



UNIVERSITATEA ECOLOGICĂ DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE ECOLOGIE ȘI
PROTECȚIA MEDIULUI



Program de studii universitare de licență: Ecologie și Protecția Mediului

Forma de învățământ: învățământ cu frecvență redusă

Suport de curs pentru disciplina:
POLUAREA ȘI PROTECȚIA MEDIULUI

Titular de disciplină:
Șef lucrări dr. ing. DELIA POPESCU

București
2021

CUPRINS

Introducere	4
a. Date privind titularul de disciplină	4
b. Date despre disciplină.....	4
c. Obiectivele disciplinei	4
d. Competențe acumulate după parcurgerea cursului.....	5
e. Resurse și mijloace de lucru	5
f. Structura cursului	6
g. Cerințe preliminare.....	7
h. Durata medie de studiu individual	7
i. Evaluarea	7
Capitolul 1. NOȚIUNI GENERALE	8
1.1. Introducere	8
1.2. Conținut	8
1.3. Rezumat	11
1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	12
1.5. Bibliografie recomandată	13
Capitolul 2. APA - Surse de poluare și poluanți.....	14
2.1. Introducere	14
2.2. Conținut	14
2.3. Rezumat	20
2.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	21
2.5. Bibliografie recomandată	22
Capitolul 3. APA - Metode de prevenire și combatere a poluării.....	23
3.1. Introducere	23
3.2. Conținut	23
3.3. Rezumat	31
3.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	31
3.5. Bibliografie recomandată	32
Capitolul 4 AERUL	33
4.1. Introducere	33
4.2. Conținut	33
4.3. Rezumat	44
4.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	46

4.5. Bibliografie recomandată	46
Capitolul 5 SOLUL	47
5.1. Introducere	47
5.2. Conținut	47
5.3. Rezumat	59
5.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	60
5.5. Bibliografie recomandată	60
Capitolul 6 ZGOMOTE ȘI VIBRAȚII	61
6.1. Introducere	61
6.2. Conținut	61
6.3. Rezumat	72
6.5. Bibliografie recomandată	74
Capitolul 7 RADIOACTIVITATEA	75
7.1. Introducere	75
7.2. Conținut	75
7.3. Rezumat	90
7.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor	92
7.5. Bibliografie recomandată	92
Răspunsuri la testele de autoevaluare a cunoștințelor	93

Introducere

Cursul este destinat, în principal, studenților Facultății de Ecologie și Protecția Mediului din cadrul Universității Ecologice din București – învățământ cu frecvență redusă (IFR), dar poate constitui un util material de studiu și pentru studenții la învățământ cu frecvență (IF).

a. Date privind titularul de disciplină

Nume și prenume:	DELIA POPESCU
E-mail:	delia.popescu@ueb.education

b. Date despre disciplină

Anul de studiu:	III
Semestrul:	6

c. Obiectivele disciplinei

Obiectivul general al disciplinei	Înțelegerea importanței cunoașterii surselor de poluare și a efectelor produse de acestea asupra factorilor de mediu pentru fundamentarea conceptelor și strategiilor de protecția și ingineria mediului.
Obiectivele specifice	1. Formarea și dezvoltarea capacității de a utiliza în contextul protecției mediului, termeni și noțiuni specifice principalelor elemente legate de fenomenul poluării, de efectele produse de poluanți asupra factorilor de mediu, precum și de metode și tehnici de combatere a acestor efecte; 2. Identificarea și utilizarea surselor de informații necesare pentru întocmirea aplicațiilor la noțiunile teoretice prezentate la curs.

d. Competențe acumulate după parcurgerea cursului

Competențe profesionale	C2. Utilizarea conexiunilor logice cu alte domenii științifice fundamentale conexe. • Definirea și fundamentarea conceptelor de combatere a poluării și de protecție a mediului prin sintetizarea și utilizarea noțiunilor de bază însușite, în studii de caz privind poluarea factorilor de mediu • Identificarea și aplicarea criteriilor ce stau la baza clasificării și selectării surselor de poluare și a poluanților specifici, în analiza proceselor de poluare C3. Utilizarea metodelor, instrumentelor, aparaturii și tehnologiilor pentru activități de măsurare și monitorizare. • Identificarea și aplicarea tehnicilor, metodelor și echipamentelor utilizate pentru prognozarea și evaluarea proceselor de poluare a factorilor de mediu • Asimilarea corectă a fenomenelor și proceselor de poluare și a impactului produs și a evaluării tehnicilor de combatere a poluării și aplicarea acestora în abordarea integrată la nivelul componentelor de mediu, prin studii de caz • Evaluarea critică a opțiunilor privind eficientizarea tehnicilor de remediere a efectelor produse de diverși poluanți asupra mediului C4. Identificarea alternativelor optime în vederea caracterizării ecologice corespunzătoare a factorilor de mediu și elaborarea de măsuri privind protejarea acestora. • Capacitatea de a integra informațiile acumulate la această disciplină în contextul specializării multidisciplinare specifice protecției mediului; • Abilitatea de a realiza conștientizarea și educarea populației în domeniul protecției mediului; • Capacitatea de a participa la activități specifice ce presupun identificarea și rezolvarea diverselor probleme din domeniul protecției mediului
Competențe transversale	• Abilitatea de aplicare cu profesionalism și rigoare a termenilor și noțiunilor specifice elementelor privitoare la identificarea surselor de poluare și aplicarea celor mai bune tehnici de combatere a efectelor produse, în scopul rezolvării diverselor probleme din domeniul protecției mediului. • Identificarea și utilizarea competențelor personale în contextul necesarului și eficienței în echipa multidisciplinară la diferite niveluri ierarhice.

e. Resurse și mijloace de lucru

Pentru o pregătire temeinică, vă sugerăm să efectuați toate testele de evaluare, astfel încât rezultatul pregătirii dumneavoastră să fie cât mai obiectiv. De asemenea, vă sugerăm să vă alcătuiți propriile dumneavoastră planuri și scheme, acestea ajutându-vă la o mai bună sistematizare a cunoștințelor dobândite.

Fiecare curs debutează cu prezentarea obiectivelor pe care trebuie să le atingeți – din punctul de vedere al nivelului de cunoștințe – prin studierea temei respective. Vă recomandăm să le citiți cu atenție și apoi, la sfârșitul cursului, să le revedeți pentru a verifica dacă le-ați atins în întregime.

Testele de evaluare prezente la sfârșitul fiecărui curs vă vor ajuta să verificați modalitatea specifică de învățare și să vă îmbunătățiți cunoștințele. Timpul recomandat rezolvării testelor este de 30 de minute. Rezolvați testele numai după studierea în întregime a unui curs și nu vă uitați la răspunsuri decât după rezolvarea testului și numai dacă nu reușiți să găsiți răspunsul prin recitirea cursului.

La fiecare curs există indicată o bibliografie selectivă pe care vă sfătuim să o parcurgeți.

f. Structura cursului

Cursul „Poluare și protecția mediului” este alcătuit din 7 capitole (fiecare capitol fiind aferent unei **unități de învățare**):

Capitolul 1 Noțiuni generale

Capitolul 2 Apa -

Capitolul 3 Apa -

Capitolul 4 Aerul

Capitolul 5 Solul

Capitolul 6 Zgomote și vibrații

Capitolul 7 Radioactivitatea

La sfârșitul fiecărui capitol beneficiați de modele de teste de autoevaluare care vă vor ajuta să vă stabiliți propriul ritm de învățare și necesitățile personale de repetare a unor teme. La sfârșitul suportului de curs sunt prezentate răspunsurile corecte la testele de autoevaluare a cunoștințelor.

Cursul „*Poluarea și protecția mediului*” poate fi studiat atât în întregime, potrivit ordinii prestabilite a capitolelor, dar se poate și fragmenta în funcție de interesul propriu mai accentuat pentru anumite teme. Însă, în vederea susținerii examenului este obligatorie parcurgerea tuturor celor 7 capitole și susținerea proiectului.

g. Cerințe preliminare

Pentru o mai bună înțelegere a materiei, este necesară coroborarea cunoștințelor dobândite în cadrul acestei discipline cu cele acumulate la disciplinele din anii anteriori, având în vedere că disciplina se studiază în anul III, semestrul 6.

h. Durata medie de studiu individual

Durata medie de învățare estimăm a fi de aproximativ 20 de ore, iar pentru examen ar fi necesar un studiu de o săptămână.

Studierea fiecărui capitol necesită un efort estimat la minim 3 ore, astfel încât să se fixeze temeinic cunoștințele specifice acestui domeniu.

i. Evaluarea

Înainte de examen este indicat să parcurgeți din nou toată materia, cu atenție, durata estimată pentru această activitate fiind de aproximativ o săptămână.

Forma de evaluare (E-examen, C-colocviu/test final, LP-lucrări de control)		E
Stabilirea notei finale (procentaje)	- evaluarea finală	50%
	- activități aplicative /laborator/lucrări practice/proiect etc.	10%
	- teste pe parcursul semestrului	40%
	- teme de control	-

Capitolul 1.

NOȚIUNI GENERALE



1.1. Introducere

În cuprinsul acestui capitol sunt prezentate cunoștințele referitoare la *noțiuni și concepte generale* privind *mediul, fenomenul poluării, poluantul și protecția mediului*.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 2 ore.



1.2. Conținut

1.2.1. Noțiunea de mediu

Noțiunea de mediu se referă, în principiu, la tot ce înconjoară omul, respectiv mediul artificial și mediul natural.

Mediul artificial cuprinde: mediul de cartier unde locuiește omul, mediul locului de muncă, mediul locului de odihnă, de recreere și de refacere a capacității fizice și intelectuale etc. unde omul își petrece o perioadă a timpului său.

Mediul natural se prezintă mult mai complex și se referă la relief (terenurile) cu peisajele specifice, apele, pădurile, aerul, fauna, flora, microorganismele etc.

Mediul reprezintă ansamblul de condiții și elemente naturale ale Terrei ce include aerul, apa, solul și subsolul, toate straturile atmosferei, toate materiile organice și anorganice, ființele vii, sistemele naturale în interacțiune, ce cuprind toate elementele menționate mai sus, inclusiv valorile istorice, culturale și estetice rezultate.

Echilibrul ecologic reprezintă ansamblul stărilor și interrelațiilor dintre elementele componente ale unui ecosistem, ansamblu ce asigură menținerea structurii, dinamica și funcționarea armonioasă a ecosistemului.

Calitatea mediului reprezintă ansamblul proprietăților și caracteristicilor definite de toate componentele sale structurale și funcționale capabile să asigure echilibrul ecologic și să satisfacă necesitățile societății umane. Aceasta poate fi

considerată ca fiind o măsură a stării mediului în raport cu cerințele uneia sau mai multor specii și/sau a oricărei necesități sau scop uman. Calitatea mediului este un termen general care se referă fie la proprietăți și caracteristici ale mediului natural (puritatea sau gradul de poluare a aerului, apei), fie la particularități ale mediului construit (zgomotul, depozitarea deșeurilor, radioactivitatea) și nu exclude efectele potențiale pe care astfel de caracteristici rezultate prin activitățile antropice le-ar putea avea asupra sănătății fizice și psihice a factorului uman.

Să ne reamintim

- ***Mediul reprezintă ansamblul de condiții și elemente naturale ale Terrei (aer, apă, sol și subsol, toate straturile atmosferei, toate materiile organice și anorganice, ființele vii, sisteme naturale în interacțiune) ce se află într-un echilibru ecologic ce asigură menținerea structurii, dinamica și funcționarea armonioasă a acestuia.***
- ***Calitatea mediului este un termen general care se referă fie la proprietăți și caracteristici ale mediului natural, fie la particularități ale mediului construit și nu exclude efectele rezultate din activitățile antropice asupra factorului uman.***

1.2.2 Noțiunile de poluare și poluant

Din punct de vedere etimologic, aceste noțiuni pleacă din latinescul *polluere* = a murdări, a profana.

Din punct de vedere științific, **poluarea** reprezintă „introducerea directă sau indirectă, ca rezultat al unei activități antropice, de substanțe, vibrații, căldură și sau zgomot într-unul din factorii de mediu, care pot aduce prejudicii sănătății umane sau calității mediului, care pot dăuna bunurilor materiale ori pot cauza o deteriorare sau o utilizare a mediului sau o împiedicare a utilizării mediului în scop recreativ sau în alte scopuri legitime” (Monitorul Oficial, 2002).

Poluantul este orice substanță, aflată în stare lichidă, solidă, gazoasă vapori energie (radiația electromagnetică, ionizantă, termică, fonică sau vibrații), care, introdusă în mediu, modifică echilibrul constituenților acestuia, al organismelor vii și aduce daune bunurilor materiale.

Plecând de la definiția enunțată și de la respectarea unor principii foarte importante (care stau alături de standardele de mediu elaborate în scopul respectării

politicii Uniunii Europene privind domeniul protecției mediului înconjurător), de tipul: „poluatorul plătește”, „răspunderea poluatorului pentru paguba produsă” etc., concluzia ce se poate desprinde este una singură și anume aceea că **poluarea nu poate fi decât de tip antropic**. Sigur că se poate vorbi de contaminare naturală, sau accidente naturale atunci când ne referim la fenomene naturale primejdioase ce constituie o amenințare pentru oameni, bunurile lor și locul în care aceștia își desfășoară activitatea, incluzând aici *eroziunea solului*, cu atât mai intensă, cu cât solul este mai lipsit de vegetație, în pantă sau aflat într-o zonă cu rețea hidrografică bogată, *reziduurile vegetale și animale* ce degajă în urma descompunerii lor o serie de substanțe gazoase poluante și *polenul sau fungii* ce pot constitui aerosoli naturali care influențează negativ sănătatea omului și a animalelor.

După modul de manifestare a poluării, se cunosc șase tipuri de poluare: *microbiologică, biologică, chimică, fizică, estetică și psihică*.

Poluarea microbiologică – apare ca o consecință a diseminării în mediul ambiant a germenilor patogeni de către subiecții umani sau animali, bolnavi sau purtători de germeni patogeni, și duce la prin contaminarea mediilor inhalate și ingerate, apariția zoonozelor, bolilor telurice etc., fiind specifică țărilor în curs de dezvoltare.

Poluarea biologică – se manifestă prin modificări nedorite (dispariția unor specii cu statut de conservare, mutații, apariția unor specii hibride etc) ale biocenozelor, apărute ca urmare a dezvoltării necontrolate a speciilor invazive de natură vegetală sau animală.

Poluarea chimică – apare ca o consecință a dezvoltării industriale și agricole de tip intensiv și presupune utilizarea substanțelor chimice naturale sau de sinteză în aproape toate domenii de activitate.

Poluarea fizică – se referă la poluarea sonoră (zgomote, vibrații), termică și radioactivă.

Poluarea estetică – este produsă de degradarea peisajelor ca efect al urbanizării extinse la nivel regional, al industrializării accentuate și sistematizării eronat concepute.

Poluarea psihică și informațională – este consecința utilizării excesive a mijloacelor mass-media, și se manifestă din punct de vedere cultural și spiritual asupra omului.

1.2.3 Noțiunea de protecție a mediului

Protecția mediului reprezintă totalitatea mijloacelor și măsurilor întreprinse pentru păstrarea echilibrului ecologic, menținerea și ameliorarea factorilor naturali, prevenirea și combaterea poluării și dezvoltarea valorilor naturale.

Protecția mediului se bazează pe descoperirea cauzelor și evitarea lor, reducerea consecințelor (efectelor) și eliminarea lor într-o măsură cât mai mare în scopul dezvoltării armonioase a mediului, cu implicații directe asupra omului și îmbunătățirea condițiilor cantitative și calitative ale vieții acestuia.

În domeniul protecției mediului se deosebesc 6 componente (compartimente) ale ansamblului de activități specifice:

- componenta legislativă;
- componenta administrativ-instituțională;
- componenta educativ-informațională;
- componenta economico-tehnologică;
- componenta socială;
- componenta de cooperare internațională.

Ținând cont de cele precizate, se poate avansa noțiunea de **strategie de protecție a mediului**, ce reprezintă totalitatea acțiunilor și măsurilor destinate conservării resurselor naturale și menținerii calității mediului într-un echilibru ecologic. Eficiența strategiei este valabilă doar în condițiile menținerii calității sănătății umane și a calității tuturor valorilor specifice naturii.



1.3. Rezumat

- Noțiunea de **mediu** se referă, în principiu, la tot ce înconjoară omul, respectiv **mediul artificial** și **mediul natural**.

- Cei trei factori de mediu importanți ce trebuie avuți în vedere în cadrul studiilor de poluare sunt factorii abiotici: *apă, aer, sol*.
- **Poluarea** nu poate fi decât de **tip antropic**, date fiind principiile foarte importante privind domeniul protecției mediului înconjurător, de tipul: „poluatorul plătește”, „răspunderea poluatorului pentru paguba produsă” etc..
- După modul de manifestare a poluării, se cunosc șase tipuri de poluare: *microbiologică, biologică, chimică, fizică, estetică și psihică*.
- **Protecția mediului** se bazează pe descoperirea cauzelor și evitarea lor, reducerea consecințelor (efectelor) și eliminarea lor într-o măsură cât mai mare, cu ajutorul tuturor mijloacelor și măsurilor întreprinse pentru păstrarea echilibrului ecologic, menținerea și ameliorarea factorilor naturali, prevenirea și combaterea poluării și dezvoltarea valorilor naturale, în scopul dezvoltării armonioase a mediului



1.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1) Echilibrul ecologic se referă la:

- a. menținerea stării de sănătate a ecosistemului
- b. menținerea structurii, dinamica și funcționarea armonioasă a ecosistemului
- c. menținerea stării ecologice a ecosistemului.

2) Protecția mediului se aplică pentru:

- a. păstrarea echilibrului ecologic;
- b. menținerea și ameliorarea factorilor de mediu;
- c. prevenirea și combaterea poluării.

3) Strategiile de protecție a mediului se aplică în scopul:

- a. prevenirii și combaterii poluării
- b. conservării resurselor naturale și menținerii calității factorilor de mediu la un nivel acceptabil
- c. menținerii și ameliorării calității factorilor de mediu.



1.5. Bibliografie recomandată

- a. Rojanschi, V., Diaconu, Gheorghița, 1996, *Ingineria mediului*, Ed. Universității Ecologice din București;
- b. Monitorul oficial al României, nr. 465/28.06.2002, Anexă, disponibil online la http://www.dsclex.ro/legislatie/2002/iunie2002/mo2002_465.htm

Capitolul 2.

APA

Surse de poluare și poluanți



2.1. Introducere

În cadrul acestui capitol, studenților le sunt prezentate elemente generale privind poluarea și protecția apei, precum: *criteriile de clasificare a surselor de poluare, tipurile de poluare, principalii poluanți și efectele acestora.*

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 3 ore.



2.2. Conținut

2.2.1. Clasificarea surselor de poluare și tipuri de poluare a apei

Poluarea apei – reprezintă *alterarea caracteristicilor fizice, chimice și biologice ale apei, produsă direct sau indirect de activitățile umane, și care face ca apele să devină improprie utilizării normale în scopurile în care această utilizare era posibilă înainte de a interveni alterarea.*

Clasificarea surselor de poluare se face după 3 criterii:

1. După modul de producere a deșeurilor/alterării/poluării:

- **Surse organizate (controlate)** – produc poluarea apei în urma evacuării unor substanțe poluante prin intermediul unor instalații speciale de evacuare (ex: canalizările orașelor, evacuările industriale, evacuările zootehnice etc.)
- **Surse neorganizate (necontrolate)** – produc poluarea prin pătrunderea necontrolată a poluanților (ex: reziduurile menajere, evacuările în cazul orașelor care nu au canalizare).

2. După dinamica sau acțiunea lor în timp:

- **Surse permanente** – pot fi cronice sau intermitente, și se referă la sursele de poluare cunoscute prin care sunt evacuate substanțele poluante care sunt colectate și transportate prin rețeaua de canalizare la stația de epurare sau la receptor;

- **Surse nepermanente;**
- **Surse accidentale** – sunt sursele care produc poluarea accidentală ce apare în urma dereglării unor procese industriale, și prin care sunt evacuate cantități mari de substanțe (într-un interval foarte scurt de timp) ce ajung în rețeaua de canalizare.

3. După originea surselor:

- **Surse de poluare antropică** – ape uzate, nămoluri, reziduuri industriale majore, reziduuri din navigație;
- **Surse de contaminare naturală** - *componenta biotică* (reziduuri vegetale și animale), *fenomenele naturale de origine geologică* (erupțiile vulcanice, cutremure, alunecări de teren, surpări) sau *meteorologică* (inundații, secete etc), *biologică* (epidemii, epizootii).

Clasificarea poluării apei se poate realiza după 2 criterii:

A. După modul apariției sale, poluarea poate fi:

- **Poluare primară** (poluantul se vede/apare imediat) – ex: în urma depunerii substanțelor în suspensie din apele uzate la evacuare într-un receptor (pe patul albiei);
- **Poluare secundară** – ex: imediat ce gazele rezultate în urma fermentării materiilor organice depuse din substanțele în suspensie, antrenează restul de suspensii și le aduc la suprafața apei, de unde sunt apoi transportate în aval de curentul de apă.

B. După natura poluanților se cunosc trei tipuri de poluare:

- **a. Poluarea fizică** include poluarea termică, poluarea cu substanțe cu densitate redusă, poluarea cu substanțe radioactive

Poluarea termică se datorează deversării apelor de răcire evacuate din diverse ramuri industriale, care au temperaturi ridicate (până la 100°C) și care produc creșterea temperaturii apei receptorului la diferite nivele. Acest fapt duce la distrugerea biocenozei și la alterarea proceselor de autoepurare a acesteia.

Poluarea cu substanțe cu densitate redusă poate fi produsă de poluanți plutitori, (în principal detergenții care rămân la suprafața apei) ce împiedică procesul de autoepurare și reducerea oxidabilității.

Poluarea cu substanțe sedimentabile în timp, se produce după intrarea în combinație sau adsorbirea de către alte substanțe.

Poluarea radioactivă se produce ca urmare a depozitelor naturale de roci radioactive din scoarța terestră, respectiv a radionuclizilor proveniți în urma unor explozii nucleare, din reactoare atomice, din prelucrarea minereurilor radioactive, medicină etc.

- **b. Poluarea chimică** se produce ca urmare a evacuării a două mari categorii de substanțe: *organice* și *anorganice*. Există patru mari categorii de poluanți chimici: *substanțe toxice, substanțe indezirabile, micropoluanți chimici organici și substanțe indicatoare de poluare*.

- **c. Poluarea biologică** este consecința înglobării în apă a organismelor vii.

Poluarea biologică primară/microbiologică este produsă de microorganisme patogene de origine animală sau umană care declanșează și întrețin bolile hidrice. Apele de suprafață sunt expuse cel mai mult acestui gen de poluare. Rezistența microorganismelor patogene în apă este de la 2 până la 3 luni în cazul virusurilor și bacteriilor nesporulate, și până la câțiva ani în cazul formelor sporulate. Acestea induc boli ca: salmoneloza, pesta porcină, variola etc.

