

**MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE  
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI  
ȘCOALA DOCTORALĂ  
DOMENIUL DE DOCTORAT: INGINERIE INDUSTRIALĂ**

# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**CONTRIBUȚII PRIVIND MINIMIZAREA RISCURILOR  
INDUSTRIALE ASOCIATE OLEODUCTELOR ȘI  
GAZODUCTELOR**

**Conducător științific: prof.univ.dr.ing. ILIAȘ NICOLAE**

**Doctorand: ing. BĂDICĂ MARIUS NICOLAE**

**PETROȘANI  
- 2020 -**

# CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	10
--------------------------	----

## CAPITOL INTRODUCATIV

<b>IMPORTANȚA ȘI NECESITATEA TEMEI</b> .....	12
<b>OBIECTIVELE ȘI STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT</b> .....	13
<b>METODOLOGIA CERCETĂRII ȘI DE EVALUARE A RISCURILOR</b> .....	14
<b>LISTA ABREVIERILOR</b> .....	16
<b>LISTA FIGURILOR</b> .....	19
<b>LISTA TABELELOR</b> .....	21

## PARTEA I

### STADIUL ACTUAL PRIVIND IMPORTANȚA INGINERIEI OLEODUCTELOR ȘI A GAZODUCTELOR ÎN CONTEXTUL SECURITĂȚII INDUSTRIALE

#### CAPITOLUL 1

#### ROLUL ȘI IMPORTANȚA OLEODUCTELOR ȘI GAZODUCTELOR ÎN ASIGURAREA SECURITĂȚII ENERGETICE

1.1. Oleoductele și gazoductele privite ca infrastructuri critice energetice.....	24
1.1.1. Cadrul legislativ privind infrastructurile critice naționale/europene.....	24
1.1.1.1. Legislația europeană .....	24
1.1.1.2. Legislația națională.....	24
1.1.2. Sectoarele industriale aferente infrastructurilor critice naționale/europene.....	24
1.1.2.1. Sectoarele industriale aferente infrastructurilor critice naționale.....	24
1.1.2.2. Sectoarele industriale aferente infrastructurilor critice europene.....	25
1.1.3. Riscuri privind infrastructurile critice.....	26
1.1.3.1. Tipologia pericolelor și riscurilor privind infrastructurile critice.....	26
1.1.3.2. Dinamica pericolelor și riscurilor privind infrastructurile critice.....	27
1.2. Oleoductele și gazoductele – infrastructuri critice ale Sistemul Energetic Național.....	28
1.2.1. Generalități asupra Sistemului Național al Petrolului – SNP.....	28
1.2.1.1. Descrierea SNP.....	28
1.2.2. Generalități asupra Sistemului Național al Gazelor Naturale – SNGN.....	29
1.2.2.1. Descrierea SNGN.....	29
1.2.3. Scopul și cerințele SNP și SNGN.....	31
1.2.4. Interconexiunea SNP și SNGN cu sistemele energetice vecine.....	32
1.3. Securitatea energetică.....	33
1.3.1. Concept, componente, politici.....	33
1.3.1.1. Concept.....	33
1.3.1.2. Componente.....	34
1.3.1.3. Politici.....	34
1.3.2. Amenințări, vulnerabilități, pericole.....	34
1.3.2.1. Amenințări.....	34
1.3.2.2. Vulnerabilități.....	34
1.3.2.3. Pericole.....	34
1.4. Concluziile capitolului.....	34

## **CAPITOLUL 2**

### **INGINERIA OLEODUCTELOR ȘI GAZODUCTELOR**

2.1. Generalități privind oleoductele și gazoductele.....	36
2.1.1. Transporturile prin conducte.....	37
2.1.1.1. Oleoducte.....	37
2.1.1.2. Gazoducte.....	37
2.2. Caracteristici tehnice și tehnologice ale oleoductelor și gazoductelor.....	38
2.3. Securitatea oleoductelor și gazoductelor.....	39
2.4. Monitorizarea, diagnoza și mentenanța oleoductelor și gazoductelor.....	41
2.5. Noțiunea de risc de mediu.....	43
2.5.1. Principiile de management ale riscurilor.....	43
2.6. Contaminarea (poluarea) solului cu produse petroliere.....	44
2.7. Tendințe ale producției de petrol și GN în România.....	47
2.8. Informații despre pagubele produse.....	48
2.9. Concluzii.....	49

## **CAPITOLUL 3**

### **STRUCTURA CONSTRUCTIV – TEHNOLOGICĂ A OLEODUCTELOR ȘI GAZODUCTELOR**

3.1. Generalități privind protecția oleoductelor și gazoductelor.....	52
3.1.1. Protecția anticorrosivă.....	52
3.1.2. Sisteme de protecție catodică.....	52
3.1.3. Protecția catodică cu anodi galvanici.....	53
3.1.4. Protecția catodică prin injecție de curent.....	53
3.1.5. Eficacitatea protecției catodice.....	53
3.1.6. Desprinderea catodică a izolației.....	53
3.2. Traseul și lansarea conductei.....	54
3.2.1. Traseul conductei.....	54
3.2.2. Lansarea conductei.....	55
3.2.3. Zona de protecție și zona de securitate.....	55
3.3. Concluzii.....	53

## **CAPITOLUL 4**

### **ELEMENTE DE SEISMICITATE ALE OLEODUCTELOR ȘI GAZODUCTELOR**

4.1. Generalități privind ingineria seismică și antiseismică.....	57
4.2. Sisteme de protecție antiseismică ale oleoductelor și gazoductelor.....	58
4.3. Soluții privind diminuarea nivelului de risc pentru oleoducte și gazoducte echipate antiseismic.....	59
4.4. Analiza nivelului de risc seismic ale oleoductelor și gazoductelor.....	60
4.5. Concluzii.....	61

