

RAPORTARE ȘTIINȚIFICĂ

I. Raportul Științific 2024

- Contract nr. 92PTE/2022; etapă nr. 3/2024; cod proiect: PN-III-P2-2.1-PTE-2021-0589; titlu proiect "*Validarea prototipului de Micro-Turbină Eoliană cu Ax Vertical pentru Integrarea în Arhitectura Urbană*";

- Descrierea științifică cu punerea în evidență a rezultatelor etapei anuale și gradul de realizare a obiectivelor;

Energia eoliană este una dintre sursele de energie regenerabilă cu cea mai rapidă creștere la nivel global¹. Pe măsură ce cererea pentru soluții de energie durabilă și curată crește, turbinele eoliene rezidențiale^{2,3} au câștigat o atenție semnificativă. Aceste turbine la scară mică sunt concepute pentru a fi utilizate în case individuale sau în comunități mici pentru a completa sau înlocui sursele tradiționale de energie⁴. Acest capitol oferă o privire de ansamblu asupra stării actuale a turbinelor eoliene rezidențiale, concentrându-se pe tehnologia, performanța, beneficiile, provocările și perspectivele de viitor ale acestora.

Turbinele eoliene rezidențiale variază de obicei de la 1 kW la 10 kW în putere⁵. Acestea pot fi clasificate în două tipuri principale, în funcție de orientarea axului⁶:

- Turbine eoliene cu ax orizontal (HAWT): tipul cel mai comun, caracterizat printr-un arbore rotor orizontal și de obicei trei pale. Acestea necesită o aliniere adecvată cu direcția vântului și sunt în general mai eficiente, dar necesită mai mult spațiu pentru instalare.

- Turbinele eoliene cu ax vertical (VAWT): Acestea au un ax rotor vertical și pot capta vântul din orice direcție. Sunt mai potrivite pentru condiții de vânt turbulente și imprevizibile, adesea întâlnite în zonele urbane. VAWT-urile tind să fie mai silențioase și necesită mai puțin spațiu, dar sunt în general mai puțin eficiente decât HAWT-urile.

Componentele principale ale turbinelor eoliene rezidențiale includ⁷:

- Palele rotorului: captează energia cinetică a vântului și o transformă în energie mecanică.
- Nacela: Adăpostește cutia de viteze și generatorul.
- Turn: Ridică turbina pentru a captura vânturi mai puternice.

¹ Kaldellis, J. K., & Zafirakis, D. (2011). The wind energy (r) evolution: A short review of a long history. *Renewable energy*, 36(7), 1887-1901.

² Fleck, B., & Huot, M. (2009). Comparative life-cycle assessment of a small wind turbine for residential off-grid use. *Renewable energy*, 34(12), 2688-2696.

³ Freiberg, A., Scheffer, C., Girbig, M., Murta, V. C., & Seidler, A. (2019). Health effects of wind turbines on humans in residential settings: Results of a scoping review. *Environmental research*, 169, 446-463.

⁴ Dröes, M. I., & Koster, H. R. (2016). Renewable energy and negative externalities: The effect of wind turbines on house prices. *Journal of Urban Economics*, 96, 121-141.

⁵ Loganathan, B., Chowdhury, H., Mustary, I., Rana, M. M., & Alam, F. (2019). Design of a micro wind turbine and its economic feasibility study for residential power generation in built-up areas. *Energy Procedia*, 160, 812-819.

⁶ Ha, J. M., Oh, H., Park, J., & Youn, B. D. (2017). Classification of operating conditions of wind turbines for a class-wise condition monitoring strategy. *Renewable energy*, 103, 594-605

⁷ Hasan, A. S., Abousabae, M., Salem, A. R., & Amano, R. S. (2021). Study of Aerodynamic Performance and Power Output for Residential-Scale Wind Turbines. *Journal of Energy Resources Technology*, 143(1), 011302.

- Controler: Gestionează funcționarea turbinei și o conectează la rețeaua electrică sau la stocarea bateriei.

- Invertor: convertește ieșirea DC a turbinei în AC pentru uz casnic sau conexiune la rețea.

Progresele recente în domenii precum, materiale și aerodinamică au condus la dezvoltarea unor pale mai eficiente și mai durabile⁸. Materialele compozite, cum ar fi fibra de carbon și polimerii avansați, sunt acum utilizate în mod obișnuit pentru a îmbunătăți performanța și a reduce greutatea. În plus, modele inovatoare ale palelor, cum ar fi cele cu margini zimțate sau aripioare, au fost dezvoltate pentru a minimiza zgomotul și pentru a crește eficiența aerodinamică^{9, 10}.

Performanța turbinelor eoliene rezidențiale este influențată de mai mulți factori, inclusiv viteza vântului, designul turbinei și locația instalării¹¹. Viteza vântului este cel mai critic factor, deoarece puterea de ieșire este proporțională cu cubul vitezei vântului. Locurile ideale pentru turbinele eoliene rezidențiale au de obicei o viteză medie a vântului de cel puțin 5 metri pe secundă (m/s).

Turbinele eoliene rezidențiale moderne sunt echipate cu caracteristici avansate¹² precum:

- Controlul unghiului de atac: ajustează unghiul palelor pentru a optimiza performanța în condiții variate de vânt.

- Controlul înclinării: asigură că turbina este aliniată corect cu direcția vântului.

- Integrarea rețelelor inteligente și IoT: permite monitorizarea și controlul în timp real, sporind eficiența și fiabilitatea.

Îmbunătățiri ale eficienței au fost realizate și prin integrarea generatoarelor cu magneti permanenți, care oferă o eficiență și fiabilitate mai ridicate în comparație cu generatoarele tradiționale cu inducție^{13,14}. Un alt progres semnificativ este utilizarea electronicii de putere și funcționarea cu viteză variabilă, care permite turbinelor să funcționeze eficient pe o gamă mai largă de viteze ale vântului.

