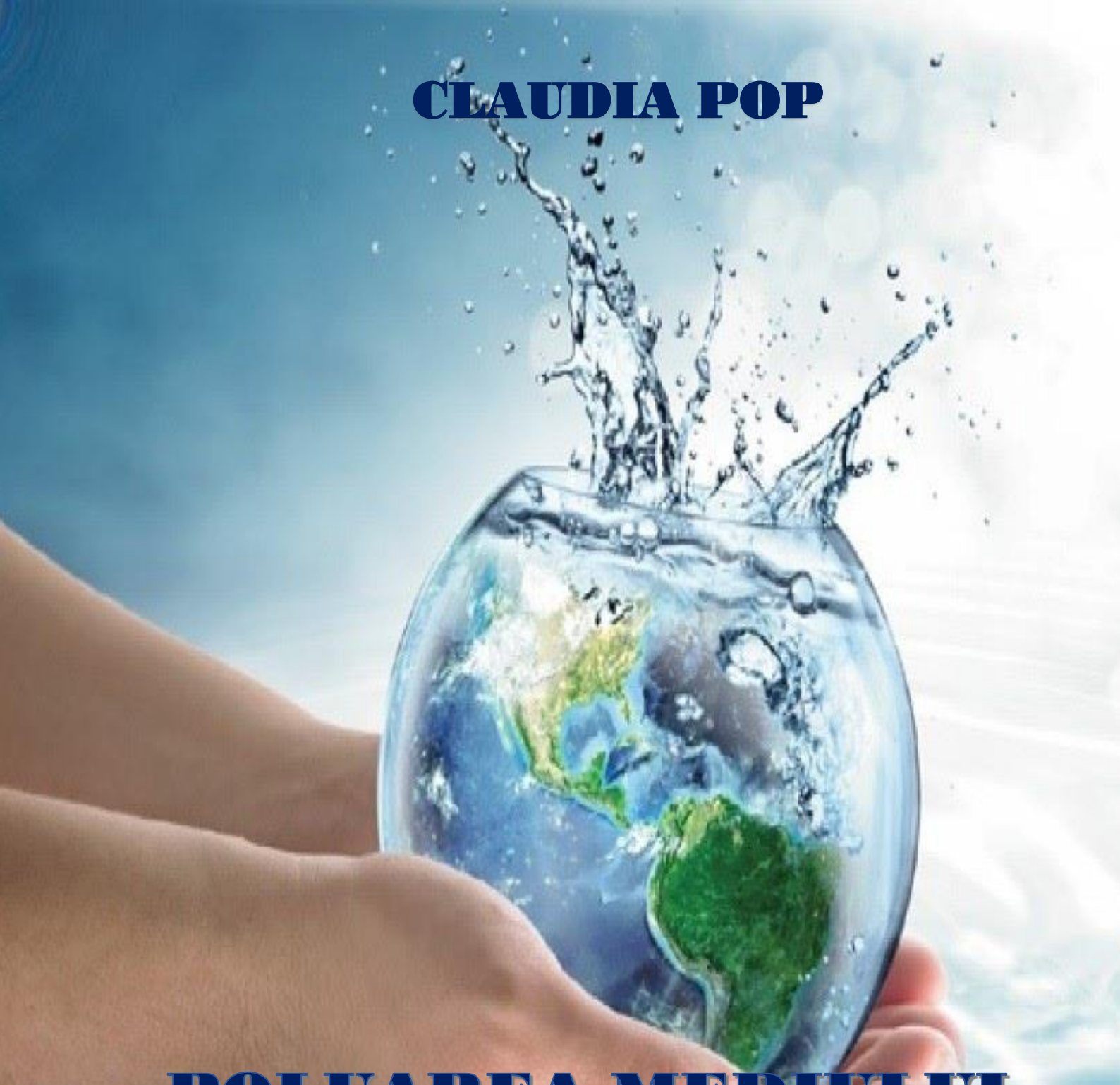
CLAUDIA POP



POLUAREA MEDIULUI. POLUAREA APELOR

Manual pentru disciplină opţională

Liceu

Satu Mare, 2020

Claudia Pop

P O L U A R E A M E D I U L U I.
P O L U A R E A A P E L O R

Manual pentru disciplină opţională
Liceu

Satu Mare, 2020

Dedic această carte elevilor mei şi
tuturor tinerilor cărora soarta Pământului
nu le este indiferentă, precum şi celor care,
din plăcere sau datorie, doresc ca magnificul
univers al apelor să rămână veşnic albastru.

