

EVALUAREA RISCULUI DE MEDIU ASOCIAT FACTORULUI SOL POLUAT CU ȚITEI. ALGORITM DE CALCUL

Dr. ing. Cristiana DUMITRAN¹, Prof. dr. ing. Ion ONUȚU²

1. INTRODUCERE

Necesitatea elaborării unui algoritm de calcul pentru evaluarea riscului de mediu asociat solurilor poluate cu țiței este susținută de faptul că pentru stabilirea parametrilor care definesc riscul sunt necesare o multitudine de informații privind caracteristicile fizice ale solurilor și fizico-chimice ale poluanților, analizele pentru determinarea unor compuși din sol care pot afecta extracția compușilor organici hidrofobi, ecuațiile de calcul care stau la baza unor etape calitative și cantitative de determinare a riscului [1-3].

În această lucrare evaluarea riscului de mediu (ERA) este studiată pentru poluarea solului din accidentul de scurgere de țiței dintr-un sit dintr-o schelă petrolieră. Acest studiu reprezintă o contribuție originală de elaborare a unei metodologii de evaluare calitativă și cantitativă a riscului de mediu pentru poluarea solului cu hidrocarburi provenite din țiței, poluare specifică activității de forare, exploatare și separare țiței-gaze [4-7]. Elaborarea algoritmului pentru evaluarea/estimarea riscului pentru factorul de mediu sol are la bază studii experimentale care permit considerarea acelor factori care influențează extracția hidrocarburilor din solurile contaminate. Acest aspect este deosebit de important având în vedere că o subestimare sau o supraestimare a concentrației de poluanți din sol are repercursiuni asupra riscului prin influențarea severității (gravității) care intervine în relația care stă la baza evaluării riscului [1].

Evaluarea riscului de mediu pentru factorul de mediu din sol presupune calculul probabilității pentru receptorul sol de a primi o doză de poluant sau de a fi în contact cu el. Riscul este probabilitatea apariției unui efect negativ într-o perioadă de timp specifică și adesea este descris sub forma ecuației [1, 4]:

$$R = \text{Probabilitate} \times \text{Gravitare}$$

Evaluarea calitativă a riscului ia în considerare factorii: pericol/sursă, calea de acționare și ținta (receptorul) [7, 8]. Factorul pericol/sursă, se referă la utilajele și poluanții specifici activității de forare, extracție și separare a țițeiului [11, 12].

Cauzele de poluare pot fi datorate unor operațiuni neconforme sau unor instalații uzate, corodate care facilitează scurgerile accidentale de poluant pe sol [2].

¹ Aevum Eco Consult, Environmental Engineering Consultancy.

² Universitatea „Petrol - Gaze” – Ploiești.

Evaluarea cantitativă a riscului analizează pericolul și consecința pe baza unor indicatori SMART (specific, measurable, available, relevant, timely) estimând astfel mărimea consecinței și probabilitatea acesteia [1, 4].

2. DESCRIEREA PROIECTĂRII ARHITECTURALE A PROGRAMULUI

Etaplele necesare realizării unui produs software sunt:

- 1) etapa de analiză a cerinței;
- 2) etapa de proiectare arhitecturală;
- 3) etapa de proiectare detaliată.
- 4) etapa de scriere cod, integrare componente, validare și verificare.

În cadrul acestei lucrări au fost descrise primele trei etape [1, 4].

Etapa de analiză a cerinței a analizat și stabilit: obiectivele propuse a fi rezolvate prin algoritmul de calcul, relațiile de calcul necesare, datele de intrare, datele intermediare de lucru, bazele de date necesare, datele finale și modul în care vor fi raportate, modul de afișare pentru datele finale.

Etapa de proiectare arhitecturală reprezintă etapa de structurare a algoritmului de calcul în module, acestea la rândul lor având o serie de etape și pași de lucru. Proiectarea arhitecturală permite stabilirea legăturilor dintre modulele de lucru, precum și a etapelor de decizie de trecere de la un modul la altul. În cadrul acestui capitol este prezentată interconectarea realizată între cele cinci module [1, 4].

Această metodologie de lucru cuprinde cinci module intercorelate: identificarea pericolului, evaluarea pericolului, estimarea riscului prin atribuirea unor note pentru severitatea și frecvența consecinței, evaluarea riscului de mediu pe baza unor criterii de risc și managementul riscului de mediu.

Figura 1 prezintă pachetul cu modulele de lucru succesive - suprapuse, sugerând flexibilitatea algoritmului descris în condițiile în care se poate realiza o evaluare de risc parcurgând toate modulele de la modulul 1 și finalizând cu modulul 5 - management de risc, dar se pot realiza și "bucăți" din program, din modulele 1 și 2 (evaluarea calitativă și evaluare cantitativă de poluare) sau modulul 2 cu modulul 3 (evaluare cantitativă a poluării cu investigații suplimentare) sau modulul 3 cu modulul 4 [1, 4].

În figura 2 sunt prezentate succesiunea modulelor (1 - 5), etapele, pașii de lucru specifici fiecărei etape și condițiile de decizie, de trecere de la un modul la altul [1].

3. DESCRIEREA PROIECTĂRII DE DETALIU

Algoritmului de lucru conceput și prezentat în prezenta lucrare s-a exemplificat printr-un studiu de caz specific fiecărui modul de lucru, iar rezultatele sunt sub forma unui raport final particularizat.

Studiul de caz s-a realizat pentru un parc de separare țitei și gaze care urma să fie dezafectat. La ora investigării zonei de lucru parcul avea un rezervor de stocare țitei, habe în care se stocau diferite fluide petroliere și s-a inventariat și singura sondă funcțională aferentă parcului, restul fiind abandonate.

