

# RST - Raportul științific și tehnic in extenso

## Etapa III – Evaluarea tehnologiilor dezvoltate in scenariile de test

2026

*Studiu metodologic privind potențialul de dezvoltare a microrețelelor și integrarea energiilor regenerabile în Africa de Nord.*

**A comprehensive methodological approach on the development potential of microgrids and the integration of renewable energies in North Africa**

**[MiDiNA]**

**Consortiu:**

<b>Organizație parteneră</b>	<b>Prescurtare</b>	<b>Tipul Organizației</b>	<b>Tara</b>
(CO) Nantes Université	(NU)	<b>Academic</b>	Franța
M'sila University	(MU)	<b>Academic</b>	Algeria
Université Sidi-Mohamed Ben- Abdellah	(USMBA)	<b>Academic</b>	Maroc
Université Mohammed V de Rabat	(UM5R)	<b>Academic</b>	Maroc
<b>Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca</b>	<b>(UTCN)</b>	<b>Academic</b>	Romania
Aouina Kamel	(KA-SE)	<b>Interprindere mica</b>	Algeria
M'sila University	(MU)	<b>Academic</b>	Algeria

1	Descrierea Științifică și Tehnică .....	3
1.1	Introducere .....	3
1.2	Cuantificarea robusteții algoritmilor de control dezvoltati prin reactia lor la diferite conditii de defect a rețelei (WP2).....	3
1.3	Testarea, evaluarea si validarea strategiilor pentru managementul cooperativ al microgridurilor ..	10
1.3.1	Evaluarea si validarea tehnicii pentru management cooperativ al microgridurilor in contextul operării izolate.....	11
1.3.2	Evaluarea si validarea modelului de colaborare a microgridurilor pentru participarea in piețe de energie	12
1.4	Sinteza politicilor europene. Propunerea de strategii de promovare pentru implementarea pe termen lung (WP4).....	15
1.4.1	Preferințele consumatorilor și adoptarea energiei regenerabile .....	15
1.4.2	Strategii de promovare și educare pentru adoptarea energiilor regenerabile în Uniunea Europeană	16
1.4.3	Temele dominante în campanii .....	17
1.4.4	Strategii pentru promovarea energiei regenerabile.....	18
2	Sumar al progresului.....	19
3	Rezumat executiv al activităților realizate.....	19

## 1 Descrierea Științifică și Tehnică

### 1.1 Introducere

Proiectul MiDiNA propune un studiu cuprinzător, interdisciplinar, care integrează aspecte tehnice, economice și sociale pentru a evalua modul în care microrețelele (MR) pot aborda problemele de reziliență energetică și pot promova implementarea resurselor regenerabile în regiunea Africii de Nord.

În contrast cu utilizarea unor soluții de microrețele rezidențiale predefinite, adaptate specificului țărilor din Europa sau America de Nord, obiectivul fundamental al acestui demers este de a demonstra necesitatea și eficiența adaptării la contextul local. Prin luarea în considerare a scenariilor specifice africane – incluzând condițiile meteorologice extreme și nevoile reale ale populației locale – se obține o rentabilitate net superioară și o reducere semnificativă a costurilor.

- **Structura Proiectului și Contribuția UTCN**

Pentru a atinge aceste obiective, realizarea studiului interdisciplinar este structurată pe patru pachete de lucru (Work Packages - WP):

- **(WP1)** Tehnologii, modelare și dimensionare tehnico-economică a unui MR rezidențial;
- **(WP2)** Controlul rezilient al unei microrețele;
- **(WP3)** Cooperare și coordonare a microrețelelor pentru funcționarea în afara rețelei;
- **(WP4)** Perspective socio-economice.

Activitățile principale din cadrul **etapei III-2026** al proiectului MiDiNA desfășurate în cadrul UTCN sunt următoarele:

### 1.2 Cuantificarea robusteții algoritmilor de control dezvoltati prin reactia lor la diferite conditii de defect a rețelei (WP2)

#### 1.2.1 Testarea prin simulare a comportamentului sistemului în condiții de defect al rețelei (Regim autonom/insularizat)

În acest capitol se evaluează robustețea algoritmilor de control ai microrețelei în situația apariției unui defect major care conduce la deconectarea de la rețeaua publică de distribuție (trecerea în regim de funcționare autonomă).

Metodologie și scenarii de simulare pentru a valida funcționarea sistemului, au fost simulate 3 regimuri funcționale critice, reprezentative pentru starea microrețelei în momentul decuplării:

- **Lipsă producție, consum activ: Sursele regenerabile (PV și eolian) nu generează energie.** Sarcina este menținută și acoperită exclusiv de bateria de stocare. [A se vedea Figurile 1-2]

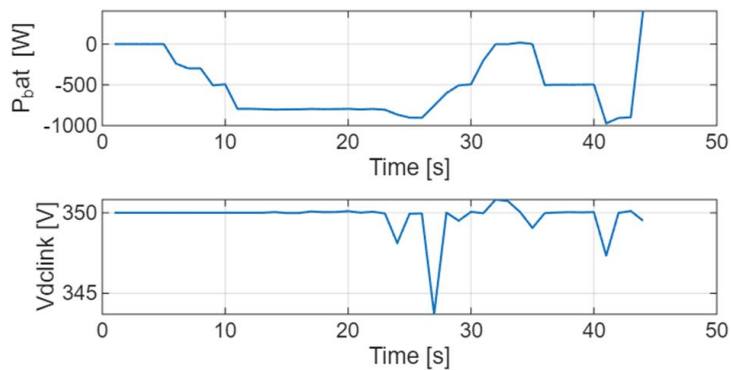


Figura 1. Oscilograma a puterii bateriei si a nivelului de tensiune continua

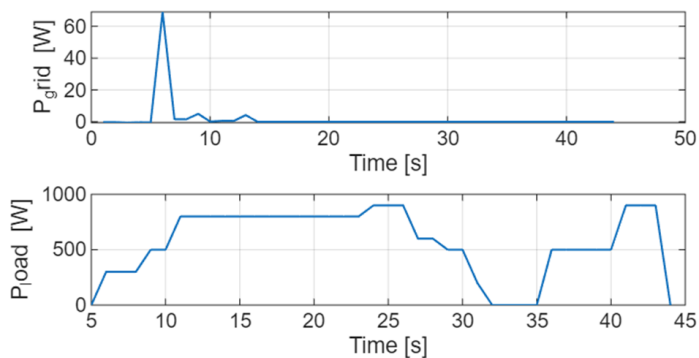


Figura 2. Oscilograma a puterii de la retea si a puterii absorbite de sarcina

- **Producție activă, lipsă consum: Sistemele PV și eoliene generează putere, dar nu există consumatori interni activi.** Toată energia produsă anterior injectată în rețea trebuie gestionată intern. *[A se vedea Figurile 3-5]*

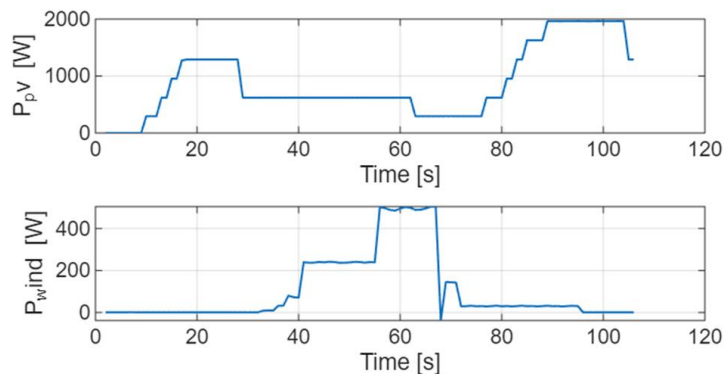


Figura 3. Oscilograma a puterii produse de turbina eoliana si de panourile solare

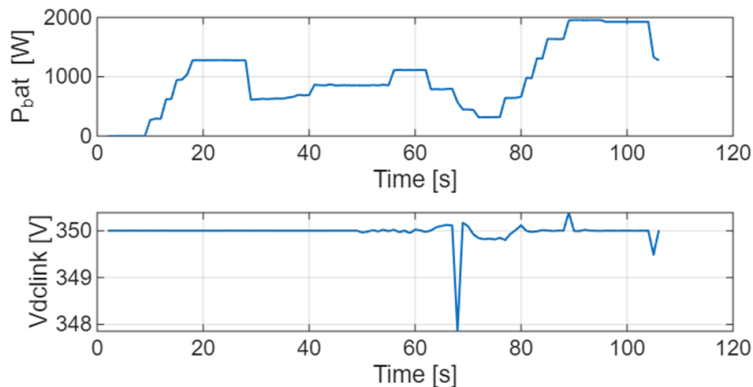


Figura 4. Oscilograma a puterii vehiculate pe baterie si a nivelului de tensiune continua