Autoarea

CUPRINS

CUVÂNT ÎNAINTE 5
CAPITOLUL I. POLUAREA MEDIULUI 6
I.1. Noţiunea de poluare 6
I.2. Surse de poluare. Natura agenţilor poluanţi 6
I.3. Poluarea apelor 8
I.4. Forme de poluare a apelor 9
I.5. Poluanţi ai apelor rezultaţi din activitatea umană şi efectul lor asupra omului şi a mediului 11
I.6. Exemple de poluare 14
Exerciţii 16
CAPITOLUL II. CALITATEA APELOR 17
II.1. Calitatea apelor – categorii de calitate 17
II.2. Mineralizarea apelor 18
II.2.1. Mineralizarea apei în contact cu atmosfera 18
II.2.2. Mineralizarea apei în contact cu mineralele şi rocile 18
II.2.3. Alte forme de mineralizare a apelor 21
II.3. Exemple de metode de urmărire a calităţii apelor 21
Identificarea ionului amoniu (NH_4^+) 22
Identificarea ionului azotat (NO_3^-) 22
Identificarea ionului azotit (NO_2^-) 22
Identificarea ionului sulfat (SO_4^{2-}) 23
Identificarea ionului fosfat (PO_4^{3-}) 23
Identificarea ionului de calciu (Ca^{2+}) 23
Identificarea ionului de magneziu (Mg^{2+}) 24
Întrebări, exerciţii, probleme 24
CAPITOLUL III. EPURAREA APELOR 26
III.1. Autoepurarea apelor 26
III.2. Metode fizice, chimice şi biologice de epurare a apelor 27
III.2.1. Procese fizice 28
III.2.1.1. Amestecarea apelor uzate şi uniformizarea debitelor 28
III.2.1.2. Separarea gravitaţională – sedimentarea şi flotaţia 28
III.2.1.3. Filtrarea 30
III.2.1.4. Transferul între faze 32
a. Extracţia lichid – lichid 32
b. Striparea 32
c. Distilarea 33
d. Îngheţarea 33
e. Spumarea 33
f. Adsorbţia 33
III.2.2. Procese chimice 36
III.2.2.1. Neutralizarea 36
a. neutralizarea apelor acide 37
b. neutralizarea apelor alcaline 37
III.2.2.2. Oxidarea şi reducerea 38
a. Oxidarea poluanţilor din ape 38
b. Reducerea poluanţilor din ape 39
III.2.2.3. Precipitarea 40
III.2.2.4. Coagularea şi flocularea 42
III.2.2.5. Schimbul ionic. Schimbători de ioni 44
III.3. Staţia de epurare 46
III.3.1. Caracteristicile şi elementele constructive ale unei staţii de epurare 46
III.3.2. Staţia de epurare mecanică 49
III.3.3. Staţia de epurare mecano – chimică 50
III.3.4. Staţia de epurare mecano – biologică naturală 51
III.3.5. Staţia de epurare mecano – biologică artificială 52
Întrebări, exerciţii şi probleme 53
BIBLIOGRAFIE 55

CUVÂNT ÎNAINTE

"A fost odată un oraş în inima Americii în care toate vieţuitoarele păreau să trăiască în armonie cu cele din jur. Oraşul se afla în mijlocul unor ferme prospere, cu lanuri de grâne şi dealuri cu livezi, de unde, primăvara, nori albi de flori erau purtaţi de vânt peste câmpurile verzi. Toamna, stejarii, arţarii şi mestecenii dădeau la iveală o revărsare de culori care se învăpăiau şi licăreau peste o perdea de conifere. Atunci vulpile lătrau pe dealuri şi cerbul străbătea tăcut câmpiile, pe jumătate ascuns în ceţurile dimineţilor de toamnă.

În lungul drumurilor, dafinul, călinul şi aninul, ferigile mari şi florile sălbatice încântau ochiul călătorului tot timpul anului. Chiar şi iarna, marginile drumurilor erau pline de frumuseţe, cu păsări nenumărate venind să ciugulească grăunţele şi seminţele din vârfurile uscate ale tufelor răsărite deasupra zăpezii. Regiunile de la ţară erau, de fapt, faimoase pentru abundenţa şi varietatea păsărilor, iar când potopul de păsări migratoare se revărsa primăvara şi toamna, oamenii veneau de la mari distanţe să le vadă. Alţii veneau să pescuiască în râurile care curgeau limpezi şi reci din dealuri şi aveau iazuri umbroase în care unduia păstrăvul. Asta se întâmpla cu mulţi ani în urmă, când coloniştii şi-au ridicat casele, şi-au săpat fântânile şi şi-au construit grajdurile.

