



Universitatea Tehnică a Moldovei

**OPTIMIZAREA UNUI SISTEM DE POMPE DE
CĂLDURĂ GEOTERMALE CU SONDE
VERTICALE TIP HELIX**

Student: Chilat Alina, ACGV-241M

Conducător: Begleț Natalia, conf. univ., dr.

Chișinău, 2026

REZUMAT

Chilat Alina, „Optimizarea unui sistem de pompe de căldură geotermale cu sonde verticale de tip Helix”, teză pentru obținerea titlului de master în inginerie, domeniul ACGV, Chișinău, 2026.

Teza este structurată în introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 35 de titluri, figuri și tabele.

Cuvinte-cheie: pompă de căldură geotermală, sonde Helix, eficiență energetică, transfer termic în sol, COP, energie regenerabilă.

Lucrarea abordează problematica eficienței energetice a clădirilor prin utilizarea sistemelor geotermale de tip pompă de căldură, în contextul tranziției energetice și al necesității reducerii consumului de combustibili fosili. Integrarea surselor regenerabile de energie în sectorul construcțiilor reprezintă o direcție strategică la nivel național și european, iar sistemele geotermale oferă o soluție durabilă pentru asigurarea necesarului de energie termică.

Obiectivul principal al cercetării constă în evaluarea performanței unui sistem de pompe de căldură geotermale și optimizarea acestuia prin utilizarea sondelor verticale de tip Helix, în vederea identificării unei soluții eficiente din punct de vedere tehnic și adaptate condițiilor reale de exploatare. În acest sens, au fost analizate principiile de funcționare ale pompelor de căldură, tipurile de sonde geotermale și influența condițiilor geologice și constructive asupra performanței sistemului.

Metodologia de cercetare include analiza teoretică a sistemelor geotermale, evaluarea indicatorilor de performanță energetică (COP, SCOP), determinarea sarcinilor termice ale clădirii și analiza transferului de căldură în sol. De asemenea, a fost realizată o analiză comparativă între sondele verticale clasice și sondele de tip Helix, precum și un studiu de caz aplicat asupra unui sistem real de pompe de căldură geotermale.

Rezultatele obținute evidențiază faptul că sistemele geotermale prezintă un potențial ridicat de reducere a consumului de energie și de creștere a eficienței energetice a clădirilor. Totodată, s-a constatat că soluțiile de tip Helix pot reprezenta o alternativă viabilă în condiții de teren limitate, însă eficiența acestora depinde de caracteristicile solului și de suprafața disponibilă pentru amplasare.

În concluzie, sistemele de pompe de căldură geotermale, optimizate prin utilizarea sondelor adecvate, reprezintă o soluție sustenabilă pentru sectorul construcțiilor, contribuind la reducerea emisiilor de CO₂ și la creșterea eficienței energetice.

ABSTRACT

Chilat Alina, “Optimization of a geothermal heat pump system with vertical Helix-type boreholes”, Master’s thesis in Engineering, ACGV field, Chişinău, 2026.

The thesis is structured into an introduction, four chapters, general conclusions and recommendations, a bibliography of 35 references, figures and tables.

Keywords: ground source heat pump, Helix probes, energy efficiency, ground heat transfer, COP, renewable energy.

The paper addresses the issue of energy efficiency in buildings through the use of geothermal heat pump systems, in the context of energy transition and the need to reduce fossil fuel consumption. The integration of renewable energy sources in the building sector represents a strategic direction at both national and European levels, while geothermal systems provide a sustainable solution for thermal energy supply.

The main objective of the research is to evaluate the performance of a ground source heat pump system and to optimize it by using vertical Helix probes, in order to identify an efficient technical solution adapted to real operating conditions. In this context, the principles of heat pump operation, types of geothermal probes, and the influence of geological and building conditions on system performance were analyzed.

The research methodology comprises a theoretical analysis of geothermal systems, the evaluation of key energy performance indicators such as the coefficient of performance (COP) and seasonal coefficient of performance (SCOP), the determination of building heating loads, and the assessment of heat transfer processes within the ground. Additionally, a comparative analysis was conducted between conventional vertical borehole heat exchangers and Helix-type probes, complemented by a case study involving a real ground source heat pump system.

