

**Universitatea Politehnica București  
Facultatea de Chimie Aplicată și Știința Materialelor  
Catedra de Inginerie Economică**

**Rezumat teză de doctorat:  
Dezvoltarea Durabilă și Managementul Riscului de Mediu**

**Coordonator al Programului Științific Doctoral :  
Prof. dr. ing. Adrian V. GHEORGHE**

**Doctorand: Georgeta Mădălina ARAMĂ**

**2011**

*Părinților mei și familiei mele pentru  
darul vieții și sprijinul de a o vedea prin  
ochii minții*

*Această teză nu ar fi putut fi realizată fără coordonarea atentă, minuțioasă, clarificatoare și încurajatoare a domnului prof. dr. ing. Adrian V. GHEORGHE – Coordonator Științific al Tezei Universitatea Politehnică București și Virginia Old Dominion University SUA și fără sprijinul și sugestiile făcute de domnii prof. dr. ing. Corneliu V. RADU – Șef Catedra Inginerie Economică și a prof. dr. ing. Radu D. STANCIU din cadrul catederei de Inginerie Economică –Facultatea de Chimie Aplicată și Știința Materialelor – Universitatea Politehnică București precum și a doamnei director Margareta Nicolau – Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Ecologie Industrială București*

## **Obiectivele generale și specifice ale tezei**

Obiectivele generale și specifice ale prezentei teze au fost să producă un instrument de încredere pentru managementul impactului/riscului de mediu/ecologic, care să răspundă necesităților și cerințelor de dezvoltare durabilă, imediat utilizabil de orice organizație. Acest instrument, robust și flexibil, a fost conceput pentru a sprijini deciziile managementului de risc de mediu/ecologic în condiții de incertitudine, incertitudine provenită din aleatorismul inerent al fenomenului poluării, din imperfecțiunea datelor colectate și din judecățile de valoare subiective ale evaluatorilor. În această idee cercetarea a fost orientată către găsirea unui set de principii, reguli și algoritmi care să răspundă aspectelor specifice ale unei evaluări de impact/risc de mediu/ecologic și care s-a concretizat în realizarea unui set de noi metodologii de lucru funcționale, folosind analiza deciziei pe baze multicriteriale (acronim englezesc MCDA pentru Multi-Criteria Decision Analysis)

## **Scopul final operațional al programului de cercetare**

Scopul final, operațional, al programului doctoral de cercetare a fost să exemplifice noile metodologii propuse pentru evaluarea de impact/risc de mediu/ecologic folosind seturi de date sintetice colectate din trei studii de caz românești, relevante, incluse în strategia de dezvoltare durabilă reprezentând industria extractivă, industria chimică pentru sinteză anorganică și organică și industria farmaceutică. Eficiente și eficace, incluzând cele mai bune cercetări și tehnici la nivelul anului 2008 în domeniul metodelor matematice aplicate în management, ele sprijină atât pe plan teoretic, cât și practic, managementul riscului de mediu/ecologic și sunt capabile să gestioneze efectele de mediu adverse pentru a sprijini organizațiile interesate în îndeplinirea cerințelor legale și a acțiunilor de protecție a mediului. Problema centrală în managementul riscului de mediu/ecologic este evaluarea riscului de mediu/ecologic care trebuie să asiste decidenții în luarea deciziilor corecte cu referire la protecția și valorizare mediului când, ca o consecință a poluării, capacitatea sa naturală de autoepurare este pierdută. Evaluările de impact/risc de mediu/ecologic trebuie să stabilească atât semnificația poluării cât și consecințele ei care, în general, sunt subiectul unor definiții specifice în fiecare legislație națională.

## **Structura tezei**

Structura tezei este după cum urmează:

- **Capitolul 1** - Introducere - O scurtă prezentare a dezvoltării durabile, strategii și politici legate de ea în România
- **Capitolul 2** - O analiză critică a datelor de literatură cu referire la dezvoltarea durabilă, evaluările de impact/risc de mediu/ecologic, metode matematice aplicate în evaluările de impact/risc de mediu/ecologic și managementul riscurilor relevante pentru subiectul dezvoltat al acestei teze.
- **Capitolul 3** - Metodologia folosită pentru a atinge obiectivele tezei
- **Capitolul 4** - Metodologii de evaluare impact/risc de mediu/ecologic
- **Capitolul 5** - Propunere privind folosirea metodelor/metodologiilor pentru un model posibil pentru evaluarea de risc a dezvoltării durabile ținând cont de factorii: economic, social și de mediu.
- **Capitolul 6** - Sinteza rezultatelor pentru metodologiile și studiile de caz prezentate
- **Capitolul 7** - Concluzii

### **Avantaje ale noului tip de metodologii propuse care reprezintă revendicări de noutate ale prezentei teze la nivelul anului 2008 pentru evaluările de impact/risc de mediu/ecologic și management**

Acest tip de metodologii răspunde legislației românești și europene în relație cu o largă participare democratică, inclusiv a publicului la procesul de decizie, în legătură cu efectele de mediu/ecologice care apar sau pot apare în dezvoltarea proiectelor publice, private sau în parteneriat public-privat. Până acum, (octombrie 2008) după cunoașterea și documentarea autorului, în România, nu a fost folosită încă în mod practic, în domeniul evaluărilor riscului de mediu/ecologic o metodă de acest tip, adică capabilă să ofere o consultare transparentă și orientată către găsirea unor soluții de rezolvare a problemelor ce apar sau pot apare în legătură cu efectele adverse de mediu. Cercetarea realizată în acest domeniu, care s-a concretizat și în articole și comunicări [1][2][3][4][5][6][7][8][9][10][11][12][13] s-a alăturat eforturilor generale făcute de numeroase țări de a găsi metodologii de evaluare practice și de încredere pentru a concilia opiniile tuturor părților dar în special a lua în considerație pe cele ale publicului. Tipul propus de metode de evaluare de impact/risc de mediu/ecologic este capabil să facă față incertitudinii de măsurare și epistemice într-un mod **rațional, transparent și de încredere** prin:

- 1. Folosirea unui instrument matematic solid și larg acceptat pentru modelarea incertitudinii bazat pe teoria Dempster-Shafer - un cadrul probabilistic extins al teoriei Bayesiene - și pe regula de agregare de tip neliniar pentru modelarea conflictului informațional, accentuând punctele comune ale evaluatorilor pentru atingerea consensului în decizie ;*
- 2. Combinarea rațională a subiectivității ce vine din evaluarea/ierarhizarea criteriilor alese considerând importanță lor relativă, cu obiectivitatea izvorând din realitatea stărilor reale descrise de alternative/proiecte;*
- 3. Participarea transparentă și democratică a unui spectru larg de profesioniști din diferite domenii de activitate inclusiv a publicului, pentru luarea deciziei într-o manieră practică, consensuală care să rezolve problemele și să țină cont de toate opiniile exprimate în legătură cu criteriile stabilite ;*
- 4. O bună sensibilitate, metoda fiind robustă în sensul că în condițiile schimbării datelor de intrare, în anumite limite, procesul de ierarhizare anterior realizat este prezervat. Această sensibilitate permite actualizarea datelor fără a depinde de judecăți de valoare anterior făcute așa cum se întâmplă în cazul metodelor mai vechi, foarte subiective, care nu cuantifică incertitudinea inerentă a unui asemenea proces;*
- 5. Metodologia propusă este capabilă să folosească evaluări combinate expert/ne-expert fiind adaptabilă atât informațiilor cantitative, calitative cât și celor hibride cantitativ/calitative*

**Dezvoltarea Durabilă – Concept cadru pentru definirea și implementarea strategiilor de dezvoltare viitoare a economiei mondiale asigurând și protecția mediului. (Capitolul 1)**

Conceptul dezvoltării durabile a marcat substanțial abordarea dezvoltării omenirii în ultimii zeci de ani. Dezvoltarea durabilă încearcă să ofere un cadru pentru definirea și implementarea politicilor și strategiilor economice viitoare ale economiilor naționale/mondiale care să țină cont de protecția mediului și a resurselor sale, în special a celor neregenerabile. Formulată pentru prima dată în 1987 de către Comisia pentru Mediu și Dezvoltare numită și Comisia Brundtland în documentul intitulat Viitorul Nostru Comun (sau Raportul Brundtland) [14], conceptul pledează pentru satisfacerea necesităților generațiilor prezente fără a compromite și restricționa generațiilor viitoare șansele și opțiunile de satisfacere a propriilor lor necesități. Conceptul dezvoltării durabile se referă la o

multitudine de întrebări complexe despre direcția pe care societatea, în dezvoltarea sa, trebuie să o adopte. Ne provoacă într-un fel inteligent să ne punem întrebarea: “Ce s-ar întâmplă, dacă dintr-o dată, toate produsele și beneficiile aduse de dezvoltarea și progresul economic actual nu le-am mai avea? Am fi oare capabili să ne considerăm civilizați și împliniți?” Răspunsul dat de majoritatea rațională va fi cu siguranță nu. Acest concept provoacă clasa politică a lumii la o meditație mai profundă asupra a ceea ce înseamnă de fapt dezvoltarea durabilă a omenirii. Acest concept provoacă politicienii lumii să vadă lucrurile în ansamblul și în devenirea lor eficientă. “Intregul dezvoltării omenirii” poate fi analizat prin părțile lui componente cum ar fi cele economice și sociale și acest lucru este întotdeauna un demers esențial în planificarea progresului.

### **Bazele teoretice ale conceptelor folosite în metodologiile propuse (Capitolul 2)**

Problema alegerii unui model adecvat pentru evaluarea riscului de mediu/ ecologic constă în esență în găsirea probabilității apariției unei sume de consecințe viitoare de o anumită gravitate ca urmare a producerii unor evenimente întâmplătoare, periculoase, necunoscute, sau imperfect cunoscute având la dispoziție o colecție de informații. Într-o astfel de evaluare se dispune de două categorii de date de intrare:

- a. date cantitative: măsurători (analize fizico-chimice, biologice etc) și rezultate ale unor simulări bazate pe modelări matematice ale dispersiei poluanților
- b. date calitative: judecăți de valoare ale evaluatorilor

Evaluarea de impact/risc de mediu/ecologic în condiții de incertitudine care se propune este una care folosește probabilitatea subiectivă a evaluatorilor în relație cu severitatea consecințelor poluării bazându-se pe cunoaștere și evidențe. Evidențele trebuie să sprijine modelul de predicție legat de evenimente viitoare ținând cont de incertitudinea venind din aleatorismul fenomenului de poluare și din imperfecțiunea (lipsa, incompletitudinea și vagicitatea) informației folosite. În acest moment există câteva teorii care modelează incertitudinea. Una dintre ele este teoria Dempster-Shafer Incertitudinea [15] [16] poate fi definită ca starea de dubiu a unei persoane în a face o aserțiune despre validitatea unei declarații/propoziții. Incertitudinea este descrisă ca fiind “cuantificarea credinței parțiale despre propoziții”. [24] Teoria probabilităților adesea modelează incertitudinea rezultată din informații conflictuale observate, așa cum este cazul în statistică când un experiment aleatoriu, se produce de multe ori dând la fiecare producere un anumit rezultat”. Teoria Dempster-Shafer, este un cadru probabilistic lărgit conceput pentru a face față informațiilor apriori și aposteriori în problemele statistice. Riscul este modelat pe baze probabilistice [17].

“Gândirea probabilistică este modelată de teoria Dempster-Shafer [16] cu accent pe semantică și anume, fiecărei aserțiunii formale îi este asociată o tripletă  $(p,q,r)$  unde “p” este probabilitatea “pentru” aserțiune, “q” este probabilitatea “împotriva” aserțiunii, și “r” este probabilitate pentru “nu știu”. Argumentele sunt prezentate pentru necesitatea lui “nu știu”. Ramâne valabil faptul că în mod obiectiv fiecare aserțiune definită în cadrul modelului teoretic D-S este fie adevărată fie falsă, dar din perspectiva cunoașterii analistului/evaluatorului restricția dihotomică de tip Bayesian este ridicată și  $p+q=1$  devine  $p+q+r=1$ . Teoria presupune că probabilitățile credințelor evaluatorului sunt bazate pe evidențe; probabilitatea “p” este construită să reprezinte/cuantifice/modeleze evidența evaluatorului “pentru” adevărul aserțiunii, probabilitatea “q” este construită să reprezinte/cuantifice/modeleze evidența “împotriva”, iar probabilitatea  $r=1-p-q$  este construită să reprezinte/cuantifice/modeleze ambiguitatea reziduală.” Teoria folosește probabilități subiective și două funcții numite *funcția de credință* și *funcția de plausibilitate*. Bazele sale teoretice fiind în esență probabilistic-Bayesiene teoria oferă suport în decizii ale căror raționament ar putea fi supus unei scrutinătăți și actualizări ulterioare. Meritele teoriei Dempster-Shafer constau în faptul că atribuie funcții de masă de probabilitate la mulțimi fără a fi nevoie să considere probabilitatea pentru fiecare element al acestor mulțimi. Aceasta situație este întâlnită când măsurătorile/evaluările nu sunt sigletoni ci mulțimi de valori [23] (imprecizia fiind definită ca o multitudine de alternative lăsate nespecificate în anumite condiții) [15]. Teoria este în mod special folositoare când judecățile de valoare ale experților trebuie aduse la un numitor comun prin considerarea incertitudinilor inerente. Această teorie are în acest sens meritul de a agrega evidențele rezumând și simplificând datele și modelând conflictul dintre ele. Modelarea conflictului poate fi realizată prin diferite reguli de agregare. Regula originală a teoriei D-S a fost o regulă de tip conjunctiv “ȘI” aplicată la evidențe independente. Acest tip de regulă întărește punctele comune ale evidențelor neglijând conflictul, fiind o regulă bună în cazul în care chiar dacă datele sunt imperfecte sursele de informație sunt creditate ca fiind de încredere. Ulterior din această teorie, Yang și Singh au dezvoltat un alt algoritm intitulat Evidential Reasoning (ER) respectând patru axiome și anume *a independenței*, *a consensului*, *a completitudinii* și *a incompletitudinii* și care este folosit în analiza deciziei [27]. Atât procesul de decizie cât și cel al analizei decizie de orice tip este unul complex, în care incertitudinea este întotdeauna existentă datorată așa cum am mai arătat uneori subiectivității criteriilor folosite, dar mai ales a motivațiilor evaluatorilor. Acestea sunt bazele teoretice matematice esențiale ale instrumentului metodologic de evaluare de impact/risc de mediu/ecologic propus. El folosește probabilitatea subiectivă