Turbinele eoliene rezidențiale oferă mai multe beneficii¹⁵:

- Independență energetică: proprietarii de case își pot genera propria energie electrică, reducând dependența de rețea și reducând facturile la energie.

- Impactul asupra mediului: Energia eoliană este o sursă curată, regenerabilă, care reduce emisiile de gaze cu efect de seră și consumul de combustibili fosili.

⁸ Brunner, E. J., Hoen, B., Rand, J., & Schwegman, D. (2024). Commercial wind turbines and residential home values: New evidence from the universe of land-based wind projects in the United States. *Energy Policy*, 185, 113837. Brunner, E. J., Hoen, B., Rand, J., & Schwegman, D. (2024). Commercial wind turbines and residential home values: New evidence from the universe of land-based wind projects in the United States. *Energy Policy*, 185, 113837.

⁹ Chehouri, A., Younes, R., Ilinca, A., & Perron, J. (2015). Review of performance optimization techniques applied to wind turbines. *Applied Energy*, 142, 361-388.

¹⁰ Xudong, W., Shen, W. Z., Zhu, W. J., Sørensen, J. N., & Jin, C. (2009). Shape optimization of wind turbine blades. *Wind Energy: An International Journal for Progress and Applications in Wind Power Conversion Technology*, 12(8), 781-803.

¹¹ Aravindhan, N., Natarajan, M. P., Ponnuvel, S., & Devan, P. K. (2023). Recent developments and issues of small-scale wind turbines in urban residential buildings-A review. *Energy & Environment*, 34(4), 1142-1169

¹² Hasan, A. S., Abousabae, M., Salem, A. R., & Amano, R. S. (2021). Study of Aerodynamic Performance and Power Output for Residential-Scale Wind Turbines. *Journal of Energy Resources Technology*, 143(1), 011302.

¹³ Rezaeiha, A., Montazeri, H., & Blocken, B. (2020). A framework for preliminary large-scale urban wind energy potential assessment: Roof-mounted wind turbines. *Energy Conversion and Management*, 214, 112770.

¹⁴ Arifujjaman, M., Iqbal, M. T., & Quaicoe, J. E. (2009). Reliability analysis of grid connected small wind turbine power electronics. *Applied energy*, 86(9), 1617-1623.

¹⁵ Loganathan, B., Chowdhury, H., Mustary, I., Rana, M. M., & Alam, F. (2019). Design of a micro wind turbine and its economic feasibility study for residential power generation in built-up areas. *Energy Procedia*, 160, 812-819.

- Stimulente economice: multe guverne oferă stimulente, cum ar fi credite fiscale, reduceri și tarife de alimentare pentru a încuraja adoptarea turbinelor eoliene rezidențiale.

Beneficiile suplimentare¹⁶ includ:

- Reziliență: Turbinele eoliene rezidențiale pot oferi o sursă fiabilă de energie în timpul întreruperii rețelei sau a dezastrelor naturale.

- Scalabilitate: Aceste turbine pot fi extinse cu ușurință prin adăugarea mai multor unități sau prin integrarea cu alte surse de energie regenerabilă.

- Impactul asupra comunității: Instalarea de turbine eoliene rezidențiale poate crește gradul de conștientizare și poate promova adoptarea energiei regenerabile în cadrul comunităților.

În ciuda beneficiilor lor, turbinele eoliene rezidențiale se confruntă cu mai multe provocări^{17, 18}:

- Costul inițial: costul inițial al achiziționării și instalării unei turbine eoliene rezidențiale poate fi mare, deși economiile pe termen lung pot compensa această cheltuială.

- Zonarea și autorizarea: Reglementările locale și legile de zonare pot restricționa instalarea de turbine eoliene, în special în zonele urbane sau suburbane.

- Zgomot și estetică: Zgomotul generat de turbine și impactul lor vizual poate fi o preocupare pentru proprietarii de case și vecini.

- Variabilitatea vântului: modelele inconsecvente ale vântului pot afecta fiabilitatea producției de energie, necesitând sisteme de rezervă sau soluții hibride.

Alte provocări notabile¹⁹ includ:

- Întreținere: Este necesară întreținerea regulată pentru a asigura performanță și longevitate optime, ceea ce se poate adăuga la costul și efortul total.

- Impactul asupra vieții sălbatice: Turbinele eoliene pot reprezenta o amenințare pentru păsări și lilieci, necesitând o selecție atentă a locației de instalare și modificări de proiectare pentru a atenua aceste efecte.

- Percepția publicului: Există încă o oarecare rezistență publică la adoptarea turbinelor eoliene din cauza concepțiilor greșite cu privire la eficacitatea și impactul lor asupra mediului.

Câteva implementări de succes ale turbinelor eoliene rezidențiale demonstrează viabilitatea lor:

- Skystream 3.7²⁰: O turbină eoliană populară de 2,4 kW, cunoscută pentru ușurința sa de instalare și integrare în rețea. Este potrivit pentru zonele cu viteze medii ale vântului de 3,5 m/s.

- Honeywell WT6500²¹: O turbină fără angrenaje, de 2 kW, proiectată pentru medii urbane. Funcționează silențios și eficient la viteze mai mici ale vântului.

- Quiet Revolution QR5²²: Un VAWT conceput pentru zonele urbane, cu un design unic al palei elicoidale care minimizează zgomotul și maximizează captarea energiei în vânturi turbulente.

Alte exemple notabile includ:

¹⁶ Almutairi, M., Chahal, A., Fritz, J., & Soto, L. (2017, April). Residential wind turbine design Decision Support System. In 2017 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS) (pp. 324-329). IEEE.

¹⁷ Ferrigno, K. J. (2010). Challenges and strategies for increasing adoption of small wind turbines in urban areas (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

¹⁸ Teschner, N. A., & Alterman, R. (2018). Preparing the ground: Regulatory challenges in siting small-scale wind turbines in urban areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1660-1668.

