



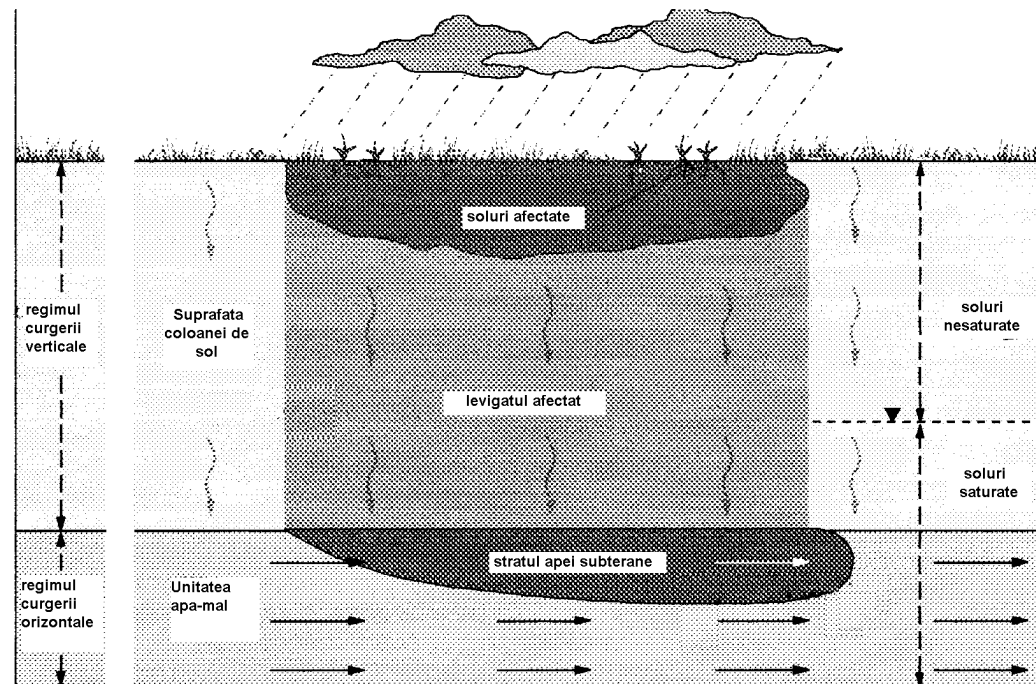
EVALUAREA RISCULUI SOLURILOR CONTAMINATE

Prof.univ.dr.ing. Stătescu Florian

DEFINIȚII

- **Risc:** O expresie pentru pericolul pe care evenimentele nedorite îl reprezintă pentru oameni, mediul înconjurător (ecosistem) sau valori materiale. Riscul este exprimat ca probabilitatea și consecințele unor evenimente nedorite.
- **Analiza de risc:** O abordare sistematică pentru descrierea și / sau calcularea riscului. Analiza riscurilor presupune identificarea unor evenimente nedorite, precum și cauzele și consecințele acestor evenimente.
- **Evaluarea riscurilor:** Compararea rezultatelor obținute în urma unei analize de risc cu criteriile de acceptare definite de risc.
- **Eveniment nedorit:** Un eveniment sau condiție care poate cauza un prejudiciu uman, de mediu (ecosistem) sau pagube materiale.
- **Consecință:** Eventualul rezultat al unui eveniment nedorit. Consecințele pot fi exprimate calitativ sau numeric pentru a descrie gradul de vătămare a oamenilor, sau de mediu (ecosistem) sau pagube materiale.
- **Obiectiv de mediu:** Definește nivelul dorit a fi atins pentru starea mediului înconjurător. Expresia poate fi utilizată ca o categorie pentru starea solului, a apei sau a aerului, sau ca o descriere calitativă a acestei condiții / stare care nu intră în conflict cu utilizarea terenurilor existente sau viitoare.
- **Criterii de acceptare:** Criterii bazate pe reglementări, standarde, directive naționale și regionale, experiență și / sau cunoștințe teoretice utilizate ca bază pentru deciziile cu privire la riscul acceptat. Criteriile de acceptare pot fi exprimate calitativ sau numeric.

Profilul terenului



Evaluarea riscurilor, descrierea sistemului

- **Metodologie**

Riscul exprimă probabilitatea că va avea loc un eveniment nedorit, iar consecința este ceea ce se întâmplă. În cazul siturilor contaminate, riscul este analizat pe baza contaminării existente și a activităților posibile viitoare în zona afectată. În schema de evaluare a riscurilor, rezultatele analizei de risc sunt comparate cu criteriile de acceptare.

Pentru completarea unei evaluări a riscurilor într-un sit contaminat, probabilitatea ca oamenii sau mediul să fie expuși la concentrații nedorite, mari, trebuie evaluată. Aceasta este necesară, în cazul în care concentrația de expunere este mai mare decât o concentrație tolerabilă. Determinarea probabilității ca animalele, oamenii sau ecosistemul, în mod direct, sau prin migrație, să fie expuși la concentrații ridicate de contaminanți care pot conduce la un risc inacceptabil este un aspect foarte important în legătură cu siturile contaminate.

Parametrii următori trebuie să fie stabiliți într-o investigație de evaluare a riscului:

- Toate căile relevante de expunere
- Concentrațiile de contaminanți previzionate în toate căile de expunere

(încărcare / dozare).

- Care receptori (oameni, animale, pești, crustacee, păsări, plante, ciuperci, alge, bacterii, etc.) sunt cel mai probabil expuși la noxe

- Protecția căror receptori este de dorită (obiectiv de mediu).
- Ce concentrație de toleranță (criterii de acceptare) există pentru receptorii

relevanți.

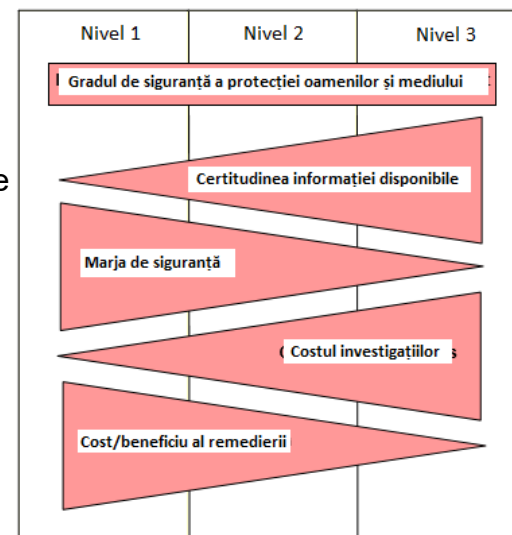
- Probabilitatea ca un contaminant să se poate răspândi astfel încât trebuie să fie luate în considerare alți receptori sau căi de expunere suplimentare.

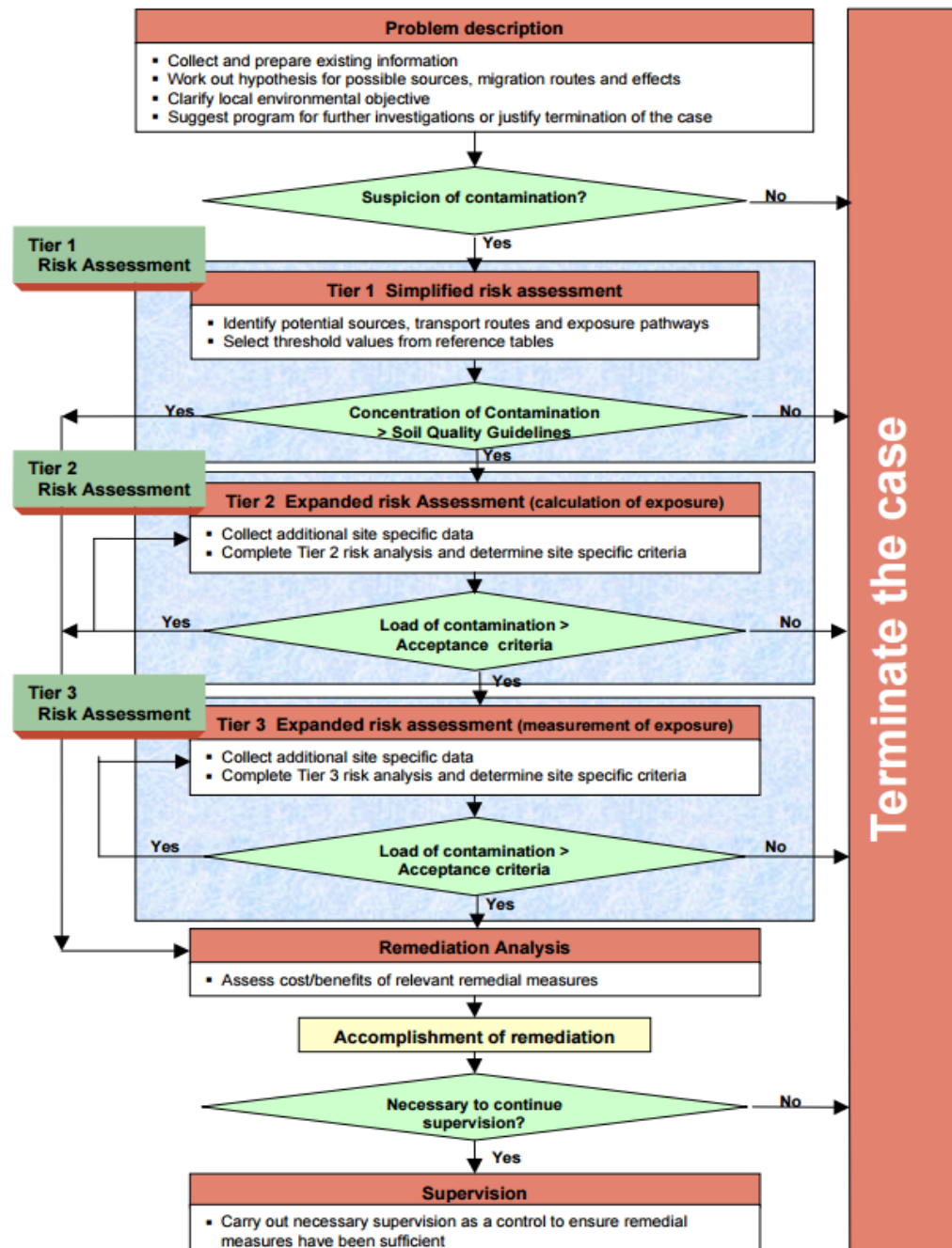
Finalizarea unui sistem de evaluare a riscurilor presupune că: obiectivele de mediu, precum și zona afectată pentru un sit au fost identificate; gradul de protecție a oamenilor și a mediului sunt definite în ceea ce privește utilizarea existentă sau viitoare a terenurilor.

Metoda de evaluare a riscurilor

- Metoda de evaluare a riscurilor este compusă din trei nivele, stabilite pe baza creșterii gradului de complexitate și de detaliu. Această abordare secvențială va asigura o rezolvare, în cazurile simple, relativ repede și cu resurse minime, în timp ce un risc, în cazuri mai complexe și situații potențial grave, implică o mai mare utilizare a resurselor. Informațiile pot fi extinse treptat pentru a reduce incertitudinea și, ulterior, a îmbunătăți motivația pentru luarea unei decizii. Figura 1 ilustrează abordarea secvențială. Gradul de protecție pentru oameni și ecosisteme este același pentru fiecare nivel. Cu toate acestea, gradul de incertitudine pentru rangul 1 va fi mai mare, deoarece mai puține resurse au fost folosite pentru a obține informațiile necesare. Deciziile trebuie, prin urmare, să fie luate cu informații limitate (de exemplu, în cazurile în care se așteaptă un nivel scăzut al contaminantului sau problema este evidentă). Un factor de siguranță mai mare trebuie să fie utilizat pentru a evita subestimarea riscului. Incertitudinea informațiilor disponibile, precum și marjele de siguranță sunt reduse la nivelul 2 și 3, datorită creșterii utilizării resurselor. Nu trebuie neapărat să fie diferențe mari între de lucru sau valoarea totală a resurselor utilizate la diferitele niveluri. În plus, este posibil să se lucreze în cadrul aceluiași nivel de mai multe ori. Evaluarea riscurilor pentru multe site-uri contaminate se efectuează, cel mai probabil, la nivelul 2 în cazul în care calculele pot fi repetate de mai multe ori se îmbunătățesc informațiile disponibile.