Sursele de poluare sunt apele reziduale, dejecțiile din complexe zootehnice, secreții patologice, cadavre etc.

Poluarea biologică secundară este consecința înmulțirii într-un număr foarte mare a organismelor (microorganismelor) vii care au habitatul în acel mediu, fapt ce cauzează eutrofizarea apei, apa devenind improprie consumului.

Să ne reamintim

- *Există 3 criterii de clasificare a surselor de poluare: după **modul de producere a poluării** (surse controlate și necontrolate), după **dinamica sau acțiunea lor în timp** (surse permanente, nepermanente și accidentale) și după **originea surselor** (surse antropice și surse de contaminare naturală);*

- *Tipurile de poluare a apei se clasifică după **modul apariției** (primară și secundară) și după **natura poluanților** (fizică, chimică și biologică).*

2.2.2. Principalii poluanți/substanțe poluante și efectele acestora

Substanțele organice reprezintă pentru apă, poluantul principal. Ele pot fi de natură artificială (sintetice) sau naturale.

- *Substanțele organice naturale* sunt de origine vegetală sau animală, și consumă oxigenul din apă atât în timpul vieții, pentru a se dezvolta, cât și după moarte în timpul descompunerilor, caz în care, în funcție de cantitatea de materie organică rezultată, provoacă distrugerea fondului piscicol, dar și a tuturor organismelor acvatice. Concentrația normală de oxigen dizolvat (OD) variază între 4 și 6 mg/dm³, în funcție de categoria de folosință a apelor folosite. Scăderea sub această limită are efect de oprire a proceselor aerobe, cu consecințe grave. Cele mai importante substanțe organice de origine naturală sunt: țițeiul, biotoxinele marine, lignina, hidrații de carbon, taninul.

- *Substanțele sintetice* provin din prelucrarea diferitelor substanțe în cadrul rafinărilor (benzina, motorina, diferite substanțe folosite în cadrul industriei chimice și petrochimice – hidrocarburi, hidrocarburi halogenate, detergenți).

Substanțele anorganice se pot găsi fie în suspensie, fie dizolvate. Ele provin din procesele industriale motiv pentru care sunt întâlnite mai frecvent în apele uzate industriale. Dintre acestea se menționează în primul rând metalele grele (Pb, Cu, Zn, Cr), clorurile, sulfații, sărurile anorganice.

- *Metalele grele* afectează organismele acvatice prin procesele de bioacumulare, având efecte toxice asupra acestora și inhibă în același timp procesele de autoepurare.
- *Clorurile*, în cantități mari, fac improprie apa pentru potabilitate, irigații, dar și pentru anumite procese industriale.
- *Sărurile de azot și fosfor* produc dezvoltarea rapidă a algelor la suprafața apei, rezultând fenomenul de eutrofizare.
- *Sărurile anorganice* conduc la creșterea salinității apelor și indirect la creșterea durității apelor, iar apele cu duritate mare produc depuneri pe conducte, fapt ce conduce la creșterea rugozității și implicit la micșorarea capacității de transport, respectiv de transfer a căldurii.

Materialele în suspensie pot fi organice sau anorganice, și se depun pe patul albiei formând bancuri care împiedică navigația. Dacă sunt de natură organică, consumă oxigenul din apă, determinând formarea gazelor urât mirositoare. Substanțele în suspensie plutitoare (țițeiul, produsele petroliere, uleiurile, spuma datorată detergenților) împiedică și ele absorbția oxigenului la suprafața apei (deci autoepurarea), se depun pe diverse instalații, colmatează filtrele, sunt toxice pentru flora și fauna acvatică și fac inutilizabilă apa pentru alimentarea instalațiilor de răcire, irigații, agrement etc.

Substanțele toxice – nitrații, nitriții, cianurile, metalele grele (Ar, Cd, Co, Hg, Pb), nu pot fi reținute de instalațiile de tratare a apelor și o parte din ele pot ajunge în organismul uman, provocând îmbolnăviri. Aceste materii organice sau anorganice, câteodată chiar în concentrații foarte mici, pot distruge în scurt timp flora și fauna receptorului.

Substanțele indezirabile au efect de modificare a proprietăților organoleptice ale apei, devenind toxice în concentrații foarte mari.

Al – este considerat toxic pentru că interacționează cu fluorul din organismul uman;

Cu – are efecte asupra sistemului cardio-vascular, modifică gustul apei, culoarea apei devenind albastră;

Fe – are efect în dezvoltarea ferobacteriilor care se depun pe conducte, cu efect coroziv, afectează gustul apei, culoarea apei devenind galben-portocaliu;

Mn – are efect în dezvoltarea microorganismelor;

Zn – are efect emetizant și produce intoxicații.

Micropoluanții chimici organici modifică proprietățile organoleptice ale apei. Acțiunea lor asupra organismelor poate fi toxică, cancerigenă și cumulativă (în sensul că modifică reactivitatea organismului, mărește sensibilitatea la agresiunea microbiologică).

Detergenții – ionici sau neionici, provin din apele reziduale industriale, agricole (pesticide, insecticide). Formează la suprafața apei o spumă abundentă ce împiedică sedimentarea substanțelor în cazul proceselor din cadrul stațiilor de epurare. Determinând schimbarea calităților organoleptice ale apei, împiedică folosirea

acesteia atât în gospodărie cât și în procesele industriale. Contribuie la reducerea capacității de absorbție a substanțelor toxice dar și a gradului de oxigenare a apei, fapt ce afectează fauna acvatică.

Fenolii – rezultă în urma prelucrării cărbunilor din instalațiile de distilare în industria petrochimică, de prelucrare a lemnului (distilarea uscată), a cărbunilor și gudroanelor etc., din utilizarea în cantități mari în agricultură a unor substanțe fitofarmaceutice - apa va avea gust și miros asemănător iodoformului

Pesticidele (insecticide, fungicide, erbicide, raticide etc.) – au efect de acumulare în organism (în țesutul adipos), având acțiuni mutagenă și cancerigenă.

Reziduurile petroliere, PAH-urile – provin din industria petrochimică, energetică, petrolieră, transporturi maritime.

Azbestul – provine din industria extractivă.

Substanțele indicatoare de poluare:

Într-o primă etapă sunt *N* și *P* ce produc eutrofizarea, iar în faza a doua sunt considerate *K*, *Mg*, *Cu*, *Zn*, *Co*, *OD* (oxigen dizolvat), *CCO* (consumul chimic de oxigen), *CBO* (consumul biologic de oxigen), *N_{organic}*, *N_{total}* (*N_{organic}* - provine din proteine, peptide și aminoacizi + *N_{anorganic}* - provine din NH_3), *nitriții*, *nitrații*, *fosfații* și H_2S (indicator al lipsei O_2 din apă, respectiv al proceselor de descompunere anaerobă a substanțelor organice din apă). Prezența fosfaților și a H_2S se datorează în special apelor reziduale industriale și a pesticidelor utilizate în agricultură.

Prezența NH_3 indică o poluare recentă (zile, luni), ceea ce duce la un risc de îmbolnăvire foarte ridicat, iar prezența nitriților indică o poluare mai veche (ani), ceea ce duce la un risc de îmbolnăvire mai redus; prezența simultană a amoniacului și a nitriților indică o poluare continuă.

Substanțele cu aciditate sau alcalinitate pronunțată au efecte asupra florei și faunei acvatice, asupra construcțiilor hidrotehnice, provocând degradarea acestora, a vaselor, instalațiilor necesare navigației, împiedică folosirea apei pentru agrement, irigații, alimentarea cu apă.

Apa cu $\text{pH} = 4,5$ (apă acidă) conduce la efecte dezastruoase asupra ihtiofaunei. NaOH prezent în apă (în urma proceselor industriale) este foarte solubil și mărește

rapid pH-ul, crescând astfel alcalinitatea apei, fapt ce are ca efect major distrugerea ihtiofaunei.

Coloranții proveniți de la fabricile textile, hârtie, tăbăcării au efect asupra desfășurării normale a fenomenelor de autoepurare și fotosinteză datorită împiedicării absorbției oxigenului.

Energia calorică, caracteristică apelor calde de la termocentrale și de la unele industrii, aduce numeroase prejudicii în alimentarea cu apă potabilă și industrială și împiedică dezvoltarea florei și faunei acvatice. Datorită creșterii temperaturii apelor, scade concentrația de oxigen dizolvat, viața organismelor acvatice devenind dificilă.

Microorganismele de orice fel, ajunse în apa receptorilor, fie că se dezvoltă necorespunzător, fie că dereglează dezvoltarea altor microorganisme sau chiar a organismelor vii. Microorganismele provenite de la tăbăcării, abatoare, industria de prelucrare a unor produse vegetale, sunt puternic vătămătoare, producând infectarea emisarului pe care îl fac de neutilizat.



2.3. Rezumat

- Principalele tipuri de poluanți ai apelor sunt reprezentate de: substanțele organice, anorganice, materialele în suspensie, substanțele toxice, substanțele nedorite, micropoluanții chimici organici, substanțele indicatoare de poluare, substanțele cu aciditate sau alcalinitate pronunțată, coloranții, energia calorică, microorganismele.
- **Substanțele organice** (naturale sau sintetice) reprezintă pentru apă, poluantul principal, în timp ce **substanțele anorganice** (Pb, Cu, Zn, Cr, clorurile, sulfații, sărurile anorganice) care provin din procesele industriale se pot găsi frecvent fie în suspensie, fie dizolvate în apele uzate industriale.
- **Materialele în suspensie** pot fi organice sau anorganice, și se depun pe patul albiei formând bancuri care împiedică navigația.
- **Substanțele toxice** (nitrații, nitriții, cianurile, Ar, Cd, Co, Hg, Pb), ne putând fi reținute în totalitate de instalațiile de tratare a apelor, o parte din ele pot ajunge în

organismul uman, provocând îmbolnăviri.

- **Substanțele indezirabile** (Al, Cu, Fe, Mn, Zn) au efect de modificare a proprietăților organoleptice ale apei, devenind toxice în concentrații foarte mari.
- **Micropoluanții chimici organici** (detergenșii, fenolii, pesticidele, reziduurile petroliere etc) modifică proprietățile organoleptice ale apei, contribuind la reducerea capacității de absorbție a substanțelor toxice dar și a gradului de oxigenare a apei, fapt ce afectează fauna acvatică.
- **Substanțele indicatoare de poluare** (N, P, K, Mg, Cu, Zn, Co, OD, CCO, CBO, nitriții, nitrații, fosfații, H₂S) pot produce eutrofizarea și riscuri de îmbolnăvire.
- **Substanțele cu aciditate sau alcalinitate pronunțată** au efecte asupra florei și faunei acvatice, asupra construcțiilor hidrotehnice, provocând degradarea acestora, a vaselor, instalațiilor necesare navigației, împiedică folosirea apei pentru agrement, irigații, alimentarea cu apă.
- **Coloranții** proveniți de la fabricile textile, hârtie, tăbăcării au efect asupra desfășurării normale a fenomenelor de autoepurare și fotosinteză datorită împiedicării absorbției oxigenului.
- Datorită creșterii temperaturii apelor, scade concentrația de oxigen dizolvat, viața organismelor acvatice devenind dificilă.
- **Microorganismele** de orice fel, ajunse în apa receptorilor, fie că se dezvoltă necorespunzător, fie că dereglează dezvoltarea altor microorganisme sau chiar a organismelor vii, producând infectarea emisarului pe care îl fac de neutilizat.



2.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1) Poluanții plutitori ai apei influențează:

- a. temperatura
- b. oxigenul dizolvat
- c. aciditatea

2) Substanțele indezirabile prezente în apă îi pot modifica acesteia?

- a. parametri fizico-chimici

- b. parametri biologici
- c. proprietățile organoleptice

3) Se consideră poluare primară a apei atunci când poluanții:

- a. apar imediat
- b. sunt antrenați la suprafața apei de gazele de fermentare a materiei organice
- c. nu se pot observa



2.5. Bibliografie recomandată

- a. Negulescu, M., Vaicum, L., Pătru, C., Ianculescu, S., Bonciu, G., Pătru, O., 1995, *Protecția mediului înconjurător*, Ed. Tehnică, București;
- b. Rojanschi, V., Diaconu, Gheorghița, 1996, *Ingineria mediului*, Ed. Universității Ecologice din București;
- c. Sandu, M., Dobre, A., Mănescu, Al., 2007, *Ingineria mediului*, Ed. Matrix Rom, București.

Capitolul 3.

APA

Metode de prevenire și combatere a poluării



3.1. Introducere

În cadrul acestui capitol, studenților le sunt prezentate *aspecte generale referitoare la apele uzate și apa potabilă și principalele direcții și măsuri de prevenire și combatere a poluării.*

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 3 ore.



3.2. Conținut

3.2.1. Apele uzate

Principala sursă de poluare permanentă o constituie apele uzate reintroduse în receptori după utilizarea apei în diverse domenii (Fig. 3.1).

După proveniența lor, există următoarele categorii de ape uzate:

- **ape uzate orășenești**, care reprezintă un amestec de ape menajere și industriale, provenite din satisfacerea nevoilor gospodărești de apă ale centrelor populate, precum și a nevoilor gospodărești, igienico-sanitare și social-administrative ale diferitelor unități industriale mici;
- **ape uzate industriale**, rezultate din apele folosite în procesul tehnologic industrial, sunt de cele mai multe ori tratate separat în stații de epurare proprii industriilor respective. Numărul de poluanți pentru o anumită industrie este de obicei restrâns, o apă industrială uzată având în principiu, caracteristici asemănătoare substanțelor chimice sau fizice utilizate în procesul tehnologic. De exemplu, apele uzate provenite de la minele de cărbuni au drept caracteristică principală conținutul de substanțe în suspensie, în timp ce apele uzate rezultate de la fabricile de zahăr conțin atât substanțe în suspensie, cât și substanțe organice;

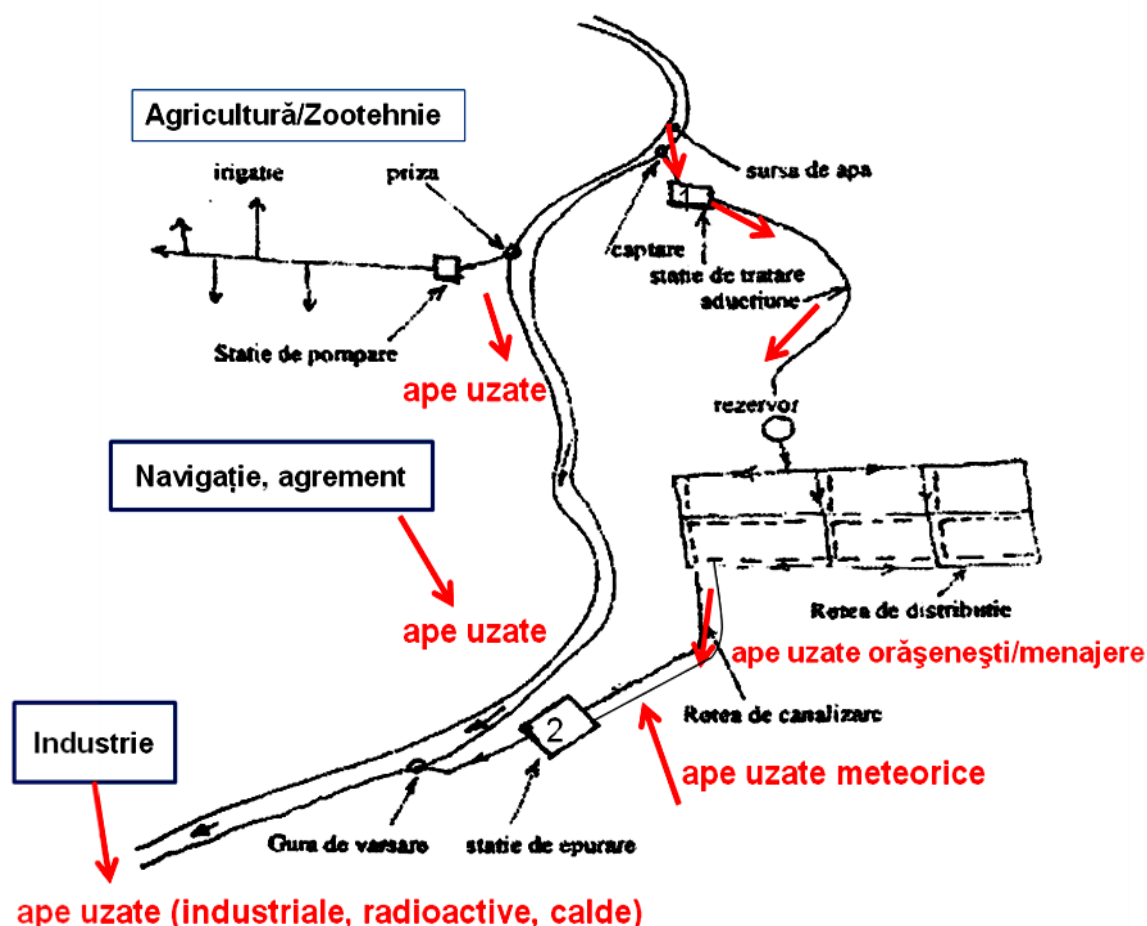


Fig. 3.1 Circuitul apelor uzate

- ◆ **ape uzate de la ferme de animale și păsări** care au în general caracteristicile apelor uzate orășenești, poluanții principali fiind substanțele organice în cantitate mare și materialele în suspensie;
- ◆ **ape uzate meteorice**, care înainte de a ajunge pe sol, spală din atmosferă poluanții existenți în aceasta. Aceste ape de precipitații care vin în contact cu terenul unor zone sau incinte amenajate, sau al unor centre populate, în procesul scurgerii, antrenează atât ape uzate de diferite tipuri, cât și deșeuri, îngrășăminte chimice, pesticide, astfel încât în momentul ajungerii în receptor pot conține un număr mare de poluanți;
- ◆ **ape uzate radioactive**, care conțin ca poluant principal substanțele radioactive rezultate de la prelucrarea, transportul și utilizarea acestora. Indiferent de proveniența lor, substanțele radioactive pot ajunge în apă, aer și sol pe multiple căi, afectând mediul înconjurător;
- ◆ **ape uzate calde**, care conțin de obicei un singur poluant, energia calorică, a cărei proveniență a fost menționată anterior;

- **ape uzate provenite de la zone de agrement, campinguri, terenuri de sport**, care sunt asemănătoare cu apele uzate orășenești;

apele uzate provenite de la navele maritime sau fluviale, conțin impurități deosebit de nocive cum ar fi: reziduuri petroliere lichide și solide, pierderi de combustibil, lubrifianți etc.

3.2.2. Apa potabilă

Deoarece calitatea apei poate influența decisiv viața omului au fost introduse condiții de calitate atât la apa brută, apa din sursă, apa din care se prepară apa potabilă, cât și la apa potabilă.

În prezent, condițiile de calitate a apei din sursele naturale, sunt guvernate de Legea apelor și de Normative Tehnice de Protecție a Apelor (NTPA 011 - privind colectarea, epurarea și evacuarea apelor uzate orășenești în receptorii naturali, NTPA 001 – privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali). Elementul sintetic de caracterizare a calității apei brute este acela că apa trebuie să aibă o stare bună sau foarte bună din punctul de vedere al calității fizico-chimice, ecologice, biologice și bacteriologice.

Conform legii apelor, apa care poate fi captată pentru a fi folosită ca apă potabilă, se poate încadra în una dintre următoarele trei categorii (cf. Directivei 75/440/CEE):

Categoria A1 - apa din această categorie poate fi transformată în apă potabilă printr-o tratare simplă (o filtrare) și dezinfectare;

Categoria A2 - apa din această categorie trebuie să suporte o tratare mai bună (folosirea de reactivi de coagulare, decantare, filtrare) și dezinfectare finală;

Categoria A3 - apa este destul de degradată, deci tehnologia de tratare este mult mai complicată; tehnologia poate cuprinde preoxidare, tratare cu reactivi de coagulare, decantare, interoxidare cu ozon, UV, ClO₂, filtrare prin strat de nisip, post oxidare, tratare biologică pentru reducerea azotului, dezinfectare finală.

Etapa de dezinfectare este obligatorie ca fază finală, în caz contrar putând apărea îmbolnăvirea cu risc de epidemie. Principala cauză a numeroaselor

îmbolnăviri este evacuarea de apă uzată neepurată în apa râurilor. Dacă în *apa potabilă* se cere un conținut zero în ceea ce privește microorganismele, în *apa uzată* conținutul poate fi de ordinul milioanelor de indivizi (*coliformi fecali*, *streptococi fecali*, *enterococi*, *Shighela*, *Salmonela*, *Mycrobacterium tuberculosis*, *Giardia cysfis*, *Criptosporidium cystis*, *Enteric virus* etc)/l de apă uzată

Apa potabilă este controlată în ceea ce privește condițiile de calitate de Legea 458/2002 actualizată în 24/01/2012, care fixează valorile celor 58 indicatori și parametri, lege în care se specifică normele după care se determină aceștia, numărul de probe ce trebuie analizate și numărul de probe neconforme. De asemenea, legea prevede în mod expres că orice apă cu care omul vine în contact trebuie să fie apă potabilă. Indicatorii de calitate sunt fizico-chimici, microbiologici și de toxicitate, ei fiind folosiți pentru monitorizarea calității apei, monitorizare făcută obligatoriu de producătorul de apă.

Legea mai stabilește faptul că autoritatea locală este responsabilă pentru calitatea apei distribuită public (apa de la robinet, apa de la cișmea, apa din puțurile publice), iar în cazul unor parametri depășiți, se poate cere o derogare pe termen limitat pentru aducerea în limita normală. Nerespectarea parametrilor de calitate este penalizabilă; la termenele stabilite (1-3 ani) se va face un raport național ce se înaintează la Bruxelles și orice abatere de la calitate trebuie anunțată consumatorilor, inclusiv modul de folosire a apei pe perioada contaminării etc.

Un simplu control al calității apei se poate face de către fiecare utilizator de fiecare dată când bea apă, prin observarea cu ochiul liber a diverselor anormalități legate de culoare, turbiditate sau prezența unor flocoane formate după tratare etc. Apoi simțul olfactiv poate decide dacă este prezent un miros neobișnuit iar gustul dacă este neplăcut, caz în care trebuie avertizați furnizorul de apă și autoritatea locală.

