

Smart Diaspora 2025
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
4-7 Noiembrie 2025 – Cluj-Napoca

Provocările sistemului electroenergetic. Sustenabilitatea

RADU-FLORIN PORUMB

Cuprins

- Prezentare
- Motivație
- Sustenabilitatea sistemului energetic
- Situația actuală & tendințe
- Tehnologiile emergente
- Scenarii de evoluție
- Concluzii

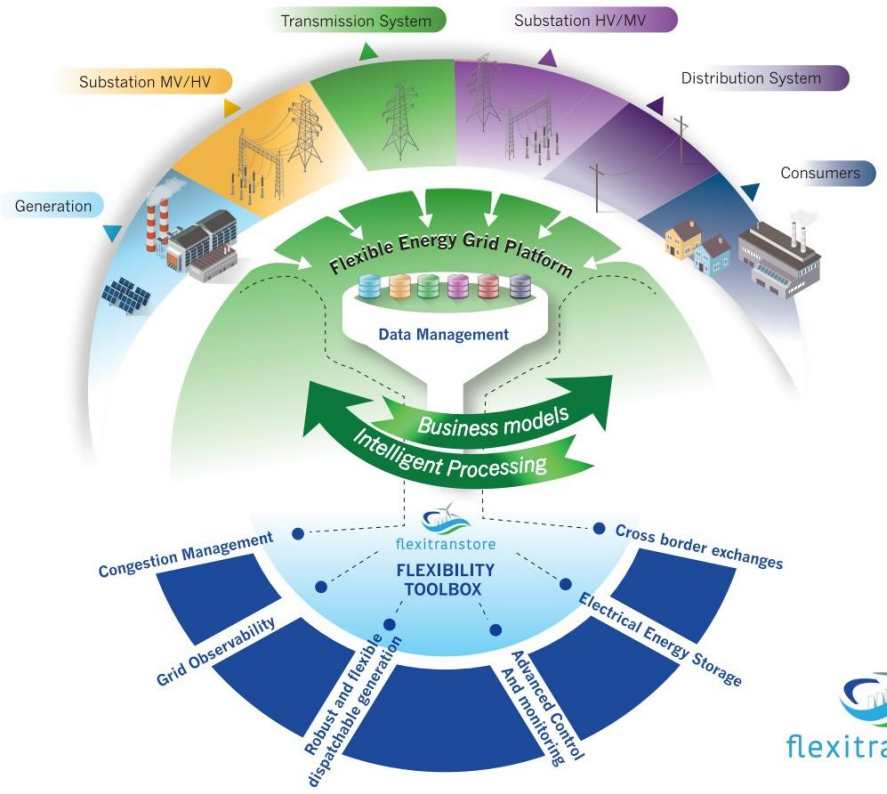
Prezentare



- Facultatea de Energetică
- Departamentul Sisteme Electroenergetice
- Laboratorul de Utilizarea energiei - Smart Open Platform for Electrical Power System Research – SMART OPS
- 19 cadre didactice
- 40 doctoranzi

SIEMENS ALSTOM ABB Schneider Electric EPG EXIMPROD GRUP PHILIPS EnergoBit

Prezentare



flexitranstore

INTERRFACE – interfața dintre MT și IT

17 M Euro

www.flexitranstore.eu

FARCROSS – interfața dintre MT și IT

13 M Euro

farcross.eu

FLEXITRANSTORE – flexibilitate la nivelul MT

12 M Euro

www.flexitranstore.eu

Smart Eco PV – sistem bazat pe nanotehnologie, drone autonome si analiza datelor in timp real

1,9 M Euro

www.smartecopv.ro

Motivație

- Sistemul electroenergetic (SEN) a apărut ca entitate de sine stătătoare în urma amplului proces de electrificare a țării, în perioada cuprinsă între **1950** și **1970**
- În ultimii douăzeci de ani **evoluția tehnologică** a continuat și a făcut posibilă integrarea surselor distribuite în rețeaua electrică, introducerea sistemelor SCADA, construirea de capacități de stocare în baterii și interconectarea robustă cu sistemele electroenergetice vecine
- Deasemenea, societatea a devenit conștientă de **importanța păstrării mediului înconjurător cât mai curat**, iar acest lucru a dezvoltat concepte precum economia circulară și comunitățile energetice
- Aceste repere au condus la **o transformare profundă a relației SEN cu societatea**, aceasta din urmă având așteptări în continuă creștere cu privire la creșterea sustenabilității SEN și a tranziției către neutralitate climatică

Sustenabilitatea sistemului energetic

Reprezintă capacitatea de a satisface nevoile energetice actuale fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și îndeplini propriile nevoi

