



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

**CERCETĂRI PRIVIND TRATAREA APEI REZULTATE ÎN URMA
EXPLOATĂRII UNUI ZĂCĂMÂNT DE PETROL, ÎN SCOPUL
STABILIRII METODELOR DE REINTRODUCERE A ACESTEIA ÎN
CIRCUITUL NATURAL**

Autor: ing. MARINESCU (Bădică) Carmen- Matilda

Conducător științific: conf. Dr. ing. habil. CHIȘ Timur Vasile

Ploiești 2021



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

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND TRATAREA APEI REZULTATE ÎN URMA
EXPLOATĂRII UNUI ZĂCĂMÂNT DE PETROL, ÎN SCOPUL
STABILIRII METODELOR DE REINTRODUCERE A ACESTEIA ÎN
CIRCUITUL NATURAL**

**RESEARCH REGARDING THE TREATMENT OF WATER
RESULTING FROM THE EXPLOITATION OF AN OIL DEPOSIT,
WITH THE PURPOSE OF ESTABLISHING THE METHODS OF ITS
REINTRODUCTION INTO THE NATURAL CIRCUIT**

Autor: ing. MARINESCU (Bădică) Carmen- Matilda

Conducător științific: conf. dr. ing. habil. CHIȘ Timur Vasile

Nr. Decizie 132 din 16.02.2021

Comisia de doctorat:

Președinte	Prof. univ. habil. dr. ing. DINU Florinel	de la	Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești
Conducător științific	conf. dr. ing. habil. CHIȘ Timur Vasile	de la	Universitatea Ovidius din Constanța
Referent oficial	Prof. univ. dr. ing. AVRAM Lazăr	de la	Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești
Referent oficial	Prof. univ. dr. ing. NEUNER Johan	de la	Universitatea Tehnică de Construcții din București
Referent oficial	Prof. univ. dr. ing. PETRESCU Valentin Dan	de la	Universitatea Lucian Blaga din Sibiu

Ploiești 2021

**MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA PETROL - GAZE DIN PLOIEȘTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL: ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT: MINE, PETROL ȘI GAZE**

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND TRATAREA APEI REZULTATE ÎN
URMA EXPLOATĂRII UNUI ZĂCĂMÂNT DE PETROL,
ÎN SCOPUL STABILIRII METODELOR DE REINTRODUCERE
A ACESTEIA ÎN CIRCUITUL NATURAL**

Conducător științific: Conf. dr. ing. Timur-Vasile Chiș

Doctorand: ing. MARINESCU (Bădică) S.I. Carmen Matilda

**PLOIEȘTI
- 2020 -**

CUPRINS

INTRODUCERE		7
PARTEA I DATE TEORETICE		12
CAPITOLUL 1 NOȚIUNI GENERALE DESPRE APELE DE ZĂCĂMÂNT		13
1.1.	Poluarea ca factor perturbant al mediului ambiant	13
1.2.	Principalii agenți poluanți din apele de zăcământ	14
1.3.	Tehnologii de ameliorare a calității apelor de zăcământ în vederea reutilizării acestora	16
CAPITOLUL 2 STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL TRATĂRII APELOR DE ZĂCĂMÂNT		18
2.1.	Istoricul cercetării prezenței apelor de zăcământ	18
2.2.	Stadiul actual al cercetărilor în domeniul modelării tratării apelor de zăcământ	20
CAPITOLUL 3 PROVENIENȚA APEI DE ZĂCĂMÂNT		21
3.1.	Proprietățile apelor de zăcământ	21
3.1.1.	Densitatea	21
3.1.2.	Vâscozitatea	25
3.1.3.	Tensiunea superficială	27
3.1.4.	Căldura specifică	28
3.1.5.	Căldura latentă	29
3.1.6.	Conductivitatea termică	31
3.2.	Proveniența apei de zăcământ	33
3.2.1.	Ape contaminate nemineralizate	33
3.2.2.	Ape mineralizate separate din petrol sau asociate petrolului	34
3.2.3.	Apa provenită din zăcămintele de hidrocarburi gazoase	37
CAPITOLUL 4 MODELAREA DINAMICĂ A PROCESELOR DE EPURARE A APELOR UZATE		39
4.1.	Dinamica unui bazin de egalizare	39
4.2.	Transportul de metale grele și sedimente în apă	40
4.3.	Curbele clasice de oxigen Streeter - Phelps	42
4.4.	Degradarea biochimică a oxigenului și dizolvarea oxigenului în apa unui râu	44
4.5.	Sistemul rezervorului cu agitare continuă al nămolului activ (ASCSTR)	46
4.6.	Transportul unidimensional al soluției prin sol	48
4.7.	Bioremedierea particulelor solului	51

