele de calcul pentru rotorul R8	97
3.133	Variația poziției săgeții, grosimii și a grosimii funcție de razele de calcul pentru rotorul R8	97
3.134	Variația randamentului hidraulic și a coeficientului de postrotație funcție de razele de calcul pentru rotorul R8	97
3.135	Variația coeficientului de portanță și a săgeții relative funcție de razele de calcul pentru rotorul R8	98

<b>Figura</b>	<b>Denumire</b>	<b>Pag.</b>
3.136	Variația vitezelor funcție de razele de calcul pentru rotorul R8	98
3.137	Variația unghiurilor funcție de razele de calcul pentru rotorul R8	98
3.138	Variația lungimii profilelor funcție de razele de calcul pentru rotorul R8	99
3.139	Profilul și scheletul secțiunii 1 pentru rotorul R8	103
3.140	Profilul și scheletul secțiunii 2 pentru rotorul R8	103
3.141	Profilul și scheletul secțiunii 3 pentru rotorul R8	103
3.142	Profilul și scheletul secțiunii 4 pentru rotorul R8	103
3.143	Profilul și scheletul secțiunii 5 pentru rotorul R8	103
3.144	Profilul și scheletul secțiunii 6 pentru rotorul R8	103
3.145	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R8	110
3.146	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R8	110
3.147	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R8	110
3.148	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 1 / rotorul R8	110
3.149	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 1 / rotorul R8	110
3.150	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 1 / rotorul R8	110
3.151	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R8	111
3.152	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R8	111
3.153	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R8	111
3.154	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 2 / rotorul R8	111
3.155	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 2 / rotorul R8	111
3.156	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 2 / rotorul R8	111
3.157	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R8	112
3.158	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R8	112
3.159	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R8	112
3.160	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 3 / rotorul R8	112
3.161	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 3 / rotorul R8	112
3.162	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 3 / rotorul R8	112
3.163	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R8	113
3.164	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R8	113
3.165	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R8	113
3.166	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 4 / rotorul R8	113
3.167	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 4 / rotorul R8	113
3.168	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 4 / rotorul R8	113
3.169	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R8	114
3.170	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R8	114
3.171	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R8	114
3.172	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 5 / rotorul R8	114
3.173	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 5 / rotorul R8	114
3.174	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 5 / rotorul R8	114
3.175	Variația $X=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R8	115
3.176	Variația $Y=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R8	115
3.177	Variația $V_t=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R8	115
3.178	Variația $C_p=f(\varphi)$ Secțiunea 6 / rotorul R8	115
3.179	Variația $V_t=f(X)$ Secțiunea 6 / rotorul R8	115

<b>Figura</b>	<b>Denumire</b>	<b>Pag.</b>
3.180	Variația $C_p=f(X)$ Secțiunea 6 / rotorul R8	115
3.181	Vedere 3D a rotorului R8	116
3.182	Profile 3D rotor R8	116
3.183	Intersecție rotor R8 cu plane radiale	116
3.184	Intersecție rotor R8 cu plane de nivel – Vedere Front	116
3.185	Intersecție rotor R8 cu plane de nivel – Vedere Top	116
3.186	Intersecție rotor R8 cu plane de nivel – Vedere Izometrică	116
4.1	Ansamblu microturbină	118
4.2	Ansamblu explodat al microturbinei	119
4.3	Carcasă amonte	120
4.4	Capac stator	120
4.5	Stator turbină	121
4.6	Aparat director	121
4.7	Arbore turbină	122
4.8	Variante de rotoare axiale	122
4.9	Geometrie rotor axial	122
4.10	Tub aspirație	123
4.11	Carcasa aval	123
4.12	Stator generator	124
4.13	Dimensiuni stator generator	124
4.14	Componente ansamblu stator generator	124
4.15	Dimensiuni ansamblu stator generator	124
4.16	Umplere stator generator cu rășină	125
4.17	Stator generator în stare finală	125
4.18	Rotor magnetic	126
4.19	Dimensiuni rotor magnetic	126
4.20	Inel cu decupări	126
4.21	Magneți Neodim	126
4.22	Rotor magnetic	126
4.23	Asamblare rotor magnetic cu rotor axial	127
4.24	Rotorul axial și rotorul magnetic în stare asamblată	127
4.25	Bucșă centrală fixată într-un disc cu 4 nervuri, plasat în decuparea de la intrarea în tubul de aspirație	128
4.26	Ansamblul microturbină după prima modificare a soluției constructive	128
4.27	Ansamblul microturbină după a 2-a modificare a soluției constructive	129
4.28	Ansamblul microturbină axial-tubulară	129
5.1	Imprimanta 3D Objet 30 Desktop	134
5.2	Tehnologia PolyJet	134
5.3	WaterJet System Objet	134
5.4	Geometrie rotor R8 în format STL	135
5.5	Disponerea rotorului R8 pe tava de imprimare	135
5.6	Rotorul R8 în stare finală	135
5.7	Geometrie rotor R4 în format STL	136
5.8	Geometrie rotor R6 în format STL	136
5.9	Disponerea rotoarelor R4 & R6 pe tava de imprimare în aplicația Objet Studio™	137

Figura	Denumire	Pag.
5.10	Disponerea rotoarelor R4 & R6 pe tava de imprimare	137
5.11	Rotoarele R4 & R6 în stare finală	137
5.12	Geometrie aparat director în format STL	138
5.13	Disponerea aparatului director pe tava de imprimare în aplicația <i>Objet Studio™</i>	138
5.14	Stagiu intermediar de imprimare 3D a aparatului director	139
5.15	Aparat director – vedere laterală 1	139
5.16	Aparat director – vedere laterală 2	139
5.17	Aparat director – vedere de sus	139
6.1	Alternatorul în stare demontată	140
6.2	Magneți permanenți montați pe polii rotorului alternatorului	141
6.3	Încadrare în ștand a alternatorului echipat cu magneți permanenți	141
6.4	Rotorul inițial al generatorului	141
6.5	Rotorul magnetic fixat pe periferia rotorului inițial al generatorului	141
6.6	Încadrarea în ștand a generatorului echipat cu rotorul magnetic	142
6.7	Baterie de becuri	142
6.8	Schema ștandului de măsură	142
6.9	Variația tensiunii de linie funcție de turație la mers în gol	143
6.10	Variația tensiunii de linie funcție de turație la diferite sarcini	143
6.11	Variația tensiunii de linie funcție de puterea de linie la diferite turații	144
6.12	Variația puterii de linie funcție de turație la diferite sarcini	144
6.13	Schema standului de măsură a microtubinei axial-tubulare	145
6.14	Debitmetru ultrasonic	145
6.15	Tahometru	146
6.16	Manometru	146
6.17	Voltmetru	146
6.18	Ampermetru	146
6.19	Conductă aducțiune	146
6.20	Vană de reglare	146
6.21	Încadrare turbină axial-tubulară în stand	146
6.22	Curbele $P_{abs}=f(H)$ și $P_u=f(H)$ pentru rotorul R4	148
6.23	Curba $Q_s=f(H)$ pentru rotorul R4	148
6.24	Curba $I=f(H)$ pentru rotorul R4	148
6.25	Curba $\eta_{T+G}=f(H)$ pentru rotorul R4	148
6.26	Curbele $P_{abs}=f(H)$ și $P_u=f(H)$ pentru rotorul R6	149
6.27	Curba $Q_s=f(H)$ pentru rotorul R6	149
6.28	Curba $I=f(H)$ pentru rotorul R6	149
6.29	Curba $\eta_{T+G}=f(H)$ pentru rotorul R6	149
6.30	Curbele $P_{abs}=f(H)$ și $P_u=f(H)$ pentru rotorul R8	150
6.31	Curba $Q_s=f(H)$ pentru rotorul R8	150
6.32	Curba $I=f(H)$ pentru rotorul R8	150
6.33	Curba $\eta_{T+G}=f(H)$ pentru rotorul R8	150

**LISTĂ TABELE**

Tabel	Denumire	Pag.
1.1	Cercetări privind sursele regenerabile de energie (SRE)	18
1.2	Puterea obținute pentru cele 4 tipuri de rotoare cu paletel în spirală	32
1.3	Variante de microturbine	33
3.1	Parametrii principali ai proiectelor de simulare a curgerii	38
3.2	Parametrii preluați din studiul de simulare a curgerii pentru rotorul R4	45
3.3	Parametrii preluați din studiul de simulare a curgerii pentru rotorul R6	45
3.4	Parametrii preluați din studiul de simulare a curgerii pentru rotorul R8	46
3.5	Date de intrare constante și variabile funcție de rază pentru proiectarea paletel rotorice	50
3.6	Date de proiectare rotor R4	51
3.7	Date de proiectare rotor R4 variabile funcție de rază	51
3.8	Mărimi constante calculate pentru rotorul rotor R4	55
3.9	Elemente asimptotice calculate pentru rotorul R4 variabile funcție de rază	55
3.10	Coordonatele profilului secțiunea 1 pentru rotorul R4	56
3.11	Coordonatele profilului secțiunea 2 pentru rotorul R4	56
3.12	Coordonatele profilului secțiunea 3 pentru rotorul R4	57
3.13	Coordonatele profilului secțiunea 4 pentru rotorul R4	57
3.14	Coordonatele profilului secțiunea 5 pentru rotorul R4	58
3.15	Coordonatele profilului secțiunea 6 pentru rotorul R4	58
3.16	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 1 rotorul R4	60
3.17	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 2 rotorul R4	61
3.18	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 3 rotorul R4	62
3.19	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 4 rotorul R4	63
3.20	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 5 rotorul R4	64
3.21	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 6 rotorul R4	65
3.22	Date de proiectare rotor R6	73
3.23	Date de proiectare rotor R6 variabile funcție de rază	73
3.24	Mărimi constante calculate pentru rotorul rotor R6	77
3.25	Elemente asimptotice calculate pentru rotorul R6 variabile funcție de rază	77
3.26	Coordonatele profilului secțiunea 1 pentru rotorul R6	78
3.27	Coordonatele profilului secțiunea 2 pentru rotorul R6	78
3.28	Coordonatele profilului secțiunea 3 pentru rotorul R6	79
3.29	Coordonatele profilului secțiunea 4 pentru rotorul R6	79
3.30	Coordonatele profilului secțiunea 5 pentru rotorul R6	80

Tabel	Denumire	Pag.
3.31	Coordonatele profilului secțiunea 6 pentru rotorul R6	80
3.32	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 1 rotorul R6	82
3.33	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 2 rotorul R6	83
3.34	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 3 rotorul R6	84
3.35	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 4 rotorul R6	85
3.36	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 5 rotorul R6	86
3.37	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 6 rotorul R6	87
3.38	Date de proiectare rotor R8	95
3.39	Date de proiectare rotor R8 variabile funcție de rază	95
3.40	Mărimi constante calculate pentru rotorul rotor R8	99
3.41	Elemente asimptotice calculate pentru rotorul R8 variabile funcție de rază	99
3.42	Coordonatele profilului secțiunea 1 pentru rotorul R8	100
3.43	Coordonatele profilului secțiunea 2 pentru rotorul R8	100
3.44	Coordonatele profilului secțiunea 3 pentru rotorul R8	101
3.45	Coordonatele profilului secțiunea 4 pentru rotorul R8	101
3.46	Coordonatele profilului secțiunea 5 pentru rotorul R8	102
3.47	Coordonatele profilului secțiunea 6 pentru rotorul R8	102
3.48	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 1 rotorul R8	104
3.49	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 2 rotorul R8	105
3.50	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 3 rotorul R8	106
3.51	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 4 rotorul R8	107
3.52	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 5 rotorul R8	108
3.53	Viteza tangențială la profil și coeficientul de presiune pentru secțiunea 6 rotorul R8	109
5.1	Parametrii de imprimare rotor R8	134
5.2	Proprietăți material Objet VeroBlack FullCure 870	135
5.3	Parametrii de imprimare ai rotoarelor R4 și R6	136
5.4	Proprietăți material Objet DurusWhite FullCure430	136
5.5	Parametrii de imprimare aparat director	138
6.1	Rezultate măsurători pe generatorul echipat cu rotorul magnetic	143
6.2	Mărimi măsurate pe microturbină axial-tubulară echipată cu rotorul R4	148
6.3	Mărimi măsurate pe microturbină axial-tubulară echipată cu rotorul R6	149
6.4	Mărimi măsurate pe microturbină axial-tubulară echipată cu rotorul R8	150
7.1	Realizări și contribuții obținute în cadrul tezei, comparativ cu obiectivele propuse a se realiza	153

## LISTĂ NOTAȚII

Notăție	Denumire
$V_{our}$	proiecția vitezei absolute la intrare în rotor pe direcția vitezei de transport
$V_{3ur}$	proiecția vitezei absolute la ieșire din rotor pe direcția vitezei de transport
$V_{3r}$	viteza absolută la intrare în rotor
$V_{0r}$	viteza absolută la ieșire din rotor
$W_{0ur}$	proiecția vitezei relative la intrare în rotor pe direcția vitezei de transport
$W_{3ur}$	proiecția vitezei relative la ieșire din rotor pe direcția vitezei de transport
$W_{0r}$	viteza relativă la intrare în rotor
$W_{3r}$	viteza relativă la ieșire din rotor
$V_{mr}$	viteza meridiană la raza „r”
$U_r$	viteza tangențială la raza „r”
$\alpha_o$	unghiul dintre viteza absolută și cea de transport la intrarea din rotor
$\alpha_3$	unghiul dintre viteza absolută și cea de transport la ieșire din rotor
$\beta_o$	unghiul dintre viteza relativă și cea de transport la intrarea din rotor
$\beta_3$	unghiul dintre viteza relativă și cea de transport la ieșire din rotor
$\lambda_r$	unghiul de instalare al rețelei de profile
$\alpha_\infty$	unghiul de incidență al curentului
$k_r$	coeficientul de postrotație la ieșire din rotor
$\eta_h$	randamentul hidraulic
$n_{11}$	turația unitară
$Q_{11}$	debit unitar
$H$	cădere de calcul
$D$	diametru rotor
$v$	diametru relativ butuc
$Z_R$	număr palete rotor