Figura 1 Abordarea secvențială a evaluării riscului solurilor contaminate





Descrierea problemei

- Descrierea problemei cuprinde: colectarea, analizarea, evaluarea și aplicarea informațiilor disponibile pe site-ul analizat. Ea include posibile rute de migrare, beneficiarul, utilizarea terenului, precum și obiectivele locale de mediu.
- În descrierea problemei trebuie abordate următoarele aspecte: tipul, amplasarea și amploarea posibilelor surse de contaminanți, proprietățile substanțelor chimice suspecte; caracterizarea rutelor de migrație potențiale (sol, apă și aer); evaluarea potențialului de expunere bazat pe utilizarea terenurilor și caracterizarea destinatarului; identificarea conflictelor dintre utilizator și obiectivele locale de mediu.

Nivelul	Mod de lucru	Descriere
1. Evaluarea simplificată a riscurilor (folosinșa cea mai sensibilă)	Tabele de referință	Obiectiv: Evaluarea în cazul în care liniile directoare de calitate a solului, pe baza expunerii la sursă, sunt depășite. Cerința de date: concentrațiile maxime reprezentative la sursă.
2. Evaluarea extinsă a riscurilor	Distanța de la sursa (x) (modele empirice, algoritmi de calcul, instrumente de lucru computerizate).	Obiectiv: Evaluarea dacă sunt depășite criteriile acceptate. Cerința de date: Amploarea sursei, concentrațiile la receptorii reprezentativi și informații de migrare. Orientările privind calitatea solului adaptate la utilizarea actuală a terenurilor. Sunt considerate condiții specifice locale de sol (carbon organic, permeabilitate, etc.), precum și condițiile de migrare aferente.
3. Evaluarea extinsă a riscurilor bazată pe măsurarea expunerii	Verificarea modelelor și / sau măsurătorilor expunerii (nu sunt descrise în detaliu).	Obiectiv: Evaluarea în cazul în care sunt depășite criteriile de acceptare pe bază de risc pentru sănătate / mediu pentru diferitele căi de expunere. Cerința de date: Ca la nivelul 2, cu adăugarea de efecte noi care apar atunci când migrația, expunerea, etc sunt măsurate la locația receptorilor țintă.

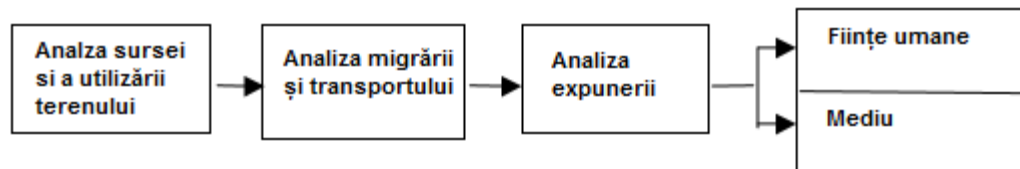
Nivelul 1 Evaluarea simplificată a riscurilor

- Criteriile privind calitatea solului pentru utilizarea cea mai sensibilă constituie principiul de bază. O investigație specifică site-ului trebuie efectuată pentru a determina concentrațiile maxime de substanțe periculoase în apropierea sursei. Rezultatele din anchetă sunt comparate cu criteriile de calitate a solului, care se bazează pe utilizarea cea mai sensibilă a solului.
- Pentru a asigura utilizarea unor date de intrare de calitate certă, care să fie comparate în evaluarea riscului cu cerințele de calitate a solului, trebuie respectate o serie de prescripții. Cea mai mare concentrație contaminantă măsurată va fi utilizată pentru a compara rezultatele anchetei cu cerințele de calitate a solului.

Nivelul 2 Evaluarea extinsă a expunerii

- Evaluarea riscului este realizată pentru utilizarea curentă (sau planificată) a terenurilor din site-ul studiat. Cerințele de calitate a solului pentru utilizarea cea mai sensibilă se determină presupunând că oamenii și ecosistemul sunt expuse printr-un set de căi de expunere bine definite. Cu toate acestea, o evaluare a riscului extins ia în considerare numai căile de expunere care sunt relevante pentru site-ul specific. Concentrațiile de toleranță pentru efecte inacceptabile sunt determinate pe baza acestor căi de expunere. Informațiile necesare pentru calcule trebuie adaptate pentru condițiile locale în acord cu tipul sursei, tipul de sol, precum și posibilitățile relevante de expunere luate în considerare. Evenimentele adverse posibile sunt identificate pe baza informațiilor disponibile (descrierea problemei, ipoteze).
- O analiză a sursei de contaminare și a modului de utilizare a terenului, împreună cu o analiză a migrației și a transportului sunt instrumente utile pentru a evalua probabilitatea că un eveniment nedorit va avea loc.
- Rezultatele din analiza de risc sunt comparate cu criteriile de acceptare care se bazează pe obiectivele de mediu identificate pentru site-ul studiat. Evaluarea riscurilor va fi realizată după aceea (Figura 2).
- Se va face: o descriere a surselor contaminante, o selecție a substanțelor chimice și o identificare a receptorilor care trebuie protejați. O astfel de analiză este necesară pentru orice prezentă și viitoare utilizare a terenului cercetat. Trebuie analizată și probabilitatea că site-ul poate fi contaminat cu alte substanțe chimice decât cele care au fost identificate.

Fig. 2 Etapele în evaluarea riscului





Analiza sursei și a utilizării terenurilor va conține o descriere a surselor contaminante, selecția substanțelor chimice și identificarea receptorilor care trebuie protejați. Aceasta este necesară pentru orice prezentă și viitoare utilizare a terenului cercetat. De asemenea, trebuie studiată probabilitatea ca site-ul să fie contaminat cu alte substanțe chimice decât cele care au fost identificate.

- ***Analiza migrației și a transportului*** cuprinde rezultatele de modelare și / sau rezultatele măsurărilor de documentare privind migrația și transportul contaminanților în zona nesaturată și saturată. Analiza migrației și a transportului se va face pentru toate substanțele chimice periculoase pentru mediu relevante la punctul de expunere pentru receptorii care trebuie protejați. Analizele sunt realizate pentru utilizarea terenurilor existente și planificate. Probabilitatea unor rute suplimentare ale migrației va fi, de asemenea, evaluată.

Consecințele unui eveniment nedorit

Consecința care apare în urma unui eveniment este evaluată, printre altele, cu ajutorul unei analize de expunere. O analiză a expunerii stabilește expunerea totală a receptorilor identificați folosind căile de expunere definite. Expunerea la receptorii diferitelor substanțe chimice este stabilită pentru utilizarea planificată a terenului. Evaluările vor fi finalizate pentru expunerea acută și cronică. În cazul în care, un pericol este identificat pentru alte căi de expunere decât cea mai probabilă, vor fi evaluate probabilitatea și consecințele acestor căi suplimentare.

- **Criteriile de acceptare** sunt derivate din obiectivele de mediu specifice site-ului cercetat. Obiectivele de mediu se corelează cu nivelurile de calitate a mediului impuse. Criteriile de acceptare descriu modul în care vor fi fundamentate obiectivele de mediu. (Exemplu: Criteriile de acceptare, sunt criteriile de calitate a apei potabile și concentrațiile care nu dau nici un efect negativ.)

Criteriile de acceptare trebuie să fie definite pentru fiecare sit și vor lua în considerare condițiile de sănătate / legate de ecosistem și condițiile legate de migrație.

- **Evaluarea riscurilor.** Remedierea trebuie efectuată în cazul în care expunerea determinată este mai mare decât criteriile de acceptare. În cazul în care există probabilitatea ca, informațiile suplimentare specifice site-ului să ducă la o altă concluzie, evaluarea riscului de Nivelul 2 poate fi repetată. Dacă există probabilitatea că o mai bună informare va duce la o altă concluzie, este mai firesc să se planifice și să se efectueze remedierea sau se recurgă la definirea unei modificări acceptabile de utilizare a terenurilor.

Nivelul 3 Evaluarea extinsă a riscului cu măsurarea expunerii

- Nivelul 3 se realizează, într-o mare măsură, pe baza expunerii măsurate, utilizând aceeași analiză de risc, care a fost descrisă pentru nivelul 2. Datele utilizate trebuie obținute prin măsurători pe teren și într-o mai mică măsură să se bazeze pe modelare, care este utilizată în principal într-o evaluare a riscului de nivelul 2. Prin urmare, nivelul 3 solicită investigații specifice locului, adaptate la condițiile locale.
- Mobilitatea, adsorbția și degradarea care urmează să fie luate în considerare în diferitele medii (sol, apă sau aer) trebuie să fie determinate prin măsurători pe teren sau investigații de laborator. Concentrația de contaminanți în diferite medii de expunere (sol, apă, aer, recipient, organisme țintă și plante), trebuie să fie determinate prin măsurători.
- Consecințele contaminanților trebuie determinate cu ajutorul testelor toxicologice, investigații de floră, faună, animale și condiții microbiologice la locul contaminării.
- Rezultatele investigațiilor sunt constituite de concentrațiile de expunere determinate pe baza valorilor măsurate. Concentrațiile de expunere pentru diferiți receptori sunt comparate cu nivelurile de toleranță. Ajustări ale concentrațiilor de toleranță datorită biodisponibilității determinate, etc., pot fi efectuate pe baza condițiilor site-ului cercetat.

Interpretarea rezultatelor

- **Rezultatele din analiza chimică a probelor de sol trebuie interpretate după cum urmează:**

Nici una dintre probe nu are un nivel de contaminare mai mare decât criteriile de acceptare.

- În acest caz, ancheta poate fi încheiată, iar site-ul poate fi utilizat în conformitate cu utilizarea terenului prezentă sau planificată. O reorganizare viitoare sau modificarea într-o folosință mai sensibilă a solului necesită repetarea evaluării riscului pentru a stabili că schimbarea destinației terenurilor nu va duce la o expunere inacceptabilă din cauza criteriilor de acceptare modificate.

Nivel contaminant într-una sau mai multe probe este mai mare decât criteriile de acceptare.

- Trebuie să se evalueze dacă rezultatele care depășesc criteriile de acceptare sunt datorate contaminantului sau nivelurilor de fond naturale. Acest lucru este relevant în special pentru substanțe anorganice.
- Pentru a face această evaluare, nivelurile de fond naturale ale contaminanților lor trebuie să fie cunoscute sau determinate. În cazul în care conținutul într-una sau mai multe dintre eșantioane, depășirile nu se datorează nivelurilor de fond, există trei moduri posibile de a proceda:
 1. Creșterea certitudinii datelor specifice site-ului. Datele suplimentare pot fi achiziționate prin extinderea investigațiilor de teren și o nouă analiză de risc. Evaluarea se va completa cu noile informații.
 2. Se aplică măsuri de remediere pentru a reduce / elimina riscul legat de contaminant.
 3. Finalizarea procesului de evaluare a riscurilor și trecerea la nivelul următor.

Rezultatele evaluării riscurilor pot fi:

- Nivelul de expunere calculat este mai mic decât concentrația tolerabilă (sănătatea umană și ecosistemul) și nu există efecte notabile; ancheta poate fi încheiată.
- Nivelul de expunere calculat este mai mare decât concentrația tolerabilă (sănătatea umană și ecosistemul), dar nu s-au observat efecte inacceptabile pentru ființe umane sau mediul înconjurător; măsuri de remediere pentru a reduce sau a elimina riscul sau restrângerea utilizării terenurilor.
- Se folosesc criterii diferite, în funcție de numărul de probe disponibile, care au fost analizate, pentru a stabili dacă liniile directoare de calitate a solului au fost depășite.

