



Universitatea Tehnică a Moldovei

**STUDIUL DE ÎNTREȚINERE PE TIMP DE IARNĂ A
INFRASTRUCTURII RUTIERE**

Student:

Angela MITROFAN

Conducător:

**Sergiu BEJAN
conf. univ ., dr.**

Chișinău, 2026

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Urbanism și Arhitectură
Departamentul Ingineria Infrastructurii Transporturilor
Programul de master „Infrastructuri Sustenabile pentru Transporturi”

Admis la susținere Șef departament:
Proaspăt Eduard, dr., conf. univ.

„_____” _____ 2026

**Studiul de întreținere pe timp de iarnă a
infrastructurii rutiere**

Teză de master

Student: Angela MITROFAN,
grupa IST-241M

Conducător: Sergiu BEJAN,
conf. univ. dr.

Chișinău, 2026

Rezumat

Numele, prenumele autorului: Mitrofan Angela

Titlul tezei de master: Studiul de întreținere pe timp de iarnă a infrastructurii rutiere.

Prin prezenta teză de master sa abordat întreținerea pe timp de iarnă a infrastructurii rutiere din Republica Moldova și practici din alte țări (SUA, Cehia, Polonia, Suedia, Germania). Întreținerea infrastructurii rutiere pe timp de iarnă are o importanță majoră în procesul de exploatare a drumurilor publice din țară. Condițiile climatice specifice sezonului rece, în special variațiile frecvente ale temperaturii, precipitațiile sub formă de zăpadă: lapovița și ploaie înghețată, precum și apariția poleiului, influențează direct starea drumurilor și siguranța circulației rutiere.

Scopul lucrării este de a evalua modul de organizare și desfășurare a activităților de întreținere pe timp de iarnă a infrastructurii rutiere din Republica Moldova și de a identifica posibilități de îmbunătățire a acestora din punct de vedere tehnic și economic.

Obiectivele studiului constă în identificarea metodelor și tehnologiilor eficiente de combatere a dificultăților specifice întreținerii infrastructurii rutiere în perioada rece a anului, prin aplicarea celor mai bune practici și recomandări tehnice prevăzute de normativele naționale și internaționale în domeniu cum ar fi:

- **reducerea cheltuielilor operaționale** ale întreprinderilor de întreținere prin diminuarea consumului de materiale antiderapante și fonduri pentru intervenții repetate;
- **asigurarea unui nivel ridicat de aderență** al îmbrăcămintei rutiere pe toată durata sezonului rece;
- **creșterea siguranței rutiere**, prin scurtarea distanțelor de frânare și prevenirea blocajelor în trafic;
- **reducerea impactului negativ asupra mediului**, prin utilizarea rațională a materialelor (sare, nisip, soluții salinice), conform normelor minime admise de distribuție prevăzute în normativele tehnice;
- **optimizarea intervențiilor** prin planificarea exactă a lucrărilor pe baza prognozelor meteo rutiere.
- **digitalizarea procesului de întreținere.**

Rezultatele studiului a demonstrat că eficiența intervențiilor depinde în mod direct de gradul de dotare tehnică a bazelor de deszăpezire, a stocurilor de materiale antiderapante, de starea utilajelor și de organizarea resurselor umane. Utilizarea utilajelor multifuncționale și a sistemelor moderne de distribuție a materialelor antiderapante contribuie la menținerea circulației în condiții de siguranță pe durata sezonului rece.

Pe baza rezultatelor obținute, se recomandă pentru Republica Moldova:

- extinderea utilizării tratamentelor preventive cu materiale antiderapante(sarea preumezită, saramura);
- modernizarea parcului de utilaje și standardizarea dotărilor bazelor de deszăpezire;
- digitalizarea utilizării prognozelor meteo rutiere și a sistemelor de monitorizare a stării drumurilor;
- aplicarea rațională a materialelor antiderapante, conform dozelor prevăzute în normative.

În concluzie, întreținerea infrastructurii rutiere pe timp de iarnă trebuie abordată ca un proces tehnologic planificat, bazat pe prevenție, respectarea normativelor și utilizarea tehnologiilor moderne, pentru a asigura siguranța circulației și durabilitatea drumurilor în Republica Moldova.

Cuvinte-cheie: infrastructură rutieră, combaterea și prevenirea înzăpezirii, combaterea și prevenirea lunecușului, materiale antiderapante, punct de informare, bază de deszăpezire, avertizări meteorologice, derapare, siguranță rutieră.