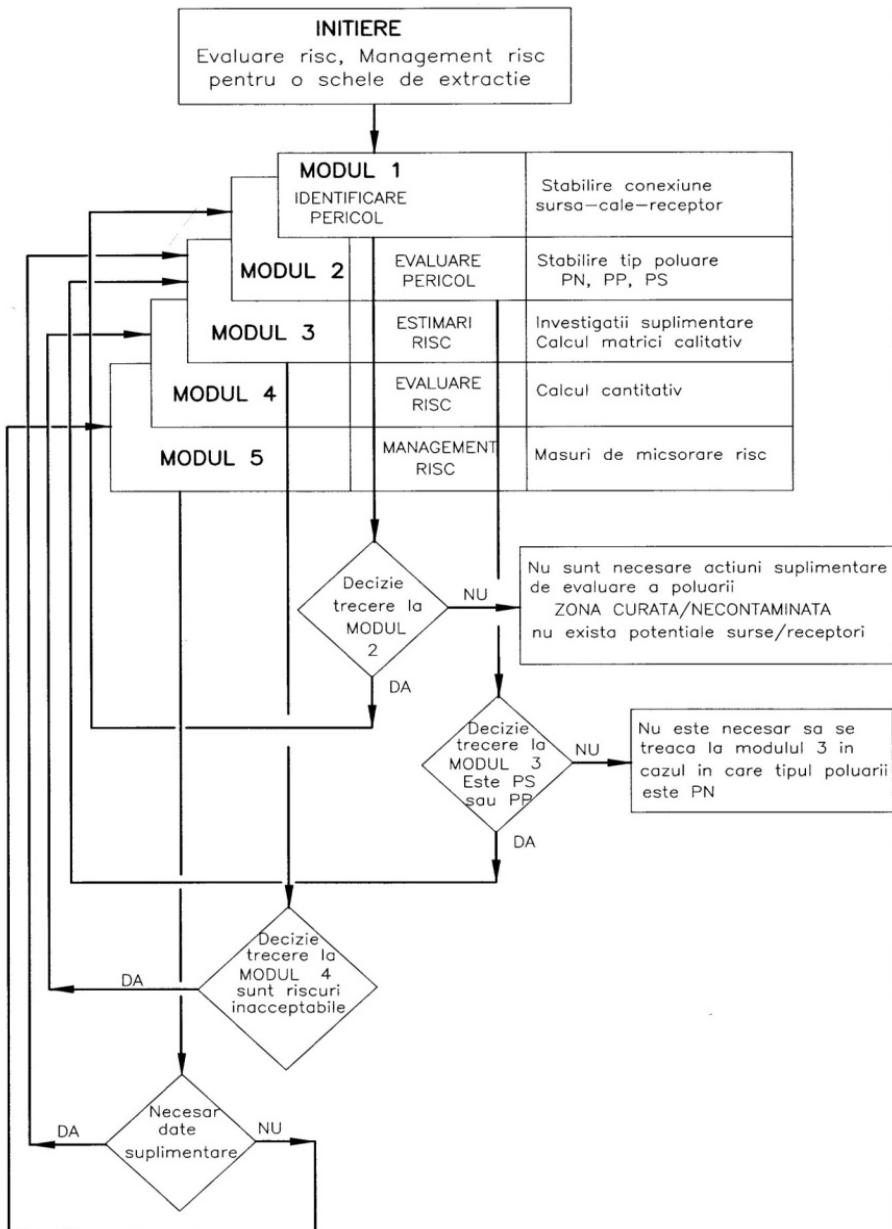


Fig. 1. Module de lucru „pachet”.

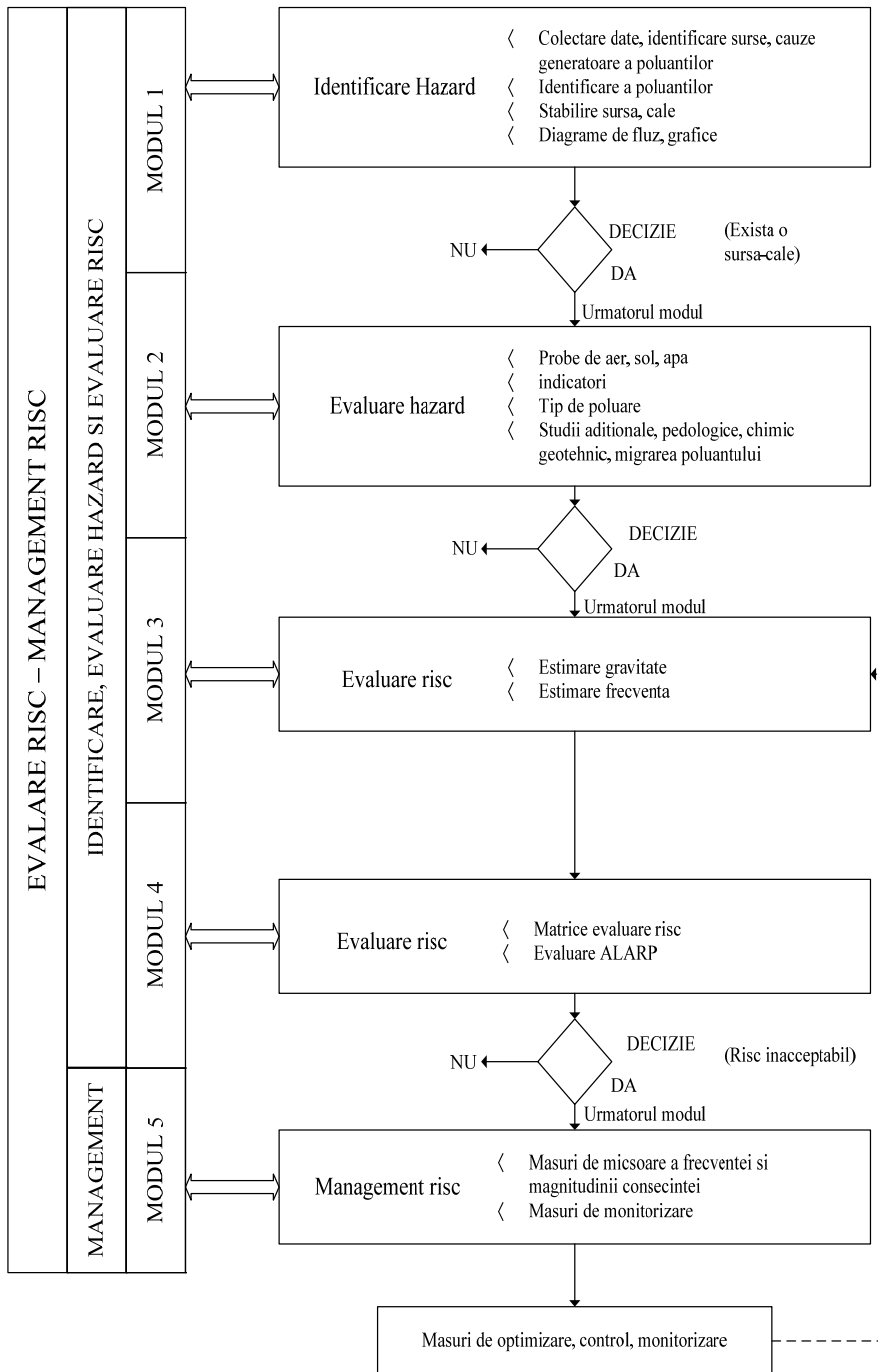


Fig. 2. Modulele de lucru care stau la baza evaluării riscului de mediu.