¹⁹ Tasneem, Z., Al Noman, A., Das, S. K., Saha, D. K., Islam, M. R., Ali, M. F., ... & Alam, F. (2020). An analytical review on the evaluation of wind resource and wind turbine for urban application: Prospect and challenges. *Developments in the Built Environment*, 4, 100033.

²⁰ <https://skystreamturbines.com/>

²¹ <https://www.honeywellstore.com/store/images/pdf/honeywell-wind-turbine-system.pdf>

²² <https://www.quietrevolution.com/>

- Bergey Excel 6²³: Un HAWT de 6 kW cunoscut pentru fiabilitatea și designul său robust, adesea folosit în medii rurale și semi-rurale.

- Windspire²⁴: Un VAWT compact conceput pentru aplicații rezidențiale și comerciale mici, cunoscut pentru designul său estetic și ușurința de instalare.

- Windtronics WT6000²⁵: O turbină eoliană de viteză redusă concepută pentru a funcționa eficient la viteze ale vântului de până la 2 mph, făcând-o potrivită pentru o gamă mai largă de locații.

Viitorul turbinelor eoliene rezidențiale pare promițător, cercetarea și dezvoltarea continuă concentrându-se pe creșterea eficienței, reducerea costurilor și îmbunătățirea integrării cu rețelele inteligente și sistemele de stocare a energiei^{26,27}. Tendințele cheie includ:

- Sisteme hibride: combinarea turbinelor eoliene cu panouri solare și stocarea bateriilor pentru a oferi o aprovizionare cu energie mai fiabilă și mai consistentă.

- Microrețele: rețele la scară mică care pot funcționa independent sau împreună cu rețeaua principală, sporind securitatea și rezistența energetică.

- Materiale avansate: Progresele continue în știința materialelor vor duce la turbine mai ușoare, mai puternice și mai eficiente.

- AI și Machine Learning: Utilizarea AI pentru întreținerea predictivă, optimizarea performanței și gestionarea rețelei.

Tehnologiile și conceptele emergente includ:

- Turbine eoliene plutitoare: Deși sunt utilizate în principal în aplicații offshore, versiuni reduse ar putea fi dezvoltate pentru uz rezidențial în locații adecvate.

- Inovații de recoltare a energiei: integrarea turbinelor eoliene mici în structurile existente, cum ar fi clădirile, farurile stradale și alte infrastructuri urbane, pentru a valorifica energia mai eficient.

- Biomimetism: Proiectarea turbinelor bazate pe forme și procese naturale pentru a îmbunătăți eficiența și a reduce impactul asupra mediului.

Turbinele eoliene rezidențiale reprezintă o componentă valoroasă a tranziției către energia durabilă. În timp ce provocările rămân, progresele tehnologice și politicile de susținere conduc la adoptarea acestora. Cu o inovație continuă, turbinele eoliene rezidențiale au potențialul de a juca un rol semnificativ în reducerea amprente de carbon și în creșterea independenței energetice pentru proprietarii de case din întreaga lume.

Asamblarea și instalarea prototipului

Asamblarea și instalarea prototipului a fost realizată de către coordonatorul proiectului, SC Rolix Impex Series SRL. În figurile de mai jos sunt ilustrate etapele asamblării și instalării turbinei eoliene.

²³ <https://www.wattuneeed.com>

²⁴ <https://www.windspireenergy.com/>

²⁵ <https://www.energymatters.com.au/images/Proven%20Energy/WT6000%20Direct%20Heating%20Manual.pdf>

²⁶ Fleck, B., & Huot, M. (2009). Comparative life-cycle assessment of a small wind turbine for residential off-grid use. *Renewable energy*, 34(12), 2688-2696.

²⁷ Balat, M. (2009). A review of modern wind turbine technology. *Energy Sources, Part A*, 31(17), 1561-1572.