Calitatea solului

- Orientativ, sunt considerate ca nefiind depășiri cazurile în care:
 - media celor 3 analize este mai mică decât standardul calității solului și nici unul dintre rezultatele analizelor nu este mai mare decât standardul calității solului cu mai mult de 50%,
 - media de 4 până la 10 analize este mai mică decât standardul calității solului și nici unul dintre rezultatele analizelor nu este mai mare cu mai mult de 100% decât standardul calității solului,
 - media pentru mai mult de 10 analize este mai mică decât standardul de calitate a solului și 90% din rezultate sunt de două ori mai mici decât standardul de calitate a solului. Procentul de 90% înseamnă că 10% din cele mai mari valori nu trebuie luate în considerare; Cu toate acestea, cea mai mare valoare trebuie să fie mai mică decât de două ori standardul calității solului.

Calitatea datelor pentru investigațiile sit-ului

Context și ipoteze

- Determinarea concentrațiilor de contaminanți și de colectare a datelor generale trebuie să fie complete, uniforme și corecte din punct de vedere tehnic.
- La o analiză de risc este important ca să fie evaluate nu numai evenimentele cele mai probabile sunt, dar și cele mai puțin probabile, dar cu adevărat posibile.
- Descrierea problemei nu oferă adesea o bază suficient de bună pentru a finaliza un risc cu calitatea și certitudinea dorită. Prin urmare, este necesară investigarea suplimentară a site-ului, pentru a obține o mai bună motivație în luarea deciziilor.
- Informațiile cantitative și calitative trebuie utilizate cât mai eficient posibil, pentru a se obține încredere deplină în datele colectate.
- Pe măsură ce crește incertitudinea privind migrația contaminantului și amploarea contaminării, crește și necesitatea suplimentării numărului de probe analizate, precum și calitatea prelevării probelor, analiza acestora etc.

Investigațiile de teren

- Investigațiile de teren sunt împărțite în patru etape: planificarea, eșantionarea, analiza și prelucrarea rezultatelor
- Incertitudinea și sursele de eroare pentru fiecare activitate trebuie să fie controlată pentru a se obține siguranța că rezultatele investigației site-ului sunt suficient de precise pentru a fi utilizate în analiza de risc reprezentativ.
- Controlul calității va garanta că rezultatul are calitatea dorită. Acest lucru este ilustrat schematic în figura 3.

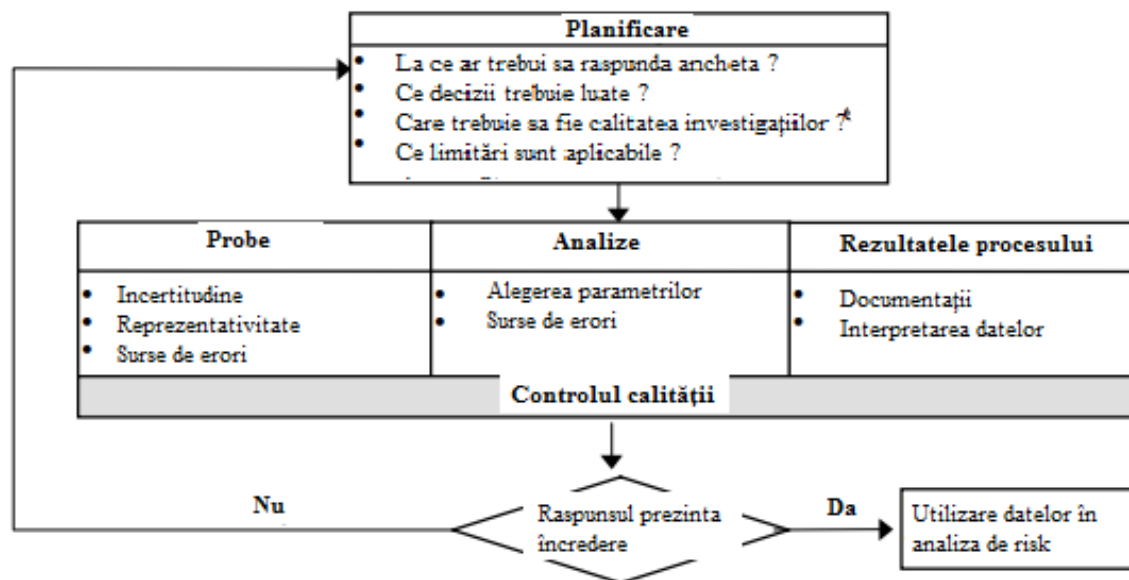


Fig. 3 Continutul și calitatea investigației sit-ului

Planificarea

- Problemele centrale în cadrul planificării investigațiilor in sit includ::

La ce întrebări trebuie să răspundă ancheta ?

Care sunt cele mai semnificative capitole ale ancheta?

Ce decizii trebuie luate pe baza rezultatelor anchetei ?

Ce condiții de calitate a datelor trebuie îndeplinite (limita de detecție, incertitudine) ?

Care sunt consecințele atunci când concluziile inexacte se datorează incertitudinii ridicate a datelor ?

Ce consecințe are calitatea datelor selectate pentru metoda de evaluare aleasă ?

- Investigații clarificatoare sunt necesare pentru a determina dacă concentrațiile de contaminanți depășesc criteriile de acceptare, de exemplu, standardele de calitate a solului pentru utilizarea cea mai sensibilă a solului.
- În mod normal, o investigație de clarificare nu dă un răspuns cu privire la amploarea contaminării și migrarea contaminantului.
- După ce o investigație extinsă în vecinătatea sitului a fost finalizată, este în mod normal necesară o descrie a migrării contaminantului. Aceasta include gradul său de migrație.
- În cazul în care acest lucru variază în funcție de condițiile climatice sau este influențat de alte cauze naturale sau antropice, este necesar să se împartă site-ul în:
 - zone care nu sunt în mod clar influențate sau în care sunt așteptate niveluri scăzute de noxe,
 - zone cu niveluri ridicate de noxe,
 - zone în care există o incertitudine în ceea ce privește nivelul de noxe.
- Planificarea cuprinde amplasarea punctelor de prelevare (întindere și adâncime), stabilirea parametrilor care trebuie analizați, limitele de detecție necesare, precum și cerințele pentru eșantionarea și manipularea probelor.
- Metodele folosite pentru determinarea analitică a concentrațiilor de poluanți dau rezultate comparabile.

Prelevarea probelor

- Trebuie stabilit un plan de prelevare a probelor care să asigure un număr justificat tehnic de probe, manipulare, transport și analiză.
- Probele și rezultatele analitice trebuie să fie reprezentative pentru caracterizarea zonei. Pe lângă identificarea unuia sau mai multor surse de poluare, trebuie să fie evidențiate posibile rute de migrare, bariere, limite vizuale și geologice (hydrogeologice).
- Numărul de probe pe care se bazează o analiză a riscului variază în funcție de problema identificată, amploarea poluării, direcția și gradul migrației poluantului.
- Când sursa de poluare este cunoscută, este necesar un număr redus de probe. Când sursa de poluare nu este cunoscută, este necesar un număr mult mai mare de probe.
- Amestecarea probelor poate reduce numărul de probe care trebuie analizate și ulterior costul legat de anchetă.
- O probă mixtă poate reprezenta nivelul mediu al contaminant pentru o suprafață mai mare în cazul în care zona este contaminată în mod difuz. Cu toate acestea, nici una dintre probe nu poate reprezenta în mod normal o suprafață mai mare de 100 m^2 , sau un volum mai mare de 100 m^3 .
- Numărul de probe se stabilește în mod diferit dacă: sursa de contaminare este difuză; sursa de contaminare este localizată și punctiformă; sursa de contaminare este punctiformă dar nu este localizată.

Analize

- Probele prelevate trebuie analizate pentru parametri relevanți privind contaminantul identificat în descrierea problemei. Când este neclar a se stabili care componente chimice trebuie analizate, prioritate au compușii care reprezintă indicatori ai contaminării prin activități care au fost deja definite. În plus față de acești compuși, unele probe trebuie să fie analizate pentru a identifica un spectru mai larg de compuși prioritari.
- Metodele de analiză folosite nu pot determina conținutul total de compus chimic în proba de sol. Se determină numai fracția care se poate extrage cu metoda aplicată. Prin urmare, este important ca metoda analitică să fie precizată atunci când se interpretează datele care sunt utilizate în analiza de risc. Pentru ca rezultatele să fie comparabile trebuie folosite metode identice de extracție.

Analytical parameter	Standard components
Physical characteristics	Water content, organic carbon and clay content
Heavy metals	8 elements: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
Aliphatic hydrocarbons	Total hydrocarbons, fractions $C_5 - C_{10} > C_{10} - C_{12}$ and $> C_{12} - C_{35}$
PAH ¹⁾	16 polycyclic aromatic hydrocarbons according to USEPA
PCB	7 congeners: 28, 52, 101, 118, 138, 150 and 180
BTEX ¹⁾	Benzene, toluene, ethylbenzene and xylene
VOC	di-, tri- and tetraechloromethane, di- and trichloroethane, tri- and tetrachloro-ethylene

1) Aromatic hydrocarbons = PAH + BTEX

Prelucrarea rezultatelor

- În urma prelevării și analizei probelor trebuie lămurite următoarele probleme:

A fost identificat contaminantul prezentat în descrierea problemei ?

Este necesară analiza altor parametri privind caracterizarea contaminantului prezentat în descrierea problemei ?

Au fost identificați și alți contaminanți ?

Care este concentrația maximă a diferiților compuși identificați pentru fiecare sursă ?

În ce zonă și la ce adâncime a fost găsit contaminantul, și pentru ce surse ?

Care sunt cele mai probabile căi de migrare ?

Calea de migrare dominantă variază în mod periodic ca rezultat al influențelor externe?

- În cazul în care volumul și calitatea datelor sunt suficiente, analiza de risc Nivelul 1 poate fi completă atunci când rezultatele sunt evaluate în raport cu standardele de calitate a solului.

Răspunsul este reprezentativ ?

- Sunt mai mulți factori care trebuie luați în considerare pentru a răspunde la întrebarea dacă rezultatele anchetei sunt reprezentative pentru a fi utilizate ca date de intrare pentru analiza de risc, astfel încât acestea să poată fundamenta posibile evenimente nedorite datorate contaminării prezente.
- Exemple de factori care trebuie să fie caracterizați:
 - toate sursele probabile și a căilor de migrație,
 - toate căile de expunere probabile,
 - lucrarea este finalizată conform planului de calitate, cu abateri critice înregistrate în timpul controlului calității,
 - rezultatele sunt logice cu luarea în considerare a concentrațiilor diferiților contaminanți, divizarea zonei și alte observații (de exemplu observații vizuale, mirosuri, etc.).
 - volumul datelor din anchetă este adecvat pentru a finaliza acel nivel ce se dorește a fi atins în analiza de risc (concentrația maximă la sursă pentru Nivelul 1, întinderea sursei și rutele de migrare pentru Nivelul 2).

Identificarea posibilelor evenimente nedorite

- Un eveniment nedorit la un sit contaminat poate fi faptul că migrarea contaminantului are loc în mod continuu sau episodic, în cantități sau concentrații nedorite.
- Pot exista, de asemenea, condiții care favorizează migrația și disponibilitatea contaminantului.
- Evenimente nedorite pot duce la migrarea contaminantului prin sol sau ape subterane
- Nu este necesar să se identifice evenimentele nedorite într-o evaluare a riscului de Nivelul 1.
- O evaluare a probabilității ca evenimentele viitoare să poată agrava situația prezentă trebuie făcută pentru a se completa descrierea problemei.
- Descrierea problemei și planificarea investigațiilor site-ului se vor concentra în mod normal asupra celor mai multe evenimente nedorite probabile și a consecințelor acestora. O analiză de risc trebuie să includă, de asemenea analiza evenimentelor mai puțin probabile și consecințele acestora în cazul în care acestea ar trebui să apară.
- Un mare risc poate să apară, din păcate, în cazul în care probabilitatea ca un eveniment nedorit să se producă este mică, dar consecințele sunt mari.