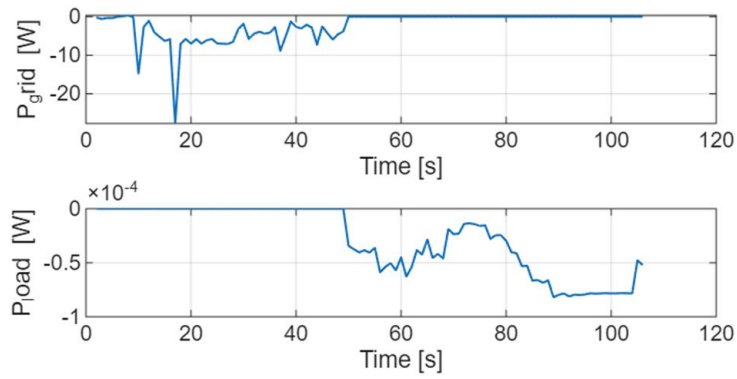


Figura 5. Oscilograma a puterii la rețea și a puterii pe sarcină

- **Producție și consum simultan: Regimul mixt în care microrețeaua produce energie, alimentează o sarcină locală, iar rețeaua publică dispare brusc. [A se vedea Figurile 6-8]**

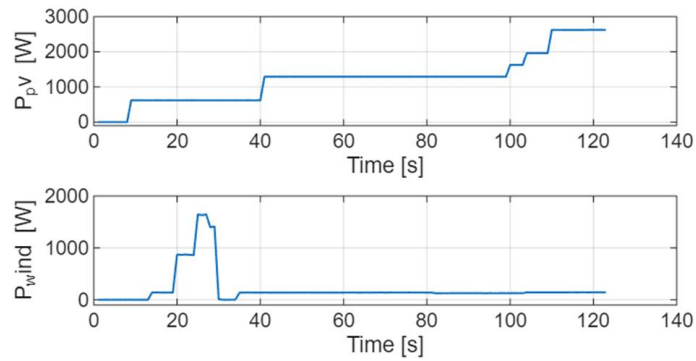


Figura 6. Oscilograma a puterilor produse

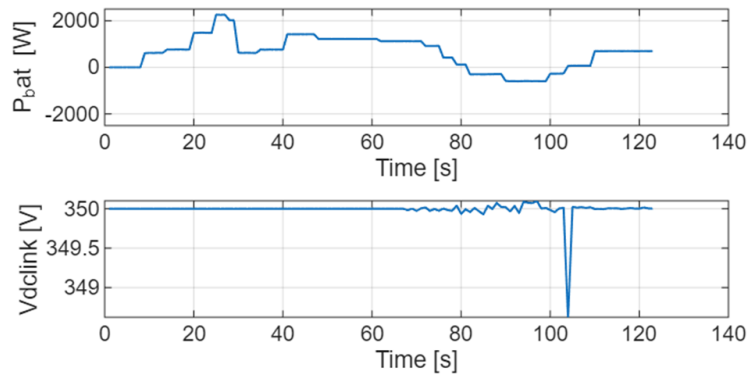


Figura 7. Oscilograma a puterii bateriei și a nivelului de tensiune continuă

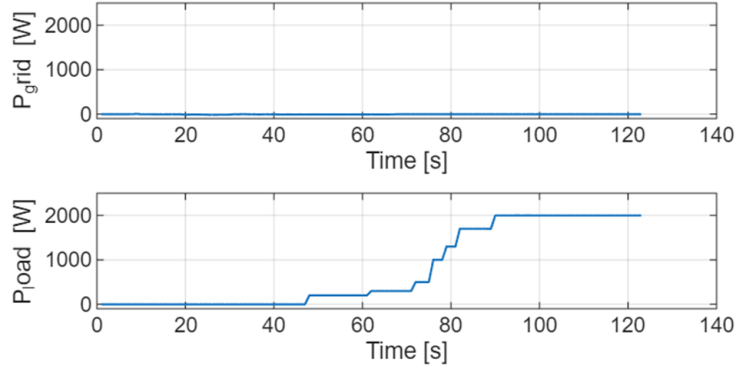


Figura 8. Oscilograma a puterii de la rețea și a puterii sarcinii

## Rezultate obținute

- Stabilitatea tensiunii: În toate cele 3 scenarii simulate, la momentul decuplării de la rețea, convertorul bateriei preia instantaneu reglajul, menținând cu succes nivelul de tensiune continuă la referința de 350V. Au fost înregistrate doar oscilații tranzitorii minore.
- Continuitatea alimentării: Oscilogrammele demonstrează că puterea livrată către sarcină nu este alterată de dispariția rețelei. Sarcina este alimentată corect și continuu în regimurile 1 și 3.
- Gestionarea excedentului energetic: În scenariile 2 și 3, invertorul bateriei își adaptează instantaneu funcționarea, preluând și stocând integral excedentul de energie.

Concluzii. Simulările confirmă că etajul de control dezvoltat este înalt robust, asigurând operarea stabilă în regim insularizat. Detalierea altor tipologii specifice de defecte ale rețelei a fost considerată redundantă, deoarece orice anomalie majoră se traduce prin acționarea contactoarelor de protecție, sistemul trecând automat într-unul dintre cele trei regimuri validate.

---

### 1.2.2 Analiza comportamentului unei comunități energetice și dimensionarea optimă a resurselor de producție (fotovoltaic, eolian) și stocare.

Studiul utilizează date reale de consum (18 contoare, scalate pentru 54 de locuințe) și date meteorologice locale, colectate la intervale de 15 minute, pentru a simula și evalua performanța unei microrețele rezidențiale. *[A se vedea Figura 10 pentru profilul agregat de consum]*

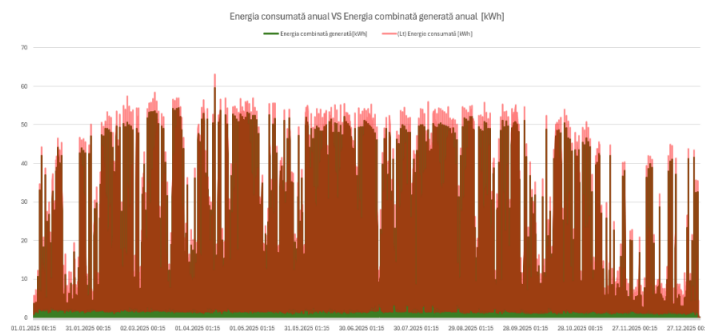


Figura 10: Profilul agregat de consum, evidențiind variațiile zilnice și perioadele de vârf de consum.

### Metodologie și Dimensionare

- Estimarea producției regenerabile: S-a realizat prin corelarea datelor meteorologice (iradiere solară, viteza vântului, temperatură) cu eficiența echipamentelor. Analiza a evidențiat complementaritatea majoră a energiei eoliene față de cea solară, compensând deficitele în perioadele nocturne și în sezonul rece, crescând astfel stabilitatea microrețelei. *[A se vedea Figura 11]*

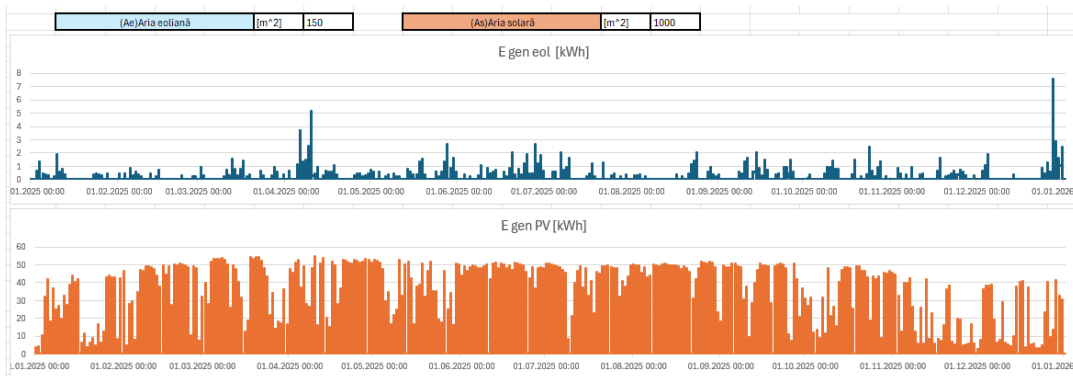


Figura 11. Profilul estimat a producției eoliene respectiv fotovoltaice

- Dimensionarea sistemului de stocare (baterii): S-a realizat pe baza analizei a două scenarii critice anuale extreme:
  1. Ziua cu cel mai mare consum energetic anual (ex. 19.07.2025) în condiții meteo nefavorabile.
  2. Ziua cu cea mai mare producție de energie regenerabilă. Această abordare a permis un compromis optim între capacitatea de stocare a surplusului, acoperirea deficitului și eficiența economică. [A se vedea Figura 12]