CAPITOLUL 5 METODE DE TRATARE		54
5.1.	Date introductive	54
5.2.	Metode fizice	54
5.2.1.	Separator gravitațional	54
5.2.2.	Separatorul „API”	55
5.2.3.	Skimmer	56
5.2.4.	Separator plan înclinat	56
5.2.5.	Separatoare plane ondulat (orizontale, sinusoidale)	56
5.2.6.	Separatoare centrifugale	57
5.2.7.	Hidrocicloane	57
5.2.8.	Centrifuge	58
5.2.9.	Separatoare cu emulsie	59
5.3.	Instalații industriale de tratare a apelor de zăcământ	60
5.3.1.	Celula de flotare	60
5.3.2.	Studiul de caz - tratarea apelor în OIL TERMINAL	65
5.3.3.	Fluxul tehnologic de principiu pentru epurarea avansată a apelor reziduale	65
5.3.4.	Separatoare gravitaționale îmbunătățite	67
5.3.5.	Metoda separării prin epurare prin membrane	68
PARTEA II CONTRIBUȚII PROPRII		70
CAPITOLUL 6 EFECTUL APELOR DE ZĂCĂMÂNT ASUPRA INSTALAȚIILOR PETROLIERE		71
6.1.	Efectul corosiv al apelor de zăcământ asociate țițeiului	71
6.2.	Modelarea procesului de coroziune datorat apelor de zăcământ	76
6.2.1.	Metoda de determinare utilizată și materiale	77
6.2.2.	Analiza datelor obținute	77
6.3.	Comportarea apei libere din rezervoarele de țiței și a țițeiului la încălzirea apei	82
CAPITOLUL 7 EVALUAREA RISCURILOR ȘI ANALIZA SWOT A COMPANIILOR NAȚIONALE PETROLIERE		86
7.1.	Cadrul legislativ privind infrastructurile critice naționale/ europene	86
7.1.1.	Legislația europeană	86
7.1.2.	Legislația națională	86
7.1.3.	Sectoarele industriale aferente infrastructurilor critice naționale	86
7.1.4.	Sectoarele industriale aferente infrastructurilor critice europene	87
7.1.5.	Riscuri privind infrastructurile critice	88
7.1.6.	Tipologia pericolelor și riscurilor privind infrastructurile critice	88
7.1.7.	Dinamica pericolelor și riscurilor privind infrastructurile critice	90
7.1.8.	Securitatea energetică	90
7.2.	Evaluare riscuri separator trifazic	91
7.3.	Evaluare riscuri rezervor	97
7.4.	Evaluare riscuri conductă colectoare petrol	102
7.5.	Evaluare riscuri conductă colectoare gaze naturale	107
7.6.	Evaluare riscuri conductă colectoare apă de zăcământ	113

7.7.	Analiza SWOT a companiilor naționale petroliere	119
7.7.1.	ROMGAZ	119
7.7.2.	OMV PETROM	120
7.7.3.	OIL TERMINAL	121
7.7.4.	CONPET	122
7.7.5.	TRANSGAZ	124
CAPITOLUL 8		
TRATAREA APELOR PRIN MEMBRANE CERAMICE		126
8.1.	Studiul metodei separării prin filtrare, Studiul experimental al instalației MultiBrain CFU008/012 Pilot Unit	126
8.2.	Prezentare instalației de filtrare cu membrană ceramică	126
8.3.	Optimizarea procesului de filtrare	128
8.4.	Calcul eficiență instalație filtrare	130
8.5.	Modelarea numerică a procesului de epurare a apelor	132
8.5.1.	Modelul numeric propus	134
8.5.2.	Rezultatele modelării	136
8.6.	Proceduri efectuate pentru îmbunătățirea apei de injecție din zăcămintul ALPHA - Studiu de caz	139
8.7.	Tratarea apei rezultate în urma exploatării zăcămintului ALPHA	140
CONCLUZII		143
BIBLIOGRAFIE		145
ANEXE		150
LISTA ABREVIERILOR		164
LISTA FIGURILOR		166
LISTA TABELELOR		168
LISTA ARTICOLELOR ȘI LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE ÎN URMA CERCETĂRII DOCTORALE		171
CĂRȚI PUBLICATE		173

IMPORTANȚA ȘI NECESITATEA TEMEI

Importanța temei

Lucrarea tratează o temă mai puțin cunoscută și anume tratarea apei rezultate în urma exploatarea unui zăcământ de petrol, atingând subiecte de mare actualitate precum analiza proprietăților fizico-chimice a acestora precum și modelarea fenomenelor de tratare și evaluare a decontaminării pentru utilizarea în alte procese petroliere.

Tema prezintă problematica apei din industria petrolieră, apa care poate sa devina un factor de poluare pentru mediu.

Necesitatea temei

Tratarea pentru obținerea unei apei suficient de pure/ curate pentru a putea fi reinjectată în strat poate fi o adevărată provocare. Luând în considerare principalele impurități ce se regăsesc în apa de producție, procesul de tratare se va axa pe separarea emulsiei țitei/apă și pe îndepărtarea solidelor și a țiteiului aflate în suspensie. În plus, pot fi necesare și diverse metode de tratare chimică pentru a asigura controlul corosiunii, formarea crustelor și activității bacteriene.

Tema descrie structura sistemelor de petrol si gaze precum si modul de elaborare a strategiei de securitate a infrastructurilor critice aferente sectorului energetic, apa de zăcământ și sistemele de transport prin conducte.

Noutățile aceste teze de doctorat constau în:

- subiecte de mare actualitate precum analiza proprietăților fizico-chimice a acestora precum și modelarea fenomenelor de tratare și evaluare a decontaminării pentru utilizarea în alte procese petroliere;
- modul de elaborare a tratării apei de zăcământ;
- strategia de securitate a infrastructurilor critice.

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 tratării apei și al securității infrastructurilor critice, pentru:
 - conceptualizarea sistemului și fundamentarea teoretică a modelelor utilizate;
 - elaborarea metodologiei de evaluare a riscurilor și tratarea apei de zăcământ.

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Am structurat teza de doctorat în **172** pagini corespunzătoare celor **8** capitole, **8** anexe, **73** figuri, **95** tabele și **79** referințe bibliografice.

Partea întâi a tezei de doctorat este dedicată datelor teoretice.

Partea a doua a tezei de doctorat reflectă contribuțiile proprii.

Prima parte a tezei de doctorat este structurată pe 5 capitole, după cum urmează:

În Capitolul 1 am prezentat noțiunile generale despre apa de zăcământ, și anume:

- ✓ poluarea ca factor perturbant al mediului ambiant;
- ✓ principalii agenți poluanți din apele de zăcământ;
- ✓ tehnologii de ameliorare a calității apelor de zăcământ în vederea reutilizării acestora.

