

Denumirea programului din PN IV: Programul 5.8 Cooperare europeana si internationala.
Subprogramul 5.8.1 Orizont Europa

Nr. Inregistrare UEFISCDI: PN4P8-300/26.04.2024

Titlu: Studiu metodologic privind potențialul de dezvoltare a microrețelelor și integrarea energiei 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*]

Valoarea totala a contractului 999000 Ron

Durata contractului: 01.04.2024-31.03.2026

Descriere, obiective, activități:

Proiectul urmărește dezvoltarea unei microrețele (MR) cu control robust, capabilă să crească reziliența sistemului și să faciliteze integrarea surselor regenerabile în zone izolate. Pe lângă activitățile de cercetare-dezvoltare, proiectul abordează și dimensiunile economice și sociale ale accesului la electricitate în comunitățile aflate în sărăcie energetică. Spre deosebire de soluțiile standard de microrețele rezidențiale, concepute pentru zone urbanizate, abordarea propusă valorifică scenarii locale – condiții meteorologice specifice și nevoile reale ale populației – pentru a obține soluții mai eficiente și mai rentabile. În regiunile vizate, localitățile rurale sunt situate la mari distanțe de rețeaua națională, iar extinderea infrastructurii de transport și distribuție ar necesita investiții considerabile. Tehnologiile MR pot însă furniza energie electrică fiabilă și accesibilă, reprezentând o alternativă mai economică.

Realizarea studiului interdisciplinar este structurată pe patru pachete WP: (WP1) Tehnologii, modelare și dimensionare tehnico-economică a unui MR rezidențial; (WP2) Controlul rezilient al unui SA-MR individual; (WP3) Cooperare și coordonare a microrețelelor pentru funcționarea în afara rețelei; (WP4) Perspective socio-economice.

În ceea ce privește activitățile pentru anul 2025 acestea se impart dupa cum urmează:

I. Activitate II.1. Dezvoltarea de strategii de management cooperativ.

Livrabil: Definirea de strategii bazate pe optimizare multi-criterială; Diseminare

În cadrul proiectului au fost dezvoltate două modele inovatoare de cooperare între microrețele, cu scopul optimizării gestionării energiei în zone izolate și în contextul participării la piețele energetice.

Model de tranzacționare P2P între microgriduri

A fost implementată o schemă de cooperare bazată pe o rețea virtuală care permite negocierea directă a tranzacțiilor de energie. Interacțiunile au fost modelate prin teoria jocurilor, utilizând paradigma „Hawks and Doves” pentru a descrie comportamentele microgridurilor vânzătoare. Pentru optimizarea cantităților de energie transferate, s-a dezvoltat un **algoritm genetic** capabil să respecte constrângerile de stabilitate energetică și limitele tehnice. Funcția de fitness include profitul vânzătorilor, gradul de stabilizare al rețelei, bonusuri globale și penalizări pentru soluțiile suboptimale.

Model de colaborare pentru piețele de energie

Pentru simularea participării comunităților de microgriduri la piața energetică, s-a elaborat un model bazat pe **jocuri cooperative**, având drept obiectiv formarea coaliției optime în funcție de condițiile pieței (preț ridicat sau scăzut). Funcția caracteristică a coaliției integrează veniturile, economiile și costurile asociate degradării bateriilor. Distribuția beneficiilor între microgriduri se face conform valorii Shapley. Determinarea configurației optime se realizează folosind un **algoritm memetic**, care combină evoluția genetică cu optimizarea locală.

Rezultate principale:

- definirea și validarea unui mecanism robust de tranzacționare P2P;
- dezvoltarea unui model cooperativ pentru participarea eficientă în piețe;
- algoritmi evolutivi performanți pentru optimizarea tranzacțiilor și coalițiilor;
- fundamentarea unei strategii de distribuire echitabilă a beneficiilor între microrețele.

Aceste rezultate contribuie la creșterea fiabilității, flexibilității și sustenabilității comunităților energetice bazate pe microrețele.

II. Activitate II.2. Dezvoltarea platformei de evaluare și prototipare rapidă Software/Hardware in the Loop. Diseminare

Livrabil: Utilizarea algoritmilor de control, dezvoltati în proiect, pentru a putea detecta instabilitatea rețelelor de alimentare cu energie electrică

În cadrul etapei II a fost dezvoltat și validat un model hardware-in-the-loop (HIL) al microrețelei, utilizând platforma Typhoon HIL604. Modelul fotovoltaic (PV) este bazat pe un fișier de date parametrizat cu iradianță și temperatură, integrat în mediul SCADA. Convertorul buck utilizat este un bloc standard, cu modulator PWM, în care duty-cycle-ul este furnizat de algoritmul MPPT. Filtrul LC de ieșire a fost dimensionat pentru această frecvență de comutare, asigurând filtrarea armonicilor de tensiune și curent.

Elementele de măsură sunt conectate prin blocuri accesibile în SCADA pentru monitorizare și înregistrare. Bateria este modelată pe baza datelor reale din laborator, urmând ca ulterior să fie înlocuită cu un model personalizat pentru o acuratețe sporită.

Un sistem SCADA complet a fost dezvoltat pentru monitorizarea și controlul microrețelei. Avantajul major al platformei Typhoon HIL constă în faptul că soluțiile de conversie și procesare sunt executate de procesoarele interne ale unității HIL, asigurând robustețea și repetabilitatea simulărilor.