pentru a obține grade de încredere/suport/credință pentru răspunsuri la diverse întrebări legate conceptual. Aceste grade de încredere/ suport /credință obținute din elemente de evidență independente sunt combinate apoi conform regulii de combinare Dempster. Această permite o evidențiere a modului de gândire al fiecărui evaluator și o analiză a bazelor raționale de luare a deciziei. Se consideră  $\theta = \{H_1, \dots, H_n\}$  mulțimea universală adică mulțimea tuturor stărilor/obiectelor posibile de considerat ale carei elemente/membrii reprezintă propoziții/asertiuni. Aceste propoziții/asertiuni sunt construite din concepte în care suntem interesați; ele sunt colectiv exhaustive și mutual exclusive și formează de fapt mulțimea ipotezelor de lucru (notația H vine de la englezescul hypothesis) și această mulțime este numită cadru de discernământ. Se consideră de asemenea mulțimea  $2^\theta = \{(\emptyset)(H_1)(H_2)\dots (H_n), (H_1, H_2), \dots (H_1, H_n)\dots(\theta)\}$  ca fiind mulțimea puterilor lui “ $\theta$ ” care e formată din toate sub-mulțimile ei. Se introduce de asemenea funcția  $m: 2^\theta \rightarrow [0,1]$  care este numită funcția de masă de probabilitate definită ca  $m(\emptyset) = 0$  și  $\sum_{A \subseteq \theta} m(A) = 1$  unde “ $\emptyset$ ” este mulțimea vidă și “A” este orice submulțime a lui “ $\theta$ .” În consecință, bazat pe evidența existentă, o valoare numerică în intervalul  $[0,1]$  este atribuită fiecărui element al mulțimii puterilor  $2^\theta$  reprezentând probabilitatea asociată fiecărui element al mulțimii putere, element care la rândul lui este de tip mulțime el fiind de fapt o submulțime a lui “ $\theta$ ”,  $A \subseteq \theta$ , astfel încât  $m(A) > 0$  este numit element focal. Elementele focale formează corpul de evidențe ce susțin revendicarea (ipoteza) că starea de fapt/de lucruri aparține lui “A”. Probabilitatea atribuită măsoară exact încrederea/suportul/credința (credibilitatea) atribuită lui “A” și reprezintă cât de puternic evidența disponibilă considerată susține pe “A”. Toate probabilitățile atribuite însumate dau unu și nu se atribuie nici un fel de încredere/suport/credința (credibilitate) mulțimii vide “ $\emptyset$ ”. Trebuie să se observe că funcția “ $m(A)$ ” a unui element/membru “A” dat al mulțimii putere  $2^\theta$ , exprimă proporția tuturor evidențelor disponibile și relevante care susțin revendicarea că starea de fapt aparține mulțimii “A” dar nu și oricărei submulțimi particulare a mulțimii “A”. Valorile lui “ $m(A)$ ” (numite și probabilități de bază/elementare atribuite) susțin deci numai mulțimea “A”, nefăcând nici-un fel de revendicări referitor la vreo submulțime a lui “A”, fiecare la rândul ei având prin definiție propria sa masă de probabilitate de bază/elementară atribuită. Asociată cu fiecare probabilitate de masă este măsura credinței “Bel” și măsura plauzibilității “Pl” care sunt ambele funcții ce au domeniul în  $2^\theta$  luând valori din intervalul  $[0,1]$  definite de următoarele relații:

- $Bel(A) = \sum_{A \subseteq B} m(B)$ . Funcția credință/suport (credibilitate) “Bel A” pentru mulțimea “A” este definită ca sumă a tuturor maselor submulțimilor mulțimii de interes .

- $Pl(A) = \sum_{A \cap B \neq \emptyset} m(B)$ . Plauzibilitatea “Pl(A)” este suma tuturor maselor mulțimilor “B” care interesează mulțimea de interes.

Funcția “Bel (A)” reprezintă suportul evidințial pentru ipoteză “A”, evidență care arată faptul că starea adevarată de fapt susține această ipoteză. Funcția “Pl (A)” reprezintă suportul evidințial posibil pentru “A”(care nu contrazice ipoteza “A”). Intervalul [Bel(A), Pl(A)] reprezintă suportul total care sprijină ipoteza “A” și limitele intervalului pot fi văzute ca reprezentând limita cea mai joasă și cea mai înaltă a probabilității cu care ipoteza “A” este sprijinită prin evidențele considerate. Cele două măsuri sunt relaționate una cu alta după cum urmează:  $Pl(A) = 1 - Bel(\bar{A})$ , unde “ $\bar{A}$ ” desemnează complementul lui “A”. Diferența între suportul/credința și plauzibilitatea mulțimii “A” reprezintă/descrie ignoranța pentru ipoteza “A”. Astfel dacă “m(A)” exclude submulțimile lui “A”, funcția “Bel (A)” include toate submulțimile și nu numai cele neapărat strict incluse. Cele trei funcții “m (A)”, “Bel(A)”, “Pl(A)” pot fi văzute ca trei aspecte ale aceluiași element de informație. Astfel, cadrul Shafer permite reprezentarea credinței/suportului(credibilității) despre propoziții sub forma unui interval mărginit de aceste două valori: *credința /suportul (credibilitatea)* unei ipoteze și *plauzibilitatea* unei ipoteze. Din punct de vedere al proporției evidențelor este valabilă deci relația “*credința /suportul (credibilitatea) ≤ plauzibilitatea*”. Regula Dempster de combinare, arată cum trebuie combinate, agregate, mulțimi independente de mase de probabilități elementare/de bază atribuite. Regula presupune că sursele de informație sunt independente la nivelul de bază. Ea folosește așa-numita sumă ortogonală pentru a combina “k” mase de probabilitate dintr-o structură de credință/suport/credibilitate pentru o ipoteză /atribut/obiectiv sub forma:  $m = m_1 \oplus m_2 \oplus \dots \oplus m_k$  unde “ $\oplus$ ” reprezintă un operator de combinare (o regulă de combinare ) pentru 2 mase de probabilitate dintr-o structură de încredere/suport/credință/credibilitate pentru o ipoteză (atribut/obiectiv). Regula Dempster este definită după cum urmează:

$$\begin{aligned}
 [m_1 \oplus m_2] (C) = & \quad 0 & \quad C = \emptyset \\
 & \frac{\sum_{A \cap B = C} m_1(A)m_2(B)}{1 - \sum_{A \cap B = \emptyset} m_1(A)m_2(B)} & \quad C \neq \emptyset
 \end{aligned}$$

unde A și B sunt ambele elemente focale și  $[m_1 \oplus m_2] (C)$  este de asemenea ea însăși o probabilitate de bază/elementară atribuită. Numitorul  $1 - \sum_{A \cap B = \emptyset} m_1(A)m_2(B)$  notat cu K este numit factor de normalizare și  $\sum_{A \cap B = \emptyset} m_1(A)m_2(B)$  este numit grad de conflict, și măsoară conflictul între elemente de evidență. Obiectivele acestei teze au vizat realizarea unor metodologii competitive pentru evaluarea riscului de mediu/ecologic și managementul lui.

Documentarea în literatură de specialitate a arătat că teoria Dempster-Shafer și algoritmul ER sunt cele mai potrivite pentru realizare unui cadru democratic, transparent și de largă consultare unde opiniile tuturor părților interesate indiferent ca sunt ale investitorilor sau ale publicului să poată fi luate în considerare în relație cu protecția mediului în luare deciziilor. Presiunea reglementărilor legislative actuale a orientat alegerea unui model de management de risc de mediu /ecologic care să fie ușor de folosit, suficient de riguros în a arăta motivațiile raționale din spatele evaluării. Acest model trebuie să sprijine în mod corespunzător deciziile legate de alegerea măsurilor de control pentru riscurile găsite astfel încât politica de mediu și strategiile să fie bine documentate și susținute. Modelul ales a fost unul care conceptual să poată să răspundă schemei Fig. 1. Modelul metodologic ales este o reprezentare simplificată a realității modelate, adică a mecanismului de generare de date pentru estimarea riscului în condiții de incertitudine. Riscul de mediu/ecologic poate fi considerat conceptual ca o funcție de doi factori generici: *pericole și vulnerabilități*. *Pericolul* a fost definit ca proprietatea inerentă a unei entități, situații sau combinații a celor două de a avea un potențial dăunător asupra unei ținte incluzând un organism, o specie, o (sub)populație, un sistem, un ecosistem și omul în decursul expunerii. *Vulnerabilitatea* a fost definită ca fiind determinată de proprietăți inerente ale obiectului supus riscului care îl fac sensibil la un pericol anume. Pentru estimarea riscului de mediu/ecologic modelul [17] trebuie să genereze date despre: 1) *pericole și vulnerabilități*; 2) *expunerea elementelor ce recepționează poluarea* (apă, sedimente, atmosferă, floră, faună și om) *la presiunea surselor poluatoare* (în acest caz surse fixe punctiforme și reprezentate de cele trei organizațiile din cele trei studii de caz considerate) reprezentate de evacuările în mediu ale acestora; 3) despre *capacitatea de absorbție a poluării de către ecosistemul considerat fără efecte semnificative negative pe un orizont de timp relevant*; 4) despre *probabilitatea apariției unor consecințe de o anumită gravitate ca urmare a poluării necontrolate în timp util* în percepțiile, opiniile și judecățile evaluatorilor (experți, părți interesate și public). Generarea acestor date se face în modelul propus în treapta de prelucrare/analizare a datelor primare și secundare, folosind date provenite de la două tipuri de surse: studii de evaluare de impact de tip Bilanț de Mediu II (obligatorii înaintea oricărui studiu de evaluare de risc ecologic) și răspunsurile la chestionare de opinie aplicate unor grupuri de evaluatori. *Dacă* pentru o evaluare de risc există date primare suficiente și de bună calitate statistică astfel încât să putem dispune de distribuții ale variabilelor de interes, *atunci* conceperea și folosirea unui model statistic parametric adecvat de evaluare a riscului poate fi dezirabilă. Dacă totuși datele primare pentru diverse variabile nu există sau sunt de slabă calitate statistică atunci o abordare de tip calitativ multicriterial

este recomandabil de ales. Tipul de metodologie propus în această teză se adresează în mod special acestui ultim tip de situații. În modelul de evaluare multicriterială propus, atributul/obiectivul de mediu/ecologic de vârf de analizat/evaluat a fost definit ca o funcție de două categorii de criterii: cantitative formând vectorul  $V_i$  și calitative formând vectorul  $V_j$ .

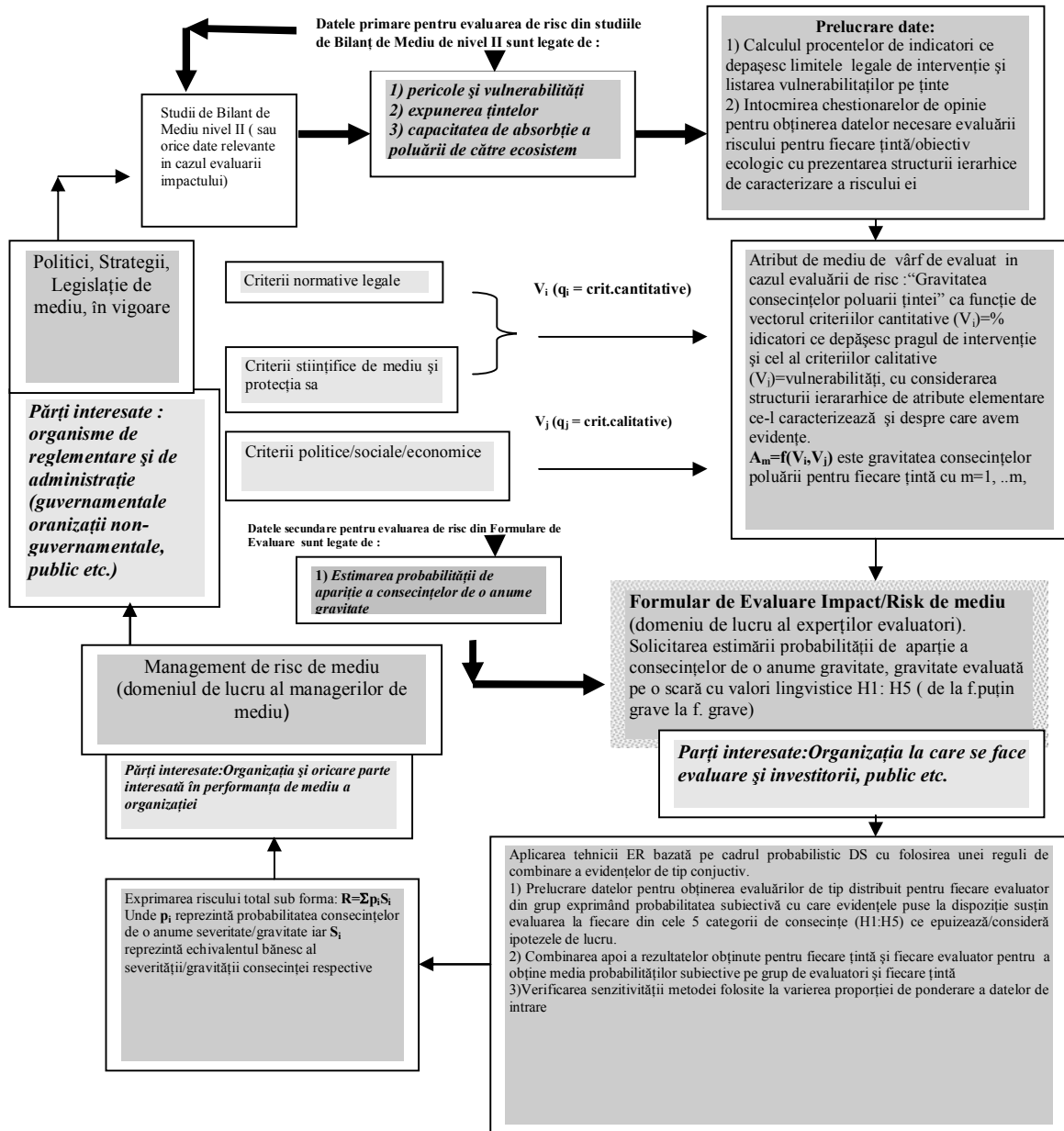


Fig 1. Schemă conceptuală a modelului ales pentru a realiza atât evaluarea cât și managementul riscului.