Parcurgerea acestui modul se va finaliza cu un raport final care va avea o serie de date sub formă de: fișe, liste de control, scheme, grafice, matrici, diagrame.

Stabilirea datelor necesare din pașii 1, 2, 3, 4, 5 se realizează cu ajutorul bazelor de date care pot fi încorporate în program. Bazele de date pot fi de diferite tipuri, fiind definite distinct: bază de date cu proprietăți chimice, cu valori maxime admisibile, cu caracteristici ale solurilor, caracteristici poluanți ș.a. Programul va avea încorporat o serie de date: baza de date surse primare și secundare: M1-B1, date poluanți M1-B2, baza de date cauze de poluare/hazard: M1-B3. În cadrul acestor baze de date sunt valori implicite, care se vor putea accesa, dar se pot adăuga și alte valori. Fișierele bazelor de date sunt grupate în directoare atașate fiecărui modul sau etapă de calcul.

Programul va permite să se introducă date de intrare, să editeze datele intermediare de calcul, în final putând să genereze rapoarte pentru fiecare etapă și raportul final pentru fiecare modul. În figurile 4 și 5 sunt prezentate câteva exemple de ecrane fereastră cu date prin care se pot accesa anumite etape ale modului 1.

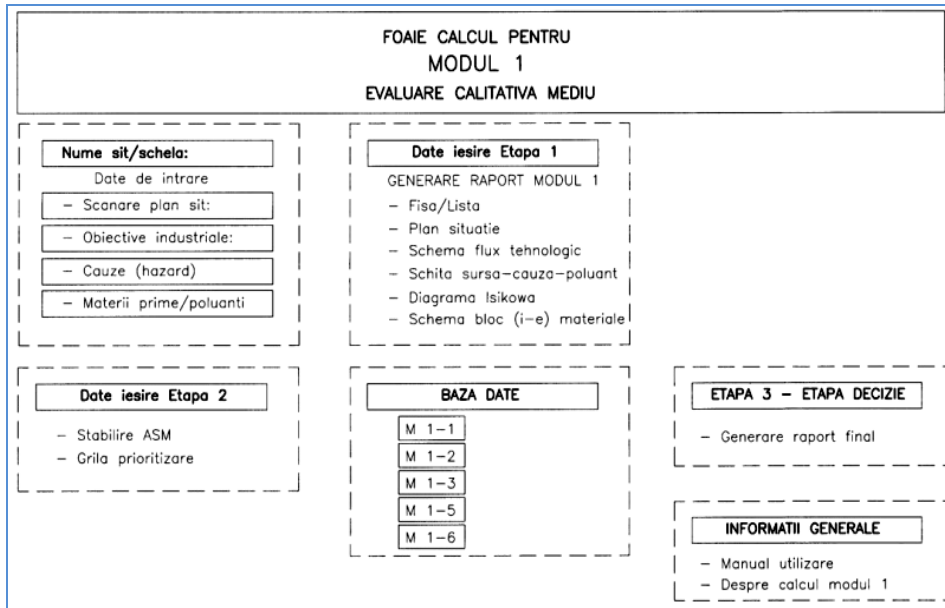


Fig. 4. Foaie de calcul - modul 1.

3.2. Modul 2 – „Evaluarea pericolului“

Modulul „Evaluarea pericolului” este o evaluare cantitativă bazată pe analize fizico-chimice pentru probele prelevate din profilele de sol de la diferite adâncimi.

Modulul 2 are trei etape. Etapa 1 „Determinarea concentrației măsurate” în care se determină concentrația pentru anumiți indicatori în conformitate cu legislația în vigoare referitoare la investigațiile calității solului.

		Modul 1: IDENTIFICARE PERICOLE					
		LOCALIZARE SIT ANALIZAT	OBIECTIVE INDUSTRIALE	HAZARD (CAUZE)	MATERII PRIME/DESEURI	DIAGRAMA ISHIKOWA	FORMA POLUARE
ETAPA 1 INVESTIGARE PRELIMINARA	DATE INTRARE						
	Denumire schela/ perimetru/zacamant	<input type="text"/>			Faza tehnologica	<input type="text"/>	
	Descriere:	Nr. sonde: Productie titei: Productie gaze: Q apa zacamant:			Activitati de baza	<input type="text"/>	
	Curs apa suprafata distante	Denumire: Distanta fata de sit:			Activitati conexe	<input type="text"/>	
	Date meteo:	t medie anuala(°C): t min (°C): t max (°C): v med vant (m/s):					
	Plan situatie:	Scanare			<input type="button" value="Raport etapa 1"/>		
ETAPA 2 CONEXIUNE SURSA-CALE- RECEPTOR	Vector (cale)		Sursa		Receptor (Tinta)		
	Cale transport:	<input type="text"/>	Sursa primara:	<input type="text"/>	Apa subterana	<input type="radio"/>	
	*Proces transfer:	<input type="text"/>	Sursa secundara:	<input type="text"/>	Sol	<input type="radio"/>	
	*Optional			<input type="button" value="Raport etapa 2"/>		Aer	<input type="radio"/>
						Apa suprafata	<input type="radio"/>
<input type="button" value="Copy"/>		<input type="button" value="Raport final Modul 1"/>		<input type="button" value="Save"/>		<input type="button" value="Close"/>	
						<input type="button" value="Help"/>	

Fig. 5. Foaie de calcul – Etape modul 2.

În etapa 2 „Tipul poluării” se stabilește tipul de poluare pe baza concentrației măsurate în laborator, a pragurilor de alertă și de intervenție reglementate de legea mediului [10]. Conform legislației în vigoare PA (pragul de alertă) reprezintă 70 % din PI (pragul de intervenție).

În figura 6 sunt prezentate etapele modului 2 „Evaluarea pericolului”.

3.3. Modul 3 – „Estimarea riscului”

În cadrul acestui modul se estimează severitatea și frecvența consecinței prin atribuirea de note. Modulul 3 are două etape (fig. 7).

