Sistem energetic ecologic pentru utilizarea energiei hidrocinetice a curenților de apă de cădere foarte mică
<<HyPER>>

PN-III-P2-2.1-PED-2019-3247
CONTRACT 478PED/2020

ETAPA 2 - 2021

ORGANIZAŢIILE PARTENERE ÎN PROIECT

Denumirea organizaţiei	Acronim	Rolul organizaţiei	Director/Responsabil proiect
Universitatea POLITEHNICA din Bucureşti	UPB	Coordonator (CO)	Conf. dr. ing. Diana Maria BUCUR
Institutului Naţional pentru Cercetare şi Dezvoltare în Inginerie Electrică ICPE-CA Bucuresti	ICPE-CA	Partener (P1)	Dr. ing. Florentina BUNEA
SMART MECHANICS S.R.L.	SM	Partener (P2)	Prof. dr. ing. Ion FUIOREA

Director proiect,
Conf. dr. ing. Diana Maria BUCUR

2021

CUPRINS

Etapa 2/2021 - OPTIMIZAREA MODELULUI EXPERIMENTAL DE NIVEL TRL4, HyPER, UTILIZÂND SIMULĂRI NUMERICE ȘI REALIZAREA ACESTUIA

Obiectivele planificate și realizate:

O1/2 – Proiectarea componentelor sistemului energetic

O2 – Realizarea componentelor folosind tehnici moderne de fabricație (printare 3D)

Livrabilele planificate și realizate:

L2.1. Raport de cercetare,

L2.2 – Model CAD 3D,

L2.3 – Model experimental rotor turbină hidro-cinetică,

L2.4 – Model experimental generator cu magneți permanenți,

L2.5 - Model experimental carcasa cu difuzor de amestec al curgerii,

L2.6 – Raport de testare,

L2.7- publicare 3 articole științifice,

L2.8- website actualizat

Pag.4 **Act 2.1** – Proiectarea modelului experimental al rotorului turbinei hidro-cinetice și optimizarea prin simulări CFD. (UPB, ICPE-CA)

Pag. 8 **Act 2.2** – Proiectarea modelului experimental de difuzor de amestec al curgerii și optimizarea prin simulări CFD (UPB, ICPE-CA)

Pag. 10 **Act 2.3** – Proiectarea modelului experimental al generatorului cu magneți permanenți și al carcasei, și optimizarea prin FEA. (ICPE-CA)

Pag. 12 **Act 2.4** – Caracterizarea materialului printat pentru rotorul turbinei (ecuații constitutive). (ICPE-CA, SM)

Pag. 13 **Act 2.5** – Realizarea modelului experimental al rotorului tubinei hidro-cinetice. (UPB, ICPE-CA)

Pag. 14 **Act 2.6** – Realizarea modelului experimental al generatorului cu magneți permanenți. (ICPE-CA)

Pag. 14 **Act 2.7** – Analiza cu elemente finite (FEA) a răspunsului mecanic al turbinei la funcționarea în sarcină. (SM)

Pag. 16 **Act 2.8** – Realizarea carcasei sistemului HyPER echipată cu difuzorul de amestec al curgerii. (UPB, ICPE-CA)

LUCRĂRI PREGĂTITOARE PENTRU ETAPA 3/2022 (pag. 16)

CONCLUZII ETAPA 1/2020 & ETAPA 2/2021 (pag. 17)

