



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN PLOIEȘTI

B-dul. București nr. 39, 100680 Ploiești - România
www.upg-ploiesti.ro
Telefon +40 244 573 171 Fax +40 244 575 847



INSTITUȚIA ORGANIZATOARE DE STUDII UNIVERSITARE
DE DOCTORAT UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN
PLOIEȘTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL – ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT – MINE, PETROL ȘI GAZE

TEZĂ DE DOCTORAT

MANAGEMENTUL RISCULUI DE MEDIU LA FINALIZAREA OPERAȚIUNILOR PETROLIERE ONSHORE

ENVIRONMENTAL RISK MANAGEMENT AT THE END OF ONSHORE OIL OPERATIONS

**Conducător științific,
Conf. dr. ing. Hab. Chiș Timur-Vasile
Prof. dr. ing. Mihai Pascu Coloja**

**Autor,
ing. Petrache Mihai-Ștefan**

Ploiești 2021

CUPRINS

CONSIDERAȚII TEORETICE	6
Introducere	7
1. Prezentare generală a operațiunilor petroliere onshore	8
1.1. Prospekțiuni	9
1.2. Operațiuni de explorare	10
1.3. Operațiuni de dezvoltare și exploatare	12
1.3.1. Proiectarea, construirea, instalarea și punerea în funcțiune a facilităților de suprafață	12
1.3.2. Foraje de dezvoltare și exploatare	13
1.3.3. Operațiuni de exploatare	13
1.3.3.1. Exploatarea sondelor de țiței	13
1.3.3.2. Facilități de suprafață pentru exploatarea țițeiului	15
1.3.3.3. Exploatarea sondelor de gaze	16
1.3.3.4. Facilități de suprafață pentru exploatarea gazelor naturale	16
1.3.3.5. Injecția apelor de zăcământ	17
1.3.3.6. Sisteme de conducte	17
1.3.3.7. Intervenții și reparații la sondă	17
1.3.3.8. Reparații capitale la sonde	18
1.3.3.9. Lucrări de stimulare a sondelor	18
1.3.3.10. Mentenanța echipamentelor de suprafață	19
1.4. Operațiuni de abandonare, dezafectare și reabilitare	19
2. Elemente de poluarea solului și subsolului la explorarea și exploatarea țițeiului și gazelor naturale	21
2.1. Solul și subsolul ca factor posibil a fi poluat	21
2.1.1. Proprietățile fizice ale solului	22
2.1.2. Proprietățile chimice ale solului	26
2.1.3. Proprietățile hidrogeologice ale apelor subterane	27
2.2. Surse de poluare și poluanți	29
2.3. Proprietățile poluanților	30
2.3.1. Poluanți anorganici	30
2.3.2. Poluanți organici	31
2.3.2.1. Transformări de tip abiotic	31
2.3.2.2. Transformări de tip biotic	31
2.4. Poluarea solului și subsolului din activitățile de explorare și exploatare a hidrocarburilor	32
2.4.1. Poluarea cu amestec de țiței și apă de zăcământ	32
2.4.2. Poluarea cu țiței	32
2.4.3. Poluarea cu apă de zăcământ	33
2.4.4. Poluarea cu fluide de foraj	34
2.4.5. Poluarea cu detritus	34
2.4.6. Poluarea cu ciment	34
2.4.7. Poluarea cu substanțe și preparate chimice complementare	35
2.5. Analiza metalelor prezente în țiței	36
2.5.1. Metale în țiței	36
2.5.2. Structura compușilor metalici în țiței	37
2.5.3. Originea compușilor metalici în țiței	39
2.6. Comportarea poluanților pe suprafața solului	45
2.6.1. Migrarea poluanților	45
2.6.1.1. Cazul zonelor nesaturate	45