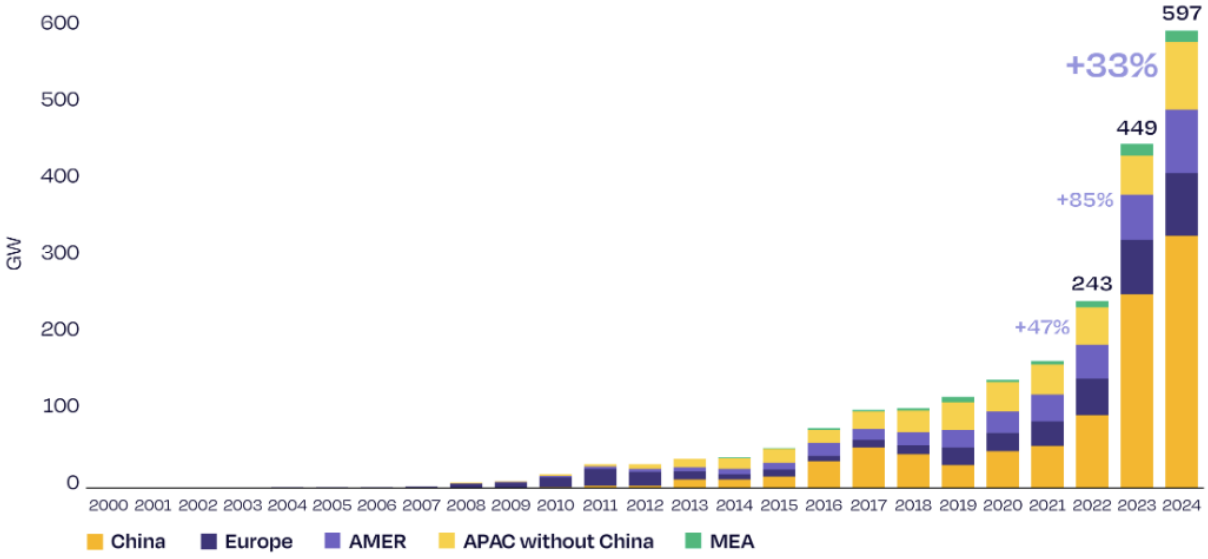
Situația actuală & tendințe

• Costul generării energiei din surse regenerabile, precum și al stocării energiei a scăzut dramatic în ultimii ani; în multe pieţe proiectele noi pe bază de surse regenerabile sunt mai ieftine decât alternativele pe combustibili fosili. Acest fapt transformă deciziile de investiții în favoarea ***low-carbon***

• IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) indică faptul că pentru limitarea la o creștere a temperaturii de sub 1,5°C este nevoie de reduceri profunde ale emisiilor din sectorul energetic (de aproximativ 87–97% reducere a emisiilor CO_2 din sistemul energetic până în **2050**). Acest lucru impune transformări rapide și o coordonare între decidenți

• Tehnologii emergente precum **hidrogenul "verde"** (obținut prin electroliza apei, cu energie electrică din surse regenerabile) au potențial, dar ritmul de materializare este incert — proiecte anulate/întârziate și diferenţe între estimările agențiilor privind capacitatea realizată până în 2030. Aceasta înseamnă că hidrogenul trebuie tratat ca o opțiune strategică pentru anumite aplicații, **nu ca o soluție universală imediată**

Situația actuală & tendințe



În anul **2024**, capacitatea totală de producție din surse fotovoltaice a atins un record de aproximativ 600 GW, cu o creștere anuală de 33%, în scădere față de 85% cât s-a înregistrat în **2023**

Situația actuală & tendințe

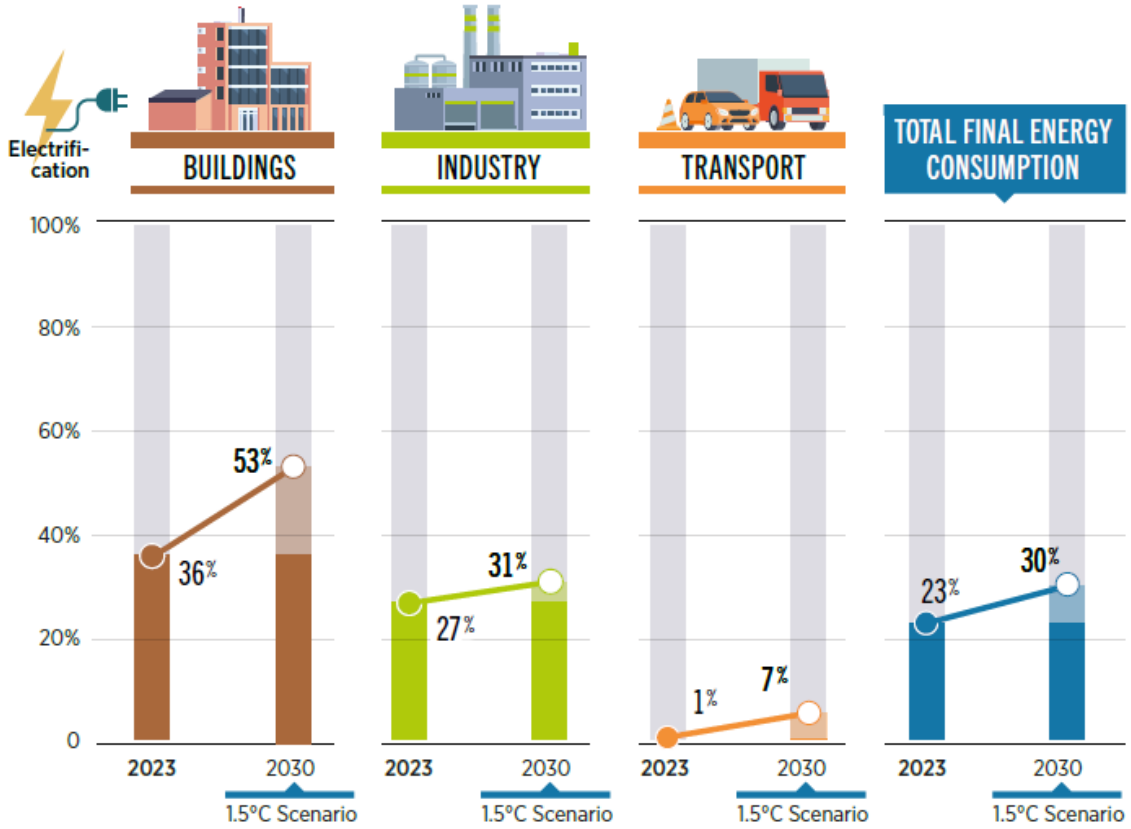
- Se înregistrează o întârziere în ceea ce privește obiectivele privind energia din surse regenerabile și eficiența energetică, în ciuda **progreselor-record** din 2024, confirmă un raport publicat în Octombrie de Agenția Internațională pentru Energie Regenerabilă (IRENA)

