



UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

**ENERGIE INDEPENDENTĂ PENTRU STAȚIILE DE
EPURARE A APELOR UZATE: OPORTUNITĂȚI ȘI
PROVOCĂRI**

Student:

CIUCIULEANU Nicolae

Conducător:

CIOBANU Natalia

Doctor în științe inginerești,

Conferențiar universitar

CHIȘINĂU, 2023

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Urbanism și Arhitectură

Departamentul Alimentare cu Căldură, Apă, Gaze și Protecția Mediului

Admis la susținere

Șef departament:

GUȚUL Vera, conf.univ., dr.șt.teh.

_____”_____

**ENERGIE INDEPENDENTĂ PENTRU STAȚIILE
DE EPURARE A APELOR UZATE:
OPORTUNITĂȚI ȘI PROVOCĂRI**

Teză de master

Student:

CIUCIULEANU Nicolae,

Gr. MSISPM-211M

Conducător:

CIOBANU Natalia

**Doctor în științe inginerești,
Conferențiar universitar**

CHIȘINĂU, 2023

CUPRINS

ADNOTARE.....	7
LISTA ABREVIERILOR.....	8
INTRODUCERE.....	9
1. ASPECTE CONCEPTUALE ȘI ABORDĂRI PRIVIND SURSELE DE ENERGIE ÎN STAȚIILE DE EPURARE	
1.1. Surse regenerabile de energie disponibile în stații de epurare pe plan mondial.....	11
1.2. Aspecte generale ale minimizării cheltuielilor energetice în stațiile de epurare	15
1.3. Starea actuală a stațiilor de epurare a apelor uzate din Republica Moldova.....	18
1.4. Consumul curent de energie al stațiilor de epurare din Republica Moldova.....	22
2. OPORTUNITĂȚI ȘI PROVOCĂRI ALE STAȚIILOR DE EPURARE INDEPENDENTE ENERGETIC	
2.1. Tendințe generale privind recuperarea energiei.....	26
2.2. Valorificarea biogazului – ca sursa de energie regenerabilă.....	28
2.3. Capacitatea și impactul stațiilor de epurare a apelor uzate în orașele inteligente...	32
2.4. Necesitatea determinării potențialului de independență energetică: provocări în viitor	34
3. STUDIAREA PROCESULUI DE REALIZARE A DIGESTIEI ANAEROBE	
3.1. Procesului de realizare a digestiei anaerobe.....	35
3.2. Determinarea procesului biochimic al digestiei anaerobe	37
3.3. Examinarea parametrilor procesului digestiei anaerobe.....	42
4. METODE SI ETAPE DE VALORIFICARE A BIOGAZULUI	
4.1. Conversia deșeurilor de origine vegetală și animală.....	45
4.2. Echipamente pentru producerea de biogaz.....	46
4.3. Studiu de caz.....	48
4.4. Modalități de stocarea biogazului.....	51
4.5. Utilizarea arzătoarelor de biogas.....	54
4.6. Eficiența generării combinate a energiei	56
CONCLUZII.....	63
BIBLIOGRAFIE.....	64

ADNOTARE

CIUCIULEANU Nicolae, “Energia independentă pentru stațiile de epurare a apelor uzate: oportunități și provocări”, teză de master, Chișinău, 2023

Structura tezei: Adnotare, introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 18 de titluri, 54 pagini de text de bază, 14 figuri, 9 tabele.

Cuvinte-cheie: energie regenerabilă, biogaz, stație de epurare, epurarea apelor uzate, digestia anaerobă.

Problematica studiului. Cercetarea modalităților obținerii energiei independente pentru stațiile de epurare a apelor uzate reprezintă un subiect actual și de importanță majoră în domeniul energetic.

Obiectivele cercetării: examinarea aspectelor conceptuale și abordărilor privind sursele de energie în stațiile de epurare cu accent pe sursele regenerabile de energie disponibile în stații de epurare pe plan mondial și starea actuală a stațiilor de epurare a apelor uzate din Republica Moldova; studierea oportunităților și provocărilor stațiilor de epurare independente energetic prin evidențierea tendințelor generale privind recuperarea energiei și valorificarea biogazului – ca sursa de energie regenerabilă; cercetarea procesului de realizare a digestiei anaerobe și analiza metodelor și etapelor de valorificare a biogazului.