În etapa 1 „Informații adiționale” se realizează o investigare cantitativă detaliată pe baza unor studii pedologice sau chimice prin care se poate caracteriza poluantul și factorul de mediu sol astfel încât putem avea mai multe informații referitoare la hidrocarbura care a infestat solul și factorii care pot influența etapa de extracție a hidrocarburilor din matricea solului. Din această etapă rezultă un raport final care conține date referitoare la anumite caracteristici fizice și chimice ale solului și poluantului.

În etapa a 2-a, „Estimarea severității și probabilității consecinței” se vor atribui note folosind raportul final din etapa 1 a modului 3.

Consecințele care pot apărea depind de o serie de factori (studiați în modulele anterioare): tip poluant (caracteristici), cantitatea de poluant, caracteristici sol, zona

afectată (industrială, rezidențială), durata impactului (tip poluare cronică/acută), gradul de poluare (PS, PP).

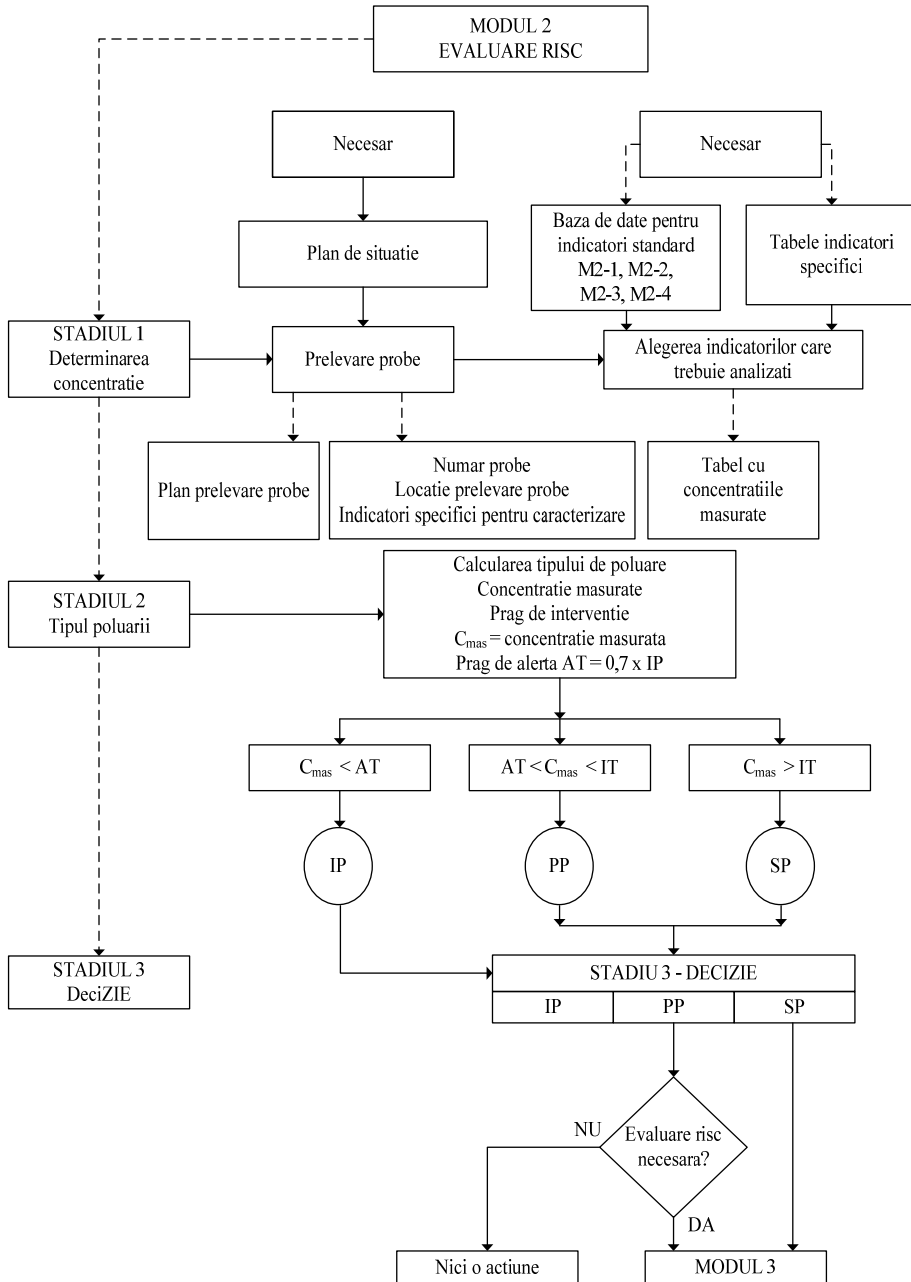


Fig. 6. Schema arbore pentru modulul 2 „Evaluarea hazardului”.