Bibliografie

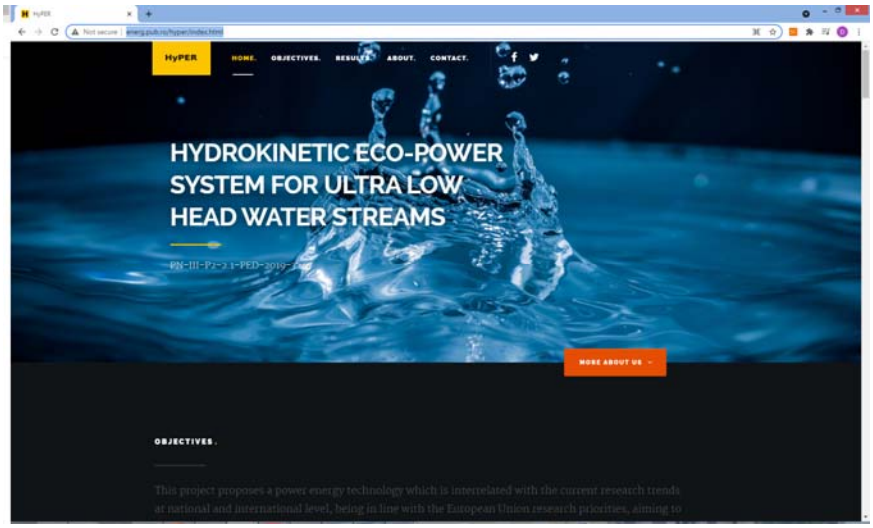
DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII

Livrabile 1.2, 2.8: Web-site proiect

Crearea paginii web a proiectului. Coordonatorul proiectului, Universitatea POLITEHNICA din Bucuresti, a creat pagina web a proiectului care a fost găzduită pe serverul energ.pub.ro al Facultății de Energetică din Universitatea POLITEHNICA din București.

Pagina web are 5 secțiuni: *Acasă*, *Obiective*, *Rezultate*, *Consorțiu* și *Contact*. Exceptând secțiunea *Rezultate* care va fi completată pe măsură ce se ating obiectivele proiectului de cercetare, toatele celelalte patru secțiuni au fost populate cu informații.

http://hyper.upb.ro



Livrabil 2.7: Publicare 7 articole științifice

1 – Bunea, F.; Ciocan, G.D.; Bucur, D.M.; Dunca, G.; Nedelcu, A. *Hydraulic Turbine Performance Assessment with Implementation of an Innovative Aeration System*. Water 2021, *13*, 2459. https://doi.org/10.3390/w13182459, **INDEXATA ISI, WOS:000701547400001, IF 3.103/2020**

2 – R. Mitruţ, D. M. Bucur, G. Dunca and M. J. Cervantes, „*Linear Global Stability Analysis of a Laminar Flow Around a Circular Body*," 2021 12th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), pp. 1-7, doi: 10.1109/ATEE52255.2021.9425105, **INDEXATA ISI, WOS: 000676164800036**

3 – D. M. Bucur, I. S. Grecu, R. Mitruţ, C. Drăgoi, A. –I. Stroilescu and G. Dunca, *Design and Numerical Investigation of a Small Axial Hydrokinetic Turbine*, 2021 10th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM), pp. 1-5, doi: 10.1109/CIEM52821.2021.9614895, ***în curs de indexare ISI***.

4 – P. A. Danca, F. Bunea, S. Nicolaie, A. Nedelcu, N. Tanase and C. A. Babutanu, *Study of Hydrokinetic Turbine Shrouds*, 2021 10th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/CIEM52821.2021.9614929, ***în curs de indexare ISI***

5 – R. Mitrut, D. M. Bucur, G. Dunca and M. J. Cervantes, *Numerical Simulation of Vortex Breakdown with Code Saturne*, 2021 10th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM), pp. 1-5, doi: 10.1109/CIEM52821.2021.9614834***, în curs de indexare ISI***

6 – I. S. Grecu, G. Dunca, D. M. Bucur and M. J. Cervantes, *Wall-Model for Turbulent Flows Under an Adverse Pressure Gradient – Asymmetric Diffuser*, 2021 10th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM), pp. 1-5, doi: 10.1109/CIEM52821.2021.9614830, ***în curs de indexare ISI***

7 – R Maddahian, F. Shaygan, Bucur D.M. *Developing a 1D-3D model to investigate the effect of entrapped air on pressure surge during the rapid filling of a pipe*, 30TH IAHR SYMPOSIUM ON HYDRAULIC MACHINERY AND SYSTEMS, Vol. 774, Iss. 115 June 2021 Lausanne, 21-26 March 2021, **INDEXATA ISI, WOS: 000712043400069**