Apoi o stranie nenorocire s-a furişat în regiune şi totul a început să se schimbe. O vrajă diavolească s-a instalat în aşezare, boli misterioase au măturat stoluri de pui, vite şi oi s-au îmbolnăvit şi au murit. Pretutindeni plutea umbra morţii. Fermierii vorbeau despre multe boli în familiile lor. Doctorii de la oraş erau din ce în ce mai nedumeriţi de noile feluri de boli ale pacienţilor lor. Au urmat câteva morţi neaşteptate şi neexplicate, nu numai printre adulţi, ci chiar printre copii, care cădeau dintr-odată în timpul jocului şi mureau după câteva ore.

A urmat o tăcere stranie. Păsările, de pildă – unde dispăruseră ? Mulţi oameni vorbeau de ele, uimiţi şi neliniştiţi. Locurile unde li se lăsa mâncare erau pustii. Puţinele păsări văzute ici – colo erau muribunde, tremurau violent şi nu puteau zbura. A fost atunci o primăvară fără cântec. În dimineţile ce vibrau altădată de cântul măcăleandrilor, hulubilor, gaiţelor, pitulicelor şi al altor mulţimi de păsări nu se mai auzea nici un sunet, doar tăcerea se întindea peste câmpuri, păduri şi mlaştină.

Găinile au clocit în ferme, dar n-au scos pui. Fermierii s-au plâns că nu mai puteau creşte porci – godacii erau prea mici şi supravieţuiau doar câteva zile. Merii înfloreau, dar albinele nu mai zumzăiau printre flori şi, în lipsa polenizării, n-au mai dat în rod.

Marginile drumurilor, atât de atrăgătoare altădată, erau potopite acum de o vegetaţie cafenie şi veştedă, de parcă ar fi fost arsă de foc. Şi aici era tăcere, şi de aici dispăruse orice vietate. Chiar râurile erau lipsite acum de viaţă.

Sub streşini şi între olanele acoperişurilor, o pudră albă încă se mai vedea pe alocuri; cu câteva săptămâni înainte, căzuse ca zăpada pe acoperişuri şi pajişti, lanuri şi râuri.

Nici o vrajă, nici o acţiune duşmănoasă nu redusese la tăcere viaţa în această lume îndurerată. Oamenii o făcuseră…" (Rachel Carson – Silent Spring, A Fawcett Crest Book, 1962)

Acesta era începutul cărţii "Primăvară tăcută", a cercetătoarei Rachel Carson şi al cărui subiect, la acea vreme, descria un coşmar de genul ştiinţifico – fantasticului, terifiant prin aceea că nimic din faptele descrise nu era invenţie, ci constatarea inconştienţei umane care ajunsese să distrugă o planetă pe care viaţa se desfăşura de milioane de ani.

Trecând din planul ficţiunii în cel al realităţii, 1971 înregistrează în istoria SUA o catastrofă de proporţii a cărei finalitate nu se deosebeşte cu nimic de cele amintite mai înainte. Times Beach era un ţinut de o frumuseţe greu de imaginat, cu o populaţie de 2500 de suflete a căror ocupaţie de bază era agricultura şi creşterea animalelor. Pe unele terenuri agricole s-au folosit ca îngrăşământe reziduuri de la fabricarea uleiurilor. Acţiunea este urmată imediat de moartea păsărilor şi a animalelor domestice. Investigaţiile scot la iveală dioxina, compus cu o toxicitate deosebită şi cu o stabilitate, în condiţiile de mediu, ridicată. Fenomenului nu i s-a dat o importanţă deosebită, măsurile luate interzicând doar folosirea terenurilor încărcate cu dioxină. 1982 – ploi torenţiale scot râul din matcă inundând câmpiile. Dioxina este luată de apă şi răspândită pe suprafeţe mult mai mari, nivelul ei depăşind încă cu o sută de ori valoarea maximă de toxicitate. 1983 – populaţia este obligată să părăsească de urgenţă ţinutul, definitiv.

Cazul descris este numai un exemplu din nenumăratele dezastre ecologice produse de om de-a lungul timpului şi nu cel mai grav dintre acestea.

Astfel de fenomene ar trebui să constituie semnale de alarmă şi ar trebui să oblige lumea – oameni de ştiinţă, industriaşi, politicieni, simpli cetăţeni – să privească mai atent în jur, să înţeleagă rosturile ascunse ale mediului ambiant şi să-şi reamintească faptul, mai demult ştiut, că progresul şi ştiinţa, atât de necesare, pot aduce, dacă nu există înţelepciune, şi distrugere şi moarte.

CAPITOLUL I. POLUAREA MEDIULUI

I.1. Noţiunea de poluare

Cu toţii am auzit frecvent vorbindu-se despre poluare şi poluanţi, despre cauzele şi consecinţele acestora, fără însă a cunoaşte semnificaţia clară a acestor termeni. Dicţionarul explicativ al limbii române defineşte termenul de poluare ca "faptul de a polua, vicia", iar termenul de poluant este ceva "care poluează". În situaţia dată, semnificaţia lingvistică a termenilor nu ne clarifică deloc, dar totuşi atrage atenţia ca fiind ceva vicios, rău.