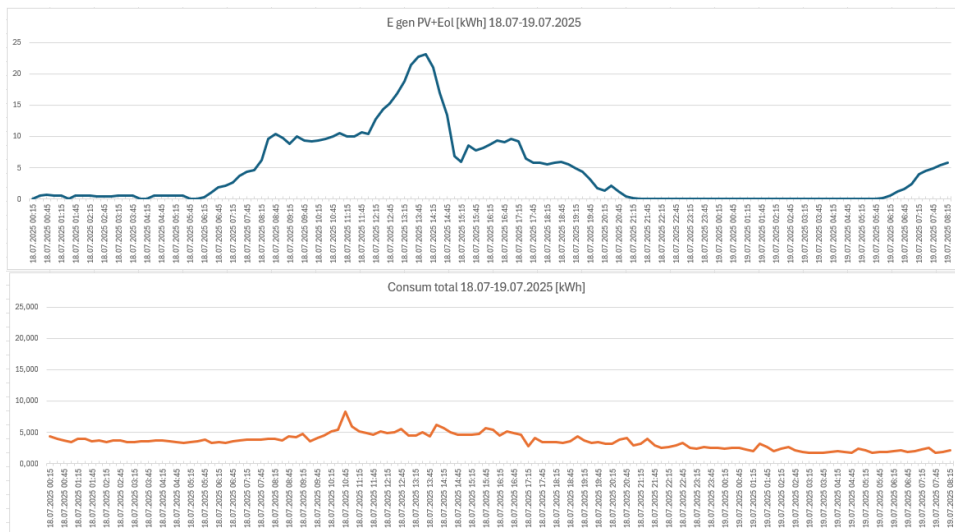


Figura 12. Curbele de consum respectiv generare pentru ziua de maxim anual înregistrat (19.07.2025)

Rezultate obținute și Performanța Sistemului Simulările au evidențiat un comportament dinamic al sistemului, cu un impact direct asupra interacțiunii cu rețeaua electrică națională:

- Optimizarea profilului de consum: Bateria se încarcă în intervalele de prânz (vârf de producție PV) și se descarcă seara/noaptea, reducând variațiile de putere la interfața cu rețeaua și minimizând pierderile de energie regenerabilă. [A se vedea Figura 13]

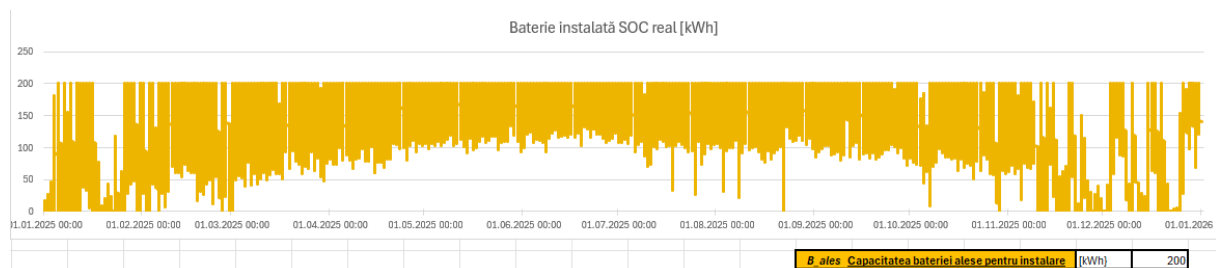


Figura 13. Fluctuația nivelului de încărcare a bateriei de stocare instalate

- Sezonalitatea autosuficienței:
  - *Regim autosuficient*: Din primăvară până la începutul toamnei (septembrie), producția locală și stocarea acoperă integral necesarul de consum al comunității.
  - *Regim dependent de rețea*: În intervalul septembrie – martie, din cauza scăderii iradierii solare și creșterii cererii, sistemul necesită import de energie din rețea pentru acoperirea deficitului.

Concluzii: Integrarea unui sistem hibrid (PV + Eolian) cu stocare dimensionată pe baza scenariilor critice crește semnificativ gradul de autoconsum și asigură independența energetică a microrețelei pe parcursul sezonului cald, limitând dependența de rețea doar la lunile de iarnă.

### 1.2.3 Testarea experimentală a generatorului eolian

Obiectivul etapei Fabricarea prototipului de generator electric pentru aplicații eoliene de mică putere și validarea performanțelor acestuia pe standul de probe, prin comparație directă cu rezultatele obținute în simulările numerice 3D.

Realizarea Prototipului

- **Satorul:** A fost fabricat din tole de oțel electrotehnic laminat (lungime activă de 40 mm), având o structură modulară. S-au utilizat înfășurări concentrate din cupru (două conductoare de 2 mm în paralel) pentru a asigura un design specific aplicațiilor de mică putere (tensiune joasă și curent mare).
- **Rotorul:** Urmează un concept modular, combinând poli din oțel laminat cu magneți permanenți dispuși radial. Structura este rigidizată mecanic între flanșe de aluminiu și o carcasă printată 3D din material plastic, soluție care asigură o masă redusă și previne apariția unor căi suplimentare pentru fluxul magnetic de scăpări.

Configurația Standului Experimental

Testarea s-a realizat pe un stand dedicat, format dintr-un motor de curent continuu de 7,7 kW (utilizat ca emulator al micro-turbinei eoliene), un reductor (raport 7,5:1), traductor de cuplu/viteză și o platformă de control în timp real dSPACE 1103 pentru achiziția datelor. Sarcina a fost asigurată de un redresor în punte trifazată conectat la rezistențe variabile. [A se vedea Figura 14]

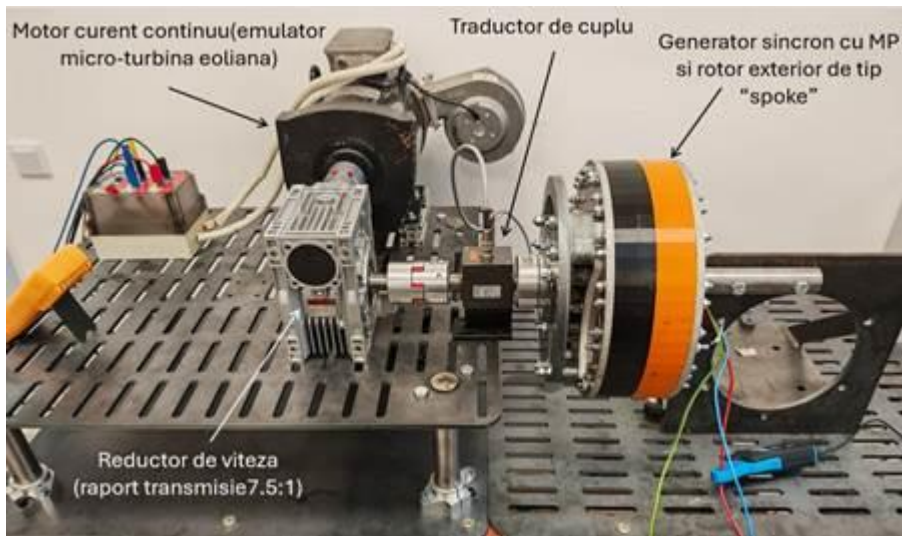


Figura 14. Standul de testare experimentală.

Rezultate obținute și Validarea Modelului Comparația dintre testele experimentale și modelul electromagnetic 3D a evidențiat următoarele: [A se vedea Figurile 15-18]

- Performanțe la viteze joase/medii (sub 4 m/s): S-a obținut o concordanță excelentă între datele experimentale și simulare, cu o marjă de eroare sub 1% pentru indicatorii principali. Aceasta validează ipotezele geometrice și de material ale modelului 3D.
- Performanțe la viteze superioare (> 4 m/s): Au apărut mici abateri, traduse printr-o ușoară reducere a tensiunii de fază măsurate (cauzate probabil de căderile de tensiune pe conductoarele externe și de un întrefier echivalent real ușor mai mare decât cel simulat).
- Eficiența sistemului: Pierderile mecanice ale rulmenților au fost excluse din comparația strict electromagnetică. La o viteză a vântului de 6 m/s, randamentul experimental a atins aproximativ 66%, comparativ cu valoarea de 73% estimată teoretic.

Concluzii: Prototipul dezvoltat este optimizat și demonstrează performanțe ridicate preponderent la viteze joase și medii ale vântului. Pentru o funcționare eficientă la viteze superioare, ar fi necesară o creștere corespunzătoare a turației rotorului.

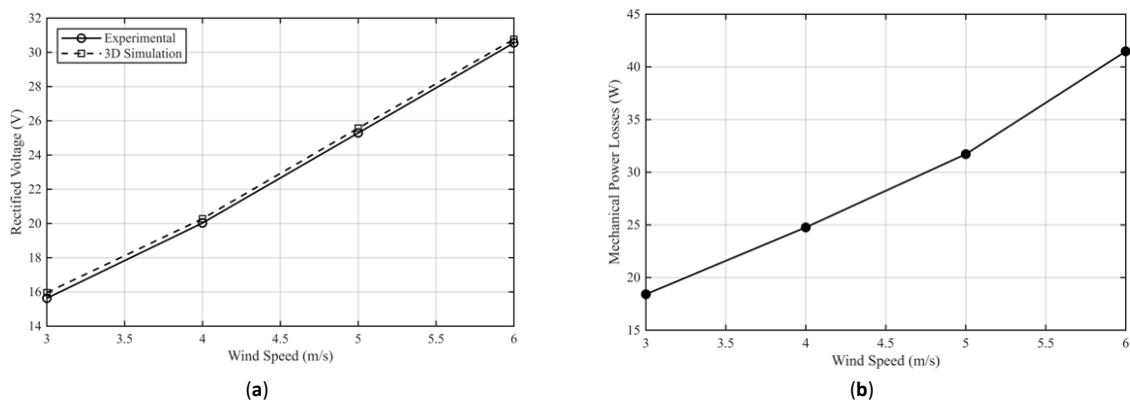


Figura 15. Testare la mersul în gol: (a) tensiunea de fază simulată și măsurată; (b) pierderi mecanice determinate experimental.