Procese la care este supusă **apa subterană** pentru a fi utilizată în scop potabil pot varia după tipul acesteia, astfel:

- ✚ apă subterană **bună** ⇒ dezinfectare cu clor (este exceptată tratarea cu clor numai la localitățile cu mai puțin de 500 locuitori și când apa este captată la adâncimi de peste 50 m);

- ✚ apă subterană dură $\Rightarrow$ dedurizare $\Rightarrow$ dezinfectare;
- ✚ apă subterană cu conținut de fier $\Rightarrow$ deferizare $\Rightarrow$ filtrare $\Rightarrow$ dezinfectare;
- ✚ apă subterană cu azotați/nitrați $\Rightarrow$ nitrificare-denitrificare $\Rightarrow$ dezinfectare;
- ✚ apă subterană cu CO_2 (apa carbogazoasă) $\Rightarrow$ degazare, corectare pH $\Rightarrow$ dezinfectare.
- ✚ apă din lac oligotrof (apă bună) $\Rightarrow$ trecere prin microsite $\Rightarrow$ filtrare prin nisip $\Rightarrow$ dezinfectare;
- ✚ apă de râu, categoria A1 $\Rightarrow$ reactivi de floclare $\Rightarrow$ filtrare prin nisip $\Rightarrow$ dezinfectare,
- ✚ apă de râu, categoria A2 $\Rightarrow$ reactivi de coagulare-floclare $\Rightarrow$ decantare $\Rightarrow$ filtrare prin nisip $\Rightarrow$ dezinfectare; **nu se face încă reținerea nămolului rezultat din tratarea apei;**
- ✚ apă din râu, categoria A3 $\Rightarrow$ preoxidare cu ozon $\Rightarrow$ adăugare de reactivi de coagulare-floclare și eventual nămol format/recirculat $\Rightarrow$ adăugarea de Cărbune Activ Praf (CAP) pentru reținerea substanțelor ce produc miros/gust $\Rightarrow$ adăugarea de acid sulfuric sau var pentru corectarea pH-ului $\Rightarrow$ limpezirea prin decantoare performante $\Rightarrow$ interozonizare $\Rightarrow$ filtrarea prin nisip $\Rightarrow$ dezinfectare cu clor $\Rightarrow$ adăugarea de permanganat de potasiu pentru corectarea substanței organice $\Rightarrow$ controlul clorului prin filtrare pe Cărbune Activ Granulat (CAG), controlul echilibrului calco-carbonic.

Un conținut redus de substanțe organice și un bun echilibru calco-carbonic asigură stabilitatea calității apei în rețeaua de distribuție și deci posibilitatea de a avea o apă bună la consumator.

Să ne reamintim

-
- *Categoriile de ape uzate se clasifică după proveniența lor astfel: orășenești, industriale, de la ferme de animale/păsări, meteorice, radioactive, calde, din zone de agrement/campinguri/terenuri de sport și din transport maritim/fluvial.*
 - *Conform legii apelor, apa care poate fi captată pentru a fi folosită ca apă potabilă, se poate încadra în una dintre cele trei categorii (A1, A2, A3), diferențiate prin tipul etapelor procesului de tratare, etapa de dezinfectare fiind obligatorie ca fază finală și prezentă în toate categoriile.*

3.2.3. Metode de prevenire și combatere a poluării apelor

Acțiunile de prevenire a poluării apelor și combatere a efectelor acesteia sunt orientate pe șase direcții pe care trebuie acționat.

1. *Realizarea unui complex de lucrări de amenajare.*

Este necesar ca toate lucrările dintr-un bazin hidrografic să se încadreze într-o concepție unitară referitoare la gospodărirea cantitativă și calitativă a resurselor de apă pentru satisfacerea nevoilor de apă ale tuturor folosințelor: energetice, potabile, agrement, industriale etc.

2. *Reglementări privind calitatea apelor naturale și efluenților*

Desigur că în vederea asigurării unei calități corespunzătoare a surselor de alimentare cu apă pentru protecția calității apelor și mai ales pentru verificarea respectării reglementărilor de protecție este strict necesar să se realizeze o bază de comparație, adică unele norme de calitate impuse de standardele și normativele în vigoare. Aceste norme pot fi pentru cursurile de apă de genul celor prezentate, sau pentru efluenți.

3. *Reducerea poluării*, ale cărei consecințe s-au amintit, poate fi realizată pe mai multe căi, astfel:

- ✓ introducerea pe scară largă a unor tehnologii nepoluante în procesele industriale;
- ✓ reducerea cantităților de ape uzate evacuate în râuri prin introducerea practicii recirculării apei;
- ✓ recuperarea materialelor utile din apele uzate, având astfel avantajul asigurării unei adevărate surse de materii prime;
- ✓ extinderea procedeeleor de colectare și evacuare pe cale uscată a reziduurilor, mai ales la crescătoriile de animale;
- ✓ îmbunătățirea randamentului de epurare prin perfecționarea tehnologiilor, instalațiilor și exploatării acestora.

4. *Supravegherea și controlul calității apelor*

Realizarea unei protecții eficiente a calității apei nu este de conceput fără organizarea unui sistem de monitoring integrat. În prezent, eficiența unor astfel de

sisteme de supraveghere la nivel național este strâns legată de aparatura de control automat a calității apei.

5. *Formarea de specialiști*

Ansamblul problemelor legate de combaterea poluării apelor presupune participarea unor specialiști din multiple domenii tehnice, economice și sociale (specialiști în domeniul protecției mediului, biologi, chimiști, ingineri constructori). Formarea unor astfel de cadre trebuie să se alinieze la politica generală de orientare a învățământului spre rezolvarea problemelor legate de practică.

6. *Sensibilizarea opiniei publice*

Măsurile de protecție sunt stabilite prin Legea Apelor și prin HG 930/2005 și se referă la *protecția surselor de apă* și *protecția captărilor de apă*.

Protecția *surselor de apă* se referă la distanțele de protecție care trebuie asigurate atât în lungul cursurilor naturale, artificiale și îndiguite de apă, în jurul lacurilor naturale și artificiale, cât și în lungul digurilor de protecție, canalelor de derivație și la barajele realizate din diverse materiale.

În ceea ce privește *captările de apă*, la nivelul fiecărui bazin hidrografic se va ține o evidență clară a zonelor de protecție, a căror mărime depinde de tipul de apă de suprafață sau subterană.

Pentru captările din cursuri de apă mărimea zonei de protecție sanitară este de: 100 m amonte de priză, 25 m aval de ultimele lucrări ale captării, 25 m lateral, de o parte și alta a prizei.

Pentru captări din lacuri zona de protecție sanitară va avea dimensiunile minime: 100 m radial pe direcția apei, măsurat de la locul captării, 25 m pe malul unde este situată priza. Pe suprafața lacului zona va fi marcată prin geamanduri vizibile. Zona va fi împrejmuită și semnalizată.

Pentru protejarea și conservarea calității captărilor de ape subterane este necesar ca să se determine și să se instituie două categorii de perimetre de protecție astfel:

1. perimetrul de protecție hidrogeologică. este teritoriul în cadrul căruia este interzisă executarea oricăror lucrări care ar putea să înrăutățească regimul și calitatea

apelor subterane, cuprinzând sursa respectivă, zona sa de alimentare, precum și cea de drenare;

2. perimetrul de protecție sanitară, este teritoriul din jurul surselor de ape subterane sau de substanțe minerale terapeutice în care se interzice sau se limitează orice fel de activitate care reprezintă vreun risc de contaminare bacteriană sau poluare chimică a surselor.

Așadar, pentru conservarea și protejarea calității surselor de ape subterane trebuie să se instituie atât perimetre de protecție hidrogeologică și sanitară cât și respectarea unor principii generale de cercetare, explorare, proiectare, execuție și exploatare în interiorul și vecinătatea acestor perimetre, denumite "*zone de protecție a surselor de apă subterană*".

Principiul de bază pentru determinarea zonei de protecție hidrogeologică a unei surse de apă subterană constă în stabilirea prin studii de teren a bazinului hidrogeologic al sursei de apă subterană corespunzătoare, de la zona de alimentare la zona de drenare, implicit a vulnerabilității la poluare a acestuia. Principiul de calcul pentru asigurarea protecției sanitare are la bază condiția că apa subterană trebuie să parcurgă distanța de la limita zonei de protecție până la sursa considerată, într-un interval de timp, în care se admite că toți germenii patogeni aflați eventual în respectiva apă subterană sunt distruși prin procesul de autoepurare¹. Procesele naturale de epurare variază ca durată, amplitudine și ordine de succesiune, dinamica lor fiind influențată de factori de mediu fizici, chimici, biologici care pot interveni simultan sau într-o anumită succesiune. Între acești factori există o interdependență specifică, momentul în care un factor intră în acțiune și intensitatea cu care acționează fiind condiționate de existența altor factori.

Factorii de mediu care influențează procesul de autoepurare sunt:

- a. factorii fizici (sedimentarea, lumina, temperatura, dinamica apei etc.)
- b. factorii chimici (O₂, CO₂, Fe, Mn, P, S, K, Mg, Al, oligometalele etc.)
- c. factorii biologici (organismele acvatice, bacteriile etc.)

¹ ansamblul proceselor naturale de epurare prin care receptorii sunt readuși la caracteristicile lor calitative pe care le-au avut anterior advecției factorilor de poluare



3.3. Rezumat

- Principala cauză a numeroaselor îmbolnăviri este evacuarea de apă uzată neepurată în apa râurilor.
- Un simplu control al calității apei potabile se poate face de către fiecare utilizator de fiecare dată când bea apă, prin observarea cu ochiul liber a diverselor anormalități legate de culoare, turbiditate sau prezența unor flocoane formate după tratare etc. Apoi simțul olfactiv poate decide dacă este prezent un miros neobișnuit iar gustul dacă este neplăcut, caz în care trebuie avertizați furnizorul de apă și autoritatea locală.
- **Măsurile de protecție** a apelor sunt stabilite prin Legea Apelor și prin HG 930/2005 și se referă la protecția **surselor** de apă (vizează *distanțele de protecție*) și protecția **captărilor** de apă (vizează *mărimea zonelor de protecție sanitară*).
- Pentru conservarea și protejarea calității surselor de ape subterane trebuie să se instituie atât perimetre de protecție hidrogeologică și sanitară cât și respectarea unor principii generale de cercetare, explorare, proiectare, execuție și exploatare în interiorul și vecinătatea acestor perimetre, denumite "*zone de protecție a surselor de apă subterană*".



3.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- 1) În cadrul circuitului tehnologic al apei de la captare și până la deversarea în emisar, stația de epurare este amplasată:
 - a. înainte de stația de tratare
 - b. după stația de tratare
 - c. nu există stație de tratare în acest circuit
- 2) Ce etapă trebuie aplicată obligatoriu în cadrul proceselor de tratare ale tuturor categoriilor de apă provenită din surse naturale este?
 - a. filtrarea
 - b. decantarea

- c. dezinfectarea finală

3) Ce vizează măsurile aplicate pentru protecția apelor vizează?

- a. apele de suprafață
- b. sursele de apă și zonele de captare
- c. ecosistemele acvatice



3.5. Bibliografie recomandată

- d. Negulescu, M., Vaicum, L., Pătru, C., Ianculescu, S., Bonciu, G., Pătru, O., 1995, *Protecția mediului înconjurător*, Ed. Tehnică, București;
- e. Rojanschi, V., Diaconu, Gheorghița, 1996, *Ingineria mediului*, Ed. Universității Ecologice din București;
- f. Sandu, M., Dobre, A., Mănescu, Al., 2007, *Ingineria mediului*, Ed. Matrix Rom, București;
- g. ***, Ministerul Apelor Pădurilor și Protecției Mediului, 1996, *Strategia protecției mediului*, Ed. Regia autonomă "Monitorul Oficial", București;

Capitolul 4

AERUL



4.1. Introducere

În cadrul acestui capitol sunt detaliate aspecte privind clasificarea și caracteristicile diferitelor categorii de surse de poluare ale aerului, tipurile de poluanți și efectele acestora și metodele și dispozitivele de reducere a poluanților din gazele de ardere.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 3 ore.



4.2. Conținut

4.2.1. Clasificarea și caracteristicile diferitelor categorii de surse de poluare ale aerului

Sursele de poluare se clasifică în mai multe categorii, după următoarele criterii:

- origine
- formă
- mobilitate
- înălțime
- regim de funcționare
- tip de activitate

După origine sursele de poluare a atmosferei se clasifică în surse de contaminare naturală și surse de poluare antropice.

- omul și animalele - prin procesele fiziologice elimină CO₂, viruși;
- plantele - prin fungi, polen, substanțe organice și anorganice;
- solul - prin viruși, pulberi (ca urmare a eroziunii);
- apa, în special cea marină - prin aerosoli încărcăți cu săruri (sulfăți, cloruri);
- descompunerea materiilor organice vegetale și animale - prin metan, hidrogen sulfurat, amoniac etc. rezultate din procesele de descompunere;
- vulcanismul - prin cenușă, compuși de sulf, oxizi de azot și de carbon;

- incendiile maselor vegetale - prin cenușă, oxizi de sulf, azot, carbon rezultați;
- radioactivitatea terestră și cosmică - prin radionuclizi emiși de roci (Ra-226, Ra-228 și descendenții acestuia) și de proveniență cosmică (^{10}Be , ^{36}Cl , ^{14}C , ^3H , ^{22}Na etc.)
- descărcările electrice - prin ozon
- furtunile de praf și de nisip - prin pulberi terestre
- orice activitate umană care conduce la evacuarea în atmosferă de substanțe care se găsesc sau nu în compoziția naturală a atmosferei este considerată sursă antropică.

În acest context se definește noțiunea de atmosferă poluată – „*atmosfera care este caracterizată prin aceea că atunci când o mărime, care adăugată la sau scăzută din componenții normali ai atmosferei, poate determina alterarea proprietăților sale fizice sau chimice în mod sesizabil de către om sau mediu.*”

După formă, sursele de poluare pot fi punctuale - jetul de gaze eliminat în atmosfera liberă printr-un sistem de dirijare (conductă, coș) cu o gură de evacuare ale cărei dimensiuni sunt neglijabile în comparație cu topografia locului, liniare - caracterizate printr-o dimensiune în plan orizontal a cărei mărime nu poate fi neglijată în comparație cu topografia zonei (ex.: arteră de trafic intens), de suprafață - caracterizate prin arii ale căror dimensiuni nu pot fi neglijate în comparație cu topografia zonei (ex.: un cartier privit la scara orașului, un oraș privit la scara unei zone mai largi) și de volum - caracterizate prin emisii în cele trei dimensiuni.

După înălțime (înălțimea h față de nivelul solului la care are loc emisia):

- surse la sol
- surse joase: $h \leq 50$ m
- surse medii: $50 \text{ m} < h \leq 150$ m
- surse înalte: $h > 150$ m

După mobilitate sursele pot fi fixe sau staționare și mobile (mijloace de transport rutier, feroviar, naval și aerian).

După regimul de funcționare:

- Surse continue - funcționare continuă, cu emisie constantă, pe perioade medii sau lungi de timp (zile, luni, sezon, an);
- Surse intermitente - funcționare cu întreruperi semnificative ca durată (ore, zile, luni), în perioada de funcționare având emisie constantă, sau funcționare cu emisie variabilă;
- Surse instantanee - emisia are loc într-un interval foarte scurt de timp (de regulă de ordinul minutelor), după care ea încetează (în această clasă se înscriu accidente industriale și unele tipuri de avarii).

Modelarea matematică a dispersiei poluanților în atmosferă depinde de forma, mobilitatea, înălțimea și regimul de funcționare al surselor. De menționat că sursele continue și intermitente (pentru perioadele de constanță a emisiei) se tratează ca surse continue.

Clasificarea *după tipul de activitate* este importantă pentru cunoașterea poluanților caracteristici fiecărei activități. În lipsa măsurărilor de emisii - situație cel mai frecvent întâlnită - pentru determinarea debitelor masice de poluanți evacuați în atmosferă se utilizează așa-numiții factori de emisie (sau emisii specifice) stabiliți prin bilanțuri tehnologice.

Principalele tipuri de activități și poluanții lor caracteristici sunt:

- *Arderea combustibililor fosili* (cărbune, produse petroliere, gaze naturale) în surse fixe: CO₂, CO, SO_x, NO_x, pulberi, N₂O, compuși organici volatili (COV);
- *Traficul*: CO, NO_x, N₂O, pulberi, COV, SO, prin utilizarea motorinei;
- *Petrochimia*: COV, NO_x, SO_x;
- *Chimia anorganică și organică* - gamă foarte largă de poluanți, specifici fiecărui profil de producție;
- *Metalurgia primară feroasă* (pulberi cu conținut de Fe, SO_x, NO_x, COV) și *neferoasă* (pulberi cu conținut de metale grele: Pb, Cd, As, Zn, SO_x, NO_x);
- *Industria materialelor de construcții*: pulberi, CO₂, CO, SO_x, NO_x, F (ind. sticlei);

- Extracția, transportul și distribuția petrolului, produselor petroliere și ale gazelor naturale: hidrocarburi;
- Producerea, utilizarea substanțelor cu impact asupra stratului de ozon strato-mezosferic: clorofluorocarburi, haloni, tetraclorură de carbon, metilcloroform;
- Agricultura: NH_3 , NO_x , CH_4 , pesticide.

Să ne reamintim

-
- Prin **atmosferă poluată** se înțelege „atmosfera care este caracterizată prin aceea că atunci când o mărime, care adăugată la sau scăzută din constituenții normali ai atmosferei, poate determina alterarea proprietăților sale fizice sau chimice în mod sesizabil de către om sau mediu.”
 - Criteriile ce stau la baza clasificării surselor de poluare a aerului sunt: **originea** (surse de contaminare naturală și surse antropice), **forma** (punctuale, liniare, de suprafață și de volum), **mobilitatea** (staționare și mobile), **înălțimea** (surse la sol, joase, medii și înalte), **regimul de funcționare** (surse continue, intermitente, instantanee) și **tipul de activitate**.

4.2.2. Tipuri de poluanți și efectele acestora

Orice substanță sau produs care, folosit în cantități, concentrații sau condiții aparent nepericuloase, prezintă risc semnificativ pentru om, mediu sau bunuri materiale (deci pot fi explozive, oxidante, inflamabile, toxice, nocive, corozive, iritante, mutagene sau radioactive) se consideră *substanță periculoasă*.

Din punctul de vedere al acțiunii poluanților emiși în atmosferă asupra factorilor de mediu, se pot deosebi următoarele categorii de noxe:

- *noxe care dăunează direct organismului uman*: oxizii de azot (NO_x), oxizii de sulf (SO_x), monoxidul de carbon (CO), compușii organici volatili (COV), acidul clorhidric (HCl) precum și unele metale grele prezente în praful de cenușă;
- *noxe care acționează asupra vegetației*: dioxidul de sulf (SO_2), dioxidul de azot (NO_2) și combinațiile dintre Cl și H_2 ;
- *noxe care stau la baza formării de acizi*: SO_2 , SO_3 , NO și NO_2 , Cl , F , ce determină formarea ploilor acide, distrugerea pădurilor și afectarea stării de sănătate a ecosistemelor acvatice;

- *noxe persistente în soluri*, care, în cadrul *lanțului biologic plantă-animal-om*, se acumulează și devin astfel nocive organismului uman, așa cum este cazul metalelor grele prezente în aerosoli;
- *noxe care devin factori de influență ai climei* și factori importanți în accentuarea *efectului de seră*: CO₂, N₂O, clorofluorocarburile (CFC) ;
- *noxe care influențează indirect calitatea vieții umane* prin acțiunea lor asupra materialelor de construcție, rețelelor electrice, maselor plastice, lacurilor, vopselelor, utilizate ca materiale de protecție la instalații și construcții industriale, aspectului estetic al clădirilor, străzilor: SO_x, NO_x, praful de cenușă

Pragul de nocivitate

Cercetările în acest domeniu au urmărit să stabilească *limita tolerabilă* a poluanților în aer, în condițiile protejării sănătății oamenilor. S-a ajuns la concluzia că impurificarea atmosferei poate determina **3 riscuri**:

- a) *toxicitatea imediată*, datorată expunerii la concentrații relativ ridicate ale poluanților. Aceste cazuri sunt mai puțin întâlnite și se datorează unor situații excepționale, ca de exemplu apariția unor accidente în funcționarea instalațiilor industriale;
- b) *intoxicarea pe termen mai lung*, care apare în cazul expunerii la substanțe cu proprietăți cumulative, ele fiind reținute în organism, în stare activă, un timp oarecare. Absorbția repetată a micilor doze din aceste substanțe și eliminarea lor greoaie creează premisele atingerii pragului de concentrație toxică la nivelul receptorilor sensibili. Este cazul metalelor (Pb, Hg, Cd), al F, dar și al SO₂ și H₂SO₄, susceptibile de a contribui la apariția bronșitelor cronice;
- c) *apariția formațiunilor maligne*, care rezultă din expunerea la substanțe considerate cancerigene sau potențial cancerigene. Între aceste substanțe se numără substanțele aromatice: dimetilaminobenzenul, dimetilaminostilbenul, benzopirenul (provenit mai ales de la motoarele diesel prost reglate) sau dietilnitrosamina. Alături de aceste hidrocarburi, o acțiune similară pot declanșa derivații arsenului, cobaltului, zincului, plumbului și cromului.

Trebuie remarcat că nu numai factorul concentrație este esențial pentru mediul ambiant, ci și alte condiții, printre care se amintesc cele meteorologice și acțiunile sinergetice ale poluanților, la care se adaugă stările fiziologice și variațiile individuale de sensibilitate ale ființei umane.

La ora actuală, în România, prin Legea 104/15.06.2011, sunt stabilite condițiile de calitate ale aerului atmosferic, astfel încât concentrațiile maxim admise ale poluanților să nu depășească pragul de nocivitate și să se protejeze populația, flora și fauna din zona înconjurătoare centralelor termice și nu numai împotriva efectelor nocive ale acestor substanțe.

La stabilirea concentrației maxim admise trebuie să se țină cont de efectul sinergic al SO₂ și NO₂ cu pulberile în suspensie, prezente simultan în aer.

Ca urmare, concentrația C_i a substanței poluante i în aer trebuie stabilită astfel încât să se respecte relația:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i\max}} \leq 1$$

în care: i este egal cu 1, 2,..., n

C_i - concentrația substanței poluante i în aer;

$C_{i\max}$ - concentrația maxim admisă pentru poluant.

Din cantitățile enorme de noxe eliminate anual prin coșurile de fum, o parte se răspândește în jurul surselor de poluare, rămânând pe teritoriul țării respective, dar o altă parte este purtată de curenții de aer și de ape, peste granițe. Drept urmare, calculele de evaluare a dispersiei noxelor (CO, SO₂, NO_x) în baza distribuției gaussiene arată că, de multe ori, efectul cumulativ al mai multor surse generează depășiri ale imisiilor la sol sau la anumite înălțimi, atât în apropierea surselor, cât și la depărtare, chiar poluare transfrontalieră.

Efectul poluant se amplifică în decursul timpului, mai ales pentru *noxele persistente*, ce formează așa-numitele *gaze sursă* (generatoare de efecte nocive).

Printre efectele poluanților amintiți se remarcă și cele asupra instalațiilor electrice. Astfel, sunt de menționat problemele care apar la rețelele electrice datorită

corodării contactelor și a cablurilor și favorizarea fenomenelor de descărcare electrică și de conturare a curentului pe izolatoarele de înaltă tensiune.

Datorită efectului de potențare reciprocă a particulelor fine din atmosferă și a gazelor, locurile unde există probleme de sănătate din cauza poluării aerului trebuie studiate cu grijă pentru a determina importanța relativă a poluanților gazoși și a pulberilor.