The results indicate that geothermal systems exhibit significant potential for reducing energy consumption and enhancing the overall energy efficiency of buildings. Furthermore, Helix-type configurations may constitute a viable alternative in situations with limited land availability; however, their performance is strongly influenced by soil properties and installation conditions.

In conclusion, optimized ground source heat pump systems represent a sustainable solution for the building sector, contributing to the reduction of CO₂ emissions and the improvement of energy efficiency.

CUPRINS

INTRODUCERE	10
1.BAZELE TEORETICE ALE POMPELOR DE CĂLDURĂ GEOTERMALE ȘI SONDELOR VERTICALE.....	12
1.1. Principiul de funcționare al pompelor de căldură geotermale	12
1.2. Componentele principale ale unui sistem cu pompe de căldură geotermale (GHP)	15
1.3. Indicatori de performanță energetică ai pompelor de căldură geotermale	17
1.4. Factorii care influențează eficiența pompelor de căldură geotermale	18
2. SONDE GEOTERMALE VERTICALE ȘI PARTICULARITĂȚILE SONDELOR DE TIP HELIX	22
2.1. Clasificarea sondelor geotermale verticale	22
2.2. Sonde cu tub în U simplu, U dublu și sonde coaxiale	26
2.3. Sonda geotermală de tip Helix: descriere constructivă și principiu de funcționare	31
2.4. Mecanismul transferului termic în sondele Helix.....	36
2.5. Avantajele, dezavantajele și domeniile de aplicare ale sondelor Helix.....	40
3. PARTICULARITĂȚILE CONSTRUCTIVE ȘI FUNCȚIONALE ALE SISTEMELOR GEOTERMALE CU SONDE HELIX	43
3.1. Particularitățile constructive ale clădirilor compatibile cu sistemele geotermale	43
3.2. Integrarea pompei de căldură geotermale în instalațiile interioare ale clădirii.....	46
3.3. Cerințe de amplasare și constrângeri pentru câmpurile de sonde geotermale	49
3.4. Particularitățile funcționale ale sistemelor cu sonde verticale clasice și sonde Helix ...	53
3.5. Criterii tehnice pentru alegerea unei soluții geotermale optimizate	56
4.CARACTERISTICILE OBIECTIVULUI ANALIZAT ȘI DATELE INIȚIALE PENTRU DIMENSIONARE	58
4.1. Caracteristicile amplasamentului și condițiile geologice	58
4.2. Parametrii termofizici ai solului	61
4.3. Calculul sarcinilor termice ale clădirii.....	64

4.4. Dimensionarea pompei de căldură	67
4.5. Dimensionarea sondelor Helix	71
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	75
Recomandări.....	76
BIBLIOGRAFIE	77

INTRODUCERE

Creșterea consumului energetic la nivel global, corelată cu epuizarea resurselor fosile și cu impactul negativ asupra mediului, a determinat orientarea politicilor energetice către utilizarea surselor regenerabile de energie și creșterea eficienței energetice în sectorul construcțiilor. Clădirile reprezintă unul dintre cei mai mari consumatori de energie, în special pentru încălzire, răcire și prepararea apei calde menajere, ceea ce impune adoptarea unor soluții tehnologice performante, durabile și cu impact redus asupra mediului [14].

În acest context, pompele de căldură geotermale se evidențiază drept unele dintre cele mai eficiente sisteme de conversie a energiei, valorificând energia termică acumulată în sol, caracterizată printr-o stabilitate ridicată a temperaturii pe parcursul întregului an. Comparativ cu sistemele convenționale de încălzire, acestea asigură un randament energetic superior, contribuie la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și la diminuarea dependenței de combustibili fosili. Eficiența sistemelor geotermale este însă influențată în mod direct de tipul și configurația schimbătoarelor de căldură amplasate în sol.