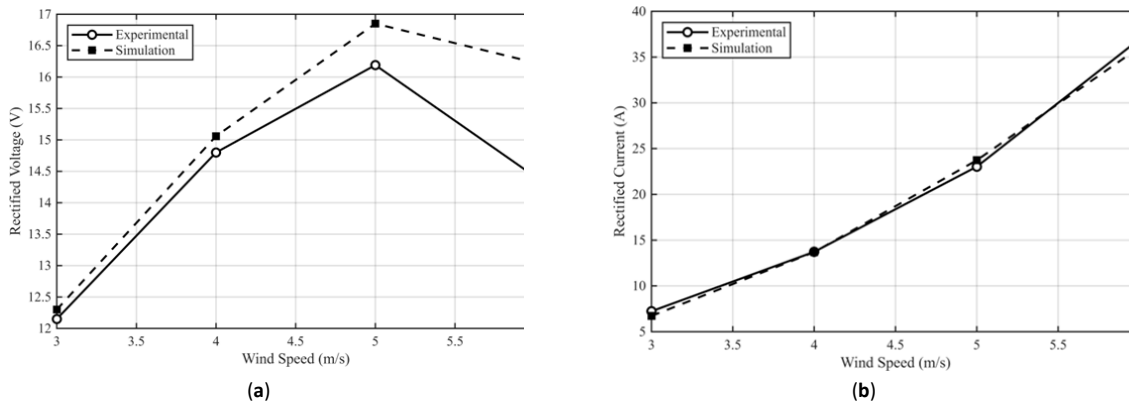


Figura 16. Comparație a rezultatelor de testare în sarcină (simulare și experimental): (a) tensiune de fază; (b) curent de fază.

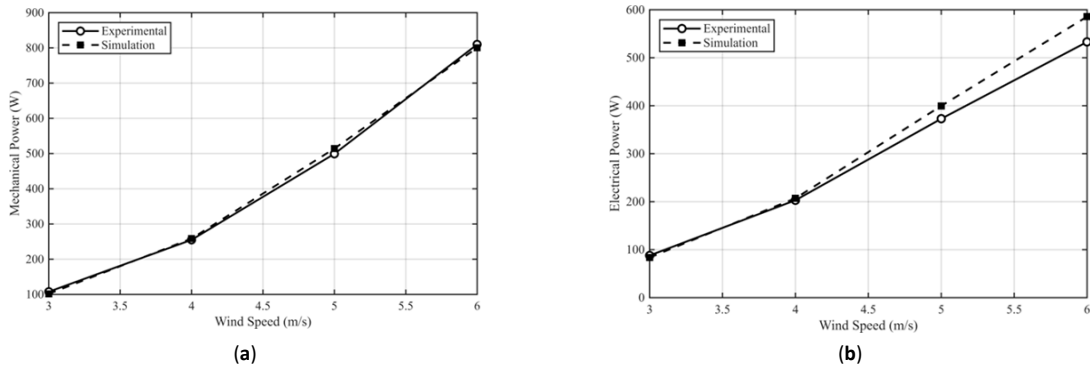


Figura 17. Comparație a rezultatelor de testare în sarcină (simulare și experimental): (a) puterea mecanică; (b) puterea electrică.

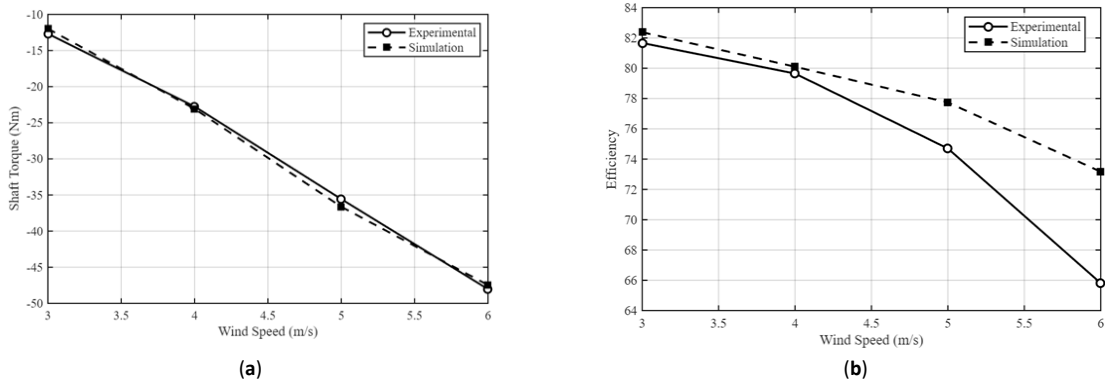


Figura 18. Comparație a condițiilor de încărcare între simularea 3D și rezultatele experimentale: (a) cuplu electromagnetic; (b) randament.

### 1.3 Testarea, evaluarea și validarea strategiilor pentru managementul cooperativ al microgridurilor

Acest capitol prezintă rezultatele obținute în urma testării și evaluării strategiilor pentru managementul cooperativ al microgridurilor descrise în RST 2025. Aceste rezultate au fost raportate în livrabilele oficiale ale proiectului și stau la baza unui articol aflat trimis spre evaluare la un jurnal indexat Web of Science<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> V. Chifu, I. Danci, C. B. Pop, I. Anghel, T. Cioara, A. A. Pop, Ș. Breban, Memetic-based Coordination of Distributed Storage Units Flexibility for Congestion Management, 2026, Applied Artificial Intelligence, Taylor & Francis, WoS Q2, IF 3.9, submitted - under review

### 1.3.1 Evaluarea și validarea tehnicii pentru management cooperativ al microgridurilor în contextul operării izolate

Pentru a optimiza cooperarea și administrarea tranzacțiilor de energie, în cadrul RST 2025 am proiectat și dezvoltat un model teoretic bazat pe teoria jocurilor, care structurează interacțiunile și comportamentele entităților implicate. Tranzacționarea energiei este realizată în regim peer-to-peer (P2P), ceea ce presupune că microgridurile interacționează direct, luând decizii autonome în cadrul procesului de negociere și schimb energetic.

Pentru validarea algoritmului implementat, a fost utilizat un set de date alcătuit din 100 de microgriduri. Setul de date include, pentru fiecare microgrid, următoarele informații: un identificator unic, strategia de tranzacționare asociată (respectiv Dove sau Hawk), nivelul de energie stocat în baterie înainte de începerea tranzacționării, pragurile minime și maxime de stabilitate energetică (BT și ST), capacitatea maximă a bateriei și numărul de cicluri de încărcare/descărcare rămase. Valorile BT și ST diferă de la un microgrid la altul, modelând un scenariu realist în care fiecare baterie are propriile limite operaționale.

Figura 1 prezintă nivelul de încărcare al bateriilor înainte de începerea procesului de tranzacționare evidențiind o variabilitate considerabilă a nivelului de energie stocat în bateriile microgridurilor, cu valori cuprinse între aproximativ 2 kWh și peste 12 kWh. Această distribuție eterogenă reflectă posibilele diferențe în starea inițială de energie a microgridurilor, înainte de intrarea acestora în procesul de tranzacționare. Prin modelarea acestor variații, comportamentul algoritmului propus a fost evaluat într-un scenariu realist, în care microgridurile din rețea pot avea niveluri diferite de energie stocată în baterii, în funcție de producția locală de energie regenerabilă și de propriul consum.

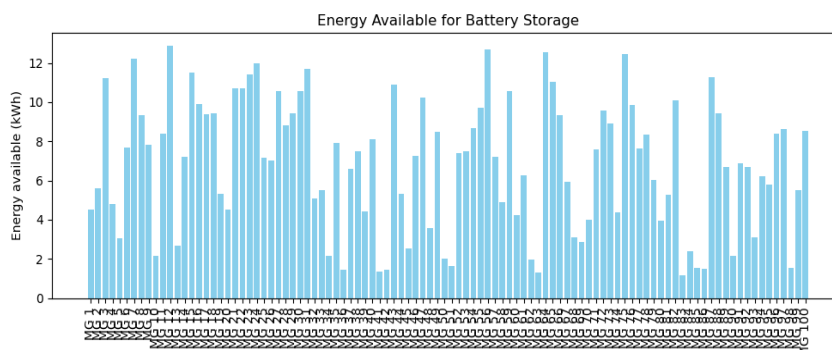


Figura 1: Starea inițială de încărcare a bateriilor

În analiza performanței algoritmului genetic aplicat tranzacționării de energie între microgriduri, au fost evaluate trei aspecte esențiale: stabilitatea bateriilor microgridurilor, payoff-ul fiecărei microgrid în funcție de strategia adoptată și energia tranzacționată în funcție de strategiile utilizate. Aceste analize oferă o perspectivă detaliată asupra impactului diferitelor comportamente adoptate de microgriduri asupra procesului de tranzacționare.