Figura 1. Pregătirea ramurilor principale



Figura 2. Instalarea ramurilor principale pe placa suport

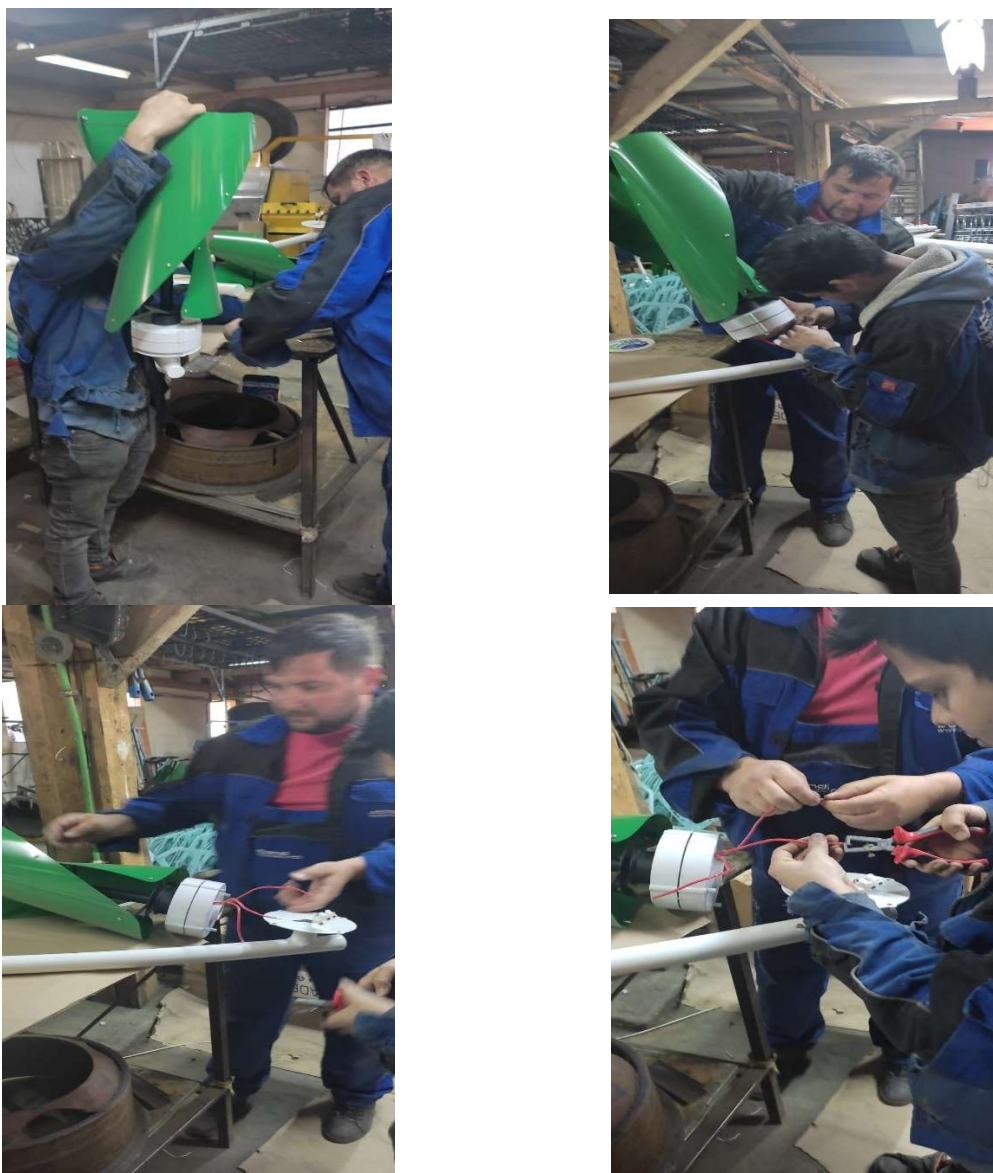


Figura 3. Asamblarea celor 27 de turbine eoliene



Figura 4. Turbinele eoliene montate pe ramurile secundare



Figura 5. Prototipul de turbina eoliana instalat

Definirea procedurii și a condițiilor de testare

Testarea în realitate de funcționare este un pas indispensabil și complex în dezvoltarea și optimizarea turbinelor eoliene. Obiectivele principale ale testării pentru turbine eoliene cuprind o gamă largă de aspecte, printre acestea se numără:

1. **analiza aerodinamică**: - campania de testare oferă un mediu în care inginerii pot efectua o evaluare aprofundată a proprietăților aerodinamice ale palelor turbinelor eoliene. Cercetătorii pot examina îndeaproape forțele de aerodinamice care acționează asupra palelor rotorului. Înțelegerea acestor forțe este esențială pentru optimizarea designului pentru a obține o eficiență maximă de conversie a energiei;

2. **integritate structurală**: - componentele turbinei eoliene suportă sarcini extreme în timpul funcționării, în special în cazul vântului turbulent. Testarea este vitală pentru identificarea potențialelor slăbiciuni structurale, cum ar fi vibrațiile și oscilațiile, care pot duce la oboseală și chiar la defecțiuni. Aceste informații sunt vitale pentru asigurarea fiabilității și siguranței pe termen lung a turbinelor eoliene.

3. **reducerea zgomotului**: - poluarea fonică este o preocupare în proiectele de energie eoliană. Testarea experimentală le permite cercetătorilor să evalueze zgomotul generat de turbinele eoliene și să dezvolte modificări de proiectare pentru a reduce nivelurile de zgomot. Acest lucru are potențialul de a minimiza impactul asupra comunităților locale și de a crește acceptabilitatea socială a proiectelor de energie eoliană.

4. **performanța**: - prin evaluarea diferitelor condiții de vânt, testarea poate determina puterea unei turbine eoliene la diferite viteze ale vântului. Aceste date sunt vitale pentru optimizarea performanței turbinei și pentru prezicerea cu precizie a generării de energie.

5. **validare și certificare**: - testarea este un pas critic în obținerea certificării pentru proiectele de turbine eoliene, asigurându-se că acestea îndeplinesc standardele de siguranță și performanță înainte de a fi implementate în teren.

Testarea în condiții reale de funcționare este un proces critic utilizat în mai multe domenii pentru a evalua performanța aerodinamică a obiectelor și pentru a studia fluxul de aer în jurul lor. În figura 6 este prezentată schema întregului ansamblu pentru testare