Problema apelor poluate prezintă un important caracter interdisciplinar ce implică o multitudine de competențe de diferite naturi, cum ar fi:

- ✓ ambientală, pentru evaluarea riscului contaminării apelor de suprafață, subsolului, apelor subterane, atmosferei, cât și pentru aplicarea metodelor de remediere;
- ✓ tehnologică, pentru alegerea tehnologiilor de remediere adecvate și pentru definirea parametrilor de proces;
- ✓ juridică, pentru definirea competențelor și responsabilităților legislative;
- ✓ economică, în vederea cunoașterii și comparării costurilor economice ale diferitelor tehnologii de remediere.

Poluarea este un fenomen complex cu următoarele caracteristici:

- ✓ poluarea crește datorită creșterii numerice a omenirii, creșterii necesităților umane și dezvoltării de noi tehnologii;
- ✓ creșterea poluării este exponențială cu factorii care o generează;
- ✓ limitele admisibile ale poluării nu se cunosc, deoarece nu cunoaștem capacitatea de suport a ecosferei;
- ✓ există o tendință generală de subestimare a efectelor poluării, cauzele fiind multiple: costul ridicat, ignoranța, întârzierea în apariția efectelor ecologice ale poluanților.

Principalii agenți poluanți din apele de zăcământ sunt:

- ✓ substanțele chimice: petrol, țiței, gaze; metale grele (Zn, Pb, Cd, Hg), substanțe organice;
- ✓ factorii fizici: izotopi radioactivi; căldură;
- ✓ factorii biologici: germeni patogeni și alte microorganisme.

Complexitatea procedeelelor industriale, coexistența în aceeași unitate a unor tehnologii uneori foarte diferite, variabilitatea debitelor de ape de zăcământ și a concentrațiilor substanțelor impurificatoare, face ca procesele de epurare a apelor să prezinte o mare diversitate.

Din acest motiv, nu există o tehnologie unică pentru epurarea apelor uzate ci există mai multe trepte (etape) de tratare prin care se elimină substanțele nocive din apă, după cum urmează:

- ✓ treapta mecanică – constă în eliminarea din apele de zăcământ a corpurilor care plutesc sau pot fi aduse în stare de plutire. În treapta de epurare mecanică se rețin suspensiile grosiere și cele fine cu ajutorul grătarelor, sitelor, deznisipatoarelor și decantoarelor;
- ✓ treapta chimică sau fizico-chimică acționează pentru eliminarea impurităților majore din apele uzate. Pentru aceasta se recurge la coagulare-floculare, transformarea elementelor toxice în compuși greu solubili prin precipitare, oxidarea în compuși netoxici, reținerea prin adsorbție, schimb ionic etc.;

- ✓ treapta biochimică este adecvată apelor reziduale cu un conținut ridicat de substanțe organice (grăsimi, proteine, zaharuri etc.).

În Capitolul 2 stadiul actual al cercetărilor în domeniul tratării apelor de zăcământ.

În acest capitol am dezbătut atât istoricul cercetării prezenței apelor de zăcământ, cât și stadiul actual al cercetărilor în domeniul modelării tratării apelor de zăcământ.

În Capitolul 3 am descris proveniența apei de zăcământ cu ajutorul:

- ✓ Proprietăților apelor de zăcământ, și anume:
 - densitatea:
 - densitatea apei;
 - densitatea apei pure;
 - densitatea lichidelor alcătuite din componenți puri;
 - densitatea lichidelor alcătuite din amestecuri de componenți;
 - influența presiunii asupra densității;
 - coeficientul de dilatare volumetrică izobară a lichidelor;
 - densitatea apei și a aburului;
 - vâscozitatea:
 - vâscozitatea dinamică;
 - vâscozitatea cinematică ;
 - tensiunea superficială;
 - căldura specifică;
 - căldura latentă;
 - conductivitatea termică;
- ✓ Provenienței apei de zăcământ, și anume:
 - ape contaminate nemineralizate;
 - ape mineralizate separate din petrol sau asociate petrolului;
 - apa provenită din zăcămintele de hidrocarburi gazoase.

În Capitolul 4 am prezentat modelarea dinamică a proceselor de epurare ape uzate, prin:

- ✓ dinamica unui bazin de egalizare;
- ✓ transportul de metale grele și sedimente în apă;
- ✓ curbele clasice de oxigen Streeter - Phelps;
- ✓ degratarea biochimică a oxigenului și dizolvarea oxigenului în apa unui râu;
- ✓ sistemul rezervorului cu agitare continuă al nămolului activ (ASCSTR);
- ✓ transportul unidimensional al soluției prin sol;
- ✓ bioremedierea particulelor solului.

În Capitolul 5 am descris metodele de tratare ale apei de zăcământ, cu ajutorul:

- ✓ datelor introductive;
- ✓ metodelor fizice, și anume:
 - separator gravitațional;
 - separatorul „API”;
 - separatorul Skimmer;
 - separator plan înclinat;
 - separatoare plane ondulat (orizontale, sinusoidale);

- separatoare centrifugale;
- hidrocicloane;
- centrifuge;
- separatoare cu emulsie;
- ✓ instalațiilor industriale de tratare a apelor de zăcământ, prin:
 - celula de flotație;
 - studiul de caz-tratarea apelor în OIL TERMINAL;
 - fluxul tehnologic de principiu pentru epurarea avansată a apelor reziduale;
 - separatoare gravitaționale îmbunătățite;
 - metoda separării prin epurare prin membrane.