Metodele aplicate la realizarea cercetării. Ansamblul metodelor utilizate în procesul de cercetare a modalităților obținerii energiei independente pentru stațiile de epurare a apelor uzate au permis: metoda statistică - culegerea, prelucrarea și sintetizarea informațiilor privind independența energetică în stațiile de epurare a apelor uzate; metoda normativă- cu ajutorul căreia am examinat legislația în vigoare privind cerințele de colectare, epurare și diversare a apelor uzate în sistemul de canalizare sau în emisaruri pentru localitățile urbane și rurale; analiza de conținut-a permis analiza calitativă a datelor privind obținerea energiei independente pentru stațiile de epurare a apelor uzate; cercetarea documentară - datorită căreia metode au fost examinate un ansamblu de studii și cercetări/publicații care au reflectat în mod direct sau tangențial problema de cercetare.

Rezultatele concrete obținute care contribuie la soluționarea problemei de cercetare: cercetarea modalităților obținerii energiei independente pentru stațiile de epurare a apelor uzate, identificarea oportunităților și provocărilor, prin formularea concluziilor și recomandărilor, fapt care a contribuit la valorificarea biogazului, în vederea promovării și utilizării acestuia în scop energetic.

ANNOTATION

CIUCIULEANU Nicolae, "Independent energy for wastewater treatment plants: opportunities and challenges", master's thesis, Chisinau, 2023

Structure of the thesis: Annotation, introduction, four chapters, general conclusions and recommendations, bibliography of 18 titles, 54 pages of basic text, 14 figures, 9 tables.

Keywords: renewable energy, biogas, treatment plant, wastewater treatment, anaerobic digestion.

The problem of the study. Researching ways to obtain independent energy for wastewater treatment plants is a current and majorly important topic in the energy field.

Research objectives: examination of conceptual aspects and approaches regarding energy sources in treatment plants with emphasis on renewable energy sources available in treatment plants worldwide and the current state of wastewater treatment plants in the Republic of Moldova; studying the opportunities and challenges of energy-independent sewage treatment plants by highlighting the general trends regarding energy recovery and the valorization of biogas - as a source of renewable energy; researching the process of achieving anaerobic digestion and analyzing the methods and stages of biogas utilization.

The methods applied to the research. The set of methods used in the research process of ways to obtain independent energy for wastewater treatment plants allowed: the statistical method - gathering, processing and synthesizing information on energy independence in wastewater treatment plants; the normative method - with the help of which we examined the legislation in force regarding the requirements for the collection, purification and diversion of waste water in the sewage system or in outfalls for urban and rural localities; content analysis-allowed the qualitative analysis of data on obtaining independent energy for used sewage treatment plants; documentary research - thanks to which method a set of studies and research/publications that directly or tangentially reflected the research problem were examined.

The concrete results obtained that contribute to the solution of the research problem: the research of ways to obtain independent energy for wastewater treatment plants, the identification of opportunities and challenges, by formulating conclusions and recommendations, a fact that contributed to the valorization of biogas, in order to promote and use it in energy purpose.

LISTA ABREVIERILOR

DA - Digestia anaerobă

AEBIOM - Asociația Europeană pentru Biomasă

CHP - Generarea combinată a energiei

DMS - Deseuri menajere solide

HRT - Timpul de retenție hidraulică

PC – Pompe de caldură

SE – stație de epurare

CBO - consumul biologic de oxigen

CCO – consumul chimic de oxigen

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța temei abordate. În ultimii ani, piața mondială pentru biogaz a crescut cu 20% până la 30% pe an. În Europa, țări precum Austria, Danemarca, Germania și Suedia sunt printre cele mai experimentate în ceea ce privește tehnologiile pentru biogaz și au reușit să stabilească piețe naționale competitive în domeniu. Actualitatea și importanța problemei de cercetare reiese din oportunitățile și provocările în domeniul energiei independentă pentru stațiile de epurare a apelor uzate și tendințele actuale de modernizare [3].