- Creșterea capacității globale de energie produsă din surse regenerabile din nu este suficient pentru atingerea obiectivului COP28 de triplare a surselor regenerabile de energie la 11,2 TW până în 2030

- Atingerea acestui obiectiv necesită acum o capacitate adăugată uimitoare de 1 122 GW în fiecare an, începând cu 2025, ceea ce necesită o accelerare a creșterii anuale la 16,6% pe parcursul deceniului, conform celui de-al doilea raport oficial de urmărire a obiectivelor energetice de referință stabilite de COP28

- Intensitatea energetică globală s-a îmbunătățit cu doar 1% în 2024, mult sub creșterile anuale de 4% necesare pentru a îndeplini obiectivul de consens al COP 28 și a menține obiectivul de **1,5°C**

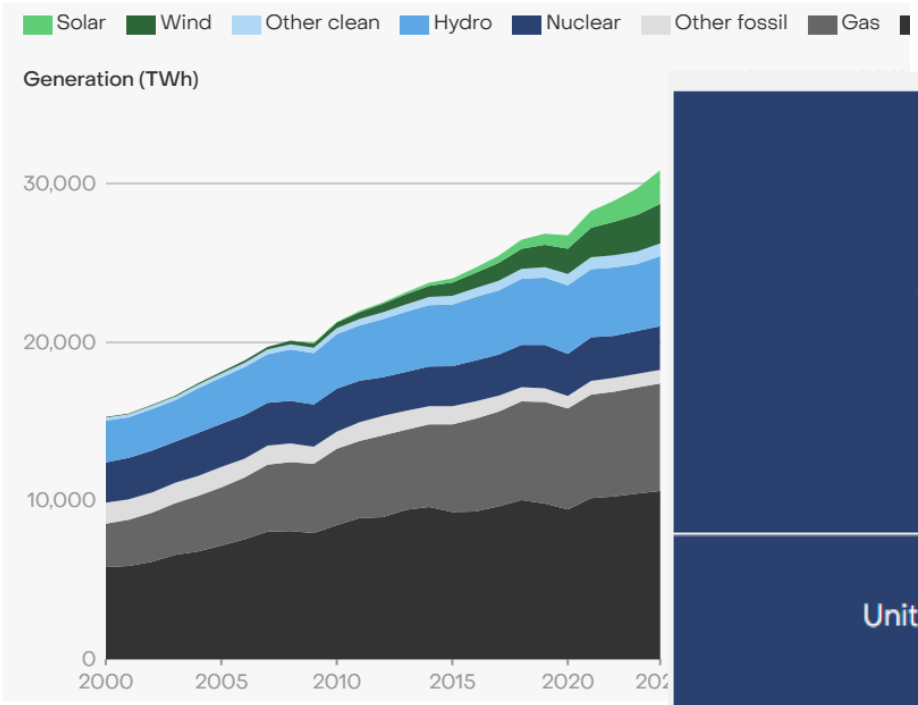
Situația actuală & tendințe



Rata de electrificare a sectoarelor de utilizare finală trebuie să crească de la 23% în 2023 la 30% până în 2030 pentru a rămâne pe traiectoria de **1,5°C**

