



Universitatea Tehnică a Moldovei

RECICLAREA ANVELOPELOR ȘI IMPORTANȚA ACESTEIA PENTRU ECONOMIA CIRCULARĂ ÎN DOMENIUL TRANSPORTURILOR

Masterand:

Boris Burlac

Coordonator științific:

Rodica Hîncu

prof. univ., dr. hab.

Chișinău 2026

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi
Departamentul Transporturi
Programul «Managementul și Exploatarea Transportului»**

**Admis la susținere
Șef departament:
CEBAN Victor, dr. conf. univ**

'' '' _____ 2026

**Reciclarea anvelopelor și importanța acesteia
pentru economia circulară în domeniul
transporturilor**

Teză de master

Masterand:

**Boris Burlac
MET-241**

Coordonator:

**Rodica Hîncu,
dr. hab., prof.univ.**

Chișinău, 2026

Rezumat

Teza de master „Reciclarea anvelopelor și importanța acesteia pentru economia circulară în domeniul transporturilor” a fost elaborată de către masterandul MET-241 Boris Burlac, este scrisă în limba română și cuprinde 73 pagini (fără anexe), 7 figuri, 9 tabele și 50 surse bibliografice.

Cuvintele cheie: reciclare, anvelope, economie circulară, transport, analiză.

Studiul pornește de la constatarea existenței unor deficiențe semnificative în sistemul național de colectare a anvelopelor uzate, lipsa unui mecanism funcțional de responsabilitate extinsă a producătorului și o infrastructură industrială insuficient dezvoltată, în comparație cu modelele avansate implementate în statele Uniunii Europene.

Obiectivul general al cercetării constă în analiza fezabilității tehnico-economice a reciclării anvelopelor uzate în Republica Moldova și evidențierea potențialului de implementare a unui sistem funcțional la nivel local. Ipoteza de bază a studiului este că implementarea unui sistem complet de responsabilitate extinsă a producătorului, corelat cu investiții în infrastructură și digitalizarea trasabilității, poate conduce la creșterea semnificativă a ratei de colectare și reciclare a anvelopelor uzate, cu beneficii economice și de mediu relevante.

Metodologia de cercetare utilizată include analiza documentară a legislației și literaturii de specialitate, studiul comparativ al modelelor internaționale, analiza tehnico-economică a proceselor de reciclare, precum și elaborarea și evaluarea unor scenarii alternative de dezvoltare a industriei de reciclare în Republica Moldova. De asemenea, au fost utilizate date statistice secundare, rapoarte instituționale și indicatori economici specifici.

Rezultatele cercetării evidențiază discrepanțe majore între performanțele sistemelor europene și situația actuală din Republica Moldova, în special în ceea ce privește rata de colectare, nivelul de valorificare materială și trasabilitatea fluxurilor de deșeuri. Analiza scenariilor arată că scenariul de dezvoltare accelerată, bazat pe implementarea completă a sistemului de responsabilitate extinsă a producătorului și extinderea capacităților industriale, oferă cel mai ridicat impact economic, ecologic și social.

Principalele concluzii ale studiului subliniază necesitatea reformării cadrului legislativ și instituțional, a stimulării investițiilor în tehnologii moderne de reciclare și a dezvoltării pieței interne pentru produsele obținute din anvelope uzate. Adoptarea unui model de dezvoltare accelerată, aliniat principiilor economiei circulare și practicilor Uniunii Europene, reprezintă direcția strategică optimă pentru asigurarea sustenabilității pe termen lung a industriei de reciclare a anvelopelor în Republica Moldova.

Summary

The master's thesis "Tire recycling and its importance for the circular economy in the field of transport" was developed by the master's student MET-241 Boris Burlac, is written in Romanian and includes 73 pages (without annexes), 7 figures, 9 tables and 50 bibliographic sources.

Keywords: recycling, tires, circular economy, transport, analysis.

The study starts from the observation of the existence of significant deficiencies in the national collection system, the lack of a functional extended producer responsibility mechanism and an insufficiently developed industrial infrastructure, compared to the advanced models implemented in the European Union countries.

The general objective of the research is to analyze the technical and economic feasibility of recycling waste tires in the Republic of Moldova and to highlight the potential for implementing a functional system at the local level. The basic hypothesis of the study is that the implementation of a complete extended producer responsibility system, correlated with investments in infrastructure and digitalization of traceability, can lead to a significant increase in the collection and recycling rate of waste tires, with relevant economic and environmental benefits.