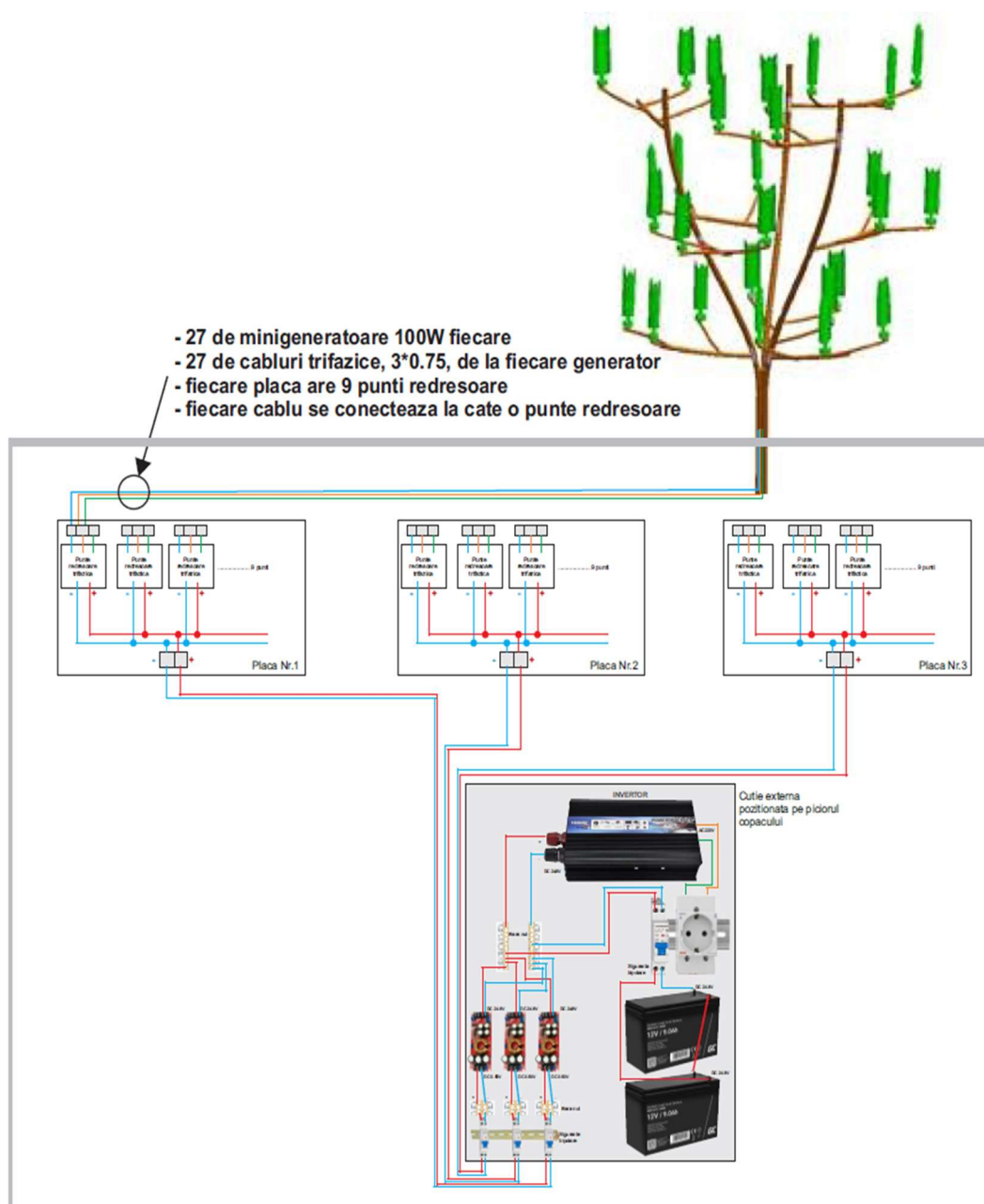


Figura 6. Schema întregului ansamblu pentru testare

Procedura pentru evaluarea experimenta;a implică de obicei următorii pași:

1. definirea obiectivelor: - ce aspecte specifice ale aerodinamicii obiectului sau ale fluxului de aer se doresc a fi studiate sau optimizate;

2. pregătirea modelului: - realizarea unui model la scară 1:1 al obiectului care urmeaza a fi testat;

3. instrumentatie: - instalarea de senzori și dispozitive de măsurare pe model și în jurul acestuia pentru a colecta date;

4. calibrare: - se realizeaza o calibrare a tuturos instrumentelor de măsurare pentru a asigura o colectare precisă și fiabilă a datelor în timpul testului.

5. colectarea datelor: - colectarea datelor despre puterea generata, turatie, etc;

6. analiza datelor: - analiza datelor colectate pentru a înțelege performantele obiectului în diferite condiții este realizata implicand post-procesarea și interpretarea datelor.

7. testare iterativă: - dacă rezultatele inițiale nu îndeplinesc obiectivele dorite, se fac ajustări la model sau condițiile de testare și se efectueaza teste suplimentare.

8. raportare: - se pregătește un raport cuprinzător care rezumă procedurile de testare, rezultatele și concluziile. Se includ si recomandări pentru îmbunătățiri sau optimizări ale designului.

9. documentație: - se documenteaza toate detaliile testarii, inclusiv configurarea, instrumentarea și analiza datelor. Această documentație este esențială pentru controlul calității și referințe viitoare.

Pentru măsurarea vitezei curentului din sufleria aerodinamică a fost folosita o statie meteo, ilustrata în figura 7.



Figura 7. Stația meteo WiFi

Convertizorul folosit este ilustrat în figura 8, având caracteristicile inscripționate pe el. Acesta este potrivit pentru generatoare cu o capacitate de până la 600W și baterii cu tensiune

electrică 12V/24V. Bateria este prezentată în figura 9 și caracteristicile sale sunt inscripționate pe carcasa ei.



Figura 8. Convertizorul



Figura 9. Bateria de 12V

Pentru monitorizarea tensiunii electrice și a intensității se vor monta un voltmetru în paralel și un ampermetru în serie, ale căror înregistrări vor fi evaluate cu ajutorul unui multimetru digital, de tipul celui din figura 10.



Figura 10. Multimetru digital



Figura. 11. Generatorul cu magneți permanenți

Generatoarele folosite sunt de tip sincron cu flux axial, cu magneți permanenți, având 9 de bobine statorice și o putere de aproximativ 100W. Acesta este prezentat în figura 11.

Realizarea campaniei de testare

Evaluarea experimentală a avut loc în condiții reale de funcționare pe platforma de lucru a coordonatorului proiectului, unde prototipul a fost instalat. După colectarea datelor

experimentale, acestea au fost prelucrate în vederea obținerii performanțelor. Puterea a fost determinată ca fiind produsul dintre intensitatea și tensiunea electrică măsurate.

$$P = UI \quad (1)$$

Indirect, s-a putut determina și coeficientul de putere, din formula puterii.

$$P = \frac{1}{2} \rho V_{\infty}^3 S c_p$$

V_{∞} - viteza vântului în suflerie
 S - suprafața turbinei

(2)

Cunoscând turația la ax și viteza curentului din suflerie au fost determinate valori pentru TSR.

$$TSR = \frac{\omega R}{V_{\infty}}$$

ω - viteza unghiulară
 R - raza turbinei

(3)

Mai departe s-a putut determina coeficientul de moment și în final momentul.

$$c_m = \frac{c_p}{TSR}$$
(4)

$$M = \frac{\rho}{2} S V_{\infty}^2 R c_m$$
(5)

Rezultatele colectate, precum și cele derivate din acestea sunt redată în tabelele de mai jos.