Acest obiectiv/atribut de vârf se refera la *gravitatea/severitatea consecințelor poluării* și se face pentru diferite ținte cum ar fi ecosistemele corpurilor de apă, ecosistemul vegetație din împrejurimile unui amplasament, și sănătatea umană a locuitorilor sau lucrătorilor din zonă ca urmare a manifestării factorilor de risc, prin expunerea acestor ținte în anumite condiții de poluare necontrolată în timp util. Evaluatorilor li se cere să - și exprime probabilitatea

subiectivă în raport cu modul în care evidențele aduse considerând criteriile  $V_i$  și  $V_j$  susțin gravități de diverse tipuri caracterizate prin calificativele unei scări lingvistice dinainte stabilite. Poluarea, în accepțiunea definiției legal acceptate, reprezintă stricarea/debalansarea echilibrului ecologic. Un mod relevant și documentat pentru evaluarea poluării în situația depășirii capacității de absorbție a poluării de către un ecosistem, este considerarea situației de atingere a limitelor de intervenție stabilite prin legislația curentă pentru diferite tipuri de indicatori ca fiind “poluare semnificativă”. În accepțiunea prezentei teze, un indicator de risc de mediu/ecologic reprezintă o variabilă folosită pentru a caracteriza riscul în mod indirect, direcționând atenția fie către pericole fie către vulnerabilități. S-a considerat că probabilitatea de apariție a unor consecințe de diverse gravități caracterizate calitativ pe o scară lingvistică de la “foarte puțin grave” până la “foarte grave” poate fi legată de procentul de indicatori de stare ecologică ce depășesc limita legală de intervenție într-o perioadă de monitorizare relevantă și de vulnerabilitățile la tipul și natura intrinsec toxică a poluanților. În predicția unui eveniment viitor bazat pe extrapolarea unor observații anterior produse, incertitudinea reprezintă trăsătura centrală. Estimarea mărimii riscului de mediu/ecologic în metodologia propusă are la bază percepția, opinia, sau judecățile de valoare a evaluatorilor care își exprimă probabilitatea subiectivă în legătură cu producerea unor consecințe de diverse gravități pe baza evidențelor avute la dispoziție. Astfel incertitudinea izvorată din datele imperfecte (lipsă, redundante sau incomplete) este inclusă în probabilitatea subiectivă manifestată de evaluatori în procesul de evaluare pentru fiecare tip de consecință. *Estimarea riscului folosind probabilitățile subiective și tehnica/algorithmul Evidential Reasoning pentru agregarea evidențelor* reprezintă instrumentul matematic folosind datele avute la dispoziție. În această abordare conceptele de *posibilitate* și *fuzism* sunt de asemenea prezente când se aleg scări lingvistice[24]. Folosirea tehnicii/algorithmului ER răspunde la toate cerințele modelului conceptual propus ca fiind un instrument matematic adecvat pentru dezvoltarea unei evaluări de risc de mediu/ecologic. Avantajele acestui model conceptual propus este că răspunde cerințelor legislative de largă consultare democratică a tuturor părților interesate așa cum am menționat deja orientând către consensul părților într-o abordare ce urmărește găsirea soluțiilor. Acest model metodologic este robust și permite incorporarea noilor evidențe având o bună toleranța la varierea datelor de intrare fiind ușor de folosit. Prezentând aceste avantaje, modelul poate fi utilizat atât pentru evaluările de impact/risc de mediu/ecologic cât și pentru managementul deciziilor în legătură cu riscurile indentificate.

### **Metodologia de cercetare pentru atingerea obiectivelor (Capitolul 3)**

Metodologia de cercetare a inclus:

- planificarea analizei și a abordării evaluării riscului de mediu/ecologic;
- stabilirea instrumentelor de cercetare ce trebuie folosite pentru atingerea obiectivelor propuse;
- stabilirea industriilor reprezentative de considerat ținând cont de posibilitățile lor de dezvoltare și de impactul/riscul de mediu al acestei dezvoltări;
- proiectarea și implementarea metodologiilor de evaluare a impactului/riscului de mediu pe trei studii de caz cu date colectate în perioada 2000-2006.

Metoda studiilor de caz este adesea folosită în strategia de cercetare din cauză că oferă posibilitatea de a aplica direct teoria în practică, deși în privința puterii ei generalizatoare trebuie menționat că există aspecte care pot fi revizuite după caz. Selectarea studiilor de caz relevante a fost făcută folosind eșantioane orientate și nu eșantioane aleatorii. Tipul de metodologie de evaluare propus este bazat atât pe cunoaștere și înțelegere, dar și pe perspectivă de acțiune practică viitoare și adecvată acordând o mare importanță clarificării cauzalității în cadrul problemelor de poluare și considerând opiniile unui spectru larg și relevant de specialiști. Realizarea studiilor de caz în cadrul acestei cercetări a însemnat următoarele trepte:

- selecția a trei studii de caz;
- colecția datelor, analizarea și prezentarea lor sintetică spre evaluare;
- selecția participanților la studiul aplicativ de evaluare (selecția grupurilor de evaluatori);
- analizarea rezultatelor evaluării;
- folosirea rezultatelor evaluării în metodologiile propuse;
- comentarea rezultatelor atât pentru fiecare caz cât și într-un cadru integrat.

Pentru selecția studiilor de caz s-a folosit o sumă de criterii vizând pe de o parte unicitatea fiecărui studiu prin poluarea specifică calitativă și cantitativă implicată iar pe de altă parte reprezentativitatea fiecăruia pentru industria românească și perspectivele dezvoltării durabile în România. Aceste studii de caz au implicat și o varietate de regiuni, dar și de valori ale parametrilor de interes pentru poluare în privința debitelor deversate și a tipurilor de impurificatori. S-a stabilit folosirea datelor vizând trei companii diferite din industria minieră, chimică și farmaceutică iar metodele de colectare a datelor au fost "documentarea" și "sondajele de evaluare a opiniei". Pentru a confirma validitatea studiilor, conceptele studiate – de exemplu cel de "poluare semnificativă" sau cel de "risc" etc. - ne-

am asigurat că au fost corect măsurate prin datele colectate și prin metoda folosită având ca referință legislația în domeniu. S-a asigurat validitatea internă a informațiilor prin colectarea datelor de evidență din surse multiple. Aceste date au constat atât din măsurători fizico-chimice și biologice realizate de INCD-ECOIND – București dar și din măsurători realizate de fiecare organizație în cadrul programului de automonitorizare. Am implicat în evaluare un număr de treizeci de persoane grupate în șase grupuri de interes din domenii diferite de activitate, fiecare grup fiind format dintr-un număr de cinci evaluatori. Grupurile de evaluatori au fost din următoarele domenii: academic, cercetare, inginerie hidrotehnică, management calitate, management mediu, management sănătate și siguranță ocupațională/în muncă. Încrederea în rezultate s-a realizat prin faptul că același formular de evaluare, aceeași procedură a fost în mod repetat administrate pe rând celor șase grupuri diferite arătând că o procedură de evaluare bine documentată poate conduce la rezultate adecvate. Studiile de caz au fost selecționate așa cum s-a aratat din industriile: minieră, chimică, și farmaceutică.

#### **Metodologia de evaluare impact/risc de mediu (Capitolul 4)**

Procesul de dezvoltare a celor două metodologii de evaluare de impact/risc de mediu/ecologic în două variante numite *Metodologie V1* și *Metodologie V2* a presupus următoarele trepte:

- Proiectarea
- Testarea și Analizarea
- Îmbunătățirea

Pentru că sursele de documentare [18], [25], [26] au oferit o cantitate mare de date de calitate diferită, pentru cele trei studii s-a realizat restructurarea și sintetizarea acestor date pentru a oferi în final spre evaluare un tablou relevant de informații calitative. Aceste date calitative au avut susținerea cantitativă deci în măsurătorile avute la dispoziție și care sunt documentate și comentate în cadrul Anexei 2 din teză. Analizarea datelor cantitative a fost făcută de autor care le-a grupat în diverse categorii, le-a recombinaș astfel încât evaluatorii să obțină cât mai multe informații pe care sa-și poată baza evaluarea. În final s-a obținut un formular de evaluare prezentat în cadrul Capitolului 4 al tezei în *Fig. 4- 1, 2, 3, 4, 5, 6 intitulat "Formular de evaluare validat cu sumar de informații"* cu diagrame ușor de citit și înțeles. Acest formular a încercat să sugereze relațiile cauzale. Acest formular a fost validat împreună cu conducerea institutului spre a fi folosit ca un formular de evaluare în sondajele de opinie din cadrul etapei de testare. S-a dorit astfel să se raporteze datele într-un mod care transformă problema complexă a poluării și severității/gravității consecințelor ei într-o

problemă mai ușor de înțeles, permițând evaluatorului (care poate fi orice parte interesată nu neapărat un expert în domeniul mediului/ecologic) să-și exprime opinia, să examineze situațiile de poluare prezentate și să ajungă la o înțelegere independentă. *Obiectivul cercetării pe care deja l-am prezentat, a fost să se ofere o modalitate transparentă și democratică de evaluare a impactului/riscului de mediu/ecologic așa cum legislația solicită astfel încât informația foarte specializată să fie prezentată în modalități accesibile publicului larg.* Trebuie menționat că legislația solicită în final evaluatorilor să realizeze un sumar ne-tehnic care să fie baza unor decizii în cazul evaluărilor de impact/risc ecologic. S-a căutat ca prin folosirea sistemului de cuantificare al poluării prin intermediul numărului de indicatori legal normați respectați sau nerespectați, să se ofere evaluatorului generic (expert sau orice parte interesată) încrederea că toate cerințele legale în vigoare în momentul realizării studiului au fost considerate. Protocolul propriu zis de cercetare a constat din: *colectarea de date, analiza și prelucrarea datelor* cu specificitațiile prezentate pe scurt în cele ce urmează. Protocolul de cercetare pentru metoda studiilor de caz constă, în general, din reguli care trebuie urmate în colectarea datelor pentru a crește încrederea în rezultatele cercetării. Se prezintă în Fig. 2. o schemă de principiu a acestuia pentru colectarea și validarea datelor cu scopul de a fi folosite în treapta de prelucrare

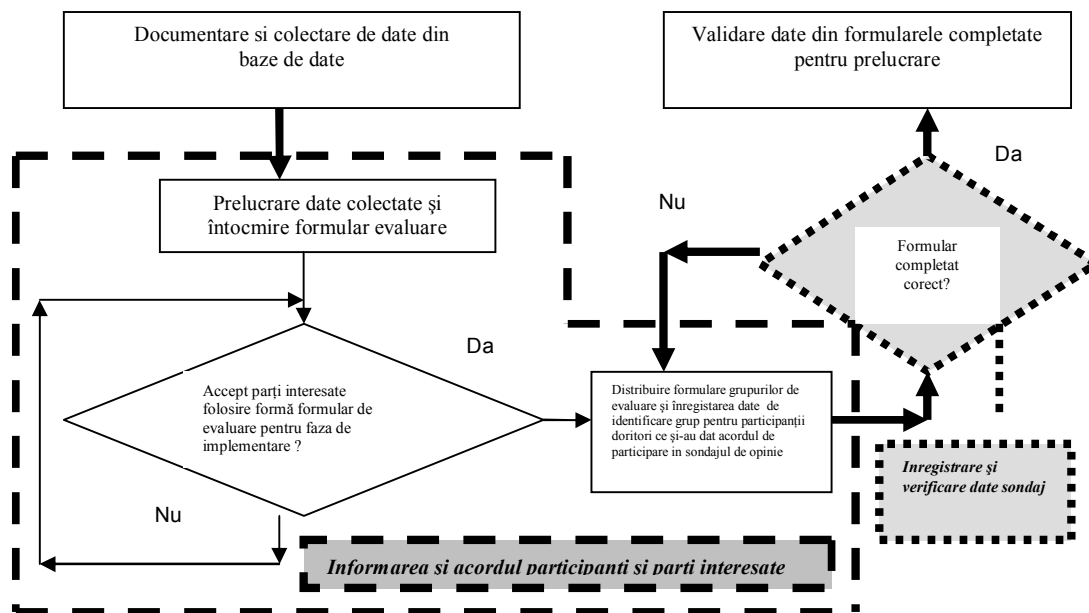


Fig. 2. O schemă pentru colectarea și validarea datelor pentru a fi mai departe procesate

Estimarea evoluției în timp a deversarilor - ca evenimente periculoase conducând la poluare - este o necesitate. Poluare reprezintă dauna ecologică adică debalansarea/stricarea echilibrului ecologic. *Estimarea probabilității apariției poluării* înseamnă estimarea

probabilității cauzei de apariție în viitor a unor consecințe de diferite severități cum ar fi în accidente ecologice sau accidente ecologice majore (dezastre ecologice). O bună apreciere se bazează deci pe o bună monitorizare. În această idee, în ultimii ani, a apărut efortul internațional de legiferare a armonizării monitorizărilor și măsurărilor relevante. Acest efort a fost făcut cu scopul de a reduce incertitudinea concluziilor unui astfel de proces. Estimarea probabilității consecințelor poluării este condiționată de o serie de evenimente dintre care deversările reprezintă evenimentul elementar, de bază. Schema de mai jos prezintă în esență acest lanț causal de evenimente și ea stă la baza, alături de explicațiile oferite în Capitolul 2 al acestei teze, a modului în care metoda propusă este capabilă - folosind baze probabilistice - să realizeze evaluarea riscului de mediu considerând un corp de evidențe disponibile, adecvat selecționate. Prin  $P_i$  și  $P_a$  în schemă se indică, respectiv “pragul de intervenție” și “pragul de alertă” așa cum sunt prezentate în legislația românească. [19] În cele ce urmează se prezintă succint modul în care noul tip de metodologie de evaluare de risc de mediu poate fi folosit pentru evaluări bazate pe date calitative, cantitative și hibride și poate fi testat într-un studiu aplicativ. *Acest nou tip de metodologie permite realizarea unor evaluări combinate între evaluările experților și evaluările oricăror părți interesate și acest lucru este o importantă noutate care vine în întâmpinarea îndeplinirii cerințelor legale pentru o largă consultare democratică în studiile de evaluare de impact/risc ecologic.*