**PARTEA a-II-a**  
**CONTRIBUȚII PRIVIND IDENTIFICAREA, EVALUAREA ȘI**  
**MINIMIZAREA RISCURILOR INDUSTRIALE ASOCIATE**  
**OLEODUCTELOR ȘI GAZODUCTELOR DIN CADRUL**  
**SISTEMULUI ENERGETIC**

**CAPITOLUL 5**

**IDENTIFICAREA, EVALUAREA ȘI MINIMIZAREA RISCURILOR**  
**INDUSTRIALE AFERENTE OLEODUCTELOR ȘI GAZODUCTELOR**

5.1. Identificarea și evaluarea riscurilor asociate infrastructurilor critice și integrarea analizelor de risc sectoriale – Transport Petrol și Gaze Naturale.....	63
5.1.1. Identificarea scenariilor de risc.....	63
5.1.2. Evaluarea scenariilor de risc.....	64
5.2. Evaluarea nivelului de risc tehnogen al oleoductului (conduței magistrale de transport țitei Ø10) și al gazoductului (conduței magistrale de transport gaze naturale Ø12) .....	81
5.2.1. Valorile nivelului de risc de cedare (%) în funcție de Snec MIN, Snec MAX și Pmpo pentru cele 3 gropi de control pentru oleoduct (conduța magistrală de transport țitei Ø10)...	81
5.2.2. Evaluarea nivelului de risc tehnogen pentru oleoduct (conduța magistrală de transport țitei Ø10) .....	84
5.2.3. Valorile nivelului de risc de cedare (%) în funcție de Snec MIN, Snec MAX și Pmpo pentru cele 3 gropi de control pentru gazoduct (conduța magistrală de transport gaze naturale Ø12) .....	88
5.2.4. Evaluarea nivelului de risc tehnogen al gazoductului (conduței magistrale de transport gaze naturale Ø12) .....	92

**CAPITOLUL 6**

**SOLUȚII TEHNICO – ORGANIZATORICE PROPUSE PRIVIND**  
**SIGURANȚA ȘI SECURITATEA SISTEMULUI ENERGETIC NAȚIONAL**  
**ÎN SCOPUL CREȘTERII SECURITĂȚII ENERGETICE**

6.1. Soluții tehnico – organizatorice privind siguranța și securitatea Sistemului Național al Petrolului.....	97
6.1.1. Soluții tehnico – organizatorice privind combaterea și eliminarea vulnerabilităților.....	97
6.2. Soluții tehnico – organizatorice privind siguranța și securitatea Sistemului Național al Gazelor Naturale.....	102
6.2.1. Soluții tehnico – organizatorice privind combaterea și eliminarea vulnerabilităților...102	
6.3. Recomandări privind Strategia Națională de Protecție a Infrastructurilor Critice Energetice – Oleoducte și Gazoducte, în urma soluțiilor tehnice propuse privind combaterea și eliminarea vulnerabilităților.....	105
6.4. Concluzii.....	107

**CAPITOLUL 7**  
**CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE, LIMITE ALE STUDIULUI ȘI**  
**DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE**

7.1. Concluzii.....	108
7.2. Contribuții originale.....	111
7.3. Limite ale studiului.....	113
7.4. Direcții de cercetare viitoare.....	114
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXA 1.....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXA 2.....</b>	<b>145</b>
<b>LISTA ARTICOLELOR ȘI LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE ÎN URMA</b> <b>CERCETĂRII DOCTORALE.....</b>	<b>168</b>

## IMPORTANȚA ȘI NECESITATEA TEMEI

### Importanța temei

Importanța și actualitatea temei abordate este dată de:

- ✓ apariția cazurilor de colaps energetic cu efecte devastatoare asupra securității industriale și economice (căderea totală sau parțială a SNP sau a SNGN).
- ✓ folosirea petrolului (țiței/gazolină/etan) sau a gazului natural ca posibil instrument de presiune asupra țărilor slab dezvoltate sau în curs de dezvoltare.

Anumite aparate și echipamente (SP/SRM/PM/SC, etc.) din cadrul infrastructurilor critice energetice (oleoducte/gazoducte) pot fi ținta unor atacuri teroriste (atac cu bombă/atac cibernetic).

Aceste aparate și echipamente pot fi supuse unor calamități naturale sau riscuri tehnogene (nedimensionarea corectă a grosimilor oleoductelor sau gazoductelor).

Nealimentarea cu petrol (țiței/gazolină/etan) sau gaz natural a consumatorilor duce la declanșarea unei crize naționale. Aceasta declanșează starea de dezechilibru și siguranța cetățeanului, deoarece aproape toate sectoarele economiei naționale depind de petrol, gaz natural și energie electrică. În acest context, SNP și SNGN, devin obiective strategice de importanță națională, fiind generatoare de infrastructuri critice naționale și europene.

În contextul creșterii securității energetice trebuie creați factori de stabilitate energetică prin:

- asigurarea necesarului de resurse primare (petrol, gaze naturale, cărbune, uraniu, energie electrică, etc.) și limitarea dependenței de cele de import.
- diversificarea surselor de resurse primare din import; creșterea nivelului de securitate și siguranță a rețelelor naționale de transport petrol și gaze naturale.
- protecția infrastructurii critice privind integritatea fizică a oleoductelor și gazoductelor.
- securizarea locurilor de muncă și a lucrătorilor prin evitarea și/sau stoparea accidentelor/incidentelor tehnice care pot duce la perturbarea sistemului energetic.