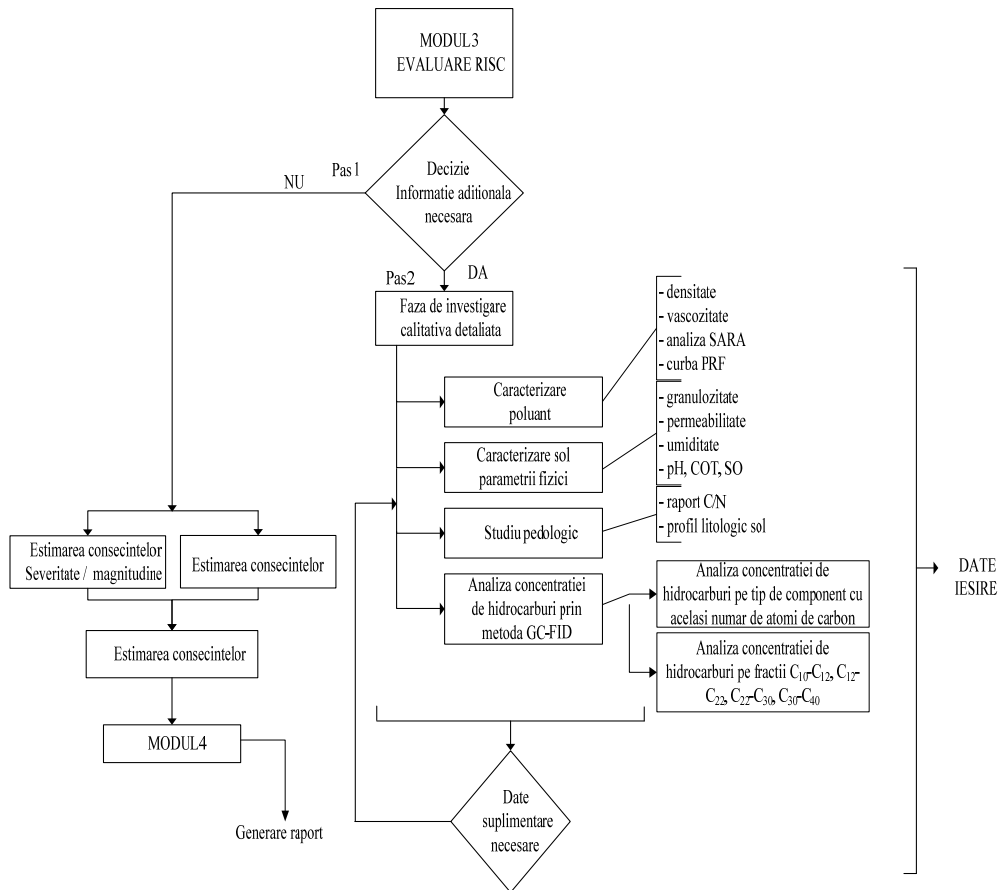


Fig. 7. Etapele modului 3 „Estimarea riscului”.

Din modulul 3 se generează un raport final care va conține [1, 4]:

- Tabele cu $C_{m\grave{a}s}$ /tip indicator/zonă investigată/tip de component cu același număr de atomi de carbon (analiză GV, IR, GC-FID)
- Grafice (ecohartă, grilă prioritizare);
- Diagrame granulometrice.

Având în vedere multitudinea de metode analitice prin care se poate determina concentrația de hidrocarburi din solurile contaminate accidental cu țitei sunt indicate:

- Stabilirea modului de cuantificare a hidrocarburilor în acord cu metoda folosită pentru extracție. În cazul poluării cu țitei, inițial se poate determina o concentrație globală de hidrocarburi petroliere totale (HPT).

- Trecerea la o analiză completă pe fracții de hidrocarburi GC-FID sau GC-FID cu coloana SIMDIST pentru a avea mai multe informații referitoare la tipul de hidrocarbură care a infestat solul [8-10].

Rezultate experimentale – modul 3. Studiu de caz

În acest modul, pentru studiul de caz propus, s-au realizat și alte analize pentru studiile suplimentare necesare.

S-au prelevat probe de țiței din rezervorul de stocare pentru a caracteriza țițeiul prin densitate, vâscozitate și compoziție chimică și prin analiza saturate-aromate-rășini-asfaltene (SARA). În același timp s-au prelevat probe de fluid stocat din hable de depozitare.

Prin analiza GC-FID s-a determinat concentrația de hidrocarburi pe tip de component cu același număr de atomi de carbon și pe fracții de hidrocarburi.

Pentru probele de sol prelevate din jurul rezervorului s-a determinat, pe lângă concentrația globală de hidrocarburi prezentată în modulul 2, concentrația pe tip de component cu același număr de atomi de carbon. S-a realizat acest lucru deoarece din momentul scurgerilor accidentale și până s-a investigat terenul trecuse cel puțin 2-3 ani astfel încât fenomenele de weathering au putut acționa și schimba compoziția țițeiului scurs din rezervor.

Pentru probele prelevate din jurul rezervorului cu țiței s-a realizat și o analiză GC-FID cu coloana SIMDIST. Hidrocarburile au fost extrase cu *n*-heptan, extractul a fost trecut printr-o coloană cu silicagel dezactivat pentru reținerea asfaltinelor și rășinilor extrase. Analiza s-a făcut pe aparatul Perkin Elmer Clarus 500 echipat cu o coloană SIMDIST [8, 9].

Pentru probele prelevate din jurul habelor s-a realizat și analiza fracțiilor C₁₀-C₁₂, C₁₂-C₂₂, C₂₂-C₃₀, C₃₀-C₄₀ printr-o metodă bazată pe NEN 5733, pe aparat GC 8000 FID Thermo/Interscience, extracția realizându-se cu *n*-heptan.

Analiza fizico-chimică pentru produsul petrolier stocat în habe este prezentată în tabelul 1.

Rezultatele experimentale ale studiului suplimentar de analize experimentale din cadrul acestui modul sunt prezentate într-un raport final sub formă de tabele sau grafice:

1) analiza SARA pentru țițeiul stocat în rezervor (fig. 8);

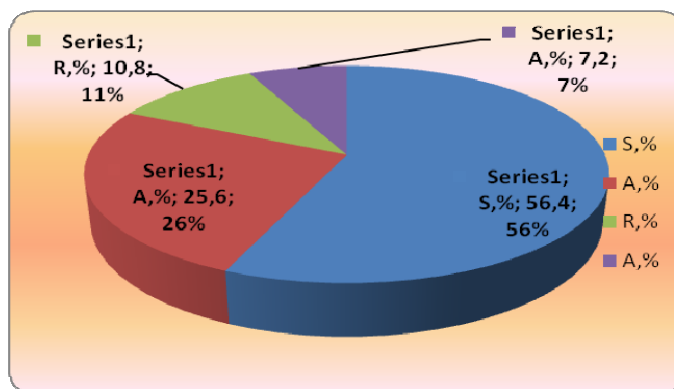


Fig. 8. Compoziția SARA % pentru țițeiul stocat în rezervor.

Tabelul 1

Caracteristici chimice ale produsului petrolier

Nr. crt	ANALIZA	Valori obținute
1.	Densitate 15 °C, g/cm ³	0,8517
2.	Viscozitate cinematică la 20 °C	17,16
3.	Analiza SARA, %	
	Hidrocarburi Saturate	62,4
	Hidrocarburi Aromatice	14,6
	Rășini	4,4
	Asfaltene	-
	Pierderi	18,6
4.	Distilare PRF °C	%
	Fr1 38-106	9
	Fr2 106-146	7,4
	Fr3 146-183	7,4
	Fr4 183-216	5,8
	Fr5 216-250	8,5
	Fr6 250-302	10,6
	Fr7 302-360	10,6
	Reziduu 360+	40,7

2) analiza produsului petrolier stocat în habe (tabelul 1);

3) rezultatele analizei GC-FID cu coloana SIMDIST (tabelul 2).

Din aceste rezultate se observă că produsul stocat în habe este un amestec neomogen de fracțiuni petroliere, cu cca 60 % distilate.

În tabelul 2 sunt prezentate concentrațiile pe tip de component cu același număr de atomi de carbon, în funcție de adâncime, exprimate în % masă determinate prin analiză GC-FID cu coloană SIMDIST.