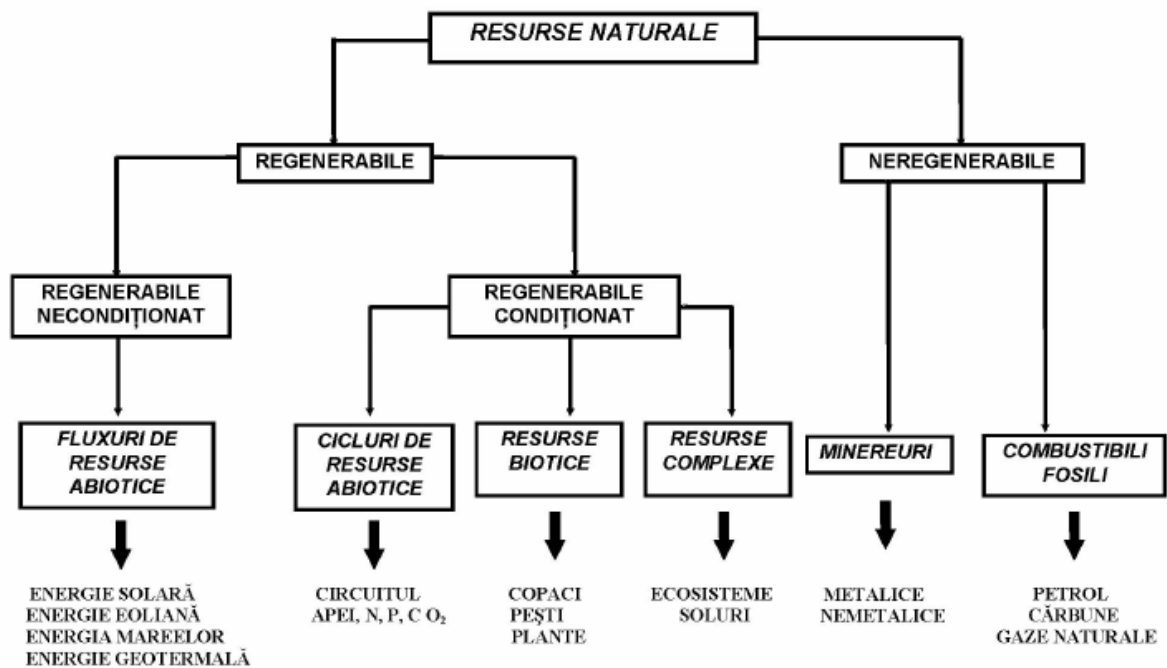
## Cap. 1 STADIUL ACTUAL PRIVIND REALIZĂRILE DIN DOMENIUL MICROTURBINELOR DE TIP AXIAL-TUBULARE ȘI ALTERNATIVE

### 1.1 Generalități

La nivel mondial, pentru producerea de bunuri și servicii, pentru funcționarea unei întreprinderi (firme), pentru funcționarea unei mașini (de lucru) sau pentru iluminat este nevoie de energia electrică sau de curentul electric.

Producerea energiei electrice prin metode clasice și neconvenționale are loc în centrale termoelectrice, nucleare-electrice, geotermoelectrice, helioelectrice și hidroelectrice respectiv în convertitoare termoelectrice, termoionice, electrochimice, magnetohidrodinamice și fotovoltaice [33], [7], [47] prin intermediul cărora energia electrică este condusă la rețelele electrice [58], [65], [78], [79].

În figura 1.1 se prezintă după [17], resursele naturale prin intermediul cărora se poate obține energia electrică în tipurile de centrale descrise anterior.



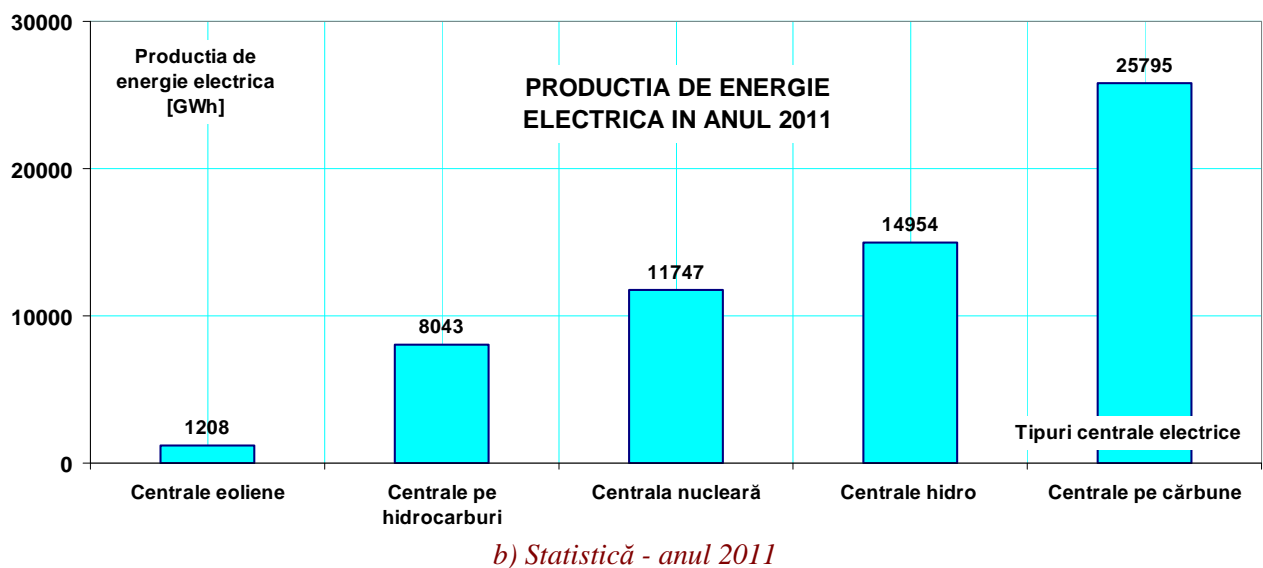
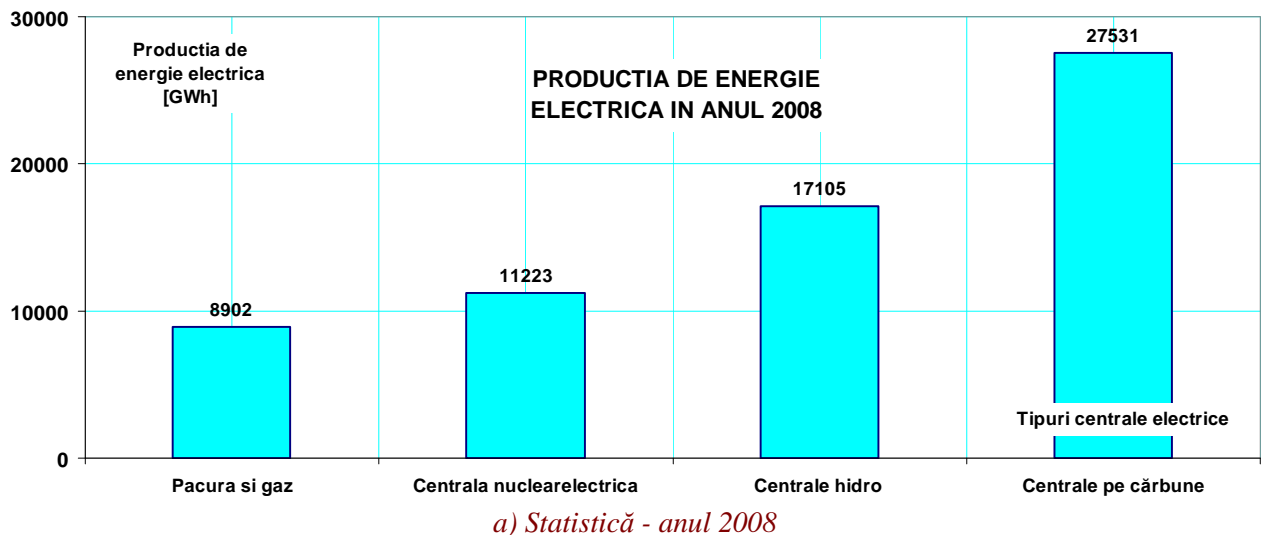
*Fig. 1.1 Resursele naturale prin intermediul cărora se poate obține energia electrică*

Sursele cele mai importante de energie regenerabilă, conform figurii 1.1 cât și modurile de valorificare al acestora în scopul producerii energiei electrice [59], [76], [45], [46] se enumără în continuare, după cum urmează:

- Hidroenergia (energia apei - râurilor) valorificată prin hidrocentrale;
- Energia geotermică, valorificată prin centralele geotermice;

- c) Energia solară, valorificată prin convertoare fotovoltaice;
- d) Energia eoliană, valorificată prin captatoarele eoliene (turbine de vânt);
- e) Energia oceanului planetar, care presupune energia mareelor, energia valurilor, energia curenților oceanici și energia termică a mărilor și oceanelor. De specificat este faptul că mărilor și oceanele ocupă 71% din suprafața totală a pământului.

În țara noastră, spre exemplu, Centrala Nucleo-Electrică (CNE) Cernavodă, care produce electricitate și energie electrică, conform [95], a avut o producție brută a energiei electrice de 11223 [GWh] din totalul de 64761 [GWh] pentru anul 2008, iar în anul 2011, conform [96] producerea de energie electrică a fost de 61931 [GWh]. Aceste informații sunt prezentate și sub formă de grafic în figura 1.2.



*Fig. 1.2 Producerea de energie electrică în România în anul 2008 respectiv 2011*

## 1.2 Surse de energie regenerabilă

Conform autorului din referința [11], „energia regenerabilă se referă la forme de energie produse prin transferul energetic al energiei rezultate din procese naturale regenerabile”.

În **tabelul 1.1** sunt centralizate informații actuale și cercetări privind sursele regenerabile de energie (SRE) pe diferite domenii:

*Cercetări privind sursele regenerabile de energie (SRE)*

*Tabel 1.1*

Domeniul de energie	Informații și cercetări actuale
Energia nucleară	Prima centrală nuclearelectrică a intrat în funcțiune în anul 1950. Cea mai veche centrală nucleară din Marea Britanie a fost închisă și urmează să fie înlocuită din 2025 de o unitate nouă de aproape 6 ori mai puternică [97], iar prima centrala nucleară plutitoare va fi inaugurată în 2016 [88]. Astăzi există peste 440 centrale nucleare, care produc aproximativ 16% din necesarul de energie electrică al planetei [104].
Energia vântului (eoliană)	Conform articolului [21], unele din principalele avantaje ale energiei eoliene sunt: a) nu generează gaze cu efect de seră; b) nu consumă combustibil fosil; c) este larg răspândită geografic. Când primele turbine de vânt au fost instalate, costul energiei electrice era 30 de cenți pe [kWh], iar în prezent a ajuns la 5 cenți pe [kWh] [37], [48]. România are cel mai mare potențial pentru energia eoliană din Europa Centrală și de Est, mai ales în zona Deltei Dunării, Litoralul Mării Negre și zona Semenicului (Banat) [8]. În zona orașului Anina (Caraș-Severin), însă, autorii articolului [36] au evaluat potențialul demarării unei investiții în domeniul energiei eoliene și au ajuns la concluzia că acest loc nu este potrivit unei investiții în generatoare eoliene. Turbinele de vânt actuale, au o eficiență maximă situată în jurul valorii de 45% în ce privește randamentul acestora [19].
Energia solară	Despre sursa de energie solară sau radiația solară în contextul actual, se poate spune că aceasta își lărgeste sfera utilizărilor energetice, paralel cu perfecționarea tehnicilor de captare a sa [76]. Acest tip de energie poate fi convertit în energie termică pentru producerea apei calde și a climatizării locuințelor [44]. Autorul articolului [20] afirmă: „deși costurile de investiții pentru realizarea instalațiilor solare sunt relativ mari, acestea se recuperează în timp, având o durată de viață cuprinsă între 10÷25 de ani și costuri de întreținere reduse”.
Energia geotermală	Principalele zăcăminte geotermale din România sunt în Câmpia de Vest și în partea de nord-vest în special în localitățile: Satu Mare, Marghita și Salonta. Acestea reprezintă o soluție viabilă pentru protecția mediului înconjurător și pentru siguranța în alimentarea cu energie [34].
Energia valurilor	Autorii referinței [70] afirmă că: „valorile marine sunt rezultatul combinației dintre acțiunea vânturilor, a gravitației și a tensiunii superficiale de la suprafața mării” și consideră că energia valurilor este

*Cercetări privind sursele regenerabile de energie (SRE)*

*Tabel 1.1*

	<p>insuficient exploatată, atât pe plan mondial cât și în Marea Neagră; potențialul energetic al valurilor fiind de <math>8 \times 10^5</math> [TWh/an] pe plan mondial și de <math>2,4 \div 3</math> [TWh/an] pentru Marea Neagră.</p> <p>Energia electrică obținută din valurile oceanului prin dispozitive plutitoare de captare a energiei valurilor, înzestrate cu componente care se mișcă datorită mișcării valurilor, poate fi produsă mai eficient și anume: prin prezicerea forței cu care vine un val; astfel dispozitivul de captare al energiei poate răspunde în concordanță, devenind mai productiv [98].</p>
Energia apei – râurilor	<p>Autorii referinței [64] afirmă că: „<i>exploatarea potențialului hidraulic 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</i>”.</p>

### 1.3 Energia hidraulică. Scurt istoric al mașinilor hidraulice.

Energia hidraulică sau energia apei (apa curgătoare) este o energie regenerabilă datorită circuitului continuu al apei în natură. Omul a învățat să folosească această energie a apei curgătoare de-a lungul timpului în special prin intermediul roții de apă [14].