Securitatea energetică a României este pusă în pericol de:

- *vulnerabilități* (hazarduri naturale și antropice).
- *amenințări* (terorism, instabilitate politică, conflicte armate și piraterie).
- *pericole* (nealimentarea cu materii prime, folosirea petrolului și a GN ca instrument de presiune) pot atenta la siguranța și securitatea SNP și SNGN.

Este imperios necesar ca SNP și SNGN să fie supuse riguros unor:

- evaluări de risc sectorial - transport petrol și gaze naturale.
- evaluări de risc tehnogen.

Se identifică, combate și elimină vulnerabilitățile, pericolele și amenințările care pot genera nesiguranță și insecuritate a celor două sisteme importante ale economiei naționale.

### Necesitatea temei

Necesitatea identificării vulnerabilităților și riscurilor tehnogene asupra gazoductelor și oleoductelor (infrastructuri critice naționale și europene din cadrul SNP și SNGN), rezultă din următoarele considerente:

- SNP și SNGN sunt de importanță strategică națională, evaluarea și monitorizarea riscurilor sectoriale – transport petrol și gaze naturale din privind identificarea vulnerabilităților.
- evaluarea riscurilor sectoriale vine și din perspectiva europeană, România fiind interconectată la sistemul energetic al gazelor naturale al U.E. – ENTSO-G.
- prin cunoașterea vulnerabilităților se pot identifica automat pericolele și amenințările la care SNP și SNGN sunt supuse și angrenate.
- se pot crea măsuri sau strategii naționale/europene de protecție și securizare a infrastructurilor critice naționale/europene.
- anumite scenarii de risc dezvoltate au un nivel ridicat de risc cu efecte devastatoare

- asupra securității industriale și economice.
- MPI, MR și MSSM trebuie să formeze un sistem integrat de securitate, coerent, transparent și convergent către obiectivul SECURITATE.
  - se consideră că infrastructura critică – oleoduct/gazoduct, este locul comun unde se întâlnește latura de securitate națională și latura civilă.
  - datoria fiecărui specialist (securitate națională/civil) este să găsească metode și mijloace de securizare a oleoductelor și gazoductelor, oferind securitate României, U.E. și NATO.
  - accesul la petrol și gaze naturale care este creat de aceste infrastructuri critice (oleoducte/gazoducte) este un drept comun al fiecărui cetățean.
  - responsabilizarea să găsim împreună soluții tehnice și de securitate pe timp de pace dar și pe timp de criză sau război.
  - vulnerabilitatea securității energetice trebuie prevenită, combătută și eliminată prin investiții majore în infrastructură energetică (oleoducte, gazoducte).
  - personal specializat în securitatea infrastructurilor critice și siguranța SNP și SNGN.
  - problematica privind securitatea aparatelor și echipamentelor din cadrul infrastructurilor critice energetice trebuie abordată prin:
    - perspectiva cerințelor esențiale de securitate pe care trebuie să le ia în considerare proiectanții și producătorii de aparate și echipamente energetice.
    - interacțiunea om – infrastructură.
  - riscurile, pericolele și amenințările generate de lucrători prin aparatele și echipamentele energetice din cadrul infrastructurilor critice constituie un domeniu particular al riscurilor prin:
    - pericolele și amenințările ocupaționale la care aceștia pot fi expuși. Acestea nu pot fi dissociate și tratate separat, ele trebuind să beneficieze de o abordare sistemică și integrată.
    - se ia în considerare ansamblul complex de condiționări și interdependențe specifice sistemelor de muncă moderne.
    - importanța și oportunitatea cercetării științifice consacrate evaluării riscurilor sectoriale – transport petrol și gaze naturale.
    - dezvoltarea metodelor de evaluare dedicate minimizării riscurilor tehnogene și ocupaționale care să poată fi utilizate de către toate entitățile implicate.

## **OBIECTIVELE ȘI STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT**

### **Obiective generale**

Obiectivul central al cercetărilor doctorale este de a defini o abordare metodologică, precum și instrumentele de aplicare specifice care să permită:

- identificarea, desemnarea, analiza, evaluarea.
- protecția și securizarea infrastructurilor critice energetice naționale și europene (oleoducte/ gazoducte).
- structurarea cerințelor globale și specifice de securitate la operarea acestor infrastructuri critice.

Rezultatul vizat constă în:

- elaborarea și integrarea unor instrumente aplicabile de către experți sau specialiști pe probleme de securitate.
- personalul operativ din SP/SRM/PM/SC, etc. care lucrează și operează cu infrastructurile critice.
- prevenirea și minimizarea riscurilor sectoriale și tehnogene, combaterea și eliminarea vulnerabilităților, pericolelor și amenințărilor.

### Obiective specifice

- realizarea unui studiu vizând evoluția, principiile de prevenire și minimizare a riscurilor tehnogene.
- combaterea și eliminarea vulnerabilităților, pericolelor și amenințărilor.
- cadrul legislativ privind protecția și securizarea infrastructurilor critice energetice și a lucrătorilor.
- sintetizarea tipologiei și caracteristicilor de securitate ale infrastructurilor critice energetice.
- analiza structurală a procesului de apreciere a riscurilor la infrastructurile critice energetice.
- analiza multifactorială a statisticilor incidentelor tehnice, avariilor tehnice și a accidentelor de muncă la operarea infrastructurilor critice energetice.

## STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Am structurat teza de doctorat pe 7 capitole și cuprinde 168 pagini, 47 pagini corespunzătoare celor 2 anexe, 42 figuri, 77 tabele și 129 referințe bibliografice.

Partea întâi a tezei de doctorat este consacrată stadiului actual privind importanța ingineriei oleoductelor și gazoductelor în contextul securității industriale.

Partea a doua a tezei de doctorat reflectă contribuțiile privind identificarea, evaluarea și minimizarea riscurilor industriale asociate oleoductelor și gazoductelor din cadrul Sistemului Energetic.