Consumul de energie este practic nul când se aplică sistemele extensive de epurare a apelor uzate, cum ar fi, *de exemplu*, fitofiltrele sau iazurile biologice în cazul colectivităților mici. Din contra, când sunt aplicate sistemele intensive de epurare, consumul de energie este în general cu atât mai important cu cât instalațiile sunt mai compacte, gradul de epurare mai înalt și stațiile de epurare mai subîncărcate. Din acest considerent, când nămolurile provenite din epurarea apelor uzate pot fi valorificate în stare lichidă sau deshidratate în mod natural pe platforme de nămol sau pe platforme plantate cu stuf, consumul de energie este limitat numai la operații de pompare a nămolului. În cazul a peste câteva sute de locuitori convenționali și când destinația nămolurilor este dispersarea pe terenuri agricole, iar acestea sunt deshidratate mecanic pentru a limita cheltuielile de transport (pentru apă), va fi nevoie de consum de energie electrică. Atunci când este prevăzută uscarea nămolului în vederea reducerii drastice a volumului lui ce trebuie evacuat și depozitat sau incinerat ulterior, va fi necesară o producție de căldură, care în general se asociază cu o metanizare a nămolului. Importanța problemei de cercetare rezidă din exploatarea/folosirea potențialului energetic al apelor uzate (producția de biogaz prin fermentarea anaerobă a nămolurilor și grăsimilor, recuperarea căldurii, microturbinele pe conductele de ape uzate epurate), completată cu un aport al altor energii renovabile (cofermentarea cu deșeurile agricole, panourile solare, instalațiile eoliene) care fac parte din opțiunile care pot fi luate în considerare. Faptul că energia este disponibilă sub diferite forme a căror potențial de valorificare este foarte diferit deja reprezintă o actualitate. Astfel, o parte importantă a nevoilor energetice pentru epurarea apelor uzate o constituie electricitatea, considerată o energie de mare valoare, cum ar fi îndeosebi biogazul, dar o parte importantă de energie se poate regăsi sub formă termică de joasă temperatură (pompe de căldură), iar valorificarea acestei energii este cu mult mai dificilă. Performanța energetică trebuie să țină contă de toate aceste aspecte.

Totodată, minimalizarea cheltuielilor energetice reprezintă o miză foarte importantă mai ales în plan de bilanț de mediu al epurării apelor uzate, dar ea nu trebuie în nici un caz să afecteze

prima funcție a unei stații de epurare care este de a asigura un grad de epurare conform cerințelor, la debitul specificat. Este, deci, vorba dintr-o parte de a realiza o economie de energie și, din altă parte, de a valorifica energiile renovabile pe cât este posibil [18].

Obiectivele cercetării: examinarea aspectelor conceptuale și abordărilor privind sursele de energie în stațiile de epurare cu accent pe sursele regenerabile de energie disponibile în stații de epurare pe plan mondial și starea actuală a stațiilor de epurare a apelor uzate din Republica Moldova; studierea oportunităților și provocărilor stațiilor de epurare independente energetic prin evidențierea tendințelor generale privind recuperarea energiei și valorificarea biogazului – ca sursa de energie regenerabilă; cercetarea procesului de realizare a digestiei anaerobe și analiza metodelor și etapelor de valorificare a biogazului.

Metodele aplicate la realizarea cercetării. Ansamblul metodelor utilizate în procesul de cercetare a modalităților obținerii energiei independente pentru stațiile de epurare a apelor uzate au permis: metoda statistică - culegerea, prelucrarea și sintetizarea informațiilor privind independența energetică în stațiile de epurare a apelor uzate; metoda normativă- cu ajutorul căreia am examinat legislația în vigoare privind cerințele de colectare, epurare și diversare a apelor uzate în sistemul de canalizare sau în emisurări pentru localitățile urbane și rurale; analiza de conținut-a permis analiza calitativă a datelor privind obținerea energiei independente pentru stațiile de epurare a apelor uzate; cercetarea documentară - datorită căreia metode au fost examinate un ansamblu de studii și cercetări/publicații care au reflectat în mod direct sau tangențial problema de cercetare.

Rezultatele concrete obținute care contribuie la soluționarea problemei de cercetare: cercetarea modalităților obținerii energiei independente pentru stațiile de epurare a apelor uzate, identificarea oportunităților și provocărilor, prin formularea concluziilor și recomandărilor, fapt care a contribuit la valorificarea biogazului, în vederea promovării și utilizării acestuia în scop energetic.

Sumarul lucrării. Sub aspect structural, cercetarea include următoarele compartimente de bază: introducere, patru capitole, concluzii și recomandări.

În *introducere* sunt analizate actualitatea problemei de cercetare, obiectivele generale ale lucrării, metodologia de cercetare folosită, precum și rezultatele obținute.

Capitolul 1 al cercetării tratează principalele aspecte conceptuale și abordări privind sursele de energie în stațiile de epurare; *capitolul 2* al lucrării abordează oportunitățile și provocările stațiilor de epurare independente energetic; *capitolul 3* studiază procesul de realizare a digestiei anaerobe; și *capitolul 4* descrie principalele metode și etape de valorificare a biogazului.