Tabel 1. Rezultate campanie testare – Ramura 1

	V [m/s]	n [rpm]	P [W]	I [A]	U [V]	ω [rad/s]	TSR	C _p
Turbina 1	2	19.09859	0.224	0.018667	12	2	0.200	0.112
	5	83.55635	5.15625	0.429688	12	8.75	0.350	0.165
	10	238.7324	52.75	4.395833	12	25	0.500	0.211
Turbina 2	2	16.2338	0.45	0.0375	12	1.7	0.170	0.225
	5	71.61973	9.75	0.8125	12	7.5	0.300	0.312
	10	262.6057	93.75	7.8125	12	27.5	0.550	0.375
Turbina 3	2	12.89155	0.302	0.025167	12	1.35	0.135	0.151
	5	52.52113	6.09375	0.507813	12	5.5	0.220	0.195
	10	148.0141	63.75	5.3125	12	15.5	0.310	0.255
Turbina 4	2	19.48057	0.22848	0.01904	12	2.04	0.204	0.114
	5	85.22748	5.259375	0.438281	12	8.925	0.357	0.168
	10	243.5071	53.805	4.48375	12	25.5	0.510	0.215
Turbina 5	2	17.0455	0.4725	0.039375	12	1.785	0.179	0.236
	5	75.20071	10.2375	0.853125	12	7.875	0.315	0.328
	10	275.736	98.4375	8.203125	12	28.875	0.578	0.394
Turbina 6	2	18.71662	0.21952	0.018293	12	1.96	0.196	0.110
	5	81.88522	5.053125	0.421094	12	8.575	0.343	0.162
	10	233.9578	51.695	4.307917	12	24.5	0.490	0.207
Turbina 7	2	19.57606	0.2296	0.019133	12	2.05	0.205	0.115
	5	85.64526	5.285156	0.44043	12	8.96875	0.359	0.169
	10	244.7007	54.06875	4.505729	12	25.625	0.513	0.216
Turbina 8	2	21.00845	0.2464	0.020533	12	2.2	0.220	0.123
	5	91.91198	5.671875	0.472656	12	9.625	0.385	0.182
	10	262.6057	58.025	4.835417	12	27.5	0.550	0.232
Turbina 9	2	18.90761	0.22176	0.01848	12	1.98	0.198	0.111
	5	82.72079	5.104688	0.425391	12	8.6625	0.347	0.163
	10	236.3451	52.2225	4.351875	12	24.75	0.495	0.209

Tabel 2. Rezultate campanie testare – Ramura 2

	V [m/s]	n [rpm]	P [W]	I [A]	U [V]	ω [rad/s]	TSR	C _p
Turbina 10	2	14.51493	0.266	0.022167	12	1.52	0.152	0.133
	5	50.85001	5.15625	0.429688	12	5.325	0.213	0.165
	10	140.3747	55.25	4.604167	12	14.7	0.294	0.221
Turbina 11	2	14.73266	0.26999	0.022499	12	1.5428	0.154	0.135
	5	51.61276	5.233594	0.436133	12	5.404875	0.216	0.167
	10	142.4803	56.07875	4.673229	12	14.9205	0.298	0.224
Turbina 12	2	15.24068	0.2793	0.023275	12	1.596	0.160	0.140
	5	53.39251	5.414063	0.451172	12	5.59125	0.224	0.173
	10	147.3934	58.0125	4.834375	12	15.435	0.309	0.232
Turbina 13	2	16.69217	0.3059	0.025492	12	1.748	0.175	0.153
	5	58.47751	5.929688	0.494141	12	6.12375	0.245	0.190
	8	129.1447	32.5312	2.710933	12	13.524	0.338	0.254
Turbina 14	2	17.6662	0.45	0.0375	12	1.85	0.185	0.225
	5	79.73663	7.5	0.625	12	8.35	0.334	0.240
	10	229.1831	75	6.25	12	24	0.480	0.300
Turbina 15	2	12.89155	0.3	0.025	12	1.35	0.135	0.150
	5	52.52113	6.09375	0.507813	12	5.5	0.220	0.195
	10	148.0141	63.75	5.3125	12	15.5	0.310	0.255
Turbina 16	2	14.32395	0.27	0.0225	12	1.5	0.150	0.135
	5	50.13381	5.15625	0.429688	12	5.25	0.210	0.165
	10	138.4648	52.5	4.375	12	14.5	0.290	0.210
Turbina 17	2	16.2338	0.45	0.0375	12	1.7	0.170	0.225
	5	83.55635	9.375	0.78125	12	8.75	0.350	0.300
	10	224.4085	76.25	6.354167	12	23.5	0.470	0.305
Turbina 18	2	12.70057	0.33	0.0275	12	1.33	0.133	0.165
	5	53.7148	6	0.5	12	5.625	0.225	0.192
	10	148.4916	65	5.416667	12	15.55	0.311	0.260