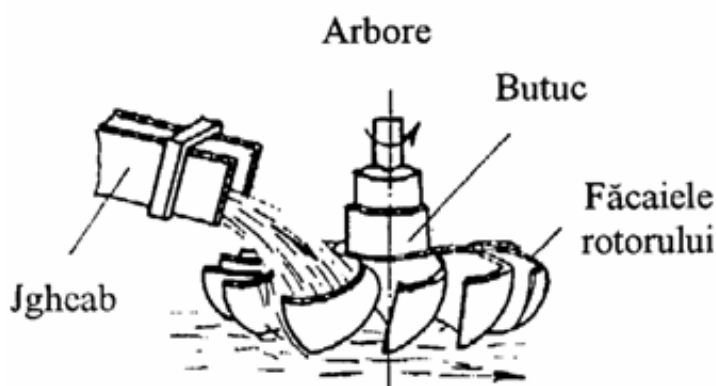
Prima mențiune despre utilizarea roților de apă apare în Egiptul antic, ele fiind utilizate la irigarea terenurilor agricole, ca elevatoare hidraulice [67]. Potențialul hidroenergetic se situează printre primele forme de energie exploatate, iar saltul major în exploatarea acestui potențial s-a făcut după descoperirea electricității [14].

Importanța energiei hidraulice, în zilele noastre, rezultă din faptul că dintre toate sursele reînnoibile de energie, aceasta este cea care se poate folosi cel mai ușor și cu eficiență maximă la utilizări pe scară industrială [15].

După autorii articolului [67] se pot consemna următoarele informații:

- Arhimede a imaginat și construit un elevator hidraulic cu șurub;
- Tesibius este menționat ca inventator al seringii (pompa aspiro-respingătoare);
- Torricelli inventează pompa cu piston;
- Leonard Euler, în anul 1754, a fost primul care a formulat legile mașinilor hidraulice turbionare și a construit o pompă centrifugă;
- Ingineri și savanți precum Frederic Savage, Rateau, Bergeron, Neumann, Wagenbach, Reynolds, Fourneyron, Victor Kaplan, la nivel mondial, au inventat elicea navală, pompa axială, pompa centrifugă, mașinile hidraulice;
- Prof. Aurel Bărglăzan, acad. Ioan Anton, prof. Dorin Pavel și Mircea Cazacu și-au adus contribuții importante în domeniul turbinelor hidraulice în România.

În figura 1.3, se prezintă după [15] roata cu făcaie:



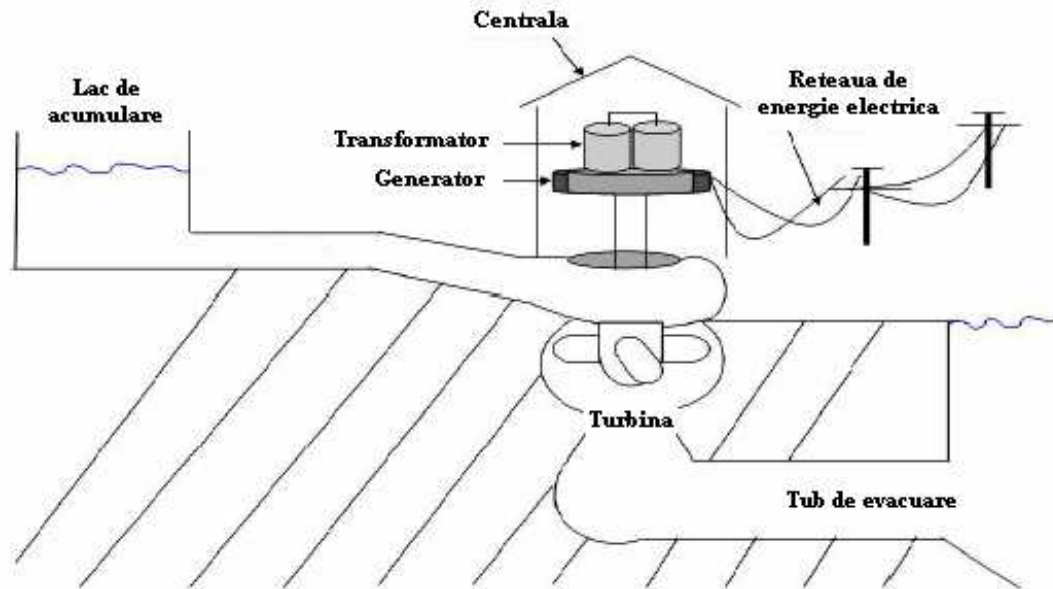
*Fig. 1.3  
Roata  
cu făcaie*

Mașinile hidraulice, conform articolului [3] „sunt mașini de forță în care are loc transformarea energiei hidraulice în energie mecanică și invers”. Turbina hidraulică, conform articolului [14] „este un agregat ideal de conversie a energiei hidraulice în energie mecanică” și „hidroagregatul, obținut prin cuplarea turbinei cu un generator convertește direct energia hidraulică în energie electrică”.

Turbinele hidraulice echează hidrocentralele în vederea producerii de energie electrică, iar hidrocentralele fac parte din amenajările hidroenergetice. Conform articolului [59], o amenajare hidroenergetică poate conține o parte sau toate elementele de mai jos:

- a) Barajul frontal;
- b) Baraje laterale;
- c) Lac redresor;
- d) Lacul de acumulare;
- e) Nodul de presiune, care cuprinde:
  - o galeria/canalul/conducta de aducțiune și castelul de echilibru.
- f) Casa vanelor;
- g) Conductele forțate;
- h) Centrala hidroelectrică, care cuprinde:
  - o turbina și elementele sale auxiliare;
  - o generatorul cu elementele sale auxiliare.
- i) Canalul de fugă;
- j) Transformatorul ridicător de tensiune;
- k) Stația de conexiuni.

Schema de principiu a unei hidrocentrale se prezintă în **figura 1.4** (imagine preluată și prelucrată din referința bibliografică [66]).



*Fig. 1.4 Schema de principiu a unei amenajări hidroenergetice*

Principalele tipuri de turbine hidraulice care sunt folosite în prezent în hidrocentrale sunt [4], [31], [71], [87], [89]: turbina Francis, Kaplan, Pelton și bulb.

Principalele componente și subansamble, rolurile hidrodinamice și mecanice ale acestora după [39], [16], [42] se prezintă în continuare:

A. Camerele spirale:

- distribuie uniform și pe direcții optime apa la intrare în stator;
- preiau o parte din greutatea turbinei și o transmit părților betonate.

B. Statorul:

- constituie principala piesă cu rol de rezistență a turbinei;
- asigură centrarea pieselor fixe ale turbinei.

C. Aparatul director:

- trimite apa pe direcții optime spre rotor;
- asigură o oprire rapidă a curgerii spre rotor în caz de avarie.

D. Rotoarele:

- transformă energia hidraulică a apei în lucru mecanic de rotație;
- cele cu palete reglabile asigură, împreună cu aparatele directoare, funcționarea cu regimuri de curgere cu randamente ridicate.

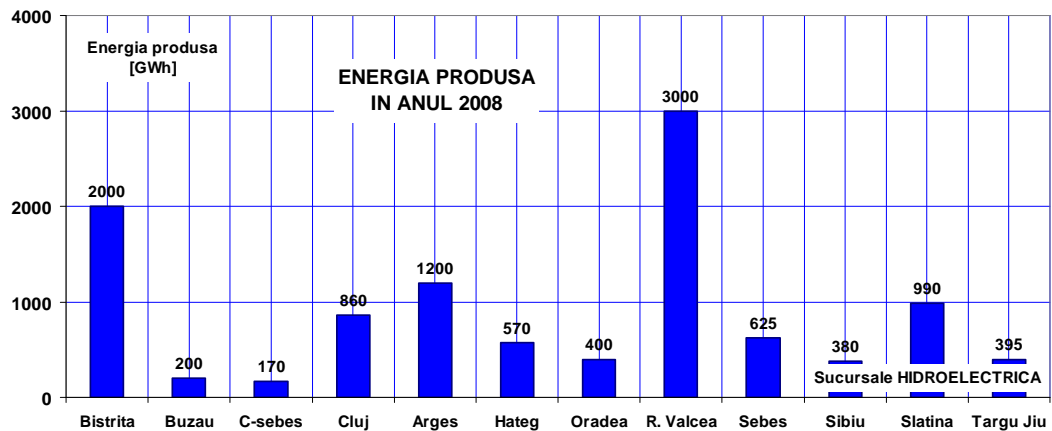
E. Tubul de aspirație:

- asigură recuperarea unei părți a energiei cinetice a apei de la ieșirea din turbină;
- conduce apa cu pierderi de sarcină minime spre canalul sau galeria de fugă.

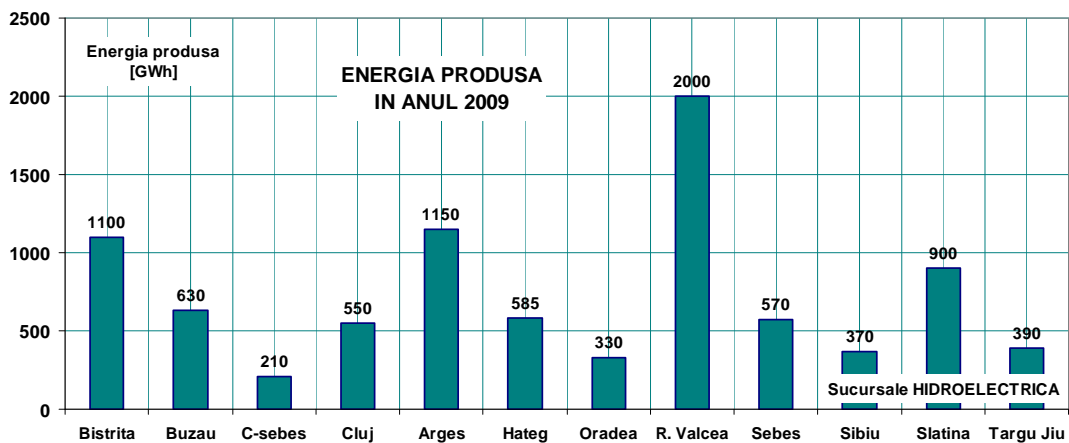
După autorii referinței [43] este necesar ca turbinele să îndeplinească următoarele condiții:

- a) Să poată folosi orice căderi și debite de apă;
- b) Să funcționeze cu un randament cât mai ridicat;
- c) Să aibă turație maximă posibilă, în funcție de tipul de turbină;
- d) Accesul la mecanismele de reglare și la lagăre trebuie să fie ușor, în vederea efectuării reviziilor și reparațiilor necesare.

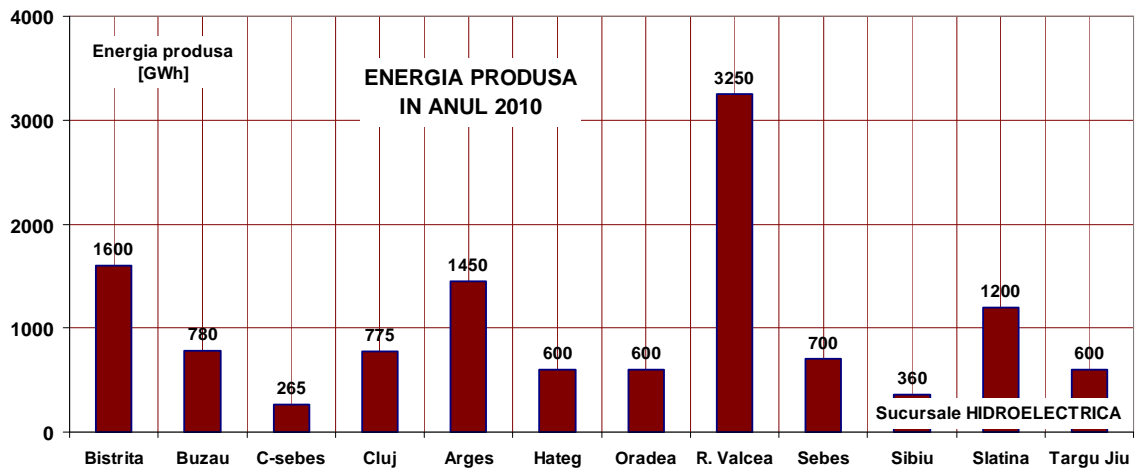
Conform referinței [96], [105], [23] S.C. Hidroelectrică S.A., produce energie electrică pentru România prin intermediul unui număr de 268 centrale, repartizate în 578 grupuri și 5 stații de pompare cu o putere totală instalată de 6438 [MW]. În România, S.C. Hidroelectrică S.A. înseamnă un număr de 13 sucursale mari. Funcție de energia produsă, sunt prezentate în figurile 1.5÷1.8 sub formă de grafice, 12 din cele 13 sucursale, mai puțin sucursala Porțile de Fier (PF 1+2).