Tabelul 2

C_{THP} pe tip de component cu același număr de atomi de carbon

Component	P1-1 la 15 cm	P1-2 la 30 cm
C 11	0	0,16
C 12	0,03	0,83
C 13	0,2	1,72
C 14	0,94	2,86
C 15	2,23	4,69
C 16	3,13	3,64
C 17	3,07	4,66
C 18	4,88	4,22
C 19	3,88	3,92

Tabelul 2 (continuare)

Component	P1-1 la 15 cm	P1-2 la 30 cm
C 20	3,45	4,1
C 21	2,96	3,51
C 22	3,39	3,8
C 23	2,37	3,77
C 24	2,6	2,7
C 25-26	7,07	7,15
C 27-28	12,4	10,97
C 29-30	9,82	9,52
C 31-35	8,95	10,96
C 36-40	4,79	6,47
C 41+	23,84	10,35

Din cromatogramele obținute se observă că acei compuși din domeniul C₁₂-C₂₀ sunt în proporție mică, față de cei din intervalul C₂₇-C₃₅, iar proporția cea mai mare o reprezintă componenții cu același număr de atomi de carbon C₄₁₊. În cromatograme apar normal alcanii mai grei decât C₃₆-C₄₀ care sunt caracteristici țițeiurilor parafinoase grele.

Tabelul 3 prezintă concentrațiile de C_{THP} pentru probele de sol analizate pe fracțiile: C₁₀-C₁₂, C₁₂-C₂₂, C₂₂-C₃₀, C₃₀-C₄₀.

Tabelul 3

Concentrațiile C_{THP} pe fracții de hidrocarburi

Locație	Adancime, cm	C _{THP} , fracții, mg/kg s.u.					Tip poluare	Fracțiile care depășesc PI
		C10-C12	C12-C22	C22-C30	C30-C40	Total C10-C40		
Haba, H1, stocare produs petrolier	5	470	6500	840	730	8600	PS	PI depășit de fracția C12-C22
	30	350	4800	650	530	6400	PS	PI depășit de fracția C12-C22
Haba, H2, fără produs petrolier la data recoltării probelor	5	<55	2700	4800	5500	13000	PS	PI depășit de fracția C30-C40
	30	<25	1500	2500	2700	6800	PS	PI depășit de fracția C30-C40
Probe prelevate la 10 m de haba H2	5	<5	380	870	910	2200	PS	PI depășit concentrația globală de hidrocarburi C10-C40
	30	<5	360	880	920	2200	PS	PI depășit concentrația globală de hidrocarburi C10-C40

În figura 9 este prezentată valoarea C_{THP} , pe fracții, pentru cele patru zone analizate, subliniind variația concentrației de hidrocarburi pe fracții de hidrocarburi care scade cu adâncimea, datorită fracțiilor cu mase moleculare mari, care migrează mai greu pe verticală în sol, pentru toate zonele investigate.

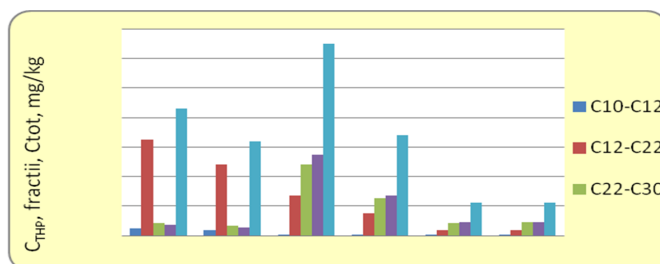


Fig. 9. Variația concentrației de hidrocarburi pe fracții, adâncime și zona de prelevare.

În figurile 10 și 11 sunt date cromatogramele obținute pentru probe de sol P2-1 și P2-2 în cadrul acestui studiu experimental din care se poate observa variația pe fracții de hidrocarburi.

3.4. Modul 4 - „Evaluarea riscului“

În acest modul se calculează riscul pentru factorul de mediu sol cu ajutorul datelor anterioare din modulele 1 – 3. În această etapă se calculează riscul pe baza unuia din cele două criterii introduse în cadrul acestei metodologii.

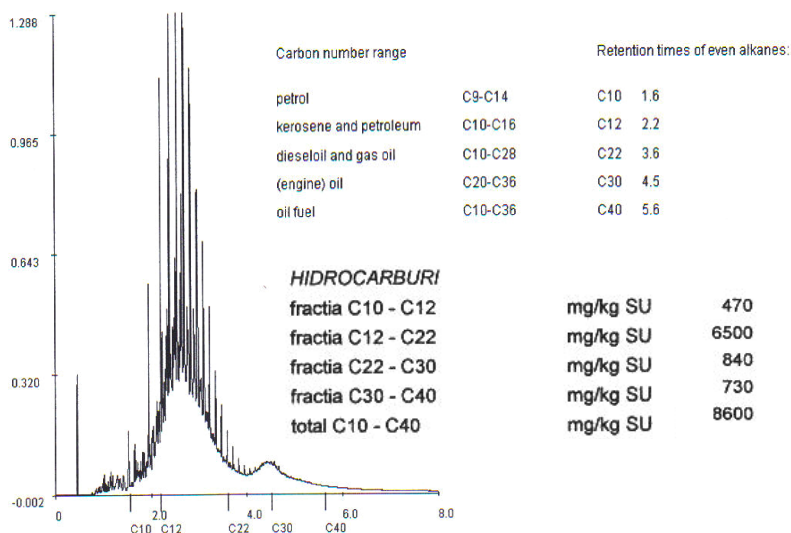


Fig. 10. Cromatograma extractului organic din proba de sol P2-1.

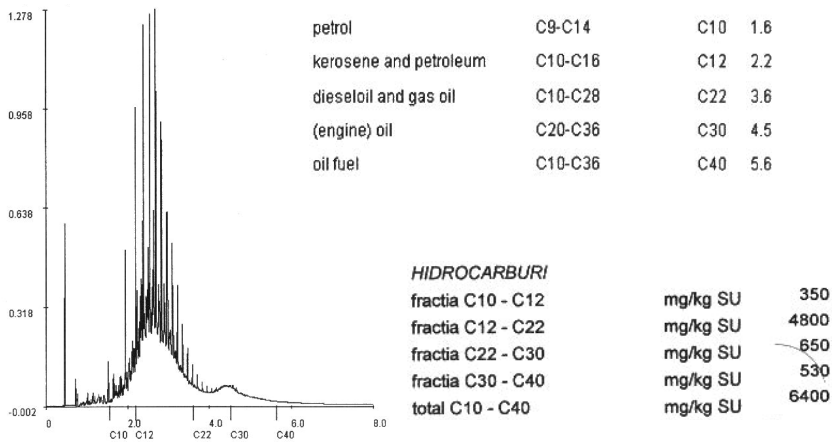


Fig. 11. Cromatograma extractului organic din proba de sol P2-2.