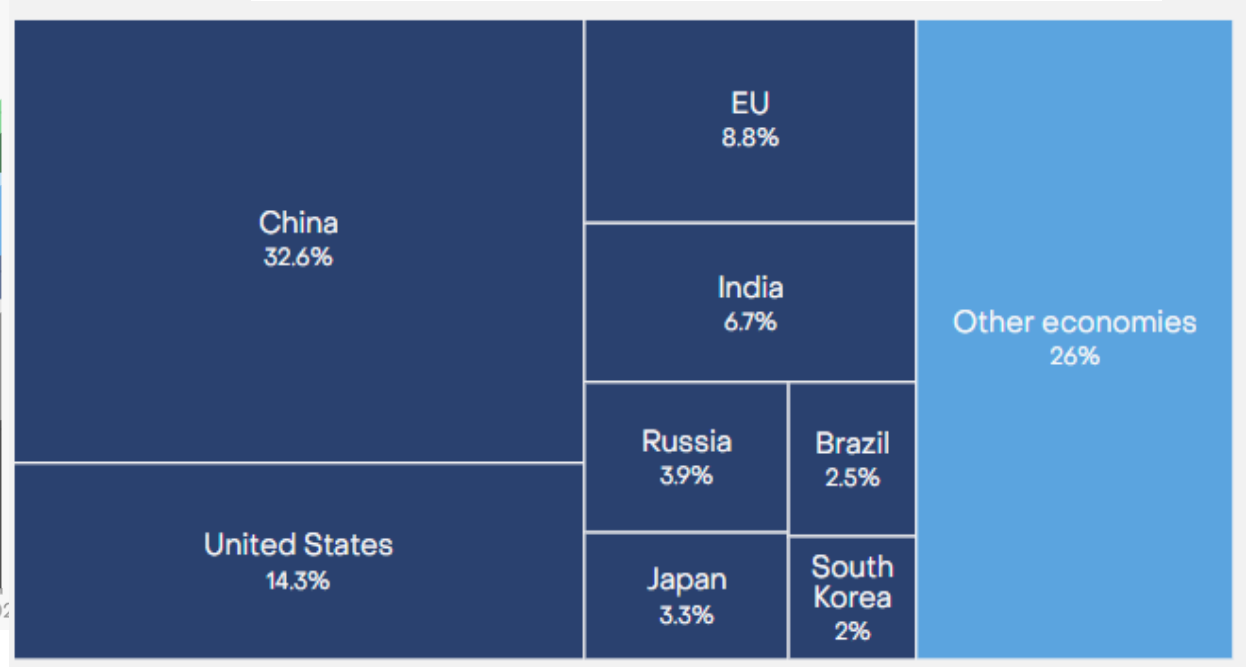
Situația actuală & tendințe

Nivelul global al generării energiei (2000-2024)

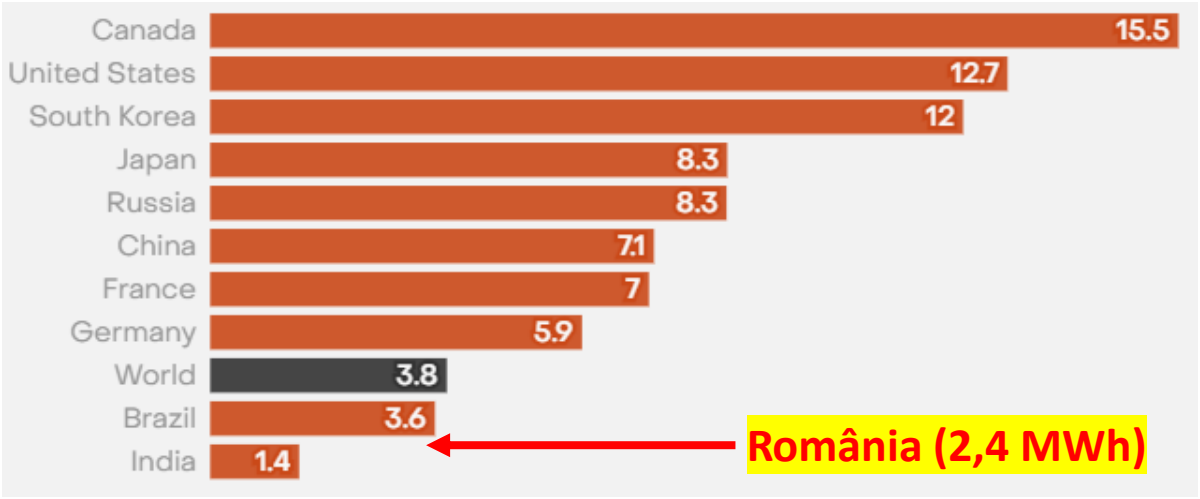


Nivelul utilizării energiei în 2024

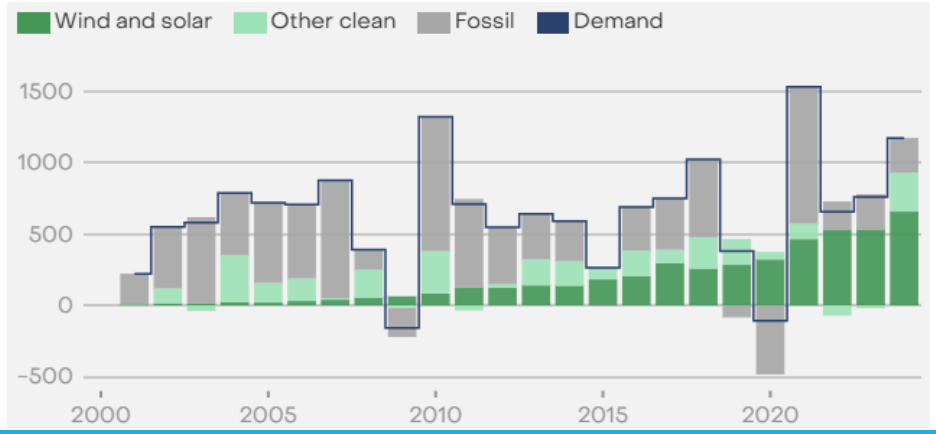
Procente din nivelul total al utilizării energiei [**%**]



Situația actuală & tendințe



Utilizarea energiei *per capita* pentru primele zece țări în 2024 [MWh]