Evenimente generate de sursă

- Procesele care au loc la sursă pot crește sau reduce riscul prezent.
- Contaminantul poate exista în sol o lungă perioadă de timp chiar înainte de începerea și finalizarea investigațiilor.
- Pe baza cercetărilor de teren, prin urmare, este posibil să se realizeze un comentariu cu privire la disponibilitatea biologică, probabilitatea expunerii ființelor umane și terestre, organisme, precum și la ratele naturale de biodegradare.
- Degradarea biologică poate determina atât reducerea cât și creșterea în timp a contaminării, în funcție de rezultatele biodegradării și eficiența acestui proces.
- Pot exista bariere, care limitează posibilitățile de migrare a contaminantului.
- Aceste bariere pot reduce sau pot crește posibilitatea de migrare a unui contaminant. Acest lucru se poate datora: activităților umane (excavații, clădiri, conducte de stabilire, etc.) sau proceselor naturale (eroziune, inundații, cutremure, condiții climatice extreme).
- Trebuie să fie identificate astfel de evenimente, dar și probabilitatea ca aceste evenimente să aibă loc în perspectivă.
- Analiza ar trebui să acopere toate aceste aspecte.

Evenimente datorate migrației și transportului

Evenimente datorate expunerii

- Migrarea de la sursa poate fi difuză astfel încât, la o oarecare distanță de la sursă, apare o concentrație de poluant mai mult sau mai puțin omogenă. Cel mai probabil este faptul că migrația a fost influențată de factori externi, cum ar fi: suprafața terenului, modificări de permeabilitate, bariere (formațiuni de rocă, acoperiri impermeabile de suprafață)
- Sursa contaminată poate fi în mod eficient izolată pentru o perioadă scurtă sau mai lungă de timp, însă aceste influențe exterioare afectează direcția dominantă a migrației. Exemplele includ: șanțuri pentru sistemele de drenare a apei / apei uzate.
- Toate rutele posibile de migrare trebuie să fie identificate, inclusiv rutele mai puțin probabile. Migrația poate fi de multe ori un eveniment nedorit, deoarece determină reducerea posibilităților de supraveghere, control și îndepărtare a substanțelor periculoase necunoscute.

Probabilitatea apariției unui eveniment nedorit

- Nu este necesar să se evalueze probabilitatea apariției unui eveniment nedorit atunci când se face o evaluare a riscului de Nivel 1. Se presupune că expunerea se va produce și probabilitatea este egală cu 1. Se are în vedere folosința cea mai sensibilă.
- Probabilitatea ca un eveniment nedorit să apară trebuie să fie analizată, în cazul evaluărilor de risc de Nivelul 2 sau 3.
- După ce sunt identificate posibile evenimente nedorite, se stabilește evenimentul care trebuie să fie investigat mai detaliat.
- Evenimentele care au ca rezultat expunerea directă sau în apropierea contaminantului sunt cele mai importante în evaluare, deoarece acestea au cele mai mari consecințe.
- Evaluarea probabilității acumulării unor concentrații mari de poluant, inacceptabile, într-un timp mai scurt sau mai lung, prin migrare sau transport, este mult mai complicată și necesită mai mult efort.

Probabilitatea migrării

- Calculele privind migrarea unui poluant va reprezenta o bază importantă pentru a determina probabilitatea expunerii ființelor umane și a ecosistemului.
- Modelele utilizate pentru a determina căile de migrație probabile se bazează pe condițiile ideale care se referă la: un profil omogen de sol ; echilibrul chimic între fazele (sol, aer și apă), distribuția omogenă a contaminant ului și un curent / flux staționar în zona saturată.
- În realitate, profilul de sol nu este omogen, iar distribuția între faze nu este în echilibru chimic. Acest lucru se datorează dinamicii proceselor naturale de migrație. În plus, condițiile climatice, de exemplu îngheț, topirea zăpezii în primăvară, generează modificări ale condițiilor hidraulice.
- Din cauza incertitudinii acestor procese, în mod curent se utilizează informații chimice privind distribuția între diferitele faze (vapori, apă și masă solidă). Acest parametru este critic pentru calcularea concentrațiilor probabile.
- Cei mai importanți parametri pentru a reliza calculele care pun în evidență migrarea unui poluant în sol sunt condițiile specifice locului, cum ar fi: pH, redox / oxidare, porozitate, volum al porilor ocupat de apă / volum al porilor ocupat de aer, conținut de argilă și conținutul de carbon organic, solubilitatea (S), coeficientul de partiție apă / sol, coeficientul de adsorbție (K_d), coeficientul de higroscopicitate și constanta lui Henry (H).

Migrarea poluanților

- Componentele contaminantului pot exista la sursă sub diferite forme și sunt antrenate în procese de migrare:
 - transportul cu fază liberă (de exemplu, gudron, ulei și solvenți).
 - dizolvat și apoi transportat în faza apoasă,
 - transportat în fază de vapori,
 - eroziunea și transportul materialului de particule cu apă sau cu aer.
- Componentele contaminantului sunt expuse la mai multe procese fizice, chimice și biologice în cadrul transportului. Aceste procese sunt: dispersia, difuzia, complexarea, biodegradarea, oxidarea chimică, fotooxidarea, schimbul de ioni etc.
- Deosebit de importante sunt următoarele elemente în analiza migrării poluanților:
 - partiția contaminanților între faza de vapori, faza lichidă și faza solidă,
 - partiția contaminanților între sol și plante,
 - partiția contaminanților între diferite medii (apă, sol, aer) și receptorii (pește / crustacee sau terestre).
 - transportul substanțelor periculoase volatile în aerul din sol,
 - transportul contaminantului din situl contaminat în apele subterane,
 - transportul apelor subterane contaminate spre apele de suprafață (lac, râu).

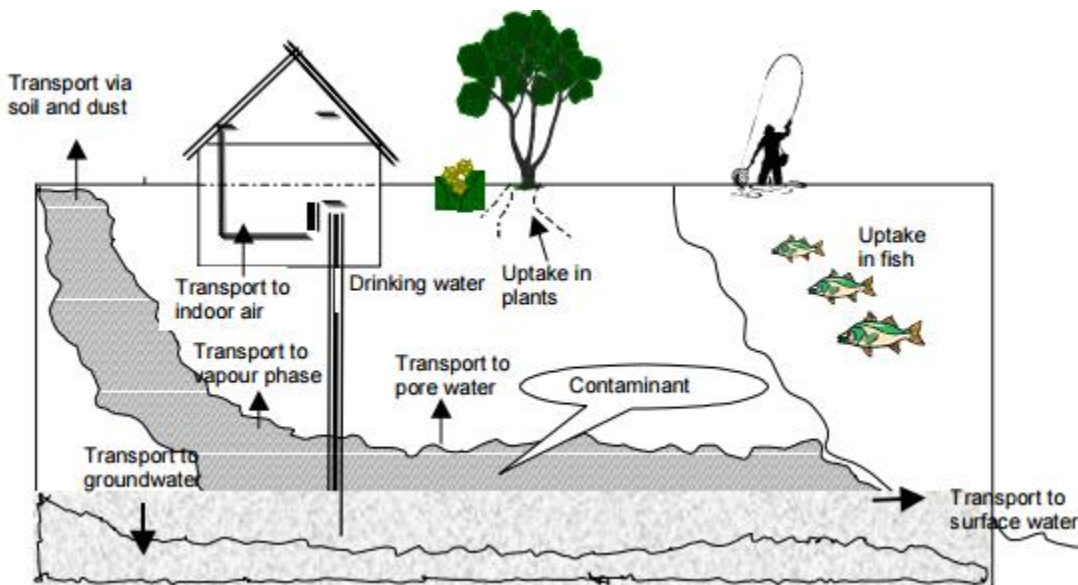
Migrarea poluanților

- Transportul apelor de suprafață contaminate, condițiile climatice care determină o secetă prelungită sau precipitații abundente, etc. pot avea influențe importante privind riscul în raport cu siturile contaminate. Aceste evenimente trebuie să fie evaluate pentru fiecare site și nu pot fi generalizate.
- Un sit contaminat are, așa cum se arată în figura 4, trei căi principale de transport care pot determina expunerea ființelor umane și a mediului:
 - substanțele volatile pot migra în faza de vapori și prin difuzie ajung la suprafața solului,.
 - substanțele solubile pot migra în apa de pori și apoi să fie transportate mai departe în apele subterane, în apa potabilă (de suprafață sau freatică), iar prin intermediul apei de la suprafață în pește, sau prin intermediul apei din porii solului în plante.
 - contaminantul se poate răspândi prin adsorbție la particulele de sol și praf.
- Expunerea indirectă poate apărea atunci când ființele umane consumă plante și pești, apă de suprafață, inhalează noxe care ajung din sol în aerul de la suprafața solului.
- Cele mai multe dintre aceste procese pot fi descrise matematic având la bază experimente de laborator.
- Este dificil de cuantificat fiecare proces, în special atunci când toate procesele care trebuie avute în vedere au loc în același timp. Matematic descrierea devine și mai complicată prin faptul că multe dintre substanțele periculoase au rămas în sol o perioadă lungă de timp și, ulterior, mobilitatea lor s-a schimbat.
- De multe ori substanțele chimice din sol sunt mixte.
- În plus față de mecanismele de transport și reacții în sol, apă și vapori, contaminantul poate exista liber, legat de particule, sub formă de substanțe organice complexe sau ca materialul dizolvat în apă.

Migrarea poluanților

- Aceste probleme trebuie să fie identificate atunci când se face planificarea investigațiilor site-ului, astfel încât următoarele condiții să fie determinate:
 - probabilitatea că vor apărea evenimente nedorite ca urmare a expunerii directe,
 - probabilitatea că va exista migrația în faza liberă,
 - probabilitatea că evenimente nedorite vor apărea ca urmare a expunerii la sau după migrație / transport.
 - probabilitatea că evenimente nedorite vor apărea ca rezultat al expunerii după ce migrarea poluantului a ajuns la un punct definit (ființe umane, pește sau alte organisme).
- Este foarte important controlul certitudinii datelor și a logicii decizionale după fiecare etapă a procesului de analiză a riscurilor.

Fig. 4 Posibile rute de migrare



Consecințele datorate unui eveniment nedorit

Evaluarea consecințelor este ultimul element într-o analiză detaliată a riscurilor. O evaluare se completează cu consecințele care apar sau pot apărea datorită expunerii la valoarea caoncentrației estimate.

Consecințele pentru ființele umane

- O evaluare a expunerii și o evaluare toxicologică umană sunt necesare pentru stabilirea consecințelor asupra ființelor umane.
- Folosința cea mai sensibilă a solului trebuie aleasă în pregătirea liniilor directe de calitate a solului. Acest lucru presupune că ființele umane sunt expuse la noxe, prin următoarele căi de expunere:
 - ingestia de sol sau praf,
 - contactul cutanat la sol sau praf,
 - inhalarea de praf,
 - inhalarea de vapori din sol prin,
 - consumul de apă potabilă de la o sursă subterană situată în situl contaminat,
 - consumul de legume și a culturilor cultivate pe situl contaminat,
 - consumul de pește sau crustacee dintr-un mediu acvatic contaminat de apa subterană,
- Alte căi de expunere, care nu au fost incluse în lista anterioară, contribuie în proporție mai mică de 5% la expunerea totală:
 - contactul cutanat cu apă potabilă (de duș),
 - inhalare în timpul dușului,
 - contactul cutanat în timpul scăldatului în aer liber.
- Există o incertitudine legată de evaluarea expunerii prin ingestia de carne și lapte.
- Căile de expunere relevante, menționate mai sus, trebuie să fie stabilite într-o analiză de risc detaliat. Abaterile privind durata expunerii utilizate în evaluarea riscului trebuie să fie determinate.

