

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII  
AL REPUBLICII MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea Energetică și Inginerie Electrică  
Departamentul Energetică**

Admis la susținere

Șefă departament:

HLUSOV Viorica, conf. univ., dr.

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025

**Promovarea stocării energiei în sistemul energetic  
național ca măsură de asigurare a securității energetice  
a Republicii Moldova**

**Teză de master**

**Masterand:** \_\_\_\_\_ **VÎRLAN Gheorghe,**  
gr. EM-23M

**Conducător:** \_\_\_\_\_ **ARION Valentin,**  
prof.univ., dr. hab.

**Chișinău, 2025**

## ADNOTARE

**Autor** – VÎRLAN Gheorghe **Titlul** – Promovarea stocării energiei în sistemul energetic național ca măsură de asigurare a securității energetice a Republicii Moldova

**Structura lucrării:** Lucrarea conține o introducere, patru capitole, concluzii și recomandări, bibliografie din 29 titluri și 20 link-uri utilizate, 2 anexe, 84 pagini, 32 figuri, 14 tabele.

**Cuvinte-cheie:** Securitate energetică, stocarea energiei, eficiență energetică, surse regenerabile, sistemul energetic, Republica Moldova.

**Problematica studiului:** Necesitatea implementării soluțiilor de stocare a energiei pentru creșterea siguranței energetice și reducerea dependenței de sursele fosile în contextul specific al Republicii Moldova.

**Obiectivele studiului:** Investigarea tehnologiilor moderne de stocare a energiei, evaluarea aplicabilității acestora în Republica Moldova, elaborarea unor recomandări practice pentru integrarea acestor soluții în sistemul energetic național.

**Rezultate obținute:** Studiul demonstrează importanța tehnologiilor de stocare a energiei pentru stabilizarea rețelei și integrarea surselor regenerabile, subliniind necesitatea dezvoltării unui cadru legislativ și a unor politici de sprijin în acest domeniu.

## ABSTRACT

**Author** – VÎRLAN Gheorghe **Title** – Promotion of energy storage in the national energy system as a measure to ensure the energy security of the Republic of Moldova.

**Thesis structure:** The paper contains an introduction, four chapters, conclusions and recommendations, bibliography of 29 titles and 20 links used, 2 annexes, 84 pages, 32 figures, 14 tables.

**Keywords:** Energy security, energy storage, energy efficiency, renewable sources, energy system, Republic of Moldova.

**Study issues:** The need to implement energy storage solutions to increase energy security and reduce dependence on fossil fuels in the specific context of the Republic of Moldova.

**The study's objectives:** Investigation of modern energy storage technologies, evaluation of their applicability in the Republic of Moldova, elaboration of practical recommendations for the integration of these solutions into the national energy system.

**Result obtained:** The study demonstrates the importance of energy storage technologies for grid stabilization and the integration of renewables, underlining the need to develop a legislative framework and supporting policies in this area.

## CUPRINS

Pag.