REZUMAT ETAPA 1/2020 & ETAPA 2/2021

Prima etapă a proiectului (**2020**) a constat în dimensionarea elementelor sistemului HyPER, pornind de la limitările dimensionale ale infrastructurii de laborator în care urmează să fie testat. În primul rând s-a predimensionat rotorul turbinei hidraulice și s-au stabilit diametrul exterior (200 mm), viteza de rotație, numărul și unghiul palelor. Diametrul exterior al rotorului turbinei și turația astfel obținute au fost parametri impuși pentru dimensionarea generatorului cu magneți permanenți și a difuzorului de amestec. De asemenea, s-au stabilit parametrii geometrici ai difuzorului, unghiul de evazare și lungimea. Criteriul urmărit a fost maximizarea puterii produse de sistemul HyPER. Tot în această etapă s-a realizat analiza materialelor și s-a selectat materialul ce va fi utilizat pentru printarea 3D și s-au stabilit procedurile de testare pentru determinarea proprietăților acestuia.

În cea de-***a doua etapă*** (**2021**) s-au proiectat, analizat și construit elementele componente ale sistemului HyPER (rotor turbină, generator și difuzor de amestec). Proiectarea palelor rotorului turbinei s-a făcut utilizând profile aerodinamice, așezate în rețea după un proces de optimizare în vederea maximizării puterii mecanice a turbinei. Dintre geometriile analizate s-au selectat două modele (THC1 și THC2) diferite prin diametrul butucului și turație (D_{bTHC2}/D_{bTHC1} = 0,64 și n_{THC2}/n_{THC1} = 2,5) pentru care s-au dezvoltat modelele numerice care au fost studiate utilizând softul ANSYS CFX. Astfel, s-au verificat proiectele preliminare ale turbinei și s-au evaluat parametrii hidraulici importanți, cum ar fi presiunea pe suprafața palelor, câmpul vitezelor și momentul util. Coordonatele tridimensionale ale modelelor au fost generate odată cu proiectarea în Matlab, în formatul necesar pentru realizarea modelului în Solidworks utilizat la printarea 3D. În urma studiului s-a ales modelul THC2 pentru echiparea sistemului HyPER, puterea produsă fiind mai mare cu 50% (datorită creșterii ariei de contact a palei cu apa și creșterii turației) și având o încărcare a palei mai uniform distribuită (datorită unghiurilor de așezare mai mici). Difuzorul de amestec a fost proiectat în trei configurații și cuplat cu modelul THC2. S-a investigat numeric influența unghiului de evazare și a lungimii asupra presiunii, câmpului de viteze și asupra momentului util al turbinei. Difuzorul ales pentru echipare are unghiul de evazare de 12°, utilizarea lui ducând la o creștere a puterii turbinei cu 25%. Generatorul cu magneți permanenți a fost proiectat să îndeplinească condițiile specifice pornind de la diametrul exterior al modelului THC2 de 200 mm și turația 165 rot/min. S-a urmărit obținerea unui cuplu de agățare cât mai mic pentru funcționarea și la turații reduse. Deoarece puterea turbinei a fost estimată la maxim 10 W, s-a realizat un generator sincron monofazat, cu 22 poli, 22 bobine și lungimea de 30 mm. Analiza FEA a modelelor numerice ale generatorului a fost realizată cu ajutorul software-ului de analiză electromagnetică Altair Flux 2D 2020 în vederea dimensionării parametrilor mașinii electrice (cuplul electromagnetic, tensiunea și puterea). Întrucât imprimarea 3D este o tehnologie de fabricație neconvențională, materialul utilizat a fost caracterizat prin determinarea proprietăților sale mecanice atât la încărcarea statică, cât și la cea dinamică. S-a efectuat un set complex de teste mecanice statice si dinamice, inclusiv la oboseală. Aceste caracteristici au fost utilizate ulterior la determinarea prin simulări numerice a răspunsului mecanic al turbinei la funcționarea în diverse regimuri.