Consecințele pentru ecosistem

Sol / fază de vapori

- Aprecierrea consecințelor, utilizate în evaluările de risc de nivelul 1 și 2, se face prin utilizarea concentrațiilor măsurate ale maseleor contaminate pentru a calcula expunerea la receptori. Concentrațiile sunt comparate cu liniile directe de calitate a solului.
- O aproximare a toxicității adiționale se face poate fi utilizată în cazul în care sunt detectate mai multe substanțe periculoase. Aceasta presupune că există o prezentare generală a tuturor substanțelor periculoase care sunt prezente, că acestea sunt 100 % biodisponibile, că nici una dintre substanțele nu are efecte sinergice sau antagonice, nici că o substanță nu este solvent pentru o altă substanță ceea ce ar duce la o mobilitate crescută (biodisponibilitate).
- Liniile directe de calitate a solului pentru ecosistem sunt determinate la laborator ecotoxicologic.
- Pentru a putea lua în considerare biodisponibilitatea, eventualele substanțe chimice necunoscute și posibilele efecte sinergice, este recomandat să se realizeze un minim de teste de toxicitate pentru sol, aerul din sol și apa din sol.
- Se compară un sol de control (de la un sit nepoluat) cu toxicitatea măsurată a solului contaminat. Având în vedere că substanța periculoasă se poate acumula în organisme sau plante, trebuie ca aceste investigații să facă obiectul unei analize de evaluare a riscului de nivel 3.

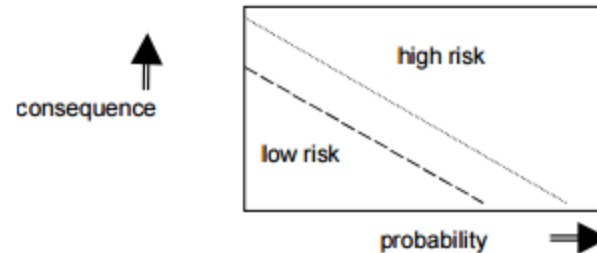
Apă

- Sunt necesare măsurători în recipient sau calcule ale concentrațiilor estimate în recipient atunci când se face evaluarea migrării prin apă. Consecințele pentru organismele din apa sunt evaluate pe baza acestor concentrații și a calității apei pentru diverse folosințe: apă potabilă, apă pentru încălzit, pentru pescuit, pentru recreere, etc.
- Condițiile specifice locului, care sunt mai nefavorabile comparativ cu cele utilizate ca bază pentru calcularea liniilor directe de calitate a solului, trebuie de asemenea, trebuie luate în considerare.
- Concentrațiile apei subterane trebuie să fie, de asemenea, măsurate.
- Efectul poate fi măsurat direct, în cazul este cunoscut destinatarul apelor subterane contaminate.
- Acest lucru este relevant în special într-o evaluare a riscului pentru Nivelul 3.
- De asemenea, trebuie luată în considerare expunerea pentru cea mai probabilă utilizare a apei.

Analiza riscului

- Riscul este rezultatul între probabilitatea și consecința unui eveniment nedorit. Atunci când se evaluează probabilitatea și consecințele posibile ale diferitelor evenimente, risc este cunoscut.
- Trebuie să se observe ce combinații între probabilitate și consecințe reprezintă cel mai mare risc.
- Acest lucru se realizează prin stabilirea unei diagrame de risc pentru evenimentele nedorite, așa cum este ilustrat în Figura 5.

Fig. 5 Diagrama riscului



Toxicologie umană

- Analiza riscurilor în ceea ce privește sănătatea umană include :
 - analiza sistematică a probabilității ca unele dintre substanțele chimice contaminante ar putea duce la expunerea ființelor umane,
 - determinarea concentrațiilor substanțelor chimice relevante la care ca ființele umane pot fi expuse, probabilitatea că expunerea va avea loc.
 - evaluarea raportului doză / răspuns, cu alte cuvinte, consecințele pentru persoana care a fost expusă.
- Calculul concentrației acceptabile se face fie pentru o expunere cronică sau pentru o expunere integrată pe parcursul vieții (expunere pe o viață întreaga), în funcție de caracteristicile substanței chimice. O expunere integrată pe durata de viață este utilizată pentru genotoxice, substanțe chimice cancerigene. Expunerea cronică este utilizată pentru toate celelalte substanțe chimice (negenotoxice și non-cancerigene).
- Valorile toxicologice de referință pentru fiecare substanță chimică sunt utilizate pentru determinarea concentrației acceptabile
- Consumul zilnic (MTDI) este utilizat pentru a defini concentrația acceptabilă în sol, atunci când ființele umane sunt expuse la noxe prin intermediul apei sau a solului.
- O concentrație de referință a aerului este utilizată pentru inhalare.

Analiza riscului ecologic

Organisme terestre

- Protecția speciilor care trăiesc în solul natural găsit în acel habitat și contribuie la realizarea funcțiilor solului trebuie asigurată. Solul, în comparație cu alte părți ale ecosistemului, are o capacitate mare de autoregenerare, atâta timp cât conține o comunitate vie de microorganisme.
- Alegerea unui tip acceptabil de testare (creștere, supraviețuire, reproducere) este dificilă, deoarece există cunoștințe limitate disponibile pentru:
 - diferitele substanțe chimice care afectează organismele terestre,
 - organismele terestric necesare pentru a menține funcțiile critice ale solului.
 - echilibrul ecosistemului terestru poate fi perturbat în funcțiile sale de diferite forme de utilizare a terenului.
- Informații disponibile privind diferitele substanțe chimice relevante ce afectează organismele terestre sunt utilizate pentru a stabili liniile directe de calitate a solului pentru. Atunci când aceste informații sunt disponibile pentru trei niveluri trofice și există suficiente informații disponibile privind testele și calitatea testelor, valoarea de prag toxic poate fi determinată în sol (mg / kg sol). Următoarele tipuri de date sunt necesare:
 - microorganisme (nitrificare teste de testare / respirație pentru substanțele chimice organice și metale grele și Microtox pentru metale grele),
 - plante (teste germinativă, de exemplu salata),
 - organismele animale (viermi în sol și / sau Collemboler în faza de sol / de vapori).
- Atunci când aceste date nu sunt disponibile, extrapolarea între organismele acvatice și terestric este o soluție. Într-o astfel de extrapolare, este utilizat coeficientului de partiție sol / apă (Kd).
- Standardele de calitate a solului sunt elaborate prin determinarea dozei acceptabile a receptorului pentru diferite substanțe chimice (PNECsoil). Acest lucru este realizat extrapolând rezultatele testelor de toxicitate pentru un număr limitat de specii. Protecția receptorilor din cele trei niveluri trofice menționate mai sus este necesară.

Organisme terestre

- O analiză specială a riscurilor trebuie efectuată pentru site-urile sensibile sau în zonele în care există specii rare.
- Este firesc să evalueze expunerea pentru animale sălbatice, păsări și animale de casă folosind aceleași căi de expunere utilizate pentru a evalua expunerea umană. Informații privind cantitățile acumulate și valorile de referință toxicologice pentru mai multe specii pot fi găsite în literatura de specialitate.
- Datele ecologice, care sunt utilizate pentru determinarea liniilor directoare de calitate a solului provin de la testele de laborator efectuate cu substanțe chimice pure. Testele efectuate pentru metale grele folosesc adesea o sare a mai solubilă (cloruri sau sulfati) decât compușii găsiți în sol.
- Substanțele chimice care au stat în sol o perioadă lungă de timp se comportă diferit și sunt adesea mai puțin biodisponibile decât cele care au fost utilizate în testele de laborator.
- Adsorbția de către matricea de sol, reacțiile de transformare, degradare parțială, complexare etc, schimbă caracteristicile.
- Din cauza informațiilor disponibile limitate nu este posibil să se ia în considerare aceste procese atunci când se stabilesc liniile directoare de calitate a solului.
- Prin urmare, testarea toxicității solului contaminat în laborator, poate da rezultate diferite comparativ cu cele obținute din testele de laborator, folosind substanțe chimice pure.
- Testele de toxicitate din probele de teren pot fi utile în special într-o evaluare a riscului de Nivelul 3 atunci când trebuie făcută o evaluare foarte realistă a riscului de mediu, în ceea ce privește organismele terestre.

Analiza riscului ecologic

Organisme acvatice

- Efectele mediului asupra beneficiarilor din apropiere, fie că este vorba de apă de suprafață sau apă subterană sunt evaluate la nivelul 2 prin compararea concentrației calculată sau măsurată în apele subterane sau apă de suprafață cu criteriile de acceptare stabilite, pe baza condițiilor locale de mediu.
- În cazul în care, condițiile locale sunt similare sau mai favorabile decât cele ale modelelor utilizate, concentrația determinată este comparată cu obiectivul de mediu local sau cu concentrația de toleranță, PNEC pentru organismele acvatice.
- Efectele acute observate în ceea ce privește concentrațiile maxime probabile trebuie evaluate pentru substanțele chimice solubile în apă. acumulare în
- Și efectele cronice trebuie să fie evaluate pentru substanțele chimice persistente care nu sunt foarte solubile.

Analiza de risc pentru valorile materiale

- Site-uri contaminate pot afecta, de asemenea, interesele economice. În cazul în care, clădiri rezidențiale sau industriale urmează să fie realizate în site-ul contaminat, este relevantă o analiză a riscului.
- Valorile materiale afectate se referă la:
 - efectul asupra prețului, care rezultă din cunoașterea contaminării site-ului.
 - creșterea costurilor pentru dezvoltarea unui site-ului,
 - efecte directe, cum ar fi coroziunea,
 - pericol de explozie, ca urmare a acumulării vaporilor în subsoluri și sisteme de canalizare (de exemplu metan din depozitele de deșeuri sanitare),
 - măsurile de remediere care restricționează utilizarea terenurilor.

Obiective de mediu

- Obiectivul de mediu pentru un site este stabilit în descrierea problemei.
- Riscurile trebuie să fie evaluate în raport cu viitoarele conflicte ale utilizatorilor actuali și viitori. Aceasta înseamnă că este pericolul ca un contaminant să se poate răspândi și trebuie să fie investigat în ce grad de concentrare sau ce cantitate de contaminant este în conflict cu obiectivele locale.
- Obiectivele locale vor fi cel mai adesea clarificate și discutate cu municipalitatea, mai ales în cazul în care o schimbare în utilizarea terenurilor este posibilă.
- Obiectivul ecologic poate fi național, de exemplu: criteriile de clasificare a apelor de suprafață, normativele generale de mediu stabilite de către autoritățile de protecție a mediului. În plus, municipalitățile și regiunile de dezvoltare au cerințe și obiective directe și indirecte sub formă de reglementări, planuri municipale, planuri de apă și de canalizare etc.
- Trebuie luate în considerare următoarele aspecte:
 - planificarea utilizării terenurilor (posibile modificări) pentru site-ul sau terenurile din apropiere,
 - planificarea exploatării apelor subterane,
 - planificarea dezvoltării beneficiarilor.
- În cazuri izolate, evaluarea riscurilor poate concluziona că migrarea contaminantului se poate produce fără a determina efecte negative vizibile sau conflicte imediate cu obiectivele de mediu stabilite.
- Cu toate acestea, este de dorit să se aplice măsuri de stopare a migrației contaminantului.

Obiective de mediu

- Un alt obiectiv de mediu poate fi menținerea la un nivel scăzut a cantității de contaminant, chiar dacă cantități moderate de contaminant nu va da imediat efecte nedorite. Este important să se depună eforturi de îmbunătățire a unei stări moderate sau slabe.
- Obiectivele de mediu locale reprezintă baza pentru stabilirea obiectivului operativ (acceptarea criteriilor).
- Obiectivele de mediu conțin limitele propuse pentru un site și eventual pentru beneficiarii care pot fi afectați.
- Obiective de mediu pot fi:
 - sursa de apă de suprafață poate funcționa în scopul apei potabile sau să aiba calitatea apei pentru scăldat.
 - diversitatea speciilor într-o zonă să fie restabilită sau menținută.

Criteriile de acceptare sunt formulate astfel încât să fie realizate toate obiectivele de mediu locale.

Criteriile de acceptare vor fi formulate astfel încât alegerea soluțiilor și efectele măsurilor de remediere să poată fi evaluate.

- Tipul de procese / receptori biologici, care trebuie să fie protejați în diferitele moduri de utilizarea solului sunt prezentate în tabelul 1. Tabelul ilustrează organismele primare și secundare afectate. Organismele secundare sunt cele afectate în mod indirect, prin ingestia de sol sau plante cu un nivel ridicat de noxe.