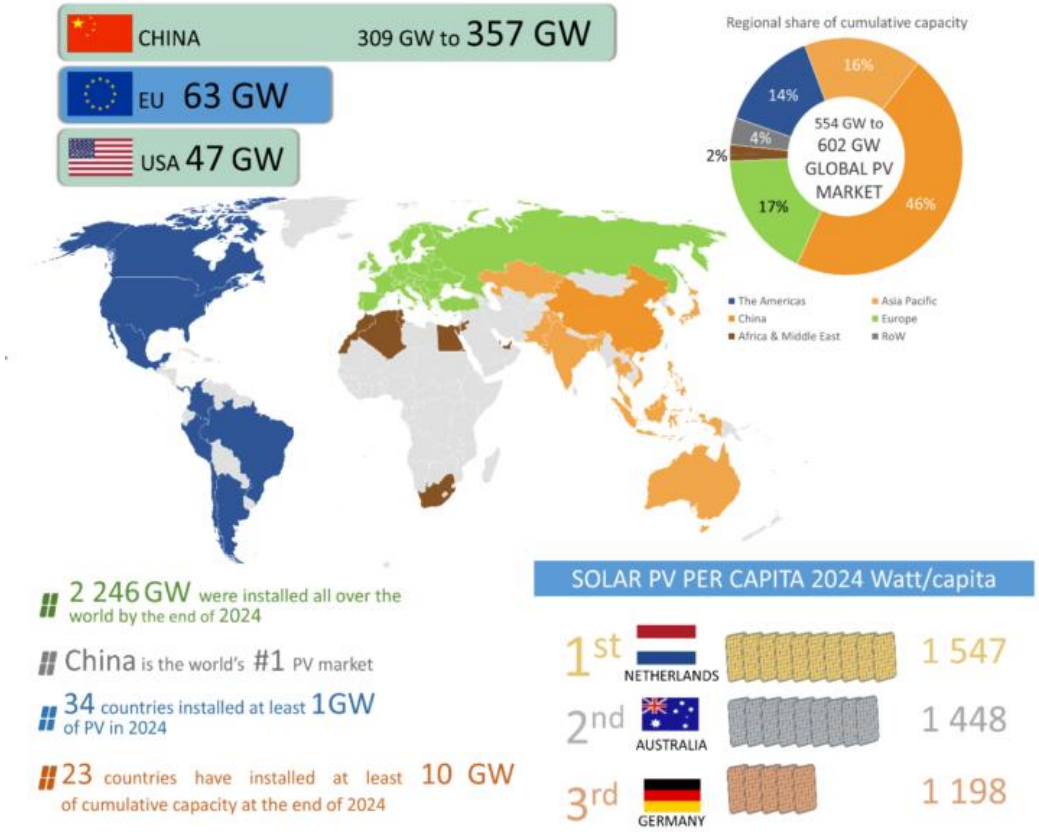
Evoluția anuală a generării de energie [TWh]

Situația actuală & tendințe

A fost nevoie de aproape 70 de ani pentru instalarea unei capacități de **1TW** în fotovoltaic

În doar doi ani (2022-2024), capacitatea fotovoltaică s-a dublat, la **2 TW**

România ≈ 323 W per capita



Situația actuală & tendințe

Capacitățile de producție fotovoltaică instalate în **2024**

	Capacitate instalată anual				Capacitate cumulată	
1	China	357.3 GW*	1	China		1048.5 GW*
(2)	*European Union*	62.6 GW	*(2)*	*European Union*		339.4 GW
2	USA	47.1 GW	2	USA		224.1 GW
3	India	31.9 GW	3	India		124.6 GW
4	Pakistan	17.0 GW	4	Germany		99.8 GW
5	Germany	16.7 GW	5	Japan		96.9 GW
6	Brazil	14.3 GW	6	Brazil		52.1 GW
7	Spain	7.5 GW	7	Spain		47.2 GW
8	Italy	6.6 GW	8	Australia		38.6 GW
9	France	5.9 GW	9	Italy		37.0 GW
10	Japan	5.5 GW	10	South Korea		31.7 GW