Summary

Author's name, surname: Mitrofan Angela

Master's thesis title: Study of winter maintenance of road infrastructure.

This master's thesis addresses the winter maintenance of road infrastructure in the Republic of Moldova and practices from other countries (USA, Czech Republic, Poland, Sweden, Germany). Winter maintenance of road infrastructure is of major importance in the process of operating public roads in the country. Climatic conditions specific to the cold season, especially frequent temperature variations, precipitation in the form of snow: sleet and freezing rain, as well as the appearance of ice, directly influence the condition of roads and road safety.

The purpose of the work is to evaluate the organization and conduct of winter maintenance activities of road infrastructure in the Republic of Moldova and to identify possibilities for their improvement from a technical and economic point of view.

The objectives of the study are to identify effective methods and technologies to combat the specific difficulties of road infrastructure maintenance during the cold season, by applying the best practices and technical recommendations provided by national and international regulations in the field, such as:

- reducing the operational costs of maintenance companies by reducing the consumption of anti-skid materials and funds for repeated interventions;
- ensuring a high level of adhesion of the road surface throughout the cold season;
- increasing road safety, by shortening braking distances and preventing traffic jams;
- reducing the negative impact on the environment, by rational use of materials (salt, sand, saline solutions), according to the minimum permitted distribution standards provided for in the technical regulations;
- optimizing interventions by accurately planning the works based on road weather forecasts.
- digitizing the maintenance process.

The results of the study showed that the efficiency of interventions directly depends on the degree of technical equipment of snow removal bases, stocks of anti-skid materials, the condition of the equipment and the organization of human resources. The use of multifunctional equipment and modern distribution systems of anti-skid materials contributes to maintaining safe traffic during the cold season.

Based on the results obtained, it is recommended for the Republic of Moldova:

- expanding the use of preventive treatments with anti-skid materials (pre-wetted salt, brine);
- modernization of the equipment park and standardization of snow removal base equipment;
- digitization of the use of road weather forecasts and road condition monitoring systems;

- rational application of anti-skid materials, according to the doses provided for in the regulations.

In conclusion, winter road infrastructure maintenance must be approached as a planned technological process, based on prevention, compliance with regulations and the use of modern technologies, in order to ensure traffic safety and the durability of roads in the Republic of Moldova.

Keywords: road infrastructure, combating and preventing snow accumulation, combating and preventing slippage, anti-skid materials, information point, snow removal base, weather warnings, skidding, road safety.

CUPRINS:

INTRODUCERE.....	7
CAPITOLUL 1. ACTUALITATEA TEMATICII. IMPORTANȚA INFRASTRUCTURII RUTIERE PENTRU MOBILITATE ȘI ECONOMIE.....	9
1.1 Impactul sezonului rece asupra infrastructurii și siguranței rutiere.....	9
1.2 Scopul și obiectivele studiului	11
1.3 Metodologia cercetării/abordare general.....	12
CAPITOLUL 2. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND ÎNTREȚINEREA DRUMURILOR IARNA.....	13
2.1 Definierea întreținerii pe timp de iarnă.....	13
2.2 Clasificarea activităților pe timp de iarnă.....	15
2.3 Tipuri de drumuri (autostrăzi, drumuri naționale, județene, comunale) și nevoile lor specifice	17
CAPITOLUL 3. CONDIȚII CLIMATERICE ȘI INFLUENȚA LOR ASUPRA INFRASTRUCTURII	19
3.1 Caracteristicile climatice specifice sezonului rece în Republica Moldova.....	19
3.2 Factori meteorologici relevanți (temperaturi, precipitații, vânt).....	21
3.3 Efecte asupra infrastructurii: uzură, fisuri, gheață, scăderea aderenței, etc.....	21
CAPITOLUL 4. TEHNICI ȘI TEHNOLOGII DE ÎNTREȚINERE PE TIMP DE IARNĂ.....	23
4.1 Echipamente utilizate: freze de zăpadă, sărărițe, lame, utilaje multifuncționale.....	25
4.2 Materiale utilizate: sare, nisip, soluții anti-îngheț.....	26
4.3 Sisteme moderne de monitorizare	30
4.4 Exemple de bune practici din alte țări (SUA, Cehia, Polonia, Suedia, Germania)	31
CAPITOLUL 5. ORGANIZAREA ACTIVITĂȚILOR DE ÎNTREȚINERE PE TIMP DE IARNĂ.....	51
5.1 Planificarea și pregătire sezonieră (stocuri, contracte, verificări tehnice).	51
5.2 Centre de coordonare și dispecerat. Intervenție preventivă vs. corectivă	53
5.3 Managementul resurselor umane și logistice.	54
5.4 Prioritizarea drumurilor în funcție de importanță	57
CAPITOLUL 6. ANALIZA COSTURILOR ȘI EFICENȚEI INTERVENȚILOR.	59
6.1 Bugete alocate întreținerii de iarnă	59
6.2 Costuri directe. Costuri indirecte	60
6.3 Modele de optimizare a costurilor și intervențiilor	66