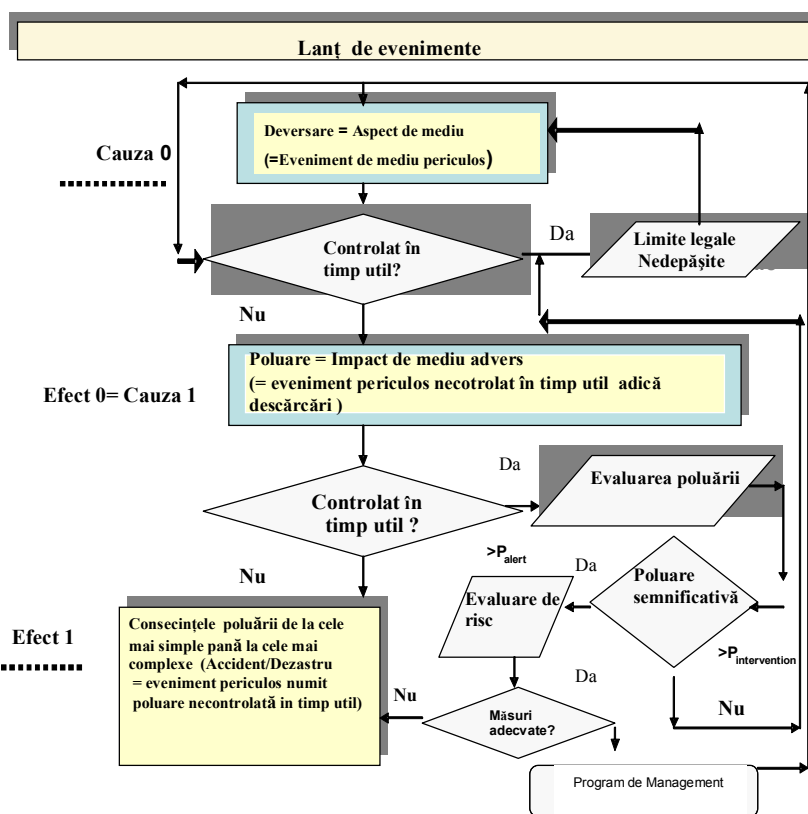


Fig. 3. Lanț causal de evenimente

Selecția evaluatorilor a fost făcută în funcție de preocuparea pentru mediu și protecția sa în activitățile profesionale obișnuite sau contingente în baza unor criterii de cunoaștere și experiență în diverse domenii de activitate necesare unei astfel de evaluări. S-au folosit deci evaluările unui număr de treizeci de evaluatori, neexperți în domeniul evaluărilor de impact/risc de mediu/ecologic dar având educație în domenii conexe necesare acestor evaluări. De asemenea s-au folosit evaluările unui grup de experți în domeniul evaluărilor de impact/risc de mediu/ecologic din INCD-ECOIND București. Cele șase grupuri de evaluatori numite *grupuri profesionale ne-experte în domeniul ecologic* (sau grupuri profesionale de evaluatori, neexperți în evaluările de risc de mediu/ecologic) au funcționat în postura diverselor părți interesate inclusiv în postura publicului, dar a unui public avizat, educat și interesat în problematica protecției mediului așa cum prevede legislația europeană în această privință care subliniază că “statele membre identifică publicul îndreptățit în virtutea preocupărilor și interesului său să participe la consultări” (Anexa 1 din teză).

Metodologia propusă în două variante intitulate **Metodologia V1** și **Metodologia V2** se exemplifică în cele ce urmează pe cele trei studii de caz notate Pr I, Pr II, și Pr III reprezentând situațiile de poluare din cele trei organizații selecționate din industria minieră, chimică și farmaceutică prezentate în Capitolul 3 al acestei teze. S-a conceput și un ghid metodologic generic de evaluare impact/risc de mediu/ecologic bazat pe teoria evidenței D-S și algoritmul ER în condiții de incertitudine prezentat în cele ce urmează ca schemă generică de urmat cuprinzând următoarele etape procedurale:

- 1) formularea problemei - *procedura de culegere a datelor relevante*;
- 2) identificarea pericolelor - *procedura de identificare a pericolelor*;
- 3) evaluarea emisiilor și a expunerii – *procedura de evaluare a emisiilor și a expunerii (analize pe surse și dispersia poluanților cu estimarea expunerii - scenarii)*;
- 4) consecințe ecologice (afectări detrimentală ale echilibrului ecologic)- *procedura de definire a scenariilor de risc*;
- 5) *estimarea riscului și evaluarea riscului* (folosirea formularelor cu sinteza informațiilor pentru evaluarea distribuită), prezentarea lor grupurilor de experți și calculul pe baza algoritmului din fișierele de calcul a mărimii valorii riscului prin estimarea probabilității și gravității consecințelor în cazul scenariului expus – *procedura de estimare și evaluare a riscului*.

#### **Metodologie V1**

În prima variantă numită **Metodologie V1**, evaluarea a fost realizată fără folosirea scenariilor de risc. Această variantă s-a bazat pe un sumar de date/informații calitative

sintetice prezentate în formularul de evaluare special destinat acestui studiu aplicativ dar având la bază date cantitative prezentate în Anexa 2 a acestei teze. Această variantă de evaluare numită **Metodologie V1** a fost realizată numai cu grupurile profesionale de evaluatori non-experti în domeniul evaluărilor de impact/risc de mediu. Aceste grupuri au evaluat probabilitățile apariției consecințelor poluării de diferite severități conform informațiilor și instrucțiunilor date în formularul de sondaj. Rezultatele evaluărilor au fost prelucrate folosind teoria și algoritmul D-S/ER.

### **Metodologia V2**

În a doua variantă numită **Metodologie V2**, evaluarea a fost îmbunătățită în sensul că s-au definit și considerat scenariile de risc dar numai în cazul proiectului Pr III. Această variantă a constat din combinarea a două categorii de evaluări: o evaluare făcută anterior de evaluatori experți în domeniul evaluărilor de impact/risc de mediu/ecologic și o evaluare făcută de evaluatori non-experti în domeniul evaluărilor de impact/risc de mediu/ecologic. Proiectul III a fost evaluat inițial de un grup de experți în evaluări ecologice din INCD-ECOIND București printr-o altă metodă, bazată tot pe probabilitatea subiectivă pentru cinci scenarii posibile de risc. Această evaluare s-a bazat pe date cantitative. Aceleași date cantitative folosite de evaluatori INCD-ECOIND București în studiul de evaluare de risc anterior realizat au fost sintetizate pentru scopul prezentului studiu aplicativ și prezentate celor șase grupuri profesionale din categoria non-experti în domeniul evaluărilor de risc de mediu/ecologic. Aceste date au fost în prealabil procesate de autor și prezentate în formularul de evaluare în forma corespunzătoare situațiilor de poluare 5 și 6. Evaluarea ( la nivelul fiecărui membru ) pentru fiecare grup profesional neexpert în domeniul evaluărilor de risc ecologic/de mediu pentru Proiectul III într-un scenariu de risc unic a fost combinată cu evaluarea grupului expert în evaluări de risc ecologic din INCD-ECOIND București (considerat ca o unică evaluare) pentru fiecare din cele cinci scenarii notate rA÷rE. Au rezultat în final șase evaluări combinate pentru scenariul rA, șase pentru rB etc. adică în total de treizeci și șase de evaluări combinate între o evaluare expert cea a grupului INCD-ECOIND București și una neexpert a fiecărui evaluator din fiecare grup non-expert. Acest tip de evaluare combinată folosind scenariile de risc pentru proiectul Pr III – reprezentând îmbunătățirea variantei I a metodologiei propuse - a fost comparată cu evaluarea simplă în scenariu unic pentru proiectul Pr III- reprezentând varianta I neîmbunătățită a metodologiei propuse. Rezultatele au fost analizate și discutate. Trebuie menționat că proiectarea materialelor metodologice cu datele și instrucțiunile corespunzătoare în cele două variante a fost comună în sensul că s-a folosit un singur formular de evaluare din care au fost extrase

evaluările, constituind datele secundare ale metodei de evaluare propuse. Această abordare a permis realizarea a două variante folosind același suport de calcul (fișiere de calcul EXCEL- Anexa 3 la această teză). Formularul comun pentru cele trei studii de caz – situație poluare 1 ÷ 6 a fost validat în forma de prezentare din figurile 4-1 ÷ 4-6 de mai jos pentru a fi oferit evaluatorilor în timpul sondajelor. Rezultatele prelucrate, s-a menționat participanților că au fost folosite în exclusivitate pentru testarea noului tip de metode propus în cadrul prezentei teze de doctorat. Repondenții au fost rugați să își exprime evaluările pe baza unui sistem de notare format din cinci calificative  $H_1:H_5$  având semnificațiile  $H_1$  =consecințe foarte puțin grave,  $H_2$ =consecințe puțin grave,  $H_3$ =consecințe de gravitate medie,  $H_4$ =consecințe de gravitate mare,  $H_5$ =consecințe de gravitate foarte mare, și răspunzând la întrebarea «Cât de grave/severe credeți că sunt sau pot fi consecințele expunerii factorilor de mediu și omului (lucrători și locuitori din zonă) la poluanții din fiecare situație de poluare prezentată?» Repondenții au fost rugați ca pentru fiecare situație de poluare 1 ÷ 6 să aprecieze în propria opinie probabilitatea ca evidențele prezentate să susțină evaluarea la unul, mai multe sau toate calificativele (notele) caracterizând posibilele consecințe, cu mențiunea că suma probabilităților cu care a fost acordat(ă) fiecare calificativ /notă în cazul fiecărei situații de poluare să nu depășească 1. În formular au fost prezentate șase situații de poluare. În situațiile 1 ÷ 4 factorul de mediu/ecologic considerat a fost apa, în situațiile 5 și 6 factorii de mediu/ecologici considerați au fost aerul și sănătatea și siguranța umană (în acest caz au fost prezentate informații cu referire la posibile aspecte de poluare ce pot afecta flora prin contaminarea conexă a solului și apei). Următoarele informații au fost prezentate ca evidențe pentru evaluarea severității consecințelor poluării. Patru fluxuri de apă poluate au fost considerate reprezentând patru situații de poluare distincte și arătate în următoarele reprezentări grafice. Aceste fluxuri de apă se varsă în diferite corpuri de apă înregistrându-se: 1) procentul de indicatori legal normați pentru calitatea apelor de suprafață și sedimente care păstrează calitatea apei de dinainte de confluență cu aceste fluxuri poluante, 2) ce procent de indicatori schimbă calitatea apei în sensul înrăutățirii acesteia și 3) cât de mare este această schimbare, știind că legislația curentă [22] [20] [21] consideră următoarele calității: I –foarte bună, I- bună, III – medie, IV- slabă, V –foarte slabă. Repondenții au fost instruiți că în evaluare să țină cont și de natura și toxicitatea poluanților menționați în scheme precum și de debitele care sunt mici în situațiile 1 și 2 și mari în situațiile 3 și 4 și sunt evacuate în același tip de corpuri de apă considerate râuri mari. În legislație actuală se face mențiunea pentru indicatorii Na și Ca că nu sunt considerați poluanți dar repondenții au fost instruiți că trebuie

reținut faptul că în general acești indicatori se măsoară și se discută contextual în cazul diverselor folosințe ale apei din aval (Ca).