Un indicator important în evaluarea eficienței tranzacționării energiei este stabilitatea bateriilor microgridurilor după finalizarea tranzacțiilor. Graficul din Figura 2 ilustrează starea fiecărei baterii atât înainte, cât și după efectuarea tranzacțiilor.

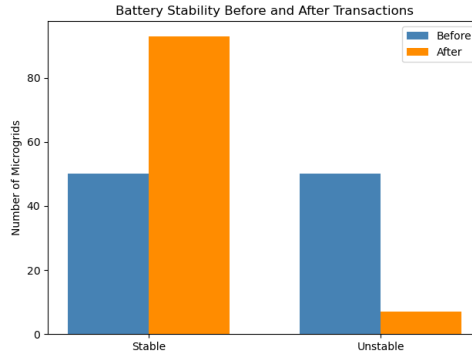


Figura 2: Starea bateriilor microgridurilor înainte și după tranzacții

Analiza arată că, în urma procesului de tranzacționare, 93 dintre baterii ajung într-o stare stabilă. Acest rezultat indică faptul că algoritmul genetic este capabil să identifice combinații eficiente de microgriduri între care să se realizeze schimbul de energie, astfel încât să se atingă un echilibru la nivelul rețelei și o distribuție adecvată a resurselor energetice.

Pentru a evalua impactul strategiilor de tranzacționare adoptate de microgriduri asupra performanței economice, am analizat distribuția payoff-urilor (respectiv a profiturilor) atât pentru vânzătorii, cât și pentru cumpărătorii, în funcție de combinațiile de strategii utilizate în procesul de tranzacționare. Figura 3 ilustrează profitul obținut de vânzătorii în urma interacțiunilor cu cumpărătorii care adoptă strategii diferite, respectiv Hawk și Dove. Se observă că vânzătorii care adoptă strategia Hawk tind să obțină profituri mai mari în interacțiunile cu cumpărătorii de tip Dove, ceea ce indică faptul că o strategie agresivă este avantajoasă în raport cu una mai permisivă. În schimb, în tranzacțiile cu cumpărătorii de tip Hawk, profiturile vânzătorilor Hawk variază considerabil, reflectând un mediu competitiv caracterizat printr-un nivel ridicat de incertitudine. Vânzătorii de tip Dove înregistrează profituri mai moderate, dar distribuite mai uniform, sugerând o strategie conservatoare, cu un nivel de risc mai redus.

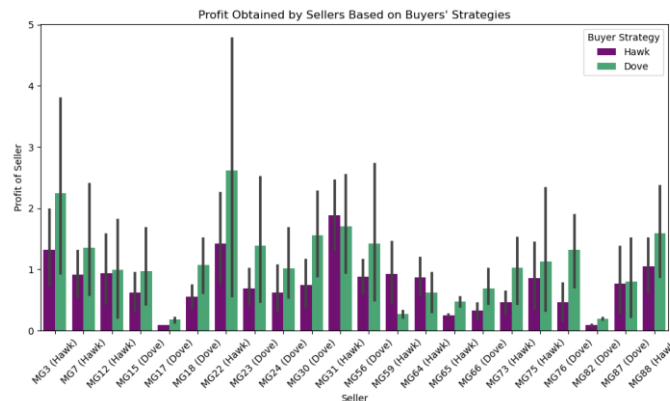


Figura 3: Profitul obținut de vânzătorii în funcție de strategiile cumpărătorilor

### 1.3.2 Evaluarea și validarea modelului de colaborare a microgridurilor pentru participarea în piețe de energie

Modelul de colaborare care simulează procesul de tranzacționare a energiei pe piața energetică considera comunități locale de microgriduri care produc energie regenerabilă. La un moment de timp, obiectivul principal al tehnicii dezvoltate în Etapa corespunzătoare anului 2025 este să se identifice o coaliție optimă care să poată satisface cererea sau surplusul de energie pe piața energetică astfel formând coaliții în funcție de starea pieței.

Pentru evaluarea algoritmului implementat utilizăm date agregate de producție și consum la nivelul microgridurilor pentru a simula procesele de încărcare și descărcare a bateriilor, gestionând astfel surplusul și deficitul de energie. În acest scop, analizăm două scenarii importante de tranzacționare a energiei: vânzarea de energie pe piață și achiziția de energie de pe piață. Datele necesare pentru rularea simulării provin dintr-un set de date<sup>2</sup>, care oferă informații detaliate despre comportamentele energetice ale prosumatorilor, incluzând consumul și producția de energie, precum și prețurile de achiziție și vânzare a energiei. Setul de date conține informații despre consumul de energie al fiecărui prosumator la intervale de 15 minute, precum și despre producția lor de energie. De asemenea, sunt disponibile informații privind prețurile de achiziție și vânzare a energiei, esențiale pentru calcularea prețurilor de tranzacționare pe piață. În plus, setul de date include informații despre starea bateriei fiecărei microgrid, cum ar fi energia stocată inițial, capacitatea maximă a bateriei, ratele de încărcare și descărcare, precum și eficiența proceselor de încărcare și descărcare a bateriei. Figura 4 ilustrează energia disponibilă în bateria fiecărei microgrid la momentul tranzacționării și cantitatea de energie pe care bateria o mai poate stoca.

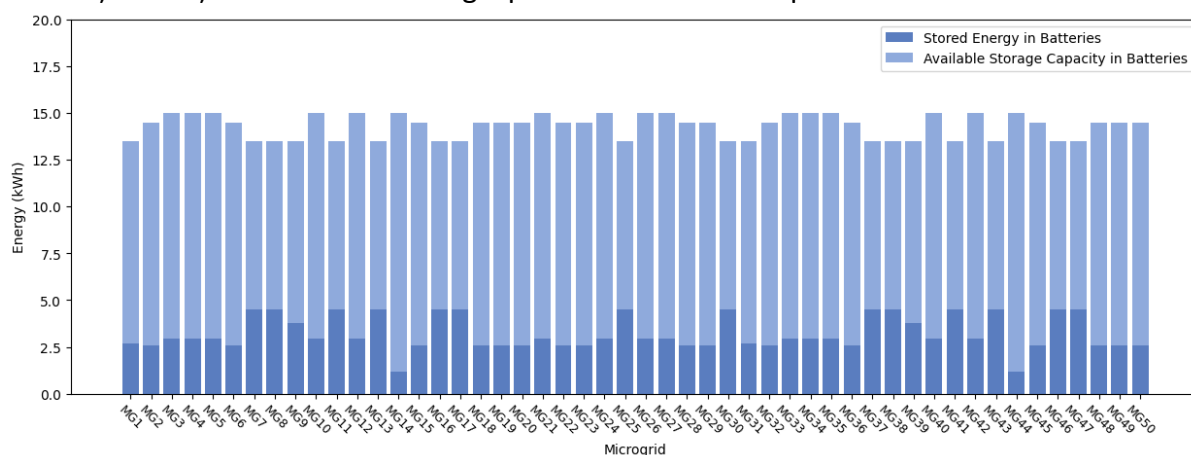


Figura 4: Energia inițială stocată în baterii și capacitatea disponibilă de stocare în baterii

Am analizat pentru scenariul surplusului de energie, economiile și costurile fiecărei microgrid selectat în cadrul coaliției optime, precum și evoluția surplusului de energie pe piață înainte și după tranzacționare. În mod similar, pentru scenariul deficitului de energie, am examinat veniturile și costurile fiecărei microgrid selectate în coaliția optimă, precum și evoluția deficitului de energie pe piață înainte și după tranzacționare. Pentru fiecare dintre cele două scenarii (deficitul de energie pe piață și surplusul de energie pe piață), se va considera aceeași stare inițială a fiecărei microgrid implicate în procesul de tranzacționare. Pentru primul scenariu, Figura 5 (a) ilustrează distribuția microgridurilor incluse în coaliția optimă față de cele excluse, în funcție de energia disponibilă în baterie, iar Figura 5 (b) arată distribuția numărului rămas de cicluri de încărcare-descărcare pentru fiecare microgrid, în scenariul surplusului energetic.