BIBLIOGRAFIE

Publicații Oficiale

1. Legea privind serviciul public de alimentare cu apă și de canalizare: nr. 303 din 13.12.2013. În: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*, 2014, nr. 60-65 art. 123.

Literatura de specialitate

2. CAISÎN, Simion, ȘVEȚ, Aurelia, HALAIM, Natalia. Surse de energie regenerabilă. SPARE, CRCT "Gutta-Club", Inst. de Formare Continuă. – Chișinău: S. n., 2014 (Tipogr. "Bons Offices"). – 172 p., pp.87-88.
3. TEODORITA AL Seadi, DOMINIK Rutz, HEINZ Prassl, MICHAEL Köttner, TOBIAS Finsterwalder, SILKE Volk, RAINER Janssen. Ghid practic –biogaz. Octombrie 2008, 151 p., p.15.
4. HENZE M., HARREMOËS P., LA COUR JANSEN J. and ARVIN E. Wastewater Treatment. Biological and Chemical Processes, 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1997.
5. METCALF, E. (2003) Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th ed., McGraw Hill, New York.
6. TUROVSKIY I. S., MATHAI P. K. Wastewater sludge processing. 355 p.
7. TUTUNARU T. Producerea biogazului și valorificarea lui în scopuri energetice Universitatea Tehnică a Moldovei. p.65
8. ZUZA, Alexandrina. Modelarea și simularea digestoarelor anaerobe mezofile în producția de biogaz la stația de tratare a apelor uzate. Faculty of Chemistry and Chemical engineering. Cluj-Napoca. p.5.

Cărți electronice și publicații monografice online

9. BEJAN, Mircea. RUSU, Tiberiu. O sursă de energie regenerabilă – biogazul din deșeurile organice. În: Buletinul AGIR nr. 1/2007 - ianuarie-martie [citat 14.10.22] Disponibil: [Microsoft Word - Buletin 1 2007.doc \(agir.ro\)](#)
10. Biogaz - surse si modalitati de obtinere ([biogaz-instalatii.ro](#))
11. CIOBANU, Natalia. Starea stațiilor de epurare a apelor uzate. Universitatea Tehnică a Moldovei. pp.162-168 [citat 17.11.2022]. Disponibil: [Conf Probleme actuale Urbanism 2014_V1_p133-139.pdf \(utm.md\)](#)
12. Cum producem biogaz și energie termică din deșeuri agricole ([agrobiznes.md](#))
13. Deseuri municipale colectate de la populatie, institutii si agenti economici. SiteTitle ([statistica.md](#))

14. MOGOS, Camelia, PETRESCU, Andrei. Stație de recuperare biogaz pentru producție de energie electrică și termică din biomasa verde și/sau deșeurile animale, S.C. "TERRA DINAMIC" S.R.L 2019 p.4. [citată 05.12.2022].Disponibil:[Microsoft Word - DOCUMENTATIE ACORD DE MEDIU - GIURGIU \(anpm.ro\)](#)
15. NECZAJ, Ewa. GROSSER, Anna. Circular Economy in Wastewater Treatment Plant– Challenges and Barriers. In: MDPI, Proceedings 2018, 2, 614; doi:10.3390/proceedings2110614 [citată 10.11.2022], Disponibil: www.mdpi.com/journal/proceedings
16. PAPA, Matteo, FOLADORI, Paola, LORENA Guglielmi, GIORGIO, Bertanza. How far are we from closing the loop of sewage resource recovery? A real 2 picture of municipal wastewater treatment plants. Department of Civil, Environmental, Architectural Engineering and Mathematics, University of Brescia, via Branze 43, I-25123 Brescia, Italy. Disponibil: [Microsoft Word - Papa et al., 2016 R1 track changes.docx \(unitn.it\)](#)
17. PORUBIN, Tudor, GUȚU, Aurel. Retehnologizarea cet-1 Chișinău în stație de incinerare a deșeurilor menajere solide. Universitatea Tehnică a Moldovei.pp.350-353, p.351. [citată 05.10.2022].Disponibil: [Conf_UTM_2016_I_pg350_353.pdf](#)
18. UNGUREANU, D., IONETȚ, I., CIOBANU, N., ISAC, E., NEAGU, M. Economia de energie în stațiile de epurare a apelor uzate . Universitatea Tehnică a Moldovei. Pp.179-180. [citată 02.09.2022] Disponibil:[Conf_Probleme_actuale_Urbanism_2014_V1_p179-184.pdf \(utm.md\)](#)