Criteriul bazat pe parametrii gravitate și probabilitate este des folosit [4, 5]. În prezent legislația de mediu din România nu are definit, implementat, standardizat un ordin pe baza căruia să se poată calcula riscul de mediu ținând cont și de alte reglementări cerute la nivel UE. La nivelul UE există și alte criterii de stabilire a nivelului de risc pe baza criteriului ALARP. Criteriul de risc *ALARP* (*As low as reasonably practicable*) este un criteriu care stabilește riscul pe baza riscului individual RI ca fiind: mare (inacceptabil), acceptabil sau în regim ALARP.

Din modulul 4 rezultă matricea de risc pe baza căreia se poate stabili dacă este necesar să se treacă la modul 5 „Management de risc”

Din graficele prezentate în raportul final aferent modulului 3 se observă că din cele patru zone investigate cele mai mari depășiri au fost în zona rezervorului de stocare. Pe baza grilei de notare a probabilității și gravității, în tabelul 4 sunt prezentate nivelurile de risc pentru cele patru zone analizate.

Pe baza gradelor de severitate și gravitate s-a putut stabili variația riscului pentru cele patru zone investigate (fig. 12).

Tabelul 4

Gradele de risc

Zona	P	Justificare	G	Tip poluare	Risc	Grad de risc
1/R10	5	Scurgeri frecvent întâlnite	4	Depășirea este de 13 ori față de PI/PS	20	Critic
2/H1	4	Scurgeri frecvent întâlnite	4	Efect localizat, motorina poate avea compuși cancerigeni	16	Înalt
3/H2	3	Scurgeri frecvent întâlnite	4	Depășire mai mare	12	Înalt
4/H3	2	Migrare poluant pe orizontală	1	Depășire medie	1	Neglijabil

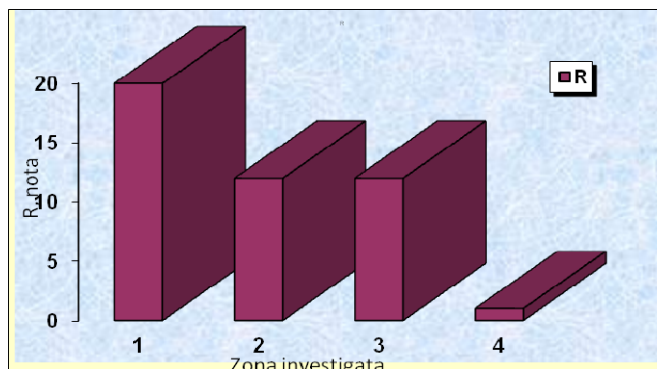


Fig. 12. Gradele de risc pentru zonele investigate.

3.5. Modul 5 – „Managementul riscului de mediu“

Prin acest modul cu o structura bazată pe etapele și pașii modulelor anterioare se stabilesc măsurile necesare pentru menținerea unui risc de mediu la un nivel acceptabil. În cazul în care riscurile sunt inacceptabile se propun o serie de elemente strategice prin care să se controleze riscul de mediu. În figura 13 sunt prezentate etapele considerate de autori în cadrul modului 5.

Pentru studiul de caz, zona de stocare a țiteiului este cea mai afectată zonă și se impune ca fiind necesar să se aleagă un element strategic de prevenire a scurgerilor accidentale de țitei din rezervorul monitorizat.

În figura 14 este prezentată aplicarea unui element strategic pentru prevenirea poluării solului cu hidrocarburi provenite din țitei.

CONCLUZII

Analiza riscului de mediu presupune o abordare mai largă, incluzând aspecte calitative sau cantitative ale unui hazard de mediu tratat științific, potențialele efecte adverse, riscul implicat de aceste efecte și incertitudini legate de fiecare aspect în parte. Lucrarea de față a constat în elaborarea unui algoritm de calcul, structurat pe cinci module interconectate prin care se poate realiza și evalua nivelul de poluare a solului, tipul poluării, calculul gravității și consecinței datorate poluării solului cu hidrocarburi provenite din țitei, cât și formularea unor măsuri strategice de optimizare și micșorare a riscului. Algoritm de calcul cuprinde și proiectarea arhitecturală și de detaliu prin care se poate calcula riscul de mediu asociat factorului de mediu sol poluat semnificativ cu țitei. Alături de acest algoritm de calcul s-au realizat o serie de analize pentru evaluarea nivelului de poluare, prin metode în IR sau GC-FID, care ulterior au fost prelucrate conform algoritmului de calcul realizat în vederea stabilirii riscului de mediu pentru factorul de mediu sol.