CAPITOLUL 7 STUDIU DE CAZ/ APLICAȚII PRACTICE.....	71
7.1 Examinarea activităților de întreținere de iarnă într-o zonă geografică selectată. Evaluarea performanței serviciilor de dezăpezire. Probleme întâmpinate și soluții implementate.....	72
CAPITOLUL 8. PROBLEME, PROVOCĂRI ȘI PERSPECTIVE.....	79
8.1 Provocări actuale (lipsa de personal, echipamente vechi, schimbări climatice).	79
8.2 Impactul unei întrețineri eficiente asupra siguranței și durabilității infrastructurii rutiere.....	79
8.3 Nevoi de modernizare. Rolul digitalizării și automatizării.	80
8.4 Propuneri de îmbunătățire a serviciilor de întreținere iarna	81
Concluzii finale.....	82
BIBLIOGRAFIE	84

INTRODUCERE

Întreținerea infrastructurii rutiere pe timp de iarnă are o importanță majoră în procesul de exploatare a drumurilor publice din Republica Moldova. Condițiile climatice specifice sezonului rece, în special variațiile frecvente ale temperaturii, precipitațiile sub formă de zăpadă: lapovița și ploaie înghețată, precum și apariția poleiului, influențează direct starea drumurilor și siguranța circulației rutiere.

Autoritățile se confruntă anual cu dificultatea gestionării proceselor de îndepărtare a zăpezii și gheții de pe drumuri și străzi, la costuri ridicate. Activitățile de întreținere includ aplicarea materialelor antiderapante, împrăștierea lor, dezzăpezirea mecanizată. Resursele și timpul sunt limitate, iar deciziile optime pot fi susținute prin modernizare și optimizare, cu scopul de a reduce costurile și a îmbunătăți performanța de întreținere a infrastructurii rutiere pe timp de iarnă.

În Republica Moldova, aceste fenomene apar de regulă pe perioade scurte, dar repetate, ceea ce pune în dificultate organizarea lucrărilor de întreținere pe termen lung. Ciclurile repetate de îngheț-dezghet duc la degradarea accelerată a îmbrăcămintei rutiere, favorizând apariția fisurilor și a gropilor, astfel reducând capacitatea portantă a structurii rutiere. În același timp, formarea gheții și a poleiului pe carosabil scade aderența și crește riscul producerii accidentelor rutiere, în special pe drumurile cu trafic intens și pe sectoarele cu declivități sau curbe.

Întreținerea drumurilor pe timp de iarnă presupune un ansamblu de lucrări tehnice, care includ măsuri preventive, intervenții operative și lucrări post-eveniment. Măsurile preventive se referă în principal la monitorizarea condițiilor meteorologice, aplicarea tratamentelor antiderapante înainte de formarea poleiului și pregătirea utilajelor și a stocurilor de materiale. Intervențiile operative presupun dezzăpezirea mecanizată, combaterea poleiului prin aplicarea de sare, sare pre-umezită sau salamura.

În Republica Moldova, activitățile de întreținere pe timp de iarnă sunt reglementate prin normative tehnice naționale, ce stabilesc modul de organizare a intervențiilor, tipurile de materiale utilizate, dozele de aplicare și timpii de reacție în funcție de categoria drumului. Respectarea acestor prevederi este esențială pentru utilizarea eficientă a resurselor și pentru asigurarea siguranței circulației în sezonul rece.

Teza analizează întreținerea infrastructurii rutiere pe timp de iarnă atât în Republica Moldova cât și la nivel internațional din punct de vedere tehnic și operațional. Studiul se bazează pe analiza cadrului normativ în vigoare, pe evaluarea condițiilor climatice specifice teritoriului țării și pe examinarea tehnologiilor utilizate în practică pentru dezzăpezire și combaterea

lunecușului. Sunt analizate tipurile de drumuri, nivelurile de intervenție, echipamentele utilizate și materialele antiderapante aplicate în funcție de condițiile reale de exploatare.