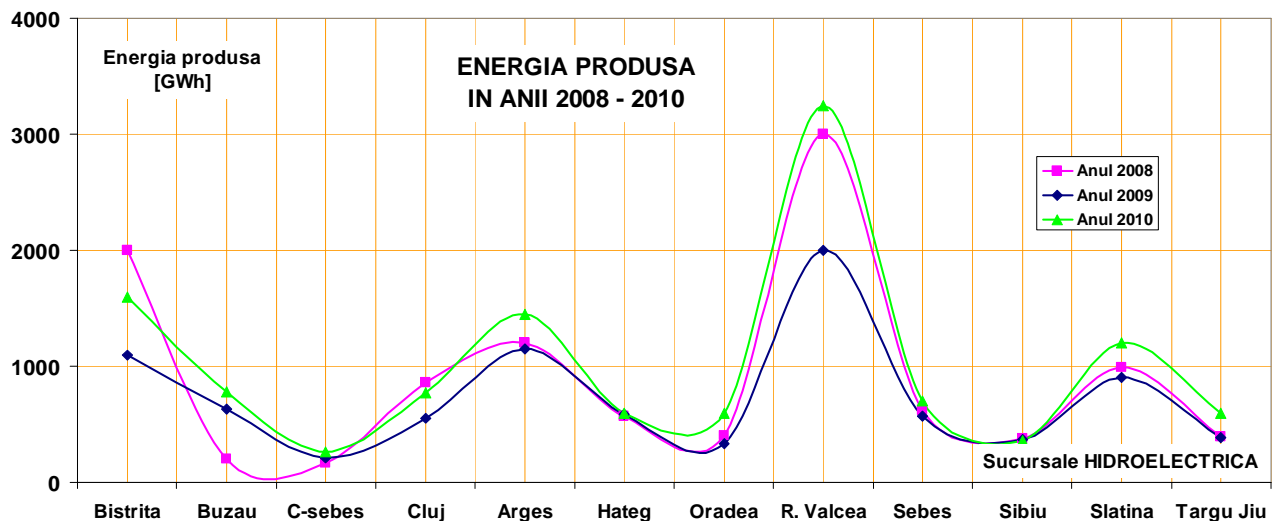
*Fig. 1.5 Energia produsă în anul 2008*



*Fig. 1.6 Energia produsă în anul 2009*



*Fig. 1.7 Energia produsă în anul 2010*



*Fig. 1.8 Energia produsă în anii 2008 - 2010*

Toate grupurile care funcționează în aceste hidrocentrale sunt echipate cu turbine Francis, Kaplan, Pelton și bulb.

Conform referinței [105], societatea a intrat în insolvență în vederea reorganizării, la 20 iunie 2012, administratorul judiciar desemnat fiind societatea EURO INSOL SPRL.

Cu o putere totală instalată de peste 6400 [MW], dar cu o producție de doar 11,8 [TWh] în 2012, din cauza unui al doilea an deficitar din punct de vedere hidrologic, societatea vizează îmbunătățirea rapidă a indicatorilor economico-financiari în vederea ieșirii din insolvență.

La nivel internațional, Andritz Hydro, conform cu [102] este lider pe piață, în ce privește generarea de energie hidroelectrică și unul dintre furnizorii globali de sisteme electromecanice și servicii pentru centralele hidroelectrice.

#### **1.4 Realizările privind turbinele hidraulice din România**

În România, cercetările privind echipamentele hidraulice au fost făcute de către autorii articolelor [56] pentru creșterea performanțelor energetice, [67] pentru pompe, [77] în ce privește sistemele și transmisiile hidraulice.

În vestul României se face cercetarea aplicativă și fundamentală în Universitatea „Politehnica” din Timișoara și prin „Centrul de Cercetări în Hidraulică, Automatizări și Procese Termice” (CCHAPT) din cadrul Universității „Eftimie Murgu” din Reșița, iar executarea de produse și servicii în domeniul turbinelor hidraulice (microturbine) se face prin U.C.M. Reșița și Hydro Engineering Reșița.

Astfel, în cadrul Universității „Politehnica” din Timișoara, s-au făcut cercetări în ce privește:

- Turbinele și turbotransmisiile hidraulice [3];
- Mecanica fluidelor;
- Transmisii hidrodinamice;
- Hidraulică [22];
- Cavitație, turbine hidraulice, ș.a. [9], [64], [72].

În cadrul „Centrului de Cercetări în Hidraulică, Automatizări și Procese Termice” (CCHAPT) – UEMR s-au făcut cercetări privind:

- Eroziunea cavitațională a materialelor [55];
- Turbine cu flux transversal [60], [61], [62];
- Determinarea parametrilor de funcționare și a stării tehnice a hidroagregatelor, calcule de rezistență și oboseală, determinarea de randamente [103], etc.

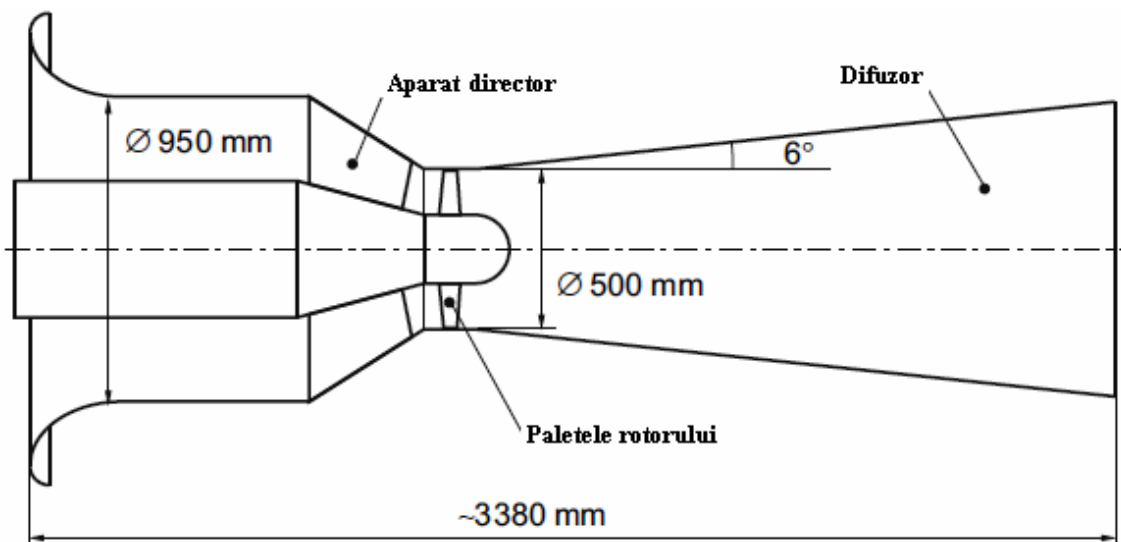
În cadrul U.C.M. Reșița [107] și a institutului Hydro Engineering se fac cercetări privind:

- Automatizări microhidrocentrale cu puteri sub 1 [MW] [2];
- Turbinele Francis orizontale [6];
- Microhidroagregate axiale având generatoare cu magneți permanenți [10], [18], [86] și microhidroagregate cu puteri până la 5 [kW] [35];
- Realizările generatoare și echipament electric [41], etc.

#### **1.5 Cercetările teoretice și experimentale pe microturbine**

Cercetările teoretice și experimentale pe microturbine sau chiar turbine mai puternice, care nu funcționează într-o hidrocentrală, de asemenea care sunt studiate, proiectate și realizate la nivel național și mondial în institute și centre de cercetare sau universități și care folosesc energia apei pentru funcționarea lor, vor fi prezentate pe parcursul acestui subcapitol.

Autorii articolului [29] fac cercetări experimentale pe o minihidro-turbină bulb privind aparatul director al acestei instalații experimentale. În figura 1.9 se prezintă schema acestei mini-turbine preluată și prelucrată conform cu [29].



*Fig. 1.9 Reprezentarea schematică a turbinei model*

În figura 1.10, după [32] se prezintă imagini a unor turbine axial-verticale care sunt testate pentru a folosi energia curenților mareaici.



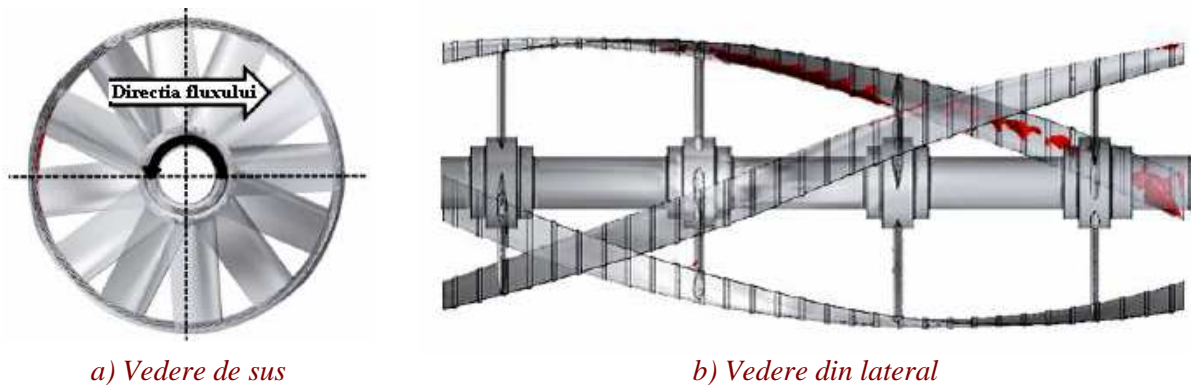
*Fig. 1.10 Modele de turbină și locația funcționării acestora*

Acest tip de turbină (Achard Turbine) a fost proiectat și realizat pentru prima dată în anul 2001 la LEGI din Grenoble.

Autorii referinței bibliografice [38] studiază o turbină de curenți oceanici care are o putere de ieșire de 47,34 [kW] la o viteză maximă a curentului oceanic de 6 [m/s]. Date constructive și funcționale ale acestei turbine sunt enumerate mai jos:

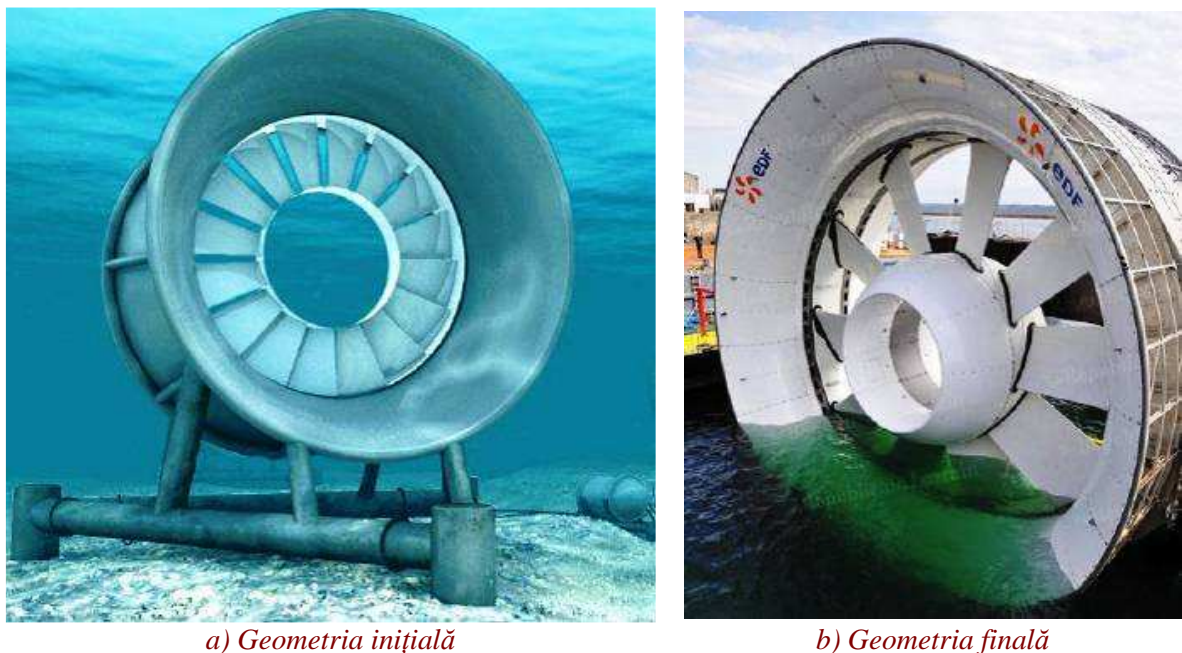
- a) Turația maximă este de 120 [rpm];
- b) Numărul de palete folosite este 3, cu o lungime a unei palete de 3600 [mm];
- c) Diametrul rotorului este de 1360 [mm].

În **figura 1.11** se prezintă modelul acestei turbine în 2 vederi:



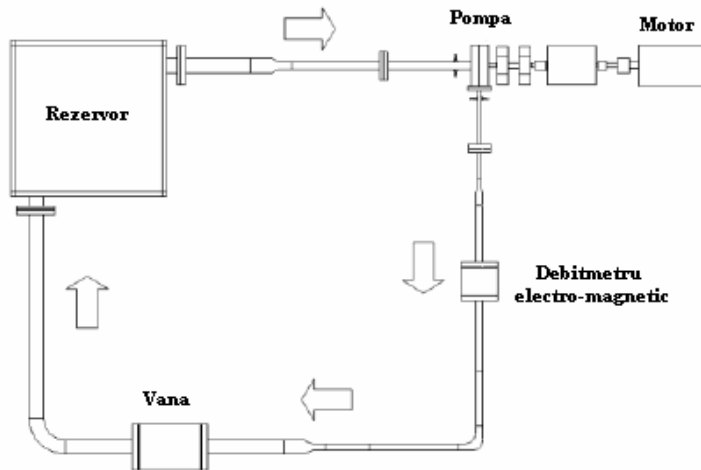
*Fig. 1.11 Modelul turbinei de curenți oceanici*

Autorii articolului [40] au simulat curgerea unei turbine (Tidal Turbine) pentru a proiecta și realiza forma finală. Acest tip de turbină folosește energia curenților mareice, iar în **figura 1.12** se prezintă această turbină printr-o formă inițială și finală a geometriei acesteia.