Pe lângă faptul că inhalează poluanții din atmosferă, oamenii îi ingerează cu alimentele și apa. Poluanții ajunși în alimente și apă au un oarecare efect asupra sănătății, dar implicarea lor este mai puțin clară decât în cazul pulberilor și gazelor din atmosferă.

Poluarea aerului este potențial cea mai gravă problemă pe termen scurt și mediu din punct de vedere al sănătății. Aerul poluat este mai dificil de evitat decât apa poluată. Efectele lui, care pătrund peste tot, dăunează sănătății, degradează construcțiile și mediul natural. Rezolvarea problemei poluării atmosferice trebuie să fie prioritatea de vârf pentru politica de protecție a mediului.

Pe termen scurt este necesar nu numai un control general al nivelului emisiilor, dar și sisteme mai bune pentru a face față situațiilor de urgență.

Poluarea aerului conduce la ploi acide, datorate în primul rând emisiilor de SO₂ și NO, de la centralele termoelectrice și autovehicule, care produc daune pădurilor și lacurilor. Totuși, impactul ploilor acide nu este direct, el depinde de condițiile climatice, biologice și geologice care determină regimul pluviometric și capacitatea solului de a atenua aciditatea. Acest fapt poate avea implicații importante în stabilirea de priorități pentru reducerea poluării transfrontieră. Măsurile de urgență care trebuie asigurate în vederea reabilitării pădurilor și ecosistemelor afectate de ploile acide sunt posibile și valabile în zonele unde solul este mai puțin capabil să atenueze efectul depunerilor acide.

Fumul și funinginea provenite de la coșurile joase ale gospodăriilor/micilor întreprinderi sunt deosebit de dăunătoare sănătății. În regiunile unde se exploatează cărbuni - mai mult de jumătate din populație este expusă la niveluri ridicate ale emisiilor de particule fine și gaze provenind de la sobe cu cărbuni folosite în locuințe

pentru încălzire și în întreprinderile mici și mijlocii pentru încălzirea spațiilor de lucru și pentru anumite procese tehnologice.

Sistemele de încălzire locale și sobele din locuințe nu au în general nici un fel de dispozitiv pentru reducerea poluării, pe câtă vreme fabricile mari au adesea astfel de dispozitive, chiar dacă numai pentru particule fine.

Poluarea aerului datorată mijloacelor de transport a devenit o problemă gravă o dată cu creșterea numărului de automobile având o participatie majoră crescândă la poluarea atmosferei.

4.2.3. Metode și dispozitive de reducere a poluanților din gazele de ardere

În funcție de locul de amplasare față de sursele de emisie a SO_2 și NO_x , pot fi alese următoarele tipuri de echipamente:

- camere de liniștire;
- cicloane;
- baterii de cicloane cu înaltă eficiență;
- filtre din materiale semipermeabile;
- scrubere;
- filtre electrostatice.

Reducerea oxizilor de sulf

Emisiile de SO_2 ce provin în mare parte din centralele termoelectrice și pot fi reduse prin diferite metode, precum:

-  reducerea conținutului de sulf, prin procedeul numit epurare, realizat în faza de precombustie, ce constă în metoda îmbogățirii (spălare în apă sau medii dense);
-  metode primare ce presupun utilizarea unor tehnologii de ardere nepoluantă, cum sunt: **a)** arderea cărbunelui în stare de praf, **b)** arderea cărbunilor în strat fluidizat și **c)** desulfurarea rapidă cu calcar sau dolomită;
-  metode secundare ce utilizează procedee tehnologice uscate, semiuscate și umede, ce se bazează pe desulfurarea postcombustie a fumului, înainte de evacuarea gazelor în mediul ambiant.

Reducerea oxizilor de azot

Formarea NO_x în timpul arderii are loc datorită azotului din aer și a celui conținut în combustibil. Pentru reducerea acestor emisii se pot lua următoarele măsuri:

➡ măsuri primare, ce se bazează pe controlul procedeului de formare a NO_x , care se realizează prin scăderea simultană în zona de ardere a temperaturii și a coeficientului excesului de aer, cu ajutorul arzătoarelor în trepte. Arderea în trepte poate avea loc atât la nivelul focarului, cât și în arzător.

Aplicarea acestor măsuri determină o scădere importantă a concentrației de NO_x din gazele de ardere eliminate, dar care nu este întotdeauna corespunzătoare normelor europene privind emisia de NO_x din coșurile instalațiilor de ardere. În consecință, vor fi necesare metode suplimentare de reducere a cantităților de NO_x rămase, metode care se bazează pe curățarea acestor gaze și care sunt cunoscute ca metode secundare;

➡ măsurile secundare presupun curățarea gazelor de ardere de oxizii de azot. Pentru aceasta se utilizează instalații DENOX, caracterizate de procedee necatalitice sau catalitice, ce se bazează pe fenomene de absorbție (legare chimică a NO_x într-o soluție apoasă), adsorbție (legare fizică a NO_x), reducere termică, descompunere și reducere chimică.

Reducerea cenușii/particulelor în suspensie/sedimentabile

În cazul arderii combustibililor solizi, gazele rezultate conțin importante cantități de particule solide ce se compun din cenușă zburătoare, cocs zburător și funingine. Concentrația cenușii în aceste gaze depinde în principiu de conținutul de cenușă al combustibilului și de tehnicile de ardere.

Instalațiile folosite pentru desprăfuirea (descenușarea) gazelor de ardere sunt:

■ separatoare bazate pe forțe masice: gravitaționale și centrifugale

Separatoarele centrifugale, cunoscute în special sub denumirea de *cicloane*, folosesc accelerația centrifugă pentru separarea prafului din gaze. Astfel, particulele centrifugate sunt depuse pe pereții filtrului și se adună la partea inferioară, în timp ce gazele curate părăsesc filtrul printr-un tub de control. Cicloanele au o construcție

simplă, prezintă siguranță în exploatare, sunt robuste și ieftine, iar gradul de separare este considerat de aprox. 50%.

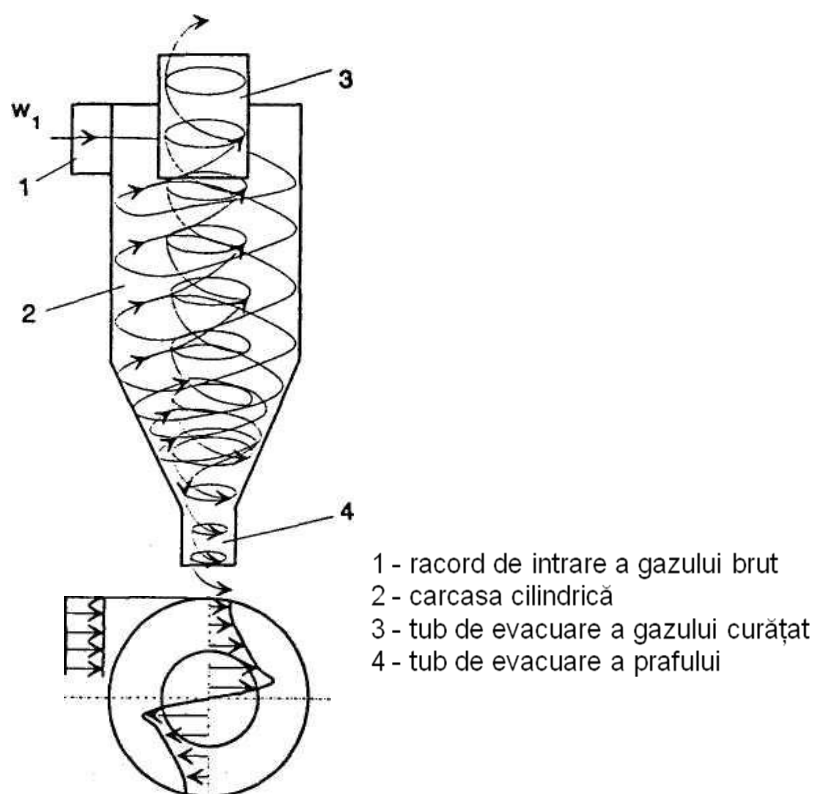


Fig. 4.1 Schema funcțională a unui ciclon

separatoare umede

Acestea au rol de reținere a particulelor solide, dintr-un curent de gaze, prin fixarea acestora de către un lichid de spălare;

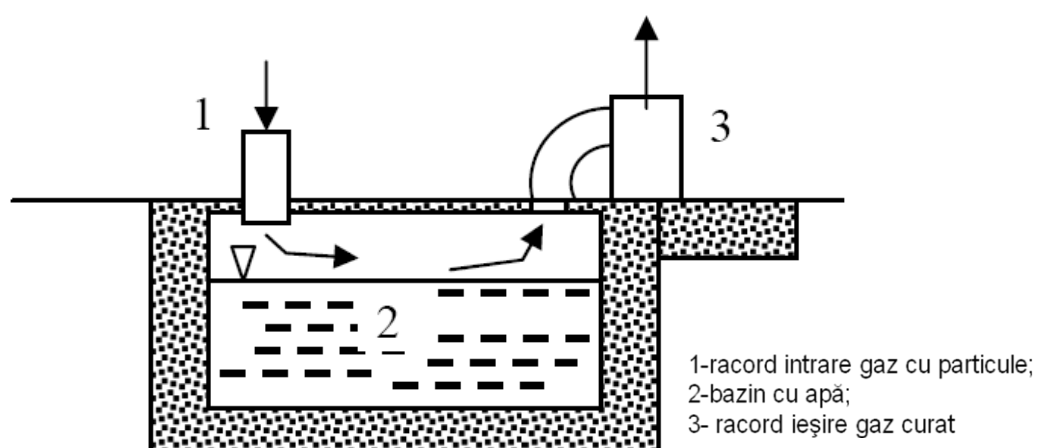
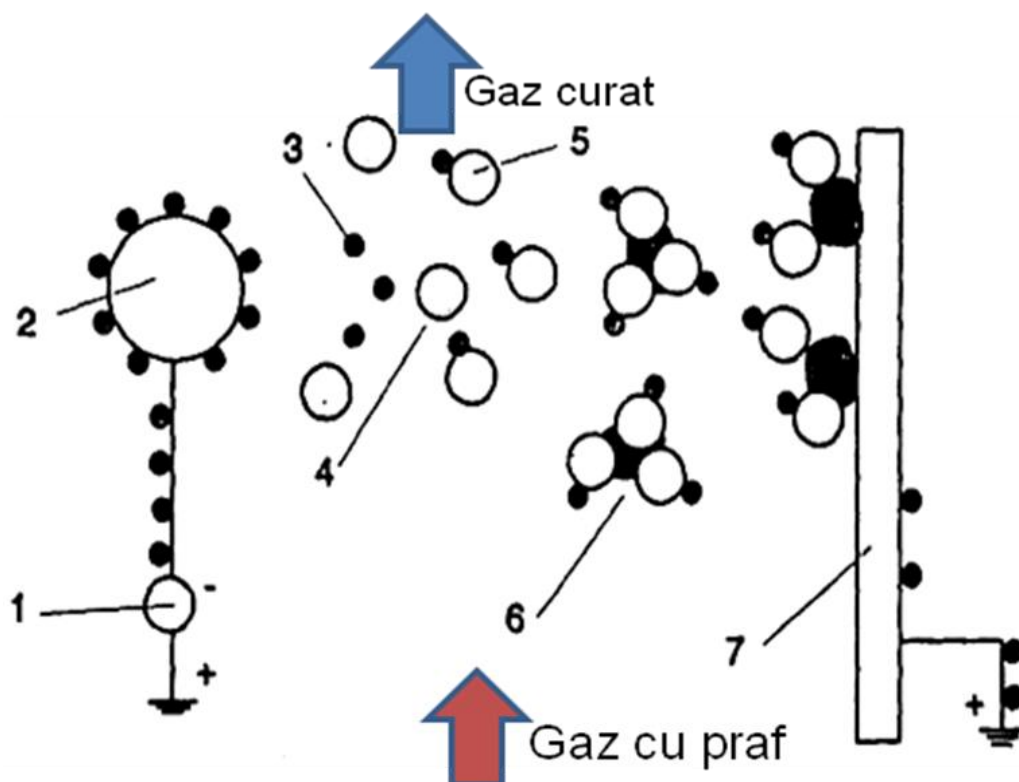


Fig. 4.2 Componentele unui separator umed

separatoare electrice (electrofiltre)

Se caracterizează printr-un grad de separare de peste 99%, chiar și pentru gazele de ardere ce conțin praf foarte fin. Realizează separarea prafului prin ionizarea gazelor purtătoare de particule de cenușă (după cum se observă în figura de mai jos). Această ionizare are loc sub acțiunea unei tensiuni electrice înalte, care întrece constanta adiabatică a gazelor din vecinătatea electrozilor de ionizare, producând fenomenul corona.



1 - generator de înaltă tensiune; 2 - electrod de emisie; 3 - electron; 4 - moleculă de gaz neutră; 5 - moleculă de gaz ionizată; 6 - particulă de praf ionizată; 7 - electrod de depunere

Fig. 4.3 Reprezentarea schematică a procesului de separare dintr-un electrofiltru

separatoare cu medii filtrante

Folosesc un material poros care să rețină particulele de praf atunci când separatorul este străbătut de gazul brut.

Deoarece elementul filtrant al acestor instalații are de obicei forma unui sac, acestea mai sunt cunoscute și sub denumirea de *filtre cu saci*.



Ca materiale din care sunt confecționate filtrele, se folosesc țesăturile din fibre sintetice sau naturale, precum și umpluturi din materiale fibroase, grăunțose sau ceramice.

Desprăfuirea gazelor de ardere se realizează prin efectul de sită, care oprește particulele de praf, chiar la suprafața țesăturii. Particulele mici de praf pătrund în țesătură, dar sunt reținute prin cumulara efectului forțelor de inerție, de difuzie și electrostatice.

Gradul de separare a prafului în filtrele cu saci, depinde de următorii parametri:



- mărimea particulelor de praf;
- proprietatea prafului de a fi aderent (lipicios), în stare umedă sau uscată;
- conținutul de praf în gazul brut;
- proprietățile materialului filtrant;
- decolmatarea în timpul funcționării;
- temperatura gazului.

Acești parametri determină valoarea încărcării specifice a suprafeței filtrante, respectiv valoarea vitezei (sau debitului) de trecere. Așadar, cu cât este mai mică sarcina suprafeței filtrante, cu atât eficiența filtrării va fi mai ridicată, ajungându-se până la valori de 99,98% pentru o sarcină de aprox. $0,45 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$.

Utilizarea filtrelor cu saci este indicată, atunci când electrofiltrele nu pot asigura gradul de reținere impus de legislația în vigoare sau devin foarte costisitoare.



4.3. Rezumat

- Poluarea aerului este potențial cea mai gravă problemă pe termen scurt și

mediu din punctul de vedere al sănătății. Aerul poluat este mai dificil de evitat decât apa poluată. Efectele lui sunt complexe, pornind de la cele grave care vizează sănătatea ca urmare a prezenței noxelor în atmosfera respirabilă, până la degradarea construcțiilor și a mediului natural. Rezolvarea problemei poluării atmosferice trebuie să fie prioritatea de vârf pentru politica de protecție a mediului.

- Din punctul de vedere al acțiunii poluanților emiși în atmosferă asupra factorilor de mediu, se pot deosebi noxe care:

- **dăunează direct organismului uman** (NO_x , SO_x , CO, COV, HCl precum și unele metale grele prezente în praful de cenușă);
- **acționează asupra vegetației** (SO_2 , NO_2 și combinațiile dintre Cl și H_2);
- **stau la baza formării de acizi** (SO_2 , SO_3 , NO și NO_2 , Cl, F), ce determină formarea ploilor acide, distrugerea pădurilor și afectarea stării de sănătate a ecosistemelor acvatice;
- **sunt persistente în soluri** (Pb, Cd, As, Zn prezente în aerosoli);
- **devin factori de influență ai climei și factori importanți în accentuarea efectului de seră** (CO_2 , N_2O , CFC, CO, NO_x , CH_4 , SO_2 , O_3) ;
- **influențează indirect calitatea vieții umane** (SO_x , NO_x , praful de cenușă)

- Impurificarea atmosferei poate determina **toxicitate imediată** (în cazul expunerii la concentrații relativ ridicate ale poluanților), **intoxicarea pe termen mai lung** (în cazul expunerii la substanțe cu proprietăți cumulative ce sunt reținute în organism, în stare activă, un timp oarecare) și **aparitia formațiunilor maligne** (în cazul expunerii la substanțe considerate cancerigene sau potențial cancerigene).

- Din cantitățile enorme de noxe eliminate anual prin coșurile de fum, o parte se răspândește în jurul surselor de poluare, rămânând pe teritoriul țării respective, dar o altă parte este purtată de curenții de aer și de ape, peste granițe, efectul poluant amplificându-se în decursul timpului, mai ales pentru *noxele persistente*, ce formează așa-numitele *gaze sursă* (generatoare de efecte nocive).

- Poluarea aerului datorată mijloacelor de transport a devenit o problemă gravă odată cu creșterea numărului de automobile având o participare majoră crescândă la

poluarea atmosferei.

- Pentru reducerea conținutului emisiilor de SO_x, NO_x și a PM₁₀/PM_{2,5} rezultate din gazele de ardere se utilizează dispozitive de filtrare/separare precum: *camere de liniștire, cicloane, baterii de cicloane cu înaltă eficiență, filtre din materiale semipermeabile, scrubere, filtre electrostatice.*



4.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1) Cum se clasifică sursele de poluare a aerului după forma lor?

- a. liniare, punctuale și de volum;
- b. la sol, medii și înalte;
- c. continue, intermitente și accidentale.

2) Pragul de nocivitate al poluanților din aer este influențat de valoarea:

- a. concentrației maxim admise;
- b. limitei tolerabile;
- c. limitei de acceptabilitate;

3) Primele metode care se aplică în vederea remedierii poluării aerului se referă la:

- a. utilizarea unor tehnologii nepoluante;
- b. reducerea conținutului de poluanți înainte de procesarea tehnologică;
- c. reducerea conținutului de poluanți înainte de evacuarea gazelor în atmosferă.



4.5. Bibliografie recomandată

- a. Cogălniceanu, M., Cogălniceanu, D., 1998, *Energie, Economie, Ecologie*, Ed. Tehnică, București, România;
- b. Elvingson, P., Ågren, C., 2004, *Air and environment*, Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, Göteborg, Sweden;
- c. Rojanschi, V., Diaconu, Gheorghița, 1996, *Ingineria mediului*, Ed. Universității Ecologice din București, România;
- d. Sandu, M., Dobre, A., Mănescu, Al., 2007, *Ingineria mediului*, Ed. Matrix Rom, București;
- e. Varduca, A., Moldoveanu, A., Moldoveanu, G. A., 2002, *Poluarea, prevenire și control*, Ed. Matrix Rom, București, România.

Capitolul 5

SOLUL



5.1. Introducere

În cadrul acestui capitol sunt abordate o serie de generalități privind poluarea solului, alături de elemente ce stau la baza clasificării surselor și a tipurilor de poluare, în timp ce efectele directe și indirecte cauzate de poluarea solurilor sunt coroborate cu metodele și tehnicile de prevenire, protecție și combatere a poluării.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 3 ore.



5.2. Conținut

5.2.1. Generalități

În concepția ecologică modernă, *poluarea solului înseamnă orice acțiune care produce dereglarea funcționării normale a solului ca suport și mediu de viață* (mai ales pentru plantele terestre superioare) *în cadrul diferitelor ecosisteme naturale sau create de om (antropice)*, dereglare manifestată prin degradarea fizică, chimică sau biologică a solului ori apariția în sol a unor caracteristici care reflectă deprecierea fertilității sale, respectiv reducerea capacității bioproductive din punct de vedere calitativ/cantitativ.

Totuși, noțiunea de "poluare a solului" trebuie altfel înțeleasă decât poluarea aerului sau a apelor. În cazul aerului și apelor, fiind componente mai simple și omogene, poluarea înseamnă pătrunderea în masa lor a unor substanțe sau elemente cu influență nocivă (poluantă) care le fac improprie sănătății omului, mediului înconjurător. Prin înlăturarea poluantului sau prin măsuri de epurare și curățire, compoziția aerului și apei revine mai repede la starea inițială, naturală. Nu aceeași situație se întâlnește în cazul solului, care este o componentă complexă, unde factorii constituenți se află într-un echilibru realizat și ajuns la un anumit grad, într-o perioadă îndelungată de timp. Dacă prin poluare se dereglează acest echilibru, el nu se poate reface așa repede (ca în cazul apei și aerului) , prin înlăturarea cauzei. Pe

lângă aceasta, prin noțiunea de poluare a solului se înțelege nu numai pătrunderea unor elemente din afară, cum se întâmplă la aer și apă, ci și deranjarea unui component al solului care atrage după sine afectarea fertilității solului, funcționarea normală a acestuia. Astfel, solul poate fi supus unor fenomene ce afectează toate funcțiile sale: fizice, chimice, biologice, fizico-chimice și biochimice. Un exemplu concludent este eroziunea, care este însă considerată o consecință a mai multor cauze care au precedat-o. De asemenea, numeroase alte cauze duc la scăderea fertilității și implicit la poluarea solului: aciditatea pronunțată, sărăturarea, distrugerea structurii, compactarea cu mașinile și tractoarele, excesul de umiditate, reducerea humusului, dereglarea regimului nutritiv etc.

După starea de agregare poluanții pot fi: *solizi* sau *lichizi*, iar după natura chimică: *organici*, *anorganici* sau *combinați*.

5.2.2. Surse de poluare

Principalele *surse de poluare a solului* se referă la:

- diminuarea rezervei de humus acumulată de-a lungul a mii și sute de mii de ani;
- gradul avansat de acidifiere a solului;
- deficitul de microelemente (ex. terenurile agricole au o aprovizionare slabă și foarte slabă cu fosfor mobil);
- carențe în unele microelemente;
- eroziunea solului prin apă;
- sărăturarea solului prin apă;
- deficitul potențial de umiditate;
- excesul potențial de umiditate;
- textura excesiv nisipoasă.

La acestea trebuie menționate riscurile potențiale ale unor fenomene dăunătoare, care se pot manifesta în cazul ignorării unor norme elementare de folosire a solului, precum:

- riscul de destructurare ca efect al reducerii conținutului de humus și levigării calciului și de formare a crustei (mai ales în condiții de irigare);

- riscul sărăturării secundare a solurilor în cadrul sistemelor irigate;
- riscul de formare a fisurilor pe adâncime mare, cu efecte dăunătoare asupra vegetației;
- riscul de poluare a unor soluri prin irigarea cu apă poluată din unele râuri.

O categorie specială de soluri poluate sau cu risc iminent de poluare care se extinde într-un ritm alarmant, o constituie solurile poluate datorită folosirii unor tehnologii cu un nivel ridicat de risc de poluare, între care ponderea cea mai mare revine industriei.