The research methodology used includes documentary analysis of legislation and specialized literature, comparative study of international models, technical and economic analysis of recycling processes, as well as the development and evaluation of alternative scenarios for the development of the recycling industry in the Republic of Moldova. Secondary statistical data, institutional reports and specific economic indicators were also used.

The research results highlight major discrepancies between the performance of European systems and the current situation in the Republic of Moldova, especially in terms of collection rates, material recovery levels and traceability of waste streams. The scenario analysis shows that the accelerated development scenario, based on the full implementation of the extended producer responsibility system and the expansion of industrial capacities, offers the highest economic, environmental and social impact.

The main conclusions of the study emphasize the need to reform the legislative and institutional framework, stimulate investments in modern recycling technologies and develop the domestic market for products obtained from used tires. Adopting an accelerated development model, aligned with the principles of the circular economy and European Union practices, represents the optimal strategic direction for ensuring the long-term sustainability of the tire recycling industry in the Republic of Moldova.

Cuprins

Introducere	9
Capitolul 1. Cadrul teoretic, legislativ și instituțional al gestionării anvelopelor uzate în contextul economiei circulare	12
1.1. Context, motivație și fundamentare teoretică privind gestionarea anvelopelor uzate în economia circulară	12
1.2. Cadrul legislativ și instituțional aferent reciclării anvelopelor uzate	16
1.3. Scopul, obiectivele și ipotezele cercetării	19
1.4. Concluzii și recomandări la capitolul 1	23
Capitolul 2. Modele și tehnologii de valorificare a anvelopelor uzate – abordări internaționale și evaluări tehnico-economice	25
2.1. Valorificarea anvelopelor uzate	25
2.2. Relevanța practică și fezabilitatea implementării reciclării mecanice a anvelopelor uzate	32
2.3. Modele internaționale de organizare a sistemelor de colectare și reciclare a anvelopelor uzate	34
2.4. Concluzii și recomandări la capitolul 2	40
Capitolul 3. Gestionarea și reciclarea anvelopelor uzate în Republica Moldova: analiză, impact și perspective de dezvoltare	43
3.1. Starea actuală a parcului auto în Republica Moldova și estimări ale fluxurilor de anvelope uzate	43
3.2. Companii din Republica Moldova implicate în reciclarea anvelopelor	44
3.3. Adaptarea modelelor internaționale la contextul Republicii Moldova	52
3.4. Simulare pilot a unui centru de reciclare a anvelopelor uzate în Chișinău	59
3.5. Evaluarea impactului economic și de mediu al reciclării anvelopelor uzate	62
3.6. Concluzii și recomandări la capitolul 3	64
Concluzii generale și recomandări	67
Bibliografie	70
Anexe	74

Introducere

Tranziția către economia circulară constituie una dintre direcțiile strategice majore ale politicilor europene și internaționale în domeniul mediului, resurselor și transporturilor, având ca obiectiv decuplarea dezvoltării economice de consumul intensiv de resurse și de generarea de deșeuri. În acest context, gestionarea fluxurilor de deșeuri cu impact ridicat asupra mediului capătă o importanță deosebită, iar anvelopele uzate se evidențiază ca un flux problematic, atât prin volumul generat, cât și prin dificultatea valorificării și riscurile asociate eliminării necorespunzătoare.

Anvelopele sunt produse tehnice complexe, fabricate din amestecuri de cauciuc natural și sintetic, materiale textile și oțel, proiectate pentru o durată mare de utilizare și rezistență la solicitări mecanice și termice ridicate. Aceleași caracteristici care le asigură performanța în exploatare determină însă o degradare extrem de lentă în mediul natural, ceea ce face ca anvelopele uzate să reprezinte o sursă persistentă de poluare atunci când sunt depozitate necontrolat sau eliminate prin ardere. La nivel global, cantitățile mari de anvelope scoase anual din uz au determinat dezvoltarea unor politici și tehnologii dedicate de colectare, reciclare și valorificare materială, integrate în paradigma economiei circulare.

În Republica Moldova, problematica anvelopelor uzate este amplificată de creșterea continuă a parcului auto, în special pe seama importului de vehicule second-hand, precum și de starea infrastructurii rutiere, care contribuie la o uzură accelerată a anvelopelor. Capacitățile limitate de colectare și reciclare, aplicarea incompletă a mecanismelor de responsabilitate extinsă a producătorului și gradul redus de trasabilitate a fluxurilor de deșeuri conduc la practici neconforme de eliminare și la pierderi economice semnificative. În lipsa unui sistem funcțional și bine coordonat, materialele valoroase conținute în anvelope – cauciucul, oțelul și fibrele textile – rămân insuficient valorificate.