Tabel 1 Tipuri de procese / receptori biologici

Utilitatea zonei	Utilizarea solului	Obiective principale	Organisme principale	Organisme secundare
Zonă de construcție	Rezidențiale, sport, parcuri, trasee montane, grădini de legume	Nu un efect ce produce reducerea producției	Microorganisme	Ființe umane și animale de casă
Zonă de protecție a apei și a lacurilor	Protecția biotopurilor și a ecosistemelor	Nici un efect negativ asupra organismelor	Alge, crustacee și pește	Amfibii, păsări și mamifere
Zonă naturală și de agrement	Protecția terenurilor pentru agrement sau rezervații	Nici un efect negativ asupra speciilor existente	Organisme terestre	Ființe umane, animale și animale de casă
Zonă agricolă	Arabil, pășuni, păduri, pajiști	Mentținerea producției, a diversității speciilor existente	Microorganismele din sol, plante și animale	Ființe umane, animale și animale de casă
Zonă industrială și de trafic	Suprafețe acoperite	-	-	Ființe umane și animale
Zonă publică	Locuri de joacă	Nici un efect negativ asupra speciilor existente	-	Ființe umane și animale de casa
Zonă specială	Terenuri cu acces restricționat	Nici un efect negativ asupra speciilor existente	-	Ființe umane
Zonă periculoasă	Variată	-	-	-

Criterii de acceptare

- Criteriile de acceptare sunt exprimarea obiectivelor de mediu în termeni cantitativi. cceptarea de
- Criterii de acceptare sunt valori limită ca (liniile directoare de calitate a solului, criteriile de apă potabilă, de scăldat, nivelul de clasificare a apelor de suprafață, limitele de sănătate la locul de muncă pentru mediul interior, nivelurile de prag pentru miros, criterii generale legate de sănătate etc.) definite pe baza nivelului țintă / obiectivului ecologic pentru sol, calitatea apei și a aerului.
- Criteriile de acceptare, printre altele, trebuie să se bazeze pe reglementările aplicabile în vigoare, standarde și orientări cu ca punct de pornire obiectivele țintă / obiectivele de mediu locale.
- Acestea presupun că toate căile de expunere pentru ființele umane au fost luate în considerare și că atât solul, cât și ecosistemului sunt protejate.

Evaluarea riscului

- Evaluarea riscurilor trebuie să se bazeze pe:
 - concluzia rezultată din analiza de risc,
 - criteriile de acceptare identificate.
- O evaluare "intuitivă" a riscului este o parte a descrierii problemei întrucât stă la baza deciziei dacă este sau nu este necesară o cercetare suplimentară sau dacă este finalizat cazul
- O evaluare mai sistematică a riscurilor clarifică necesitatea de remediere și de evaluare a riscurilor, după ce au fost realizate măsuri corective.
- O evaluare simplă a riscului constă în compararea concentrațiilor de contaminanți din site-ul cercetat cu liniile directoare de calitate a solului. Liniile directoare de calitate a solului exprimă concentrația de contaminant care, la un grad mare de certitudine, asigură condiții în care viața și sănătatea oamenilor, a viețuitoarelor și ecosistemele nu sunt afectate, independent de utilizarea terenului.
- O evaluare a riscurilor mai detaliată (Nive 2 sau Nivel 3), ar trebui să justifice necesitatea, complexitatea și tipul de măsuri de remediere. Rezultatele din analiza de risc sunt apoi comparate cu criteriile de acceptare.
- Criteriile de acceptare se bazează pe planificarea utilizării terenului, obiectivele de mediu pentru site-ul cercetat sau a altor obiective care au fost stabilite în procesul de evaluare.
- Evaluarea riscurilor va avea ca rezultat una dintre următoarele concluzii:
 - sunt necesare investigații suplimentare,
 - sunt necesare măsuri de remediere, de control sau de supraveghere,
 - cazul poate fi încheiat, cu sau fără restricții în utilizarea terenurilor.

Necesitatea unor investigații suplimentare

- Investigațiile suplimentare sunt efectuate în cazul în care nu este posibil să se ajungă la o concluzie cu un grad ridicat de încredere, pe baza informațiilor disponibile existente.
 - De exemplu,
 - trebuie să fie prelevate și analizate mai multe probe,
 - este necesară evaluarea altor surse,
 - este necesară prelevarea probelor în diferite anotimpuri sau în condiții climatice speciale,
 - sunt identificate noi moduri abordare a problemei.
- În unele cazuri, este mai ușor și mai rezonabil să se efectueze măsuri de remediere decât să continue investigațiile extinse.
- Aceste aspecte vor influența concluzia finală și, prin urmare, trebuie să fie prezentate foarte clar.

Necesitatea unor măsuri de remediere și supraveghere

- În cazul în care se ajunge la concluzia că sunt necesare investigații suplimentare sau măsuri de remediere, trebuie întocmit un plan de acțiune, care să cuprindă investigații suplimentare măsuri de remediere eficiente, care pot reduce riscul la un nivel acceptabil.
- Atunci când se așteaptă ca procesele naturale să reducă riscul de contaminare pe termen lung, un plan acceptabil de măsuri de remediere poate cuprinde numai controlul și supravegherea stării site-ului.
- Trebuie să fie precizat intervalul de timp pentru un astfel de efort.

Incheierea cazului

Cazul poate fi încheiat atunci când evaluarea riscului este efectuată în mod satisfăcător și nu este nevoie de măsuri de remediere sau restricții de utilizare a terenurilor.

Dacă prin evaluarea riscului se concluzionează că site-ul este contaminat, dar că reremedierea nu este necesară, deoarece o degradare minoră este firească și nu există nici un pericol pentru migrare, în condițiile existente, cazul trebuie să fie înregistrat. Sunt necesare informații mai detaliate cu privire la aceste aspecte. Condițiile locale trebuie să fie foarte bine documentate.

Algoritmi de calcul pentru migrare / transport

- Se presupune că un contaminant este în echilibru față de materialul solid din sol, apa din sol (apa din pori) și aerul din sol (spațiul ocupat de vapori).
- Distribuția contaminantului în cele trei faze (material solid, apă, și aer) este un factor foarte important și din acest motiv trebuie să fie determinată.

Distribuția între partea solidă și apă

Toate substanțele chimice au caracteristici specifice, care definesc comportarea lor în sol.

Coeficientul de partiție octanol-apă (POW) este un parametru cheie

pentru substanțele organice. Parametrul cheie pentru metalele grele este coeficientul de distribuție între materialul solid sol și (Kd). Este cunoscut faptul că acești parametri se schimbă în timp datorită proceselor la care sunt supuse aceste substanțe periculoase, numite procese de îmbătrânire.

Prin urmare, o contaminare mai recentă se va comporta diferit față de o contaminare mai în vârstă.

Se presupune că utilizarea caracteristicilor specifice pentru substanțele periculoase în cazul unor contaminări recente este un punct de plecare acceptabil pentru evaluarea riscurilor.

$$(1) \quad C_w = C_s \cdot \left[K_d + \frac{\theta_w + \theta_a \cdot H}{\rho_s} \right]^{-1}$$

Unde: C_w = concentrația de contaminant în apa din pori (la sursă) (mg/l),

C_s = concentrația de contaminant în materialul solid (la sursă) (mg/Kg),

K_d = coeficientul de partiție solid-apă (l/Kg),

θ_w = conținutul de apă al solului (% volum) (l apă/l sol),

θ_a = conținutul de aer al solului (% volum) (l aer/l sol),

H = constanta lui Henry,

ρ_s = densitatea solului (Kg/dm³),

Valoarea K_d pentru substanțele anorganice (aici: metale grele) depinde de tipul de sol prezent. Prin urmare, acest parametru trebuie să fie determinat pentru condițiile locale. Valorile K_d pentru metalele grele au fost determinate pentru un site generic și se găsesc în literatura de specialitate.

Valoarea K_d pentru o substanță organică este dependentă de conținutul de carbon organic din sol (FOC) și coeficientul de partiție octanol-apă a substanței chimice (de P_{ow}).

Următorii algoritmi sunt utilizați:

$$(2) \quad K_d = K_{oc} \cdot f_{oc}$$

$$(3) \quad \log K_{oc} = 1.04 \cdot \log P_{ow} - 0.84$$

Unde: K_{oc} = coeficientul de partiție carbon organic-apă (l/Kg),

f_{oc} = fracțiunea de carbon organic din sol,

P_{ow} = coeficient de partiție octanol-apă.

Distribuția între apă și aer

Concentrația substanțelor chimice volatile în spațiul ocupat de aer se presupune a fi în echilibru liniar cu concentrația în apă a porilor.

$$(4) \quad C_a = H \cdot C_w$$

Unde: C_a este concentrația substanței chimice în aerul din pori (la sursă), (mg/l).

Diluarea / transportul diferitelor faze

Sunt identificate patru rute principale de transport pentru contaminanți:

- transportul contaminanților din sol în aerului din pori,
- transportul de contaminanți din sol în apele subterane,
- transportul de contaminanți din sol în apele de suprafață,
- transportul contaminanților din sol în plante.

Transportul vaporilor în aerul din sol

Modelele empirice utilizate pentru a determina concentrația contaminantului în aerul din incinte

(locuințe)sunt:

$$C_{ia} = DF_{ia} \cdot C_a$$

(5)

Unde: C_{ia} = concentrația contaminantului în aerul din incintă (locuință) (mg/l),

DF_{ia} = factor de diluție de la aerul din porii solului la aerul din incintă.

Factorul de diluție poate fi determinat cu relația:

$$(6) \quad DF_{ia} = \frac{L \cdot A \cdot D}{V_{house} \cdot I} \cdot (Z \cdot L + A \cdot D)^{-1}$$

Unde: L = rata de pătrundere a aerului din pori în incintă (m^3/zi),

A = aria sub incintă (locuință) (m^2),

D = difuzivitatea în aerul din sol (m^2/zi),

V_{house} = volumul interior al incintei (m^3),

I = rata de înlocuire a aerului în locuință (zi^{-1}),

Z = adâncimea la care se găsesc noxele (m).

Difuzivitatea poate fi determinată cu relația:

$$(7) \quad D = D_0 \cdot \left[\frac{\theta^{\frac{10}{3}}}{\varepsilon^2} \right]$$

Unde: D_0 = difuzivitatea în aerul atmosferic (m^2/zi),

ε = porozitatea solului.

Transportul contaminanților din sol în apele subterane

- În scopul stabilirii liniilor directe de calitate a solului, poate fi folosit un model simplu, care nu ia în considerare degradarea sau diluarea prin dispersie laterală. Atunci când dispersia laterală nu este considerată, lățimea penei de contaminant în raport cu direcția de curgere a apei subterane nu va avea nici un efect asupra concentrației contaminantului în apă. Lățimea penei de contaminant nu este inclusă în calculele de mai jos.
- Concentrația contaminanților în apele subterane poate fi determinată cu relația:

$$(8) \quad C_{gw} = DF_{gw} \cdot C_w$$

Unde: C_{gw} = concentrația contaminantului în apa freatică (mg/l),

DF_{gw} = factor de diluție de la apa din pori la apa subterană.

Factorul de diluție poate fi determinat cu relația:

$$(9) \quad DF_{gw} = \frac{L_{gw} \cdot I}{k \cdot i \cdot d_{mix} + (L_{gw} + X) \cdot I}$$

Unde: L_{gw} = lungimea sit-ului contaminat în direcția curgerii apei subterane (m),

I = rata de infiltrație (m/an),

k = conductivitatea hidraulică a solului (m/an),

i = gradientul hidraulic (m/m),

d_{mix} = grosimea zonei de amestec în acvifer (m),

X = distanța de la zona contaminată la punctul de calcul (fântână) (m).

Grosimea zonei de amestec în acvifer se poate calcula cu relația:

$$(10) \quad d_{mix} = \sqrt{0.0112 \cdot (L_{gw} + X)^2} + d_a \left[1 - \exp \left(- \frac{L_{gw} \cdot I}{k \cdot i \cdot d_a} \right) \right]$$

Unde: d_a = grosimea acviferului (m).