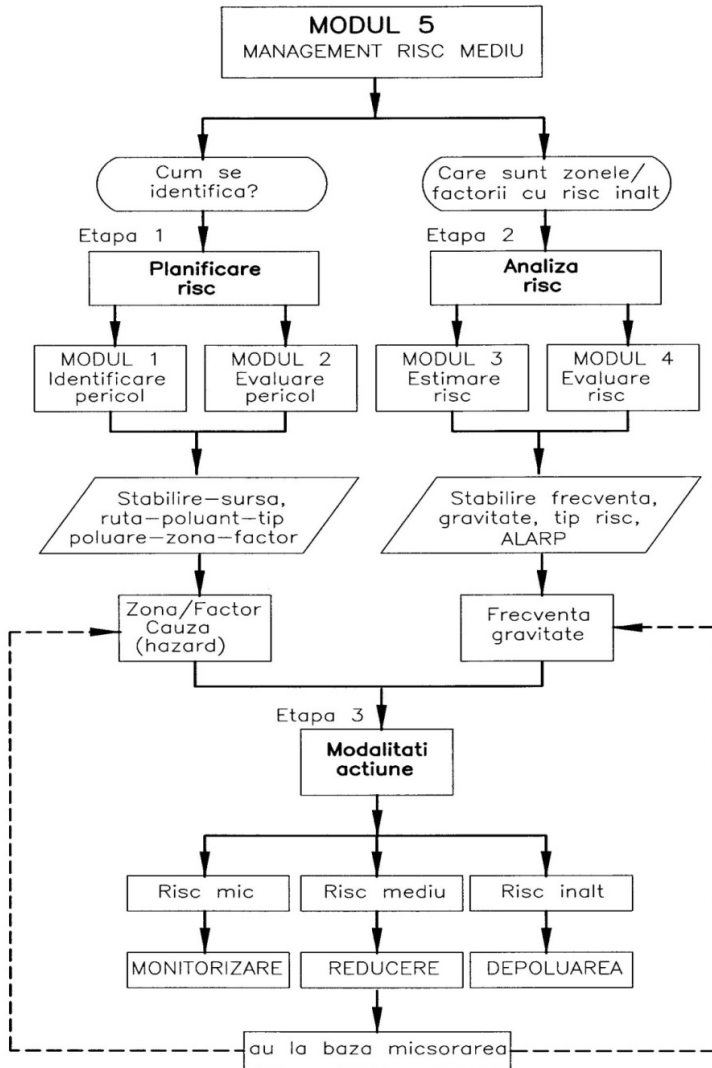


Fig. 13. Schema arbore- Modul 5.

CMODUL 5 – APLICARE ELEMENT STRATEGIC

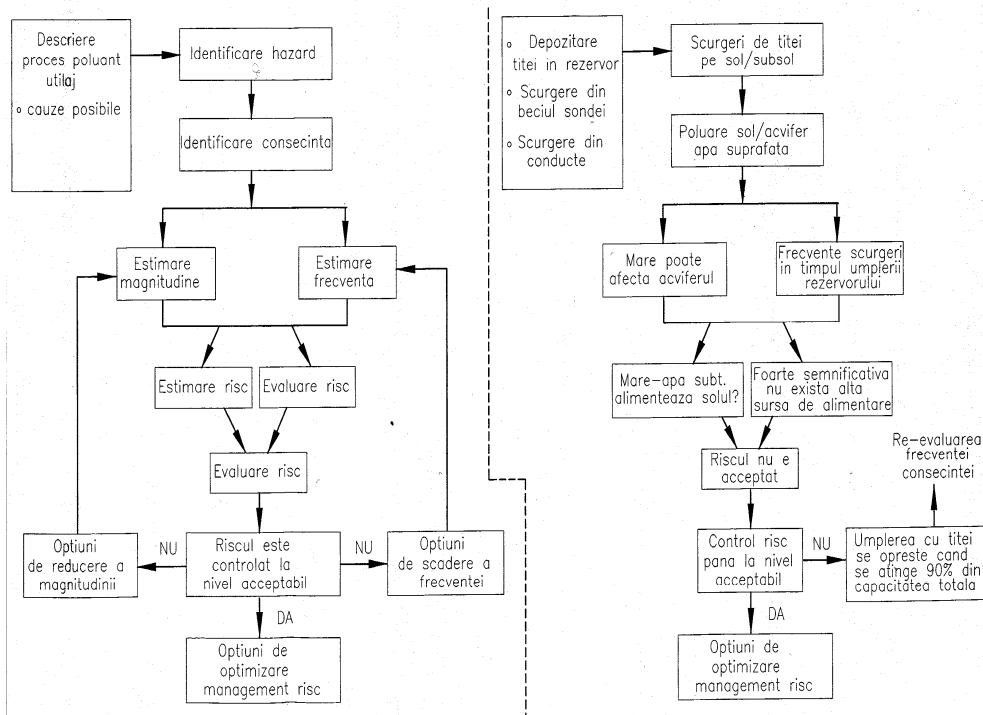


Fig. 14. Aplicarea unui element strategic pentru prevenirea scurgerilor de țigăi.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Dumitran, Cristiana, *Contribuții la studiul extracției compușilor organici hidrofobi din solurile contaminate cu țigăi și la evaluarea riscului de mediu*, Teza de doctorat, Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, 2010.
- [2] Onuțu, I., Jugănar, T., *Poluanți în petrol și petrochimie*, Editura UPG Ploiești, 2010.
- [3] Onuțu, I., Stănică-Ezeanu D., *Protecția mediului*, Editura Universității Petrol-Gaze din Ploiești, 2003.
- [4] Dumitran, Cristiana, Onuțu, I., *Environmental Risk analysis for crude oil soil pollution*, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2010, Vol. 5, No. 1, p. 83.
- [5] Dumitran, Cristiana, *Identificarea zonelor de risc, colectarea de eșantioane și analize de laborator*, CEEX, etapa 1 (2005), Mediu-Energie-Resurse, UPG Ploiești, 2008.

- [6] Dumitran, Cristiana, *Măsurile de stopare a propagării poluanților și elaborarea unor soluții de remediere, poluanți în stare dizolvată*, CEEX, etapa 3 (2006), Mediu-Energie-Resurse, UPG Ploiești, 2008.
- [7] Dumitran, Cristiana, Onuțu, I., *Evaluarea riscului de mediu pentru activitatea de exploatare și separare amestec trifazic*, Romat Junior, Simpozionul tinerilor cercetatori în domeniul ingineriei materialelor, București, 30-31 mai 2008.
- [8] Dumitran, Cristiana, Onuțu, I., Dinu, F., *Extraction of Hydrophobic Organic Compounds from Soils Contaminated with Crude Oil*, Revista de Chimie, 60, 11, 2009, p. 1224-1227.
- [9] Dumitran, Cristiana, Onuțu, I., Dinu, F., *Spectroscopy and Gas Chromatographic Measurements of TPH in Soil Samples Contaminated with Crude Oil*, Revista de Chimie, 60, 12, 2009, p. 1335-1337.
- [10] Onuțu, I., Dumitran, Cristiana, *Protecția mediului. Poluanți în petrol și petrochimie - Îndrumar de laborator*, Editura Universității Petrol-Gaze din Ploiești, 2012.
- [11] Bica, I., Onuțu, I., ș.a., *Innovative Forensic Assessment and Remediation Strategies for Polluted Aquifers, Environmental Forensics*, Volume 10, <http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=t713770863~tab=issueslist~branches=10> - v10 Issue 3 <http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=g914523380> September 2009, p. 214 - 228.
- [12] Bica I., Onuțu, I., ș.a. *Evaluarea și remedierea poluării istorice a stratelor acvifere prin tehnologii neconvenționale – ERPISA*, Programul Cercetare de excelență – CEEX 2005, Editura Conspress, București, 2008.