2.6.1.2. Cazul zonelor saturate	47
2.6.2. Modelarea matematică pentru poluare cu hidrocarburi	47
3. Considerații teoretice privind remedierea solului și subsolului poluat în urma desfășurării operațiunilor petroliere onshore	49
3.1. Investigarea amplasamentelor contaminate	49
3.1.1. Investigarea istorică	49
3.1.2. Investigarea preliminară	50
3.1.3. Investigarea detaliată	50
3.1.3.1. Studiul pedologic	51
3.1.3.2. Studiul geologic	51
3.1.3.3. Studiul hidrogeologic	52
3.1.3.4. Hazarde și riscuri naturale	52
3.1.4. Monitorizarea factorilor de mediu	52
3.1.5. Analiza datelor furnizate de etapele premergătoare	53
3.1.5.1. Caracterizarea amplasamentului contaminat	53
3.2. Managementul riscului pentru sănătate și mediu	53
3.2.1. Conceptul de evaluare a riscului	53
3.2.2. Considerații generale privind evaluarea riscului pentru amplasamente contaminate	54
3.2.3. Caracterizarea riscului	57
3.2.3.1. Selectarea substanțelor chimice de potențial interes	57
3.2.3.2. Identificarea căilor de expunere pentru solul contaminat cu produse petroliere	57
3.2.4. Managementul riscului	59
3.2.5. Metode de evaluare a riscului pentru sănătate și mediu	60
3.3. Studiul de fezabilitate	61
3.4. Proiectul tehnic de remediere	63
3.5. Realizarea lucrărilor de remediere și reconstrucție ecologică	63
4. Elemente de radioactivitate naturală în industria extractivă de petrol și gaze	65
4.1. Radioactivitate natural asociată activităților industriale	65
4.1.1. Scurt istoric privind descoperirea radioactivității naturale	65
4.1.2. Fundamente privind radioactivitatea	65
4.1.2.1. Proprietățile radiației	65
4.1.2.2. Legea dezintegrării radioactive	67
4.1.2.3. Mărimi dozimetrice	68
4.1.2.4. Unități de măsură pentru radiații și factorii de conversie	71
4.1.3. Radioactivitatea naturală asociată proceselor tehnologice industriale	71
4.1.4. Evaluarea riscului la expunerea radioactivă în industria extractivă	72
4.2. Istoric privind NORM în industria de petrol și gaze	73
4.3. Formele de apariție a NORM la explorarea și exploatarea hidrocarburilor	74
4.3.1. Detritusul	75
4.3.2. Fluidul de foraj	77
4.3.3. Apa de zăcământ	78
4.3.4. Crustele	78
4.4. Aspecte privind protecția contra radiațiilor NORM	79
4.4.1. Expunerea externă și măsuri de protecție	80
4.4.2. Expunerea internă și măsuri de protecție	80
4.5. Decontaminarea echipamentelor contaminate cu NORM	82
4.5.1. Curățare manuală și aspirare	82
4.5.2. Îndepărtarea prin procedee mecanice	82
4.5.3. Metode chimice	82

4.5.4. Metode abrazive	83
4.5.5. Topirea	83
4.6. Managementul deșeurilor pentru amplasamentele contaminate cu NORM	84
4.6.1. Depozitarea în depozite de deșeuri	84
4.6.2. Eliminarea în sonde abandonate	85
4.6.3. Îngroparea la adâncime	85
4.6.4. Reciclarea prin topire	85
4.6.5. Concluzii	85
CONTRIBUȚII PROPRII	87
5. Impactul radioactivității naturale asupra mediului și a populației din zona Moinești la explorarea și exploatarea hidrocarburilor	88
5.1. Geologia structurii analizate	88
5.1.1. Modelul geologic. Cadrul geologic regional	88
5.1.2. Geologia structurii	91
5.1.2.1. Stratigrafia și litologia	91
5.1.2.2. Geologia câmpului și a zăcămintelor	92
5.2. Determinarea impactului NORM asupra mediului și populației	94
5.2.1. Măsurarea câmpurilor de radiație la sol și pentru echipamente	94
5.2.2. Realizarea analizelor spectrometrice de sol	95
5.2.3. Analiza rezultatelor determinărilor realizate	98
5.2.4. Corelații ale rezultatelor determinărilor NORM realizate	101
5.2.5. Stabilirea zonelor contaminate cu NORM	108
5.3. Evaluarea riscului expunerii la solul contaminat radioactiv	114
5.3.1. Evaluarea riscului expunerii la solul contaminat pentru personalul parcului	114
5.3.2. Evaluarea riscului expunerii la solul contaminat pentru populație	115
5.4. Evaluarea impactului NORM asupra mediului prin metoda de apreciere globală a stării de calitate a mediului (Metoda Rojanschi)	117
5.4.1. Prezentarea metodei de apreciere globală a stării de calitate a mediului	117
5.4.2. Evaluarea impactului NORM asupra mediului	120
6. Cercetări privind modelarea poluării cu țiței	126
6.1. Analiza poluării cu țiței a solului și subsolului	126
6.1.1. Poluarea solului	126
6.1.2. Deplasarea peliculei în sol	131
6.2. Analiza poluării cu țiței a apelor de suprafață	138
6.2.1. Dispersia produselor petroliere	138
6.2.2. Evaporarea	139
6.2.3. Difuzia produsului petrolier în mediul acvatic	139
6.2.4. Emulsia apă în produs petrolier	139
6.2.5. Alte produse	140
6.2.6. Mișcarea locală a produselor petroliere	141
6.2.7. Influența curenților	141
6.2.8. Evaluarea deplasării peliculei de petrol	141
6.3. Modelarea numerică a poluării cu petrol	141
6.3.1. Poluarea solului și subsolului	142
6.3.2. Modelul numeric aplicat studiului comportării peliculei de petrol la poluarea solului	145
6.4. Studiu de caz: Modelarea poluării solului cu țiței	148
6.5. Modelarea scurgerii din conductele de transport în cazul unei avarii	160
6.6. Analiza poluării cu metale la exploatarea țițeiului în zona Moinești	163
6.7. Modelarea transportului unidimensional al poluantului (țiței) prin sol	171