**În Capitolul 1** am prezentat analiza și studiul cadrului conceptual a oleoductelor și gazoductelor ca infrastructuri critice naționale și europene din cadrul SNP și SNGN.

Am prezentat sintetic:

- aspectele relevante vizând analiza cadrului legislativ și structural din domeniul infrastructurilor critice naționale și europene și a sectoarelor industriale.
- generalități privind funcționarea SNP și SNGN, ca sisteme generatoare de infrastructuri critice, în scopul asigurării securității energetice.

Rezultatele analizei efectuate pentru evaluarea riscurilor privind vulnerabilitățile și riscurile tehnogene ale oleoductelor și gazoductelor stau la baza necesității temei prezentei teze de doctorat.

**În Capitolul 2** am prezentat analiza tehnico-inginerească privind principalele generalități și caracteristici privind oleoductele și gazoductele.

În acest capitol am dezbătut:

- aspecte ale securității, monitorizării, diagnozei și mentenanței infrastructurilor critice energetice.
- riscul de mediu (poluare) privind posibilitatea contaminării solului cu produse petroliere.

**În Capitolul 3** am descris analiza tehnologică privind principalele generalități în scopul protecției oleoductelor și gazoductelor, detaliu important în securitatea și protecția acestor infrastructuri critice. În acest capitol am detaliat atât problemele de traseu și lansare a conductelor cât și delimitarea zonelor de protecție și securitate.

**În Capitolul 4** am prezentat ingineria seismică și antiseismică, sistemele de protecție antiseismică și soluții privind diminuarea nivelului de risc seismic al oleoductelor și gazoductelor.

La finalul capitolului am analizat nivelul de risc seismic ale oleoductelor și gazoductelor.

**În Capitolul 5** am descris evaluarea riscurilor asociate infrastructurilor critice și integrarea analizelor de risc sectoriale – Transport Petrol și GN (cele 4 scenarii de risc).

În acest capitol am prezentat și evaluarea nivelului de risc tehnogen – grosimea peretelui (*Conductă magistrală de transport fiței Ø10, Conductă magistrală de transport gaze naturale*



Ø12).

La baza identificării vulnerabilităților și necesității de îmbunătățire a siguranței și securității SNP și SNGN prin implementarea de soluții tehnico – organizatorice, stau următoarele:

- rezultatele obținute în urma evaluării nivelului de risc tehnogen asociate infrastructurilor critice.
- integrarea analizelor de risc sectoriale – Transport Petrol și Gaze Naturale.
- evaluarea riscurilor tehnogene (grosimea peretelui).

**În Capitolul 6** am prezentat soluțiile tehnico – organizatorice privind evaluarea riscurilor asociate infrastructurilor critice – Transport Petrol și Gaze Naturale și evaluării riscurilor tehnogene – grosimea peretelui.

Soluțiile tehnico – organizatorice propuse de autor, ale evaluării riscurilor prin SNPICE – oleoducte și gazoducte stau la baza siguranței și securității SEN (SNP și SNGN).

**În Capitolul 7** am descris concluziile, contribuțiile originale, limitele studiului și direcțiile viitoare de dezvoltare prezente în teza de doctorat.

Concluziile, contribuțiile originale, limitele studiului și direcțiilor viitoare de dezvoltare, evidențiază necesitatea și aplicabilitatea prezentei teze de doctorat în mediul industrial energetic.

În cadrul acestui capitol am prezentat principalele aspecte desprinse din studiul și analiza conceptelor, fenomenelor, metodelor, aplicațiilor și rezultatelor obținute.

Prin prezentarea contribuțiilor personale pe cele 2 componente, contribuții teoretice și contribuții aplicative, s-a acordat o atenție deosebită modului implementării și valorificării acestora.

Am identificat direcțiile principale de cercetare, prin care trebuie să fie orientate în viitor eforturile vizând prevenirea, reducerea, combaterea, stoparea, eliminarea riscurilor și vulnerabilităților.

Am identificat protecția și securitatea infrastructurilor critice, dar și securitatea și sănătatea lucrătorilor care operează infrastructurile critice.

În **ANEXA 1** - Exemplu de oleoduct (conductă magistrală de transport țitei Ø10”) și **ANEXA 2** - Exemplu de gazoduct (conductă magistrală de transport gaze naturale Ø12”) am elaborat metodologia cercetării și de evaluare a riscurilor privind conducta magistrală de transport țitei și conducta magistrală de transport gaze naturale.

**Noutățile aceste teze de doctorat** constau în:

- principiile și ipotezele din domeniul protecției și securității infrastructurilor critice energetice (oleoducte/gazoducte).
- managementul riscurilor de mediu.
- analiza riscurilor asociate infrastructurilor critice analizate și evaluate.

**Gradul de complexitate** al tezei îi conferă acesteia un caracter interdisciplinar și multidisciplinar prin:

- natura infrastructurilor critice energetice abordate.
- importanța contextului legislativ și reglementar.
- explozia informațională.
- evoluția cercetării științifice în domeniul securității, pentru:
  - conceptualizarea sistemului și fundamentarea teoretică a modelelor utilizate.
  - elaborarea metodologiei de evaluare a riscurilor tehnogene.

# CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE, LIMITE ALE STUDIULUI ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE

## Concluzii

Sistemele pentru transportul produselor petroliere și GN din România sunt diferite, fiind executate într-un interval mare de timp, cu ajutorul tehnologiilor și mijloacelor materiale existente la momentul realizării fiecărui tronson sau rețea de conducte.

Durata de la punerea în funcțiune a rețelelor și condițiile de exploatare diferă, provocând grade de uzură distincte.