Sondele geotermale verticale constituie o soluție eficientă în zonele cu suprafețe limitate, permițând exploatarea energiei termice de la adâncimi la care variațiile sezoniere de temperatură sunt reduse. În acest sens, sondele de tip Helix reprezintă o alternativă modernă la sondele clasice cu U dublu sau coaxiale, datorită geometriei lor specifice, care asigură o suprafață de schimb termic extinsă și o intensificare a transferului de căldură între sol și agentul termic [17]. Utilizarea acestor sonde poate conduce la optimizarea dimensiunilor câmpului geotermal și la reducerea costurilor de investiție.

Actualitatea temei este determinată de necesitatea implementării unor soluții eficiente energetic și sustenabile în sectorul construcțiilor, în concordanță cu politicile energetice moderne și cu obiectivele de reducere a emisiilor de CO₂.

Obiectul de studiu îl constituie sistemele de pompe de căldură geotermale echipate cu sonde verticale de tip Helix, analizate din punct de vedere al performanței energetice și al condițiilor de integrare în clădiri.

Scopul lucrării constă în analizarea și optimizarea unui sistem geotermal prin evaluarea performanței energetice, dimensionarea corectă a componentelor și identificarea unei soluții optime din punct de vedere tehnic și economic pentru utilizarea sondelor de tip Helix.

Pentru atingerea scopului propus, au fost stabilite următoarele obiective:

- analiza teoretică a principiilor de funcționare a pompelor de căldură geotermale;
- studiul tipurilor de sonde geotermale și a particularităților sondelor Helix;

- evaluarea influenței condițiilor geologice și climatice asupra performanței sistemului;
- determinarea sarcinilor termice ale clădirii și dimensionarea sistemului;
- realizarea unei analize comparative între soluțiile tehnice existente.

Semnificația practică a lucrării constă în faptul că rezultatele obținute pot fi utilizate în proiectarea și dimensionarea sistemelor geotermale moderne, oferind suport tehnic pentru alegerea soluțiilor eficiente în funcție de condițiile specifice ale amplasamentului.

Metodele de cercetare utilizate includ analiza teoretică și documentară a literaturii de specialitate, modelarea și calculul performanței energetice a sistemelor geotermale, determinarea parametrilor termici ai solului și realizarea unui studiu de caz aplicat asupra unui sistem real, în condițiile specifice mediului geologic și climatic local [26], [9].

Bibliografie

1. Winterling R., REHAU, RAUGEO Helix Probe PE-Xa. Broșură tehnică privind sonda geotermală Helix
<https://mail.gshp.org.uk/documents/REsearchseminar2010/Ralf%20Winterling%20Spiral%20Probes.pdf>
2. Banks D., An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling, 2nd ed., Wiley-Blackwell, 2012
<https://onlinelibrary.wiley.com>
3. Begleț N., Colomieț T., Termotehnica construcțiilor: Îndrumar aplicativ pentru orele practice, Chișinău: UTM, 2024
<https://repository.utm.md>
4. BS EN 14511-1:2018, Air conditioners and heat pumps – Terms and definitions
<https://standards.itech.ai>
5. Florides G., Kalogirou S., Ground heat exchangers – A review of systems, models and applications, Renewable Energy, 2007, vol. 32, pp. 2461–2478
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.04.014>
6. REHAU, RAUGEO Ground-Source Solutions. Document tehnic
https://buildingcentre.co.uk/media/_file/pdf/Ground-Source-Solutions.pdf
7. Begleț N., Nicolaev E., Analiza confortului termic în clădirile publice. Studiu de caz, Romanian Journal of Civil Engineering, 2025, Vol 16, Issue 4, p. 363, ISSN 2068-3987
<https://doi.org/10.37789/rjce.2025.16.4.2>
8. EN 15316-2:2017, Energy performance of buildings – Space emission systems
<https://standards.itech.ai>
9. Guțu-Chetrușcă C., Braga D., Energy Crises – Energy Transition Driving Force, SIELMEN, 2023
<https://ieeexplore.ieee.org>
10. Ochsner K., Geothermal Heat Pumps: A Guide for Planning and Installing, London: Sterling
<https://www.springer.com>
11. Hepbasli A., Kalinci Y., A review of heat pump water heating systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, vol. 13
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.12.006>
12. Guțul V. G., Guțul V. I., Calitatea aerului interior și eficiența energetică a clădirilor, Chișinău, 2020
<https://repository.utm.md>
13. BS EN 14511-2:2022, Test conditions for heat pumps
<https://standards.itech.ai>
14. Lund J. W., Boyd T. L., Direct Utilization of Geothermal Energy, Geothermics, 2016
<https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.11.002>
15. Begleț N., Nicolaev E., Leanca L., Evaluarea eficienței energetice în instituțiile de învățământ din Republica Moldova, Iași, 2025
<https://www.aiiro.ro>
16. EN 15316-3:2017, Energy performance of buildings – Space distribution systems
<https://standards.itech.ai>
17. Sanner B., Karytsas C., Mendrinou D., Rybach L., Ground source heat pumps in Europe, Geothermics, 2003
[https://doi.org/10.1016/S0375-6505\(03\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0375-6505(03)00060-9)