7. Elemente de remediere a solului și subsolului	175
7.1. Elemente de remediere a solului la poluarea cu țiței	175
7.2. Elemente de remediere a apelor subterane la poluarea cu țiței	179
7.3. Bioremedierea solului prin descompunerea cu ajutorul microorganismelor a hidrocarburilor ce formează țițeiul	179
7.4. Analiza poluării unui sol cu țiței	182
7.4.1. Determinarea densității aparente a solurilor utilizate	183
7.4.2. Determinarea deplasării poluanților în sol	184
7.4.3. Refacerea solurilor poluate cu țiței prin fitoremediere	185
7.4.4. Concluzii finale analiza poluării solului cu țiței	187
8. Managementul riscului de mediu pentru operațiunile petroliere de tip onshore	189
8.1. Evaluarea riscului la finalizarea operațiunilor petroliere de tip onshore	189
8.2. Criteriu pentru evaluarea impactului asupra mediului la finalizarea operațiunilor petroliere de tip onshore	193
8.3. Managementul riscului de mediu pentru operațiunile petroliere onshore.	
Studii de caz	202
8.3.1. Analiza contextului	202
8.3.2. Analiza SWOT	205
8.3.3. Prospectare prin utilizarea metodei seismice	207
8.3.4. Forajul unei sonde de explorare-evaluare	207
8.3.5. Extinderea unei facilități de condiționare a gazelor	208
8.3.6. Exploatarea țițeiului și gazelor asociate	208
8.3.7. Abandonarea unei sonde de exploatare a gazelor naturale	209
8.3.8. Dezafectarea unui parc de exploatare a țițeiului și remedierea solului și subsolului	209
8.3.9. Concluzii studii de caz	210
Concluzii	214
Bibliografie	218
Listă de lucrări	224
Anexe	226

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat este structurată în 8 capitole, respectiv 288 de pagini, 19 anexe, 110 figuri, 71 tabele și 81 referințe bibliografice.

În *Capitolul 1* sunt prezentate tipurile de operațiuni petroliere onshore, în mod cronologic implementării acestora.

Capitolul 2 prezintă elemente privind poluarea solului și subsolului la explorarea și exploatarea hidrocarburilor. Au fost evidențiate aspecte precum proprietățile fizice și chimice ale solului, proprietățile hidrogeologice ale apelor subterane, sursele de poluare și poluanții, proprietățile poluanților, poluarea solului și subsolului la exploatarea hidrocarburilor, analiza metalelor prezente în țiței și comportarea poluanților pe suprafața solului.

În *Capitolul 3* au fost prezentate o serie de considerații teoretice privind remedierea solului și subsolului poluat ca urmare a desfășurării operațiunilor petroliere onshore: investigarea amplasamentelor contaminate, conceptul de management al riscului pentru sănătate și mediu, studiul de fezabilitate, proiectul tehnic de remediere și realizarea lucrărilor de remediere și reconstrucție ecologică.

Capitolul 4 prezintă aspecte privind radioactivitatea naturală pentru industria extractivă de petrol și gaze, fiind detaliate elemente precum radioactivitatea naturală asociată proceselor industriale, primele referințe privind NORM în industria de petrol și gaze și creșterea interesului ulterior asupra acestui subiect, evidențierea radionuclizilor identificați în etapele procesului de exploatare a hidrocarburilor (seriile de dezintegrare ale U-238 și Th-232), protecția împotriva radiațiilor NORM, decontaminarea echipamentelor contaminate și managementul deșeurilor.

În *Capitolul 5* s-a realizat caracterizarea radiologică a unui amplasament de exploatare a hidrocarburilor și evaluarea riscului expunerii la solul contaminat radioactiv, atât pentru angajați, cât și pentru populație. Totodată s-a evaluat impactul NORM asupra mediului prin utilizarea Metodei Rojanschi.

Capitolul 6 prezintă o serie de cercetări ale modelării poluării cu țiței, elemente care oferă o imagine a potențialului impact asupra mediului. Astfel, se pot planifica acțiuni și măsuri de prevenire și de reducere a impactului încă din etapa de proiectare și ulterior pentru etapele de dezvoltare și exploatare. Au fost prezentate următoarele:

- analiza poluării cu țiței a solului și subsolului, respectiv a deplasării pelicului în sol;

- analiza poluării cu țiței a apelor de suprafață, respectiv dispersia, evaporarea, difuzia în mediul acvatic, deplasarea, influența curenților, evaluarea deplasării peliculei;
- modelarea numerică a poluării cu petrol;
- studiu de caz privind modelarea poluării solului cu țiței;
- modelarea scurgerii din conductele de transport în cazul unei avarii, în funcție de timpul de scurgere din conductă, densitatea produsului, diametrul orificiului și presiunea din conductă;
- analiza poluării cu metale la exploatarea hidrocarburilor;
- modelarea transportului unidimensional al țițeiului prin sol.

În *Capitolul 7* au fost prezentate elemente de remediere a solului și subsolului la poluarea cu țiței. În cadrul acestui capitol au fost descrise următoarele:

- logigrama reabilitării solurilor contaminate;
- inventarul și evaluarea tehnologiilor care se pot utiliza la remedierea solului;
- elemente de remediere a apelor subterane la poluarea cu țiței;
- modelarea matematică privind bioremedierea solului;
- analiza poluării unui sol cu țiței și elemente de fitoremediere a acestuia.

Capitolul 8 prezintă în prima parte o metodă de evaluare a riscului prin analiza arborelui de incident al abandonării operațiunilor petroliere onshore. În cea de-a doua parte este propusă o metodă de evaluare a impactului asupra mediului și riscului asociat acestuia la finalizarea operațiunilor petroliere onshore. În partea finală sunt prezentate șase studii de caz privind aplicarea acestei metode, fiind prezentate concluzii și elementele centralizate în anexele 7 - 19.