Partea a doua a tezei de doctorat este structurată pe 3 capitole, astfel:

prin: **În Capitolul 6** am prezentat efectul apelor de zăcământ asupra instalațiilor petroliere,

- ✓ efectul corosiv al apelor de zăcământ asociate țițeiului;
- ✓ modelarea procesului de coroziune datorat apelor de zăcământ, și anume:
 - metoda de determinare utilizată și materiale;
 - analiza datelor obținute;
- ✓ comportarea apei libere din rezervoarele de țiței și a țițeiului la încălzirea apei.

În Capitolul 7 am descris evaluarea riscurilor tehnice și analiza SWOT a companiilor naționale petroliere, și anume:

- ✓ cadrul legislativ privind infrastructurile critice naționale/europene, prin legislația europeană, prin:
 - legislația națională;
 - sectoarele industriale aferente infrastructurilor critice naționale;
 - sectoarele industriale aferente infrastructurilor critice europene
 - riscuri privind infrastructurile critice;
 - tipologia pericolelor și riscurilor privind infrastructurile critice;
 - dinamica pericolelor și riscurilor privind infrastructurile critice;
 - securitatea energetică;
- ✓ evaluare riscuri separator trifazic;
- ✓ evaluare riscuri rezervor;
- ✓ evaluare riscuri conductă colectoare petrol;
- ✓ evaluare riscuri conductă colectoare gaze naturale;
- ✓ evaluare riscuri conductă colectoare apă de zăcământ;
- ✓ analiza SWOT a companiilor naționale petroliere, și anume:
 - ROMGAZ;
 - OMV PETROM;
 - OIL TERMINAL;
 - CONPET;
 - TRANSGAZ.

În Capitolul 8 am prezentat tratarea apelor prin membrane ceramice, prin:

- ✓ studiul metodei separării prin filtrare;
- ✓ studiul experimental al instalației MultiBrain CFU008/012 pilot unit;
- ✓ prezentare instalație de filtrare cu membrană ceramică;
- ✓ optimizarea procesului de filtrare;
- ✓ calcul eficiență instalație filtrare;
- ✓ modelarea numerică a procesului de epurare a apelor, și anume:
- ✓ modelul numeric propus;
- ✓ rezultatele modelării.
- ✓ proceduri efectuate pentru îmbunătățirea apei de injecție din zăcământul ALPHA - Studiu de caz;
- ✓ tratarea apei rezultate în urma exploatării zăcământului ALPHA.

În ANEXA 1 – „Parametrii zăcământului și a apei de zăcământ” am prezentat parametrii actuali ai zăcământului și parametrii actuali ai apei de zăcământ.

În ANEXA 2 – „Indicatori chimici generali ai apelor de suprafață” am prezentat indicatorii și valorile admise ale apelor de suprafață.

În ANEXA 3 – „Concentrațiile admise pentru substanțele indicatoare a poluării apei” am prezentat substanța, concentrații maxime admisibile și limita excepțională ale poluării.

În ANEXA 4 – „Proprietățile fizice ale apei pure în funcție de temperatură” am prezentat temperatura, densitatea, vâscozitatea dinamică, vâscozitatea cinematică, tensiunea superficială, entalpia și căldura latentă specifică de vaporizare.

În ANEXA 5 – „Infrastructura companiei TRANSGAZ” am prezentat infrastructura companiei Transgaz.

În ANEXA 6 – „infrastructura companiei OIL TERMINAL S.A. Constanța” am prezentat infrastructura companiei Oil Terminal S.A.

În ANEXA 7 – „Infrastructura companiei CONPET S.A.” am prezentat infrastructura companiei Conpet S.A.

În ANEXA 8 – „Infrastructura companiei ROMGAZ” am prezentat infrastructura companiei Romgaz.

CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE

De regulă, acumulările de hidrocarburi sunt însoțite de o cantitate de apă aflându-se în echilibru cu aceasta, aflându-se atât în zona productivă (apă ireductibilă), cât și în zona alăturată zonei productive (acviferul).

În diferite domenii ale științelor particulare avem de a face cu diverse tipuri particulare de interacțiuni. Este necesară introducerea, clarificarea și definirea acestor tipuri particulare de interacțiuni și efectele pe care le pot produce acestea în sistemele studiate de știința respectivă.

Cele mai importante caracteristici fizice ale apei naturale sunt:

- ✓ temperatura;
- ✓ densitatea;
- ✓ conținutul de substanțe solide;
- ✓ vâscozitatea;
- ✓ tensiunea superficială;

- ✓ presiunea vaporilor;
- ✓ puterea calorică;
- ✓ conductivitatea termică;
- ✓ căldura specifică.

Transferul de masă se ocupă de fenomenele și legile de separare ale amestecurilor omogene prin difuzie.

În transferul de masă se folosesc două modalități principale de exprimare a compoziției fazelor, și anume:

- ✓ sub formă de fracții (molare, de masă, volumice);
- ✓ sub formă de rapoarte (molare, de masă, volumice).

Calitatea apei de injecție este primul pas în alegerea echipamentului de tratare.

Parametrii de calitate ai injecției de apă trebuie să fie selectați în proiectarea ingineriei rezervoarelor în corelație cu tipul injecției (deasupra sau sub presiunea de fractură) și proprietățile depozitului.

Apa tratată nu este stabilă (conținutul de particule în suspensie și dimensiunea acestora cresc în timp), fie din cauza precipitării hidroxidului de fier, a carbonatului de calciu, a sulfurii de fier, fie din cauza activității bacteriene. Tratarea cu coagulant/floculant poate produce o înlăturare semnificativă, dar nu suficientă a suspensiilor și a țiteiului, dar cu consum mare de chimicale specifice.

Se obține o reducere a consumului de chimicale dacă se reduce conținutul de țitei din apa de intrare prin flotare. Un filtru eficient cu spălare inversă este obligatoriu pentru efectuarea tratamentului cu coagulant/floculant. Apa produsă în momentul de față conține destule particule în suspensie și țitei pentru a înfunda o formațiune productivă după o perioadă scurtă de injecție.