Tabel 3. Rezultate campanie testare – Ramura 3

	V [m/s]	n [rpm]	P [W]	I [A]	U [V]	ω [rad/s]	TSR	C _p
Turbina 19	2	14.70592	0.262	0.021833	12	1.54	0.154	0.131
	5	50.85001	5.09375	0.424479	12	5.325	0.213	0.163
	10	139.4197	54.25	4.520833	12	14.6	0.292	0.217
Turbina 20	2	16.71127	0.45	0.0375	12	1.75	0.175	0.225
	5	77.11057	7.3125	0.609375	12	8.075	0.323	0.234
	10	205.3099	72.75	6.0625	12	21.5	0.430	0.291
Turbina 21	2	10.69521	0.294	0.0245	12	1.12	0.112	0.147
	5	48.94015	5.46875	0.455729	12	5.125	0.205	0.175
	10	140.8521	60.25	5.020833	12	14.75	0.295	0.241
Turbina 22	2	14.32395	0.248	0.020667	12	1.5	0.150	0.124
	5	50.13381	5.4375	0.453125	12	5.25	0.210	0.174
	10	138.4648	63.5	5.291667	12	14.5	0.290	0.254
Turbina 23	2	16.71127	0.442	0.036833	12	1.75	0.175	0.221
	5	74.24578	8.0625	0.671875	12	7.775	0.311	0.258
	10	217.2465	77.5	6.458333	12	22.75	0.455	0.310
Turbina 24	2	12.89155	0.27	0.0225	12	1.35	0.135	0.135
	5	52.9986	5.65625	0.471354	12	5.55	0.222	0.181
	10	155.1761	57.75	4.8125	12	16.25	0.325	0.231
Turbina 25	2	15.94733	0.45	0.0375	12	1.67	0.167	0.225
	5	79.25917	8.90625	0.742188	12	8.3	0.332	0.285
	10	226.7958	86.25	7.1875	12	23.75	0.475	0.345
Turbina 26	2	13.84648	0.302	0.025167	12	1.45	0.145	0.151
	5	58.96691	6	0.5	12	6.175	0.247	0.192
	10	154.6986	58.5	4.875	12	16.2	0.324	0.234
Turbina 27	2	14.03747	0.26	0.021667	12	1.47	0.147	0.130
	5	53.47606	4.53125	0.377604	12	5.6	0.224	0.145
	10	130.8254	62	5.166667	12	13.7	0.274	0.248

În graficele următoare sunt reprezentate puterea în funcție de viteză, evoluția turației în funcție de viteză și variația coeficientului de putere cu TSR-ul pentru o ramura principală.