La finalul tezei au fost prezentate concluziile generale ale acesteia.

THE STRUCTURE OF THE DOCTORAL THESIS

The doctoral thesis is structured in 8 chapters, respectively 288 pages, 19 annexes, 110 figures, 71 tables and 81 bibliographical references.

The Chapter 1 presents the types of onshore oil and gas operations, in the chronological way of their implementation.

The Chapter 2 presents elements regarding the soil and groundwater pollution on the hydrocarbons exploration and production. Aspects such physical and chemical properties of soil, hydrogeological properties of groundwater, sources of pollution and pollutants, properties of pollutants, soil and groundwater pollution on hydrocarbon production, analysis of the metals present in oil and action of pollutants on the soil surface were highlighted.

The Chapter 3 presented a series of theoretical considerations regarding remediation of polluted soil and groundwater as a result of onshore oil and gas operations: investigation of contaminated sites, the concept of risk management for human health and environment, feasibility study, technical remediation project and remediation and ecological reconstruction.

The Chapter 4 presents aspects of natural radioactivity for the upstream oil and gas industry, detailing elements such as natural radioactivity associated with industrial processes, history regarding references to NORM in the oil and gas industry and the growing interest for this topic, highlighting the radionuclides identified for the stages of hydrocarbon production processes (U-238 and Th-232 decay series), radiation protection for NORM, decontamination of contaminated equipment and waste management.

In the *Chapter 5*, the radiological characterization of a hydrocarbon production site and assessment of the risk of exposure to radioactively contaminated soil were performed, both for employees and for the population. Also, the impact of NORM on the environment was assessed using the Rojanschi Method.

The Chapter 6 presents a series of researches on the modelling of pollution with oil, elements that give an image of the potential impact on the environment. Thus, actions and measures to prevent and reduce the impact can be planned from the design stage and later for the development and operation stages. The following were presented:

- analysis of the soil and groundwater pollution with oil, respectively of the movement in the soil;
- analysis of the surface water pollution with oil, respectively dispersion, evaporation, diffusion in water, movement, influence of aerial currents, evaluation of movement;

- numerical modelling of oil pollution;
- case of study regarding oil pollution modeling;
- modelling the leakage from the transport pipes in case of a failure, taking into consideration the leakage time, density of the product transported, diameter of the hole and the pressure inside the pipe;
- analysis of pollution with metals during hydrocarbon production;
- modeling of the one-dimensional transport of oil through the soil.

The Chapter 7 presented soil and groundwater remediation elements for the pollution with oil. In this chapter the following have been described:

- logigram for the rehabilitation of contaminated soils;
- inventory and evaluation of technologies that can be used for the soil remediation;
- groundwater remediation elements for oil pollution;
- mathematical modeling regarding soil bioremediation;
- analysis of a soil pollution with oil and its phytoremediation elements.

The Chapter 8 presents in the first part a method of risk assessment by analyzing the incident tree of abandonment of onshore oil operations. The second part proposes a method for assessing the impact on the environment and the risk associated with it at the end of oil operations. In the final part, six case studies on the application of this method are presented, with conclusions and centralized elements in Annexes 7 - 19.

At the end of the thesis, its general conclusions were presented.

CONCLUZII

Teza tratează un subiect care prezintă o foarte mare importanță și actualitate, respectiv protejarea mediului înconjurător, prin aplicarea unui management al riscului adecvat pentru etapele care trebuie parcurse la finalizarea operațiunilor petroliere onshore.

Exploatarea hidrocarburilor este însoțită, în unele situații, de incidente care produc poluarea solului cu aceste produse. Țițeiul produce o modificare fundamentală pentru o serie de proprietăți ale solului, precum cele fizico-chimice și cele biologice, prin formarea la partea superioară a acestuia a unei pelicule care nu permite circulația apei în sol și schimbul de gaze dintre sol și atmosferă. Această acțiune produce sufocarea rădăcinilor plantelor, element care favorizează procesele de reducere și scade activitatea metabolică a bacteriilor. În situația unei poluări cu țiței la suprafața solului, deplasarea poluantului se realizează descendent, în timp ce, pentru o poluare cu țiței în interiorul solului, deplasarea poluantului este ascendentă.

Industria de petrol și gaze are impact asupra mediului atât prin procesele tehnologice derulate, cât și prin activele oprite din exploatare din motive tehnice și/sau economice, aflate în stare avansată de degradare, pentru care nu au fost luate măsuri privind punerea în siguranță, demontarea și dezafectarea instalațiilor, echipamentelor și utilajelor, valorificarea sau eliminarea deșeurilor rezultate și, după caz, remedierea solului și subsolului și reconstrucția ecologică.

Pentru reducerea impactului asupra mediului se impune promovarea unor tehnologii cât mai nepoluante, management al siguranței în exploatare și post-exploatare, adoptarea unor măsuri de control operațional adecvate și a unor metode și tehnologii de remediere a suprafețelor afectate și aducerea acestora la starea inițială.