Din perspectiva economiei circulare, anvelopele uzate nu trebuie abordate exclusiv ca deșeuri, ci ca resurse secundare cu potențial ridicat de reintegrare în cicluri economice productive. Reșaparea și recanelarea permit prelungirea duratei de viață a anvelopelor, iar reciclarea mecanică sau alte tehnologii de valorificare conduc la obținerea de materiale utilizabile în infrastructura rutieră, construcții, amenajări sportive și alte aplicații industriale. Aceste soluții contribuie simultan la reducerea presiunii asupra resurselor naturale, la diminuarea impactului asupra mediului și la crearea de valoare economică adăugată.

În același timp, reciclarea anvelopelor uzate se află la intersecția dintre politicile de mediu și cele de transport. Modul de gestionare a acestui flux de deșeuri influențează costurile de întreținere ale vehiculelor, siguranța rutieră, consumul de resurse și emisiile asociate sistemului de transport. Prin

urmare, integrarea reciclării anvelopelor în strategiile de dezvoltare a transporturilor durabile reprezintă o condiție esențială pentru atingerea obiectivelor de mediu și pentru alinierea Republicii Moldova la practicile Uniunii Europene.

În acest context, prezenta teză de master își propune să analizeze reciclarea anvelopelor uzate din Republica Moldova dintr-o perspectivă integrată, care să coreleze dimensiunile teoretice, legislative, tehnologice și economice ale gestionării acestui flux de deșeuri. Lucrarea are ca obiectiv central analizarea fezabilității tehnico-economice a reciclării anvelopelor uzate în Republica Moldova și demonstrarea potențialului de implementare a unui sistem funcțional la nivel local, în conformitate cu principiile economiei circulare.

Scopul principal al lucrării constă în analizarea importanței reciclării anvelopelor uzate în Republica Moldova din perspectiva economiei circulare, prin evaluarea impactului ecologic și economic al acestui flux de deșeuri și identificarea soluțiilor sustenabile de valorificare.

Pentru atingerea acestui scop, lucrarea își propune următoarele **obiective specifice**:

- analiza cadrului teoretic și conceptual privind gestionarea anvelopelor uzate și economia circulară;
- evaluarea cadrului legislativ și instituțional național aplicabil;
- analiza tehnologiilor de valorificare și a performanțelor tehnico-economice ale acestora;
- estimarea fluxurilor de anvelope uzate generate în Republica Moldova;
- evaluarea impactului economic și de mediu al reciclării, inclusiv prin reducerea emisiilor de CO₂;
- simularea unui proiect pilot de reciclare a anvelopelor la nivel local;
- formularea de recomandări pentru dezvoltarea sustenabilă a sectorului.

Metodologic, cercetarea se bazează pe analiza documentară a literaturii de specialitate și a cadrului legislativ, pe evaluări tehnico-economice ale principalelor tehnologii de valorificare, pe analiza comparativă a modelelor europene de organizare a sistemelor de colectare și reciclare, precum și pe simularea unor scenarii de dezvoltare adaptate condițiilor Republicii Moldova. Utilizarea indicatorilor economici și de mediu permite evidențierea beneficiilor potențiale ale implementării unui sistem funcțional de reciclare a anvelopelor, inclusiv în ceea ce privește reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și eficientizarea utilizării resurselor.

Structura lucrării reflectă această abordare integrată și este organizată logic, în concordanță cu obiectivele și ipotezele cercetării.

Capitolul 1 – Cadrul teoretic, legislativ și instituțional al gestionării anvelopelor uzate în contextul economiei circulare – are rolul de a fundamenta științific cercetarea. În acest capitol sunt analizate conceptele-cheie ale economiei circulare, principiile ierarhiei deșeurilor, responsabilitatea extinsă a

producătorului și analiza ciclului de viață, precum și cadrul legislativ și instituțional aplicabil gestionării anvelopelor uzate la nivel european și național. Totodată, sunt definite scopul, obiectivele, ipotezele și metodologia cercetării, conturând baza conceptuală necesară analizelor ulterioare.

Capitolul 2 – Modele și tehnologii de valorificare a anvelopelor uzate – abordări internaționale și evaluări tehnico-economice – este axat pe analiza aplicativă a principalelor modalități de valorificare a anvelopelor uzate. Sunt prezentate și comparate opțiuni precum reșaparea, recanelarea, reutilizarea anvelopelor parțial uzate și reciclarea propriu-zisă, cu accent pe reciclarea mecanică. Capitolul include evaluări tehnico-economice ale proceselor analizate, evidențiind costurile, randamentele și fezabilitatea implementării acestora, precum și exemple de bune practici internaționale relevante pentru economia circulară.