<b>INTRODUCERE</b> .....	9
<b>1. POLITICI ȘI LEGISLAȚIA PRIVIND STOCAREA ENERGIEI</b> .....	12
1.1. Politici și strategii naționale și internaționale în domeniul stocării energiei.....	12
1.2. Stocarea energiei în tranziția energetică globală, contribuția la decarbonizare și integrarea energiei din surse regenerabile.....	18
1.3. Cadrul legislativ privind stocarea energiei în Republica Moldova.....	19
1.4. Legislația Uniunii Europene referitoare la stocarea energiei.....	22
<b>2. TEHNOLOGII ȘI SOLUȚII AVANSATE PENTRU STOCAREA ENERGIEI ELECTRIC</b> .....	25
2.1. Principii de bază și tehnologii avansate în stocarea energiei electrice.....	25
2.2. Tehnologii emergente pentru stocarea energiei electrice.....	26
2.3. Sisteme de stocare a energiei electrice prin pompe hidraulice.....	32
2.4. Sisteme de stocare a energiei electrice folosind aer comprimat.....	36
2.5. Avantaje și provocări tehnice și economice ale stocării energiei electrice.....	39
<b>3. METODE ȘI TEHNOLOGII DE STOCARE A ENERGIEI TERMICE</b> .....	42
3.1. Principiile de funcționare și tehnologiile de bază pentru stocarea energiei termice.....	42
3.2. Sisteme de stocare a energiei termice în clădiri și rețele de termoficare.....	46
3.3. Soluții de stocare a energiei termice pe termen scurt și lung.....	51
3.4. Impactul stocării energiei termice asupra eficienței energetice și a sustenabilității.....	54
<b>4. APLICAȚII PRACTICE ȘI STUDII DE CAZ ÎN DOMENIUL STOCĂRII ENERGIEI</b> .....	56
4.1. Implementarea sistemelor de stocare a energiei în Republica Moldova.....	56
4.2. Modelarea sistemului de stocare a energiei electrice prin BESS.....	58
4.3. Analiza cost-beneficiu în implementarea sistemului de stocare a energiei electrice prin CHEAP...	64
4.4. Viitorul stocării energiei, tendințe tehnologice și inovații pentru tranziția către un sistem energetic durabil.....	69
<b>CONCLUZII</b> .....	71
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	73
<b>ANEXE</b> .....	76
A1. Obiectivele și Metodologia cercetării.....	76
A2. Estimări tehnice și financiare.....	78

## INTRODUCERE

În contextul provocărilor globale din sectorul energetic, stocarea energiei devine o componentă esențială pentru asigurarea securității energetice. Criza energetică globală, amplificată de tensiunile geopolitice și de fluctuațiile pieței internaționale de energie, a subliniat vulnerabilitatea sistemelor energetice actuale. Dependența ridicată de resursele fosile și distribuția inegală a acestora generează riscuri majore pentru siguranța aprovizionării cu energie, afectând economia și bunăstarea statelor.

Prin urmare, siguranța energetică a devenit o preocupare majoră în ultimele decenii, odată cu creșterea complexității și interdependenței sistemelor energetice globale. Un număr tot mai mare de țări se confruntă cu riscuri de întrerupere a aprovizionării, fie din cauza tensiunilor geopolitice, fie din cauza volatilității prețurilor resurselor energetice tradiționale. Acești factori au condus la o reevaluare a strategiilor naționale și regionale în ceea ce privește securitatea energetică, accentuând nevoia de diversificare a surselor de energie și de implementare a unor soluții inovatoare pentru gestionarea eficientă a resurselor disponibile. Stocarea energiei este una dintre aceste soluții, care oferă o flexibilitate sporită în utilizarea energiei și, implicit, o mai mare stabilitate și securitate a sistemelor energetice.

Criza energetică globală, amplificată de conflicte regionale și de perturbările lanțurilor de aprovizionare cu resurse energetice, a scos la iveală dependența excesivă de combustibili fosili. Aceste surse convenționale, pe lângă impactul negativ asupra mediului, sunt distribuite inegal la nivel mondial, ceea ce conferă unor țări un avantaj strategic semnificativ, în timp ce altele rămân vulnerabile în fața instabilității economice și politice. În aceste condiții, necesitatea unei tranziții rapide și eficiente către surse regenerabile este mai evidentă ca niciodată, însă aceasta aduce cu sine noi provocări în gestionarea stabilității sistemelor energetice.

Tranziția către surse regenerabile, deși esențială pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și combaterea schimbărilor climatice, nu este lipsită de dificultăți. Sursele regenerabile, cum ar fi energia solară și eoliană, sunt caracterizate de intermitență și variabilitate, ceea ce înseamnă că producția lor nu este constantă pe parcursul zilei, săptămânii, lunii și/sau al anului. Aceste fluctuații necesită soluții avansate pentru stocarea surplusului de energie produs în perioadele de vârf și eliberarea acesteia în momentele de cerere ridicată sau când sursele regenerabile nu pot produce suficientă energie. În absența unor soluții eficiente de stocare, rețelele energetice ar deveni vulnerabile la întreruperi, iar integrarea surselor regenerabile ar fi limitată.