Este cunoscut faptul că pentru realizarea măsurilor de remediere, reconstrucție ecologică sunt costuri foarte ridicate. Acesta este motivul pentru care se realizează ierarhizarea siturilor contaminate prin realizarea evaluărilor de risc pentru sănătate și mediu. În funcție de încadrarea nivelului de risc se recomandă aplicarea unor măsuri de remediere, reconstrucție ecologică.

Selectarea unei tehnologii de tratare se realizează prin luarea în considerație a mai multor factori, precum costurile, acceptarea de către părțile interesate, disponibilitatea privind implementarea tehnologiei recomandate.

Pentru situațiile în care se constată că din punct de vedere economic nu mai este benefică exploatarea unui zăcământ de hidrocarburi și titularul concesiunii petroliere intenționează să renunțe la aceasta, trebuie abandonate sondele și dezafectate facilitățile de suprafață aflate în cadrul perimetrului petrolier respectiv. În cadrul procesului de abandonare a sondelor și dezafectare a facilităților, concesionarul trebuie să se asigure că au fost înlăturate toate sursele de

poluare, cu referire directă la poluarea solului și a apei subterane cu elementele chimice aflate în compoziția hidrocarburilor, incluzând aici și elementele care prezintă radioactivitate naturală. În ceea ce privește echipamentele contaminate cu NORM trebuie realizată decontaminarea acestora și totodată decontaminarea solului. Aceste activități includ deșeurile generate în timpul exploatării, dezafectării și decontaminării solului și a echipamentelor. Ulterior, în conformitate cu standardele și cerințele legale aplicabile, se va realiza supravegherea radioactivă a amplasamentului, prin monitorizarea factorilor de mediu. Având în vedere cele prezentate în teză, se consideră că este necesară includerea unei evaluări riguroase privind concentrarea tehnologică ale materialelor radioactive cu apariție naturală (TENORM) în procedurile de evaluare a impactului pentru proiecte noi de investiție (explorare, evaluare și dezvoltare) și de autorizare pentru desfășurarea activităților de producție (exploatare). Acest tip de evaluări trebuie luat în considerare și de activitățile suport pentru explorarea și exploatarea hidrocarburilor, precum facilitățile de tratare și eliminare a apei de zăcământ, stațiile de fluide de foraj, facilitățile de tratare în vederea valorificării sau eliminării deșeurilor rezultate.

Planificarea operațiunilor de dezafectare, prin estimarea duratei de viață a unui zăcământ pe baza declinului natural de producție, reprezintă un sprijin pentru estimarea costurilor necesare a fi suportate în viitor de către titularul concesiunii petroliere, putându-se realiza astfel o bugetare a activităților de dezafectare încă din perioada de exploatare. În acest mod se poate realiza susținerea costurilor cu dezafectarea în perioadele în care finanțarea este limitată.

În același timp, se poate lua în calcul ca la nivel de autoritate competentă în domeniul protecției mediului, să fie stabilite pentru operatorii industriei de petrol și gaze cerințe precum mecanismele unor serii de forme de garanție financiară, ca de exemplu încheierea unor polițe de asigurare, stabilirea de garanții bancare, pentru realizarea obligațiilor de remediere și reconstrucție ecologică în caz de prejudiciere asupra mediului. Aceste tipuri de instrumente financiare ar putea fi necesare pentru situații precum insolvența, falimentul, schimbarea titularului activității, vânzarea pachetului majoritar de acțiuni, vânzarea de active, divizare, fuziune.

Consecințele exploatării și utilizării în mod nerațional a resurselor naturale neregenerabile ale Pământului sunt reprezentate de schimbări climatice, sărăcie, foamete, conflicte armate, migrația populațiilor, deteriorarea ecosistemelor, precum și apariția unor modificări organice și funcționale ale organismului uman. Poluarea reprezintă, de asemenea, unul din factorii relevanți pentru degradarea mediului, prin gama extinsă a activităților umane.

Contribuțiile originale ale autorului tezei pot fi enumerate pe scurt, după cum urmează:

1. Caracterizarea radiologică pentru exploatarea țițeiului, prin evaluarea impactului NORM asupra mediului și populației;

2. Evaluarea impactului NORM asupra mediului pentru exploatarea țițeiului prin aplicarea metodei de apreciere globală a stării de calitate a mediului (metoda Rojanschi);
3. Prezentarea geologiei unei structuri analizate, respectiv modelul geologic, cadrul geologic regional, stratigrafia și litologia și geologia câmpului și a zăcămintelor;
4. Prezentarea unei metode de evaluare a riscului prin analiza arborelui de incident al abandonării operațiunilor petroliere onshore;
5. Prezentarea unei metodologii de management al riscului de mediu la finalizarea lucrărilor petroliere onshore și evidențierea aplicării acestei metodologii prin șase studii de caz pentru operațiunile petroliere de tip onshore;
6. Modelarea poluării solului cu petrol, prin prezentarea unui studiu de caz;
7. Modelarea scurgerii de produs din conducte în funcție de timpul de scurgere, densitatea produsului, diametrul orificiului și presiunea din conductă;
8. Modelarea numerică a curgerii țițeiului prin sol;
9. Analiza contextului organizațional și analiza SWOT a unui producător independent de petrol și gaze din țara noastră.