Principalul risc al securității sistemelor de conducte pentru transportul produselor petroliere și GN constă în cedarea unei conducte datorită diminuării grosimii de perete, iar sub valoarea minimă admisă se pierde etanșeitatea și provoacă eliberarea fluidului transportat în exteriorul conductei (țiței/GN).

Deși transportul prin conducte este considerat cea mai sigură metodă de transport pe distanțe lungi, datele culese în urma diferitelor avarii produse au ridicat nivelul de risc aferent exploatării acestora la cel corespunzător funcționării unei rafinării.

Conform statisticilor, transportul prin conducte al produselor petroliere și GN este considerat cea mai sigură metodă de transport pe distanțe lungi, dar diferitele avarii produse au ridicat nivelul de risc al exploatării asemănător cu cel al funcționării unei rafinării. Prevenirea cedării conductelor crează un avantaj în vederea reducerii acestor riscuri.

Pe lângă pierderile economice, scăpările de produse petroliere și gaze din conducte pot genera incidente majore prin inițierea exploziilor.

Incidentele majore datorate exploziilor prin scăpările de produse petroliere și gaze din conducte duc la pierderi economice semnificative.

Exploatarea conductelor de transport cu grad minim de risc presupune monitorizarea permanentă a eventualelor scăpări de fluide.

Gazele din defectele conductelor de transport, care ajung la suprafața solului, stau la baza posibilelor incidente ce pot să apară.

Din această cauză este important să se cunoască atât debitele de gaze scăpate cât și configurația geometrică a ariei afectate.

Teza de doctorat și-a propus minimizarea riscurilor industriale asociate oleoductelor și gazoductelor prin reducerea și eliminarea principalilor factori care provoacă evenimente cu grad ridicat de gravitate privind funcționarea în parametrii a conductelor.

Monitorizarea tuturor parametrilor specifici intrinseci și de operare ai oleoductelor și gazoductelor poate fi detectată și diagnosticată tehnic prin:

- defectele existente;
- intervenția rapidă și eficientă pentru înlăturarea avariilor, în cazul în care acestea s-au produs.

Diagnoza tehnică se face prin MPM nedistructive bazându-se pe sunete, zgomote, vibrații și pe emisia acustică în câmp (electro)magnetic, cu ajutorul mijloacelor speciale.

Pentru a stabili programele de mentenanță ce pot asigura o bună funcționare a oleoductelor și gazoductelor, este necesară stabilirea stării tehnice a acestora.

Sistemele de mentenanță preventivă și predictivă ce reduc semnificativ riscul aparițiilor avariilor, pot fi aplicate după ce aflăm starea tehnică a oleoductelor și/sau gazoductelor. Aceste două sisteme de mentenanță sunt mai puțin costisitoare comparativ cu mentenanța corectivă.

Stabilirea planului de mentenanță a oleoductelor și/sau gazoductelor se face astfel:

- identificarea stării limite pentru intervenție;

- probabilitatea de atingere a stării limite;
- volumul de fluid (gaz sau țigăi) care se poate elibera în urma unui incident;
- numărul populației din zona incidentului.

Fiabilitatea unui sistem tehnic/tehnologic este determinată de ansamblul tuturor factorilor implicați în punerea în practică a acestuia:

- concepția;
- realizarea;
- procesarea sistemului.

Întocmirea și menținerea unui nivel ridicat al fiabilității sistemului tehnic/tehnologic presupune analiza factorilor de natură materială sau umană și acțiunile corespunzătoare asupra acestora.

Securitatea funcționării sistemelor tehnice/tehnologice, în speță oleoductele și/sau gazoductele, reprezintă o componentă de bază a cerințelor de procesare, prin cele patru elemente specifice:

- securitate;
- disponibilitate;
- fiabilitate;
- mentenanță.

Criteriile mecanice de securitate tehnică asigură cu certitudine niveluri ridicate de fiabilitate și de securitate tehnică.

Evaluarea riscului este folosită pentru determinarea identificării zonelor de risc maxim.

În urma analizei statistice a datelor privind avarierea oleoductelor și/sau gazoductelor sub presiune, rezultă următoarele concluzii:

- riscul major de defectare corespunde zonelor sudate.
- peste 50% din totalitatea avariilor oleoductelor și/sau gazoductelor sub presiune se datorează abaterilor de la regulile condițiilor de exploatare prescrise.
- riscul defectărilor prin oboseală și/sau coroziune la oleoducte și/sau gazoducte.

Conductele rețelelor de transport se protejează anticorrosiv prin măsuri pentru preîntâmpinarea proceselor de coroziune, prin protecție pasivă și prin protecție activă electrică.

Protecția pasivă se realizează prin aplicarea pe suprafața țevii a unei acoperiri anticorrosive.

Protecția activă electrică a conductelor împotriva coroziunii sub acțiunea curenților de dispersie (vagabonzi) se realizează prin:

- mărirea rezistenței electrice de trecere între conducte și sol folosind un strat protector cu rezistivitate mare.
- flanșe izolatoare la intrarea rețelelor termice la consumatori.
- drenaj direct polarizat sau intensificat, precum și prin aplicarea protecției catodice cu sursă.

În cel mai recent studiu realizat cu privire la pierderile produse de dezastrele naturale și antropice, pe primul loc se află cutremurele.

Seismicitatea este reprezentată de zona Vrancea, zonele Banat, Crișana, Maramureș etc., unde se produc cutremure crustale de intensitate și frecvențe mai reduse.

Dezvoltarea durabilă este aceea că noi oamenii trebuie să ținem cont de hazardurile naturale care pot fi periculoase și dăunătoare societății în unele cazuri.