5.2.3. Clasificarea poluării solurilor

Clasificarea poluării, se poate face după următoarele criterii:

- a) natura și sursa poluării;
- b) gradul de poluare;
- c) activitatea care generează poluarea.

a) Din punctul de vedere al ***naturii poluării solurilor***, aceasta poate fi:

- ❖ fizică;
- ❖ chimică;
- ❖ biologică;
- ❖ radioactivă.

b) În funcție de ***gradul de poluare apreciat prin reducerea cantitativă/calitativă a producției vegetale*** ce se poate obține pe solul respectiv, practic nepoluat în condiții climatice și tehnologice similare se pot menționa:

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| - sol nepoluat | - reducere sub 5 %; |
| - sol slab poluat | - reducere 6 - 10 %; |
| - sol moderat poluat | - reducere 11 - 25 %; |
| - sol puternic poluat | - reducere 26 - 50 %; |
| - sol foarte puternic poluat | - reducere 51 - 75 %; |
| - sol excesiv poluat | - reducere peste 75 %. |

c) Pe baza analizei ***activității ce generează poluarea***, în cea mai mare măsură specific țării noastre, principalele tipuri de poluare ce se pot evidenția sunt:

- poluare prin lucrări de excavare la zi (exploatări miniere la zi, balastiere, cariere etc);
- poluare prin acoperirea solului cu deponii, halde, iazuri de decantare, depozite de gunoaie, depozite de steril de la flotare etc;
- poluare cu deșeuri și reziduuri anorganice (minerale, materii anorganice, inclusiv metale, săruri, acizi, baze) din industrie (inclusiv industria extractivă);
- poluare cu substanțe purtate de aer (hidrocarburi, etilenă, amoniac, dioxid de sulf, cloruri, fluoruri, oxizi de azot, compuși cu plumb etc);
- poluare cu materii radioactive;
- poluare cu deșeuri și reziduuri organice din industria alimentară și ușoară;
- poluare cu dejecții animale;
- poluare cu dejecții umane;
- poluare prin eroziune și alunecare;
- poluare prin sărăturare;
- poluare prin acidifiere;
- poluare prin exces de apă;
- poluare prin exces sau carențe de elemente nutritive;
- poluare prin compactare, inclusiv formare de crustă;
- poluare prin acoperirea solului cu sedimente produse prin eroziune;
- poluare cu pesticide;
- poluare cu agenți patogeni contaminanți (agenți infecțioși, toxine etc).

5.2.4. Efecte directe și indirecte ale poluării solului

În general efectele poluării solului se pot manifesta direct sau indirect și pot avea efecte imediate sau pe termen lung.

Având în vedere tipurile deosebit de diverse sub care se manifestă poluarea solului, se vor aborda numai câteva dintre acestea din punctul de vedere al consecințelor unui asemenea proces.

Poluarea solului prin lucrări de excavare zilnice

Astfel de situații se constată în cazul exploatărilor miniere la zi, balastiere, cariere, foraje etc. Se apreciază ca în zonele adiacente solurilor distruse direct prin excavații, se afectează suprafețe de patru și uneori până la zece ori mai mari. Acestea sunt necesare pentru drumuri de acces, organizări de șantier, depozitare steril, decopertări etc.

Datorită excavațiilor, pe terenurile învecinate se distruge biodiversitatea, se schimbă regimul apelor subterane, are loc o modificare geochimică naturală a elementelor, se manifestă intens procesele de eroziune.

În urma unor astfel de lucrări rămân adevărate "peisaje lunare", denumite și "pustiuri industriale".

Poluarea solului ca urmare a defrișărilor masive de suprafețe împădurite

Defrișarea pădurilor pe suprafețe mari și înlocuirea acestora cu vegetație ierboasă naturală sau cultivarea lor conduce la modificarea microclimatului și pe cale de consecință la o evoluție a solului în condițiile microclimatului respectiv, specific vegetației cultivate. Pe solurile nisipoase, turboase și prăfoase indiferent de relief, lipsa pădurilor favorizează în prezența vântului eroziunea eoliană. De asemenea, pe solurile aflate în pantă, condiționat de regimul pluviometric, textura și structura solului, lipsa suprafețelor împădurite favorizează eroziunea solului prin apă – eroziunea hidrică. Pe măsura intensificării procesului de eroziune orizontul de humus devine tot mai subțire și neuniform, conducând la degradarea structurii solului și chiar la pierderea parțială sau totală a orizontului superior fertil, suprafața afectată devenind astfel improprie cultivării plantelor.

Poluarea solului cu halde, depozite, iazuri etc.

Marea majoritate a activităților umane, dar în special cele industriale, atrag după sine și o creștere a depozitelor de deșeuri solide. Acestea pot fi minerale sau simplu steril, deșeuri sau reziduuri industriale, deșeuri sau reziduuri menajere.

Acumularea, depozitarea, eliminarea deșeurilor solide au devenit în ultimul timp, prin amplexarea volumelor vehiculate, probleme de mare importanță pentru calitatea mediului înconjurător.

Haldele, iazurile sau depozitele, blochează mari suprafețe de teren ce ar putea fi utilizate în scop agricol, care devin astfel total inutilizabile, iar amplasarea sau amenajarea lor necorespunzătoare poate provoca:

- alunecări ale haldelor cu provocarea unor grave accidente;
- poluarea atmosferei (pulberi, bacterii, mirosuri, compuși organici volatili);
- poluarea chimică a solului care poate afecta pentru mulți ani proprietățile fertile ale acestuia;
- poluarea apelor subterane prin migrarea și antrenarea de substanțe poluante;
- accentuarea poluării difuze a apelor de suprafață prin apele de precipitații și șiroire.

Poluarea solului prin intermediul poluanților atmosferici

Poluarea solului prin intermediul emisiilor din atmosferă, după unii autori, are ponderea cea mai mare și în ultimul timp a căpătat o arie mare de extindere. Ea se datorează unor surse naturale (vulcani, praf cosmic etc.), dar și unor surse antropice (industrie, transporturi, așezări umane, agricultură etc.).

Substanțele toxice din atmosferă cad pe sol și pătrund în acesta direct sau odată cu precipitațiile care au ca efect poluarea solului, proces ce se resimte în reducerea producției de biomasă, contaminarea produselor agricole, afectarea generală a stării ecosistemelor.

Este de menționat că un rol important la încărcarea solului cu diverși poluanți îl au precipitațiile, care odată cu spălarea atmosferei de poluanți și depunerea acestora pe sol, spală și solul propriu-zis, asigurând astfel transportul poluanților spre emisar. De asemenea precipitațiile favorizează și poluarea solului în adâncime.

Combaterea acestor procese în zone cu o puternică industrializare și cu instalații ce produc energie termică pe baza arderii combustibililor fosili, crează o problemă de mare impact asupra mediului - *ploile acide*.

Ploaia naturală, are un pH de 5,65 datorită dioxidului de carbon natural din atmosferă. Prin poluare, pH-ul poate scădea până la 4, și uneori, chiar și 3, dând naștere ploilor acide.

Ploile acide au ca efect asupra solului:

- spălarea acestuia de elementele nutritive;
- acidifierea solului;
- afectarea solubilității diferitelor elemente nutritive;
- afectarea vieții bacteriene din sol.

Cel mai grav efect al ploilor acide este uscarea vegetației și mai ales a pădurii.

Un alt caz particular al poluării solului prin atmosferă este și poluarea cu metale grele. Prin intermediul precipitațiilor, acestea pătrund în adâncimea solului, iar prin bioacumulare ajung în plante, de unde trec prin consum la om și animale. Cu toate că există o anumită rezistență a organismelor vii la acțiunea metalelor grele, ea se manifestă în anumite limite. Depășirea acestor limite duce la instalarea unor boli grave la om și animale precum și compromiterea gravă a vegetației.

Să ne reamintim

- *Poluarea solului este un **fenomen** mai **complex** decât în cazul apei sau aerului, din cauza faptului că factorii constituenți ai solului se află într-un echilibru realizat și ajuns la un anumit grad într-o perioadă îndelungată de timp, iar prin poluare se dereglează acest echilibru, refacerea lui necesitând un proces de lungă durată, spre deosebire de cazul apei și aerului care se remediază prin înlăturarea cauzei.*

- ***Principalele surse de poluare** a solului se referă la: diminuarea rezervei de humus acumulată de-a lungul a sute de mii de ani, gradul avansat de acidifiere a solului, deficitul și carențe de anumite microelemente, eroziunea solului prin apă, sărăturarea solului prin apă, deficitul/excesul potențial de umiditate, textura excesiv nisipoasă.*

- *Clasificarea poluării, se poate face după: **natura și sursa poluării** (fizică, chimică, biologică și radioactivă), **gradul de poluare** apreciat prin reducerea cantitativă/calitativă a producției vegetale (nepoluat, slab poluat, moderat poluat, puternic poluat, foarte puternic și excesiv de poluat) și **activitatea care generează poluarea** (lucrări de excavare, halde/iazuri de decantare/depozite de gunoaie/deșeuri industriale, radioactive, eroziune și alunecare, sărăturare, compactare/formare de crustă, defrișări masive de suprafețe împădurite, prin intermediul poluanților atmosferici etc.)*

5.2.5. Prevenirea, protecția și combaterea poluării solului

Activitățile de protecție a solului se pot clasifica în:

1. activități de îmbunătățiri funciare;
2. activități de prevenire și combatere a poluării solului.

În privința prevenirii poluării solului ca urmare a degradării stării fizice a solului normele prevăd următoarele măsuri minime:

- efectuarea lucrărilor de pregătire a solului numai în condiții de umiditate optimă a solului;
- reducerea la strictul necesar a lucrărilor de pregătire a solului, întreținerea culturilor, combaterea dăunătorilor, de recoltare și transport al recoltei etc. cu evitarea executării lor când umiditatea solului este excesivă;
- întreruperea udărilor pe terenurile cu culturi irigate cu suficient timp înainte de executarea oricărei lucrări a solului, inclusiv a recoltatului, transportului etc. pentru a se permite realizarea condițiilor de umiditate optimă a solului;
- aplicarea la sistemele de irigație, când solul este prea uscat de udări cu norme reduse (300-400 m³/ha), astfel ca lucrarea solului să se poată executa în condiții de umiditate optimă a solului;
- tocarea și încorporarea în sol prin arătură, a miriștei și oricăror altor resturi vegetale neutilizabile în alte scopuri economice;
- reducerea la minimum a numărului de treceri ale tractoarelor prin efectuarea mai multor lucrări la o singură trecere, formând agregate de mașini sau folosind mașini multioperaționale special construite pentru realizarea concomitentă a mai multor lucrări;
- reglarea mașinilor, mai ales a plugurilor și celorlalte mașini de lucru a solului, pentru realizarea de lucrări corespunzătoare calitativ;
- asigurarea presiunii în pneuri conform prevederilor tehnice pentru reducerea efectului de compresie asupra solului, respectiv a efectului de distrugere a structurii și de tasare a solului;
- adaptarea de dispozitive speciale la tractoare și mașini (roți suplimentare cu zăbrele etc.) în cazurile în care, în mod excepțional, se lucrează pe soluri excesiv de umede.

Cu privire la prevenirea poluării solului datorită acidifierii ca urmare a aplicării de îngrășăminte chimice cu potențial de acidifiere, normele prevăd ca măsuri minime:

- folosirea sortimentelor de îngrășăminte cu azot lipsite de potențial de acidifiere, pe solurile moderat și slab acide (pH între 5,8 și 6,8);
- prevenirea acidifierii solului, în cazul folosirii pe asemenea soluri a îngrășămintelor cu potențial de acidifiere, prin administrarea de amendamente calcice în cantitățile necesare combaterii acidifierii, care pot fi de ordinul a 150-300 kg/ha CaCO_3 ;
- executarea obligatorie de către unitățile agricole de producție, conform instrucțiunilor în vigoare, a controlului stării de acidifiere a solului, prin determinarea pH-ului și aplicarea de amendamente calcice potrivit programului vizat de organele autorizate (oficiile județene de studii pedologice și agrochimice).

Referitor la prevenirea poluării solului datorită dereglării regimului de nutriție din sol (exces sau carență) se au în vedere următoarele măsuri minime:

- realizarea și menținerea în primii 20 cm ai solului a unei asigurări bune cu fosfor și potasiu;
- amendarea calcică a solurilor, astfel încât să nu se ajungă la valori pH în apă mai mari de 6,2 - 6,5 în scopul prevenirii carențelor de microelemente;
- efectuarea obligatorie a studiilor agrochimice în cadrul fiecărei unități agricole de producție pentru cunoașterea stării de calitate a solurilor cu privire la macro și microelementele și stabilirea pe baze științifice a tratamentelor necesare cu aplicarea acestora conform programelor elaborate și avizate de instituțiile de specialitate, autorizate în acest scop (oficiile județene de studii pedologice și agrochimice, institutele de cercetări agricole de profil).

Pentru prevenirea poluării solului prin sărăturare secundară, în cadrul sistemelor de irigație, se au în vedere următoarele:

- menținerea nivelului apei freatice mineralizate la adâncimile minime, în funcție de zona climatică, prin:
 - ✓ asigurarea bunei funcționări a sistemului de desecare-drenaj;
 - ✓ reducerea pierderilor de apă din rețeaua de irigație;
 - ✓ prevenirea stagnării îndelungate a apei pe teren.
- prevenirea ridicării gradului de mineralizare a apelor freatice la niveluri dăunătoare calității solului prin:
 - ✓ asigurarea bunei funcționări a sistemului de desecare-drenaj în vederea colectării și evacuării apelor mineralizate și a soluțiilor saline din sol și a înlocuirii lor treptate cu apele de spălare sau de irigație mai puțin mineralizate;
 - ✓ irigații de spălare, în partea a doua a perioadei de vegetație (la prășitoare) sau spălări profilactice, aplicate special, în afara perioadei de vegetație, atunci când, în anumite puncte ale teritoriului, gradul de mineralizare al apei freatice depășește limitele arătate mai înainte.
- prevenirea sărăturării secundare a solurilor datorită creșterii conținutului de săruri ușor solubile pe profilul solului la niveluri și adâncimi dăunătoare calității solului prin:
 - ✓ asigurarea bunei funcționări a sistemului de desecare-drenaj pentru a favoriza circulația descendentă a soluțiilor saline de sol și îndepărtarea din sol a sărurilor solubile, odată cu apele de evacuare;
 - ✓ irigații de spălare, în partea a doua a perioadei de vegetație (la prășitoare) sau spălări profilactice, aplicate special, în afara perioadei de vegetație, atunci când, în anumite puncte ale teritoriului, conținutul de săruri pe profilul solului depășește limitele arătate.
- folosirea la irigat a apei de calitate ținând seamă de proprietățile solului, culturile agricole și faza de vegetație;
- organizarea sistemului de monitoring cu privire la calitatea solurilor și situația hidrogeologică în punctele reprezentative pentru prevenirea sărăturării secundare a solurilor din jurul perimetrelor irigate și acumulărilor de apă în luncile râurilor cu regim barat, prin determinarea periodică, în porțiuni pedohidrogeologice, a

gradului de mineralizare a apelor freatice și de sărăturare a solurilor, prognozarea evoluției intensității și naturii proceselor dăunătoare calității solului, avertizarea asupra arealelor cu pericol potențial și indicarea măsurilor de prevenire și combatere a fenomenelor și proceselor dăunătoare;

- reducerea la minimum a pierderilor de apă în sistemele de irigație;
- prevenirea formării crustei la suprafața solului prin executarea lucrărilor necesare la culturile prășitoare, ca mijloc de evitare și reducere la minimum a evaporării apei capilar-ascendente din sol;
- asigurarea acoperirii cât mai îndelungate a solului cu un covor vegetal dens sau resturi vegetale, pentru reducerea la minimum a evaporării apei direct de la suprafața solului;
- asigurarea, cu sprijinul unităților județene de specialitate (oficiile județene de studii pedologice și agrochimice), a sistemului de monitoring privind calitatea solurilor și apei freatice.

Prevenirea poluării chimice, biologice și radioactive a solului, se realizează prin:

- aplicarea, ca îngrășământ sau amendament pentru sol, a oricăror deșeuri, reziduuri sau dejecții, solide ori lichide, provenite de la orice activitate social-economică, numai în conformitate cu recomandările și instrucțiunile emise de organele autorizate care, totodată, trebuie să aibă în vedere prevenirea poluării solului prin carențe sau excese de macro/microelemente nutritive pentru plantele cultivate sau spontane și sporirea cantitativă și calitativă a producției vegetale agricole;
- folosirea ca pesticide numai a produselor aprobate de organismele autorizate cu aplicarea acestora sub supravegherea riguroasă a instituțiilor de specialitate, conform indicațiilor acestora și monitorizarea zonelor pe care se aplică pesticidele, astfel încât atât metodele de folosire a pesticidelor, cât și cantitățile aplicate, să nu aibă ca efect imediat sau de lungă durată, poluarea solului, acumularea în sol de reziduuri dăunătoare vieții din sol, florei și faunei, mediului înconjurător în ansamblu;

- depozitarea, aruncarea, deversarea sau împrăștierea unor materii utile, a deșeurilor, reziduurilor sau dejecțiilor solide, lichide sau gazoase etc. care pot duce la poluarea solului sau scoaterea terenului din folosință, numai în zonele și perimetrele repartizate special în acest scop și cu respectarea riguroasă a reglementărilor în vigoare privind protecția mediului înconjurător;
- întocmirea de către fiecare unitate cu activitate economică sau socială, a evidenței deșeurilor, reziduurilor și dejecțiilor încă nevalorificate și a căror degajare necontrolată poate periclita calitatea solului sau a altor componente ale mediului înconjurător.

Ca tehnici și metode de prevenire și combatere a eroziunii solului sunt considerate:

- construcții cu caracter hidrotehnic, de modelare antierozională a suprafeței terenului, terasarea terenului fiind aplicată ca o metodă radicală de amenajare a solurilor situate în pantă
- tratamente agrotehnice ameliorative cu caracter antierozional

Ameliorarea efectelor negative produse asupra solului ca urmare a deficitului de umiditate cauzat de perioadele lungi de secetă și a efectelor secundare ale acestuia (riscul de formare a crăpăturilor pe adâncime cu efecte asupra vegetației) se poate realiza prin:

- cultivarea unor varietăți de cereale (porumb, grâu) cu rezistență mai mare la secetă
- extinderea culturilor de legume (deoarece au o perioadă mai mică de vegetație)
- semănarea timpurie
- reducerea densității plantelor pe o anumită suprafață (rărirea culturilor)

Desigur, toate aceste recomandări se referă la acțiuni specifice prelucrării și amenajării solului. Nu trebuie omis faptul că, în afara acestor măsuri, care pot mări capacitatea de rezistență și de suport a solului, un rol primordial îl au acțiunile de evitare a depozitării necontrolate, emisiile de noxe și poluanți în apă sau aer cu efecte indirecte asupra solului.



5.3. Rezumat

- Activitățile de protecție a solului includ atât **activități de îmbunătățiri funciare**, cât și **activități de prevenire și combatere a poluării**.

- Măsurile minime prevăzute de norme privind activitățile de prevenire a poluării solului ca urmare a degradării stării fizice a acestuia fac referire la efectuarea lucrărilor de pregătire a solului numai în condiții de umiditate optimă a solului, reducerea la strictul necesar a lucrărilor de pregătire a solului, întreruperea udărilor pe terenurile cu culturi irigate cu suficient timp înainte de executarea oricărei lucrări a solului, aplicarea sistemelor de irigație, reducerea la minimum a numărului de treceri ale tractoarelor, reglarea mașinilor, tractoarelor etc pentru reducerea efectului de compresie asupra solului, respectiv a efectului de distrugere a structurii și de tasare a solului.

- În ceea ce privește măsurile aplicate pentru prevenirea poluării solului datorită acidifierii (cauzate de îngrășăminte chimice cu potențial de acidifiere), normele prevăd: folosirea sortimentelor de îngrășăminte cu azot lipsite de potențial de acidifiere, prevenirea acidifierii solului prin administrarea de amendamente calcice în cantitățile necesare combaterii acidifierii, executarea obligatorie a controlului stării de acidifiere a solului.

- Prevenirea poluării chimice, biologice și radioactive a solului, se realizează prin: aplicarea, ca îngrășământ sau amendament pentru sol numai în conformitate cu legislația în vigoare, folosirea ca pesticide numai a produselor aprobate de organismele autorizate, depozitarea, aruncarea, deversarea sau împrăștierea deșeurilor numai în zonele și perimetrele repartizate special și întocmirea de către fiecare unitate cu activitate economică sau socială, a evidenței deșeurilor încă nevalorificate și a căror degajare necontrolată poate periclita calitatea solului.

- Pentru prevenirea și combaterea eroziunii solului sunt necesare construcții cu caracter hidrotehnic, de modelare antierozională a suprafeței terenului și tratamente agrotehnice ameliorative cu caracter antierozional.

- Deficitul de umiditate poate fi combătut prin: cultivarea unor varietăți de

cereale (porumb, grâu) cu rezistență mai mare la secetă, extinderea culturilor de legume, semănarea timpurie, rădarea culturilor.



5.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- 1) Defrișarea masivă a suprafețelor împădurite poate conduce la poluarea solului prin:
 - a. eroziune;
 - b. sărăturare;
 - c. reducerea cantitativă/calitativă a producției vegetale.
- 2) Efectele produse de lucrările de excavare zilnice influențează:
 - a. regimul apelor subterane;
 - b. excesul de elemente nutritive;
 - c. peisajul și biodiversitatea zonelor învecinate.
- 3) Folosirea sortimentelor de îngrășăminte cu azot lipsite de potențial de acidifiere, pe solurile moderat și slab acide se aplică în situația:
 - a. sărăturării secundare a solului;
 - b. acidifierii;
 - c. dereglării regimului de nutriție.



5.5. Bibliografie recomandată

- a. Burlacu, G., 2010, *Studii de ecologie și protecția mediului*, Ed. Paideia, București;
- b. Negulescu, M., Vaicum, L., Pătru, C., Ianculescu, S., Bonciu, G., Pătru, O., 1995, *Protecția mediului înconjurător*, Ed. Tehnică, București;
- c. Rojanschi, V., Diaconu, Gheorghița, 1996, *Ingineria mediului*, Ed. Universității Ecologice din București;
- d. Sandu, M., Dobre, A., Mănescu, Al., 2007, *Ingineria mediului*, Ed. Matrix Rom, București;

Capitolul 6

ZGOMOTE ȘI VIBRAȚII



6.1. Introducere

În cadrul acestui capitol sunt prezentate noțiuni generale despre zgomote și efectele acestora asupra organismului uman, sunt descrise principalele surse de vibrații și zgomote și sunt detaliate metodele și echipamentele utilizate pentru reducerea zgomotelor și vibrațiilor pentru protecția omului împotriva acestora.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 3 ore.



6.2. Conținut

6.2.1. Zgomotele și efectele acestora asupra organismului uman

În timp ce sunetul se definește ca *vibrație mecanică ce se propagă printr-un mediu gazos, fluid sau solid și este percepută de urechea umană* $\Leftrightarrow$ un fenomen de propagare a unei unde, **zgomotul este cel mai adesea și cel mai simplu definit ca sunetul nedorit sau excesiv ce poate cauza disconfort, perturbări.**

Nivelul presiunii sonore este una dintre măsurătorile de bază ale nivelului sunetului (N). Urechea umană este capabilă să detecteze variații de presiune de la $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ până la 200 N/m^2 ($1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$).