Transportul contaminanților din apele subterane în apele de suprafață

Se presupune că apa subterană curge într-un lac sau într-un râu, cu un anumit timp de retenție. Prin urmare, concentrația în apa de suprafață poate fi determinată cu relația :

$$(11) \quad C_{sw} = DF_{sw} \cdot C_{gw}$$

Unde: C_{sw} = concentrația de contaminant în apa de suprafață (mg/l),

DF_{sw} = factorul de diluție din apa freatică în apa de suprafață.

$$(12) \quad DF_{sw} = \frac{Q_{di}}{Q_{sw}} = \frac{k \cdot i \cdot d_{mix} \cdot L_{sw}}{Q_{sw}}$$

Unde: Q_{di} = debitul de descărcare a apelor freatice contaminate în apele de suprafață (m³/an),

Q_{sw} = debitul apelor de suprafață (m³/an),

L_{gw} = lățimea zonei contaminate perpendicular pe direcția de curgere a apei subterane (m).

Debitul de curgere a apei în lac poate fi calculat cu relația:

$$(13) \quad Q_{sw} = V_{sw} \cdot k_t$$

Unde: V = volumul lacului (m³),

k_t = timpul teoretic de retenție în lac (an⁻¹).

Transportul contaminanților din sol în plante

- Se pot folosi următoarele modele de calcul pentru contaminanții organici:

$$(14) \quad BCF_{stem} = (10^{(0.95 \cdot \log P_{ow} - 2.05)} + 0.82) \cdot 0.784 \cdot 10^{(-0.434 \frac{(\log P_{ow} - 1.78)^2}{2.44})}$$

Unde: BCF_{stem} = factorul de bioconcentrare (factor de absorbție a plantelor) în tulpina plantei (l/kg substanță umedă).

și

$$(15) \quad BCF_{root} = 10^{(0.77 \cdot \log P_{ow} - 1.52)} + 0.82$$

Unde: BCF_{root} = factorul de bioconcentrare (factor de absorbție a plantelor), în rădăcina plantei (l/kg substanță umedă).

Factorul de concentrare totală în plante K_{pl} , care descrie relația dintre concentrația în plantă și concentrația în sol (mg / kg plant) / (mg / kg sol), poate fi determinat cu relația:

$$(16) \quad K_{pl} = (BCF_{stem} \cdot f_{leaf} + BCF_{root} \cdot f_{root}) \cdot \left(\frac{\rho_s}{\theta_w + K_d \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a} \right)$$

Unde: f_{stem} = fracția de frunză / tulpină legume în consumul total de legume,

f_{root} = fracția de rădăcină în consumul total de legume.

Se aplică relația $f_{stem} + f_{root} = 1$. În mod normal, se presupune că un consum de legume este format din 50% de frunze și tulpină / 50% rădăcină.

Calculule privind riscul asupra sănătății

- Expunerea cronică nu se calculează pentru substanțele chimice genotoxice.
- Substanțele chimice genotoxice produc efecte nocive: carcinogene (produc cancer), mutagene (produc mutații genetice) și teratogene (produc malformații), posibil la orice concentrații.
- Pentru substanțele chimice cancerigene genotoxice, este utilizată expunerea integrată pe toată durata vieții.
- Expunerea cronică se bazează pe expunerea copiilor (0-6 ani), pentru cea mai mare parte a căilor de expunere.
- Expunerea integrată pe durata vieții se bazează pe o expunere medie a unui copil (0-6 ani) și expunerea unui adult (7-64 ani). Greutatea corporală utilizată pentru un copil este 15 Kg, iar pentru un adult este 70 kg.
- Cea mai mare incertitudine pentru toate căile de expunere constă în determinarea biodisponibilității diferitelor substanțe chimice la care sunt expuse la ființele umane. Probabilitatea ca o persoană să fie expusă nu a fost luată în considerare. Biodisponibilitatea este de 100% pentru majoritatea utilizărilor sensibile ale terenului.

Ingestia de sol și praf

- Ingestia de sol sau de praf se referă la aportul direct al solului sau al prafului atunci când se introduc degetele sau mâinile în gură. Se presupune că acest aport este mai mare la copiii mici. Valoarea de referință a concentrației pentru consumul de sol, C_{is} (mg / kg), se calculează cu următoarea relație:

$$(17) \quad C_{is} = \frac{TRV}{R_{is}} \cdot 10^6$$

Unde: TRV = valoarea de referință toxicologică (mg / (kg·zi)). MTDI pentru substanțe chimice non-genotoxice și TDI (doza zilnică tolerabilă) calculată pe baza riscului produs de aportul zilnic de genotoxicitate în cazul substanțelor chimice cancerigene.

MTDI = doza maximă tolerabilă la ingestie,

R_{is} = ingestia zilnică de sol per kg de greutate corporală (mg / (kg·zi)), pe termen lung pentru substanțele chimice negenotoxice și ingerarea integrată pe durata de viață pentru substanțele chimice genotoxice.

Ingestia zilnică de sol per kg de greutate corporală se poate determina cu relația:

$$(18) \quad R_{is} = \frac{DI_{is} \cdot f_{exp}}{KV}$$

Unde: DI_{is} = ingestia medie zilnică de sol (mg/zi),

f = fracția reprezentând timpul de expunere (zile/an),

KV = greutatea corporală (kg).

Contactul cutanat cu solul și praful

- Expunerea prin contactul cutanat se referă la contaminanții care atașându-se la nivelul pielii sunt absorbiți de piele și trec în sânge. Există mai deosebiri de la persoană la persoană când este vorba de contactul cu solul. Contactul cutanat cu solul și praful se poate produce, atât în interior (praf), cât și în exterior.
- Concentrația de referință în sol pentru contactul cutanat cu solul, C_{du} (mg/kg), este exprimată prin următoarea ecuație:

$$(19) \quad C_{du} = \frac{TRV}{f_{du} \cdot R_{du}} \cdot 10^6$$

Unde: f_{du} = factor relativ de absorbție chimică specifică pentru absorbția cutanată; este raportul dintre absorbția prin piele și absorbția prin digestie,

R_{du} = expunerea cutanată zilnică per kg de greutate corporală (mg / (kg·zi)), pe termen lung în cazul expunerii cutanate la substanțele chimice de bază non-genotoxice și expunere cutanată integrată pe viață la substanțele chimice genotoxice.

Expunerea cutanată zilnică per kg de greutate corporală poate fi determinată cu relația:

$$(20) \quad R_{du} = \frac{DI_{du} \cdot f_{exp}}{KV}$$

Unde: DI_{du} = expunerea medie zilnică cutanată pentru sol (mg/zi).

Inhalarea prafului

- Inhalarea prafului se referă la inhalarea particulelor <10 pm. Această modalitate de expunere este considerată a avea o semnificație mai mică în comparație cu ingestia orală de praf. Pentru toți contaminanții, contribuția adusă de inhalarea prafului este mai mică de 1% din totalul consumului. Cu toate acestea, pericolul pentru sănătate datorat inhalării substanțelor chimice toxice pentru plamani, poate fi mare.
- Parametrii importanți pentru expunere sunt: fracțiunea de particule inhalate, rata de respirație și timpul de expunere. Factorii care descriu procesul de inhalare sunt bine cunoscuți, și există algoritmi de calcul acceptabili. În cazul în care o
- Următoarea metodă de calcul a concentrației de referință din sol pentru inhalarea de praf, C_{id} (mg/kg), poate fi utilizată:

$$(21) \quad C_{id} = \frac{R_f C}{f_{exp} \cdot C_{ad}} \cdot 10^6$$

Atunci când aceste valori nu se găsesc, expunerea este estimată utilizând următoarea relație:

$$(22) \quad C_{id} = \frac{TRV}{R_{id}} \cdot 10^6$$

Unde: R_{fc} = Concentrația toxicologică de referință (mg/m³), pentru substanțe chimice non-genotoxice sau concentrația care generează riscul datorat aportului zilnic de genotoxicitate substanțe chimice genotoxice,

C_{ad} = concentrația medie de praf în aerul inhalat (mg/m³),

R_{id} = Inhalarea zilnică de praf per kg de greutate corporală (mg/(kg·zi)), pe termen lung pentru substanțele chimice non-genotoxice sau inhalarea zilnică de praf pe întreaga durată de viață pentru substanțe chimice genotoxice.

- Inhalarea zilnică de praf per kg de greutate corporală poate fi determinată cu relația:

$$(23) \quad R_{id} = \frac{C_{ad} \cdot PH \cdot LR \cdot f_{exp}}{KV}$$

Unde: PH = rata de respirație (m³/zi),

LR = retenția în plămâni (%).

Inhalarea vaporilor din sol

- Vaporii din sol se referă la contaminanții volatili care sunt transportați în atmosferă sau întreă în clădiri. Factorii importanți pentru această cale de expunere: sunt rata transportului vaporilor din sol, de diluare a aerului din interior, rata de respirație și timpul de expunere.
- Atunci când este disponibilă concentrația de referință a aerului, pentru o anumită substanță chimică, poate fi utilizată următoarea ecuație, pentru a calcula concentrația de referință în sol pentru inhalarea vaporilor de sol ce se găsesc în aerul din porii:

$$(24) \quad C_{iv} = \frac{RfC}{f_{exp} \cdot H} \cdot \left(K_d + \frac{\theta_w + \theta_a \cdot H}{\rho_s} \right) \cdot \frac{1}{DF_{ia}} \cdot 10^{-3}$$

În cazul în care nu este posibil să se găsească aceste concentrații de referință în aerul din sol, calculul pentru C_{iv} se poate face cu relația:

$$(25) \quad C_{iv} = \frac{TRV}{R_{iv} \cdot H} \cdot \left(K_d + \frac{\theta_w + \theta_a \cdot H}{\rho_s} \right) \cdot \frac{1}{DF_{ia}}$$

Unde: R_{iv} = inhalarea zilnică de vapori per kg de greutate corporală (($m^3/(Kg \cdot zi)$) / (g/m^3)), Inhalare pe termen lung pentru substanțe chimice non-genotoxice și inhalare integrată pe durata de viață pentru substanțe chimice genotoxice,

DF_{ia} = factorul de diluție calculat cu ecuația (6).

Inhalarea zilnică de vapori din sol per kg de greutate corporală se poate determina cu relația:

$$(26) \quad R_{iv} = \frac{PH \cdot f_{exp}}{KV} \cdot 10^{-3}$$

Aportul din apa potabilă

- Parametrii importanți pentru expunerea la apa potabilă contaminată sunt: concentrația în apă și consumul de apă potabilă. În cazul în care concentrația în apă subterană, care este utilizată ca apă potabilă, poate fi măsurată cu ușurință, trebuie făcute aceste măsurători.
- Expunerea poate fi calculată pe baza valorilor OMS pentru aportul zilnic de apă potabilă: 1 litru pentru copii și 2 litri pentru adulți.
- Concentrația de referință pentru aportul de apă potabilă (ape subterane), C_{iw} (mg/kg) poate fi calculată cu relația:

$$(27) \quad C_{iw} = \frac{TRV}{R_{iw}} \cdot \left(K_d + \frac{\theta_w + \theta_d \cdot H}{\rho_s} \right) \cdot \frac{1}{DF_{gw}}$$

Unde: R_{iw} = consumul zilnic de apă potabilă per kg de greutate corporală (l/kg((zi)), consumul pe termen lung a apei potabile pentru substanțele chimice non-genotoxice sau consumul integrat pe toată durata de viață de apă potabilă pentru substanțele chimice genotoxice.

DF_{gw} = factorul de diluție la trecerea apei din pori în apele subterane, calculat conform relației (9).

Consumul zilnic de apă potabilă per kg de greutate corporală poate fi calculat cu relația:

$$(28) \quad R_{iw} = \frac{DI_{iw} \cdot f_{exp}}{KV}$$

Unde: DI_{iw} = aportul mediu zilnic din apa potabilă (l/zi).