<sup>2</sup> R. Faia, J. Soares, M. Ghazvini, J. Franco, Z. Vale, Energy consumption and PV generation data of 50 prosumers and energy consumption of 40 electric vehicles - 15-minute resolution [https://zenodo.org/records/4737293]

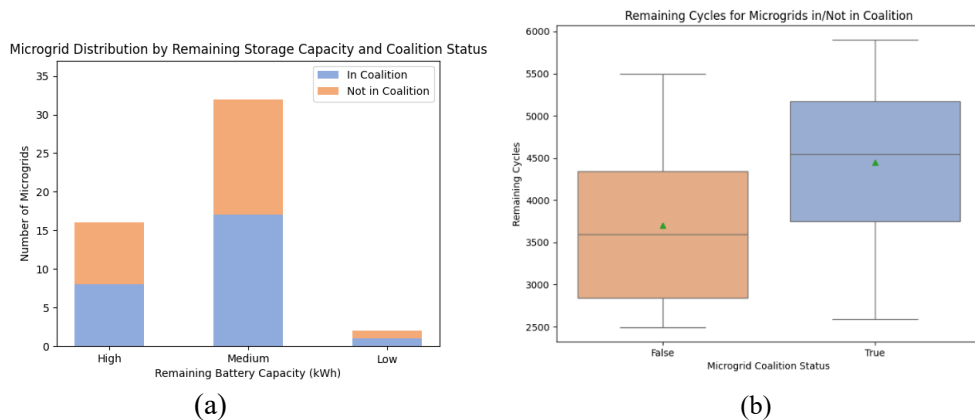


Figura 5: Scenariu de surplus energetic

Analizând rezultatele din Figura 5 (a), concluzionăm că microgridurile selectate pentru coaliție sunt cele cu baterii care au o cantitate mică sau medie de energie stocată înainte de tranzacționare, ceea ce indică faptul că încă au suficient spațiu pentru a stoca surplusul suplimentar de energie pe piață. În plus, Figura 5 (b) sugerează o tendință a algoritmului de a selecta microgriduri care mai au un număr mare sau mediu de cicluri de încărcare-descărcare rămase. Acest comportament evidențiază capacitatea algoritmului de a crea o coaliție care să absoarbă cât mai multă energie disponibilă pe piață, dar în același timp, să minimizeze riscurile de degradare rapidă a bateriilor.

În scenariul deficitului pieței energetice, am analizat, de asemenea, distribuția microgridurilor incluse în coaliția optimă față de cele excluse, precum și numărul ciclurilor rămase de încărcare-descărcare pentru bateriile microgridurilor selectate comparativ cu cele excluse, la fel ca analiza efectuată în scenariul surplusului pieței energetice. Figura 6 (a) ilustrează distribuția microgridurilor selectate versus cele neselectate în funcție de cantitatea de energie stocată în baterie înainte de tranzacționare, evidențiind că microgridurile cu o cantitate medie și mare de energie în baterie au fost selectate pentru a face parte din coaliție. Figura 6 (b) arată microgridurile selectate în funcție de numărul de cicluri rămase. Pe baza celor două grafice, se poate concluziona că au fost selectate microgriduri cu un număr relativ mare de cicluri rămase (între 4200 și 5200), dar și cu o cantitate medie sau mare de energie stocată.

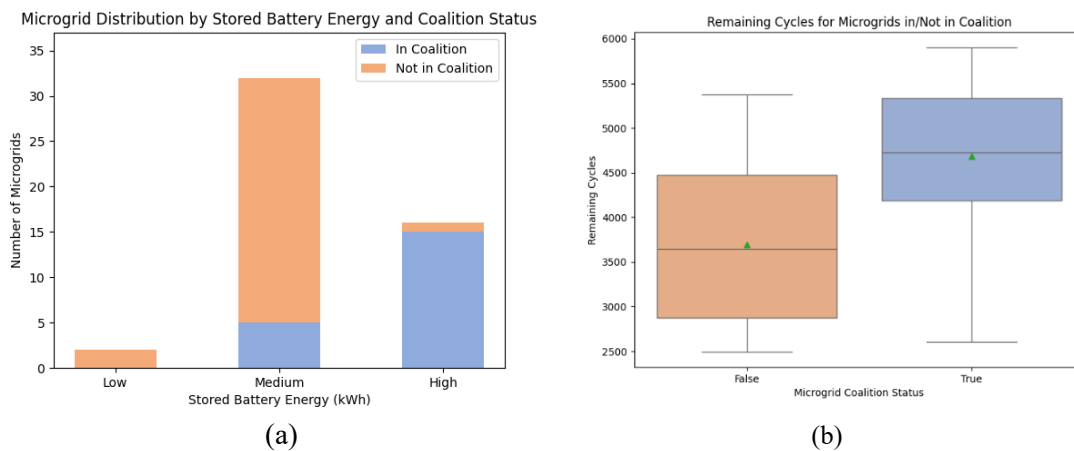


Figura 6: Scenariu de deficit energetic

## **1.4 Sinteza politicilor europene. Propunerea de strategii de promovare pentru implementarea pe termen lung (WP4)**

Tranziția către surse de energie regenerabilă este considerată un element central pentru atingerea dezvoltării durabile, în special în contextul schimbărilor climatice actuale. Organizații internaționale majore, precum Organizația Națiunilor Unite (ONU) sau Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică (OCDE), precum și Uniunea Europeană (UE), au subliniat faptul că adoptarea energiei regenerabile pentru a înlocui combustibilii fosili reprezintă un element esențial pentru atenuarea schimbărilor climatice, asigurarea securității energetice, precum și pentru creșterea economică și incluziunea socială (Dirma et.al., 2024). Potrivit OCDE, adoptarea energiei regenerabile joacă un rol critic în reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră pentru atingerea neutralității carbonului, precum și pentru îndeplinirea obiectivelor Acordului de la Paris și asigurarea stabilității economice pe termen lung (OECD, n.d.). În același timp, Organizația Națiunilor Unite consideră sursele de energie regenerabilă drept un motor principal pentru atingerea Obiectivului de Dezvoltare Durabilă 7 (Energie accesibilă și curată), care urmărește să asigure „acces la energie modernă, accesibilă, fiabilă și durabilă pentru toți” (United Nations b, n.d.). La nivelul UE, energia regenerabilă reprezintă un element central al Pactului Ecologic European, o inițiativă de politică publică ce urmărește să sprijine UE să devină neutră climatic până în 2050 și să devină o „economie modernă, eficientă din punctul de vedere al utilizării resurselor și competitivă” (EC, The European Green Deal).

Energia regenerabilă este, prin urmare, considerată un motor strategic pentru creșterea economică, independența energetică și atenuarea schimbărilor climatice. Secțiunile următoare vor analiza principalele eforturi de politici adoptate în Europa și Africa de Nord, cu un accent deosebit pe România și Algeria, urmate de o analiză a preferințelor consumatorilor care influențează adoptarea energiei regenerabile la nivelul gospodăriilor.

### **1.4.1 Preferințele consumatorilor și adoptarea energiei regenerabile**

Consumul de energie asociat activității umane, fie la nivelul consumatorului individual, fie la nivel industrial, afectează mediul prin contribuția surselor de energie utilizate la nivelul poluării și la intensificarea efectelor încălzirii globale (Santos et.al., 2024). Pentru a susține o acțiune unitară la nivel global împotriva acestor efecte, Organizația Națiunilor Unite, în cadrul Obiectivelor de Dezvoltare Durabilă adoptate în 2015, a definit Obiectivul 7 – Energie accesibilă și curată.

Atingerea acestui obiectiv urmărește asigurarea accesului la energie modernă, accesibilă, fiabilă și sustenabilă pentru toți, recunoscând în același timp că accesul la energie curată reprezintă un pilon important pentru bunăstarea umană, dezvoltarea economică și reducerea sărăciei (United Nations a, n.d.; United Nations b, n.d.).

În general, la nivelul consumatorilor, gradul de adoptare a energiei curate este asociat cu atitudini pozitive față de mediu, precum și cu capacitatea de a evalua efectele neutilizării energiei curate și continuarea utilizării surselor poluante (de exemplu, combustibilii fosili) (Santos et.al., 2024).

Interesul pentru adoptarea acestor soluții este, de asemenea, strâns legat de bunăstarea consumatorilor și de puterea de cumpărare, care permite existența unui venit disponibil suficient pentru adoptarea surselor de energie regenerabilă (International Renewable Energy Agency & African Development Bank, 2022). Studiile arată că aceste elemente, împreună cu stimulente guvernamentale puternice și politici publice adecvate, pot crește înclinația

consumatorilor către adoptarea energiei curate (International Renewable Energy Agency & African Development Bank, 2022; International Energy Agency, 2020).

În România, Gârdan et.al. (2023) indică faptul că preocuparea pentru mediu și cunoașterea impactului propriu asupra mediului se corelează pozitiv cu atitudini favorabile față de energia regenerabilă. În plus, Maxim et.al. (2022) sugerează că gospodăriile din România compară costurile inițiale de instalare cu economiile pe termen lung înainte de a decide adoptarea energiei regenerabile. Astfel, sensibilitatea la preț reprezintă, de asemenea, un factor determinant. În același timp, barierele percepute includ lipsa informațiilor și complexitatea birocratică (Ban et.al., 2023).

În urma analizei literaturii privind comportamentul consumatorilor în ceea ce privește energia regenerabilă în țările din Africa de Nord, s-a constatat că numărul studiilor este limitat. Rapoartele se concentrează în general pe potențialul pieței energiei regenerabile, modelele generale de consum energetic sau provocările legate de disponibilitatea și accesibilitatea energiei.