Principală **limită a cercetării** este reprezentată de faptul că abordarea tezei a cuprins în ceea ce privește exploatarea onshore a hidrocarburilor partea convențională, fără a cuprinde și partea neconvențională, reprezentată de gazul compact (tight gas), gazul natural de mină (coal bed natural gas), gazul de șist (shale gas) și hidrații gazoși (gas hydrate).

Bibliografia a inclus atât referințe naționale, cât și internaționale, în prima parte a tezei, care a cuprins considerații teoretice, fiind sintetizate elementele care au fundamentat partea a doua a lucrării, respectiv contribuțiile personale.

Rezultatele prezentate în cadrul prezentei teze redau preocupările autorului în ceea ce privește monitorizarea factorilor de mediu, interpretarea și modelarea rezultatelor obținute pentru o perioadă de timp de 7 ani, prin care s-a dorit aducerea unei contribuții în ceea ce privește cercetările în domeniul respectiv. Dintre **direcțiile viitoare de cercetare** se pot menționa:

- Implementarea unor rețele integrate de monitorizare a solului pentru zonele cu potențial de contaminare, aspect care poate reprezenta un element de prevenție în ceea ce privește poluarea apelor subterane;
- Implementarea unor sisteme de monitorizare continuă a apelor subterane și alertare în situația în care se constată apariția unei poluări;

- Realizarea unor studii privind sănătatea populației pentru vecinătățile amplasamentelor contaminate NORM;
- Cercetări privind sănătatea și siguranța în exploatare a echipamentelor potențial contaminate cu NORM;
- Cercetări privind dreptul mediului și analiza economico-financiară la finalizarea operațiunilor petroliere;
- Modelarea procesului de abandonare a operațiunilor petroliere de tip onshore, prin prezentarea politicilor de control a poluării mediului pentru operațiunile de explorare, foraj, punere în funcțiune a structurii respective, exploatarea și abandonarea.

BIBLIOGRAFIE

1. Malschi D., *Note de curs: Tehnologii avansate de reconstrucție ecologică și bioremediere a terenurilor degradate*, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca, 2013;
2. Decizia nr. 1386/2013/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 20 noiembrie 2013 privind un Program general al Uniunii de acțiune pentru mediu până în 2020 „O viață bună, în limitele planetei noastre”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=CELEX:32013D1386>;
3. Ordinul 2881 din 2013 planul de refacere a mediului și gestionarea deșeurilor, <https://www.model-de.ro/legislatie/comerciala/ordin-2881-2013-plan-refacere-mediu-gestionare-deseuri.htm#.YHcwIegzZPY>;
4. Oprea R., *Compendiu de pedologie*, Editura Universitară, București 2013;
5. Apostol T., Istrate I., *Ecologizarea solului*, Editura Politehnica Press, București, 2011;
6. Godeanu S. P., *Ecologie aplicată*, Editura Academiei Române, 2013;
7. <https://www.eco-ferma.ro/harta-solurilor-acide-din-romania/>;
8. Minea I., Romanescu Gh., *Hidrologia mediilor continentale. Aplicații practice*, Casa Editorială Demiurg, Iași, 2007;
9. Demeter T., *Geografia solurilor*, Universitatea din București, București, 2009;
10. Bocard Ch., *Marine Oil and Soils Contaminated by Hydrocarbons*, Editions TECHNIP, Paris, 2007;
11. Fingas M., *Handbook of Oil Spill Science and Technology*, John Wiley and Sons, 2015;
12. Scrădeanu D., *Hidraulică subterană (Note de curs)*, Universitatea București;
13. Popescu C., Coloja M. P., *Extracția țițeiului și gazelor asociate*, (vol. I și II), Editura Tehnică, 1993;
14. Ciocăzan Gr., *L'étude des eaux souterraines du bassin hydrographique Gilort*, Geographia Napocensis Anul VII, Nr. 1, 2013;
15. Institutul Geologic Român, *Harta Geologică*, 1968;
16. Gavăt I., *Geologia petrolului și a gazelor naturale*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1964;
17. Niste M.G., *Cercetări privind cultivarea in vitro și reacția la factorii de stres a bacteriilor din genul Rhizobium și Sinorhizobium*, Teză de doctorat, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj Napoca, 2015, <https://www.usamvcluj.ro/files/teze/2015/niste.pdf>;
18. Suciu Gh. C., *Petrochimie, energie, petrol*, Editura Științifică și Enciclopedică, 1980;