Reducerea conținutului de țitei din apa produsă poate fi obținută cu o treaptă de flotare, fie cu gaz dizolvat sau îndus. Eficiența flotării este influențată de vâscozitatea țiteiului (ar trebui să fie cât mai mică posibil), de diferența de densitate dintre țitei și apă (pe cât mai mare posibil), tensiunea interfacială țitei/apă, sarcina electrică de suprafață a picăturilor de ulei (ar trebui să fie 0 sau aproape de 0). Temperatura apei ar trebui să fie peste punctul de congelare al țiteiului. Sarcina electrică de suprafață (potențial Zeta) și tensiunea interfacială pot fi modificate în direcția dorită de către unele chimicale cum ar fi agenții tensioactivi cationici și polimerii de tip polielectrolit.

Concentrația particulelor în suspensie și a țiteiului **NU** sunt în corelație directă cu viteza de filtrare. În urma analizelor chimice ale apelor, țiteiului și rezervoarelor din PETROMAR, se constată dependența compoziției chimice de apa de injecție (cazul PETROMAR) sau de apa din atmosferă (cazul apelor din rezervor). Se constată prezența unor mușegaiuri în apele din rezervor (apa din țiteiul depozitat peste 1 an și în contact cu atmosfera). Apele din rezervoare depășesc limitele admise pentru a fi evacuate în emisar. Pentru a limita orice comunicare cu apele din atmosferă, țiteiurile trebuie depozitate în rezervoare închise sub presiune.

Este foarte periculos fenomenul de încălzire al apei (se observă o evaporare până la temperatura de 40° C, în prima parte a 0.19 % - coeficient de pierdere - la apa pură și 2.67 % în cazul apelor mineralizate-datorită antrenării din apă și a compușilor de fier, calciu, etc.).

De asemenea, peste temperatura de 100 °C, pierderile totale sunt de 0,82 % pentru apa pură și de 8.28 % în cazul apelor mineralizate. Instalația de filtrare cu membrană ceramică reușește să asigure o tratare a apei de zăcământ de peste 90 %.

Ecuatiile realizate de mine oferă posibilitatea de automatizare a procesului astfel încât în soft-ul de simulare să se poată introduce datele de intrare și să se analizeze permanent datele de ieșire.

O variație de 10 % a datelor de intrare (adică un debit de 4,719 m³/h) va impune un debit de ieșire al apei curate de 4,24 m³/h și al apei cu impurități de 0,44 m³/h. Datele simulate sunt conforme cu capacitatea instalației de prelucrare.

Pentru confirmarea ecuațiilor am simulat și în soft-ul DWSIM o instalație realizată cu membrana ce respectă ecuația descrisă. Așa cum putem observa, modelul matematic simulat pe DWSIM ne indică o eficiență a tratării apei de 86 % prin membrane.

Analizele microbiologice arată cantități semnificative de microorganisme în apa rezultată exploatarea zăcământului ALPHA. Tratamentul ar trebui să includă chimicale specifice controlului bacteriilor, în special SRB.

Gazul de ieșire din flotare ar trebui să fie ars din cauza conținutului de VOC (compuși organici volatili). Apa cu tendință de depunere a crustelor va avea nevoie de un gaz de flotare cu conținut ridicat de CO₂. Tratamentul cu coagulant/floculant poate fi adăugat mai târziu, dacă țiteiul și suspensiile sunt încă în cantitate mare în apa de ieșire de la celulele de flotare.

Acest tratament este mai scump ca flotarea și poate produce apă curată, dar cu prețul producerii de șlam. Tratamentul necesită dozarea anterioară a CO₂ sau a altui acid în apa cu conținut ridicat de bicarbonat. În urma acțiunii de separare alături de apa din gaze, se separă și anumite hidrocarburi ce se găsesc sub formă lichidă, care trebuie recuperate și dirijate spre instalațiile de fracționare. Investigațiile pentru tratarea apei implică costuri ridicate, echipamente aprobate și personal autorizat.

Rezultatele cercetării pot fi de asemenea utilizate în cazuri similare.

Contribuții originale

Contribuțiile personale în domeniul menționat includ atât aspecte teoretice, cât și practice. În cadrul prezentei teze de doctorat am efectuat studiul de caz privind tratarea apelor prin membrane ceramice.

Am prezentat efectul apelor de zăcământ asupra instalațiilor petroliere, modelând procesul de coroziune.

Am descris evaluarea riscurilor tehnice și analiza SWOT a companiilor naționale petroliere.

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

Îmbunătățirea metodelor de tratare a apei rezultate în urma exploatarea unui zăcământ de petrol, în scopul stabilirii metodelor de reintroducere a acestora în circuitul natural și creșterea nivelului de siguranță și securitate al parcurilor de tratare.

Am făcut o analiză ținând seama de identificarea, evaluarea și minimizarea riscurilor industriale aferente separatorului trifazic, rezervorului și conductelor colectoare de țitei, gaze și apă de zăcământ prin cele 5 scenarii de risc privind avariile tehnice și atacuri teroriste.

În cadrul tezei am evidențiat factorii care influențează integritatea separatorului trifazic, rezervorului și conductelor colectoare de țitei, gaze și apă de zăcământ, și anume: starea precară a separatoarelor trifazice; și anume: lipsa investițiilor, lipsa reviziilor la echipamentele aferente parcurilor de tratare, neretehnologizarea parcurilor de tratare, configurația greșită a parcurilor de tratare, configurația greșită a parcurilor de tratare, manevre greșite efectuate de personalul operativ, lipsa personalului operativ specializat și/sau instruit, personal nespecializat pe timp de criză, lipsa procedurilor de lucru pe timp de criză, lipsa și/sau nerespectarea/necunoașterea procedurilor naționale în caz de avarie tehnică, lipsa instruirii în domeniul Managementul Riscului.