Analizând contextul în care apare termenul poluare şi factorii care o produc ne dăm seama că aceasta este rodul unei acţiuni care duce la deteriorarea mediului ambiant prin încărcarea acestuia cu diferiţi agenţi fizici, chimici sau biologici, capabili să denatureze echilibrul natural al sistemului ecologic, al biosferei, şi să perturbe viaţa omului lipsindu-l de plăcerile naturii, posibilităţile de agrement şi creindu-i numeroase probleme de sănătate fizică şi mentală, disconfort.

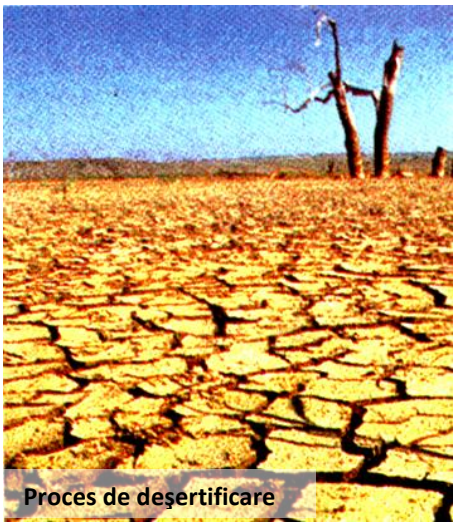
Poluarea afectează în egală măsură apa, aerul şi solul având, deci, consecinţe nefaste asupra întregului regn animal şi vegetal. Între toate aceste componente ale mediului există schimburi continue de substanţă şi energie, astfel încât majoritatea poluanţilor se regăsesc în final în apele de suprafaţă, mările şi oceanele aflate la finalul fiecărui ciclu realizat de apă, acestea devenind adevărate depozite de reziduuri ale activităţii umane. Tot apei îi revine şi sarcina de a neutraliza efectul poluanţilor, capacitate pe care o îndeplineşte cu succes graţie sistemului tampon pe care apa îl are, diluând şi omogenizând toxicul în soluţie până în momentul în care concentraţia acestuia nu mai reprezintă un pericol pentru flora şi fauna acvatică, care va putea să-l transforme în compuşi cu o toxicitate mult mai mică sau chiar nulă.

Multe din efectele negative pe care le-a avut activitatea omului asupra mediului au fost rezultatul descărcării concentrate, în spaţii limitate, de materiale şi energie. Acest lucru a fost şi este estompat de către mediu datorită capacităţii sale de a asimila poluanţi şi mai ales diluării, precum şi ca urmare a unor interacţiuni chimice şi biologice cu aceştia. Totuşi acest fapt nu poate deveni o "scuză" şi nici o teorie conform căreia mediul este capabil să preia orice şi oricât astfel încât omul să poată continua la nesfârşit să-l polueze.

I.2. Surse de poluare. Natura agenţilor poluanţi

Prin sursă de poluare se înţelege orice activitate care se desfăşoară de către om sau care ţine de mecanismele naturii şi care are drept consecinţă degradarea mediului ambiant prin intermediul unor factori fizici, chimici sau biologici. Prin urmare distingem două forme de poluare, una naturală şi alta specifică activităţii umane (artificială). În timp ce poluarea naturală, aşa zis latentă, este cauzată de modificările ce au loc în cursul evoluţiei planetei noastre (mişcări tectonice, erupţii vulcanice, alunecări de teren, fumarole, furtuni), ea nu are consecinţe de foarte lungă durată în schimb, poluarea datorată activităţii omului (transporturi, industrializarea cu toate ramurile sale, deşeurile menajere etc.), o întrece cu mult, efectele sale fiind foarte grave şi de foarte lungă durată,

putându-se spune, chiar permanente (exemplu: un constituent foarte des întâlnit în gunoiul menajer şi industrial este plasticul a cărui biodegradabilitate este foarte mică, durata lui de viaţă depăşind 500 de ani; sticla – are aceeaşi diversitate de întrebuinţare, durata ei de viaţă depăşind 1800 de ani; deşertificarea – consecinţă a exploatării neraţionale a solului de către om, dar, uneori, poate avea şi cauze naturale, extinderea deşertului fiind deja o astfel de cauză – este o pierdere definitivă a solului fertil, natura neputând să-l regenereze, ş.a.m.d.).