19. Ivănuș G., *Istoria petrolului în România*, Editura AGIR, 2004;
20. Boncu Ct. M., *Contribuții la istoria petrolului românesc*, Ed. Academiei R. S. România, 1971;
21. Grecu F., *Hazarde și riscuri naturale*, Editura Universitară, București, 2016;
22. *SR EN ISO/IEC 17025:2018 Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonare.*, <https://www.asro.ro/prezentarea-cerintelor-generale-pentru-competenta-laboratoarelor-de-incercari-si-etalonari-conform-sr-en-iso-iec-170252018/>;
23. Procesul de management al riscului: Etape, scop și metode, <https://rum.mentorbizlist.com/4309661-risk-management-process-stages-purpose-and-methods>;
24. Ilie Gh., *Relația „amenințare / vulnerabilitate – oportunitate / capacitate*, <http://www.revista-alarma.ro/pdf/Relatia%20amenintare%20vulnerabilitate%20%E2%80%93%20oportunitate%20capabilitate.pdf>;
25. Bunget I., *Compendiu de fizică*, Editura Științifică și Enciclopedică București, 1988;
26. Catilina R., Dincă Gh., Burtic T., *Protecția contra radiațiilor nucleare la cercetarea, extracția și prelucrarea substanțelor minerale*, Editura Tehnică, București, 1986;
27. Marcu Gh., Marcu T., *Elemente radioactive. Plouarea mediului și riscurile iradierii*, Editura Tehnică, București, 1996;
28. International Association of Oil&Gas Producers, *Report 412: Managing Naturally Occuring Radioactive Material (NORM) in the Oil and Gas Industry*, 2016;
29. German Commission on Radiological Protection, *Implementation of the dose limit for members of the public for the sum of exposure from all authorised practices*, 2015;
30. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 *laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom*;
31. Sharma P. V., *Environmental and engineering geophysics*, Cambridge University Press, 2002;
32. Petrache M. Șt., *The Environmental Impact of NORM for an Oil and Gas Production Facility*, 2nd International Colloquium Energy and Environmental Protection, 9-11 November 2016, Ploiești, România;
33. International Atomic Energy Agency, *Safety Report Series no. 34: Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry*, 2003;
34. Godeanu S. P., *Ecologie aplicată*, Editura Academiei Române, 2013;

35. Andrei V., Glodeanu F., Chirică T., *Deșeurile radioactive. Mituri și adevăruri*, Asociația Română Energia Nucleară, București, 2003;
36. Petrache M. Șt., *Problemele de mediu asociate activităților de abandonare a sondelor de exploatare hidrocarburi*, BALKANMINE 2015, 20-23 September 2015, Petroșani, România;
37. Comisia Națională pentru Activități Nucleare, *NSR-01 Normele fundamentale de securitate radiologică*, București, 2000;
38. European Commission, *Current practice of dealing with natural radioactivity from oil and gas production in EU Member States*, Final Report, 1997;
39. Conference of Radiation Control Program Directors, Inc, *E-42 Task Force Report: Review of TENORM in the Oil&Gas Industry*, 2015;
40. Koncsag C.I., *Fizico-Chimia Petrolului*, Ovidius University Press, Constanta, 2003;
41. Hagen J., *Industrial Catalysis, A practical approach, second edition*, p.195-207, Wiley-VCH, 2006;
42. Speight J. J., *Petroleum Chemistry and Refining*, Taylor and Francis, 1997;
43. Welther E., Ionescu C., Feyer Ionescu S., Turjanschi Ghionea E., *Hidrofinare. Hidrocracare*, p. 23, Editura Tehnică, București, 1967;
44. Rașeev S., *Conversia hidrocarburilor*, vol.II, Editura Zecasin, București, 1996;
45. Onuțu I., Stănică – Ezeanu D., *Protecția mediului*, Editura UPG 2003. (218 pag.), ISBN 973-8150-90-6;
46. Onuțu I., Jugănaru T., *Poluanți în petrol și petrochimie*, Editura Universității Petrol-Gaze din Ploiești, (150 pag.). ISBN 978-973-719-344-5, 2010;
47. Sanbayar J., Monkhoobor D., Avid B., *Advances in Chemical Engineering and Science*, 2012, 2, p.113-117;
48. Yen T.F., Chilingarian, G. W., *Asphaltenes and asphalts*, 2000, Elsevier;
49. Savu C., Neagoe, S, *Chimia țițeiului greu și combustionat*, Editura Ilex, București, 2001;
50. Albuquerque, M.T.D.; Gerassis, S., Sierra C., Taboada J., Martin J.E., Antunes I.M.H.R., Gallego J.R., *Developing a new Bayesian Risk Index for risk evaluation of soil contamination*. Sci. Total Environ. 2017,603–604, 167–177;
51. Bazlamaççı C.F., Hindi K.S., **Minimum-weight spanning tree algorithms. A survey and empirical study**, Comput. Oper. Res., 28 (2001), pp. 767-785;
52. Aguilera P.A., Fernández A., Fernández R., Rumí R., Salmerón A., **Bayesian networks in environmental modelling**, Environ. Model. Softw., 26 (2011), pp. 1376-1388;
53. Cocârță D. M., Stoian M. A., Karademir A., *Crude Oil Contaminated Sites: Evaluation by Using Risk Assessment Approach*, Sustainability 2017, Vol. 9, No. 8, www.mdpi.com;