În locul utilizării scării numerice, cu o arie largă a valorilor, a fost utilizată o altă scară, cea logaritmică a cărei unitate este decibelul (dB). Majoritatea instrumentelor care măsoară presiunea sunetului, automat convertesc citirile presiunii în scara de decibeli.

Instrumentul utilizat pentru măsurarea nivelului presiunii sunetului constă dintr-un microfon care primește sunetul, produce o tensiune alternativă care este proporțională cu presiunea sunetului. Această tensiune este convertită apoi de cel care citește presiunea sunetului. Instrumentul include o serie de filtre pe bază de frecvență în scopul măsurării nivelului sonor la diferite frecvențe.

O măsură care este utilizată pentru a exprima nivelurile fluctuante ale sunetului (zgomotului), este **nivelul sonor echivalent (N_e)**.

Un zgomot fluctuant, totdeauna, poate fi mult mai supărător decât unul staționar și diferența dintre ele nu poate fi dată de N_e . De exemplu, trecerea unei mașini într-un oraș comparată cu cea la țară. Astfel, a fost dezvoltat un alt mod de exprimare a nivelurilor de zgomot, care se numește **nivelul poluării sonore (NPS)**. El ia în considerare gradul de variație al sunetelor; cu cât sunt mai mari variațiile, cu atât este mai mare **NPS**. **NPS** este cel mai adesea folosit pentru evaluarea nivelurilor sonore din comunități care produc mixturi de sunete. O bună corelație a fost găsită între **NPS** și tulburările subiective datorate unor sunete fluctuante percepute de ființele umane. În acest context, **poluarea fonică** se poate defini ca fiind disconfortul/perturbările produs/produse omului, animalelor și plantelor de către sunetele nedorite (zgomotele) care perturbă activitatea sau echilibrul vieții.

Nivelul de perturbare de la sunetele nedorite depinde de calitatea sunetului, starea curentă, ca și de răspunsul personal. O muzică tare sau o mașină de scris poate deranja o persoană, dar nu și pe alta. Există sunete care interferă cu alte activități, de exemplu, zgomotul unei mașini interferă cu inteligibilitatea vorbirii.

Unul dintre cele mai importante efecte ale poluării sonore este pierderea auzului. Neșansa unei persoane de a suferi tulburări ale auzului depinde de nivelul zgomotului, de durata acestuia, de frecvența cu care are loc pe o bază zilnică, de numărul de ani de expunere zilnică, continuă și de susceptibilitatea individuală la asemenea tip de tulburare. În acest sens, se introduce noțiunea de **doză de zgomot (DZ)** care se calculează cu formula:

$$DZ = \sum_i \frac{t_i}{T_i}$$

unde T_i - este timpul maxim permis pentru un nivel dat al zgomotului

t_i - reprezintă timpul actual de expunere la nivelul de zgomot.

Sunetele dăunătoare, pot fi evaluate mai obiectiv datorită rezultatelor obținute în pierderea auzului sau apariției altor probleme fiziologice. Efectele dăunătoare ale

zgomotelor, în funcție de nivelul lor de tărie, sunt așadar de natură și de gravitate diferită.

Primele care se manifestă sunt efectele psihice nedorite și anume la nivele de tărie cu mult inferioare față de acelea la care apar leziuni ale urechii interne sau se constată o pierdere ireversibilă a sensibilității auditive.

S-a constatat că zgomote de intensitate scăzută, dar supărătoare care pătrund în locuința omului din circulația exterioară sau din încăperile învecinate, datorită acțiunii lor permanente, ziua și noaptea, se constituie în niște iritanți cronici ai organismului uman.

Zgomotele pot ajunge la urechea internă și prin conducție osoasă. Astfel, zgomote izolate de numai 40-50 dB sunt suficiente pentru a perturba odihna normală din timpul nopții. În timpul zilei nocivitatea acelorasi zgomote de intensitate scăzută depinde în primul rând de gradul de solicitare psihică al organismului uman (Fig. 6.1).

Deosebit de afectați de aceste zgomote sunt cei care prestează o muncă intelectuală sau o muncă ce presupune un grad de concentrare sau atenție deosebită. În același timp organismul uman este supus unei suprasolicitări nervoase de durată, care prin efectul său cumulativ, conduce la afecțiuni psihice sau organice grave precum hipertensiunea arterială, diferite nevroze etc.

Evaluarea nocivității acestor zgomote slabe este dificilă pentru că influențează într-un mod diferit sănătatea unor oameni care prestează același gen de activitate. Adaptarea organismului uman la acțiunea zgomotelor este foarte limitată, așa-numita obișnuință la zgomot manifestându-se după un anumit timp ca o stare patologică de îmbolnăvire.

Destul de nocive și imediate sunt efectele unor zgomote cu nivele de tărie mai ridicate, ce depășesc cu 40-50 dB pe cele corespunzătoare gradului de audibilitate. În aceste cazuri, apar modificări în starea și funcționarea organelor de simț și interne. De exemplu, s-a constatat o creștere a presiunii intracraniene, modificarea cordului și a respirației, o scădere a acuității vizuale ș.a.

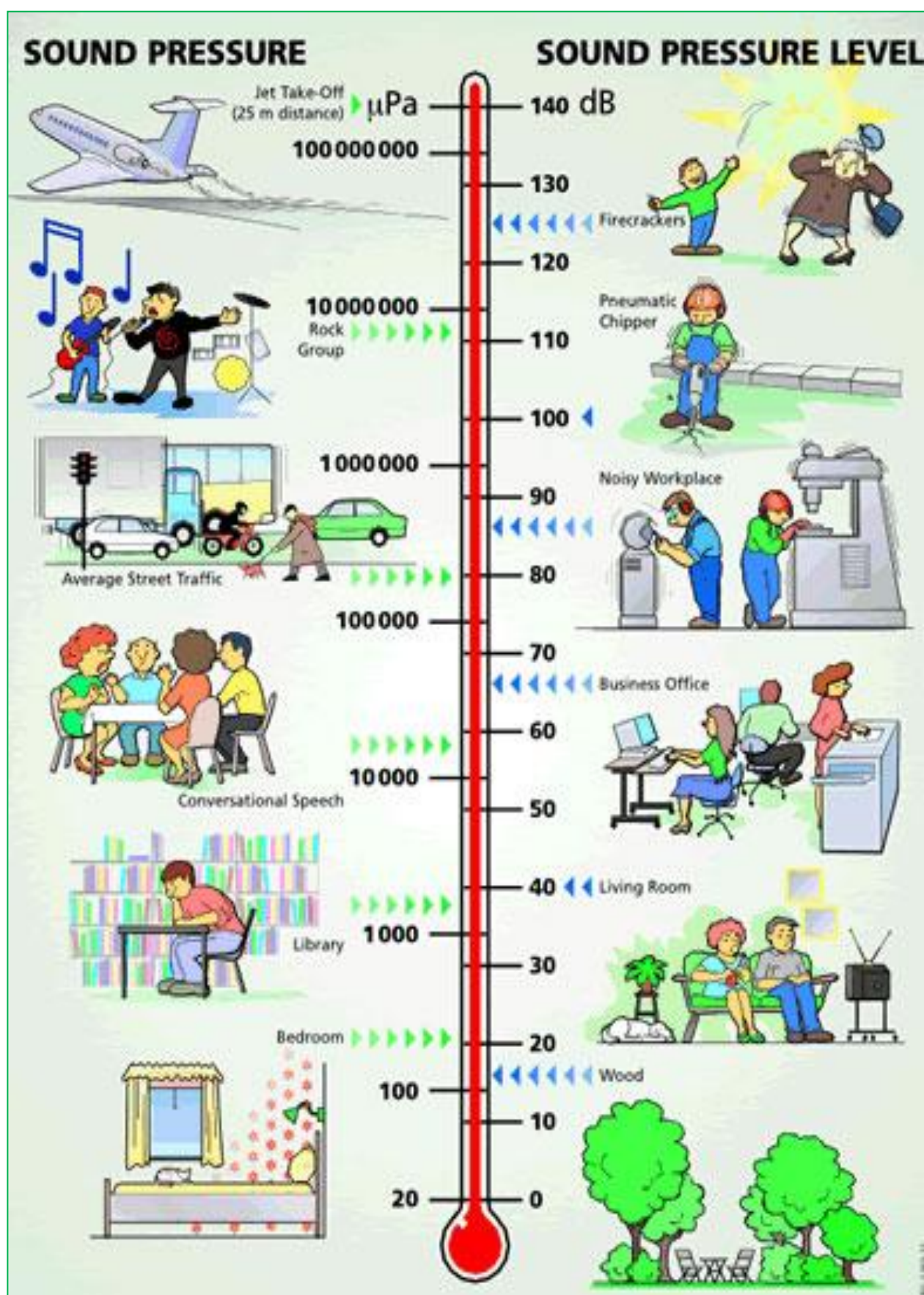


Fig. 6.1 Corelarea nivelului presiunii sonore cu activitățile umane (<https://www.bksv.com/en>)

La creșterea în continuare a nivelului de tărie, modificările funcționale ale sistemului nervos central și vegetativ pot deveni ireversibile, sau pot fi însoțite și de anumite leziuni organice.

Deoarece depind de factori obiectivi, efectele dăunătoare ale zgomotelor se accentuează însă dacă acționează discontinuu sau sub formă de impulsuri, dacă apariția lor este imprevizibilă sau dacă sunt însoțite de vibrații mecanice. Zgomotele foarte puternice al căror nivel de intensitate depășește cu 85-90 dB pragul de audibilitate, pe lângă faptul că pot reduce la zero inteligibilitatea vorbirii, cauzează o pierdere treptată până la surditate, a sensibilității auditive. Surditatea permanentă poate să apară după numai 4-5 ani de activitate în mediu cu zgomot deosebit de intens (ex. industria siderurgică, textilă etc. Afecțiunile organului auditiv sunt însoțite și de agravarea tulburărilor psihice și fiziologice amintite mai sus. Astfel, după numai 3-4 ani de lucru într-o industrie zgomotoasă cca 70% din muncitori suferă de afecțiuni nervoase (dureri de cap, amețeli, stare de frică, iritabilitate sau stare emotivă semnificativă etc), aproape 40 % sunt bolnavi de gastrită sau ulcer duodenal și aproximativ 10 % au hipertensiune arterială.

Acțiune negativă asupra organismului uman o au și vibrațiile cu o frecvență mai mică de 20 Hz (infrasunete). O primă situație este cea în care vibrațiile acționând simultan cu zgomote de intensitate apreciabilă sunt sesizate de alte componente ale urechii interne și conduc la o suprasolicitare a întregului organ auditiv.

Analog ca la nivelele de **intensitate** și **tărie** ale zgomotelor s-au introdus și pentru vibrații nivele de intensitate și tărie numite **vibrar** și respectiv **pal**.

Nivelul de tărie al vibrațiilor în pali este egal cu nivelul de intensitate în vibrari la frecvența de referință de 1 Hz. În prezent se mai utilizează și nivele în dB.

Efectele vibrațiilor și zgomotelor se manifestă, funcție de energia și direcția lor de acțiune, prin deplasări relative, ruperi ale ligamentelor sau chiar hemoragii ale organelor interne.

O altă situație este aceea în care numai anumite părți ale corpului omenesc, îndeosebi mâinile, sunt supuse direct acțiunii vibrațiilor produse de diverse unelte și

instalații. Astfel, se cunoaște sindromul de "degete albe" la muncitorii ce utilizează fierăstraie mecanice și care constă într-o degradare treptată a țesutului nervos și vascular al mâinilor până la pierderea completă a sensibilității tactile.

6.2.2. Surse de vibrații și zgomote

Sursele de poluare sonoră, sunt de obicei clasificate fie ca staționare, fie mobile. Sursele staționare includ amplasamente rezidențiale, industriale și cele de construcții, iar cele mobile sunt reprezentate de rețelele de transport urban și de avioane în vecinătatea aeroporturilor.

Principalele tipuri de surse care produc vibrații și zgomote includ:

- mașini și procese tehnologice (mașini-unelte, mașini textile, ventilatoare etc.)
- subansamble și organe de mașini (mecanisme cu roți dințate, rulmenți etc);
- instalații sanitare și de condiționare a aerului;
- mijloace de transport (zgomot exterior urban).

În centrele populate, sursele de zgomot sunt numeroase. Cele mai importante pot fi totuși considerate: transportul urban, zborul avioanelor, circulația liberă pe străzi, șantierele de construcții, circulația trenurilor și echipamentele cu manipulanți.

Ponderea cea mai mare în zgomotul urban o deține transportul rutier. Creșterea puterii motoarelor cu care se echipează autovehiculele și creșterea vitezei de deplasare a acestora, corelate cu creșterea numărului de autovehicule sunt de natură să complice problema combaterii zgomotului în orașele mari. Principalele surse de zgomote și vibrații la autovehicule sunt motoarele și caroseriile. Deosebit de important este de asemenea, materialul de asfaltare a străzilor și neuniformitățile acestora.

Zgomotul motoarelor este determinat în principal de sistemele de admisie și de evacuare. Cele mai zgomotoase sunt motoarele cu răcire cu aer, cele în doi timpi precum și motoarele Diesel. Nivelurile globale maxime ale zgomotelor de motoare sunt de 110-112 dB.

Cea mai intensă sursă de zgomot la autovehicule o constituie sistemul de evacuare. Pentru reducerea zgomotului în sistemele de evacuare se pot folosi atenuatoare (țevi

de eșapament) active, reactive și combinate. Atenuatoarele active se bazează pe principiul absorbției energiei acustice. Atenuatoarele reactive (filtre acustice) conțin în construcția lor rezonatori și camere de detentă.

Să ne reamintim

-
- **Zgomotul** este în general definit ca sunetul nedorit sau excesiv ce poate cauza disconfort, perturbări.
 - Pentru evaluarea nivelurilor sonore din comunități care produc mixturi de sunete este folosit **nivelul poluării sonore**.
 - **Poluarea fonică** se poate defini ca fiind disconfortul/perturbările produs/produse omului, animalelor și plantelor de către sunetele nedorite (zgomotele) care perturbă activitatea sau echilibrul vieții.
 - Principalele tipuri de surse care produc vibrații și zgomote sunt: mașinile și procesele tehnologice, subansamblele și organele de mașini, instalațiile sanitare și de condiționare a aerului și mijloacele de transport.
 - Cele mai importante surse de zgomot în centrele populate pot fi considerate: transportul urban (sirenele ambulanțelor și mașinilor de pompieri), zborul avioanelor, circulația liberă pe străzi, șantierele de construcții, circulația trenurilor, echipamentele cu manipulanți.

6.2.3. Posibilități de reducere a zgomotelor și vibrațiilor

O primă condiție o constituie stabilirea unor criterii de proiectare în vederea controlului zgomotului. Este necesar să se realizeze măsurătorile zgomotului ambiant. Tot în această fază este necesar să se întreprindă totul pentru predeterminarea zgomotelor și vibrațiilor, pe bază de calcule sau prin asimilare cu alte cazuri.

O a doua condiție (de control) presupune măsurarea zgomotului de funcționare și al vibrațiilor, stabilirea influențelor diferiților parametri, revizuirea costurilor, a performanțelor tehnice.

O primă modalitate de reducere a zgomotului industrial constă în utilizarea unor mașini silențioase, instalate pe fundații izolate împotriva vibrațiilor, în folosirea amortizoarelor de zgomot și a carcaselor fonoizolante.

O a doua modalitate, constă în amplasarea rațională pe teren a clădirilor, în folosirea unor construcții speciale de izolare și absorbție fonică.

În scopul reducerii zgomotului radiat de suprafețele exterioare ale mașinilor, este bine să se acopere acestea cu materiale absorbante de vibrații (materiale plastice armate cu sticlă). Subansamblurile zgomotoase se pot acoperi cu mantale fonoizolante.

Dintre măsurile de reducere a zgomotului în halele zgomotoase se menționează:

- tavanele fonoabsorbante formate din saltele de vată minerală acoperită cu plăci perforate din PFL sau din casete de aluminiu perforat și plăci de silan;
- montarea elastică, pe locul de lucru al utilajelor prin folosirea amortizorilor de vibrații.

Tratamentele fonoabsorbante sunt obligatorii în toate cazurile în care zgomotele nu pot fi reduse la sursă până la valorile admisibile.

O altă posibilitate de reducere a zgomotelor constă în izolarea acustică prin **ecrane**. Ecranele, acustice sunt plăci sau pereți fonoizolanți montați între sursa de zgomot și zona care trebuie protejată. În acest sens, se poate da ca exemplu, un ecran de sticlă transparentă având grosimea de 5 mm ce oferă o atenuare de transmisie de aproximativ 26 dB, în zona mijlocie a domeniului audibil.

Carcasa acustică este o construcție rigidă în formă de cutie care înconjoară complet sau parțial sursa de zgomot.

Protecția contra vibrațiilor, în special în cazul mașinilor unelte, sau a altor tipuri de mașini mijlocii și mari constă în izolarea la fundații. Fundațiile se construiesc sub formă de blocuri sau plăci în funcție de suprafețele de bază ale mașinilor.

Pentru susținerea fundațiilor se folosesc izolatori din plută, cauciuc, arcuri din oțel sau din alte materiale elastice.

În concluzie, principalele mijloace de combatere a zgomotului pot fi clasificate în:

- **reducerea nivelului de zgomot la sursă;**
- **măsuri urbanistice;**
- **măsuri de protecție a construcțiilor și clădirilor;**

- **protecția directă a omului expus în mediu zgomotos.**

Reducerea zgomotului la sursă este măsura cea mai eficientă și mai economică. Astfel, în cazul transportului orășenesc datorită tramvaiului, măsurile de protecție vizează îmbunătățiri constructive ale acestuia (pardoseală elastică, suspensie elastică, roți elastice, îmbunătățirea angrenajelor etc.) și ale căii de rulare (rezemare elastică a șinelor pe fundații de beton armat, traverse din beton precomprimat pe pat elastic, diminuarea vibrației șinelor etc).

În cadrul **măsurilor urbanistice**, un oraș poate fi împărțit în trei zone:

a) zone zgomotoase ce cuprind unități industriale cu nivel de zgomot peste 90 dB și străzi cu trafic intens. Construcția de locuințe, școli și spitale în aceste zone trebuie condiționată de asigurarea unei protecții corespunzătoare la acțiunea zgomotului.

b) zonele mixte, ce cuprind locuințe, unități social-culturale, spitale, iar nivelul de zgomot nu depășește 65 dB;

c). zonele liniștite ce cuprind numai locuințe și străzi de tranzit cu trafic limitat.

Protecția clădirilor și construcțiilor se realizează prin estomparea zgomotului la marginea unei liziere verzi (plantație). Pentru a obține o eficiență corespunzătoare a reducerii nivelului zgomotului se recomandă perdele dese și plantații complexe de diferite mărimi. Prezența apei în atmosferă (bazine de apă, fântâni arteziene), micșorează distanța de propagare și atenuează intensitatea zgomotului.

Protecția directă a omului constă în folosirea unor sisteme special construite denumite antifoane ce pot fi de tip:

→ intern (realizează atenuări de 30 dB);

→ de tip extern (realizează atenuări de 45 dB)

6.2.4. Materiale fonoabsorbante

Materialele absorbante acustic se clasifică în:

- absorbanți poroși cu schelet rigid sau flexibil;
- absorbanți de tipul rezonatorilor simpli și grupați;
- membrane vibrante;
- structuri compuse.

Absorbanții poroși sunt constituiți din materiale precum:

- tencuielile poroase;
- plăcile din vată minerală;
- fibre vegetale rigidizate cu liant;
- fibre minerale rigidizate cu liant.

Acești absorbanți necesită acoperirea cu materiale de protecție cum ar fi: materiale textile, plase de sârmă.

Absorbanții poroși cu schelet flexibil sunt alcătuiți din:

- vată de sticlă
- vată de zgură
- pâslă
- materiale poroase (plăci de fibrociment)
- saltele
- draperii
- covoare.

Absorbanții de tipul rezonatorilor simpli constau dintr-o cavitate situată într-un perete rigid legată cu exteriorul printr-un canal sau cheson acustic de lemn rigid. Volumul de aer din cavitatea rezonatorului lucrează ca un resort și o parte din energia sonoră se disipează în rezonator. În acest caz, tavanul fonoabsorbant se poate realiza din cavități prevăzute în beton sau din blocuri cu găuri perforate.

Membranele vibrante sunt constituite din plăci subțiri și elastice aplicate la câțiva cm de perete și se folosesc la frecvențe joase. Se pot realiza din PFL dur, materiale plastice etc.

6.2.5. Protecția individuală a omului împotriva zgomotelor și vibrațiilor

Combaterea zgomotelor și vibrațiilor se face direct la sursă, pe calea de transmitere de la sursă la receptor, precum și la receptor. Reducerea zgomotului și vibrațiilor la sursă constituie așa-numita *protecție activă*. Reducerea zgomotelor și vibrațiilor pe căile de transmitere sau chiar la receptor constituie *protecția pasivă*.

Protecția individuală împotriva zgomotelor, constă în folosirea unor sisteme special construite, numite **antifoane**.

Antifoanele se pot împărți în două categorii: *de tip intern* și *de tip extern*.

🌈 Antifoanele de tip intern sunt dopuri sau tampoane care se introduc în canalul auditiv.

🌈 Antifoanele de tip extern sunt căști sau caschete, care acoperă întregul pavilion al urechii.

Antifoanele de tip intern pot fi purtate timp mai îndelungat pentru că sunt mai ușoare. Ele presupun o tehnologie de realizare mai simplă și au un preț de cost de câteva ori mai redus decât cele de tip extern. Pot fi purtate și în medii cu temperaturi mai ridicate deoarece în comparație cu antifoanele de tip extern nu împiedică respirația și transpirația pielii din zonele acoperite. Antifoanele de tip intern permit ca muncitorul să mai poarte în același timp și alte echipamente sau dispozitive de lucru sau de protecție montate pe cap, cum ar fi masca sau ochelarii de protecție. Antifoanele de tip intern presupun însă niște condiții foarte severe de igienă. Ca soluții constructive, antifoanele de tip intern se prezintă într-o gamă variată de modele. Se folosesc antifoane interne începând cu simplul dop de vată și până la dispozitive mai complicate, utilizându-se diverse sorturi de cauciuc sau materiale plastice.

Antifoanele de tip extern realizează atenuări mai mari de 45 dB față de cele de tip intern de 30 dB. Se comportă de asemenea mai bine la frecvențe înalte, acolo unde urechea este mai sensibilă. Nu necesită o întreținere atât de pretențioasă ca antifoanele de tip intern. Pot fi purtate în diferite feluri, în funcție de specificul locului de muncă al operatorului.

Mijloacele de protecție individuală împotriva-zgomotului apără numai organul auditiv, deși în afară de ureche există și alte zone ale organismului uman expus, capabile să recepționeze unde sonore chiar în condițiile în care urechile sunt protejate.