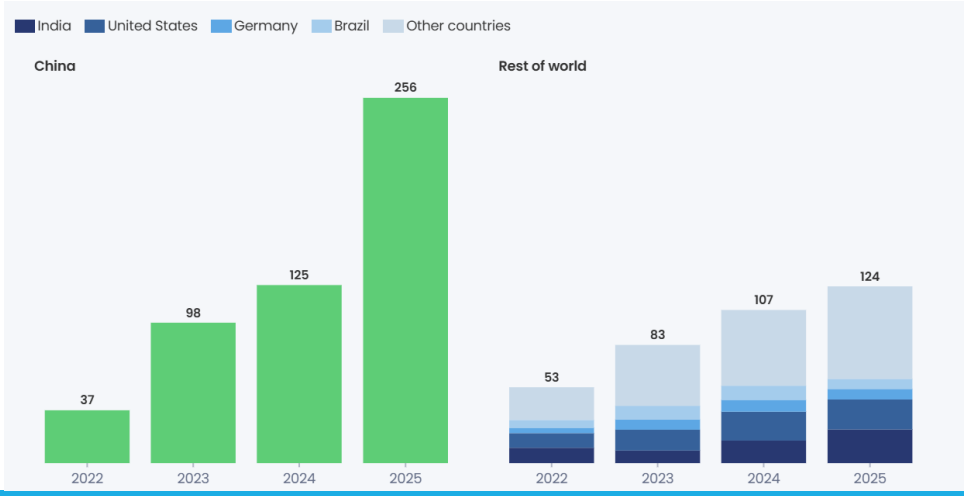
România **5,5 GW (2025)**

Situația actuală & tendințe

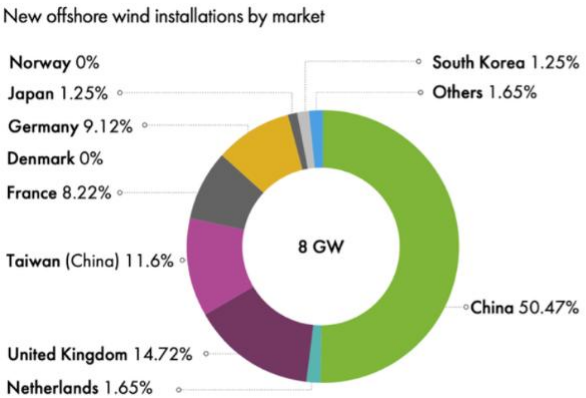


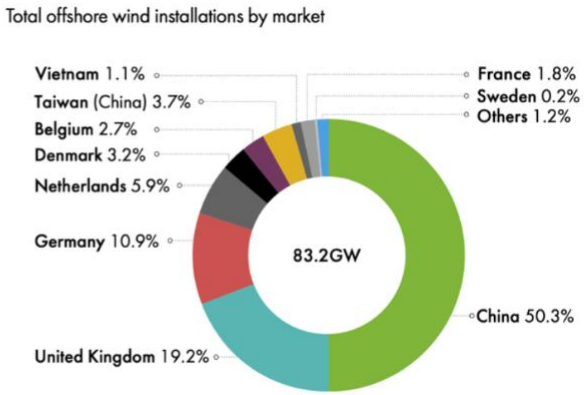
Instalațiile fotovoltaice au crescut cu **64%** în prima jumătate a anului **2025**

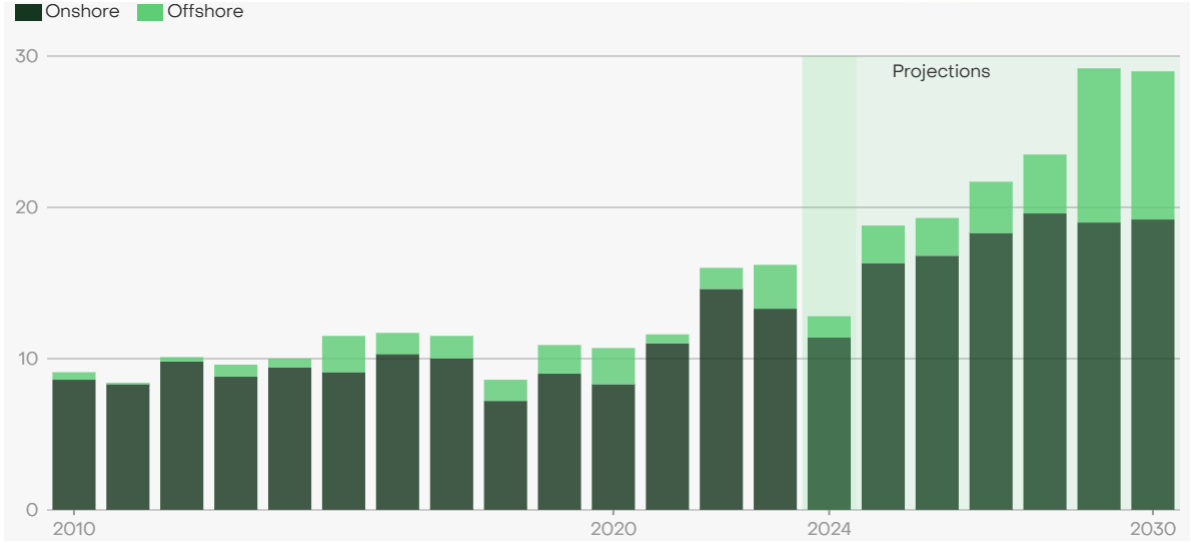
China a instalat în prima jumătate a anului **2025**, o capacitate fotovoltaica **de două ori mai mare** decât tot restul lumii, combinat