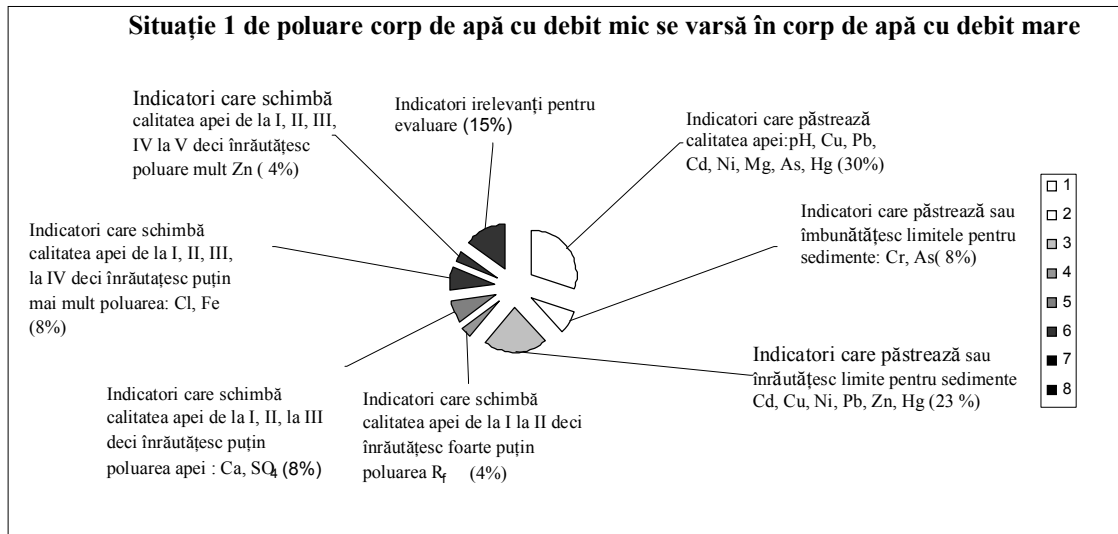


Fig. 4 -1 Formularul comun pentru cele trei studii de caz – situație poluare 1

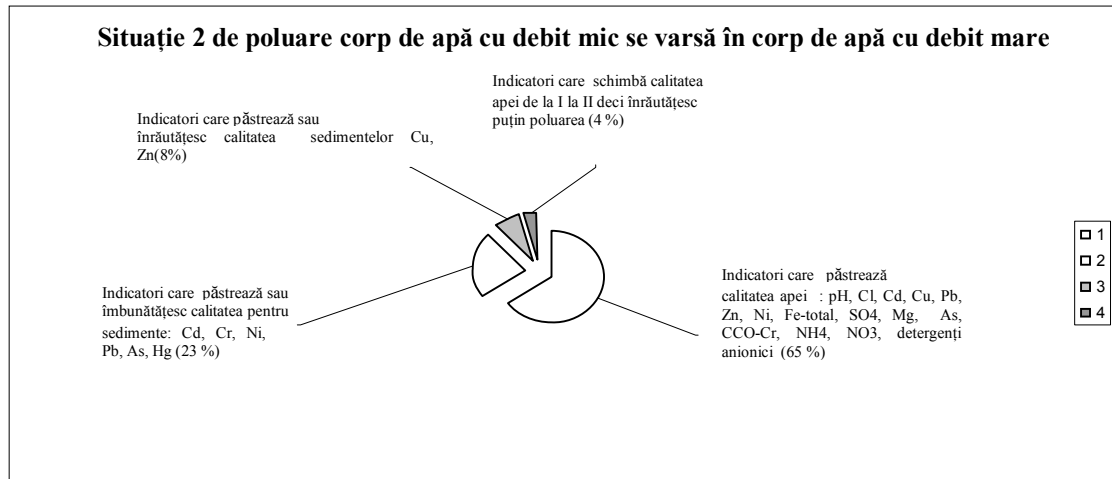


Fig. 4-2. Formularul comun pentru cele trei studii de caz – situație poluare 2

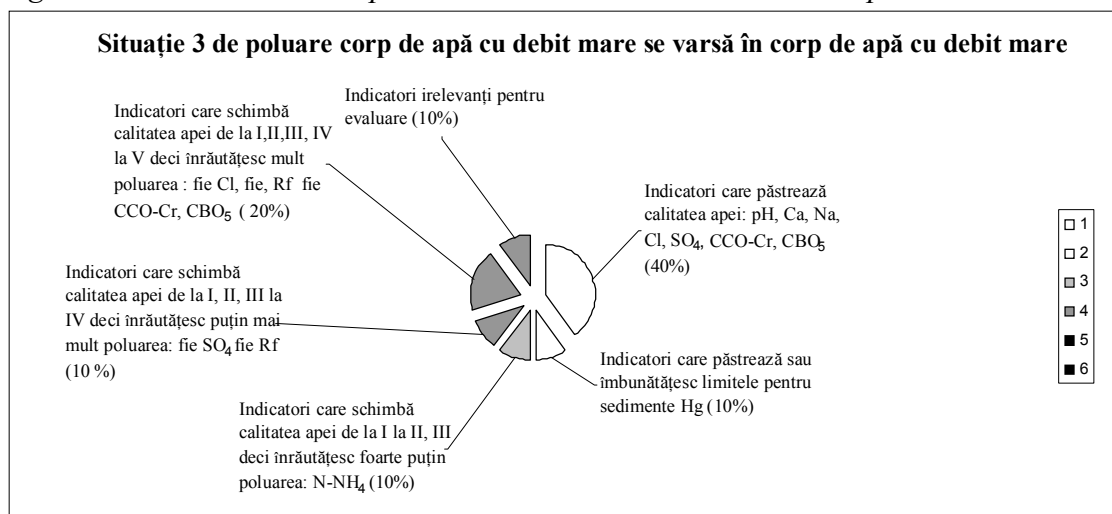


Fig. 4-3. Formularul comun pentru cele trei studii de caz – situație poluare 3

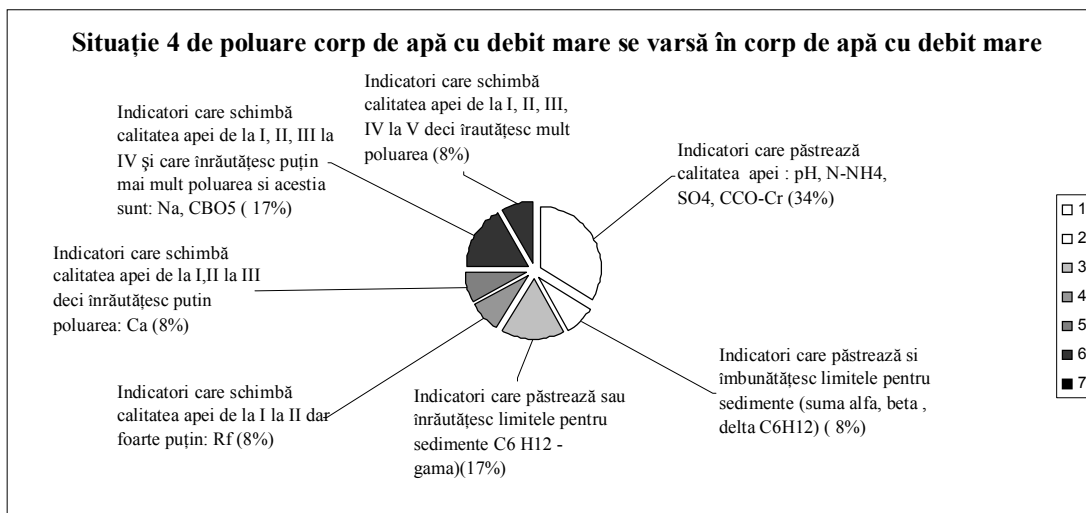


Fig.4-4. Formularul comun pentru cele trei studii de caz – situație poluare 4

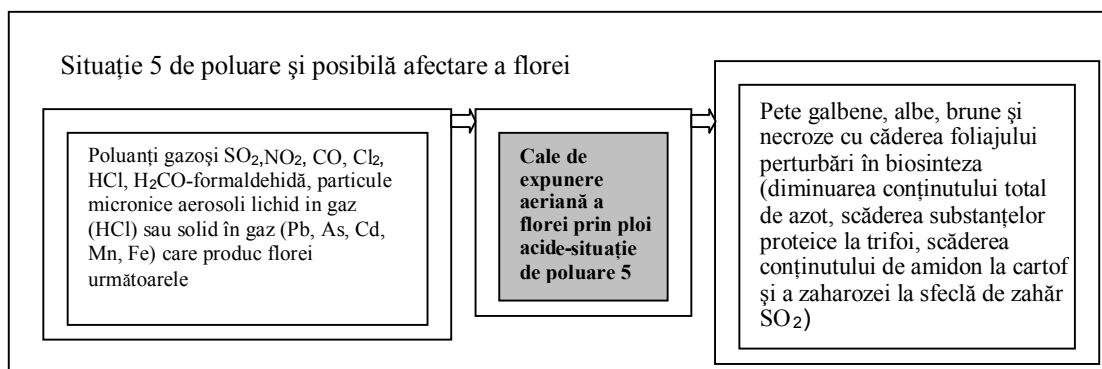


Fig.4-5 Formularul comun pentru cele trei studii de caz – situație poluare 5

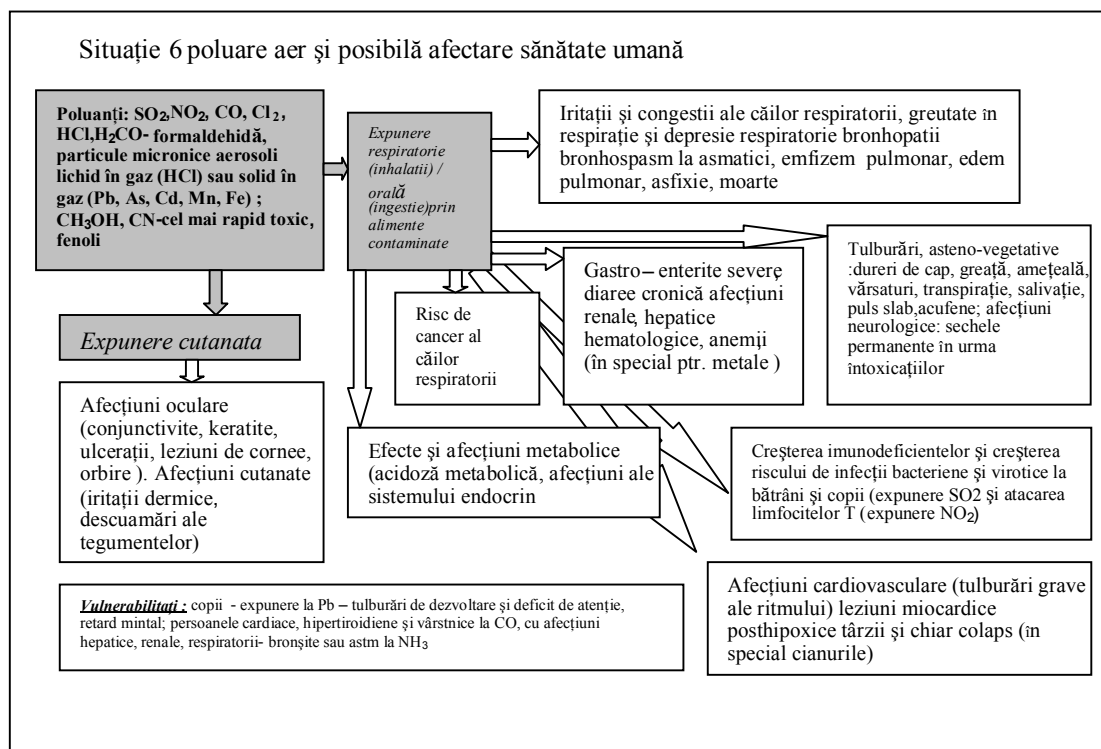


Fig. 4-6 Formularul comun pentru cele trei studii de caz – situație poluare 6

În cele ce urmează se prezintă explicativ sumarul algoritmului de calcul regăsit în Anexa 3 din teză sub forma fișierelor EXCEL precum și rezultatele finale pentru evaluările distribuite în cazul celor șase grupuri profesionale de evaluatori ne-experti în evaluările de risc de mediu/ecologic. Modelul de evaluare de tip D-S/ER folosit a oferit posibilitatea evaluării riscului de mediu și ierarhizării proiectelor Pr.I, Pr.II, Pr.III prezentate în situațiile de poluare 1÷6 în funcție de acest risc. Fiecare proiect (alternativă) a avut ca obiectiv general “protecția mediului” – valoarea/ținta finală ce se impunea a fi aparată. Structura ierarhică a fost constituită pe două nivele și are la nivel superior atributul referitor la “severitatea/gravitatea consecințelor poluării factorilor de mediu” a cărui caracterizare poate fi realizată prin atributele de nivel inferior așa cum s-a prezentat și în Capitolul 2 al acestei teze. Așa cum s-a mai menționat, atributele de bază, elementare, alese spre a-l reprezenta sunt “severitatea consecințelor poluării apei” pentru proiectele Pr. I, și Pr. II “severitatea consecințelor poluării aerului” și “severitatea afectării sănătății umane” pentru proiectul proiectul Pr. III. Atributele de bază se notează cu «e» cu indici marcând proiectul și factorul de mediu la care se referă (de exemplu  $e_{\text{aer-poluant } i, \text{III}}$  se referă la factorul aer-poluant “i” și proiect III). Conceptul de “poluare” este însă unul foarte tehnic și foarte vast și tot la fel este și cel de “consecințe ale poluării” sau “severitatea/gravitatea consecințelor poluării”. De aceea conceptele trebuie descompuse în elemente mai simple și mai ușor de înțeles, pentru a fi prezentate publicului. De exemplu, poluarea unui corp de apă este mai ușor înțeleasă dacă este prezentată prin poluarea adusă de afluenții săi, sau este mai ușor înțeleasă dacă există clase de calitate pentru corpurile de apă ce constituie definiții de referință pentru poluări de diverse gravități/severități. (Anexă 1 - teză). Aceasta este în esență abordarea conceptuală a întocmirii formularului în forma prezentată și a sintezei informative despre situațiile de poluare considerate. Pentru cazul *Metodologiei VI*, s-a definit o structură ierarhică pe două nivele: un atribut superior și două atribute de bază/elementare care reprezintă factorii de influență pentru evaluarea atributului superior “y” și care pentru cele trei proiecte/alternative se referă la : (pr-I) - gravitate/severitate consecințe poluare corp apă I, (Pr-II)- gravitate consecințe poluare corp apă II, (Pr III) - gravitate consecințe poluare atmosfera și afectare sănătate umană.  $E(I) = \{e_A, e_B\}$ ,  $E(II) = \{e_{A'}, e_{B'}\}$ ,  $E(III) = \{e_{\text{aer-poluant-i}}, e_{\text{sănătate}}\}$ . S-au definit cele “n” note/calificative/standarde de evaluare distincte  $H_n(n=1:5)$  având valorile semantice așa cum au fost prezentate în formular. Ele reprezintă o mulțime completă de standarde de evaluare ale fiecărui proiect notat Pr.I, Pr.II, Pr.III. Aceste note/calificative/standarde reprezintă mulțimea ipotezelor de lucru pentru problema de decizie referitoare la evaluarea riscului.

S-a prezentat problema de deciziei multiatribut folosind următoarele evaluări distribuite:

$$S^I(e_i) = \{H_n, \beta_{n,i}(I)\} \text{ unde } i=A, B \text{ sau } i=1, 2; \text{ cu } n=1:5 \text{ și } \sum \beta_{n,i}(I) \leq 1$$

$$S^{II}(e_i) = \{H_n, \beta_{n,i}(II)\} \text{ unde } i=A', B' \text{ sau } i=1, 2; \text{ cu } n=1:5 \text{ și } \sum \beta_{n,i}(II) \leq 1$$

$$S^{III}(e_i) = \{H_n, \beta_{n,i}(III)\} \text{ unde } i=\text{aer, sănătate sau } i=1, 2; \text{ cu } n=1:5 \text{ și } \sum \beta_{n,i}(III) \leq 1$$

$\beta_{n,i}$  reprezintă gradul de încredere/suport/credință (credibilitate) în nota/calificativul/standardul de referință sau ipoteză de decizie  $H_{n,i}$  unde  $n=1:5$  și  $i=1, 2$ .

Pentru realizarea evaluărilor distribuite evaluatorii atribuie probabilități pentru fiecare alternativă de proiect Pr. I, Pr. II, Pr. III conform instrucțiunilor din formular. De exemplu evaluatorii, în funcție de situația de poluare prezentată prin informațiile sintetice și în funcție de propriul nivel de cunoaștere și experiență, apreciază în propria opinie cât de grave/severe sunt sau pot fi consecințele unei poluări aduse de afluenții A și B pentru corpul de apă I în Pr I. Ei atribuie probabilități pentru fiecare din cele 5 note/calificative. În cele ce urmează se dă exemplul doar pentru alternativa Pr.I. Pe formularul de evaluare al fiecărui evaluator rezultă o evaluare de forma:

$$S^I(e_A) = \{H_1, 0.20\}, \{H_2, 0.30\}, \{H_3, 0.35\}, \{H_4, 0.05\}, \{H_5, 0.10\}$$

$$S^I(e_B) = \{H_1, 0.65\}, \{H_2, 0.35\}, \{H_3, 0.00\}, \{H_4, 0.00\}, \{H_5, 0.00\}$$

Acestea sunt datele ce constituie datele de intrare în algoritmul folosit. Atributele au fost ponderate. S-au estimat ponderile relative  $w = \{w_1, w_2\}$  unde  $\sum w_i = 1$  și  $i = 1:2$ . Calculele s-au realizat în mai multe situații. Așa cum s-a prezentat s-au ales trei variante: ponderi egale pentru cele două atribute  $e_A$  și  $e_B$ , și ponderi neegale anume unul fiind dublul celui alt și unul fiind triplul celui alt. Cu rezultatele medii pentru cele șase grupuri de evaluatori s-a realizat o medie a gradului de încredere în fiecare notă/calificativ acordat reprezentând evaluarea riscului apariției consecințelor de diferite severități/gravități ca urmare a situațiilor de poluare prezentate în cele trei proiecte evaluate. Rezultatele obținute arată pentru cele șase grupuri de evaluatori o medie de încredere/suport/credință în fiecare notă acordată ca în Fig.5.-I,II,III ( $e_1=e_2$ ,  $e_2=2e_1$ ,  $e_2=3e_1$ ) de mai jos clasificând din punct de vedere al severității consecințelor poluării proiectele în ordinea Pr. III, Pr. II, și Pr. I. Evaluarea proiectului Pr.III ca fiind cu cel mai înalt grad de risc dintre cele trei proiecte se datorează percepției evaluatorilor. În percepția evaluatorilor calea de expunere orală prin inhalarea poluanților din aer, fără posibilitate de protecție preventivă, este mult mai severă decât calea de expunere orală prin ingestia poluanților din apă în cazul proiectelor Pr.I și Pr.II și faptului că, întotdeauna pentru factorul de mediu apă se consideră că existența stațiilor eficiente de tratare și potabilizare