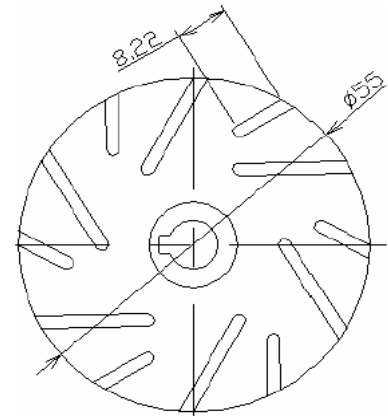


*Fig. 1.12 Geometria inițială și finală a turbinei Tidal*

În **figura 1.13** se prezintă instalația experimentală utilizată de autorii referinței [68] pentru testarea unei mini-pompe centrifugale cu paletele rotorului divizate, iar schița acestui rotor este arătată în **figura 1.14**.



*Fig. 1.13 Instalația experimentală cu mini-pompă centrifugală (imagine preluată după [40] și prelucrată)*

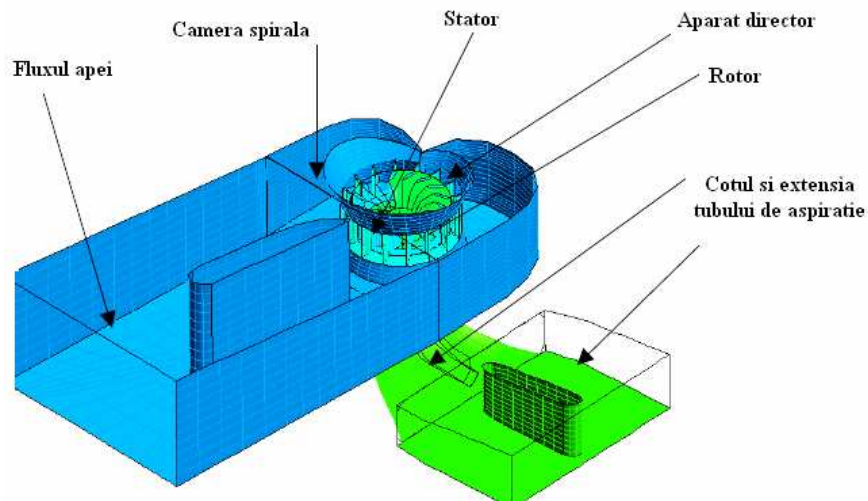


*Fig. 1.14 Rotorul cu palete divizate*

Pentru rotorul acestei mini-pompe centrifugale, caracteristicile sunt următoarele:

- a) Diametrul exterior al rotorului este 55 [mm];
- b) Numărul total al paletelor este 12:
  - o 6 palete de bază;
  - o 6 palete divizate.
- c) Grosimea unei palete este de 2 [mm].

În continuare, în **figura 1.15** se prezintă după referința bibliografică [73] o construcție a unei turbine în miniatură:



*Fig. 1.15 Construcția unei turbine în miniatură*

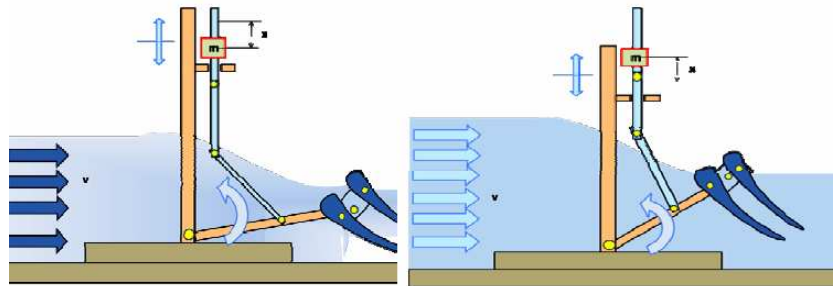
## Cercetări teoretice și experimentale pe o microturbină axial-tubulară echipată cu generator imersat cu magneți permanenți

În această figură, preluată după referința menționată anterior, autorii au făcut cercetare privind curgerea apei prin turbină, cu ajutorul programului CFX-TASCflow cu modulul CFD (Computational Fluid Dynamics – dinamica computerizată a fluidelor).

Autorii articolului [74] cercetează un aparat hidrocinetic pentru generarea electricității denumit „Hidropólio®”, care poate avea o putere maximă de 80 [W]. În figura 1.16 (a, b) se prezintă o imagine a acestui aparat, cât și 2 fotografii în timpul testării acestuia.



a) Imaginea aparatului hidrocinetic

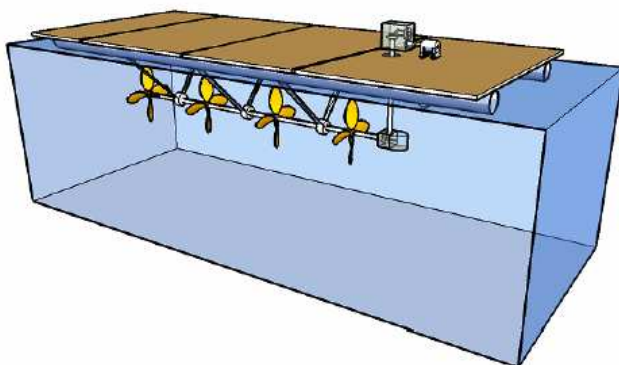


b) Imagini 3D din timpul testării

Fig. 1.16 Aparatul hidrocinetic „Hidropólio®” pentru generarea electricității

Așa cum se poate observa energia valurilor acționează pivotul oscilant prin mișcări care antrenează un generator linear electric.

De asemenea, o altă instalație care folosește energia apei este turbina hidrocinetică „Poraque” care are o putere de 100 [kW]. Această instalație după [75] este descrisă în figura 1.17 a), iar în figura 1.19 b) este prezentat un rotor din componența acesteia.



a) Turbina hidrocinetică „Poraque”



b) Imagine rotor

Fig. 1.17 Schița turbinei hidrocinetice „Poraque” și imaginea rotorului

Autorii articolului [80], prezintă o turbină de apă cu rotorul din material compozit, turbină care are următorii parametrii caracteristici pentru testul de simulare:

- Diametrul de intrare al duzei: 9000 [mm];
- Diametrul de ieșire al difuzorului: 6000 [mm];

## Cercetări teoretice și experimentale pe o microturbină axial-tubulară echipată cu generator imersat cu magneți permanenți

- Diametrul rotorului: 4000 [mm];
- Grosimea rotorului: 20 [mm];
- Densitatea fluidului: 998,2 [kg/m<sup>3</sup>];
- Fluidul de lucru: apă.

În figurile 1.18÷1.20 se prezintă imagini ale rotorului, domeniul de simulare, respectiv modelul a 10 mini-unități de turbine, care pot avea o putere de ieșire de aproape 8,48 [MW], la o viteză a debitului apei de 4 [m/s] și o turația de 16 [rpm].



Fig. 1.18 Rotorul turbinei

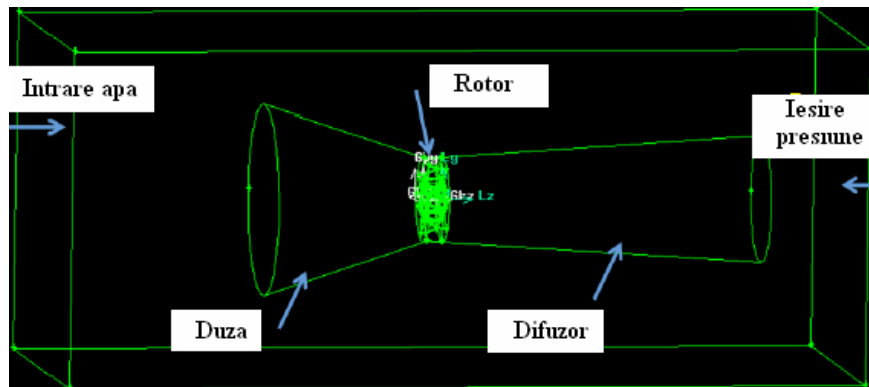


Fig. 1.19 Domeniul de simulare

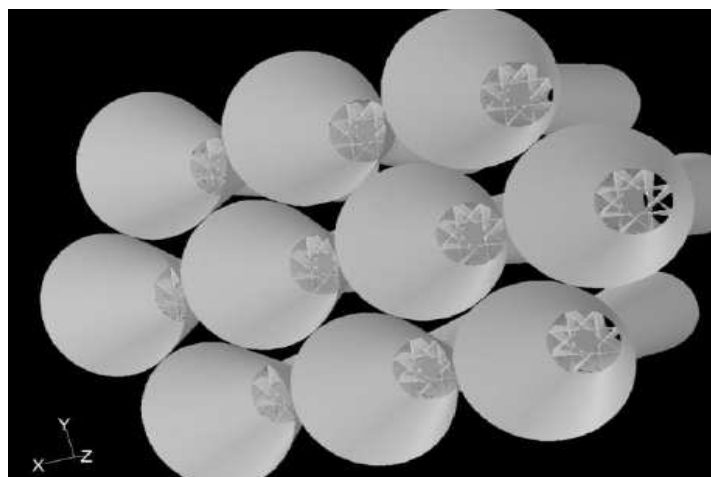
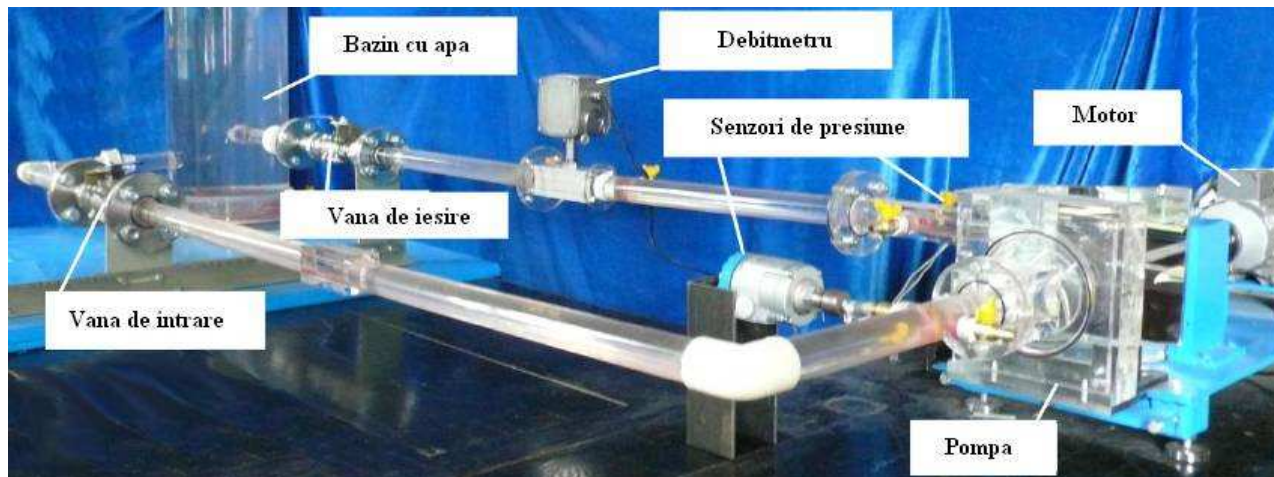


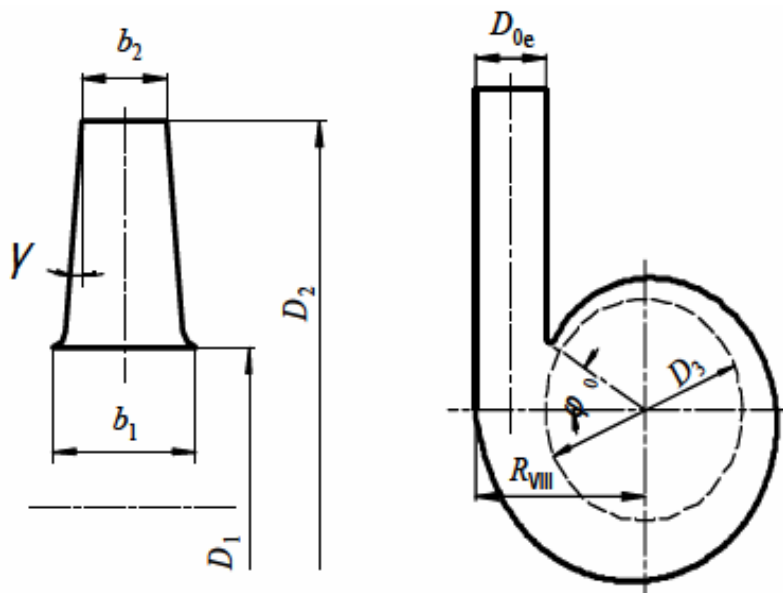
Fig. 1.20 Modelul a 10 mini-unități de turbine

În continuare, în **figura 1.21** se prezintă o instalație cu o pompă centrifugă, ce a fost supusă la teste experimentale în ce privește variațiile de viteză [82].