Proces de deşertificare

Poluarea naturală are drept surse o serie de factori naturali cum sunt: razele ultraviolete (UV) – care în anumite zone ale globului pârjolesc suprafeţe întinse de teren, produc ionizări ale substanţelor şi ca urmare dau naştere la diferite forme de cancer, în special al pielii, respectiv mutaţii genetice; razele infraroşii (IR), calorice, amplifică efecul razelor ultraviolete prin supraîncălzirea solului; praful – împiedică vederea, îngreunează respiraţia atât la om cât şi la plante, depunerile de praf pe frunzele plantelor reduc intensitatea procesului de fotosinteză; fumul şi cenuşa eliberată de vulcani şi de incendii conduc la ploi acide şi acidifierea solului; apele subterane (izvoarele) saline, acide sau încărcate puternic cu diferite săruri ce conţin anioni (azotat, azotit, fosfat, sulfat) sau cationi (în special metale grele: Pb, Cd, Hg, Zn, Cr etc.) devin extrem de toxice; înfloriri ale râurilor, lacurilor, mărilor şi oceanelor cauzate de dezvoltarea în extrem a unor specii (în special alge, fitoflagelate, bacterii) datorită conţinutului mare de nutrienţi ai apei şi a condiţiilor termice favorabile (eutrofizare) şi care pun în libertate, ca urmare a activităţii lor metabolice sau a descompunerii lor, produşi organici care sunt descompuşi cu eliberare de toxine sau sintetizează şi eliberează produşi, ectocrine (clorelina şi scenedesmina), capabili să inhibe dezvoltarea altor organisme acţionând asemănător antibioticelor; procesele de descompunere aerobă şi anaerobă a depozitelor naturale de lemn (turbării) etc.

Toate aceste surse elimină în mediu cantităţi enorme de materii toxice, dar efectele lor pot fi relativ uşor compensate de către factorii de natură fizică şi biologică prezenţi în mediu. Acest lucru este favorizat de faptul că între durata în care este eliberat toxicul şi cantitatea lui există un raport de inversă proporţionalitate. Astfel, dacă un vulcan erupe pe parcursul a câtorva zile el eliberează milioane de tone de materii (fum, gaze, cenuşă, lavă), după care activitatea lui se stinge pentru o perioadă destul de lungă de timp (zeci sau chiar sute de ani), perioadă în care mecanismele naturale reuşesc să regenereze, să vindece zona afectată; un izvor cu apă salină (izvor ale cărui ape spală zăcăminte de sare subterană) eliberează relativ constant un volum mic de apă sărată, continuu, nu creează un dezastru ecologic, dat fiind faptul că pârâul sau râul al cărui afluent este, diluează toxicul, efectul acestuia localizându-se la albia pârâului salin, a malurilor sale şi la zona imediat învecinată locului de vărsare.

Poluarea datorată activităţii umane este mult mai gravă prin intensitatea şi caracterul diversificat al poluanţilor, efectele ei apărând aproape instantaneu şi pentru o perioadă, uneori, foarte îndelungată. Factorii cauzanţi pot fi grupaţi în trei categorii distincte, şi anume fizici, chimici şi biologici, deşi ei nu acţionează

niciodată independent, modul cumulat de acţiune mărind adeseori efectul poluării, sau antrenează şi alţi factori de mediu care amplifică şi mai mult efectul lor.

Factorii fizici cuprind agenţii mecanici – şocurile, trepidaţiile, sunetele, efectele de forfecare şi rupere etc.; agenţii energetici – energia calorică (căldura), energia radiantă (raze infraroşii IR, raze ultraviolete UV, raze Roetgen X, radiaţii nuclere α, β şi γ, neutroni acceleraţi etc., curenţi de înaltă frecvenţă – unde radio, câmpuri electromagnetice create de înalta tensiune etc.

Factorii chimici cuprind substanţele chimice care, într-o anumită concentraţie şi într-un anumit mediu, pot produce dereglări ale mediului ambiant acţionând ca otrăvuri. Astfel un rol important îl au produsele petroliere, apele de mină, detergenţii, coloranţii, acizii şi alcaliile, metalele grele, compuşii conţinând izotopi radioactivi, sărurile, hidrocarburile şi derivaţii acestora, pesticidele, insecticidele, fungicidele precum şi multe alte substanţe pe care le foloseşte omul incluzând aici şi produşii intermediari şi secundari ce intervin la fabricarea acestora, precum şi produşii lor de descompunere. Din cele afirmate aici ne dăm seama că, de fapt, nici o substanţă chimică nu poate fi exclusă de pe lista poluanţilor, condiţia ca aceasta să funcţioneze ca poluant o constituie cantitatea în care se găseşte. Acest lucru l-a afirmat încă din antichitate Paracelsus pe baza observaţiilor sale privind folosirea diferitelor preparate în vindecarea bolilor, sub forma “nimic nu este otravă, nimic nu este fără otravă, ci totul depinde de doză”.