Nu au fost identificate cercetări care să analizeze nevoile energetice ale consumatorilor, tiparele de utilizare în timp, distribuția consumului de energie pe echipamente sau disponibilitatea consumatorilor de a adopta surse de energie verde sau soluții energetice mixte. Cu toate acestea, cercetările realizate în țările în curs de dezvoltare indică faptul că veniturile mai ridicate și încrederea în instituții sunt asociate cu o creștere a disponibilității consumatorilor de a plăti pentru energie regenerabilă (Chaikumbung, 2021).

Un experiment de tip alegere discretă realizat în contexte africane a indicat, de asemenea, o preferință puternică pentru energia solară, însă adoptarea rămâne sensibilă la preț (Afriyie et.al., 2024).

#### **1.4.2 Strategii de promovare și educare pentru adoptarea energiilor regenerabile în Uniunea Europeană**

Tranziția către energie regenerabilă la nivelul gospodăriilor reprezintă un pilon esențial al politicilor climatice europene. În cadrul European Green Deal, Comisia Europeană subliniază rolul cetățenilor ca „prosumatori activi” în sistemul energetic.

Literatura de specialitate arată că adoptarea tehnologiilor regenerabile nu depinde exclusiv de factori economici, ci și de variabile socio-psihologice, precum percepția riscului, nivelul de informare și normele sociale (IEA, 2022; EEA, 2021). Astfel, strategiile de comunicare și educare devin instrumente critice în accelerarea tranziției energetice.

Campaniile europene pun un accent major pe **reducerea costurilor energetice** și recuperarea investiției (ROI). Studiile arată că beneficiile economice sunt principalul motiv pentru care gospodăriile adoptă energia solară (IEA, 2022). Această abordare este eficientă deoarece reduce incertitudinea investițională și transformă energia regenerabilă dintr-un concept abstract într-o decizie financiară concretă. De exemplu, simulatoarele de economii utilizate în campanii contribuie la creșterea intenției de adoptare (EEA, 2021). Lipsa cunoștințelor tehnice este una dintre principalele bariere în adoptare (Rai & McAndrews, 2019). În acest context, campaniile includ: ghiduri pas cu pas, tutoriale video, platforme interactive. Aceste instrumente facilitează luarea deciziilor informate.

Adoptarea tehnologiilor energetice este influențată de normele sociale (Wolske et al., 2020). Campaniile care prezintă **exemple reale de gospodării** cresc încrederea și legitimitatea percepută a soluțiilor regenerabile.

Platformele digitale permit targetarea precisă și crearea de conținut vizual simplificat. Studiile arată că infograficele și videoclipurile scurte cresc semnificativ nivelul de comunicare interactivă și retenție a informației (IEA, 2022).

### 1.4.3 Temele dominante în campanii

Aceste teme sunt combinate strategic pentru a influența atât rațional, cât și emoțional comportamentul consumatorilor.

Campania „Iedereen Doet Wat”, lansată de guvernul olandez în 2019, reprezintă un exemplu relevant de strategie integrată de comunicare pentru promovarea comportamentelor sustenabile și a adoptării energiei regenerabile la nivelul gospodăriilor. Analiza tematică a conținutului acestei campanii indică o structură complexă, în care diferite tipuri de mesaje sunt utilizate complementar pentru a influența atât dimensiunea cognitivă, cât și cea comportamentală a publicului. Principalele teme identificate în cadrul campaniilor analizate sunt sintetizate în tabelul de mai jos.

**Tabel 1. Temele dominante în campaniile de promovare a energiei regenerabile**

Temă	Rol	Impact
Economică	Reducere costuri	Foarte ridicat
Eficiență energetică	Reducere consum	Ridicat
Mediu	Reducere emisii	Mediu
Tehnologică	Înțelegere sisteme	Ridicat
Emoțională	Motivație	Mediu
Comportamentală	Schimbare obiceiuri	Foarte ridicat

Un prim aspect definitoriu este predominanța mesajelor de tip economic, care vizează reducerea costurilor cu energia și recuperarea investițiilor. Acestea constituie nucleul comunicării, deoarece literatura de specialitate demonstrează că factorii financiari sunt principalii determinanți ai adoptării tehnologiilor energetice la nivel rezidențial (International Energy Agency [IEA], 2022). În cadrul campaniei, aceste mesaje sunt formulate într-un mod accesibil, adesea prin exemple concrete sau estimări ale economiilor, contribuind astfel la reducerea incertitudinii percepute de către consumatori. În paralel, un volum semnificativ de conținut este dedicat informării și educării publicului, incluzând date statistice privind adopția energiei regenerabile, explicații despre funcționarea tehnologiilor (precum panourile fotovoltaice sau pompele de căldură), precum și informații despre reglementări și programe de sprijin. Acest tip de conținut joacă un rol esențial în creșterea nivelului de conștientizare și în consolidarea încrederii în soluțiile energetice disponibile, fiind corelat cu creșterea intenției de adoptare (European Environment Agency [EEA], 2021). Un alt element important al campaniei îl reprezintă utilizarea studiilor de caz și a testimonialelor, care oferă exemple concrete de gospodării ce au implementat soluții sustenabile. Acest tip de conținut se bazează pe mecanismul de validare socială, conform căruia indivizii sunt mai predispuși să adopte un comportament atunci când observă că acesta este deja practicat de alții în contexte similare (Wolske et al., 2020). Prin prezentarea unor situații reale, campania reduce percepția de risc și crește sentimentul de fezabilitate.

În ceea ce privește structura mesajelor, analiza evidențiază o predominanță a comunicării raționale, bazată pe date, calcule și argumente logice. Mesajele emoționale sunt prezente, dar au un rol secundar, fiind utilizate în special pentru a întări dimensiunea valorică a tranziției energetice, prin referințe la responsabilitatea față de mediu sau față de generațiile viitoare. Această distribuție confirmă faptul că, în domeniul energiei, deciziile sunt în principal utilitariste, fiind influențate mai mult de beneficii concrete decât de apeluri emoționale (IEA,

2022). Analiza relevă, de asemenea, o diferențiere implicită între tipurile de locuințe. Majoritatea conținutului este orientată către proprietarii de case individuale, care au un grad mai mare de autonomie în luarea deciziilor privind instalarea tehnologiilor regenerabile. În contrast, gospodăriile din apartamente sunt mai puțin vizate, ceea ce reflectă barierele structurale și instituționale asociate acestui segment, cum ar fi necesitatea acordului colectiv sau limitările tehnice.

#### **1.4.4 Strategii pentru promovarea energiei regenerabile**

Pe lângă temele clasice (costuri, mediu, tehnologie), campania introduce și o serie de teme emergente, relevante din perspectivă comportamentală. Una dintre acestea este promovarea acțiunilor mici și accesibile („small actions”), care încurajează schimbări graduale ale comportamentului, reducând astfel rezistența la schimbare. De asemenea, se remarcă accentul pus pe responsabilitatea colectivă, prin mesaje care sugerează că fiecare individ contribuie la un efort comun. Alte teme importante includ simplificarea procesului de adopție („ease of adoption”), normalizarea comportamentului sustenabil („toată lumea face asta”) și ideea de tranziție graduală („nu trebuie să faci totul dintr-o dată”).

În ansamblu, campaniile de promovare a energiilor regenerabile ilustrează o abordare strategică complexă, în care diferite tipuri de mesaje sunt combinate pentru a reduce barierele cognitive, economice și sociale asociate adoptării energiei regenerabile. Eficiența acestei abordări este susținută de nivelul ridicat de awareness și de rata semnificativă de implementare a acțiunilor sustenabile în rândul populației, confirmând importanța comunicării integrate în procesul de tranziție energetică.

Strategiile de succes din UE demonstrează că:

- Comunicarea trebuie integrată cu instrumente financiare
- Mesajele economice sunt cele mai eficiente
- Educația practică reduce barierele cognitive
- Exemplele reale cresc încrederea
- Implicarea comunitară amplifică adoptarea

Astfel, promovarea energiei regenerabile la nivel rezidențial este un proces multidimensional, care necesită o abordare interdisciplinară.

Pentru a susține pe termen lung adoptarea energiilor regenerabile în Europa și Nordul Africii, este necesară dezvoltarea unor strategii integrate de comunicare și educare care să combine instrumente economice, intervenții comportamentale și adaptare culturală. În primul rând, comunicarea trebuie să fie centrată pe beneficii economice concrete (reducerea costurilor și stabilitatea energetică), completată de instrumente digitale interactive care să permită gospodăriilor să înțeleagă rapid rentabilitatea investițiilor. În al doilea rând, strategiile ar trebui să includă programe de educație practică și exemple locale (studii de caz, comunități pilot), pentru a crește încrederea și relevanța mesajelor în contexte socio-economice diferite. În regiunea Nordului Africii, este esențială integrarea dimensiunii de accesibilitate și echitate energetică, prin campanii adaptate la nivelul veniturilor și infrastructurii, precum și prin implicarea actorilor locali și a liderilor comunitari. De asemenea, promovarea unor teme emergente, precum independența energetică și reziliența în fața crizelor, poate crește relevanța strategică a mesajelor. În ansamblu, o abordare pe termen lung trebuie să fie coerentă, continuă și adaptivă, combinând politici publice, finanțare și comunicare strategică pentru a transforma energia regenerabilă într-o opțiune percepută ca accesibilă, normală și necesară.