Stocarea energiei oferă o soluție viabilă pentru aceste provocări. Tehnologiile de stocare, cum ar fi bateriile de înaltă capacitate, stocarea termică, sisteme gravitaționale și hidrocentralele reversibile, permit stocarea energiei excedentare și utilizarea acesteia atunci când este nevoie cum ar fi pe timp

de noapte sau în ore, zile lipsite de vânt. Acest lucru nu doar că îmbunătățește flexibilitatea și stabilitatea sistemelor energetice, dar și contribuie la echilibrarea cererii și ofertei de energie, astfel echilibrând întreg sistemul energetic. În plus, stocarea energiei are potențialul de a reduce dependența de centralele pe combustibili fosili care sunt folosite în mod tradițional pentru echilibrarea rețelelor, accelerând astfel tranziția către un viitor energetic durabil, verde și curat.

Prin urmare, dezvoltarea capacităților de stocare a energiei reprezintă o prioritate strategică pentru asigurarea securității energetice globale. Integrarea unor astfel de soluții este esențială nu doar pentru a face față provocărilor legate de tranziția energetică, dar și pentru a crește reziliența sistemelor energetice în fața unor crize viitoare. Așadar, stocarea energiei nu este doar un instrument tehnologic, ci o necesitate fundamentală pentru susținerea unui sistem energetic modern, stabil și sigur.

În ceea ce se referă la stocarea energiei termice (TES - Thermal Energy Storage), se menționează că aceasta joacă un rol esențial în gestionarea eficientă a resurselor energetice, în special în contextul tranziției către surse regenerabile și al necesității de reducere a emisiilor de carbon. TES permite captarea și conservarea energiei termice produse fie din surse regenerabile, cum ar fi energia solară termică, fie din procese industriale care generează căldură reziduală. Această energie poate fi ulterior utilizată pentru încălzire, răcire sau producerea de energie electrică, contribuind astfel la o utilizare mai flexibilă și sustenabilă a resurselor.

Unul dintre cele mai comune exemple de stocare a energiei termice este tehnologia bazată pe acumularea de căldură în materiale precum apa, sare topită, nisip sau rocile. În sistemele de energie solară concentrată (CSP), de exemplu, energia solară este folosită pentru a încălzi sare topită, care poate reține căldura pentru perioade lungi de timp. Această căldură poate fi eliberată în timpul nopții sau în perioadele de cerere mare pentru a produce energie electrică, permițând astfel generarea de energie chiar și atunci când condițiile meteo nu permit generarea energiei electrice direct. Prin utilizarea unor astfel de tehnologii, stocarea energiei termice contribuie semnificativ la stabilitatea și continuitatea furnizării de energie din surse regenerabile.

De asemenea, stocarea energiei termice poate fi aplicată și la nivelul clădirilor sau districtelor energetice, prin sisteme de stocare a căldurii în masă (de exemplu, pereți sau podele încălzite) sau prin utilizarea rezervelor subterane de apă caldă. Aceste soluții sunt folosite pentru a stoca căldura generată în perioadele de energie excedentară și pentru a o utiliza ulterior la încălzirea locuințelor sau a clădirilor comerciale în momentele de cerere crescută, reducând astfel consumul de energie electrică și dependența de rețelele energetice naționale.

Un alt beneficiu major al stocării energiei termice constă în reducerea vârfurilor de consum energetic și a costurilor asociate acestora. Prin stocarea căldurii și utilizarea acesteia în perioadele cu cerere mare, sistemele TES pot contribui la aplatizarea curbei cererii, reducând nevoia de a apela la surse de

energie mai costisitoare și mai poluante, cum ar fi centralele pe combustibili fosili. Această flexibilitate oferă o soluție economică și ecologică pentru optimizarea resurselor energetice și creșterea eficienței sistemelor.

Stocarea energiei termice în contextul Sistemul de Alimentare Centralizată cu Energie Termică (SACET) poate aduce la fel o serie de avantaje semnificative, contribuind la eficiența și sustenabilitatea energetică a comunităților urbane. Sistemele de încălzire centralizată sunt folosite pe scară largă în multe orașe din Europa și în alte părți ale lumii, având capacitatea de a furniza energie termică pentru încălzirea locuințelor, clădirilor comerciale și industriale printr-o rețea centralizată. Prin integrarea tehnologiilor de stocare a energiei termice în aceste sisteme, se poate asigura o mai bună gestionare a cererii de căldură, optimizarea consumului de combustibil și reducerea emisiilor de carbon.