funcționează ca măsuri de atenuare a riscului pentru sănătatea umană. Acest lucru s-a datorat modului de prezentare în formular cu accent pe sănătatea umană lucru care are un impact mai mare asupra oricăror grupuri de evaluatori evidențiind ceea ce spuneam că decizia în managementul de mediu este una bazată atât pe evidențe dar și una emoțional/motivațională bazată pe percepții. Ceea ce am dorit însă să evidențiem a fost faptul că această metodă este o metodă performantă din punct de vedere al algoritmului matematic pentru sprijinirea deciziei sociale, tehnice și politice. *Acest lucru l-am demonstrat variind ponderea atributelor elementare ce au caracterizat atributul de vârf/efectul final dublând respectiv triplând ponderea în agregare și observând că ordinea de clasificare nu se schimbă ceea ce constituie o trăsătură esențială al acestei metode comparativ cu alte metode de agregare.* Graficele de mai jos arată comparativ acest lucru. (Vezi comparație Fig.5.-I,II,III ( $e_2=2e_1$ ) și Fig.5.-I,II,III ( $e_2=3e_1$ ) în comparație cu Fig.5. -I,II,III ( $e_1=e_2$ )).Deci chiar atunci când emoțional/motivațional evaluatorii pot primi informații cu un anumit impact în sensul că un atribut are tendința să cântărească întotdeauna mai mult în percepția unor evaluatori sau a evaluatorilor în general, sau contextul necesită atribuirea unor ponderi relative foarte diferite informațiilor – lucru pe care l-am exemplificat variind ponderile relative ale celor două atribute de la simplu, la dublu la triplu - clasificarea relativă a alternativelor propuse nu se schimbă chiar dacă valoric răspunsul intrinsec pentru fiecare proiect se modifică. În anumite limite clasificarea se păstrează. (a se vedea alura curbelor și valorile aferente). În spiritul faptului că metoda propusă, se intenționează a fi folosită într-o largă consultare democratică așa cum se solicită prin legislație pentru evaluările de impact/de risc de mediu/ecologic, observăm că modul în care se prezintă rezultatele are un impact deosebit. De aceea realizarea sintezei informațiilor folosind date diverse și imperfecte trebuie realizată cu profesionalism. În prealabil această sinteză trebuie validată, astfel încât rezultatele să poată fi cu succes folosite. Pentru a dovedi capacitățile deosebite ale abordării D-S/ER așa cum am menționat mai sus ne-am propus să realizăm metodologia în două variante, cea de-a doua variantă metodologică fiind conceptual îmbunătățită față de prima folosind însă același algoritm matematic. In cele ce urmează se reiau câteva informații prezentate deja succint. Această variantă a fost denumită **Metodologia V 2** și realizează o evaluare de risc de tip combinat între două categorii de evaluatori experți/ne-experti și hibrid folosind date cantitative (măsurători de concentrație și dispersie ale poluanților) și calitative prezentate în formularul de sondaj. Ea este exemplificată pentru cinci scenarii de risc numai în cazul proiectului Pr. III. Acest proiect a fost inițial evaluat de evaluatorii experți în evaluări de impact/risc de

mediu/ecologic printr-o altă metodă care însă nu a avut capacitatea de a cuantifica și ilustra marimea incertitudinii evaluării.

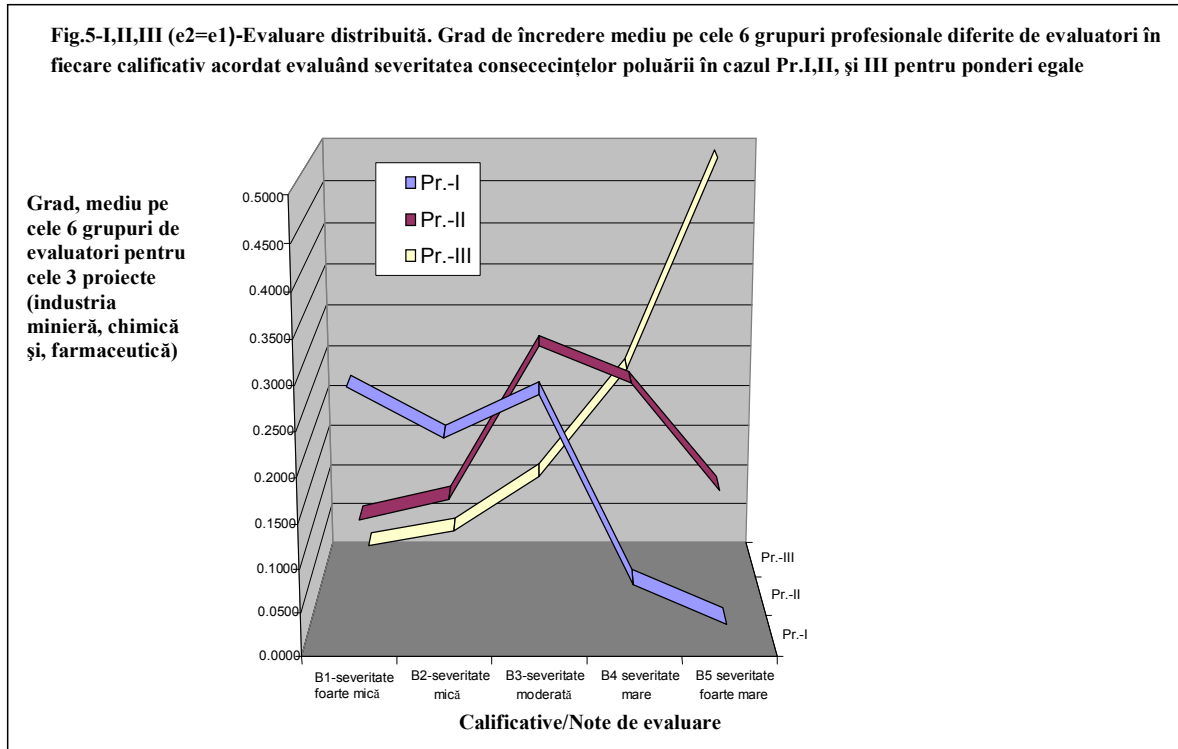


Figura 5-I,II,III( $e_2=e_1$ ) - Evaluare distribuită. Grad de încredere mediu pe cele șase grupuri profesionale diferite de evaluatori, ne-experti în evaluările de impact/risc de mediu/ecologic în fiecare calificativ acordat evaluând severitatea consecințelor poluării în cazul Pr.I,II și III când ponderile atributelor sunt egale

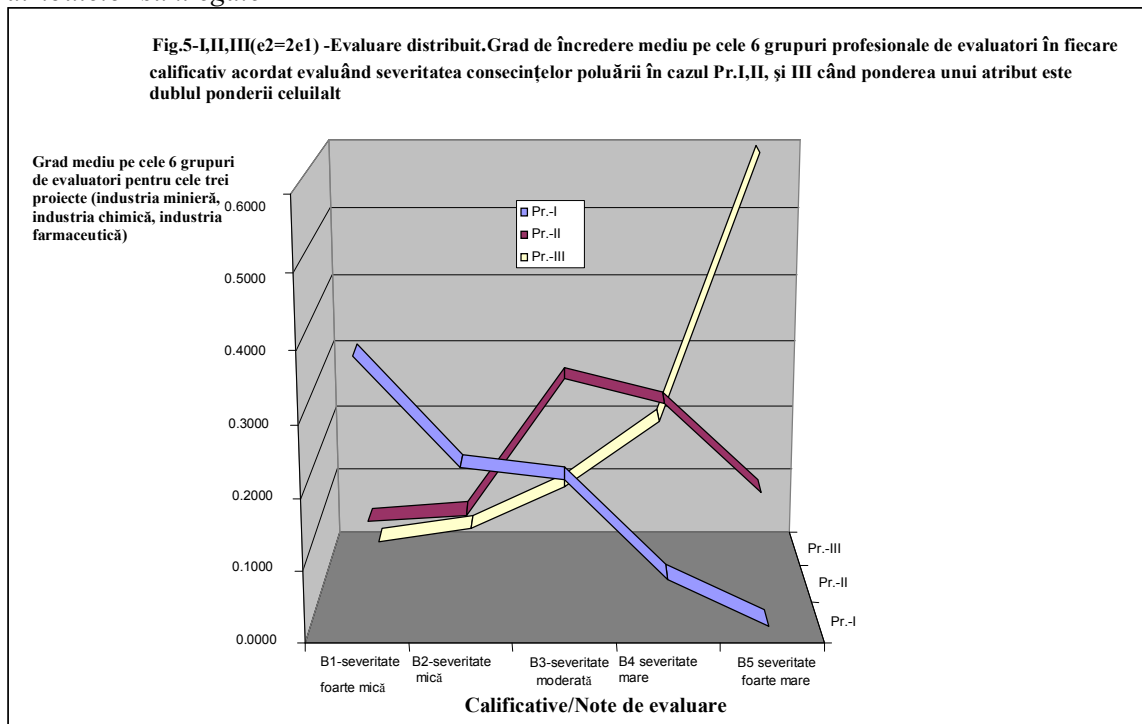


Figura 5- I,II,III( $e_2=2e_1$ ) - Evaluare distribuită. Grad de încredere mediu pe cele șase grupuri profesionale diferite de evaluatori ne-experti în evaluările de impact/risc ecologic/de

mediu în fiecare calificativ acordat evaluând severitatea consecințelor poluării în cazul Pr.I,II și III când ponderile atributelor sunt inegale

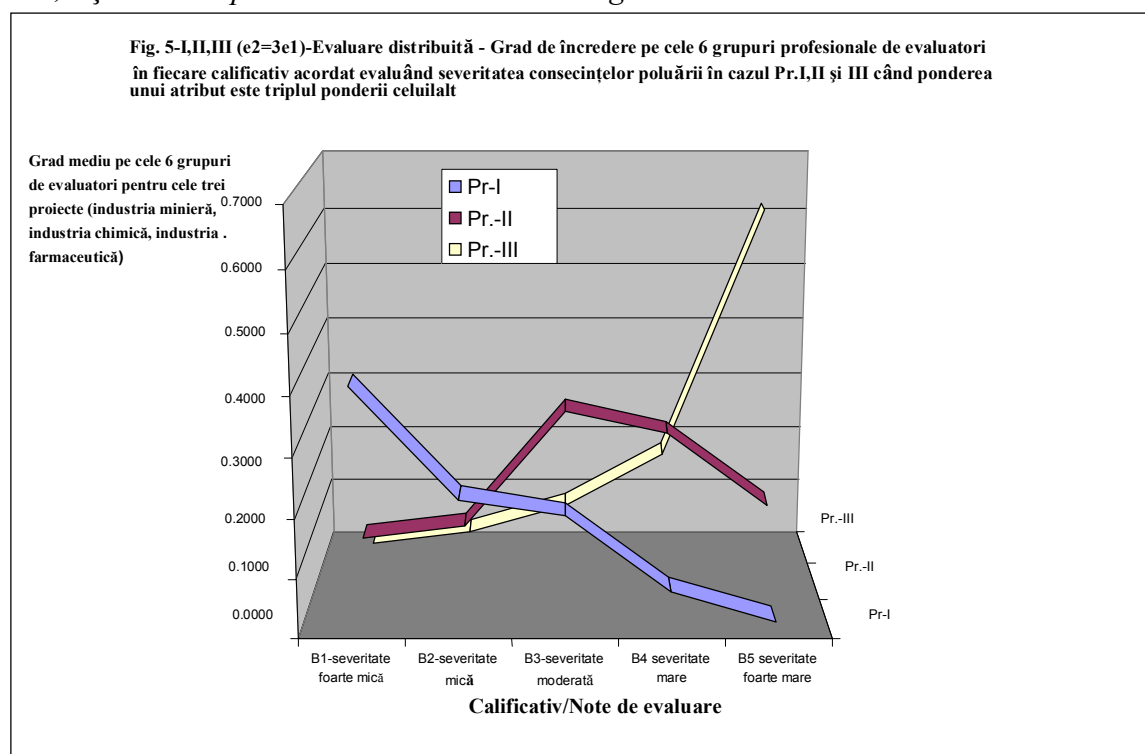


Figura 5-I,II,III ( $e_2=3e_1$ ) - Evaluare distribuită. Grad de încredere mediu pe cele șase grupuri profesionale diferite de evaluatori ne-experți în evaluările de impact/risc ecologic/de mediu în fiecare calificativ acordat evaluând severitatea consecințelor poluării în cazul Pr.I, II și III când ponderile atributelor sunt inegale