În activitățile industriale, toate tipurile de unelte pneumatice utilizate (în industria minieră, în industria metalurgică, pe șantierele de construcții) funcționează

cu vibrații importante. De asemenea, vibrații excesive pot apărea și la alte categorii de mașini ca urmare a unor condiții anormale de funcționare.

În industria materialelor de construcții, dar și în industria încălțămintei, accelerațiile vibrațiilor la plăcile vibrante ating valori de 26 m/s^2 . Tractoriștii și lucrătorii de pe mașinile agricole suportă de asemenea vibrații caracterizate de amplitudini mari dar în domeniul frecvențelor mai joase.

Echipamentul individual de protecție împotriva vibrațiilor urmărește apărarea mâinilor, picioarelor și a altor părți ale organismului uman supuse unor vibrații care depășesc limitele fiziologic admise. Pentru protejarea mâinilor se folosesc diferite tipuri de **mănuși vibroizolante din piele**, căptușite cu un strat gros de păr de porc sau de capră.

Pentru protejarea picioarelor se pot folosi **cizme din cauciuc**, dar acestea sunt incomode la purtat. Se folosește în condiții bune încălțămintea din piele sau înlocuitori, cu talpă din cauciuc, cu tocuri și branțuri compuse din mai multe straturi de materiale rigide și elastice.

Un aspect al zgomotului căruia i se acordă o atenție din ce în ce mai mare, este impactul asupra ecosistemelor naturale și în ce mod stresează zgomotul autostrăzilor, viața sălbatică din pădurile adiacente.



6.3. Rezumat

- Pentru reducerea zgomotelor și vibrațiilor se impune inițial stabilirea unor criterii de proiectare în vederea controlului zgomotului, bazate pe calcule sau similitudini cu alte cazuri, etapă urmată de măsurarea zgomotului de funcționare și al vibrațiilor, stabilirea influențelor diferiților parametri, revizuirea costurilor, a performanțelor tehnice.
- Principalele mijloace de combatere a zgomotului constau în: **reducerea nivelului de zgomot la sursă, măsuri urbanistice, măsuri de protecție a construcțiilor și clădirilor și protecția directă a omului expus în mediu zgomotos.**

- Pentru reducerea zgomotului și a vibrațiilor la sursă, se utilizează absorbanti poroși cu schelet rigid sau flexibil (tencuieli poroase, plăci din vată minerală, fibre vegetale rigidizate cu liant, fibre minerale rigidizate cu liant), absorbanti de tipul rezonatorilor simpli și grupați (plăci subțiri și elastice din PFL dur, materiale plastice etc.), membrane vibrante și structuri compuse
- Pentru protecția individuală a omului împotriva zgomotelor și vibrațiilor, se folosesc **antifoane de tip intern** (dopuri sau tampoane) sau **extern** (căști sau caschete).
- Echipamentul individual de protecție împotriva vibrațiilor urmărește apărarea mâinilor (**mănuși vibroizolante din piele**), picioarelor (**cizme din cauciuc**) și a altor părți ale organismului uman supuse unor vibrații care depășesc limitele fiziologic admise.



6.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

1) Zgomotul se definește cel mai adesea ca fiind:

- a. sunet nociv;
- b. sunet nedorit;
- c. nivel acustic.

2) Efectele dăunătoare ale zgomotelor se accentuează dacă:

- a. acționează discontinuu sau sub formă de impulsuri;
- b. apariția lor este imprevizibilă;
- c. sunt însoțite de vibrații mecanice.

3) Cine deține ponderea cea mai mare în zgomotul urban o deține?

- a. activitățile industriale (construcții, industria agroalimentară);
- b. sistemele de evacuare;
- c. transportul.

4) Care este cea mai eficientă și economică metodă de combatere a zgomotului?

- a. protecția construcțiilor și clădirilor;
- b. protecția directă a omului expus în mediu zgomotos;

- c. reducerea nivelului de zgomot la sursă.



6.5. Bibliografie recomandată

- a. Manoliu, M., Toculescu, R., 1994, *Ingineria Mediului*, vol.I, Ed. Universității Politehnica București;;
- b. Rojanschi, V., Diaconu, Gheorghița, 1996, *Ingineria mediului*, Ed. Universității Ecologice din București.
- c. <https://www.bksv.com/en>

Capitolul 7

RADIOACTIVITATEA



7.1. Introducere

În cadrul acestui capitol sunt corelate conceptele generale din domeniul radioactivității cu aspecte particulare privind tipurile de surse de iradiere și de radiații artificiale și metodele de control al deșeurilor radioactive.

Durata medie de parcurgere a acestui capitol este de aproximativ 3 ore.



7.2. Conținut

7.2.1. Definiții și generalități

Radioactivitatea naturală, componenta de bază a mediului înconjurător, este determinată de prezența în sol, aer, apă și în organismele vii a substanțelor radioactive de origine terestră (existente în mod natural din cele mai vechi timpuri) care emit anumite radiații, la care se adaugă radiația cosmică extraterestră.

Astfel, omul trăiește într-un mediu complex, fiind continuu sub acțiunea multor agenți fizici precum: lumina, sunetul, **radiația ionizantă și neionizantă**. Mediul înconjurător conține surse naturale de radiații existente de miliarde de ani pe Terra, cărora li s-au adăugat în ultimii aproape o sută de ani, și cele artificiale, create de om. Așadar, acumularea surselor naturale de radiații creată de om prin activitățile antropice, induce o radioactivitate naturală suplimentară, mulțimea surselor naturale de radiații incluzând astfel și sursele naturale de radiații suplimentare.

Radiația (din latinescul *radiare/radius* = a emite raze, fascicule, a străluci/rază, spiță) reprezintă energia transmisă în spațiu sub formă de particule sau unde electromagnetice sau procesul de emiterie a acestora. Toate corpurile care au temperatura peste zero absolut ($-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$) radiază mediului lor înconjurător energie. Efectele radiațiilor au la bază interacția lor cu materia, fenomen bazat pe cedarea energiei radiațiilor incidente către substanța străbătută.

Radiațiile ionizante sunt radiațiile care au suficientă energie pentru a ioniza atomii sau moleculele materialului iradiat. Ele pot fi de natură corpusculară (particule) sau electromagnetică (unde), au o capacitate de penetrare mare și nu produc reacții nucleare în materialul iradiat. Radiațiile ionizante corpusculare includ *radiațiile α , β* dar și *radiațiile cosmice*. Din categoria radiațiilor ionizante electromagnetice fac parte *radiațiile X* (Rx - de natură atomică) și *radiațiile gamma* (γ - de natură nucleară – produse la nivelul nucleului atomilor).

Deși poate ioniza atomii sau moleculele unui corp, *radiația ultravioletă (UV)* este considerată *radiație neionizantă*, deoarece nu încălzește masa substanței până la temperatura de ionizare chiar și în condițiile unui flux mare de astfel de radiații.

Iradierea este acțiunea prin care radiațiile incidente unui organism provoacă transformări în acel corp, transformări care sunt cunoscute sub numele de *efecte biologice la iradiere*. Dacă sursa de radiații este exterioară corpului iradiat se folosește termenul *iradiere externă*, iar dacă sursa de radiații este încorporată sau distribuită în masa corpului datorită radionuclizilor ajunși în organism se folosește termenul de *iradiere internă*.

După natura surselor de radiații aflate în mediul încojurător sau produse de om se disting *iradierea naturală* și respectiv *iradierea artificială*.

Sursele de radiații folosite în cercetare, în tehnică sau industrie, produc, pentru persoanele care le utilizează o iradiere profesională. Sursele de radiații folosite în medicină pentru diagnostic și tratament, produc pentru pacienți o *iradiere medicală*, iar pentru personalul medical și sanitar o *iradiere profesională*.

Spre deosebire de lumină și sunet, radiațiile nu pot fi percepute de către simțurile omului. Ele pot fi detectate și măsurate cu aparate speciale numite dozimetre, a căror componentă de bază este detectorul pentru radiații. Indiferent de factorul iradiat (factori biotici/abiotici, alimente etc), măsurarea contaminării radioactive, se face cu aparate speciale (contaminometru, analizoare audio și multicanal etc).

Scopul măsurării dozimetrice este determinarea iradierii sau a expunerii organismului, adică a cedării energiei radiațiilor incidente țesutului acelui organism.

Gradul de expunere la radiații depinde de tipul de radiație, de tipul de țesut prin care trece, de susceptibilitatea la îmbolnăvire a diferitelor țesuturi și conduce la o ierarhizare a mărimilor dozimetrice ce este prezentată în fig. 7.1.

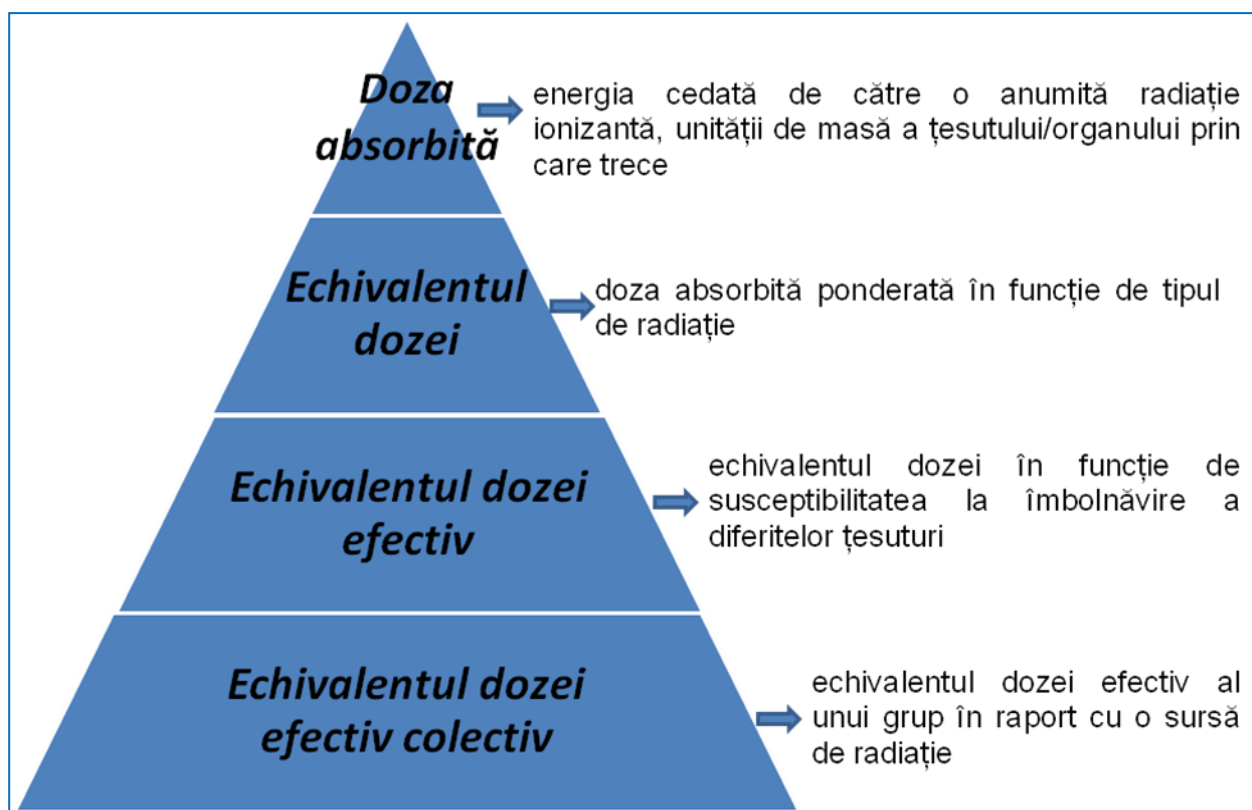


Fig. 7.1 Ierarhizarea mărimilor dozimetrice

Printr-o măsurare dozimetrică se determină doza de radiație absorbită de organism sau de o anumită parte a acestuia, adică energia cedată de radiația ionizantă incidentă unității de masă a țesutului din organism.

Când nu sunt posibile măsurări, ca de exemplu, atunci când un radionuclid este depozitat într-un organ intern, este posibil calculul dozei absorbite de acel organ dacă se cunoaște activitatea radionuclidului din el.

Doza medie absorbită (în țesut sau organ) $D_{T,R}$ se exprimă în gray (Gy) și reprezintă energia cedată de către o anumită radiație ionizantă, unității de masă a țesutului/organului prin care trece. 1 Gy corespunde 1 J/kg. În mod frecvent se folosesc submultiplii, cum ar fi micrograyul ($1 \mu\text{Gy} = 10^{-6} \text{ Gy}$).

Trebuie reținut faptul că *doze absorbite egale nu au neapărat efecte biologice egale* - 1 Gy de radiație alfa într-un țesut, de exemplu, este mai periculos decât 1 Gy

de radiație beta, deoarece particula alfa fiind mai lentă și cu sarcină electrică mai mare decât particula beta disipează mai multă energie de-a lungul traiectoriei sale.

Pentru a pune toate radiațiile ionizante pe o bază egală în raport cu posibilitatea de a produce efecte negative este nevoie de **echivalentul dozei** (*doza biologică*) $H_{T,R}$ o mărime fizică ce se exprimă în sievert (Sv). Acesta se determină ca produs între doza absorbită ($D_{T,R}$) și un factor (Q) ce ține cont de modul în care o anumită radiație își distribuie energia în țesuturi.

Pentru radiațiile γ , X și particule beta, $Q = 1 \Rightarrow H_T = 1 \times D_T \Rightarrow 1\text{Gy} = 1\text{ Sv}$.

Pentru particulele alfa, $Q = 20 \Rightarrow H_T = 20 \times D_T \Rightarrow 1\text{Gy} = 20\text{ Sv}$.

În mod obișnuit se folosesc submultiplii sievert-ului, cum ar fi milisievert-ul ($1\text{ mSv} = 10^{-3}\text{ Sv}$). Echivalentul dozei constituie, astfel, un indicator al riscului la expunere al unui anumit țesut, la diferite radiații.

Radioactivitatea este așadar proprietatea de transformare a unui nuclid instabil în mod spontan în nuclidul unui alt element cu emisie de radiații (devenind radionuclid).

Activitatea unei cantități de radionuclid este dată de rata cu care se produc dezintegrări spontane. Aceasta se exprimă printr-o unitate numită becquerel (Bq). $1\text{ Bq} = 1$ dezintegrare (a unui radionuclid) într-o secundă. În mod frecvent sunt utilizați multiplii becquerelului, cum ar fi megabecquerelul ($1\text{ MBq} = 10^6\text{ Bq}$). De exemplu, un gram de plutoniu-239 are o radioactivitate de aproximativ 2000 MBq el emițând circa 2000 milioane de particule alfa în fiecare secundă.

Timpul necesar ca activitatea unui radionuclid (radioactivitatea) să scadă la jumătate, prin dezintegrare, se numește ***timp de înjumătățire*** ($T_{1/2}$), fiecare radionuclid având un timp de înjumătățire unic și nealterabil (ex. pentru C-14: $T_{1/2} = 5730$ ani, pentru Ba-140 : $T_{1/2} = 1,28$ zile, pentru Pu-239: $T_{1/2} = 24.131$ ani, pentru U-238: $T_{1/2} = 4,47 \times 10^9$ ani).

În ceea ce privește *interacția radiației cu substanța*, la străbaterea substanței de către radiații are loc cedarea energiei unei radiații, atomilor cu care interacționează. De regulă, energia unei radiații este cedată electronului unui atom, acest transfer de energie putându-se repeta de un număr mare de ori de către aceeași radiație.

Dintre obiectivele urmărite de rețeaua de monitorizare destinată studiului radioactivității din România se amintesc:

- ✓ cunoașterea factorului fizic - radioactivitatea- existent pe Pământ și, într-o bună măsură, determinant al evoluției vieții,
- ✓ evaluarea expunerii omului la radiații și după caz luarea de măsuri de radioprotecție,
- ✓ stabilirea oportunităților și priorităților în refacerea ecologică a zonelor cu radioactivitate crescută ca urmare a acțiunilor-umane.

7.2.2. Efectele biologice ale radiațiilor

Interacția radiațiilor cu materia, în faza inițială, nu diferă dacă materia este vie sau fără viață ea constând în transfer de energie. Deosebirea fundamentală apare datorită comportării diferite a produșilor rezultați din interacția primară, care depinde de tipul și energia radiației, și de compoziția chimică a materiei. Datorită mării diversități din structura materiei vii, interacția radiațiilor cu aceasta va produce o multitudine de efecte care de multe ori sunt greu de explicat. Astfel, un flux de radiații X sau gamma va interacționa diferit față de un flux de neutroni, iar radiațiile gamma acționează diferit asupra țesutului adipos față de țesutul osos.

Efectele biologice ale radiațiilor ionizante pot fi grupate astfel:

● **efectele somatice**, care apar la nivelul celulelor somatice și acționează asupra fiziologiei individului expus, provocând unele distrugerii care duc fie la moartea rapidă, fie la reducerea semnificativă a speranței medii de viață. Leziunile somatice apar în timpul vieții individului iradiat. În funcție de momentul apariției, aceste leziuni pot fi imediate sau tardive. Efectele somatice imediate sau pe termen scurt se manifestă la câteva zile, săptămâni sau luni după iradiere. O iradiere locală (internă sau externă) se poate manifesta numai prin efecte la nivelul țesutului respectiv, în timp ce o iradiere a întregului corp poate duce la apariția unor efecte generalizate. Efectele imediate se produc la toți indivizii expuși la o doză superioară unei anumite doze, numită *doză-prag*. Efectele somatice tardive sunt cele care apar după o perioadă mai lungă de timp, de ordinul anilor, numită perioadă de latență și se

manifestă în principal sub formă de leucemie sau cancer. Aceste efecte sunt de natură stochastica (întâmplătoare) în sensul că este imposibil de evidențiat o relație cauzală directă. Probabilitatea producerii unui efect este proporțională cu doza de iradiere. Corelația între doza de iradiere și efectele induse se poate stabili numai în cazul unei populații numeroase de indivizi iradiați.

● **efectele genetice** (ereditare), apar în celulele germinale (sexuale) din gonade (ovar și testicul). Cercetările au arătat că aceste celule în perioada înmulțirii sunt foarte sensibile la radiațiile ionizante, ceea ce explică acțiunea mutagenă. Apariția unor mutații letale sau subletale la descendenți se datorează unor efecte imediate ale radiațiilor ca: alterarea cromozomilor, ruperea unor segmente de cromatină, alterarea chimică a codului genetic. Leziunile produse în urma interacțiunii radiațiilor cu materia vie, pot duce la moartea celulelor (efecte somatice imediate) sau la transformări ulterioare care pot apare la individul iradiat (efecte somatice tardive) sau la descendenți (efecte genetice).

Celulele somatice și sexuale, în înmulțirea lor, sunt foarte sensibile la radiații tocmai datorită distrugerilor provocate de radiațiile ionizante asupra cromozomilor. Astfel se explică marea vulnerabilitate a celulelor sexuale și acțiunea sterilizantă rezultată în urma expunerii la radiații ionizante. Sterilitatea poate fi parțială sau totală, reversibilă sau definitivă, în funcție de doză.

Doza letală 50% (DL₅₀) reprezintă doza teoretică de radiații ionizante care poate produce moartea într-un timp determinat a 50% din indivizii expuși. Iradierea experimentală a numeroaselor specii de plante și animale arată o mare variabilitate a sensibilității ființelor vii la această doză, astfel că organismele cele mai rezistente la radiațiile ionizante sunt bacteriile, iar cele mai sensibile sunt organismele cu sânge cald (mamifere și păsări). DL₅₀ este de ordinul a câteva mii de Gy pentru microorganisme, sute de mii de Gy pentru plante, sute de Gy pentru artropode (insecte) și doar câțiva Gy pentru mamifere.

Expunerea la radiații ionizante produce în organismele animale iradiate, o scădere a activității de sinteză a acizilor nucleici și a proteinelor, corelată cu

reducerea sau absența elaborării de anticorpi. Această scădere a imunității organismului iradiat explică sensibilitatea ridicată la radiații a mamiferelor.

Radiosensibilitatea sau sensibilitatea organismelor la radiațiile ionizante este cu atât mai mare cu cât gradul de evoluție și complexitatea organismului sunt mai mari. Totuși diferențe mari de radiosensibilitate, uneori greu de explicat, apar în cadrul aceleiași clase de organisme, cum este cazul musculiței de oțet (*Drosophila melanogaster*) cu DL_{50} de circa 850 Gy, față de numai 100 Gy la musca obișnuită (*Musca domestica*).

În cazul omului, DL_{50} pentru 60 zile este de 3,5 Gy în cazul iradierii întregului organism.

Expunerea numai a unei părți a organismului uman la doza letală, sau chiar la o doză mai mare, nu provoacă moartea individului ci duce la apariția unor efecte locale precum: înroșirea la nivelul pielii, la nivelul gonadelor, sterilitatea. În același timp, dacă doza este primită de întregul organism dar nu instantaneu, ci în câteva luni de zile, ar putea să nu producă efecte vizibile imediat, dar care pot apare fie tardiv, fie la descendenți, în funcție de mai mulți factori fiziologici.

Existența mecanismelor de refacere biologică, ce permite repararea dereglărilor somatice cauzate asupra celulelor, unde doza este inferioară dozei-prag, nu trebuie să excludă probabilitatea apariției unor efecte chiar cancerigene/mutagene. Majoritatea lucrărilor de specialitate arată însă că în domeniul carcinogenezei, acțiunea radiațiilor este sinergică cu cea a altor factori nocivi, ceea ce multiplică riscurile inducerii cancerului, atunci când individul, pe lângă radiații, este supus și altor factori de risc cancerigen din mediul de viață și muncă.

În ceea ce privește **dozele subletale**, expunerea organismului uman la acțiunea acestora produce următoarele efecte:

- reducerea activității fiziologice normale, caracterizată prin încetinirea creșterii, atenuarea rezistenței la toxine, scăderea capacității de apărare imunitară
- diminuarea longevității
- reducerea natalității datorită sterilității

- alterarea genomului prin inducerea de mutații defavorabile subletale, care se manifestă la generațiile următoare.

Gravitatea efectelor mutagene apare prin transmiterea la descendenți a unor translocatii cromozomiale, care poate apărea și la doze foarte mici. Dozele de radiații care pot produce apariția unui minim de mutații într-o generație de indivizi, într-un ecosistem, dacă sunt menținute în permanență, pot conduce la adevărate catastrofe ecologice în cadrul generațiilor următoare.

Dacă se iau în discuție **dozele de iradiere**, populația umană, ca de altfel toată biosfera, a fost și continuă să fie inevitabil expusă la doze mici de radiații ionizante provenind din surse naturale.

Comisia Internațională pentru Protecție Radiologică (CIPR) consideră că *"se poate accepta pentru umanitate o valoare limită de expunere la radiații ionizante corespunzând dublului dozei medii la care omul este expus în condiții naturale"*, ceea ce presupune că specia umană este adaptată la iradierea prezentă în mediul său de viață.