În sistemele de încălzire centralizată, stocarea energiei termice poate fi realizată prin utilizarea unor rezervoare mari de apă caldă sau a altor agenți termici, care păstrează căldura generată fie din surse regenerabile (cum ar fi centralele solare termice), fie din surse convenționale, cum ar fi centralele de cogenerare. Aceste rezervoare pot fi încărcate în perioadele de cerere redusă, cum ar fi pe timp de noapte, când costurile de producție sunt mai mici, iar energia termică stocată poate fi eliberată în orele de vârf, reducând nevoia de producție suplimentară. Această strategie nu doar echilibrează cererea și oferta, ci și reduce consumul de energie primară și emisiile asociate.

O altă aplicație importantă a stocării termice în sistemele de încălzire centralizată este utilizarea căldurii reziduale din procesele industriale sau din centralele electrice. Prin captarea și stocarea acestei călduri, care altfel ar fi pierdută în atmosferă, sistemele SACET pot folosi energie care ar fi fost risipită pentru a acoperi cererea de încălzire în orașe. Aceasta contribuie la creșterea eficienței energetice globale a comunităților și la reducerea costurilor pentru consumatori, întrucât energia reziduală este mult mai ieftină decât producția de căldură din surse primare.

Prin aceste soluții, stocarea energiei termice nu doar că sprijină integrarea surselor regenerabile și a căldurii reziduale în sistemele de încălzire centralizată, dar și contribuie la reducerea dependenței de combustibili fosili și la creșterea rezilienței energetice a orașelor. Aceasta permite comunităților să își gestioneze mai bine resursele energetice locale, să reducă costurile și să își atingă obiectivele de reducere a emisiilor de carbon. Astfel, stocarea energiei termice joacă un rol nu mai puțin important în comparație cu stocarea energiei electrice în tranziția către un sistem energetic durabil și flexibil, asigurând utilizarea optimă a surselor regenerabile și îmbunătățind securitatea energetică prin reducerea dependenței de surse externe și reducerea emisiilor de carbon.

## BIBLIOGRAFIE

1. Guvernul Republicii Moldova, *Hotărârea Guvernului nr. 117/2023 cu privire la restructurarea unor organe centrale de specialitate ale administrației publice și modificarea unor hotărâri ale Guvernului*, 2023. Disponibil: [https://www.legis.md/cautare/getResults?doc\\_id=135920&lang=ro](https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=135920&lang=ro).
2. Ministerul Energiei al Republicii Moldova, *Planul Național Integrat privind Energia și Clima*, 2024. Disponibil: <https://particip.gov.md/ro/document/stages/consultare-publica-planul-national-integrat-privind-energiasiclima/13112>.
3. Guvernul Republicii Moldova, *Legea nr. 281/2023 pentru modificarea unor acte normative (instituirea mecanismului de guvernanță energetică și a acțiunilor climatice)*, 2023.
4. Guvernul Republicii Moldova, *Hotărârea Guvernului nr. 10/2024 pentru aprobarea Regulamentului privind mecanismul de guvernanță energetică și acțiunilor climatice*, 2023.
5. Guvernul Republicii Moldova, *Raport cu privire la activitatea Guvernului în anul 2023*, 2023, Chișinău.
6. Uniunea Europeană, *Statistica în domeniul energiei*, Eurostat, Bruxelles, 2024 [Interactiv]. Disponibil: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>.
7. Parlamentul European, *Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Governance of the Energy Union and Climate Action*, . Disponibil: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_.2018.328.01.0001.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2018%3A328%3ATOC](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.328.01.0001.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2018%3A328%3ATOC).
8. Uniunea Europeană, *NextGenerationEU*, Bruxelles, 2024. Disponibil: [https://next-generation-eu.europa.eu/index\\_en#make-it-green](https://next-generation-eu.europa.eu/index_en#make-it-green).
9. Ministerul Energiei, *Proiectul Legii cu privire la energia electrică*, Chișinău [Interactiv]. Disponibil: <https://particip.gov.md/ro/document/stages/proiectul-legii-cu-privire-la-energia-electrica/13057>.
10. Republica Moldova, *Legea nr. 107/2016 cu privire la energia electrică*, Chișinău, 2024.
11. European Association for Storage of Energy, *Energy Storage Technology Descriptions*, Bruxelles, 2024.