Pentru accelerarea fazei de dezvoltare, sarcina și rețeaua au fost modelate temporar ca surse de curent. Controlul sistemului gestionează nivelul SOC al bateriei, permițând injecția energiei excedentare în rețea peste 90% SOC și alimentarea/încărcarea automată a bateriei când SOC scade sub 20%. În etapele următoare, aceste surse vor fi înlocuite cu convertoare electronice și un control integrat al microrețelei.

III. Activitate II.3. Analiza și definirea indicatorilor de creștere economică. Diseminare

Livrabil. Intocmirea cadrului de analiza a colectarii datelor referitor la indicatorii economici

Analiza desfășurată în cadrul WP4 a examinat relația dintre dezvoltarea energiilor regenerabile, în special a microrețelelor, și evoluția indicatorilor economici și sociali în Algeria, în comparație cu Germania, Franța și România, pentru perioada 2000–2025. Studiul a integrat date macroeconomice și sociale provenite din surse internaționale oficiale și a utilizat corelații Pearson pentru a evalua legăturile dintre tranziția energetică și dinamica socio-economică. Rezultatele arată diferențe notabile între cele patru state: Germania, Franța și România prezintă o evoluție mai stabilă, cu scăderi ale șomajului și cu economii diversificate, în timp ce Algeria se confruntă cu o creștere a vulnerabilității economice, influențată de dependența de sectorul hidrocarburilor. Pe plan social, Algeria înregistrează cea mai rapidă creștere a Indicelui Dezvoltării Umane, iar speranța de viață evoluează pozitiv în toate țările analizate, în paralel cu transformări diferite ale participării femeilor pe piața muncii și ale urbanizării. Din perspectiva energetică, Algeria consemnează o creștere semnificativă a ponderii energiei regenerabile fără hidroenergie, apropiindu-se de valorile din Franța și România; corelațiile statistice indică asocieri pozitive între avansul energiilor regenerabile și veniturile populației, indicatorii de sănătate și performanțele educaționale, precum și o relație negativă între energia regenerabilă și șomajul tinerilor. Concluziile generale sugerează că tranziția energetică contribuie la îmbunătățirea condițiilor socio-economice, însă impactul real depinde de contextul structural și de coerența politicilor publice. Pentru Algeria, implementarea extinsă a microrețelelor reprezintă o oportunitate de diversificare economică, reducere a vulnerabilităților și consolidare a dezvoltării regionale durabile.

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

- D. Mitrea, T. Cioara, I. Anghel, L. Todorean, Evolutionary game for incentivizing social cooperation of prosumers in transactive energy communities, *Energy and Buildings*, Volume 327, 2025, 115057, ISSN 0378-7788 **WoS Q1** <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.115057>
- A. A. Pop, S. Breban, M. Ruba, V. Maier, A. Constantinescu, T. Cioara, I. Anghel, Technical and socio-economic perspectives for microgrid control and cooperation, *EPJ Web Conf.* 330 03012 (2025), <https://doi.org/10.1051/epjconf/202533003012>
- I.O. Cipleu, V.R. Chifu, C. B. Pop, I. Anghel, T. Cioara. A Blockchain-based Framework for Microgrids Energy Trading Using Greedy Mechanisms, 2025 IEEE 21st International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2025), Cluj-Napoca, Romania. <https://iccp.ro/call-for-papers> (in curs de publicare)
- A. Mateescu, T. Cioara, I. Anghel, Transformer model with Fourier Embeddings for District Energy Prediction, Future Energy Solutions Conference, 24-26 September 2025, Cluj-Napoca, Romania, <https://fes2025.com/program/> (in curs de publicare)
- Adrian Augustin Pop, Razvan Inte, Claudiu Oprea and Mircea Ruba, A Passive Battery Management System for Lead-Acid battery EPJ Web Conf., 330 (2025) 07002 DOI: <https://doi.org/10.1051/epjconf/202533007002>
- Ferencz Havadi, Adrian Augustin Pop, Design of a cost effective IoT-based solar irradiance monitoring system, Conference Proceedings FUTURE ENERGY SOLUTIONS, Cluj-Napoca, 24-26 September 2025, UTCN. (in curs de publicare)
- Adrian Augustin Pop, Mircea Ruba, Real-Time Simulation and Analysis of Green Energy Harvesting Microgrid Systems , Conference Proceedings FUTURE ENERGY SOLUTIONS, Cluj-Napoca, 24-26 September 2025, UTCN. (in curs de publicare)
- Khadija El HAROURI, Nisrine NASERI, Soumia El HANI, Youssef MCHAOUAR, Saad MOTAHHIR, Adrian-Augustin POP , Energy Management Strategy for V2G-Enabled Smart Parking in a PV Microgrid , Conference Proceedings FUTURE ENERGY SOLUTIONS, Cluj-Napoca, 24-26 September 2025, UTCN. (in curs de publicare)
- Anca Constantinescu-Dobra, MA Cotiu, Veronica Maier, Pop Augustin Adrian From Grids to Growth: How Renewable Energy Drives Social Transformation in Europe and North Africa, Conference Proceedings FUTURE ENERGY SOLUTIONS, Cluj-Napoca, 24-26 September 2025, UTCN. (in curs de publicare)
- Veronica Maier, MA Cotiu, Anca Constantinescu-Dobra, Pop Augustin Adrian, Macroeconomic Indicators and Renewable Energy Infrastructure: Romania's Pathway Towards a Microgrid Future, Conference Proceedings FUTURE ENERGY SOLUTIONS, Cluj-Napoca, 24-26 September 2025, UTCN. (in curs de publicare)

Întâlniri de grup:

- 2025 Cluj-Napoca, Universitatea Tehnica. Participanti consorțiu (NU-Franta, UMSBA-Maroc, UM5R- Maroc)