54. CCME, 2007. *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health: Summary Tables*. Environment Canada, National Guidelines and Standards Office (No. 1299, ISBN 1-896997-34-1);
55. Avram L., *Elemente de tehnologia forării sondelor*, Ed. Universității Petrol-Gaze din Ploiești, 2011;
56. Karbassi A.R., Abdul M. A., Mahin Abdollahzadeh E., *Sustainability of energy production and use in Iran*. Energy Policy, 35(10): 5171-5180, 2007;
57. Karbassi A. R., Pazoki M., *Environmental qualitative assessment of rivers sediments*. Global J. Environ. Sci. Manage., 1(1): 109-116, 2015;
58. Karbassi A.R., Torabi Kachoosangi F., Ghazban F., Ardestani M., *Association of trace metals with various sedimentary phases in dam reservoirs*. Int. J. Environ. Sci. Tech., 8(4): 841-852, 2011;
59. Lahr J., Kooistra L., *Environmental risk mapping of pollutants: state of the art and communication aspects*. Sci. Total Environ., 408:3899–3907, 2010, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.045>;
60. McDonald K.S., Ryder D.S., Tighe M., *Developing best-practice Bayesian belief networks in ecological risk assessments for freshwater and estuarine ecosystems: a quantitative review*. J. Environ. Manag., 2015, 154, 190–200, 2015;
61. Moen J., Ale B.J.M., *Risk maps and communication*. J. Hazard. Mater. 61, 271–278, 1998;
62. Moen J.E.T., Cornet J.P., Evers C.W.A., *Soil Protection and Remedial Actions: Criteria for Decision Making and Standardization of Requirements*. Proc. 1st Int. TNO Conf. on Contaminated Soil, Utrecht, Netherlands. Martinus Nijhoff, Dordrecht, pp. 441–448, 1985;
63. Monaci F., Bargagli R., *Barium and other tracemetals as indicators of vehicle emissions*. Water Air Soil Pollut, 1997, 100, 89–98, 1997;
64. ORDIN nr. 756 din 3 noiembrie 1997 pentru aprobarea Reglementarii privind evaluarea poluării mediului, <https://biosol.ro/wp-content/uploads/linkuri/ord-756-din-03-11-1997-pentru-aprobarea-Reglementarii-privind-evaluarea-poluării-mediului.pdf>;
65. Turekian K.K.; Wedepohl K.H. *Distribution of some major elements of the Earth's crust*. Geol. Soc. Am. Bull. 1961, 72, 175–192;
66. Nilin J., Moreira L.B., Aguiar J.E., Marins R., Moledo de Souza Abessa D., Monteiro da Cruz Lotufo T., Costa-Lotufo L.V., *Sediment quality assessment in a tropical estuary: The case of Ceará River, Northeastern Brazil*. Mar. Environ. Res. 2013, 91, 89–96;

67. Mohiuddin K.M., Zakir H. M., Otomo K., Sharmin S., Shikazono N., *Geochemical distribution of trace metal pollutants in water and sediments of downstream of an urban river*. Int. J. Environ. Sci. Technol. 2010, 7, 17–28;
68. Pejman A., Nabi Bidhendi G., Ardestani M., Saeedi M., Baghvand A., *A new index for assessing heavy metals contamination in sediments: A case study*. Ecol. Indic. 2015, 58, 365–373;
69. Chai L., Li H., Yang Z., Min X., Liao Q., Liu Y., Men S., Yan Y., Xu J., *Heavy metals and metalloids in the surface sediments of the Xiangjiang River, Hunan, China: Distribution, contamination, and ecological risk assessment*. Environ. Sci. Pollut. Res. 2017, 24, 874–885;
70. Ke X., Gui S., Huang H., Zhang H., Wang C., Guo W., *Ecological risk assessment and source identification for heavy metals in surface sediment from the Liaohe River protected area, China*. Chemosphere 2017, 175, 473–481;
71. Wang Y., Hu J., Xiong K., Huang X., Duan S., *Distribution of Heavy Metals in Core Sediments from Baihua Lake*. Procedia Environ. Sci. 2012, 16, 51–58;
72. Alyazichi, Y.M., Jones B.G., McLean E., Pease J., Brown H., *Geochemical Assessment of Trace Element Pollution in Surface Sediments from the Georges River, Southern Sydney, Australia*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2017, 72, 247–259;
73. Ma L., Yang Z., Li L., Wang L., *Source identification and risk assessment of heavy metal contaminations in urban soils of Changsha, a mine-impacted city in Southern China*. Environ. Sci. Pollut. Res. 2016, 23, 17058–17066;
74. LEGE nr. 458 din 8 iulie 2002 (**republicată**) privind calitatea apei potabile, <http://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/37723>;
75. LEGE nr. 246 din 10 noiembrie 2020 privind utilizarea, conservarea și protecția solului, <http://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/232879>;
76. Anastasiu B. V., Purcel A., *Practica extracției țițeiului*, Editura Tehnică, 1971;
77. Rojanschi V., Grigore F., Ciomoș V. *Ghidul evaluatorului și auditorului de mediu*, Editura Economică, București, 2008;
78. Nicolescu N., *Intervenții, reparații și probe de producție la sonde*, Editura Didactică și Pedagogică, 1985;
79. Frank E.J., *Evaporation of water with emphasis on applications and measurements*, CRC Press, Reissued 2018;
80. Koch A. L., Robinson A. J., Milliken A. G., *Mathematical modeling in microbial ecology*, Springer Link, 1998;

81. *** European Commission, *Study on the assessment and management of environmental impacts and risks resulting from the exploration and production of hydrocarbons - Final Report*, ISBN 978-92-79-62747-7, doi:10.2779/786860, 2016.