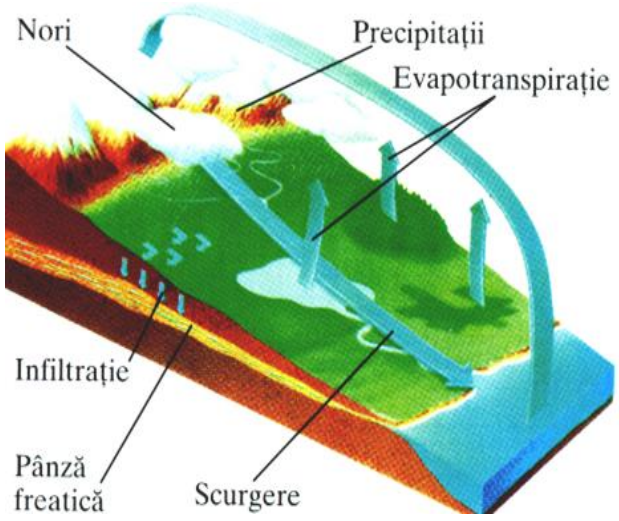
Factorii biologici sunt tot atât de diverşi ca precedenţii lor, dar acţiunea lor este condiţionată de către aceştia. În principal se poate vorbi de poluanţi biologici luând în considerare bacteriile, viruşii, fungiile etc., dar în prezenţa celorlalţi factori dezvoltarea unor specii poate ajunge la un nivel care să declanşeze pur şi simplu eliminarea celorlalte specii din sistem, caz ce a fost deja discutat.

Toţi aceşti factori, studiaţi independent, au o acţiune specifică, dar faptul că ei nu se găsesc niciodată izolaţi în mediu, face ca specificitatea lor să fie estompată, locul ei fiind luat de efectul cumulat, promotor, un efect adeseori cu mult mai grav decât acţiunea independentă a poluantului.

I.3. Poluarea apelor

Apa este izvorul vieţii pe pământ, este o componentă esenţială a îndeletnicirilor umane, pentru producerea bunurilor materiale, hrănirea populaţiei şi pentru menţinerea integrităţii sistemelor naturale de care depinde însăşi existenţa vieţii pe pământ.

De miliarde de ani Soarele antrenează prin distilare apa mărilor şi oceanelor, râurilor, lacurilor, apa din sol. Graţie forţei eoliene norii sunt purtaţi deasupra întinderilor de ape şi a uscatului. Pretutindeni norii îşi descarcă treptat apa stocată.Apa ajunsă pe sol îşi urmează drumul. O parte se infiltrează în straturile freatice ale solului, iar cealaltă parte se adună în şuvoaie care vor alimenta pârâurile, râurile lacurile, fluviile, mările şi oceanele. Pe acest traseu apele curgătoare preiau şi apele izvorâte din adâncuri pentru a le întoarce spre locul de unde au venit.



Circuitul apei în natură

Ciclul se închide, dar moleculele de apă îl vor reface tot atâta timp cât Soarele va străluci pe cer, iar omul va veghea ca razele lui să ajungă nestingherite pe suprafaţa Pământului.

Se consideră a fi poluată, apa care prezintă modificări ale caracteristicilor organoleptice (gust, miros, culoare), sau care conţine sub formă dizolvată şi nedizolvată substanţe toxice sau chiar netoxice, dar care fac ca apa să devină inutilizabilă pentru satisfacerea cerinţelor biologice şi economice ale omului precum şi pentru flora şi fauna mediului terestru.

Poluarea apelor are consecinţe largi şi în unele cazuri greu de prevăzut, mai ales pentru viitor, şi anume:

- periclitează alimentarea cu apă potabilă;
- scumpeşte instalaţiile de filtrare şi tratare a apei;
- împiedică folosirea directă a apei pentru irigaţii;
- afectează starea de sănătate a omului şi animalelor;
- degradează albia apelor curgătoare;
- distruge echilibrul biologic natural al apelor şi viaţa din ele etc.