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

Am efectuat analiza riscurilor separatorului trifazic, rezervorului și conductelor colectoare de țiței, gaze și apă de zăcământ prin:

- ✓ Identificarea Scenariului de Risc 1: Avarie Tehnică A Separatorului Trifazic
- ✓ Identificarea Scenariului de Risc 2: Atac Terorist Asupra Rezervorului.
- ✓ Identificarea Scenariului de Risc 3: Avarie Tehnică A Conduței Colectoare De Petrol.
- ✓ Identificarea Scenariului de Risc 4: Avarie Tehnică A Conduței Colectoare De Gaze.
- ✓ Identificarea Scenariului de Risc 5: Avarie Tehnică A Conduței Colectoare De Apă De Zăcământ.
- ✓ Evaluarea Scenariului de Risc 1: Avarie Tehnică A Separatorului Trifazic
- ✓ Evaluarea Scenariului de Risc 2: Atac Terorist Asupra Rezervorului.
- ✓ Evaluarea Scenariului de Risc 3: Avarie Tehnică A Conduței Colectoare De Petrol.
- ✓ Evaluarea Scenariului de Risc 4: Avarie Tehnică A Conduței Colectoare De Gaze.
- ✓ Evaluarea Scenariului de Risc 5: Avarie Tehnică A Conduței Colectoare De Apă De Zăcământ.
- ✓ Interpretarea Scenariului de Risc 1: Avarie Tehnică A Separatorului Trifazic
- ✓ Interpretarea Scenariului de Risc 2: Atac Terorist Asupra Rezervorului.
- ✓ Interpretarea Scenariului de Risc 3: Avarie Tehnică A Conduței Colectoare De Petrol.
- ✓ Interpretarea Scenariului de Risc 4: Avarie Tehnică A Conduței Colectoare De Gaze.
- ✓ Interpretarea Scenariului de Risc 5: Avarie Tehnică A Conduței Colectoare De Apă De Zăcământ.

Efectuarea analizei SWOT a companiilor Naționale Petroliere:

- ✓ ROMGAZ.
- ✓ OMV PETROM.
- ✓ OIL TERMINAL.
- ✓ CONPET.
- ✓ TRANSGAZ.

Limite ale studiului

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

- ✓ abordarea;
- ✓ identificarea;
- ✓ evaluarea;
- ✓ interpretarea cercetărilor efectuate;
- ✓ evaluarea și interpretarea nivelurilor de risc studiate asupra unui parc de tratare.

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 companiilor Naționale Petroliere;
- ✓ 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 gazelor naturale;
 - știindu-se faptul că anumite aparate și echipamente din cadrul infrastructurilor critice (rezervoare) pot fi țintă unor atacuri teroriste (atac cu bombă/atac cibernetic);
 - efectele tratării necorespunzătoare a apei de zăcământ;
 - metode îmbunătățite de tratare a apei de zăcământ;
 - perspectiva necesară aprofundării cercetărilor prin analize cantitative detaliate care să rafineze rezultatele atinse în prezenta teză de doctorat.

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 asupra metodelor de tratare a apei de zăcământ;
- ✓ continuarea studiilor ce abordează aspecte semnificative din cercetarea *mediului de securitate* la fiecare proprietar și operator de infrastructuri critice, deficitare pe plan național;
- ✓ *cercetarea mediului 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 percep mediul de securitate în cadrul proprietarului și operatorului de infrastructură critică în scopul:
 - prevenirii;
 - combaterii;
 - eliminării vulnerabilităților;
 - pericolelor;
 - amenințării la adresa parcurilor de tratare.

BIBLIOGRAFIE

1. ***Technical Data Book- Petroleum Refining, A.P.I., New York ,1966;
2. A. G. Worthing; J. Geffner- Prelucrarea datelor experimentale, Editura Tehnică, București 1959;
3. A. M. Marinov – Hidrodinamica Apelor Subterane, Ed. Printech, 2000;
4. Adelaida Mihaela Duinea – Transfer de căldură și Masă, Suport de Curs;
5. Alexandru Dobrovicescu - Bazele termodinamicii tehnice I -Elemente de termodinamică tehnică - Editura Politehnica Press București, 2009,
6. American Petroleum Institute, Design and Operation of Oil-Water Separators, Publication 421, Publishing, American Petroleum Institute, Washington D.C.,1990;
7. Baker, S., Baker, K, Campbell, G.M. Project Management, third edition, ALPHA, USA, 2003,
8. Bădică Marius-Nicolae; **Carmen-Matilda Marinescu (Bădică)**; Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela -"Methodology for the analysis of industrial risks which indicate dangerous substances", Petroleum- Gas University of Ploiești, Bulletin Technical series, Vol. LXXI, Nr.2/2019, pag.63-73;
9. Bădică Marius-Nicolae; **Carmen-Matilda Marinescu (Bădică)**; Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela -"Analysis with finite element, mef, seismic action for air conditions for natural gas transport", 610th International conferences on Engineering and Natural Science (ICENS) Moscow, Russian Federation 10th - 11th May, 2019, în curs de publicare;
10. Bădică Marius Nicolae, **Bădică Carmen- Matilda.**, Managementul riscurilor oleoductelor/gazoductelor și îmbunătățirea calității apei de zăcământ, Petroșani, Editura Universitas, 2019.
11. C. Taran, C. Stratula - Procese difuzionale de separare, vol I., IPG Ploiesti, 1979;
12. C.I. Koncsag - Procese de transfer de masa in sistem lichid-vapori, Ed.Virom Constanta, 2004;
13. **Carmen Matilda Bădică**, Tudora Cristescu, Marius Nicolae Badica, Nicoleta Mihaela Goidescu, Cristina Venera Maria Jugastreanu- " Treatment of water resulting from oil exploitation by flocculation - case study ", 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO - SGEM 2019, , Conference proceedings VOLUME 19, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Issue: 1.3, 30 June-6 July, 2019, Albena, Bulgaria, pag: 963- 969; <https://doi.org/10.5593/sgem2019/1.3>;
14. **Carmen-Matilda (Bădică) Marinescu** – Lucrare de disertație – Eliminarea țițeiului și particulelor solide din apa de injecție, Ploiești, 2016;
15. **Carmen-Matilda Marinescu (Bădică)**; Cristescu Tudora; Silvian Suditu; Monica Emanuela Stoica; Bădică Marius-Nicolae; Georgescu (Jugăstreanu) Cristina Venera Maria, Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela -"Removal of crude oil from the water in order to reinject it into wells by heating", Petroleum-Gas University of Ploiești BULLETIN TECHNICAL Series, Vol. LXXI, Nr.2/2019, pag.23-28;
16. Coroian-Stoicescu, C. Bazele managementului. Editura Universității din Ploiești, 2003,
17. D. Ștefănescu - Transfer de căldură și de masă- Teorie și aplicații – Editura Didactică și pedagogică București,
18. E. Chifu, Chimia coloizilor și a interfețelor, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj–Napoca, 2000;