Consumul de legume cultivate pe situl contaminat

- Parametrii importanți sunt: concentrația de contaminant în părțile comestibile ale plantei, consumul de legume și fracția din legumele consumate. Concentrația de referință din sol pentru consumul de legume, C_{ig} (mg/kg) se calculează cu relația:

$$(29) \quad C_{ig} = \frac{TRV}{R_{ig} \cdot f_h \cdot K_{pl}}$$

Unde: R_{ig} = consumul zilnic de legume per kg greutate corporală (kg/(kg·zi)), consumul pe termen lung pentru substanțele chimice non-genotoxice sau consumul integrat pe toată durata de viață pentru substanțele chimice genotoxice,

f_h = fracțiunea din consumul de legume cultivate pe site-ul contaminat,

K_{pl} = concentrația totală de contaminant în plante calculată conform ecuației (16).

Consumul zilnic de legume per kg greutate corporală se poate calcula cu relația:

$$(30) \quad R_{ig} = \frac{DI_{ig} \cdot f_{exp}}{KV}$$

Unde: DI_{ig} = consumul mediu zilnic de legume (kg/zi).

Consumul de pește și crustacee din apropierea sit-urilor contaminate

- Evaluarea riscurilor pentru sănătatea umană, datorate consumului de substanțe periculoase din pește și crustacee, utilizează valoarea MTDI precum și un consum mediu de pește și crustacee, care este egal cu 0,5 kg / săptămână pentru copii și 1 kg / săptămână pentru adulți.
- La calcularea concentrației de referință pentru consumul de pește și crustacee, C_{if} (mg/kg), se poate folosi următoarele relații:

$$(31) \quad C_{if} = \frac{TRV}{R_{if} \cdot f_f \cdot C_f}$$

$$(32) \quad C_{if} = \frac{BCF_{fish} \cdot \rho_s \cdot DF_{sw} \cdot DF_{gw}}{\theta_w + K_d \cdot \rho_s + \theta_a \cdot H}$$

$$(33) \quad C_{if} = \frac{TRV}{R_{if} \cdot f_f \cdot BCF_{fish}} \cdot \frac{1}{DF_{gw} \cdot DF_{sw}} \cdot \left[K_d + \frac{\theta_w + \theta_a \cdot H}{\rho_s} \right]$$

Unde: R_{if} = consumul zilnic de pește și crustacee per kg de greutate corporală (Kg/(kg·zi)).

f_f = fracțiunea de pește și crustacee consumată,

BCF_{fish} = factorul de bioconcentrare pentru pești ((mg/kg de pește) / (mg/l apă)).

Consumul zilnic de pește și crustacee per kg de greutate corporală poate fi determinat cu relația:

$$(34) \quad R_{if} = \frac{DI_{if} \cdot f_{exp}}{KV}$$

Unde: DI_{if} = consumul mediu zilnic de pește și crustacee (kg/zi).

Determinarea parametrului BCF se face conform relației (35).

$$(35) \quad BCF_{fish} = P_{ow} \cdot I$$

Unde: I = conținutul de lipide în pește (%).

Determinarea expunerii totale

La calcularea concentrației totale de expunere umană, C_{he} (mg/kg), se se poate folosi relația:

$$(36) \quad C_{he} = \frac{1}{\frac{1}{C_{is}} + \frac{1}{C_{du}} + \frac{1}{C_{id}} + \frac{1}{C_{iv}} + \frac{1}{C_{gw}} + \frac{1}{C_{ig}} + \frac{1}{C_{if}}}$$

Unde: C_{is} = concentrație de referință în sol pentru ingestia de sol,

C_{du} = concentrația de referință în sol pentru contactul cutanat cu solul,

C_{id} = concentrația de referință în sol pentru inhalarea de praf,

C_{iv} = concentrația de referință în sol pentru inhalarea vaporilor,

C_{iw} = concentrația de referință în sol pentru aportul din apă potabilă,

C_{ig} = de referință concentrația în sol pentru consumul de legume,

C_{if} = concentrația de referință în sol pentru consumul de pește/crustacee.

O astfel de ecuație nu ia în considerare faptul că substanțele chimice acționează adesea în diferite moduri.

Calculul riscului ecologic

- Sunt două metode care pot fi utilizate pentru a obține datele privind mediului terestru. Metoda care este utilizată depinde de cantitatea și calitatea datelor disponibile.
- **I. Factorul de siguranță** (când se dispune de un set mic de date)
- Când se dispune de un set mic de date și este acceptat un factor de siguranță cuprins între 1 - 1000, se aplică metoda FAME = analiza factorială.
- Marimea factorului de siguranță depinde de tipul de test, numărul de niveluri trofice și incertitudinea
- legată de determinarea efectelor asupra mediului, pe baza datelor de laborator (Tabelul 5).
- În cazul în care numai un singur test terestru este disponibil (vierme sau plantă), evaluarea riscului va fi finalizată pe baza acestui test și pe conversia datelor acvatice. Cea mai mică dintre aceste două valori PNEC (concentrația previzibilă fără efect) este apoi folosită în continuare în analiza de risc.

Tabel 5 Factorul de siguranță pentru calcularea PNEC al mediului terestru

Informații disponibile	Factor de siguranță
Valoarea L(E)C ₅₀ pentru testele de substanțe periculoase cu efecte acute (de exemplu, plante, viermi sau microorganisme) *	1000
Valoarea NOEC pentru un test de substanță periculoasă cu efecte cronice	100
Valoarea NOEC pentru un test de substanță periculoasă cu efecte cronice de la două niveluri trofice	50
Valoarea NOEC pentru un test de substanță periculoasă cu efecte cronice față de trei organisme din două niveluri trofice	10
Datele din câmp sau din modelarea ecosistemului	Evaluat de la caz la caz

NOEC (concentrația fără efect observat)

II. Analiza statistică (când se dispune de un set mare de date)

Această metodă se bazează pe următoarele trei ipoteze:

1. Variația în sensibilitatea diferitelor specii (speciile de valori specifice NOEC) urmează o funcție de distribuție specifică, de exemplu o distribuție normală sau logaritmică.
2. Datele de toxicitate, care sunt utilizate reprezintă sensibilitatea diferitelor specii din ecosistem. Din motive statistice, este recomandabil să se analizeze datele experimentale ale valorilor NOEC pentru cel puțin cinci specii din grupele taxonomice similare. Dacă nu sunt disponibile cel puțin cinci valorile NOEC, se folosește metoda FAME.
3. Asigurarea protecției unei fracțiuni determinate de organisme protejează, atât funcția, cât și structura ecosistemului.

Definiții

- **Criterii de acceptare:** Criterii bazate pe reglementări, standarde, directive naționale și regionale, experiența și / sau cunoștințe teoretice utilizate ca bază pentru deciziile cu privire la riscul acceptat.
- **Toxicitate acută:** Manifestarea unui efect toxic într-o perioadă scurtă în raport cu durata de viață a organismului.
- **ADI (Doza zilnică acceptată):** Estimarea valorii unei substanțe chimice care poate fi ingerată zilnic de către oameni, fără risc al sănătății.
- **BCF (Factor de bioconcentrare):** raportul dintre concentrația substanței testate în organism și concentrația într-un mediu (apă sau sol).
- **Bioacumulare:** Atunci când o substanță se acumulează într-un organism viu.
- **Biodisponibilitate:** Atunci când o substanță este într-o formă care este disponibilă pentru admisie într-un organism viu
- **Bioconcentrare:** Procesul care duce la o concentrare mai mare a unei substanțe într-un organism față de mediul la care a fost expus.
- **Degradarea biologică:** Transformarea compușilor organici în compuși mai simpli (de exemplu sub formă de dioxid de carbon), cu ajutorul organismelor vii. Organismele pot fi microorganisme sau plante.
- **Bioamplificare:** Procesul prin care concentrația unei substanțe chimice în biotă crește la niveluri trofice mai ridicate în lanțul trofic.
- **Substanțe cancerigene:** substanțe / produse chimice, care au capacitatea de a provoca dezvoltarea cancerului la om sau la animale experimentale.
- **Analiza cauzală:** O procedură sistematică pentru descrierea și / sau pentru a calcula probabilitatea cauzelor care au generat evenimente nedorite.

- **Gradul de contaminare:** Migrarea contaminării existente, care poate duce la o expunere la om sau biotopuri / ecosisteme.
- **LC50 / LD50:** Concentrația letală sau doză letală. Măsură de toxicitate acută. LD50 indică doza care are ca rezultat 50% din mortalitatea organismului de test. LC50 indică concentrația în apă sau aer, care provoacă moartea a 50% din organismele testate.
- **EC50 / ED50** = concentrația de efect / doză-efect este analog LC50 / LD50 dar cu alte obiective decât cele de mortalitate.
- **Migrația:** În acest context se referă la deplasarea substanțelor periculoase în sol din site-ul de depunere original sau sursă. Migrația include migrația în sol (sol, apă porilor și spațiu de vapori).
- **MTD (Doza maximă tolerabilă):** Cel mai înalt nivel de concentrație care poate genera urme de toxicitate fără un efect deosebit asupra capacității de a supraviețui.
- **NOEC (Concentrația fără efect observat):** Concentrația unei substanțe care nu generează efecte nocive asupra organismelor la o expunere cronică.
- **Norma / standard:** Valoarea prag.
- **Compuși organici:** substanțe chimice care conțin carbon, oxigen, hidrogen și / sau azot / sulf. De exemplu: etanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, metale grele, cum ar fi plumbul care se combină cu grupări organice și, prin urmare, este numit plumb organic.
- **PEC (concentrația previzibilă în mediu):** concentrația posibilă a unei substanțe în cazul în care este de așteptat expunerea organismelor din mediu. PEC este calculată sau măsurată, dacă este posibil, la punctul de expunere a organismelor care trebuie protejate.
- **Permeabilitate:** Măsura capacității unui volum de sol de a transmite fluide.
- **Compuși persistenți:** Substanțe care sunt rezistente la schimbările chimice din natură.
- **PNEC (concentrația previzibilă fără efect):** Concentrația calculată a unei substanțe în cazul în care nu sunt așteptate efecte nocive asupra mediului.

- **Receptori:** Descrierea generală a ființelor umane, animale, păsări, plante, ciuperci, alge, pește, crustacee, moluște și bacterii.
- **Analiza de risc:** O abordare sistematică pentru descrierea și / sau calcularea riscului. Analiza de risc presupune identificarea unor evenimente nedorite, precum și cauzele și consecințele acestor evenimente.
- **Evaluarea riscurilor:** Compararea rezultatelor dintr-o analiză a riscurilor cu acceptarea criteriilor de ris.
- **Risc:** Riscul definește pericolul pe care evenimentele nedorite îl reprezintă pentru oameni, mediu (ecosistem) sau valori materiale. Riscul este exprimat ca probabilitatea și consecințele evenimentelor nedorite.
- **Zone sensibile:** Zonele în care există un risc deosebit de mare pentru sănătatea oamenilor, sau pentru zone naturale, care au o valoare intrinsecă ridicată, (zone care au o probabilitate mare de expunere la compuși contaminanți sau sensibilitatea pentru expunere este deosebit de mare, de exemplu, pentru copii; exemple de zone sensibile: zone rezidențiale, terenuri de joacă, recreere și arene sportive, precum și plaje sau rezervații naturale.
- **Analiza sensibilității:** O procedură sistematică pentru a descrie și / sau a calcula efectul asupra rezultatului final al variației datelor de intrare.
- **Serie de consecințe:** posibile secvențe de evenimente, care rezultă dintr-un eveniment nedorit , și care să conducă la consecințe date.
- **Contaminarea solului:** În acest context, contaminarea solului este limitată la substanțele periculoase pentru mediu legate de sol, ape subterane, formațiuni de rocă și depozite de deșeuri.
- **Sursa:** Amplasarea și conținutul de poluanți în sol, datorită depunerii sau contaminării din activități antropice.
- **Stratigrafie:** Dispunerea straturilor.
- **Toxicitate:** Efect toxic al unei substanțe chimice și nivelul de toxicitate.
- **Eveniment nedorit:** Un eveniment sau condiție care poate cauza un prejudiciu uman, de mediu sau pagube materiale.