Hazardul natural nu poate fi trișat, dar abordând fără ezitare practicile adecvate, societatea îi poate micșora cu siguranță consecințele.

În *Chestiuni naturale*, filozoful Seneca face precizări legate de cutremure, menționând că:

- ✓ nici o primejdie nu este fără leac de care să nu ne putem feri;
- ✓ trăsnetul n-a distrus niciodată popoare întregi;

- ✓ ciurma depopulează orașe dar nu le distruge;
- ✓ catastrofa cutremurelor de pământ este cea mai întinsă, inevitabilă, neînduplecată, cea mai generală dintre toate primejdiile.

În urma evaluării infrastructurilor critice energetice (oleoducte și gazoducte) din cadrul SNTP și SNTGN, am construit următoarele scenarii de risc:

- pentru Scenariul de Risc 1 am constatat următoarele:
  - pentru stabilirea **probabilității** de producere a evenimentului am adoptat **clasa 3 (medie)**.
  - pentru **gravitatea consecințelor** am adoptat nivelul **5 (foarte ridicat)**.
  - riscul calculat are valoarea **15 (risc ridicat)**.
  - după aplicarea **măsurilor de reducere a riscului**, am recalculat **gravitatea consecințelor** și am adoptat nivelul **2 (scăzut)**.
  - riscul recalculat are valoarea **6 (risc scăzut)**.
- pentru Scenariul de Risc 2 am constatat următoarele:
  - pentru stabilirea **probabilității** de producere a evenimentului am adoptat **clasa 2 (scăzută)**.
  - pentru **gravitatea consecințelor** am adoptat nivelul **5 (foarte ridicat)**.
  - riscul calculat are valoarea **10 (risc mediu)**.
  - după aplicarea **măsurilor de reducere a riscului**, am recalculat **gravitatea consecințelor** și am adoptat nivelul **3 (mediu)**.
  - riscul recalculat are valoarea **6 (risc scăzut)**.
- pentru Scenariul de Risc 3 am constatat următoarele:
  - pentru stabilirea **probabilității** de producere a evenimentului am adoptat **clasa 3 (medie)**.
  - pentru **gravitatea consecințelor** am adoptat nivelul **5 (foarte ridicat)**.
  - riscul calculat are valoarea **15 (risc ridicat)**.
  - după aplicarea **măsurilor de reducere a riscului**, am recalculat **gravitatea consecințelor** și am adoptat nivelul **2 (scăzut)**.
  - riscul recalculat are valoarea **6 (risc scăzut)**.
- pentru Scenariul de Risc 4 am constatat următoarele:
  - pentru stabilirea **probabilității** de producere a evenimentului am adoptat **clasa 2 (scăzută)**.
  - pentru **gravitatea consecințelor** am adoptat nivelul **5 (foarte ridicat)**.
  - riscul calculat are valoarea **10 (risc mediu)**.
  - după aplicarea **măsurilor de reducere a riscului**, am recalculat **gravitatea consecințelor** și am adoptat nivelul **3 (mediu)**.
  - riscul recalculat are valoarea **6 (risc scăzut)**.

Pentru prevenirea și reducerea riscurilor sectoriale – Transport Petrol și GN, am formulat propuneri de măsuri de reducere care sunt dezvoltate pe larg la secțiunea de Contribuții Originale, pentru:

- scenariul de risc 1.
- scenariul de risc 2.
- scenariul de risc 3.
- scenariul de risc 4.

În urma evaluării nivelului de risc tehnogen al oleoductului (conductei magistrale de transport țitei  $\phi 10$ ) am constatat următoarele:

- pentru stabilirea **probabilității** de producere a evenimentului am adoptat **clasa 4 (ridicat)**.
- pentru **gravitatea consecințelor** am adoptat nivelul **5 (foarte ridicat)**.
- riscul calculat are valoarea **20 (nivel de risc tehnogen foarte ridicat)**.
- după aplicarea **măsurilor de reducere a riscului**, am recalculat **gravitatea consecințelor** și am adoptat nivelul **3 (mediu)**.

- riscul recalculat are valoarea **12 (nivel de risc tehnogen mediu)**.  
În urma evaluării nivelului de risc tehnogen al gazoductului (conductei magistrale de transport gaze naturale  $\phi 12$ ) am constatat următoarele:
- pentru stabilirea **probabilității** de producere a evenimentului am adoptat **clasa 4 (ridicat)**.
- pentru **gravitatea consecințelor** am adoptat nivelul **5 (foarte ridicat)**.
- riscul calculat are valoarea **20 (nivel de risc tehnogen foarte ridicat)**.
- după aplicarea **măsurilor de reducere a riscului**, am recalculat **gravitatea consecințelor** și am adoptat nivelul **3 (mediu)**.
- riscul recalculat are valoarea **12 (nivel de risc tehnogen mediu)**.

### Contribuții originale

În cadrul prezentei teze de doctorat am efectuat studiul de caz privind evaluarea nivelului de risc tehnogen al oleoductului (conductei magistrale de transport țiței  $\emptyset 10$ ) și al gazoductului (conductei magistrale de transport gaze naturale  $\emptyset 12$ ).

Am calculat nivelul de risc de cedare (%) în funcție de grosimea de perete și nivelul de risc de cedare (%) în funcție de presiunea maximă de operare, pentru  $S_{nec}$  MIN și  $S_{nec}$  MAX, după direcția circumferențială și direcția longitudinală, la cele 3 gropi de control ale fiecărei conducte în parte. Am evaluat nivelul de risc tehnogen pentru oleoduct și gazoduct prin stabilirea probabilității și gravității, analiza vulnerabilităților și impactului, calculul gravității consecințelor și a nivelului de risc tehnogen, tratarea riscului.