19. E. M. Ionescu, Metode termice de recuperare, Note de curs, Master IZ,
20. Eugen Mihai Ionescu - Curs de Hidraulică Generală, IPG 2010;
21. F. Chiriac – Procese de transfer de Căldură și de masă în instalațiile industriale -Editura Tehnică București, 1982,
22. Feynman, R. The Character of Physical Law, MIT Press, Cambridge, 1967,
23. Florea Minescu – Fizica Zăcămintelor de Hidrocarburi I Editura Universității din Ploiești-1994;
24. Florea Minescu - Fizica zăcămintelor de hidrocarburi II, Editura Universității din Ploiești, 2004, pag.141;
25. G. Castany – Prospecțiunea și Exploatarea Apelor Subterane, Editura Tehnică București, 1972;
26. G. Rusu, V. Roajnschi, Filtrarea în tehnica tratării și epurării apelor, Editura Tehnică, București, 1980;
27. Gg .Lupusor, E. Merica , ș.a. - Ingineria Sintezei Intermediarilor Aromatici. Bazele Teoretice, Vol.I, Ed. Tehnică, București, 1977;
28. Gheorghe Brănoiu, Tudora Cristescu et. al. - Investigații mineralogice prin difracție de raze X pentru identificarea cauzelor blocajului filtrelor de pe traiectul procesului de injecție al apei de zăcământ la un câmp petrolifer din România, Revista de chimie, vol. 66, No. 11, p. 1860- 1863, 2015;
29. Goidescu (Ionescu) Nicoleta-Mihaela; Cristescu Tudora; Branoiu Gheorghe; **Marinescu (Badica) Carmen-Matilda**; Badica Marius-Nicolae -''The role of 3d seismic interpretation for building structural model – case study in the muntenia oil field (Romania)'', GEOLINKS International Conference on GeoSciences, 2019, BOOK 1, Volume 1, pag.97-103;
30. *Hand out Water Management Course, Petrom, October 2015;*
31. Heisenberg, W. Physics and Beyond: Encounters and Conversations, Harper & Row, New York, 1971,
32. I. Crețu, C. Beca, A. Babskow, G. Manolescu, E.O. Soare - Ingineria zăcămintelor de Hidrocarburi, Vol. I, Ed. Tehnică București
33. Ioan Vida- Simiti – Procedee Fizico- Mecanice de Separare a Poluanților, UTPRES, Cluj-Napoca, 2006;
34. Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela, **Carmen-Matilda Marinescu (Bădică)** -''Modelul geologic 3D într-un complex startigrafic complex''Exemplu: Zăcământul X, România, International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, Volume 18/pag 3, an apariție 2018;
35. Ionescu, C., Ciuparu, D., Dumitrașcu, Gh. Poluare și protecția mediului în petrol și petrochimie, Editura Brilliant, București, 1999,
36. Jevons, W. S. The Principles of Science, Dover Publications, New York, 1958,
37. KIRJAVAINEN, V., -Fundamental concepts in flotation, Helsinki University of Technology, Mechanical Process Technology and Recycling, 2001;
38. M. Bică, M. Naghi - Transfer de căldură și Masă, Ed. Universitaria, Craiova, 1999;
39. Maria Stoicescu, Tudora Cristescu - Considerații privind influența temperaturii și a conținutului de apă de zăcământ asupra vâscozității unor țiteiuri Universitatea Petrol-Gaze din Ploiesti , Bd. Bucuresti, Nr. 39, 100680, Ploiesti, Romania Revista de chimie 09.03.2008;