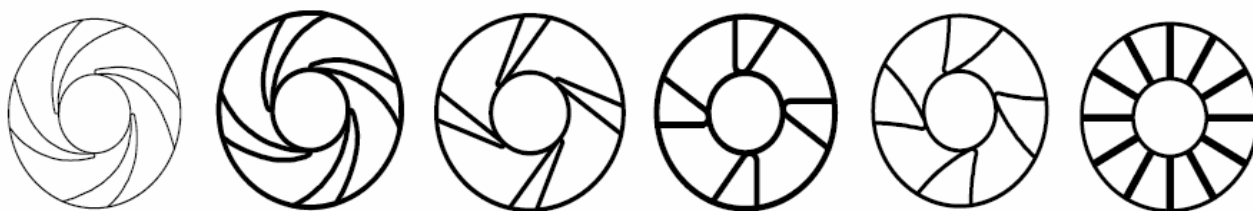


*Fig. 1.21 Instalația experimentală a pompei centrifuge*

Autorii articolului [83], concep o mini-turbo pompă care se regăsește în **figura 1.22** și care a fost supusă la mai multe încercări, încercări care au vizat forme diferite ale rotorului, așa cum se arată în **figura 1.23**.



*Fig. 1.22 Forma constructivă a mini-turbo pompei*



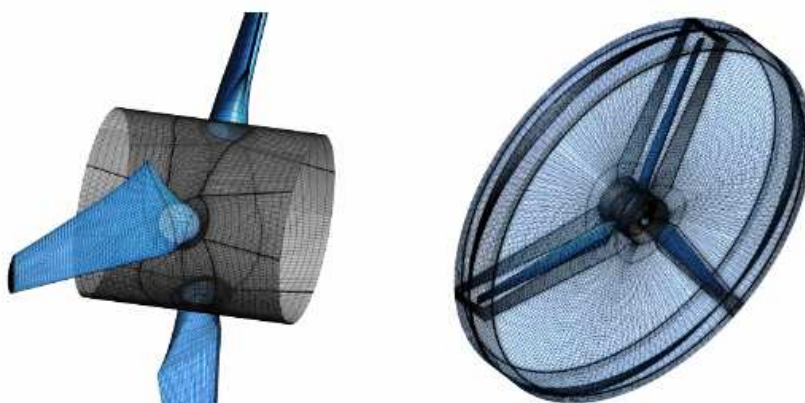
*Fig. 1.23 Forme ale rotorului mini-turbo pompei*

Notațiile din **figura 1.22** au următoarele dimensiuni:  $D_2=24$  [mm];  $D_1=10$  [mm];  $D_{0e}=10$  [mm];  $b_2=3$  [mm];  $b_1=5$  [mm];  $Y=5$  [°];  $D_3=25$  [mm];  $\varphi_0=32$  [°];  $R_{VIII}=21,5$  [mm].

Autorii articolului [84], cercetează prin simulări numerice, cu algoritmul NSGA-II, programul ANSYS-CFX, metoda CFD (dinamica computațională a fluidelor) rotorul unei turbine de curent marin orizontal-axială. În **figurile 1.24** și **1.25** se prezintă geometria paletelor rotorului și discretizarea în elemente finite (mesh) a acestora prin ANSYS-CFX.



*Fig. 1.24 Modelul geometriei paletelor rotorului*



*Fig. 1.25 Discretizare în elemente finite a paletelor rotorului și a domeniului rotorului*

Un alt tip de rotor studiat și analizat în literatura de specialitate este descris în referința bibliografică [85], unde autorii cercetează prin simulare 4 tipuri de rotoare cu paletele sub formă de spirale cu următoarea relație pentru putere:

$$P = M \cdot \omega = 2\pi NM \quad (1.1)$$

unde:

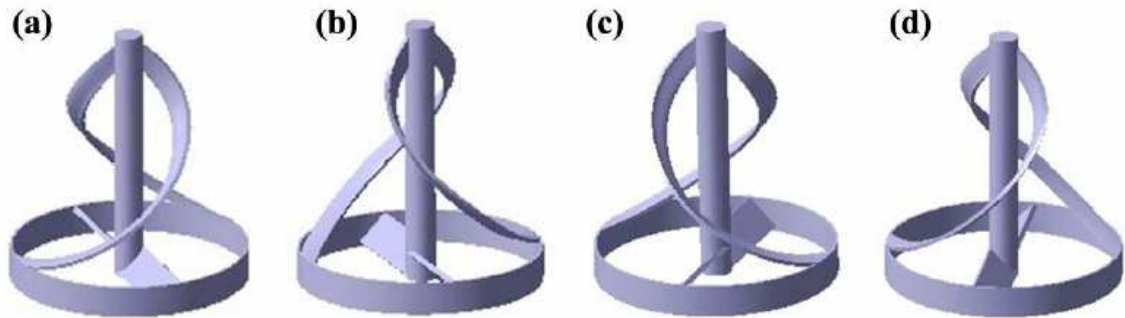
P – puterea, exprimată în [W];

M – momentul, exprimat în [Nm];

$\omega$  – viteza unghiulară, exprimată în [rad/s];

N – viteza de rotație a rotorului, exprimată în [r/s];

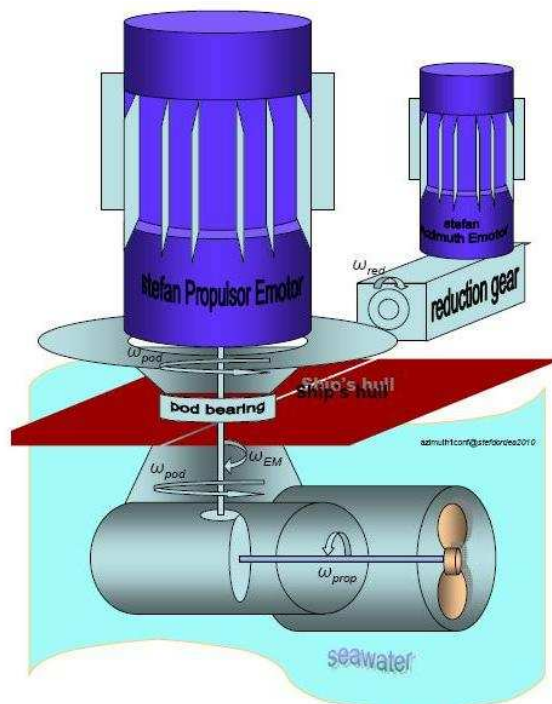
În **figura 1.26**, se prezintă cele 4 tipuri de rotoare analizate, iar în **tabelul 1.2** sunt consemnate valorile obținute, pentru cele 4 cazuri.



*Fig. 1.26 Cele 4 forme diferite combinate ale rotoarelor cu paletele în spirală*

<i>Puterea obținute pentru cele 4 tipuri de rotoare cu paletele în spirală</i>			<i>Tabel 1.2</i>
Tip rotor	$\omega$ [rad/s]	M [Nm]	P [W]
Model (a)	31,42	0,020	0,628
Model (b)		0,023	0,723
Model (c)		0,025	0,773
Model (d)		0,021	0,660

Alte cercetări experimentale privind producerea de energie electrică au fost întreprinse și la Universitatea Maritimă din Constanța, iar conform **figuri 1.27** se prezintă standul experimental [24], [25], [26], [27], [28]:



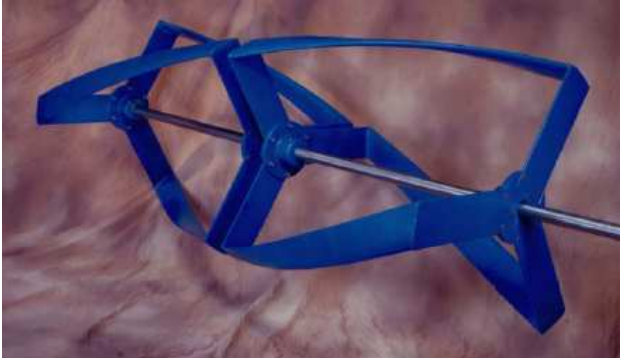
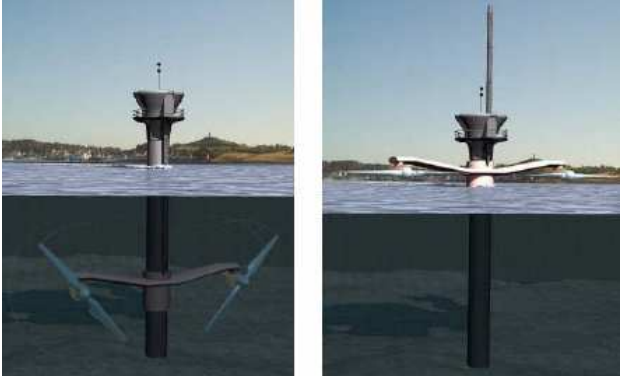


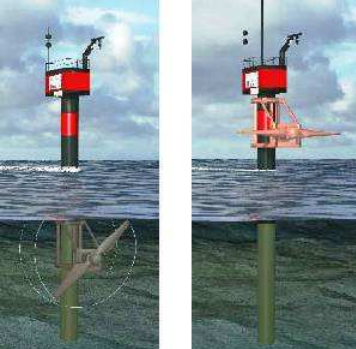
*Fig. 1.27 Stand experimental cu „Stefan Propulsor Emotor”*

Mai există și alte variante de rotoare [30], [69], [90], [94], [100] și microturbine/turbine proiectate și realizate sau anumite invenții [81], [91], [92], [93], [101] regăsite în literatura de specialitate așa cum se prezintă în **tabelul 1.3**.

*Cercetări teoretice și experimentale pe o microturbină axial-tubulară echipată cu generator imersat cu magneți permanenți*

*Variante de microturbine*

*Tabel 1.3*

Imagine caracteristică	Tip microturbină
	<p>Turbină Helical</p>
	<p>Instalație SeaGen</p>
	<p>Turbină subacvatică</p>
	<p>Turbină LSM</p>
	<p>Turbină Seaflow</p>

	<p>Microturbină hidraulică</p>
	<p>Turbină subacvatică cu 3 pale</p>

În figura 1.28 se prezintă microturbina de tip axial-tubular proiectată și executată de către autor [51], a cărei descriere va fi realizată în capitolele următoare ale acestei teze de doctorat, [52], [53], [54].



*Fig. 1.28 Microturbină de tip axial prezentată de autor la conferința internațională Think-Hydro.com*

## **Cap. 2 OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT**

Obiectivul general al prezentei teze este investigarea experimentală a unei microturbine de tip axial-tubulară, echipată cu generator imersat cu magneți permanenți, concepută într-o nouă soluție constructivă, prin parcurgerea unui ciclu complet de proiectare hidrodinamică / proiectare constructiv-funcțională / simulare / execuție / cercetare experimentală. Rezultatele tezei vor fi concretizate prin:

- o rezultate experimentale pentru mai multe variante de rotoare proiectate în cadrul tezei, care vor putea fi utilizate la proiectarea microturbinelor de tip axial;
- o prototipul fizic al microturbinei, care va putea fi utilizat și în viitor la cercetări experimentale pe alte variante de geometrii ale rotoarelor, ca material didactic pentru lucrări de laborator sau ca material publicitar la expoziții și simpozioane.

Principalele obiective specifice propuse spre a fi realizate în prezenta teză de doctorat sunt următoarele:

- o consultare bibliografică asupra microturbinelor de tip axial și alternative;
- o proiectare hidrodinamică de variante de rotoare axiale;
- o proiectare constructivă prototip microturbină axială;
- o simularea numerică a curgerii și ale microturbinei;
- o execuția componentelor microturbinei;
- o cercetări preliminare pe generatorul echipat cu magneți permanenți;
- o încadrarea microturbinei în ștandul experimental;
- o cercetări experimentale derulate pe microturbină și variante de rotoare axiale.

Cercetările experimentale vor fi efectuate pe ștandul de încercări microturbine al S.C. Hydro-Engineering S.A. Reșița. În acest sens între Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița și S.C. Hydro-Engineering S.A. Reșița s-a semnat un acord de colaborare, încheiat în baza acordului de cooperare științifică și tehnică nr. 32/2009 - act adițional nr. 3/2013, încheiat între cele două instituții.

## **Cap. 7 CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE.**

### **DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE. DISEMINAREA REZULTATELOR**

#### **7.1 Concluzii finale și contribuții personale**

Obiectivul general al prezentei teze este investigarea experimentală a unei microturbine de tip axial-tubulară, echipată cu generator imersat cu magneți permanenți, concepută într-o nouă soluție constructivă, prin parcurgerea unui ciclu complet de proiectare / simulare / execuție / cercetare experimentală. Rezultatele tezei s-au concretizat prin:

- rezultate experimentale pentru mai multe variante de rotoare proiectate în cadrul tezei, care vor putea fi utilizate la proiectarea microturbinelor de tip axial;
- prototipul fizic al microturbinei, care va putea fi utilizat și în viitor la cercetări experimentale pe alte variante de geometrii ale rotoarelor, ca material didactic pentru lucrări de laborator sau ca material publicitar la expoziții și simpozioane.

Soluția constructivă a microturbinei este asemănătoare cu cea a turbinei Straflo, cu diferența esențială dată de poziția a statorului generatorului exterioară traseului hidraulic, față de care se impune o etanșare, care trebuie să asigure separarea trecerii apei între polii rotorului și ai statorului. Problema care apare în acest caz este dată de uzura și de durata scurtă de viață a etanșării datorită nisipului din apă presat de forța centrifugă în zona etanșării.