Situația actuală & tendințe





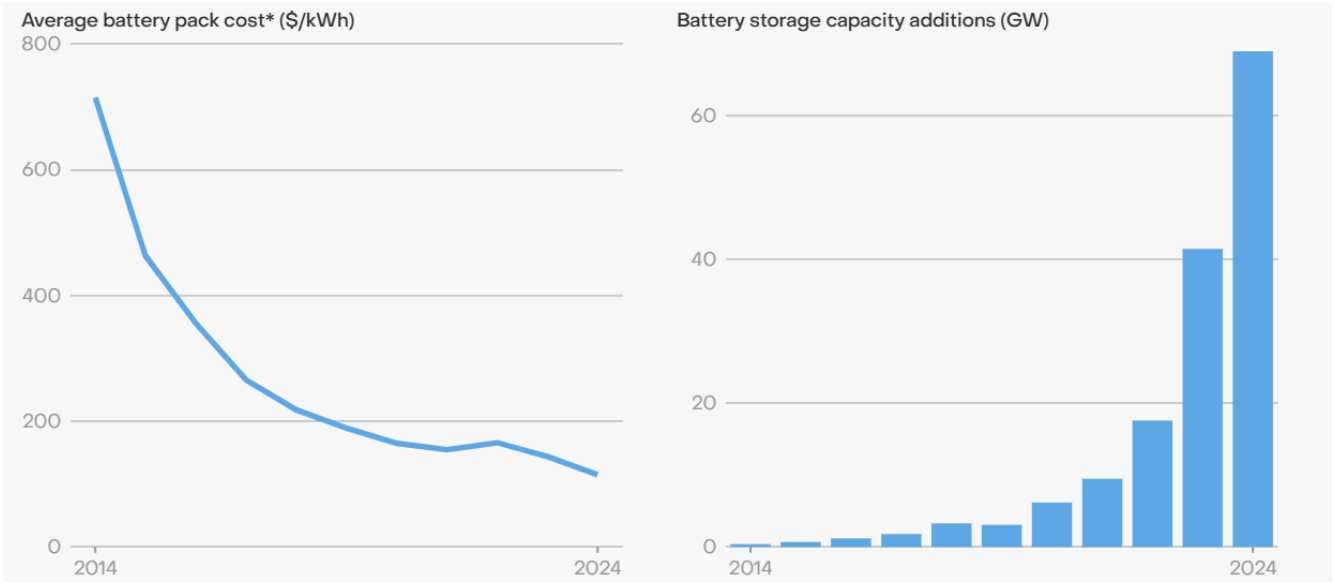


La nivel mondial, China deține 50% din întreaga capacitate eoliană

Capacitatea de producție eoliană a UE este proiectată să crească, cu precădere în cazul sistemelor *offshore* [**GWh**]

România: 3,09 GW (2024)
Potențial *offshore*: 76 GW

Situația actuală & tendințe



Prețurile bateriilor au scăzut până la 80 Euro/kWh, iar capacitatea instalată a ajuns la 86 GW / 221 GWh

România: 240 MW / 405 MWh (2025)
Potențial hidro: 6,4 GW / 36 TWh

Tehnologii emergente

Sisteme fotovoltaice & eoliene la scară mare

- **Beneficii:** cost LCOE foarte scăzut pentru proiecte noi, scalabilitate rapidă.
- **Riscuri:** variabilitate, necesitatea sistemelor de stocare şi a reţelelor flexibile.

Stocare în baterii (la nivel de rețea & distribuită)

- **Beneficii:** permite integrarea regenerabilelor, răspunde la vârfuri, oferă servicii de reglare.
- **Riscuri:** costuri în scădere dar încă dependente de lanţuri de aprovizionare pentru metale; durata de viață și reciclarea trebuie gestionate.

Electrificare (transport, încălzire — pompe de căldură)

- **Beneficii:** eficiență crescută, reducere directă a emisiilor dacă electricitatea este verde. Este una din cele mai puternice pârghii de reducere a CO_2.
- **Riscuri:** necesită rețele capabile şi politici pentru reînnoirea parcului auto/instalaţiilor de încălzire.

Tehnologii emergente

Hidrogen “curat” (verde/*low-carbon*)

- **Beneficii:** vector energetic pentru industria grea, procese chimice și transport greu.
- **Riscuri:** costuri încă mari, proiecte amânate; necesită energie regenerabilă suplimentară şi infrastructură de transport/stocare. Reuters+1

CCS (*Carbon Capture, Utilization & Storage*)

- **Beneficii:** important pentru decarbonizarea sectorului industrial şi pentru unele scenarii net-zero.
- **Riscuri:** costuri și acceptare socială; aplicabilitate limitată la anumite fluxuri de CO_2. IEA Blob Storage

Reactoare modulare mici (SMR) și alte tehnologii nucleare avansate

- **Beneficii:** pot furniza energie stabilă cu emisii scăzute de carbon; pot susține sisteme cu penetrare mare de regenerabile.
- **Riscuri:** reglementare, costuri inițiale, timp de implementare și acceptare publică.

Tehnologii emergente

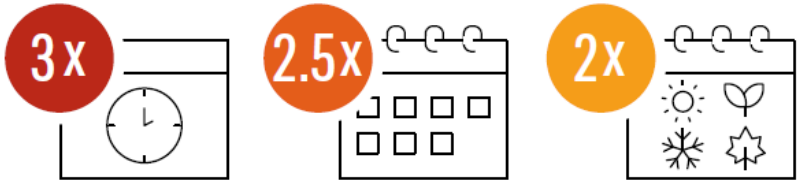
Digitalizare, AI și rețele inteligente (comunități energetice - *smart grids*)

- **Beneficii:** optimizare în timp real a producției/consumului, integrare V2G (*vehicle-to-grid*), prognoze mai bune pentru producția de energie din surse regenerabile, optimizare portofolii.
- **Riscuri:** securitate cibernetică, protecția datelor și nevoia de interoperabilitate.

Flexibilitate

- **Beneficii:** reducerea blocajelor pe rețelele electrice
- **Riscuri:** adoptare limitată în industrie, dificultăți în aplicarea la utilizatorii casnici

NECESARUL DE FLEXIBILITATE AL SISTEMULUI ENERGETIC PENTRU 2030, COMPARATIV CU 2019



Flexibilitate zilnică | Flexibilitate săptămânală | Flexibilitate sezonieră

Scenarii de evoluție până în 2050

A. Business as Usual – progres lent, emisii ridicate

B. Electrificare accelerată – reducere majoră a emisiilor cu 60–80%

C. Mix Net-Zero – flexibilitate, hidrogen, CCS,

D. Descentralizare – prosumatori, microgrid, comunități energetice, circularitate

Scenarii de evoluție până în 2050

Scenariul A — Situație neschimbată „*Business as Usual*” (BAU)

Ipoteze: creştere moderată a regenerabilelor, electrificare lentă, investiţii insuficiente în reţele şi stocare. Hidrogen și CCS rămân la proiecte pilot.