40. Maria Stoicescu. E.M. Ionescu, Albulescu, M. A., Metode termice de recuperare a petrolului, Editura Elapis, Ploiești, 1998,
41. **Marinescu (Bădică) Carmen- Matilda** - Raport de Cercetare științifică nr.1- Stadiul actual al cercetărilor privind tratarea apei rezultate în urma exploatării unui zăcământ de petrol, în scopul stabilirii metodelor de reintroducere a acesteia în circuitul natural, UPG Ploiești 2018;
42. **Marinescu (Bădică) Carmen- Matilda** - Raport de Cercetare științifică nr.2- Abordarea fundamentală, teoretică/analitică/ numerică - academică a studiilor, cercetărilor și constituirea bazei de date privind tratarea apei rezultate în urma exploatării unui zăcământ de petrol, în scopul stabilirii metodelor de reintroducere a acesteia în circuitul natural, UPG Ploiești 2018;
43. *Material Curs Managementul apei, Petrom, Octombrie 2013;*
44. Metcalf & Eddy, Inc., Waste Water Engineering – Treatment, Disposal, and Reuse, 3 rd edition, revised by Tchobanoglous, Burton, McGraw-Hill, New York, 1991,
45. Mircea Marinescu - Bazele termodinamicii tehnice II- Transfer de căldură și de masă- Procese fundamentale - Editura Politehnica Press București, 2009,
46. Neacsu S., Comprimarea și lichefierea gazelor, Editura Romconvert, Ploiești, 2002;
47. Neacșu S., Termotehnică și mașini termice, Editura Printeh, București, 2009;
48. Negulescu. M., 1989, Epurarea apelor uzate industriale, vol 2, Editura Tehnica Bucuresti,
49. Nicolescu, C., - Tehnologii de poluare a solurilor și apelor freatice, Editura Universității Petrol- Gaze din Ploiești, 2008,
50. NISTOR Iulian, Proiectarea exploatării zăcămintelor de hidrocarburi fluide, Editura Tehnică, București, 1999,
51. Nistor, I., - "Curs de Tratarea Apei", Note de curs – Facultatea de Ingineria Petrolului și a Gazelor, Master Inginerie de Zăcământ, anul II, 2011;
52. Onuțu, I., Jugănar, T., - Poluanți în petrol și petrochimie, Editura Universității Petrol- Gaze din Ploiești, 2010,
53. Onuțu, I., Stănică-Ezeanu, D. – Protecția mediului. Editura Universității din Ploiești, 2003.
54. Paraschiv Ilie- Flotația, Editura Tehnică, 1989;
55. Pătărlăgeanu Marcela, Cristescu Tudora, Nistor Iulian – Proiectarea sistemului de recirculare a apelor geotermale de pe un zăcământ din România – Conferința Națională de Energetică Industrială Ediția a IIIa CNEI 2000- MILENIUM
56. R. Ciucureanu, M. Voitcu – Chimie Sanitară, Lucrări Practice, Facultatea de Farmacie, Iași, 1996;
57. S. Krausz, I. Paraschiv, Teoria și tehnologia flotației (vol 1 și 2), Editura Matrix Rom, București, 2001;
58. Satter, A., Thakur, G. Integrated petroleum reservoir, Pennwell Books, Tulsa, Oklahoma, 1994,
59. Stefanescu, D-P., “Practica extracției gazelor naturale “, vol. I, Editura Universității “L. Blaga”, Sibiu, 1998;
60. Stefanescu, D-P., - “Practica extracției gazelor naturale “, vol. II, Editura Universității “L. Blaga”, Sibiu, 1998;
61. STOICA L., Flotație ionică și moleculară, Ed. Did. și Ped. Buc., 1997,
62. T. Ionescu, Schimbători de ioni, Editura Tehnică București, 1964;
63. Trochim, W. M. Experimental Design. The Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition, Atomic Dog Publishing, 2001,

64. Tudora Cristecu, Marcela Pătarlăgeanu- Termodinamică Teorie Și Aplicații Vol.1, Editura Universității din Ploiești, 2000, pag. 86;
65. Tudora Cristescu – Termodinamică și transfer de căldură în transportul și depozitarea hidrocarburilor -Note de curs,
66. Tudora Cristescu – Termotehnică , Editura Universității Petrol- Gaze din Ploiești, 2009,
67. Tudora Cristescu – Teză de Doctorat, Universitatea Petrol și Gaze din Ploiești, 1997;
68. Tudora Cristescu -Proprietăți termice ale zăcămintelor de hidrocarburi -Editura Universal Cartfil Ploiești 1998,
69. Tudora Cristescu., Suditu, S.,– Termotehnica-Lucrări de laborator, Editura Universității din Ploiești, 2010,
70. V. Coheci , A. Martin , S. Mășu – Simpozion “Tratare ape”, Timișoara,1984;
71. Vasile Șomoghi – Proprietăți fizice utilizate în calcule termice și fluidodinamice – Editura Universitatea Petrol- Gaze Ploiești, 1997,
72. Vasile Șomoghi, M. Pătrașcu, C. Pătrașcu, D. Dobrinescu, V. Ioan - Proprietăți Fizice Utilizate În Calcule Termice Și Fluidodinamice, Ed. Universtitatea „Petrol Și Gaze” Ploiești, 1997
73. William M. K. Trochim; James P Donnelly- Research methods knowledge base- Mason, Ohio, Atomic Dog/ Cengage Learning, 2008;
74. S.N.G.N. Romgaz S.A. - Platforma pentru Dezvoltare Strategică 2015 - 2025, 2014;
75. S.A. Oil Terminal Constanța S.A. - Planul de Administrare S.C. OIL Terminal S.A. Constanța, 2014;
76. Conpet S.A. - Plan de Administrare 2014 - 2017, 2014;
77. Transgaz S.A. Plan de Administrare 2013 - 2017, 2013;
78. J. Ingham, I. J. Dunn, E. Heinzle, J. E. Prenosil, J. B. Snape- Chemical Engineering Dynamics- An Introduction to Modelling and Computer Simulation - Third Completely Revised Edition, ISBN: 978-3-527-31678-6 (Cap. IV);
79. **Marinescu (Bădică) Carmen- Matilda** - Raport de Cercetare științifică nr.3 - “ Cercetări privind tratarea apei rezultate în urma exploatării unui zăcământ de hidrocarburi, în scopul stabilirii metodelor de reintroducere a acesteia în circuitul natural ” , Ploiești, 2019.