Să ne reamintim

-
- ***Radiația*** reprezintă energia transmisă în spațiu sub formă de particule sau unde electromagnetice sau procesul de emisie a acestora.
 - *Timpul necesar ca activitatea unui radionuclid (radioactivitatea) să scadă la jumătate, prin dezintegrare, se numește **timp de înjumătățire** ($T_{1/2}$), fiecare radionuclid având un timp de înjumătățire unic și nealterabil.*
 - *Efectele biologice ale radiațiilor ionizante pot fi **somatice** (immediate sau tardive, ce apar la nivelul celulelor somatice și acționează asupra fiziologiei individului expus), **genetice** (apar în celulele germinale (sexuale) din gonade (ovar și testicul))*
 - ***Doza letală 50% (DL₅₀)*** reprezintă doza teoretică de radiații ionizante care poate produce moartea într-un timp determinat a 50% din indivizii expuși.

7.2.3. Surse de iradiere

Radiația de origine naturală este prezenta în întreg mediul înconjurător. Radiația poate ajunge la Pământ din spațiul cosmic. Pământul însuși este radioactiv, iar radioactivitatea naturală este prezentă în alimente și în aer. Fiecare om este expus la

radiația naturală într-o măsură mai mare sau mai mică, iar cele mai multe persoane, primesc de la aceasta cea mai mare parte a dozei.

Radiația cosmică. Originea acesteia este un subiect discutat încă. Unii specialiști susțin că ar proveni, în special, din galaxia noastră, alții ca ar proveni din afara ei, soarele contribuind într-o oarecare măsură. Radiațiile de origine nedeterminată sunt practic constante ca număr, dar cele care vin de la Soare sunt emise în timpul erupțiilor solare. Când pătrund în atmosferă, particulele din radiația cosmică suferă interacții complexe și sunt absorbite de ea în mod gradat, astfel că doza descrește pe măsură ce scade altitudinea.

Reducerea expunerii la radiația cosmică, nu se prea poate realiza, deoarece ea pătrunde ușor prin clădirile obișnuite.

Radiațiile γ terestre. Toate materialele din scoarța Pământului sunt radioactive. Există ipoteza conform căreia energia rezultată din radioactivitatea naturală din adâncul Pământului contribuie la mișcările scoarței.

La această energie contribuie U, Th și izotopul K-40. U este dispersat în sol și în roci în concentrații mici. Acolo unde atinge 1500 ppm într-un anumit zăcămint ar putea fi economic de exploatat și folosit în reactorii nucleari. Radiațiile γ emise de radionuclizii terestri iradiază întregul corp uman mai mult sau mai puțin uniform. Deoarece materialele de construcție sunt extrase din pământ, sunt și ele radioactive, iar populația este iradiată atât în casă, cât și în aer liber. Dozele sunt afectate de geologia ținutului și de structura clădirilor.

Produsele de dezintegrare ale radonului. Când gazele de Radon sau Thoron ies din pământ în atmosferă, ele se dispersează în aer, iar concentrațiile sunt mici. Totuși, când pătrund într-o locuință, fie prin pereți, fie prin podea, concentrațiile cresc din cauza lipsei unei alimentări cu aer proaspăt din exterior. Produsele imediate de dezintegrare ale Rn-222 și Rn-220 (Thoron) sunt radionuclizi cu timpi de înjumătățire scurți, care se atașează particulelor de praf din aer, care ulterior inhalate, vor iradia plămânul.

Doza primită în interiorul încăperilor din partea produselor de dezintegrare ale radonului se poate modifica fie prin îndepărtarea produselor de dezintegrare din

clădire, fie prin împiedicarea radonului de a pătrunde în ea. Produsele de dezintegrare pot fi îndepărtate prin creșterea ventilației sau prin folosirea instalațiilor de purificare a aerului, cum ar fi precipitatorii electrostatici. Calea cea mai bună este însă reducerea pătrunderii radonului din sol, prin etanșarea podelei sau prin crearea și îmbunătățirea ventilației din subsoluri.

Radioactivitatea alimentelor. În aer, alimente și apă sunt prezenți și alți radionuclizi din seriile uraniului și toriului, în particular Pb-210 și Po-210; aceștia iradiază țesuturile interne ale corpului. K-40 este introdus în corp odată cu alimentele și reprezintă **sursa majoră de iradiere internă**, cu excepția produselor de dezintegrare ale radonului. Un număr de radionuclizi, cum ar fi C-14, sunt creați în atmosferă de radiațiile cosmice, iar aceștia contribuie și ei la iradierea internă. Conținutul de K-40 al corpului se poate controla biologic și variază cu cantitatea de grăsime.

Există mici posibilități de modificare a expunerii interne date de acești radionuclizi inhalați și ingerați, cu excepția evitării oricăror alimente sau a apei cu un ridicat conținut de radioactivitate.

Echivalentul dozei efectiv total (sau **doza totală**) datorat radiației de origine naturală este, în medie, în jurul a 1870 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ și variază cu mărimea populației.

7.2.4. Surse de radiații artificiale

Principalele activități care conduc la modificarea radioactivității naturale sunt: *tratamentele medicale, depunerile radioactive de la experiențele cu arme nucleare, deversările în mediu, expunerea profesională.*

Tratamentele medicale. Instalațiile de radiații X (Röntgen) folosite în spitale și în clinici sunt probabil cele mai cunoscute surse de radiație artificială. Ele sunt folosite astfel pentru:

- diagnosticare: de la simple radiografii ale toracelui la studii dinamice complicate ale inimii. O radiografie a toracelui va transfera plămânului un echivalent al dozei de 0,1 mSv.

- scopuri terapeutice: una din principalele metode de tratare a cancerului este, în mod paradoxal, aceea de a iradia puternic țesuturile maligne, împiedicând astfel funcționarea celulelor tumorii.

Deși folosirea în medicină a radiațiilor oferă pacienților beneficii directe enorme, ea contribuie prin intermediul lor la doza pe care o primește populația ca întreg.

Procedurile medicale pot produce indirect, vătămări la descendenții actualilor pacienți. Astfel, un interes deosebit este centrat pe mărimea numită *doză semnificativă genetic*, în mod special în legătură cu folosirea diagnosticelor cu radiații.

Depuneri radioactive de la experiențele cu arme nucleare. Radioactivitatea artificială este răspândită în toată lumea ca rezultat al experiențelor în atmosferă cu arme nucleare. În urma experiențelor apare o mare varietate de radionuclizi; de aceea, de interes principal din punct de vedere al dozei sunt C-14, Sr-90 și Cs-137. O bună parte din radioactivitate este inițial injectată în straturile superioare ale atmosferei, de unde este transferată încet în cele inferioare și de aici mult mai rapid spre sol.

Atât procesul, cât și materialul se numesc **depunere radioactivă**. Radionuclizii care intervin în depunerile radioactive sunt inhalați direct sau incluși în hrană și ambele procese au ca efect o expunere internă a corpului. Radionuclizii care emit radiații γ atunci când sunt depozitați pe sol produc iradierea externă.

Deversările în mediu. Industria energetică nucleară deversează substanțe radioactive în mediul înconjurător; în cantități mai mici, un aport îl au și unitățile de cercetare și spitalele.

Uraniul necesar reactorilor nucleari este preparat mai întâi sub formă de combustibil, apoi folosit în reactori după care este reprocessat (Fig. 7.1). În fiecare din cele trei stadii se deversează în mod controlat deșeuri radioactive în aer și în apele de suprafață, deversări evident supuse unor restricții legale. Doza primită de populație depinde de natura și de activitatea radionuclizilor eliberați, precum și de modul în care sunt dispersați în mediu și de reședința, modul de viață și obiceiurile alimentare ale persoanelor în cauză.

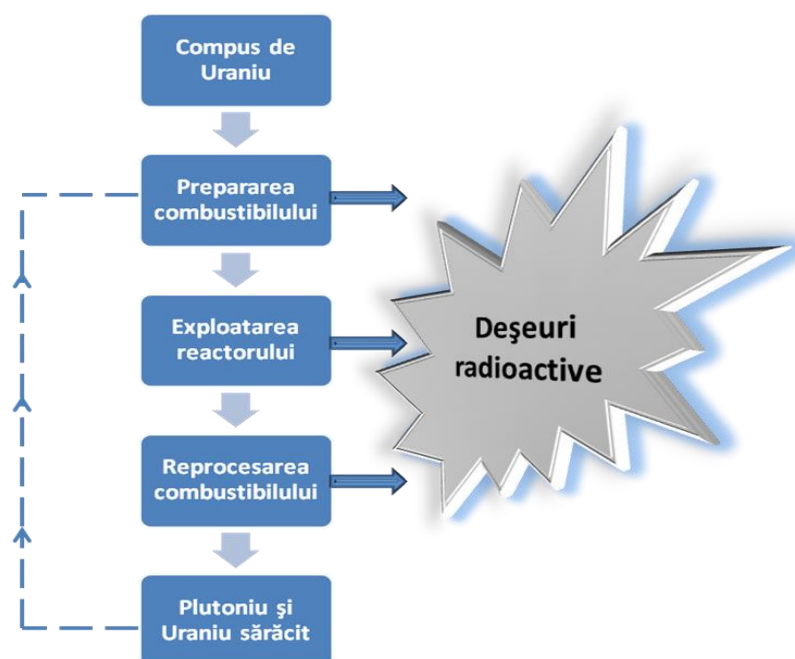


Fig. 7.2 Generarea deșeurilor radioactive din activitatea centralelor nucleare

Aceste deversări sunt controlate și se reduc în continuare. Totuși, reducerea lor ar necesita cheltuieli în plus și reprezintă una dintre îndatoririle factorilor de decizie să stabilească dacă se impun reduceri mai mari.

Mai există deversări controlate de natură minoră, în aer și în apele de suprafață, provocate de diferite instituții de cercetare, de apărare, industriale și medicale. Chiar dacă dozele colective sau individuale provocate de ele sunt neglijabile, ele sunt supuse aceluiași constrângeri legale ca și deversările provenite din programul energetic nuclear.

Anumite deșeuri cu activitate mică provenind de la toate instituțiile sunt îngropate în amplasamente anume alese, dozele individuale și colective care ar apărea de aici fiind neglijabile.

Expunerea profesională. Radiația de origine artificială este larg folosită în întreaga industrie, în primul rând pentru controlul proceselor și al calității produselor, în scopuri diagnostice în stomatologie și în medicina veterinară și ca mijloc important de studiu în colegii, universități și centre de cercetare. În consecință, există un număr considerabil de mare de persoane expuse la radiație ionizantă în procesul muncii lor, în plus față de cele din medicină sau din industria energetică nucleară.

Echivalentul dozei efectiv pe care îl poate primi o persoană care lucrează cu radiații este limitat prin lege (NSR-01 Norme fundamentale de securitate radiologică, M. Of. I nr. 404 bis /29.08.2000); practic, nu poate depăși 20 mSv/an. Puține persoane primesc doze apropiate de această limită, iar majoritatea primește o mică fracțiune din ea. De exemplu, doza medie a personalului medical este de circa 0,7 mSv/an, a personalului din industria nucleară este de 2,5 mSv/an, iar a radiologilor din industrie de cca. 1,7 mSv/an. Tendința generală a acestor doze medii a fost de descreștere, iar media generală a dozei primite de personalul din mediu radioactiv este de circa 1,4 mSv/an.

7.2.5. Metode de control al deșeurilor radioactive

Deșeurile radioactive, în cea mai mare parte rezultate din activitatea centralelor nucleare, se pot împărți, în funcție de activitatea lor, în trei mari categorii:

- *deșeuri cu activitate scăzută* - obiecte ca hârtia, îmbrăcămintea și echipamentul de laborator folosite în zonele în care se manipulează materiale radioactive, ca și pământul contaminat sau molozul de construcții;
- *deșeuri cu activitate medie* includ materialele schimbătoare de ioni folosite la tratarea gazelor și a lichidelor înainte de deversarea lor în mediu, mâlurile care se acumulează în bazinele unde se stochează combustibilul nuclear uzat înainte de reprocesare și materiale contaminate cu Pu;
- *deșeuri cu activitate ridicată* se referă la lichidul produs când se reprocesează combustibilul uzat.

Administrarea deșeurilor. Obiectivele administrării deșeurilor radioactive constau în prelucrarea acestora în așa fel încât să fie pregătite pentru stocare temporară sau permanentă, iar ultima să se facă în așa fel încât să nu existe riscuri inacceptabile atât pentru generațiile prezente, cât și pentru cele viitoare. Stocarea perpetuă implică absența oricărei intenții de a mai folosi deșeurile.

În general, deșeurile cu activitate mică nu au nevoie de tratare, ele putând fi încapsulate și stocate continuu în mod direct, fie prin îngropare la adâncimi mici în diferite locuri, fie prin imersie controlată în mare. Cele mai multe deșeuri cu

activitate intermediară nu apar sub o formă convenabilă pentru o stocare directă; ele trebuie încorporate într-un material inert ca betonul, bitumul sau rășinile. O parte dintre aceste deșeuri poate fi stocată perpetuu prin scufundare în mare, dar cele mai multe deșeuri sunt stocate temporar în diferite locuri așteptând o decizie privind metoda cea mai bună de stocare definitivă.

În prezent toate deșeurile cu activitate ridicată sunt stocate temporar. Deșeurile cu activitate ridicată rezultate din activitatea de reprocesare a combustibilului sunt ținute în tancuri răcite, special construite. În unele țări se intenționează realizarea unei uzine de solidificare a acestor deșeuri prin încorporarea lor într-un material sticlos. Blocurile de sticlă vor fi apoi stocate pentru câteva decenii pentru a permite răcirea lor înaintea stocării permanente finale.

Deoarece nici deșeurile cu activitate mică, nici cele cu activitate intermediară nu generează cantități importante de căldură nu rezultă nici un avantaj tehnic din stocarea lor temporară pe perioade lungi de timp. Stocarea temporară prelungită înseamnă doze de radiație pentru personal și cheltuieli de exploatare care, ambele, pot fi evitate printr-o stocare perpetuă timpurie. Întrucât aceste deșeuri urmează a fi stocate cândva definitiv, făcând acest lucru mai devreme decât mai târziu, probabilitatea de apariție a unui risc suplimentar pentru populație este mică.

În prezent, anumite deșeuri cu activitate scăzută sunt lichidate/stocate permanent prin ardere în subteran la adâncime mică.

S-a stabilit că sunt necesare două tipuri de terenuri pentru stocare permanentă (sau lichidare): unul de adâncime mică pentru a primi deșeurile cu activități scăzute și altul de adâncime mare pentru deșeurile cu activitate intermediară. Îngropările de adâncime mică vor fi probabil localizate în formațiuni argiloase, deoarece argila are o capacitate mare de absorbție a radionuclizilor, iar vitezele de penetrare a apelor subterane prin argilă sunt foarte mici. În principiu, îngroparea deșeurilor la adâncime se poate face sau într-o mină părăsită, sau într-o cavitate subterană special construită. Pentru a asigura o comparație corectă între diferitele locații, trebuie să se execute investigații geologice în diferite locații posibile pentru fiecare tip de stocare. Înainte de a se hotărî un nou loc de lichidare a deșeurilor, se studiază și posibilitatea stocării

permanente a deșeurilor cu activitate intermediară sub platforma continentală, fie printr-un tunel cu intrarea de pe pământ, fie în găuri forate de o platformă de foraj marin.

Deșeurile cu activitate ridicată produse la reprocessarea combustibilului uzat conțin peste 95 % din activitatea întregului ciclu al combustibilului nuclear. Odată solidificate, deșeurile trebuie depozitate timp de secole cu răcire corespunzătoare, supraveghere și renovare periodică a clădirilor de depozitare. Totuși, timpi așa lungi de depozitare vor impune o povară asupra generațiilor viitoare și va exista chiar și un risc, deși foarte mic, al unor scurgeri accidentale. Din aceste motive în toate țările care au un program nuclear se desfășoară în mod activ cercetări asupra metodelor posibile de lichidare a deșeurilor cu activitate foarte mare. Deși la început a fost luat în considerare un număr mare de opțiuni privind stocarea permanentă, acum numai două se mai bucură de o atenție specială. Acestea sunt ***depozitarea în formații geologice de mare adâncime la nivelul uscatului***, sau ***stocarea pe fundul mării***.

În ceea ce privește ***depozitarea deșeurilor cu radioactivitate mare în formațiuni geologice de mare adâncime***, tipurile de formațiuni geologice studiate la nivel internațional includ depozite de sare, granit și argilă. Sarea este apreciată, deoarece este uscată; granitul și argila sunt umede, dar se pot găsi formațiuni unde vitezele de curgere a apelor subterane sunt foarte mici, iar argila și granitul au capacitatea de a absorbi radionuclizii. Cele mai multe proiecte de depozite au în vedere tunele din care se forează găuri, unde ar putea fi plasate containerele cu deșeuri. Adâncimile de stocare avute în vedere sunt, în general, peste 500 m, iar spațiile dintre găuri sunt determinate de necesitatea de a limita încălzirea rocii. Odată ce s-a umplut depozitul, găurile, tunelurile și rampele de acces vor fi umplute la loc și sigilate (betonate).

Stocarea submarină are în vedere îngroparea containerelor în sedimentele de pe fundul mărilor/oceanelor, unde adâncimea medie a apei este de cca. 5000 m. Se poate realiza o îngropare mai la suprafață, sub zeci de metri de sediment, plasând containerele în dispozitive de forma unor torpile ce sunt lăsate să cadă liber spre fundul oceanului. Îngroparea la adâncime mai mare, sub mai mult de 100 m de

sediment, necesită forarea unor găuri și reumplerea lor, fiind o operație mult mai costisitoare și mai dificilă. În interiorul sedimentelor vitezele de curgere a apelor sunt extrem de mici, iar mineralele argiloase prezente în sedimente vor absorbi cei mai mulți dintre radionuclizii care, în cele din urmă, vor scăpa din deșeuri când containerele se vor fi corodat.

Evaluările de risc privitoare atât la stocarea geologică, cât și la stocarea submarină arată că nici una dintre metode nu ar trebui eliminată din motive de protecție radiologică. De aceea, în privința alegerii metodelor de stocare a deșeurilor din punct de vedere al protecției radiologice s-a ajuns la un consens internațional care prevede faptul că protecția radiologică impune două criterii:

- nici o metodă de stocare să nu conducă la un risc individual, acum și în viitor, care să fie mai mare de un anumit nivel, ceea ce face ca riscul individual pentru generațiile actuale și viitoare provenind de la stocarea deșeurilor să fie extrem de mic;
- aplicarea principiului că întreaga expunere la radiații să fie ținută la nivelul cel mai scăzut ce se poate obține în mod rezonabil, luând în considerare factorii economici și sociali. Acest principiu trebuie aplicat deciziilor ce privesc întreaga procedură de administrare a anumitor deșeuri (adică tratarea, imobilizarea, împachetarea și stocarea).



7.3. Rezumat

- Radiosensibilitatea la om depinde de vârstă și sex iar în același organism diferă în funcție de țesut. Astfel, organismele tinere, și mai ales embrionii sunt mult mai vulnerabili decât adulții. Această radiosensibilitate crescută la organismele tinere este legată de intensitatea activității de înmulțire a celulelor în perioada de creștere. Organismele femele sunt mai sensibile decât cele masculine. La organismele adulte, gonadele, măduva roșie hematoformatoare și o parte din tubul digestiv (mai ales intestinul subțire), având o activitate intensă de diviziune celulară, sunt radiosensibile, în timp ce neuronii, care nu se divid la adult, constituie celulele cele

mai rezistente la iradiere.

- Expunerea organismului uman la acțiunea dozelor letale produce: reducerea activității fiziologice normale (încetinirea creșterii, atenuarea rezistenței la toxine, scăderea capacității de apărare imunitară), diminuarea longevității, reducerea natalității datorită sterilității și inducerea de mutații defavorabile subletale, care se manifestă la generațiile următoare.

- **Sursele de iradiere** la care este expus fiecare om într-o măsură mai mare sau mai mică sunt: *radiația cosmică, radiațiile γ terestre, produsele de dezintegrare ale Rn și radioactivitatea alimentelor.*

- **Sursele de radiații artificiale** sunt: *tratamentele medicale, depunerile radioactive de la experiențele cu arme nucleare, deversările în mediu și expunerea profesională.*

- Deșeurile radioactive se clasifică în trei mari categorii: ***deșeuri cu activitate scăzută, deșeuri cu activitate medie și deșeuri cu activitate ridicată*** și sunt gestionate corespunzător gradului lor de radioactivitate. Astfel, deșeurile cu activitate scăzută se încapsulează și se stochează continuu în mod direct, fie prin îngropare la adâncimi mici în diferite locuri, fie prin imersie controlată în mare. În prezent, anumite deșeuri cu activitate scăzută sunt stocate permanent prin ardere în subteran la adâncime mică în formațiuni argiloase, deoarece argila are o capacitate mare de absorbție a radionuclizilor. Cele cu activitate medie trebuie încorporate într-un material inert ca betonul, bitumul sau rășinile. O parte dintre aceste deșeuri poate fi stocată continuu prin scufundare în mare, dar cele mai multe deșeuri sunt stocate temporar în diferite locuri așteptând o decizie privind metoda cea mai bună de stocare definitivă. Deșeurile cu activitate ridicată sunt stocate temporar în formațiuni geologice (depozite de sare, granit și argilă) de mare adâncime la nivelul uscatului, sau îngropate în sedimentele de pe fundul mărilor/oceanelor, unde adâncimea medie a apei este de cca. 5000 m.



7.4. Test de autoevaluare a cunoștințelor

- 1) Cine sunt cei mai sensibili acțiunii radiațiilor din punctul de vedere al vârstei?
 - a. embrionii;
 - b. tinerii;
 - c. adulții.
- 2) Prin ce metodă se realizează depozitarea deșeurilor radioactive cu activitate redusă?
 - a. îngropare la adâncimi mici în diferite locuri;
 - b. depozitarea în formații geologice de mare adâncime la nivelul uscatului;
 - c. stocare submarină.
- 3) Care sunt organismele cele mai rezistente la radiațiile ionizante?
 - a. mamiferele;
 - b. insectele;
 - c. bacteriile;



7.5. Bibliografie recomandată

- a. Consiliul Național de Protecție Radiologică din Marea Britanie, 1989, *Trăim cu radiații*, Ed. Tehnică, București;
- b. Rojanschi, V., Diaconu, Gheorghița, 1996, *Ingineria mediului*, Ed. Universității Ecologice din București.

Răspunsuri la testele de autoevaluare a cunoștințelor

Capitolul 1. NOȚIUNI GENERALE

- 1) b
- 2) a,b,c
- 3) b

Capitolul 2. APA – Surse de poluare și poluanți

- 1) b
- 2) c
- 3) a

Capitolul 3. APA – Metode de prevenire și combatere a poluării

- 1) b
- 2) c
- 3) b

Capitolul 4. AERUL

- 1) a
- 2) b
- 3) b

Capitolul 5. SOLUL

- 1) a
- 2) a, c
- 3) b

Capitolul 6. ZGOMOTE ȘI VIBRAȚII

- 1) b
- 2) a,b,c
- 3) c
- 4) c

Capitolul 7. RADIOACTIVITATEA

- 1) a
- 2) a
- 3) c