Un aspect important al lucrării îl constituie analiza costurilor asociate întreținerii de iarnă. Sunt evaluate costurile directe, legate de consumul de materiale, combustibil și forță de muncă, precum și costurile indirecte, generate de accidente rutiere, întârzieri în trafic și degradarea prematură a infrastructurii. Această analiză permite evidențierea diferenței dintre intervențiile preventive și subliniază necesitatea unei planificări corecte a lucrărilor.

Scopul lucrării este de a evalua modul de organizare și desfășurare a activităților de întreținere pe timp de iarnă a infrastructurii rutiere din Republica Moldova și de a identifica posibilități de îmbunătățire a acestora din punct de vedere tehnic și economic.

Bibliografie

1. Intreținerea drumurilor, Editura Mediamira Clu-Napoca 2005;
2. International Development of Application Methods of De-icing Chemicals - State of the Art and Best Practice - Technical report,2019, Author(s): Comité technique / Technical Committee / ComitéTécnico B.2 Viabilité hivernale / Winter Service / Vialidad invernol, PIARC Ref.: 2019R08EN;
3. Anexă la ordinul Viceprim-ministrului, Ministrul infrastructurii și dezvoltării regionale nr. 170 din 06.12.2024;
4. MANUAL OF PRACTICE FOR AN EFFECTIVE ANTI-ICING PROGRAM, Prepared for the Federal Highwa Administration by US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory Corps of Engineers Hanover, New Hampshire (Ghid pentru personalul de întreținere a autostrăzilor pe timp de iarnă Pregătit pentru Administrația Federală a Autostrăzilor de Laboratorul de Cercetare și Inginerie pentru Regiuni Reci al Armatei SUA Corpul de Ingineri Hanover, New Hampshire);
5. Effects of Winter Road Maintenance VTI rapport 423A 1997, Swedish National road end Transport Research Institute;
6. Rotherham Council, Winter service Manual, Highway Services 2025/2025;
7. Hotărârea Guvernului Republicii Moldova Nr. 1009 din 10-12-2014 - cu privire la aprobarea Strategiei Republicii Moldova de adaptare la schimbarea climei până în anul 2020 și a Planului de acțiuni pentru implementarea acesteia www.meteo.md;
8. Legea Republicii Moldova cu privire la activitatea meteorologică și hidrologică Nr. 368 din 30-11-2023;
9. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8001729/utm_source;
10. https://gis.penndot.pa.gov/BPRpdf_files/Documents/LTAP/TechSheets/TS_167.pdf [utm_source](#);
11. <https://cdsciencepub.com/doi/10.1139/cjce-2019-0465> [utm_source](#);
12. <https://www.andsa.md/comunicate-de-presa/pregatirea-drumurilor-pentru-sezonul-de-iarna-2024-2025-asd-implementeaza-masurile-specifice-necesare>;
13. <https://www.andsa.md>;
14. <https://journals.uran.ua/tarp/article/view/278120/273244>;
15. <https://www.meteo.md/>
16. Legea drumurilor nr. 509/1995;
17. Legea Fondului rutier nr. 720/1996;
18. NCM D.02.02:2018 Prevenirea și combaterea înzăpezirii drumurilor publice;
19. NCM D.02.04:2018 Normativ pentru întreținerea drumurilor naționale pe criterii de performanță;
20. CP D.02.23:2019 Ghid privind cerințele tehnice la materialele utilizate la prevenirea și combaterea lunecșului pe timp de iarnă;
21. NCM L.02.11-2013/A1:2024 Economia construcțiilor Prețuri de referință pentru lucrări de proiectare în construcții Instrucțiuni generale de utilizare a indicatoarelor de prețuri de referință pentru lucrări de proiectare în construcții;
22. CP L.01.02:2012/A3:2024 AMENDAMENT Economia construcțiilor Instrucțiuni pentru determinarea cheltuielilor de deviz la salarizarea în construcții;
23. SM EN 16811-2:2017 Echipament și produse pentru curățat suprafața drumului pe timp de iarnă. Agenți de dejivrare. Partea 2: Clorură de calciu și clorură de magneziu. Cerințe și metode de încercări;
24. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721053663> [utm_source](#);
25. <https://arxiv.org/pdf/2010.12983>.