Ea se bazează probabilități subiective și un sistem de notare tot cu cinci note pentru reprezentarea tipurilor de severitate a consecințelor dar întotdeauna a folosit doar o singură notă a fost pe care evaluatorul o atribuie cu probabilitate maximă 1 (adică fără urmă de îndoială). Acest tip de evaluare consideră deci în mod ipotetic, că nota/calificativul folosit reprezintă “o certitudine”. În acest caz este vorba despre “o certitudine personală” a evaluatorului relativ la faptul că un singur tip de consecințe de o singură, unică gravitate - oricare ar fi aceasta în opinia evaluatorului – “se vor produce în viitor cu certitudine”. Aceasta este desigur o idealizare, o credință nerealistă, pe care însă metodologia D-S/ER nu o respinge ci o lasă la latitudinea evaluatorului de a o folosi sau nu, pentru că sistemul de evaluare pe care îl propune această metodologie este bazat pe probabilități subiective folosind funcțiile de credință și plauzibilitate. Acest lucru a permis deci reformularea rezultatelor evaluatorilor experți din INCD-ECOIND București, adică transpunerea lor într-un tip de evaluare distribuită de tip complet la același tip unic de severitate a consecințelor - evaluare ce poate fi obținută numai în situația ignorării incertitudinii inerente unui fenomen

viitor dependent de atâția factori în interacțiune - care să poată fi folosită în noua metodologie îmbunătățită. Acest lucru a permis și o ilustrare a diferenței între metodologia folosită și tipul nou propus de metodologie din această teză. Transformările evaluărilor experților INCD-ECOIND București se regăsesc în teză în Anexa 2 – p. 60 în *Tabelul 4.39*. numit *Proiect III –Scenarii de risc rA÷ rE* și acestea au fost combinate cu evaluările calitative ale celor șase grupuri profesionale de test, ne-experti într-o încercare de a balansa incertitudinea epistemică de partea fiecărei categorii de grup. În cazul categoriei grup-experti INCD-ECOIND București în evaluare au fost disponibile date cantitative dar nu a fost disponibilă noua metodă propusă, iar în cazul categoriei grup ne-experti nu au fost disponibile date cantitative dar a fost disponibilă noua metodă mai bună, mai performantă cuantificând incertitudinea, adică elementul de bază al oricărei evaluări de risc. Calculele efective pot fi consultate în foile de calcul EXCEL din Folder AB – Book AB din teză. Această abordare constituie *esența conceptuală a Metodologie V2* care reprezintă o îmbunătățire a *Metodologiei VI* în sensul că răspunde exact cerințelor legale din practica unor asemenea studii de evaluare de impact/risc în care se solicită ca opiniile tuturor părților interesate să fie luate în considerare inclusiv a publicului permițând evaluarea riscului ecologic în condiții de incertitudine. În acest sens trebuie să se menționeze însă că unui public de diverse profesii, de diverse pregătiri și diverse interese nu i se pot prezenta în cadrul unor consultări de durată limitată informații exhaustive despre proiectul respectiv așa cum i se prezintă unui grup de experți . Soluția de a realiza acest tip de metodologie în care evaluări calitative făcute de părți interesate să fie combinate cu cele cantitative ale grupului/grupurilor de experți într-o manieră echilibrată și obiectivă reprezintă cel mai bun compromis de decizie de consens. În funcție de profesionalismul cu care se realizează formularul de evaluare capacitățile acestei metode permit atât experților dar mai ales publicului să ajungă pe baza informațiilor relevante la concluzii similare. În această idee informația sintetizată și prezentată în formular trebuie să poată fi folosită atât de persoane/public cu un nivel de instruire ridicat cât și de persoane/public cu un nivel mediu de instruire. S-a intenționat să se arate în acest fel cum un nivel de cunoaștere ridicat chiar dacă nu este în domeniul strict al evaluărilor de mediu poate ajunge să marcheze concluzii similare cu cele ale unor experți în cazul aceluiași evidențe. În acest fel realizarea în fapt a cerinței legale de participare largă inclusiv a publicului depășește cadrul unui formalism și devine chiar aplicabilă permițând participarea tuturor într-un mod democratic și transparent la luarea deciziei referitoare la probleme de protecția mediului. În loc să prezentăm publicului informații tehnice sub formă

unor rapoarte mai mult sau mai puțin întinse pe care nu e probabil să le “consume”, prin această metodologie, se oferă șansa tuturor celor interesați să-și exprime opinia în limitele în care cadrul legislativ o permite. În *Metodologia V2* – varianta îmbunătățită a variantei numite *Metodologia V1* - s-a definit o structură ierarhică tot pe două nivele cu un atribut superior și două atribute generice de bază/elementare de forma:  $E(III) = \{e_{eval\ E}, e_{eval\ NE}\}$  unde:

cu  $e_{eval\ E}$  = se notează atributul/atributele elementar/elementare pentru evaluarea grupului profesional expert în domeniul evaluărilor de risc ecologic pentru factorii: aer poluant -i, și sănătate, cu  $e_{eval\ NE}$  = se notează atributul/atributele elementar/elementare pentru evaluarea grupului non-expert în domeniul evaluărilor de risc ecologic pentru factorii: aer poluant -i, și sănătate. S-au definit cele  $N=5$  note/calificative/standarde de evaluare distincte  $H_n(n=1:5)$  cu valorile semantice prezentate mai sus. S-a prezentat problema de decizie multiatribut folosind următoarele evaluări distribuite:  $S^{III, rA-rE}(e_i) = \{H_n, \beta_{n,i}(III)\}$ . În aceste evaluări după caz,  $i=1:2$  se referă în foile de calcul la eval E (evaluare Expert), eval NE (evaluare Non Expert) sau  $i=1:3$  se referă în calcul la câte atribute suferă agregarea;  $n=1:5$  și  $\sum \beta_{n,i}(III) \leq 1$ . S-au ponderat atributele. S-au estimat ponderile relative  $w = \{w_1, w_2\}$  unde  $\sum w_i = 1$  și  $i=1:2$  sau  $i=1:3$  ca fiind: ponderi egale pentru cele două atribute, respectiv trei atribute când e cazul. S-a calculat masa de probabilitate rămasă neatribuită după ce cele două atribute au fost evaluate la fiecare din cele cinci note individuale  $H_1:H_5$  după cum urmează:  $m_{H1} = m_{H1}^- + m_{H1}^{\sim}$  și  $m_{H2} = m_{H2}^- + m_{H2}^{\sim}$ ;  $m_{H1}^- = 1 - w_1$  și  $m_{H2}^- = 1 - w_2$  și respectiv  $m_{H1}^{\sim} = w_1(1 - \sum H_{n,1})$  și  $m_{H2}^{\sim} = w_1(1 - \sum H_{n,2})$  unde  $n=1:5$ .

-  $m_{Hi}^-$  = reprezintă partea de incertitudine datorată importanței relative a atributelor unul față de altul iar

-  $m_{Hi}^{\sim}$  = reprezintă partea de incertitudine datorată evaluării incomplete.

S-au combinat cele două/trei atribute de bază pentru fiecare din alterantivele de proiect Pr. III-rA ÷ Pr. III-rE; această se realizează la nivelul masei de probabilitate atribuite notelor  $\{H_n\}$  și la nivelul masei de probabilitate rămasă neatribuită așa cum s-a arătat  $\{H\}$  cu  $n=1:5$   $i=1:2$ . S-a calculat gradul de încredere/credință pentru atributul “y” la fiecare din proiectele/alternativele Pr. III, rA ÷ rE. S-au reprezentat evaluările totale distribuite ca medii pe tipuri de consecințe:  $S(y(III, rA ÷ rE)) = \{H_n B_n(I, II, III)\}$   $n = 1 ÷ 5$ .

Deci, evaluarea grupului profesional de experți în evaluarea riscului de mediu/ecologic pentru Pr. III scenariul rA a fost agregată pe rând cu evaluarea, individuală a fiecărui evaluator din grupul profesional al celor neexperți în evaluări de risc de mediu/ecologic pentru Pr. III scenariu unic. Din două evaluări generice, una de tip expert și una de tip ne-

expert cu atributele având pondere egală a rezultat o evaluare mixtă, hibridă bazată pe evidențe cantitative și calitative. Au rezultat astfel câte cinci evaluări combinate, hibride, mixte pentru scenariile rA, rB, rC, rD, rE ale proiectului Pr.III considerat. Grupul profesional ne-expert în evaluare de risc de mediu/ecologic a fost considerat succesiv a fi cel: academic, cercetare, inginerie hidrotehnic, management de mediu, calitate și sănătate ocupațională și siguranță în muncă. În acest fel am dorit să arătăm așa cum am mai menționat care este diferență pe care o aduce în evaluarea generală pe categorii de consecințe evaluarea cantitativă a grupului de experți. În evaluările combinate prezentate se arată ca *Proiectul III în scenariul rD* a avut o apreciere de gravitate medie pentru consecințele poluării din partea unei largi majorități și cu o mare probabilitate. Gradul de încredere mediu calculat al fiecărui grup în combinație cu cel al grupului de experți INCD-ECOIND a avut următoarele valori în ordinea descrescătoare:

- Academic/INCD-ECOIND: 0.6246
- Management de mediu/INCD-ECOIND:0.6054
- Inginerie hidro-tehnică/INCD-ECOIND: 0.5546
- Management de sănătate și siguranță ocupațională/în muncă/INCD-ECOIND:0.5115
- Management de calitate/INCD-ECOIND:0.5000
- Cercetare/INCD-ECOIND:0.3278

Așa cum rezultă din cele de mai sus, cinci din șase evaluări combinate au arătat credința pentru ipoteza de severitate medie a consecințelor poluării cu un grad de încredere între 50% și 60%, singura excepție notabilă fiind evaluarea combinată grup cercetare /grup INCD-ECOIND având un grad de încredere în ipoteza consecințelor de severitate medie de numai aproximativ 30 % fiind ca valoare la jumătate față de celelalte evaluări. Comparând acest tip de evaluare combinată expert/non-expert pentru cele 5 scenarii de risc în cazul proiectului Pr III care face obiectul tipului de *Metodologie V2* cu cea în scenariu unic tot pentru Pr III bazată numai pe evaluarea calitativă a grupurilor reprezentând publicul și care face obiectul tipului *Metodologiei V1* putem face următoarele observații. În scenariul unic aceleași informații pentru public (situațiile de poluare 5 și 6) au condus la o evaluare mult mai exigentă, fără excepție toate cele șase grupurile optând pentru consecințe grave și foarte grave de poluare cu un grad de încredere între 60 și 90%. Îmbunătățirea ei prin varianta numită *Metodologie V2* care a propus o combinație a opiniilor expert/ne-expert bazate atât pe date cantitative cât și pe date calitative a condus la realizarea unei ajustări spre realitatea datelor cantitative (măsurători în diferite scenarii). Când se prezintă un singur scenariu cu date calitative riscul consecințelor poluării este supraevaluat. Când acest scenariu unic a fost

impărțit, disecat, în funcție de datele cantitative avute la dispoziție în mai multe situații ipotetice concretizate în cinci scenarii de risc, adică când evaluarea a considerat și datele cantitative de evoluție a dispersiei poluanților efectele au fost reconsiderate, percepția fiind diferită. Riscantă în cazul evaluărilor combinate a apărut doar situația de poluare cantitativă a scenariului rE dar cu un grad de încredere nu foarte mare adică între 30% și 40%. Scenariul de risc rE în evaluarea combinată a fost evaluat deci ca fiind mai riscant dar cu o probabilitate subiectivă sub 0.5 în comparație cu scenariul de risc rD unde 83% (adică majoritatea evaluatorilor atât experți cât și non-experti) evaluează cu o probabilitate subiectivă de peste 0.5 apariția consecințelor de gravitate medie și nu apariția celor de gravitate mare. Această înseamnă că în evaluarea combinată evaluarea la consecințe medii este mai puternică decât evaluarea la consecințe grave. Majoritatea evaluatorilor experți/ne-experti (83 %) au considerat mai probabil (probabilitate >0.5) să apară consecințe de severitate medie decât consecințe de severitate mare. Comparând deci scenariul rE de evaluare combinată expert/ne-expert mai bun și mai performant ca modalitate de considerare democratică a tuturor opiniilor observăm ca doar evaluarea grupului academic în scenariu unic se apropie de cea combinată față de toți ceilalți care așa cum am mai arătat exagerează mult severitatea consecințelor. Deci grupul academic în evaluarea unică a proiectului III, folosind sumarul bine prezentat de informații calitative care așa cum am arătat face o sinteză a informațiilor cantitative, a ajuns la concluzii similare ca și grupul de experți în cazul proiectului III - scenariului rE. Așa cum am menționat însă grupul INCD-ECOIND a folosit o altă metodă ( a se vedea Anexa 2). Faptul ca se poate ajunge însă la rezultate similare folosind două metode diferite în condițiile considerării incertitudinii și impreciziei arată că nivelul cunoștințelor celor două grupuri academic și experți de mediu a permis evaluări similare pentru aceleași situații de poluare.

## **Propunere privind folosirea metodelor/metodologiilor pentru un model posibil pentru evaluarea de risc a dezvoltării durabile ținând cont de factori: economic, social și de mediu (Capitolul 5)**

Cuantificarea dezvoltării durabile prin indicatori reprezentativi sintetici, ușor de calculat și analizat spre a fi folosiți pentru documentarea politicilor și strategiilor de dezvoltare durabilă reprezintă încă, un subiect supus unei largi dezbateri în ideea perfecționării. Acești indicatori trebuie să evidențieze cât mai bine și cât mai direct relația dintre cauzele și efectele considerate. Ei trebuie să fie referențiabili internațional prin legislație sau documente specifice și să fie relevanți pentru conceptul dezvoltării durabile. Ei trebuie să ofere caracterizări pentru cele trei componente esențiale: economic, social și ecologic în procesul comparării trans-naționale și trans-regionale prin trasarea la o referință comună de tip monetar, energetic etc. care păstrează la schimbarea ponderărilor clasificarea ierarhică anterior făcută. Acestor probleme de maxim interes și importanță credem că tipul de abordare D-S/ER ar putea să le răspundă bine din punct de vedere al cuantificării incertitudinii în cazul agregării unor indicatori spre realizarea unui consens într-o anumită problematică/temă/subtemă de interes. În sensul în care s-ar putea agreea un număr de indicatori care să fie ierarhizați pe două sau trei nivele și care apoi să fie evaluați de paneluri de experți naționali sau internaționali. Evaluarea lor, principial ar putea să ofere o imagine chiar dacă nu foarte exactă, dar măcar orientativă a dezvoltării durabile. Documente informative asemănătoare formularului prezentat spre evaluare privind situațiile de poluare, pot fi realizate considerând însă de această dată o analogie cu riscul ecologic pentru a o aplica la determinarea riscului economic și social. Aceasta ar permite ierarhizări între mai multe țări de exemplu dintr-o anumită zonă. Fiecare economie va putea fi evaluată pentru riscul de sustenabilitate conform acestor trei factori, care la rândul lor ar fi caracterizați de un număr de atribute apriori găsite a fi relevante pentru acest tip de caracterizare și care la rândul lor vor fi caracterizate prin indicatori care respectă sau nu respectă limitele de sustenabilitate. Limitele de sustenabilitate ar putea fi stabilite la două tipuri de valori și anume de alertă și de intervenție ca în cazul domeniului ecologic. Sfera unui astfel de demers este foarte complexă. După atingerea unui consens asupra tipului de indicatori care pot fi relevanți pentru cei trei piloni de sustenabilitate - acești indicatori fiind domeniul de lucru al programelor Națiunilor Unite – acest tip de abordare ar putea să fie una practică și de

succes. Considerând că formularul de evaluare prezentat panelurilor de experți ar putea conține informații (cantitative și calitative) cu indicatori relevanți anterior agreeți din diferite țări, aceștia pot fi analizați și evaluați pentru a determina riscul de sustenabilitate, luând în considerație probabilitățile subiective ale experților care mai apoi vor reprezenta intrările pentru calculele de tip D-S/ER. Indici relevanți pot fi definiți pentru dezvoltarea durabilă care ar putea fi structurată ierarhic cum deja a fost prezentată. Aceasta structură ierarhică ar putea fi conceptual detaliată prin cele trei categorii de impact: economic, social și ecologic/de mediu.

### **Sinteza rezultatelor pentru metodologie și studii de caz (Capitolul 6)**

Rezultatele obținute au arătat că această metodă poate fi una dintre cele mai performante pentru susținerea deciziilor pe baze multicriteriale. Această metodă poate fi performantă din punct de vedere al constrângerilor de timp legate de consultări dar și de alocare a resurselor necesare pentru realizare. Metoda este recomandată în situația în care părți interesate cu interese diferite trebuie să ajungă într-un timp limitat la o decizie, ea fiind o metodă special concepută pentru decizii de grup cu vederi diferite, chiar atunci când avem de-a face cu opinii contradictorii, fiind orientată către găsirea unor soluții și fiind adecvată predicției bazate pe judecăți de valoare considerând decizia în condiții de incertitudine.