Prin recalcularea gravității consecințelor și nivelul de risc după aplicarea măsurilor de reducere, am obținut diminuarea riscului de producere a scenariului ales atât pentru oleoduct cât și pentru gazoduct.

Am prezentat soluții tehnico – organizatorice privind siguranța și securitatea Sistemului Național al Petrolului prin măsurile propuse de construcții noi de infrastructuri energetice, și anume: rafinării, stații automatizate țiței import, stații automatizate țiței țară, conducte transport țiței – oleoducte, stații gazolină, conducte transport gazolină – oleoducte și conducte transport etan lichid – oleoducte.

Am descris hărțile reale a SNTTP – țiței/gazolină/etan lichid și a SNTGN - gaze naturale, iar pe baza acestora și în urma propunerilor de soluții tehnice (construcții de infrastructuri noi) privind eliminarea vulnerabilităților aceste hărți au suferit modificări.

În urma soluțiilor tehnice propuse de combatere și eliminare a vulnerabilităților am realizat o Strategie Națională de Protecție a Infrastructurilor Critice Energetice 2020 – 2035, ce constă în propuneri de soluții tehnice privind prevenirea, combaterea și eliminarea vulnerabilităților (construcții noi de infrastructuri energetice), importanța lucrării și termen de execuție.

Fundamentele teoretice, instrumentele metodologice și aplicative pe care le-am dezvoltat în cadrul stagiului de doctorat sunt redate sintetic în cele ce urmează.

Aceste contribuții originale în domeniul cercetărilor vizează creșterea nivelului de siguranță și securitate al oleoductelor și gazoductelor din cadrul SNT și SNGN.

Contribuțiile personale în domeniul menționat includ atât aspecte teoretice, cât și practice.

### Contribuții teoretice

Am făcut o analiză ținând seama de identificarea, evaluarea și minimizarea riscurilor industriale aferente oleoductelor și gazoductelor, prin cele 4 scenarii de risc privind calamitatea naturală și avariile tehnice.

În cadrul tezei am prezentat (atât pentru oleoducte cât și pentru gazoducte) metoda DCVG de investigație a defectelor de izolație de la suprafața solului, examinările nedistructive, evaluarea stării tehnice prin mărimile tehnice ale tronsonului de conductă, descrierea și prezentarea comportării materialului tubular privind modificarea grosimilor de perete.

Am evidențiat factorii care influențează integritatea oleoductelor și gazoductelor, și anume: defectele de izolație, adaosul de coroziune, ponderea defectului și perioada posibilă de prelungire funcție de adaosul de coroziune rămas.

Studiile teoretice și cuantificările rezultate în urma acestora, pot deveni instrumente utile pentru realizarea propunerilor de soluții tehnice privind prevenirea, combaterea și eliminarea vulnerabilităților (construcții noi de infrastructuri energetice).

### **Contribuții practice și aplicative**

Datorită lipsei infrastructurilor energetice, am propus măsuri de construcții noi de infrastructuri energetice, prin:

- întocmirea unor hărți, și anume:
  - Harta reală a SNT – țiței, gazolină și etan lichid.
  - Harta SNT (țiței) în urma propunerilor de soluții tehnice (construcții de infrastructuri noi), privind eliminarea vulnerabilităților.
  - Harta SNT (gazolină/etan lichid) în urma propunerilor de soluții tehnice (construcții de infrastructuri noi), privind eliminarea vulnerabilităților.
  - Harta reală a SNTGN.
  - Harta SNTGN în urma propunerilor de soluții tehnice (construcții de infrastructuri noi), privind eliminarea vulnerabilităților.

- realizarea analizei riscurilor sectoriale – Transport Petrol și Gaze Naturale, prin:

- Identificarea Scenariului de Risc 1: Avarie Tehnică Oleoduct.
- Identificarea Scenariului de Risc 2: Calamitate Naturală Oleoduct.
- Identificarea Scenariului de Risc 3: Avarie Tehnică Gazoduct.
- Identificarea Scenariului de Risc 4: Calamitate Naturală Gazoduct.
- Evaluarea Scenariului de Risc 1: Avarie Tehnică Oleoduct.
- Evaluarea Scenariului de Risc 2: Calamitate Naturală Oleoduct.
- Evaluarea Scenariului de Risc 3: Avarie Tehnică Gazoduct.
- Evaluarea Scenariului de Risc 4: Calamitate Naturală Gazoduct.
- Interpretarea Scenariului de Risc 1: Avarie Tehnică Oleoduct.
- Interpretarea Scenariului de Risc 2: Calamitate Naturală Oleoduct.
- Interpretarea Scenariului de Risc 3: Avarie Tehnică Gazoduct.
- Interpretarea Scenariului de Risc 4: Calamitate Naturală Gazoduct.

- analiza NR (nivel de risc) tehnogen și evaluarea stării tehnice asupra oleoductului (conduței magistrale de transport țiței Ø10) și gazoductului (conduței magistrale de transport gaze naturale Ø12).

Evaluarea nivelului de risc tehnogen pentru oleoduct (conduța magistrală de transport țiței Ø10) am obținut-o prin:

- ✓ valorile NR de cedare → S<sub>nec</sub> MIN, S<sub>nec</sub> MAX, P<sub>mop</sub> → 3 GC → oleoduct (conduța magistrală de transport țiței Ø10).
- ✓ stabilirea probabilității.
- ✓ stabilirea gravității consecințelor scenariului propus:
  - analiza vulnerabilităților.
  - analiza impactului.
- ✓ calculul nivelului de risc tehnogen.
- ✓ tratarea riscului.
- ✓ recalcularea gravității consecințelor.