Efect: emisiile scad lent; nu se atinge 1,5–2°C. Sistem cu vulnerabilităţi la volatilitatea preţurilor la combustibili fosili şi la şocuri geopolitice.

Recomandare imediată: accelerare politici pentru competitivitatea regenerabilelor şi schema de stimulare a stocării.

Scenariul B — „Electrificare accelerată +surse regenerabile” (*High-Electrify*)

Ipoteze: prioritate maximă pentru PV/eolian + baterii; politici solide de electrificare a transportului şi clădirilor;investiții în reţele electrice

Efect: reducere mare a emisiilor din transport și clădiri; electricitate cu emisie scăzută devine predominantă. Posibilă reducere a emisiilor din sectorul energetic cu aproximativ **60–80%** până în **2050**, în funcţie de sursa de referinţă (estimare în linie cu scenarii IPCC pentru electrificare intensă)

Risc: păstrarea unor emisii reziduale în industrial greu — nevoie de CCS/hidrogen pe termen lung.

Scenarii de evoluție până în 2050

Scenariul C — „Mix net-zero flexibil” (Hidrogen + CCS + Flex)

Ipoteze: combină electrificarea cu hidrogenul «verde» pentru industrie/transport greu și CCS pentru fluxurile industriale persistente; stocare la scară mare și reţele inteligente. Politici agresive de suport şi pieţe pentru hidrogen

Efect: posibila traiectorie către net-zero al industriei până în 2050 la costuri mai mari dar distribuite; hidrogenul joacă rol important în sectoare greu de decarbonat. **Atenție:** scenariile realiste ar trebui să ţină cont de incertitudinile privind scalarea hidrogenului (proiecte anulate/întârziate)

Scenariul D — „Descentralizare & prosumer” (Transformativ)

Ipoteze: mix mare de PV distribuit, stocare la domiciliu/comunitară, *microgrids*, politici de *net-billing*/*peer-to-peer prin blockchain*; digitalizare puternică; reducere drastică a cererii prin creșterea eficienţei energetice și a circularității produselor

Efect: scădere semnificativă a emisiilor și creșterea rezilienţei locale; potenţial pentru amprentă de carbon foarte scăzută la nivel local/regional dar necesită reglementări și standarde pentru interoperabilitate și securitate

Scenarii de evoluție până în 2050

Pârghii politice & instrumente

- Prețul carbonului / ETS
- Scheme de sprijin pentru surse regenerabile & stocare
- Accelerarea electrificării
- Investiții în rețele inteligente
- Politici pentru hidrogen și CCS
- Reciclarea materialelor critice

Indicatori de succes (KPIs)

- Emisii CO_2 nete ale sectorului energetic ($MtCO_2/an$) — măsură principală
- Ponderea electricităţii din regenerabile (%) şi capacitate instalată **GW**
- Capacitate de stocare instalată (GWh) şi rotație medie pentru **serviciile de echilibrare**
- Grad de electrificare a transportului (%) şi pondere pompe de căldură la clădiri
- Cost nivelizat al energiei (LCOE) și cost nivelizat al hidrogenului (LCOH) pentru proiecte noi
- Grad de realizare a proiectelor de hidrogen & CCS (FIDs / proiecte operaţionale)

Roadmap pe 10 ani

(0–2 ani) Stabilirea cadrului: taxe de carbon/ETS credibil, reglementări pentru flexibilitate, targeturi clare pe electrificare.

(1–4 ani) Scalare regenerabile + stocare: licitaţii competitive pentru PV/wind + scheme pentru baterii; pilotare hidrogen industrial acolo unde are sens.

(3–7 ani) Modernizare reţele: smart grids, investiţii în interconexiuni, standarde V2G; politici de reciclare a bateriilor.

(5–10 ani) Dezvoltare infrastructură pentru hidrogen/CCS doar dacă proiectele trec de praguri economice şi de demonstrabilitate; extindere SMR acolo unde e fezabil.

(continuă) Măsurare, raportare şi ajustare — revizuiri la 3-5 ani bazate pe indicatori de performanţă.

Concluzii

- Transformarea sistemului energetic este fezabilă
- Electrificarea + regenerabile = cea mai bună cale cost-eficiență
- Hidrogen și CCS = soluții complementare selective
- Monitorizare continuă prin *KPI*
- Transformarea către un sistem energetic cu amprentă de carbon minimă este tehnologic fezabilă astăzi, dar necesită politici coerente, investiții mari în rețele și stocare, și o abordare pragmatică—evaluând în mod continuu rolul hidrogenului și al CCS, care rămân utile doar în anumite aplicații

- Politicile energetice coerente și investiții stabile sunt critice:
  - Simplificarea și accelerarea autorizațiilor, digitalizarea rețelele și prioritizarea stocării

Concluzii

- Părțile interesate pot realiza o extindere rapidă concentrându-se pe măsuri pe termen scurt până în 2030
- Accelerarea autorizărilor și a implementării infrastructurii energetice critice, inclusiv rețele electrice, instalații de conversie a bioenergiei, rețelele de hidrogen și terminalele de combustibil în porturi și aeroporturi
- Soluții pe termen scurt pentru îmbunătățirea și flexibilitatea rețelei, inclusiv gestionarea cererii și cuplarea sectoarelor, sunt soluții necesare imediat, înante de o extindere a infrastructurii energetice