Soluția constructivă propusă în prezenta teză elimină aceste dezavantaje ale turbinei Straflo, deoarece statorul generatorului face parte din traseul hidraulic, etanșarea realizându-se prin inundarea acestuia cu rășină. În cadrul tezei nu s-a urmărit obținerea unor randamente ridicate, imposibil de atins la dimensiunile realizate ale microturbinei. De altfel, pentru o microturbină, cerințele esențiale sunt: întreținere simplă și ușoară, funcționare sigură și intervenții limitate din partea beneficiarului.

Optimizarea hidrodinamică și corelarea optimă cu partea electrică (stator generator+magneți permanenți) pe un prototip cu dimensiuni adecvate rămâne o problemă deschisă pentru un colectiv format din ingineri mecanici și electricieni. **Tabelul 7.1** prezintă realizările și contribuțiile obținute în cadrul tezei, comparativ cu obiectivele propuse a se realiza:

*Tabel 7.1*

*Realizări și contribuții obținute în cadrul tezei, comparativ cu obiectivele propuse a se realiza*

<b>Obiectiv teză</b>	<b>Realizări obținute în cadrul tezei</b>	<b>Contribuții personale</b>
Consultare bibliografică asupra microturbinelor de tip axial și alternative.	Sintetizarea rezultatelor actuale asupra turbinelor axiale și soluții alternative de generare a energiei.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parcurgerea bibliografică a unui număr de 107 referințe bibliografice.</li> </ul>
Proiectare hidrodinamică de variante de rotoare axiale.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desene de execuție a 3 variante de rotoare.</li> </ul>	Proiectarea a 3 variante de rotoare axiale, cu 4, 6 respectiv 8 palete.
Proiectare constructivă microturbină axial-tubulară, echipată cu generator imersat cu magneți permanenți.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proiectul de execuție al microturbinei.</li> <li>Desene de execuție a componentelor și ansamblului microturbinei.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborare proiect de execuție al microturbinei.</li> <li>Elementul de noutate este concretizat prin soluția de generare a energiei electrice, care utilizează un rotor magnetic cu magneți permanenți, plasat pe periferia rotorului axial, care se rotește în interiorul statorului generatorului, componente care vor fi în contact cu apa.</li> </ul>
Simularea numerică a curgerii și ale microturbinei	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simularea curgerii prin traseul microturbinei, pentru a determina variația vitezei meridiane cu raza în zona rotorului, în absența paletajului rotoric.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calcul variație viteză meridiană cu raza în zona rotorului.</li> <li>Etapele de calcul pot fi aplicate la calcularea teoretică a vitezei meridiane pentru orice altă geometrie de traseu hidraulic.</li> </ul>
Execuția componentelor microturbinei.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prototip fizic microturbină.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Execuție componente prototip prin procedee clasice și prototipare rapidă.</li> </ul>

*Tabel 7.1*

*Realizări și contribuții obținute în cadrul tezei, comparativ cu obiectivele propuse a se realiza*

<b>Obiectiv teză</b>	<b>Realizări obținute în cadrul tezei</b>	<b>Contribuții personale</b>
<p>Încadrarea microturbinii în ștandul experimental.</p> <p>Cercetări experimentale derulate pe variante de rotoare.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cercetări experimentale pe ștandul S.C. Hydro-Engineering S.A. Reșița.</li> <li>• Participare la măsurători, efectuate pe 3 variante de rotoare.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rezultate experimentale pe microturbina axial-tubulară, cu aplicare imediată la proiectarea turbinelor axiale.</li> </ul>

## **8.2 Direcții viitoare de cercetare**

Direcțiile viitoare de cercetare sunt următoarele:

- ✓ studierea și proiectarea unor soluții constructive alternative, care permit modificarea poziției paletelor aparatului director și/sau a rotorului;
- ✓ proiectarea și prototiparea rapidă a unor noi rotoare cu geometrie și număr de palete diferit;
- ✓ proiectarea unui stator generator corelat cu caracteristicile mașinii hidraulice;
- ✓ cercetări experimentale pe noile geometrii ale rotoarelor.

## **8.3 Diseminarea rezultatelor**

Pe parcursul perioadei de doctorat am participat la o serie de conferințe naționale și internaționale în domeniul ingineriei mecanice. În urma participării la aceste activități științifice în cadrul cărora am expus activitatea și rezultatele studiilor doctorale, au rezultat un număr de 9 lucrări publicate în proceedings-uri sau în reviste (3 indexate CNCSIS categoria B, 3 BDI, 2 indexate ISI și 1 la o conferință internațională) după cum urmează:

1. Nedelcu D., Nedeloni M. D., Daia D., Florea D., *Studiul numeric al concentratorului de tip racordare pentru o placă de secțiune dreptunghiulară supusă solicitării de întindere*, A XII-a Conferința Națională multidisciplinară-cu participare internațională „Profesorul Dorin

- PAVEL-Fondatorul hidroenergeticii românești”, ISSN: 2067-7138, Șebeș 2012 (indexată CNCSIS categoria B).
2. Nedelcu D., Avasiloaie R. C., Florea D., *Aplicarea ingineriei inverse pentru reconstrucția geometriei unui rotor*, ȘTIINȚĂ ȘI INGINERIE, an XIII, vol. 23, pag. 411÷418, ISSN 2067-7138, București, 2013 (indexată CNCSIS categoria B).
  3. Nedelcu D., Avasiloaie R. C., Florea D., *Studiul numeric al concentratorului de tensiune pentru o bară cu crestatură în „V” supusă solicitării de întindere*, ȘTIINȚĂ ȘI INGINERIE, an XIII, vol. 23, pag. 531÷538, ISSN 2067-7138, București, 2013 (indexată CNCSIS categoria B).
  4. Nedeloni M. D., Nedelcu D., Cîmpian V. C., Chiruș D., Avasiloaie R. C., Florea D., *Research regarding the Cavitation Erosion Resistance of the Stainless Steel with 13% Cr and 4% Ni used to manufacture the components of Kaplan, Francis and Pelton hydraulic turbines*, Constanta Maritime University Annals, vol. 19, pag. 129÷132, ISSN: 1582-3601 (BDI).
  5. Nedelcu D., Avasiloaie R. C., Florea D., Rajic A., *Applications of the Rapid Prototyping Technology to manufacture the Pelton runner*, ANALELE UNIVERSITĂȚII “EFTIMIE MURGU”, an XX, nr. 1, ISSN: 1453-7397 (BDI)
  6. Nedelcu D., Rajic A., Florea D., Avasiloaie R. C., *The Reverse Engineering of a Spring Support using the Noomeo Optinum 3D scanner and the Rapidform XOR3 software*, ANALELE UNIVERSITĂȚII “EFTIMIE MURGU”, an XX, nr. 1, ISSN: 1453-7397 (BDI).
  7. Nedelcu D., Hopotă A., Florea D., *Microhydropower with permanent magnet generator and immersed runner*, 2<sup>nd</sup> edition of the THINK-HYDRO, International Conference, November 13-15, 2013, Resita, Romania.
  8. Nedeloni, M. D., Potoceanu, N., Florea, D., Chirus, D., *Research through the Stationary Specimen Method of the X20Cr13 Stainless Steel used for Hydraulic Pumps*, Conferința internațională „The 15th International Symposium on Metallography (METALLOGRAPHY 2013)” și acceptată spre publicare în revista Materials Science Forum (indexata ISI) .
  9. Potoceanu, N., Nedeloni, M. D., Chirus, D., Florea, D., *Research Regarding on Cavitation Erosion Behavior of the Antifriction Alloy YSn83*, Conferința internațională „The 15th International Symposium on Metallography (METALLOGRAPHY 2013)” și acceptată spre publicare în revista Materials Science Forum (indexata ISI).

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Alaris 30. *Operator Training Guide. Basic Course.*2009.
- [2] Alixandrescu C., Bilan C., *Automatizarea microhidrocentralelor cu puteri sub 1 MW cu aplicare în regularizarea debitelor de alimentare cu apă a localităților*, INTERFEȚE – Lucrările Simpozionului național Think-Hydro 2011, 2-4 noiembrie 2011.
- [3] Anton, I., *Turbine hidraulice*, Editura Facla, Timișoara, 1979.
- [4] Anton L.E., Baya A., *Mașini și echipamente hidromecanice*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2001.
- [5] Berce, P., Balc, N., Ancau, M., ș.a. - *Fabricarea rapida a prototipurilor*, Editura Tehnică, București, 2000.
- [6] Bobar D., Brânzan M., Păun S., Grădinaru C., *Evoluția turbinelor Francis orizontale destinate echipării microcentralelor*, INTERFEȚE – Lucrările Simpozionului național Think-Hydro 2011, 2-4 noiembrie 2011.
- [7] Boldea, I., *Conversia directă a energiei – Producerea directă a energiei electrice*, Institutul Politehnic „Traian Vuia”, Timișoara, 1977.
- [8] Bordeășu I., Bădărău R., Baciuc I., Bordeășu C., *Asupra valorificării energiei vântului în România*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XII, vol. 21, pag. 375÷382, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2012.
- [9] Bosioc A. I., *Controlul curgerii cu rotație în conul tubului de aspirație al turbinelor hidraulice*, Teză de doctorat, Timișoara, ISSN 1842-4937, ISBN 978-606-554-252-5, 2011.
- [10] Bușea C., Hoța I., Grandu I., *Soluții noi de microhidroagregate axiale compacte având generatoare cu magneți permanenți*, INTERFEȚE – Lucrările Simpozionului național Think-Hydro 2011, 2-4 noiembrie 2011.
- [11] Cazan G., *Utilizarea surselor regenerabile de energie în România*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XI, vol. 20, pag. 49÷56, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2011.
- [12] Anton, I., Câmpian, V., Carte, I., *Hidrodinamica turbinelor bulb și a turbinelor-pompe bulb*, Editura Tehnică, București, 1988.
- [13] Câmpian, V., *Contribuții la studiul și realizarea rotoarelor de mașini hidraulice axiale și axiale reversibile*, Teză de doctorat, Institutul Politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1978.



- [14] Câmpian V. C., *Curs general de turbopompe*, Editura Eftimie Murgu, ISBN 973-99416-8-0, Reșița, 2000.
- [15] Câmpian V. C., *Turbine hidraulice de mică putere și microturbine. Principii de funcționare. Soluții constructive*, Editura Orizonturi Universitare, ISBN 973-638-036-X, Timișoara, 2003.
- [16] Câmpian, C.V. *Performanțele turbinelor vechi și re tehnologizate de la hidrocentrala Porțile de Fier I*, Editura „Eftimie Murgu” Reșița, 1999.
- [17] Cogălniceanu D., *Ecologie și protecția mediului*, Ministerul Educației și Cercetării, ISBN 978-973-0-04811-7, 2007.
- [18] Constantin A.T., David I., Chebuțiu A., Nicoară Ș.V., Vișescu M., *The possibility of fitting a pumped storage plant within the complex water development on upper Barzava Romania*, 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2010.
- [19] Coșoiu C.I., *Contribuții la optimizarea proiectării și funcționării agregatelor eoliene*, Teză de doctorat, București, 2008.
- [20] Deac C.D., *Oportunitatea utilizării energiei solare în România*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XII, vol. 21, pag. 365÷370, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2012.
- [21] Deac C., Marina A.M., Biriș I., *Valorificarea resurselor eoliene în România*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XI, vol. 20, pag. 139÷146, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2011.
- [22] Dobândă, E., Bărglăzan, M., *The dynamic behaviour of hydraulic drives using transfer matrix*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul XLVII (LI), 2001.
- [23] Dordea, T., ș.a., *Memoriu protest privind vânzarea, prin listare la Bursă, a unor active din patrimoniul deținut de S.C. Hidroelectrica S.A. – proprietate a Poporului Român*, ȘTIINȚĂ ȘI INGINERIE, volumul 23, pag. XXIV÷XXIX, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2013.
- [24] Dordea, S., Zburlea, E., *Active steering-electric thrusters*, Constanta Maritime University Annals, Year XI, Vol. 14, Editura NAUTICA, ISSN 1582 – 3601, Constanța, 2010.
- [25] Dordea, S., Zburlea, E., *Electric Drives for azimuth propulsors*, Constanta Maritime University Annals, Year XI, Vol. 14, Editura NAUTICA, ISSN 1582 – 3601, Constanța, 2010.
- [26] Dordea, S., Zburlea, E., *Active steering by 4 electric thrusters*, Constanta Maritime University Annals, Year XI, Vol. 15, Editura NAUTICA, ISSN 1582 – 3601, Constanța, 2011.
- [27] Dordea, S., Zburlea, E., *Electric propulsion with turbo generators*, Constanta Maritime University Annals, Year XI, Vol. 15, Editura NAUTICA, ISSN 1582 – 3601, Constanța, 2011.
- [28] Dordea, S., Nedelcu, E., *Quantifying harmonic distortion*, Constanta Maritime University Annals, Year XI, Vol. 18, Editura NAUTICA, ISSN 1582 – 3601, Constanța, 2012.