Rotorul turbinei (butuc și pale), carcasa, difuzorul și statorul generatorului au fost realizate prin imprimare 3D din material de tip ABS folosind modelele din Solidworks generate la proiectare. Statorul generatorului a fost rigidizat cu 5 bare radiale care au fost totodată utilizate ca elemente de fixare a difuzorului cu ansamblul. Pe statorul generatorului s-au montat bobinele înfășurării statorice din material de tip CuET1. Rotorul generatorului a fost construit din două coroane circulare din oțel (interioară și exterioară) pe care s-au montat 44 de magneți permanenți de tip NdFeB. Rotorul turbinei cu carcasa s-a atașat de rotorul generatorului cu prindere în patru puncte. În final s-a realizat și analiza cu elemente finite a răspunsului mecanic al turbinei la solicitări atât în cazuri statice cât și dinamice, precum și din punctul de vedere al vibrațiilor și solicitării la oboseală. Rezultatele au confirmat faptul că montarea rotorului turbinei în carcasă a eliminat zonele cu valori ridicate ale deformației unitare de întindere prezente la rotorul liber. De asemenea, este exclus pericolul apariţiei fenomenului de rezonanţă pe toată plaja de valori a turației, întrucât primele şase frecvenţe sunt cu mult mai mai mari decât frecvenţele de rotație ale turbinei. Răspunsul mecanic al turbinei cu carcasă este în limitele de rezistență putând fi cuplată la

generatorul cu magneți permanenți și experimentată fizic în canal fără riscuri structurale. În acest moment, ***toate obiectivele proiectului au fost îndeplinite***, elementele componente ale sistemului HyPER sunt construite și pregătite pentru activitățile prevăzute în etapa a treia (**2022**): asamblarea sistemului, testarea în canalul experimental și validarea tehnologiei.

Diseminarea rezultatelor s-a realizat atât prin pagina web a proiectului creată în etapa 1 și actualizată în etapa 2, cât și prin participarea la 4 conferințe internaționale și publicarea a 7 articole (3 ISI și 4 în curs de indexare ISI)..

CONCLUZII
ETAPA 1/2020 & ETAPA 2/2021

La sfârșitul anului 2021, toate obiectivele prevăzute în etapa 1/2020 și în etapa 2/2021 ***au fost îndeplinite***. S-au proiectat, analizat prin simulări numerice și executat toate elementele sistemului HyPER, fiind pregătite pentru testările care urmează să fie efectuate în etapa 3/ 2022, conform planului de realizare.

Rotorul turbinei și carcasa au fost realizate prin printare 3D într-un singură piesă, având un diametru exterior de 200 mm, 3 pale profilate hidrodinamic, cu turația de funcționare de 165 rot/min. Rotorul generatorului este cuplat direct de carcasa turbinei, într-o construcție specială care a permis instalarea celor 44 de magneți la interior, și cu o formă rotunjită la exterior pentru perturbarea minimă a curgerii. Statorul generatorului a fost realizat prin printare 3D, cu 44 de proeminențe pe care s-a realizat bobinajul și cu 5 bare de rigidizare montate în avalul turbinei. Difuzorul turbinei a fost realizat prin printare 3D și este amplasat în avalul turbinei, fiind montat prin prindere de cele 5 bare suport ale statorului generatorului.

Procedura de testare a materialului printat, raportul de testare și desenele de execuție ale tuturor părților componente ale sistemului HyPER sunt prezentate în raportul detaliat realizat de partenerii consorțiului, și care cuprinde peste 175 de pagini.

În această perioadă obiectivul de ***diseminare*** a rezultatelor ***a fost depășit***, prin publicarea a 7 articole (3 ISI și 4 în curs de indexare ISI). S-a participat la 4 conferințe internaționale. Pagina web a proiectului a fost creată încă din prima etapă, fiind populată cu informații și actualizată pe parcurs.