### **Concluzii ( Capitolul 7 )**

Instrumentul propus s-a dovedit a fi unul de încredere când se compară rezultatele acestuia cu rezultatele altor metode unde tot judecăți de valoare ale evaluatorilor au fost folosite. În cele ce urmează sunt prezentate argumente pro și contra pentru metodă.

- Este capabilă să folosească informații cantitative și calitative și să se considere importanța relativă a atributelor în procesul de agregare;
- Este capabilă să sprijine decizia în condiții de incertitudine considerând ambele tipuri de incertitudine adică atât pe cea de măsurare cât și pe cea epistemică;
- Este robustă și are o sensibilitate bună păstrând ordinea de ierarhizare la schimbarea ponderilor în datele de intrare în anumite limite.

- Este recomandată în situațiile implicând decizii de grup care trebuie să fie luate în cadrul unor constrângeri de timp fiind o metodă orientată către găsirea soluțiilor și rezolvarea problemelor.
- Limitarea esențială este legată de faptul că este o metodă sensibilă la cunoaștere și de aceea prezentarea informației pentru procesul de evaluare trebuie să fie făcută într-o manieră profesională, clară, echidistantă și concisă.
- Metoda oferă fiecăruia șanse egale de evaluare corectă pe baza folosirii acelorași informații în aceleași condiții, când fiecare opinie personală poate fi exprimată în relație cu situația de poluare expusă, fiecare parte interesată poate să participe factual ca o parte activă în procesul de evaluare de impact/risc de mediu/ecologic pentru orice proiect privat, public sau în parteneriat privat/public.

Obiectivul prioritar a fost să se dezvolte o metodologie flexibilă pentru o largă consultare democratică pentru a răspunde la cerințele legale de mediu prezentate în sumar în Anexa 1 din teză. Legea solicită oricărui proiect nou sau oricărui proiect de modernizare să măsoare impactul de mediu actual și posibil asupra factorilor de mediu: aer, apă, sol și sănătate umană pentru a vedea în care amplasamente sau faze ale unui proiect acest impact ar putea fi semnificativ și unde o evaluare de risc de mediu se solicită a fi realizată. Metoda propusă, prin modelul și algoritmul asociat realizează îndeplinirea acestui deziderat fiind o metodă egal aplicabilă evaluării impactului de mediu și riscului de mediu și de asemenea analizei și managementului riscului de mediu/ecologic.

Această metodă este una dintre cele mai noi metode folosite în lume pentru evaluările de impact/risc de mediu/ecologic. România, prin acest demers de sprijinire a găsirii unor instrumente de evaluare bine documentate care să conducă la decizii de încredere, se va putea considera printre acele țări cu atitudine proactivă în prevenirea și luptă împotriva poluării, cu o preocupare permanentă pentru protecția mediului și dezvoltarea durabilă. Organizațiile din industriile studiate la fel ca și oricare alte părți interesate pot beneficia la cerere de expertiză și instruire în domeniu. Folosirea unei baze matematice solide cum este cea din cadrul D-S și ER, a permis realizarea metodologiilor noi de evaluare de impact/risc de mediu/ecologic în două versiuni având o bună sensibilitate, arătând că metodologia răspunde cu flexibilitate în ceea ce privește schimbările datorate agregării și actualizării informației. În viitor, cercetarea poate fi direcționată prin realizarea sau achiziționarea unui suport de decizie/analiză cu capacități de calcul superioare pentru uzul curent și rapid al

metodologiei, pentru a agrega un număr mai mare de atribute într-o structură ierarhică multi-nivel folosind același algoritm prezentat în Anexa 3 a tezei

## Bibliografie selectivă

- [1] Aramă, G. M., et al. "Multicriterial Decision Aid Method Used in Environmental Assessment." – *2<sup>nd</sup> International Conference on Environmental Research and Assessment-ICERA*, Bucharest, Romania. *Conference Proceedings Volume* ISSN: 1842-4201 (October 5-8, 2006): 258-263. CD-ROM.
- [2] Aramă, M. et al. "Legislația, componenta de bază în managementul calității, mediului și OHSAS pentru realizarea dezvoltării durabile." *Conferința Națională în domeniul Standardizării*, București, (11-12 octombrie 2007). CD-ROM.
- [3] Aramă, G. M., et al. "Environmental Education a Must Facing Global Changes and Minimising Environmental Risk"- *2<sup>nd</sup> International Conference on Environmental Research and Assessment, Bucharest, Romania. Conference Proceedings Volume* ISSN: 1842-4201 (October 5-8, 2006): 66-72. CD-ROM.
- [4] Aramă G. M. et al., "Evidential Reasoning Approach – A Reliable Instrument in Multiple Attribute Decision Making Process under Uncertainties" *International Symposium "Environment and Industry" Bucharest, Romania. Symposium Proceedings Volume* ISSN: 1843-5831, (October 25-27 2007): 353-358. Print.
- [5] Aramă, G. M., et al. "Environmental Risk Minimization by Adequate Alternative Selection from a Set of Available Alternatives Using Evidential Reasoning Approach." *International Symposium "The Environment and Industry" Bucharest, Romania. Symposium Proceedings Volume* ISSN: 1843-5831 (October 25-28-2007): 337-341. Print.
- [6] Aramă, M. and Nicolau, M., "Epistemic and Measurement Uncertainty in Environmental Impact Assessments". *International Symposium "The Environment and Industry" Bucharest, Romania Symposium Proceedings Volume II*, ISSN: 1843-5831, (October 28-30, 2009): 72-80. Print.
- [7] Aramă, M. and Nicolau, M. "Rough Set Theory - Decision Support Instrument in the Environmental Risk Management of Water Bodies in Romania". *International Symposium: "The Environment and Industry" Bucharest, Romania Symposium Proceedings Volume II*, ISSN: 1843-5831, (October 28-30, 2009): 80-87. Print.
- [8] Aramă, M. and Nicolau, M. "Water Body Impact/Risk Assessment Methodology." *International Symposium: "The Environment and Industry" Bucharest, Romania Symposium Proceedings Volume II*, ISSN: 1843-5831, (October 28-30, 2009): 87-93. Print.
- [9] Aramă, M., Stanciu, D.R., et al. "Assessing And Managing the Water Quality Risk- A Way to Attend Sustainability. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Review of Management and Economic Engineering Conference Management of Crisis or Crisis of Management?, Cluj-Napoca, Romania in Review of Management and Economic Engineering*, Todescu Publishing House, ISSN 2247-8639 (15-17 September 2011): 8-13. Print.
- [10] Aramă, M., Gheorghe, V.A., Radu, C., Stanciu, R. D., Nicolau, M., "Advantages Of New Ecological Impact And Risk Assessment Models" in *UPB Sci. Bull., Series D*, 72.3, ISSN: 1454-2358: (2010): 215-222. Print.
- [11] Aramă, G. M., et al. "Environmental Risk Prioritization in Management ". *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Conference on Environmental Engineering and Management, ICEEM/03*, September 21-24, 2006, Iași, Romania "Ghe. Asachi" Thechnical University of Iași" in *Environmental Engineering and Management Journal*. 5.4, ISSN: 1582-9596, (October, 2006): 833-840. Print.

- [12] Aramă, M., Gheorghe, V.A., Radu, C., Stanciu, R. D., Nicolau, M. “Ecological Risk Assessment Methodology Based on Evidential Reasoning Algorithm” in *UPB Sci. Bull., Series D*, 72.2, 2010, ISSN: 1454-2358: 181-194. Print.
- [13] Aramă M., Gheorghe, V.A., et al. “Concepte de bază și lanț causal al poluării în evaluarea de risc de mediu” *Revista de Management și Inginerie Economică*, 9.2, ISSN:1583-624X:37-46. (2010): 37- 46.Print.
- [14]United Nations. General Assembly. 42<sup>nd</sup> Session. Item 83(e) of the provisional agenda. Development and International Economic Co-operation: Environment. *Report of the World Commission on Environment and Development. “Our Common Future”* Oslo, (20 March 1987), Web. 29 septembrie , 2009 <<http://www.worldinbalance.net/agreements/1987-brundtland.php>> și <<http://www.worldinbalance.net/pdf/1987brundtland.pdf>>
- [15]Bernardini, A. and Tonon, F., “Aggregation of Evidence from Random and Fuzzy Sets” – *Zamm-Z. Agnew. Math. Mech.* 84.10-11, (2004).700-709. Web. 29 Septembrie2009 <[www.zamm-journal.org](http://www.zamm-journal.org)>
- [16]Dempster, A.P. “The Dempster-Shafer Calculus for Statisticians”, *International Journal of Approximate Reasoning*. 48 (2008): 365-377. Web. 29 Septembrie2009 <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>
- [17]Gheorghe, A., and Monnier, M.N. “Integrated Regional Risk Assessment” –ISBN 0-7923-3717-4 (Vol I) , ISBN 0-7923-3718-2 (Vol II) – Kluwer Academic Publishers 1995.Print.
- [18]“Raport la Bilanțul de mediu Nivel II pentru CNCAF MININVEST SA Filiala Certej 2006”- Baza de Date INCD-ECOIND București.
- [19]ORDIN nr. 184 din 21 septembrie 1997 pentru aprobarea Procedurii de realizare a bilanțurilor de mediu. EMITENT: MINISTERUL APELOR, PĂDURILOR ȘI PROTECȚIEI MEDIULUI ,PUBLICAT ÎN: MONITORUL OFICIAL nr. 303 bis din 6 noiembrie 1997.Baza de date Legis INCD-ECOIND București.
- [20] ORDIN nr. 161 din 16 februarie 2006 pentru aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă EMITENT:MINISTERUL MEDIULUI ȘI GOSPODĂRIII APELOR PUBLICAT ÎN: MONITORUL OFICIAL nr. 511 din 13 iunie 2006. Baza de date Legis INCD-ECOIND București.
- [21]Ordin nr 31 din13 ianuarie 2006 privind aprobarea Manualului pentru modernizarea și dezvoltarea sistemului de Monitoring integrat al apelor din Romania EMITENT: MINISTERUL MEDIULUI SI GOSPODĂRIII APELOR PUBLICAT ÎN : Monitorul Oficial nr 234 din 15 martie 2006 Baza de Date Legis INCD-ECOIND București Legis INCD-ECOIND București.
- [22]Ordonanța de Urgența nr 195 din 22 decembrie 2005 privind protectia mediului publicată în M.Of. nr. 1196 din 30 decembrie 2005 aprobată și modificată de legea L 265 din 2006. Baza de Date Legis INCD-ECOIND București.
- [23] Sentz K. and Ferson, S. “Combination of Evidence in Dempster-Shafer Theory” (2004)3-10,15-25 Web. 29 Sptembrie 2009. <<http://class.ee.iastate.edu/berleant/home/me/cv/papers/Sandia04>>
- [24] Dubois, D. and Prade H. “Fundamental of Fuzzy Sets” 30*The Handbooks of Fuzzy Sets Series*–Editors Didier Dubois and Henri Prade-Kluwer Academic Publishers FSHS 7 ISBN 0-7923-7732-X. Web.29 Septembrie 2009. <<http://books.google.com/books>> and <<http://www.irit.fr/~Didier.Dubois/>> <<http://www.irit.fr/~Henri.Prade/>> <<http://www.glennshafer.com/assets/downloads/articles/article40.pdf>>

- [25] “*Studiu de evaluare a riscului ecologic pentru SC Oltchim S.A. Rm Valcea 2006*” - Baza de date INCD-ECOIND București.
- [26] “*Studiu de impact asupra stării de sănătate a populației din municipiul Cluj-Napoca in relație cu ampalsarea și funcționarea obiectivului SC. Terapia S.A. Cluj-Napoca*” - Baza de date INCD-ECOIND București.
- [27] Yang Jian-Bo and Xu Dong-Ling, “On the Evidential Reasoning Algorithm for Multiple Attribute Decision Analysis Under Uncertainty”, *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics* –part A: Systems and Humans, 32.3, May, 2002:289-304. Web.29 Septembrie 2009. <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>

### Lista figurilor

<i>Fig 1.</i>	<i>Schemă conceptuală a modelului ales pentru a realiza atât evaluarea cât și managementul riscului.</i>	p.11
<i>Fig. 2.</i>	<i>O schemă pentru colectarea și validarea datelor pentru a fi mai departe procesate</i>	p.15
<i>Fig. 3.</i>	<i>Lanț causal de evenimente</i>	p.16
<i>Fig.4-1.</i>	<i>Formular comun pentru cele trei studii de caz –situație poluare 1.</i>	p.20
<i>Fig.4-2.</i>	<i>Formular comun pentru cele trei studii de caz –situație poluare 2.</i>	p.20
<i>Fig.4-3.</i>	<i>Formular comun pentru cele trei studii de caz –situație poluare 3.</i>	p.20
<i>Fig.4-4.</i>	<i>Formular comun pentru cele trei studii de caz –situație poluare 4.</i>	p.21
<i>Fig.4-5.</i>	<i>Formular comun pentru cele trei studii de caz –situație poluare 5.</i>	p.21
<i>Fig.4-6.</i>	<i>Formular comun pentru cele trei studii de caz –situație poluare 6.</i>	p.21
<i>Figura 5-I,II,III(e<sub>2</sub>=e<sub>1</sub>)</i>	<i>Evaluare distribuită. Grad de încredere mediu pe cele șase grupuri profesionale diferite de evaluatori, ne-experti în evaluările de impact/risc de mediu/ecologic în fiecare calificativ acordat evaluând severitatea consecințelor poluării în cazul Pr.I,II și III când ponderile atributelor sunt egale</i>	p.24
<i>Figura 5-I,II,III(e<sub>2</sub>=2e<sub>1</sub>)</i>	<i>Evaluare distribuită. Grad de încredere mediu pe cele șase grupuri profesionale diferite de evaluatori ne-experti în evaluările de impact/risc ecologic/de mediu în fiecare calificativ acordat evaluând severitatea consecințelor poluării în cazul Pr.I,II și III când ponderile atributelor sunt inegale</i>	p.25
<i>Figura 5-I,II,III (e<sub>2</sub>=3e<sub>1</sub>)</i>	<i>Evaluare distribuită. Grad de încredere mediu pe cele șase grupuri profesionale diferite de evaluatori ne-experti în evaluările de impact/risc ecologic/de mediu în fiecare calificativ acordat evaluând severitatea consecințelor poluării în cazul Pr.I, II și III când ponderile atributelor sunt inegale</i>	p.25