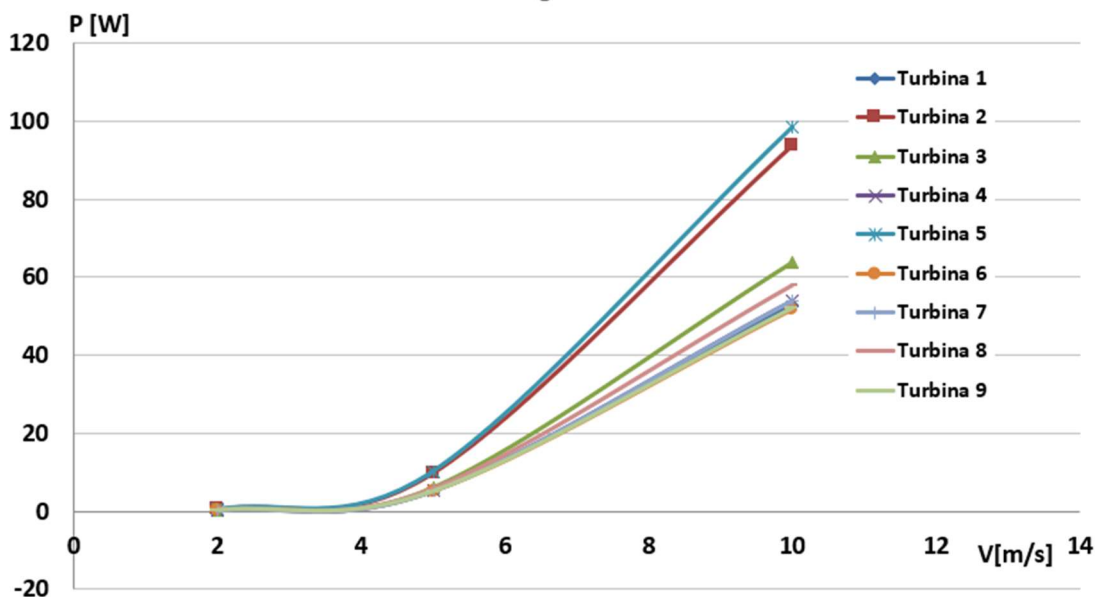


Figura 12. Putere vs viteza curentului de aer – ramura principală 1

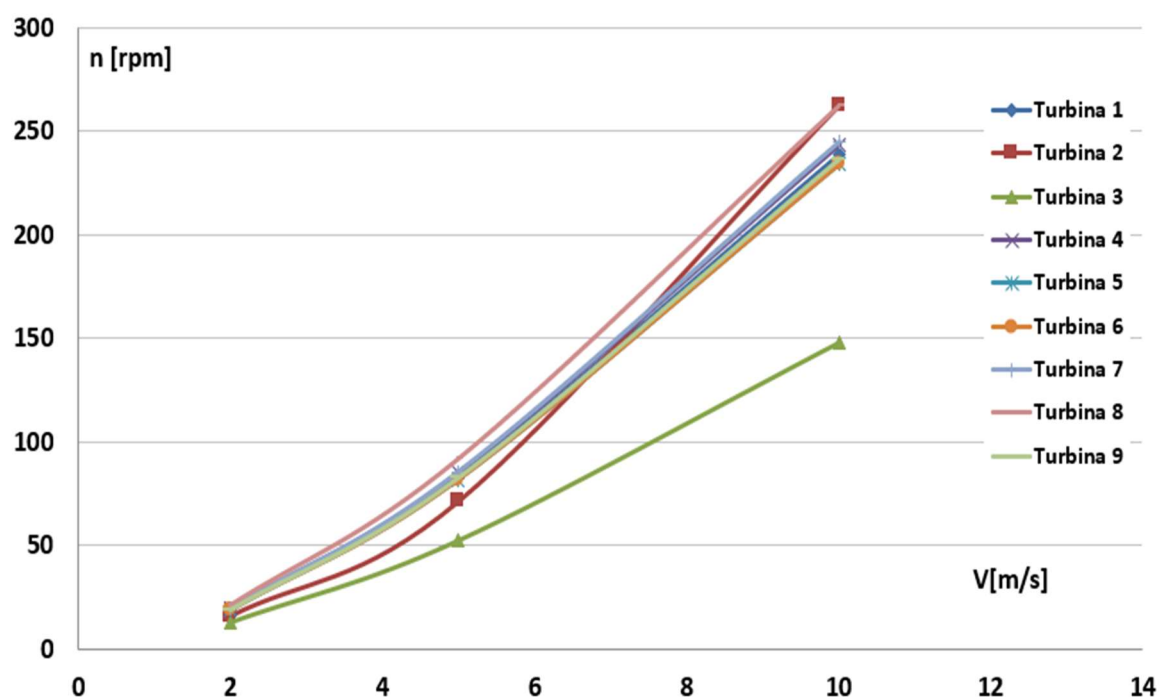


Figura 13. Turație vs viteza vantului - ramura principala 1

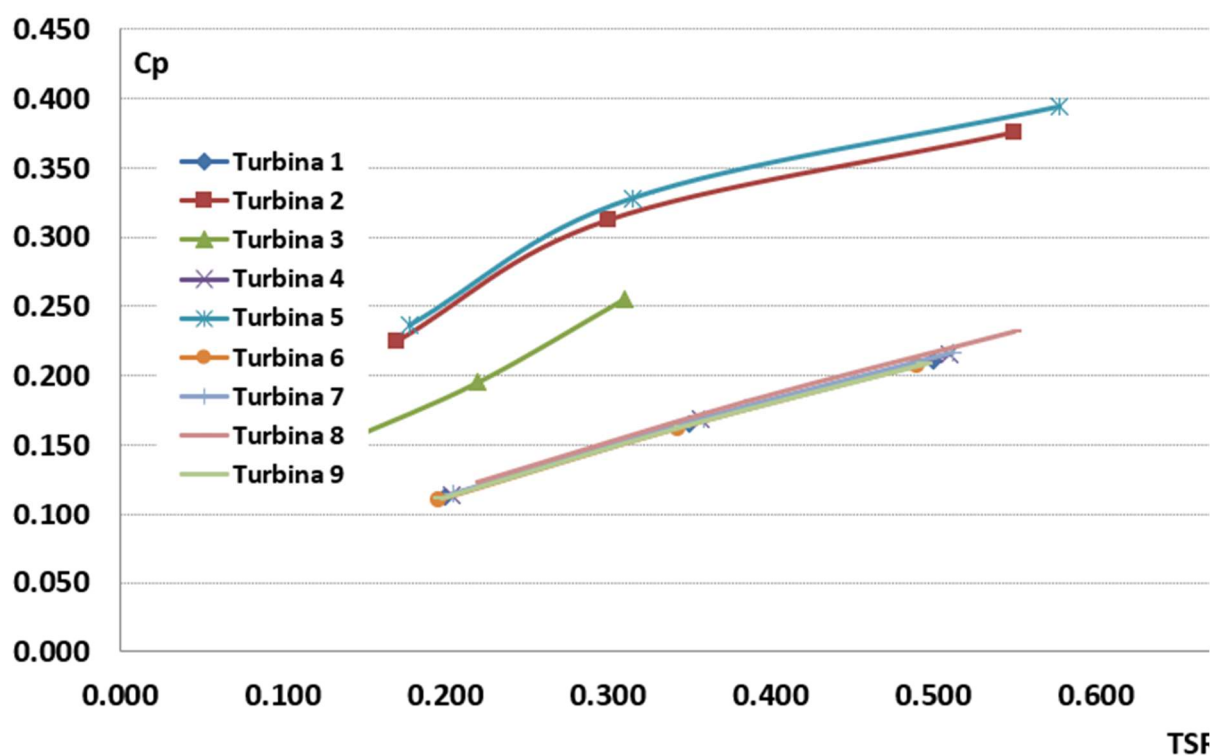


Figura 14. Coeficientul de putere vs TSR - ramura principala 1

- Un sumar al progresului (livrabile realizate, indicatori de rezultat, diseminarea rezultatelor, justificare diferențe, dacă e cazul);

Acest memoriu tehnic reprezintă livrabilul etapei 3 al proiectului " Validarea prototipului de Micro-Turbină Eoliană cu Ax Vertical pentru Integrarea în Arhitectura Urbană ". În cadrul acestui memoriu tehnic au fost realizate asamblarea și instalarea prototipului, definirea procedurii și a condițiilor de testare și au fost făcute măsurători în condiții reale de funcționare.

În ceea ce privește procesul de diseminare s-a participat la o conferință internațională , unde a fost afișat posterul proiectului. Deasemenea a fost trimis spre publicare articolul „*High-precision numerical investigation of a VAWT starting process*” într-un jurnal ISI cu factor de impact 5,2. Totodată a fost actualizată și pagina web a proiectului.

- Un rezumat executiv al activităților realizate în perioada de implementare (max. 1 pag.). Acesta poate fi publicat de către Autoritatea Contractantă în pagina web a competiției.

Propunerea de proiect are obiectiv principal dezvoltarea, fabricarea și validarea în condiții reale de funcționare a unui nou concept de turbină eoliană de forma unui copac, ce include în configurația sa mai multe micro-turbine optimizate de tip Savonius. Conceptul va facilita integrarea turbinelor eoliene în zonele urbane și în vecinătatea acestora. Prin intermediul prototipului propus se urmărește producerea de energie regenerabilă la scară mică, turbina fiind potrivită pentru aplicații în sectoarele economice ce prezintă potențial de dezvoltare, care înglobează consumatorii de nivel mic sau mediu.

În cadrul acestui memoriu tehnic au fost realizate asamblarea și instalarea prototipului, definirea procedurii și a condițiilor de testare și au fost făcute măsurători în condiții reale de funcționare.



Director de proiect
(Nume, prenume, Semnătură)

Ing. DURAN Bogdan