Poluarea ca urmare a activităţii omului nu se opreşte numai asupra apelor de suprafaţă tocmai datorită acţiunilor sale, ci se extinde şi spre cele subterane. Astfel, apele de suprafaţă au cea mai mare şansă să fie poluate. În urma unor ploi violente, apele de şiroire, de spălare, torenţii antrenează tot felul de materii: dejecţii animaliere, cadavre, deşeuri industriale şi menajere etc. şi odată cu acestea se introduc în apele curgătoare microorganisme patogene, viruşi, substanţe toxice. În plus, fără prea mult discernământ, omul introduce în apele de suprafaţă apele reziduale urbane sau industriale mai mult sau mai puţin epurate. Rezultatul este simplu de observat, apele care odinioară încântau ochiul prin limpezimea şi vegetaţia reconfortantă de pe maluri, în prezent au aspect dezagreabil: apa este tulbure, din ea se degajă bule de dioxid de carbon şi de hidrogen sulfurat, la margine apar peşti morţi, vegetaţia este în semiuscare, prezintă irizaţii colorate ş.a.m.d. Apa poluată a râului se infiltrează în sol şi ajunge să contamineze pânza freatică, apa subterană, din care cel mai probabil se extrage apa potabilă. Acelaşi efect îl au şi apele meteorice care după ce spală aerul şi solul de diferite substanţe încărcate pe acestea, se infiltrează în pânza freatică. La acestea se mai adaugă şi acţiunile de forare la mare adâncime, mineritul şi alte activităţi subterane, care deschid "porţi" noi curenţilor subterani antrenând în felul acesta diferite minerale pe care le solubilizează sau le poartă în suspensie până la suprafaţă.

O concluzie uşor de formulat este aceea că poluarea mediului urmează un traseu de bumerang. Ea porneşte de la om şi se întoarce către acesta şi chiar mai mult, natura se răzbună pe el făcându-i viaţa mai puţin plăcută şi mai dificilă.

I.4. Forme de poluare a apelor

Operaţie de golire a unui vidanjor pe un teren agricol.

Diversitatea activităţilor umane face ca fenomenul de poluare să fie la fel de divers, practic putându-se vorbi depre o formă de poluare pentru fiecare activitate desfăşurată de către om. Acest lucru nu înseamnă nici pe de parte că mediul ar fi "îmbogăţit" cu câte un poluant pentru fiecare activitate, ci trebuie să se înţeleagă că fiecare activitate poluează cu o serie relativ stabilă, calitativ, de poluanţi, dar variată cantitativ şi cu totul specifică domeniului de activitate. Să vedem în continuare câteva aspecte legate de produşii cauzatori de poluare a apelor:

a. ***apele uzate menajere*** (casnice şi sanitare). Aceste ape sunt deosebit de periculoase pentru că ele se aruncă, de obicei, în apropierea locuinţelor, se infiltrează în sol şi ajung în fântânile care alimentează locuitorii. Mai mult decât atât, aglomeraţiile urbane cresc şi devin suprapopulate, volumul apelor menajere creşte şi chiar dacă există canalizare, de cele mai multe ori sunt dirijate către apele curgătoare sau sunt eliberate pe sol, fără o epurare prealabilă. Ajunse în apele curgătoare dau naştere la acumulări de materii organice care intră în putrefacţie consumând oxigenul din apă şi multiplicând populaţiile de microorganisme în detrimentul populaţiei piscicole. De exemplu, detergenţii, constituenţi principali ai apelor uzate menajere, ajung în apele de suprafaţă şi împiedică autoepurarea apelor precum şi flocularea şi depunerea suspensiilor coloidale. Mai grav este faptul că acestea se pot infiltra în sol, de unde ajung în pânza freatică pe care o contaminează (v. fotografia alăturată).

b. ***apele reziduale industriale***. Apele reziduale industriale, deversate în apele curgătoare pot fi ape de răcire şi în acest caz ele ajung cu o temperatură destul de ridicată în apa unui râu, fapt ce micşorează solubilitatea oxigenului molecular în apă şi astfel se produce o perturbare generală a vieţii acvatice. O poluare în adevăratul sens al cuvântului se produce prin aportul rezidiilor industriale care pot fi multiple şi foarte diversificate.

c. ***poluarea cu îngrăşăminte chimice şi antidăunători***. Intensificarea şi chimizarea agriculturii este una dintre modalităţile de rezolvare a alimentaţiei populaţiei în continuă creştere. Astfel tot mai multe sorturi de îngrăşăminte chimice şi de antidăunători (cunoscute sub denumirea generală de pesticide etc.), toxici de temut pentru orice organism, se fabrică şi se utilizează pe scară largă în agricultură. Caracterul nociv al acestora se manifestă prin modificarea echilibrului biologic din râuri şi prin mineralizarea apelor subterane ca urmare a infiltrării în pânza freatică.