- [29] Ferro L.M.C., Gato L.M.C., Falcao A.F.O., *Design and experimental validation of the inlet guide vane system of a mini hydraulic bulb-turbine*, *Renewable Energy*, no. 35, pag. 1920÷1928, 2010.
- [30] Gaden D., *An Investigation of River Kinetic Turbines: Performance Enhancements, Turbine Modelling Techniques, and a Critical Assessment of Turbulence Models*, University of Manitoba.
- [31] Gaiță, M.-E., *Aspecte privind riscul asociat proiectelor de microhidrocentrale*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții București, 2011.
- [32] Georgescu A.M., Georgescu S.C., Cosoiu C.I., Alboiu N., Hamzu A., *Velocity field in the wake of a hydropower farm equipped with Achard turbines*, 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2010.
- [33] Gillich N., Piroi I., *Producerea, transportul și distribuția energiei electrice*, Editura Eftimie Murgu, ISBN 978-973-1906-39-3, Reșița, 2009.
- [34] Gurzău D.I., Nechita A., Biriș I., *Aspecte privind valorificarea energiei geotermale în România*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XI, vol. 20, pag. 107÷114, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2011.
- [35] Hopotă A., Grando I., *Microhidroagregate cu puteri până la 5 kW cu funcționare în sistem izolat*, INTERFEȚE – Lucrările Simpozionului național Think-Hydro 2011, 2-4 noiembrie 2011.
- [36] Ion I., Câmpian C.V., Cuzmoș A., Dumbravă C., *Necesitatea evaluării potențialului încă din faza incipientă a demarării unei investiții în domeniul energiei eoliene*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XI, vol. 20, pag. 153÷160, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2011.
- [37] Ibrahim A.B., *Wind Turbines*, Editura InTech, ISBN 978-953-307-221-0, Rijeka, Croatia, 2011.
- [38] Kim B.S., Bae S.Y., Kim W.J., Lee S.L., Kim M.K., *A study on the design assessment of 50kW ocean current turbine using fluid structure interaction analysis*, 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2012.
- [39] Kovalev, N.N., *Turbine hidraulice. Construcții și probleme de proiectare*, Editura Mașinostroenie, Leningrad, 1971.
- [40] Kueny J.L., Lalande T., Herou J.J., Term L., *Optimal design of a tidal turbine*, 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2012.



- [41] Lala P., Pellac A., *Microhidrocentrale – Soluții aplicate și realizări generatoare și echipament electric*, INTERFEȚE – Lucrările Simpozionului național Think-Hydro 2011, 2-4 noiembrie 2011.
- [42] Lăcătușu V., Exarhu M., *Turbine Hidraulice*, Societatea Comercială de Formare a Energeticienilor din România („FORMENERG” – S.A.), 2005.
- [43] Lăcătușu V., Paveliu I., *Exploatarea echipamentelor și instalațiilor mecanice din centralele hidroelectrice (stavile, vane, pompe, compresoare, turbine, instalații auxiliare)*, Societatea Comercială de Formare a Energeticienilor din România („FORMENERG” – S.A.), 2009.
- [44] Luminosu I., *Fenomene termice și aplicații ale conversiei termosolare*, Editura Politehnica, ISBN 978-973-625-423-9, Timișoara, 2007.
- [45] Mânzat, A., Deac, C. D., *Oportunitatea utilizării energiei solare în România*, ȘTIINȚĂ ȘI INGINERIE, volumul 21, pag. 365÷370, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2012.
- [46] Mercea, V., ș.a., *Investigații în domeniul energiei – Volumul I*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1982.
- [47] Mihăileanu, C., ș.a., *Energia în următoarele trei decenii*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1979.
- [48] Mindak R.T., Deac C.D., *Energia eoliană în contextul dezvoltării durabile*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XII, vol. 21, pag. 383÷390, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2012.
- [49] Nedelcu, D., *Proiectare și simulare numerică cu SOLIDWORKS*, Editura Eurostampa, Timisoara, ISBN 978-606-569-276-3, 2011.
- [50] Nedelcu, D., *Modelarea matematică a fenomenelor hidrodinamice cu aplicație la proiectarea asistată de calculator a turbinelor și turbinelor-pompe axiale și radial-axiale*, Teză de doctorat, Universitatea “Politehnica” din Timișoara, 1996.
- [51] Nedelcu, D., Hopota, A., Florea, D., *Microhydropower with permanent magnet generator and immersed Runner*, The 2<sup>nd</sup> edition of the THINK-HYDRO.com Conference, Reșița, 2013.
- [52] Nedelcu, D., Avasiloaie, R., Florea, D., *Aplicarea ingineriei inverse pentru reconstrucția unui rotor*, ȘTIINȚĂ ȘI INGINERIE”, An XIII, Vol. 23, ISSN 2067-7138, București, 2013.
- [53] Nedelcu, D., Avasiloaie, R., Florea, D., Rajic, A., *Applications of the Rapid Prototyping Technology to Manufacture the Pelton Runners*, ANALELE UNIVERSITĂȚII “EFTIMIE MURGU” REȘIȚA, ANUL XX, NR. 1, ISSN 1453 – 7397, 2013.



[54] Nedelcu, D., Rajic, A., Florea, D., Avasiloaie, R., *The Reverse Engineering of a Spring Support using the Noomeo Optinum 3D Scanner and the Rapidform XOR3 Software*, ANALELE UNIVERSITĂȚII “EFTIMIE MURGU” REȘIȚA, ANUL XX, NR. 1, ISSN 1453 – 7397, 2013.

[55] Nedeloni M.D., *Cercetări privind eroziunea cavitațională pe materiale utilizate la fabricația componentelor de turbine hidraulice*, Teză de doctorat, Universitatea Eftimie Murgu Reșița, Decembrie, 2012.

[56] Oprea T., Naianu B., Ionescu M., Popescu E., Lacatusu T., *Creșterea performanțelor energetice ale CHE Porțile de Fier I prin retehnologizarea și monitorizarea echipamentelor*, Forumul Regional al Energiei – FOREN 2008, Neptun, 15 – 19.06.2008.

[57] Pavlov D., Mircea L., Sălcianu C.L., *Utilizarea energiei vântului în România*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XI, vol. 20, pag. 147÷152, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2011.

[58] Piroi I., *Utilizarea energiei electrice*, Editura Eftimie Murgu, ISBN 978-973-1906-27-0, Reșița, 2009.

[59] Piroi I., Cziplu F., Pomoja F., *Conversia energiei regenerabile a apei, pământului și a deșeurilor organice*, Colecția ORIZONTURI TEHNICE, Editura Eftimie Murgu, ISBN 978-973-1906-86-7, Reșița, 2010.

[60] Pomoja, F., *Contribuții privind îmbunătățirea performanțelor tehnice ale turbinelor cu flux transversal cu puterea sub 10 kW*, Teză de doctorat, Universitatea Eftimie Murgu Reșița, Decembrie, 2012.

[61] Pomoja F., *Comportamentul unui microhidro-agregat cu turbine cross-flow de 10kW, în funcție de înălțimea de cădere a apei, la unghiuri de deschidere ale paletei constante*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XII, vol. 22, pag. 63÷70, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2012.

[62] Pomoja F., *Comportamentul unui micro-hidroagregat cu turbine cross-flow de 10kW, în funcție de unghiul de deschidere al paletei directoare, la aceeași înălțime de cădere a apei*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XII, vol. 22, pag. 71÷78, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2012.

[63] Popa, O., *The Determination of a General Relation between the Aerodynamic Properties of a Single Airfoil and those of the same Airfoil Arranged in an Arbitrary Cascade*, Proc. of the Fourth Conference on Fluid Machinery, Budapest, 1972.

[64] Popovociu M. O., Bordeasu I., *Necesitatea valorificării micropotențialului hydraulic în România*, Buletinul AGIR – Energii alternative, nr.3, ISSN-L 1224-7928, pag. 62÷68, iulie-septembrie, 2007.



- [65] Prodan, M., *Utilizarea energiei electrice*, Institutul Politehnic „Traian Vuia”, Timișoara, 1979.
- [66] Quilisch A., *Object Oriented Modelling and Simulation of Kaplan Turbines*, Masters' Degree Project Stockholm, Sweden, February 2008.
- [67] Robescu D., Naianu B.P., *Pompe, ventilatoare, suflante și compresoare*, Editura AISTEDA, București, 2002.
- [68] Shigemitsu T., Fukutomi J., Kaji K., Wada T., *Performance and internal flow condition of mini centrifugal pump with splitter blades*, 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2012.
- [69] Soenoko R., Rispiningtati, Sutikno D., *Prototype of a Twin Kinetic Turbine Performance as a Rural Electrical Power, Generation. J. Basic. Appl. Sci. Res.*, ISSN 2090-424X.1(10)1686-1690, 2011.
- [70] Spînu I., Deac C.D., *Valorificarea energiei valurilor*, ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ, an XII, vol. 21, pag. 403÷410, Editura AGIR, ISSN 2067-7138, București, 2012.
- [71] Stematiu, D., *Amenajări hidroenergetice*, Editura CONSPRESS, București, 2008.
- [72] Stroiță D.C., *Identificarea dinamică a turbinelor cu dublu flux*, Teză de doctorat, Timișoara, ISSN 1842-4937, ISBN 978-973-625-902-9, 2009.
- [73] Swiderski J., *Recent approach to refurbishments of small hydro projects based on numerical flow analysis*, Small Hydro Workshop. Montreal 2004.
- [74] Tiago Filho G.L., Braga da Silva F. das G., Mambelli Barros R., Guimarães L.M., Passos e Silva B.O., *Development of a hydrokinetic device for the generation of electricity suitable for low - speeds Hidropólio®*, 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2010.
- [75] Tiago Filho G.L., Souza Z., Bardelli de Rossi C.A., Mambeli Barros R., Braga da Silva F. das G., *“Poraque” hydrokinetic turbine*, 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2010.
- [76] Ursu I., Mercea V., Groșanu L., Mircioiu C., Văсарu G., *Investigații în domeniul energiei – Volumul I*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1982.
- [77] Vasiliu N., Vasiliu D., Seteanu I., Rădulescu V., *Mecanica fluidelor și sisteme hidraulice. Fundamente și aplicații - Vol.II*, Editura Tehnică Universitaria, ISBN 973-31-1316-6, București, 1999.
- [78] Velicescu, C., *Ingineria sistemelor de producere și distribuție a energiei electrice*, Ediție revizuită, Editura Politehnica, Timișoara, 2005.



- [79] Vințan, M., *Producerea, transportul și distribuția energiei electrice*, Editura Matrix Rom, București, 2009.
- [80] Wang J., Vagani M., Müller N., *Design of Composite Water Turbine in free Stream Using CFD*, Proceedings of IMECE 2010, ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Vancouver, British Columbia, USA, 12-18 November, 2010.
- [81] Wiemann P., Müller G., Senior J., *Review of current developments in low head, small hydropower*, 32<sup>nd</sup> IAHR Conference, Venice, Italy, 01 - 06 July 2007.
- [82] Yuan H.J., Shao J., Wu Y.L., Liu S.H., *Experiment of a centrifugal pump during changing speed operation*, 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2012.
- [83] Zhuang B., Luo X., Zhang Y., Wang X., Xu H., Nishi M., *Design optimization for a shaft-less double suction mini turbo pump*, 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2010.
- [84] Zhu G.J., Guo P.C., Luo X.Q., Feng J.J., *The multi-objective optimization of the horizontal-axis marine current turbine based on NSGA-II algorithm*, 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2012.
- [85] Zou W.J., Zhao J., Wang P.W., Hu S.G., *Numerical simulation of three-dimensional flow field of a paddle-spiral ribbon impeller*, 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, 2012.
- [86] Zsembinski A., Bolovedea M., *Tehnologii moderne de prelucrare a părților profilate din componența microhidroagregatelor fabricate în HYDRO-ENGINEERING, INTERFEȚE – Lucrările Simpozionului național Think-Hydro 2011, 2-4 noiembrie 2011.*
- [87] \*\*\* Boronat E., *HYDRO POWER*.
- [88] \*\*\* Universul Ingineresc, Anul XXIV, Nr. 15 (541), ISSN 1223-0294, Editura AGIR, București, 2013.
- [89] \*\*\* European Small Hydropower Association (ESHA), *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant, 2004.*
- [90] \*\*\* An Engineer's Perspective by Steve E. Dalton, Clean Energy Solutions Ltd. *Low Head Hydro Technologies and the need for greater uptake and implementation in the UK.*
- [91] \*\*\* *Hydro Turbine.*
- [92] \*\*\* *Development, installation and testing of a large-scale tidal current turbine*, T/06/00210/00/REP URN 05/1698.
- [93] \*\*\* *EPRI Final Survey and Characterization Tidal in Stream Energy Conversion (TISEC) Devices.*



*Cercetări teoretice și experimentale pe o microturbină  
axial-tubulară echipată cu generator imersat cu magneți permanenți*

- [94] \*\*\* Glen B. Darous, *Clean Current Power Systems Incorporated*, OREG Fall Symposium 2007.
- [95] \*\*\* SN „NUCLEARELECTRICA” SA, Raport Anual 2008.
- [96] \*\*\* HIDROELECTRICA S.A., Raport Anual 2011.
- [97] \*\*\* Universul Ingineresc, Anul XXIII, Nr. 5 (507), Editura AGIR, ISSN 1223-0294, 1-15 martie 2012.
- [98] \*\*\* Universul Ingineresc, Anul XXIII, Nr. 14 (516), Editura AGIR, ISSN 1223-0294, 16-31 iulie 2012.
- [99] \*\*\* Universul Ingineresc, Anul XXIII, Nr. 16 (518), Editura AGIR, ISSN 1223-0294, 16-31 august 2012.
- [100] \*\*\* Water Current Turbines for River Applications, Technology Evaluation of Existing and Emerging Technologies.
- [101] \*\*\* World Renewable Energy Congress – Sweden, Volume 6 - Hydropower Applications, ISBN 978-91-7393-070-3, 2011.
- [102] [www.andritz.com](http://www.andritz.com)
- [103] [www.cchapt.ro](http://www.cchapt.ro)
- [104] [www.energie-gratis.ro](http://www.energie-gratis.ro)
- [105] [www.hidroelectrica.ro](http://www.hidroelectrica.ro)
- [106] [www.microhydropower.com](http://www.microhydropower.com)
- [107] [www.ucmr.ro](http://www.ucmr.ro)