Capitolul 3 – Gestionarea și reciclarea anvelopelor uzate în Republica Moldova: analiză, impact și perspective de dezvoltare – tratează situația specifică națională. Sunt analizate starea actuală a parcului auto, fluxurile estimate de anvelope uzate, actorii implicați în reciclare și gradul de adaptare a modelelor internaționale la contextul Republicii Moldova. Capitolul evaluează impactul economic și de mediu al reciclării anvelopelor și include simularea unui proiect pilot de reciclare, pe baza căruia sunt formulate scenarii de dezvoltare și direcții strategice pentru consolidarea sectorului.

Concluziile generale sintetizează rezultatele cercetării, validează ipotezele formulate și formulează recomandări privind îmbunătățirea cadrului legislativ și instituțional, dezvoltarea infrastructurii de reciclare și integrarea eficientă a gestionării anvelopelor uzate în economia circulară a sectorului transporturilor.

Cuvintele cheie: reciclare, anvelope, economie circulară, transport, analiză.

Bibliografie

1. Adhikari, B., De, D., Maiti, S. Reclamation and recycling of waste rubber. *Progress in Polymer Science*, 2000 [citat 15.12.2025]. 2010 Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/-/abs/pii/S007967000000204>
2. Agenția de Mediu a Republicii Moldova. Raport anual privind gestionarea deșeurilor. Chișinău, 2023 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://servicii.gov.md/ro/organization/AM>
3. Amari, T., Themelis, N. J., Wernick, I. K. Resource recovery from used rubber tires. *Resources Policy*, 1999 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/-/article/pii/S0301420799000252>
4. ASTM International. Standards for rubber recycling. SUA, 2018 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://gradeall.com/tire-recycling-quality-standards/>
5. Basel Convention Secretariat. Technical guidelines on the environmentally sound management of waste tyres. Geneva, 2018 [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://www.basel.int/Implementation/Wastetyres/Technicalguidelines/tabid/9423/Default.aspx>
6. Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova. Transporturi și parcul auto în Republica Moldova. Chișinău, 2023 [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://statistica.gov.md/>
7. Beston Group. Continuous tyre pyrolysis plant [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://bestongroup.com/ro/tyre-pyrolysis-plant/continuous/>
8. CalRecycle. Tire-derived products and markets. California, 2020 [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://calrecycle.ca.gov/>
9. Continental Tires. ContiLifeCycle – services and solutions [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://www.continental-tires.com/>
10. EcoRodals. Produse și soluții din cauciuc reciclat [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://ecorodals.com/ro/>
11. Ellen MacArthur Foundation. Towards a circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. Londra, 2015 [citat 24.12.2025]. Disponibil: <https://ellenmacarthurfoundation.org/>
12. Ernst & Young et Associés. Studiu privind impactul socio-economic al reșapării anvelopelor de camion în Europa. 2016 [citat 24.12.2025]. Disponibil: <https://www.ey.com/>
13. Euromaster România. Recanalarea anvelopelor [citat .12.2025]. Disponibil: <https://www.euromaster.ro/blog/recanelare-anvelope>

14. European Commission. A new circular economy action plan. Bruxelles, 2020 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://ec.europa.eu/>
15. European Commission. Circular economy package. Bruxelles, 2018 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://ec.europa.eu/>
16. European Commission – Joint Research Centre (JRC). Best available techniques (BAT) for waste treatment. Luxemburg, 2021 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/>
17. European Environment Agency. Waste recycling in Europe. Copenhaga, 2020 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://www.eea.europa.eu/>
18. European Parliament and Council. Directive 2008/98/EC on waste. Bruxelles, 2008. [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/>
19. ETRMA – European Tyre and Rubber Manufacturers’ Association. End-of-life tyres management report. Bruxelles, 2022 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://www.etrma.org/>
20. Eurostat. Waste statistics. Luxemburg, 2023 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://ec.europa.eu/eurostat/>
21. FAO. Environmental impacts of waste materials. Roma, 2020 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://www.fao.org/>
22. Fraunhofer Institute. Recycling technologies for rubber materials. Germania, 2019 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://www.fraunhofer.de/>
23. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., Hultink, E. J. The circular economy – A new sustainability paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 2017. [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/>
24. Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. A review on circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 2016. [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/>
25. Hopewell, J., Dvorak, R., Kosior, E. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2009. [citat 23.12.2025] Disponibil: <https://royalsocietypublishing.org/>
26. International Energy Agency (IEA). Energy recovery from waste. Paris, 2022 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://www.iea.org/>
27. Inspectoratul pentru Protecția Mediului al Republicii Moldova. Raport de activitate. Chișinău, 2022 [citat 15.12.2025]. Disponibil: <https://ipm.gov.md/>
28. IPCC. Climate change 2021: Mitigation of climate change. Geneva, 2021. [citat 23.12.2025]. Disponibil: <https://www.ipcc.ch/>