18. Guțul V. G., Zaițev O., Colomieț T., Bazele aerodinamicii ventilării, Chișinău: UTM, 2025
<https://repository.utm.md>
19. REHAU, RAUGEO Ground Loop Heat Exchange System – Technical Manual
<https://www.rehau.com/downloads/497836/raugeotechnicalmanual-827600-rehau.pdf>
20. BS EN 14825:2022, Seasonal performance of heat pumps
<https://standards.iteh.ai>
21. Begleț N., Nicolaev E., Haiducova M., Evoluția cerințelor de performanță energetică a clădirilor, Iași, 2025
<https://www.aiiro.ro>
22. Guțu-Chetrușcă C., Mathieu-Mann A., Comparative Energy Approaches in France and Republic of Moldova, SIELMEN, 2025
<https://ieeexplore.ieee.org>
23. EN 15316-4-8:2017, Heat pump systems – energy performance
<https://standards.iteh.ai>
24. Braga D., Guțu-Chetrușcă C., Hlusuș V., Biomass use for heat supply, IEEE EPEi, 2024
<https://ieeexplore.ieee.org>
25. Guțul V. G., Colda I., Guțul V. I., Analiza standardelor europene de performanță energetică a clădirilor privind sistemele HVAC, UTM, 2020
<https://repository.utm.md>
26. GEX 13-2025, Ghid privind utilizarea surselor regenerabile de energie la clădiri
<https://energie.gov.ro>
27. Begleț N., Haiducova M., Harea O., Leanca L., Nicolaev E., Evaluarea indicatorilor energetici după implementarea măsurilor de eficiență energetică în clădiri publice, 2024
<https://repository.utm.md>
28. Guțu-Chetrușcă C., Guțu A., Republic of Moldova Power Energy in the Pandemic, Journal of Engineering Science, 2021
<https://doi.org/10.52326/jes>
29. Adam M., Tokar A., Guțul V., Solutions for optimizing energy recovery in ventilation systems, Romanian Journal of Civil Engineering, 2024
<https://www.rric.ro>
30. Guțul V. G., Leu V., Analysis of the possibility of reducing energy consumption through heat pump systems, Ingineria Instalațiilor, 2026
<https://www.aiiro.ro>
31. Danici-Guțul V., Grebinicenco V., Analysis of engineering solutions implemented for buildings, Romanian Journal of Civil Engineering, 2024
<https://www.rric.ro>
32. Guțul V. G., Guțul V. I., Analysis of the use of geothermal heat pumps for residential buildings, Journal of Engineering Science, 2023
<https://ibn.idsi.md>
33. Colda I., Guțul V. G., Guțul V. I., Factori care afectează consumul de energie în sistemele HVAC, UTM, 2018
<https://repository.utm.md>
34. REHAU / GSHP, RAUGEO Helix Probe PE-Xa – prezentare tehnică
<https://www.calameo.com>
35. Begleț N., Nicolaev E., Leanca L., Studiu privind eficiența energetică în instituții publice, 2025
<https://repository.utm.md>