12. GORDON, S., FALCONE, P. *The emerging roles of energy storage in a competitive power market: Summary of a DOE workshop*. Sandia Report. SAND95-8247, 1995.
13. TANAKA, T., KURIHARA, I. , *Market potential of utility-purpose energy storage in Japan up to the year 2050. Proceedings of the Electrical Energy Storage Systems Applications*, Sandia., 1998.
14. GORDON, S., FALCONE, P., *The emerging roles of energy storage in a competitive power market.*, Sandia., SAND95-8247. , 1995.
15. JSC „Voith”, „*Technical innovation and digital solutions*”. Disponibil: <https://voith.com/corp-en/index.html>.
16. SE „E.ON”, „*Energy Infrastructure Solutions*” Bruxelles, 2024. Disponibil: <https://www.eon.com/en.html>.
17. NAIR AM., WILSON C., HUANG MJ., GRIFFITHS P., HEWITT N., *Phase change materials in building integrated space heating and domestic hot water applications*, Journal of Energy Storage, 2022.
18. GHOLAMIBOZANJANI, Gohar, *A comparison between passive and active PCM systems applied to buildings*, Auckland. Elsevier, 2020.
19. VERBEKE, Stijn, *Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and building use*, Anvers. Elsevier, 2017.
20. ASAN H., SANTAR YS., *Effects of wall's thermophysical properties on time lag and decrement facto*, Auckland, 1998.
21. LIZANA Jesús, CHACARTEGU Ricardo, BARRIOS-PADURA Angela, MANUEL VALVERDE José , *Advances in thermal energy storage materials and their applications towards zero energy buildings: A critical review*, Sevilla: Elsevier, 2017.
22. EPC „ARANER” , „*Thermal Energy Storage System*” 2024. Disponibil: <https://www.araner.com/business-lines/thermal-storage-tank>.
23. Emerging Technologies Market Intelligence, *Phase Change Materials: The New Age Energy Conservation Technique*, 20 mai 2022. Disponibil: <https://bisresearch.com/news/phase-change-materials-the-new-age-energy-conservation-technique>.

24. CONCEPT Neural, „*Thermal Battery Technology: Overview & Applications*,” 2023. Disponibil: <https://www.neuralconcept.com/post/thermal-battery-technology-overview-applications>.
25. SCHÜPPLER Simon, „*Techno-economic and environmental analysis of an Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) in Germany*,” Springer Open, vol. 48, p. 2, 2019.
26. EFREMOV C., *Contribuții la majorarea flexibilității sistemului energetic în vederea integrării surselor de energie regenerabilă*, Chișinău. Universitatea Tehnică a Moldovei, 2022.
27. MathWorks, „*Design. Simulate. Deploy.*,” Disponibil: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>.
28. ARION V., HLUSOV V., GHERMAN C., *Modelarea economică a obiectivelor și sistemelor energetice pe termen lung: modelele statice-echivalente și aplicabilitatea acestora*, București. Editura AGIR, 2016.
29. R-ACES, „*Brædstrup district heating*,” 2007. Disponibil: [https://r-aces.eu/use\\_case/braedstrup-district-heating/?utm\\_source=chatgpt.com](https://r-aces.eu/use_case/braedstrup-district-heating/?utm_source=chatgpt.com).
30. Comisia Europeană, *Documentului de lucru „Stocarea energiei - susținerea unui sistem energetic al UE decarbonizat și sigur”*, SWD(2023), Bruxelles, 2023.
31. Comisia Europeană, *Pregătiți pentru 55, 2024*. Disponibil: <https://www.consilium.europa.eu/ro/policies/fit-for-55/>.