29. ISO. ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. Geneva, 2006. [citată 23.12.2025]. Disponibil: <https://www.iso.org/>
30. ISO. ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. Geneva, 2006. [citată 23.12.2025]. Disponibil: <https://www.iso.org/>
31. Legea Republicii Moldova nr. 209/2016 privind deșeurile. Monitorul Oficial al RM. [citată 23.12.2025]. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=151422&lang=ro
32. Martínez, J. D., et al. Waste tyre pyrolysis: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013. [citată 23.12.2025]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/>
33. McKinsey & Company. The circular economy: Moving from theory to practice. 2016 [citată 15.12.2025]. Disponibil: <https://www.mckinsey.com/>
34. Ministerul Mediului al Republicii Moldova. Strategia națională de gestionare a deșeurilor. Chișinău, 2022. [citată 23.12.2025]. Disponibil: <https://mediu.gov.md/ro/content/3971>
35. Moldrec. Gestionarea deșeurilor în Republica Moldova [citată 15.12.2025]. Disponibil: <https://moldrec.md/>
36. Myhre, M., MacKillop, D. A. Rubber recycling. *Rubber Chemistry and Technology*, 2002. [citată 23.12.2025]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/277427049_Rubber_Recycling_Chemistry_processing_and_applications
37. OECD. Extended producer responsibility: Updated guidance for efficient waste management. Paris, 2016. [citată 23.12.2025]. Disponibil: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2016/09/extended-producer-responsibility_g1g6742c/9789264256385-en.pdf
38. Malanciuc, A., Manoli, I. Tendințe actuale în reciclarea anvelopelor uzate. Chișinău, UTM 2017. [citată 17.12.2025]. Disponibil: https://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/7476/Conf_TIEM_2017_pg162-164.pdf?sequence=1&isAllowed=y
39. Reddy, N., Yang, Y. Recycled rubber materials. Boca Raton: CRC Press, 2015. Disponibil: <https://www.routledge.com/>
40. Stahel, W. R. The performance economy. Londra: Palgrave Macmillan, 2010. [citată 18.12.2025]. Disponibil: https://www.globe-eu.org/wp-content/uploads/THE_PERFORMANCE_ECONOMY1.pdf
41. Stratan, A., Clipa, V. Economia circulară – oportunitate pentru Republica Moldova. Chișinău: INCE, 2019.
42. Thomas, B. S., Gupta, R. C. Applications of waste tyre rubber in concrete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. [citată 18.12.2025]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/>

43. Popa, V., Procesul de gestionare a managementului deșeurilor toxice în Republica Moldova. Chișinău, 2021. [citată 18.12.2025]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/393-405.pdf
44. UNDP Moldova. Green growth and circular economy in Moldova. Chișinău, 2021. [citată 18.12.2025]. Disponibil: <https://www.eu4environment.org/app/uploads/2022/02/Report-Green-Growth-Indicators-Republic-Moldova-2021-ENG.pdf>
45. UNECE. Environmental performance reviews: Republic of Moldova. Geneva, 2021. [citată 18.12.2025]. Disponibil: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/epr/epr_studies/ECE_CEP_171_En.pdf UNEP.
46. Waste management outlook for Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. Nairobi, 2019. [citată 18.12.2025]. Disponibil: https://www.greenpolicyplatform.org/sites/default/files/downloads/resource/GRO_2019_SPM_EN.pdf
47. US Environmental Protection Agency. Scrap tire management. Washington, 2019. [citată 17.12.2025]. Disponibil: <https://www.ustires.org/resources/2019-us-scrap-tire-management-summary-report>
48. World Bank. Putting Waste to Work in a Circular Economy. 2024. [citată 18.12.2025]. Disponibil: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/f0ccf3267e94d9be1789dba8d7d01eab-0460012024/original/S4YE-Knowledge-Brief-Putting-Waste-to-Work-in-a-Circular-Economy-May-13-1.pdf>
49. World Economic Forum. Global circularity report. Geneva, 2019. [citată 18.12.2025]. Disponibil: <https://www.circularity-gap.world/2019>
50. <https://blog.aneloshop.ro/anelope-resapate/>. [citată 25.12.2025]