Evaluarea nivelului de risc tehnogen pentru gazoduct (conduța magistrală de transport GN Ø12) am obținut-o prin:

- ✓ Valorile NR de cedare → Snec MIN, Snec MAX, Pmop → 3 GC → gazoduct (conducta magistrală de transport GN Ø12).
- ✓ stabilirea probabilității.
- ✓ stabilirea gravității consecințelor scenariului propus:
  - analiza vulnerabilităților.
  - analiza impactului.
- ✓ calculul nivelului de risc tehnogen.
- ✓ tratarea riscului.
- ✓ recalcularea gravității consecințelor.

Am realizat soluții tehnico – organizatorice privind siguranța și securitatea Sistemului Energetic Național în scopul creșterii securității energetice, și anume:

- soluții privind combaterea și eliminarea vulnerabilităților din cadrul Sistemului Național de Transport Petrol;
- soluții privind combaterea și eliminarea vulnerabilităților din cadrul Sistemului Național de Transport Gaze Naturale.

Am propus o Strategie Națională de Protecție a Infrastructurilor Critice Energetice – Oleoducte și Gazoducte 2020 – 2035.

### **Limite ale studiului**

Principalele limite ale cercetărilor pe care le-am prezentat în cadrul tezei de doctorat sunt următoarele:

- abordarea;
- identificarea;
- evaluarea;
- interpretarea riscurilor sectoriale Transport Petrol și Gaze Naturale;
- evaluarea și interpretarea riscurilor tehnologice (evaluări tehnice asupra grosimii pereților oleoductelor și gazoductelor).

Am sintetizat aceste limite ale cercetărilor prin:

- abordarea pertinentă a temei propuse în teză, cu scopul de a identifica vulnerabilitățile infrastructurilor critice energetice din cadrul SNP și SNTGN;
- aplicabilitatea de către experții și specialiștii pe probleme de securitate energetică (petrol/gaze naturale);
- răspunsul la nevoile și competențele acestora necesită impunerea ca studiul documentar să se concentreze în primul rând pe prevederile legislației în vigoare;
- bibliografia care include referințe naționale/internaționale, sinteza realizată în partea I punând accent pe documentele cu caracter normativ prin dezvoltarea și consistența studiilor;
- tema abordată este de mare importanță și actualitate, deoarece prezintă:
  - apariția cazurilor de colaps energetic cu efecte devastatoare asupra securității industriale și economice și utilizarea petrolului sau a GN;
  - folosirea acestora ca instrument de presiune asupra țărilor slab dezvoltate sau în curs de dezvoltare;
  - știindu-se faptul că anumite aparate și echipamente din cadrul infrastructurilor critice energetice (oleoducte/gazoducte) pot fi țintă unor atacuri teroriste (atac cu bombă/atac cibernetic);
  - sau pot fi supuse unor calamități naturale sau riscuri tehnogene (nedimensionarea corectă a grosimilor oleoductelor sau gazoductelor);
  - perspectiva necesară aprofundării cercetărilor prin analize cantitative detaliate care să rafineze rezultatele atinse în prezenta teză de doctorat.
- nealimentarea cu petrol sau GN a consumatorilor duce automat la declanșarea unei crize naționale.

- aproape toate sectoarele economiei naționale care depind de petrol, GN și energie electrică;
- criza care declanșează starea de dezechilibru iar siguranța cetățeanului este pusă în pericol;
- SNP, prin SNTP și SNGN, prin SNTGN, devin obiective strategice de importanță națională prin faptul că sunt generatoare de infrastructuri critice naționale/europene;
- creșterea securității energetice crează factori de stabilitate energetică prin:
  - asigurarea necesarului de resurse primare (petrol, gaze naturale, cărbune, uraniu, energie electrică, etc.);
  - limitarea dependenței de cele de import;
  - diversificarea surselor de resurse primare din import;
  - creșterea nivelului de securitate și siguranță a rețelelor naționale de transport petrol (țiței/gazolină/etan) și gaze naturale;
  - protecția infrastructurii critice privind integritatea fizică a oleoductelor și gazoductelor;
  - securizarea locurilor de muncă și a lucrătorilor prin evitarea și/sau stoparea accidentelor/incidentelor tehnice care pot duce la perturbarea sistemului energetic.
- evaluarea de risc sectorial și evaluarea de risc tehnogen a SNP și SNGN;
- identificarea, combaterea și eliminarea vulnerabilităților, pericolelor și amenințărilor care generează nesiguranță și insecuritate a celor două sisteme importante ale economiei naționale.

#### **Direcții de cercetare viitoare**

Ca urmare a aprofundării cunoștințelor și contribuțiilor personale aduse, propun următoarele direcții principale de cercetare pe care să fie canalizate eforturile vizând continuarea cercetărilor, și anume:

- continuarea studiilor ce abordează aspecte semnificative din cercetarea *culturii de securitate* la fiecare proprietar și operator de infrastructuri critice, deficitare pe plan național;
- *cercetarea culturii de securitate* și investigarea empirică a relației dintre aceasta și performanțele de siguranță a sistemului de muncă, urmărește identificarea factorilor de mediere. Aceștia pot deveni punctul central al intervențiilor viitoare pentru îmbunătățirea siguranței sistemului de muncă, prin eforturile de intervenție de manieră orientată și eficientă;
- verificarea modului în care experții, specialiștii și ofițerii de legătură pentru securitate implementează și gestionează protecția și securitatea infrastructurilor critice energetice;
- modul în care percepe cultura de securitate în cadrul proprietarului și operatorului de infrastructură critică energetică în scopul:
  - ✓ prevenirii;
  - ✓ combaterii;
  - ✓ eliminării vulnerabilităților;
  - ✓ pericolelor;
  - ✓ amenințării la adresa oleoductelor și gazoductelor.