## 2 Sumar al progresului

În cadrul **Etapei III** au fost publicate sau acceptate spre publicare mai multe articole de cercetare la conferințe indexate și jurnale internaționale după cum urmează:

- Chirca, M.; Dranca, M.; Breban, S.; Pop, A.-A. Impact of Structural Ferromagnetic Components on the Electromagnetic Performance of an Outer-Rotor Spoke-Type Permanent Magnet Generator. *Appl. Sci.* **2026**, *16*, 2937. <https://doi.org/10.3390/app16062937>
- V. Chifu, I. Danci, C. B. Pop, I. Anghel, T. Cioara, A. A. Pop, Ș. Breban, Memetic-based Coordination of Distributed Storage Units Flexibility for Congestion Management, **2026**, Applied Artificial Intelligence, Taylor & Francis, WoS Q2, IF 3.9, submitted/under review

### Întâlniri de grup:

Mohammed VI Polytechnic University (UM6P) și Green Energy Park (GEP), Maroc



## 3 Rezumat executiv al activităților realizate

### WP2: Controlul rezilient al unei micrețele

- **Testarea robusteții algoritmilor de control:** S-au simulat trei regimuri critice de funcționare în cazul deconectării de la rețea (lipsă producție/consum activ, producție activă/lipsă consum, și regim mixt).
- **Validarea stabilității:** În toate scenariile, algoritmi au gestionat instantaneu excedentul/deficitul de energie, menținând stabilitatea tensiunii (la 350V DC) și continuitatea alimentării sarcinii fără alterări, confirmând un grad înalt de robustețe în regim insularizat.

### WP3: Cooperare și coordonare a micrețelelor pentru funcționarea în afara rețelei

- **Tranzacționarea energiei P2P:** A fost dezvoltat și testat un model bazat pe teoria jocurilor (strategii Hawk și Dove) pe un set de 100 de micrețele. Algoritmul genetic aplicat a reușit să aducă 93 dintre baterii într-o stare stabilă în urma tranzacțiilor, demonstrând echilibrarea eficientă a rețelei.
- **Model de colaborare pentru piețe de energie:** A fost validat un algoritm de formare a coalițiilor optime pentru a gestiona surplusul sau deficitul de energie pe piață (testat pe date agregate de la 50 de prosumatori). Algoritmul maximizează absorbția de energie minimizând degradarea bateriilor.

### WP4: Sinteza politicilor europene. Propunerea de strategii de promovare pentru implementarea pe termen lung

- **Contextul tranziției energetice:** Adoptarea surselor regenerabile este esențială pentru atingerea neutralității climatice, reducerea emisiilor, securitatea energetică și creșterea economică, fiind un obiectiv central susținut de ONU, OCDE și Uniunea Europeană.
- **Comportamentul consumatorilor:** Decizia de a adopta energia regenerabilă la nivel rezidențial este influențată de un mix de factori economici, sociali și psihologici.
  - **Contextul românesc:** Factorii determinanți sunt atitudinile pro-mediu și sensibilitatea la preț (raportul costuri inițiale vs. beneficii pe termen lung). Principalele bariere rămân birocrăția și lipsa informațiilor clare.

- **Contextul nord-african:** Deși cercetările sunt mai limitate, disponibilitatea de a adopta soluții verzi este corelată pozitiv cu nivelul veniturilor și cu gradul de încredere în instituții.
- **Bune practici din campaniile UE:** Analiza strategiilor din țări precum Germania, Olanda, Franța și Danemarca arată că accelerarea tranziției necesită comunicare integrată. Cele mai eficiente campanii combină argumentele economice (scăderea facturilor) cu educația practică (platforme, ghiduri simple), validarea socială (studii de caz reale) și participarea comunitară.
- **Strategii de promovare pe termen lung:** Pentru o adoptare la scară largă, este imperativă o abordare multidimensională. Aceasta trebuie să alinieze politicile publice și stimulentele financiare cu o comunicare adaptată cultural, care să scoată în evidență beneficiile financiare clare și să educe publicul.
- **Livrabil asociat (D4.3):** Munca din acest pachet s-a concretizat în elaborarea implicațiilor politice și a recomandărilor pentru replicarea soluțiilor la nivel rezidențial.

## Bibliografie

- Afriyie, A. B., Oteng-Abayie, E. F., Frimpong, P. B., et al. (2024). Households' preference and willingness to pay for alternative energy sources: A discrete choice experiment. *Energy, Sustainability and Society*, 11, 22. <https://doi.org/10.1186/s40807-024-00117-z>
- Ban, O.-I., Dzitac, S., Simó, A., & Florea, A. (2023). Romania Residents' Attitude Investigation toward the Transition to Renewable Energy Sources through Importance-Performance Analysis. *Sustainability*, 15(20), 14790. <https://doi.org/10.3390/su152014790>
- Chaikumbung, M. (2021). Institutions and consumer preferences for renewable energy: A meta-regression analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111143. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111143>
- Dirma, V., Neverauskienė, L. O., Tvaronavičienė, M., Danilevičienė, I., & Tamošiūnienė, R. (2024). The impact of renewable energy development on economic growth. *Energies*, 17(24), 6328. <https://doi.org/10.3390/en17246328>
- European Commission. (n.d.). *Energy efficiency directive*. [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en)
- European Commission. (n.d.). *Energy performance of buildings directive*. [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en)
- European Commission. (n.d.). *Renewable energy directive: Targets and rules*. [https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en)
- European Commission. (n.d.). *REPowerEU*. [https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu\\_en](https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu_en)
- European Commission. (n.d.). *The European Green Deal*. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
- European Commission (2024), Housing's energy efficiency: renovating public action, no. 81, <https://cae-eco.fr/static/pdf/cae081-renovation-energetique-en.pdf>
- European Environment Agency (2021), Public awareness and energy transition in Europe, [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/new-impetus-energy-efficiency/energy-efficiency-awareness\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/new-impetus-energy-efficiency/energy-efficiency-awareness_en)
- European Parliament. (2023). *EU solar strategy*. <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/package-repowereu-plan/file-eu-solar-strategy>
- European Parliamentary Research Service. (2023). *EU solar strategy (Briefing No. 754623)*. European Parliament. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/754623/EPRS\\_BRI\(2023\)754623\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/754623/EPRS_BRI(2023)754623_EN.pdf)
- Frontiers Media S.A. (2022). *Energy transition and environmental sustainability research*. *Frontiers in Environmental Science*. <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.921152/full>
- Gârdan, I. P., Micu, A., Paștiu, C. A., Micu, A. E., & Gârdan, D. A. (2023). Consumers' Attitude towards Renewable Energy in the Context of the Energy Crisis. *Energies*, 16(2), 676. <https://doi.org/10.3390/en16020676>
- International Energy Agency. (2020). *Clean energy transitions in North Africa*. IEA. <https://www.iea.org/reports/clean-energy-transitions-in-north-africa>
- International Energy Agency (2022), Solar PV and household adoption report, <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>
- International Renewable Energy Agency, & African Development Bank. (2022). *Renewable energy market analysis: Africa and its regions*. International Renewable Energy Agency; African Development Bank. [https://www.developmentaid.org/api/frontend/cms/file/2022/01/IRENA\\_Market\\_Africa\\_2022.pdf](https://www.developmentaid.org/api/frontend/cms/file/2022/01/IRENA_Market_Africa_2022.pdf)
- International Renewable Energy Agency. (2023). *North Africa: Policies and finance for renewable energy deployment*. International Renewable Energy Agency. [https://www.lerenovaveis.org/contents/lerpublication/irena\\_2023\\_dez\\_north-africa-policies-finance\\_re\\_2023\\_3915.pdf](https://www.lerenovaveis.org/contents/lerpublication/irena_2023_dez_north-africa-policies-finance_re_2023_3915.pdf)
- OECD. (n.d.). *Innovation and green transitions*. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/en/topics/innovation-and-green-transitions.html>
- Rai, V. & McAndrews, K. (2019), Decision-making and behavior in residential energy adoption, *Nature Energy*
- Santos, S. I., et al. (2024). Systematic review of sustainable energy consumption from consumer behavior perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 203. 114736. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114736>
- United Nations. (n.d.). Energy. Sustainable Development Goals Knowledge Platform. <https://sdgs.un.org/topics/energy>
- United Nations. (n.d.). Goal 7: Affordable and clean energy. Global Goals. <https://globalgoals.org/goals/7-affordable-and-clean-energy/>
- Wolske, K. S., Stern, P. C., & Dietz, T. (2020). Explaining interest in adopting residential solar photovoltaic systems in the United States: Toward an integration of behavioral theories. *Energy Research & Social Science*, 25, 134–151.