Nr. crt.	*Poluatorul*	*Poluantul*
1.	General	Fibre lemnoase; Păr de animale; Resturi minerale etc.
2	Industria chimică anorganică	Săruri de zinc, cupru, crom, cianuri; Produse clorosodice etc.
3.	Industria chimică organică	Gudroane, uleiuri, fenoli; Coloranţi, materii grase; Detergenţi, materii plastice etc.
4.	Industria metalurgică	Ape acide; Sulfuri, cianuri etc.
5.	Industria agro-zootehnică şi alimentară	Reziduuri de la abatoare; Reziduuri de la prelucrarea laptelui; Reziduuri de la distilării; Reziduuri de la fabricarea zahărului; Reziduuri de la fabricarea conservelor etc.

d. ***poluarea cu substanţe radioactive***. Exceptând fondul de radioactivitate natural al apelor, poluarea radioactivă intervine când accidental sau cu bună ştiinţă, în apă, ajung resturi de materiale radioactive provenite de la manipularea mineralelor radioactive naturale, fabricarea sau utilizarea izotopilor radioactivi artificiali, deversarea apelor uzate de la centralele atomo – electrice sau de la minele extractive de elemente radioactive, accidente nucleare şi nu în ultimul rând folosirea armelor nucleare. În zonele de deversare se produc acumulări atât sub formă de sedimente radioactive, cât şi în organismele vii, peşti, crustacei, plancton, care vor constitui hrană contaminată pentru om.

e. ***alte forme de poluare***. Poluare se poate realiza şi datorită apelor uzate meteorice, care antrenează în drumul lor alte ape uzate, deşeuri, îngrăşăminte minerale, pesticide; ploilor acide, formate ca urmare a dizolvării dioxidului de carbon şi ai oxizilor de azot şi sulf din atmosferă,care în reacţie cu apa formează acizii corespunzători; ape uzate provenind prin scurgere de la rampele de gunoi, vidanjoare, cimitire umane şi animale puternic infestate chimic şi biologic.

I.5. Poluanţi ai apelor rezultaţi din activitatea umană şi efectul lor asupra omului şi a mediului

a. ***arsenul,*** este un toxic binecunoscut încă din vechime (sub formă de oxid). În mediul ambiant apare ca urmare a prelucrării unor minereuri care conţin drept component secundar arsen, precum şi din unele pesticide cu arsen. Până în jurul anilor 1950 el era utilizat în medicină (licoarea lui Fowler) ca tonic, precum şi pentru tratamentul unor afecţiuni ale pielii. Constatân- du-se reacţii canceroase la pacienţii trataţi a fost scos complet din uzul medical.
b. ***amoniacul***, în apă este un semn de descompunere a substanţelor organice şi ca atare un semn de alarmă împotriva infecţiilor posibile cu germeni patogeni. În concentraţie de 1 ppm poate duce la sufocarea faunei acvatice, din cauza scăderii capacităţii sângelui de a lega oxigenul.
c. ***bariul***, sub formă insolubilă nu este toxic (se ingeră înaintea radioscopiei stomacului), în schimb în formă solubilă este un toxic redutabil. O concentraţie de 1 ppm bariu în organism conduce la vătămări ale sistemului circulator.
d. ***bismutul***, este folosit la tratarea deranjamentelor intestinale în cantitate foarte mare. Cercetările din ultimii ani au scos la iveală că poate produce perturbări nervoase manifestate prin tremurături ale membrelor, dificultăţi la mers şi vorbit etc.
e. ***borul***, este utilizat ca dezinfectant sub formă de acid boric. El este absorbit repede de către organism prin intestine şi apoi este excretat prin urină. Ingerarea unor cantităţi mari produce tulburări ale sistemului nervos central, iar pe termen lung produce o intoxicaţie cronică numită “boroism”.
d. ***cadmiul***, rezultă în cantitate foarte mare în apele uzate eliminate de instalaţiile de galvanostegie. În jurul acestor fabrici, apa freatică poate ajunge la un conţinut de chiar 3,2 ppm pe când concentraţia maximă admisă este de 0,01 ppm în apa potabilă. Toxicitatea lui variază în funcţie de compoziţia chimică a mediului şi de la o specie la alta. Are efect letal asupra spermatozoizilor.
e. ***clorul***, are o toxicitate binecunoscută, fapt pentru care se foloseşte ca dezinfectant al apei de băut. În concentraţie mare dă gust apei, iar apa devine nepotabilă. După dezinfecţia prin clorinare, apa este trecută printr-un dispozitiv de declorinare astfel încât clorul şi produşii săi de hidroliză să nu ajungă în instalaţiile de alimentare cu apă potabilă.
f. ***cromul***, are acţiune toxică în stare maximă de oxidare (+6). Aceasta se manifestă prin mutilările pe care le produce asupra organelor (erodarea septului nazal la muncitorii din fabricile de preparate cu crom).
g. ***cuprul***, în cantităţi mici este absolut necesar metabolismului uman. În cantităţi mari dă gust apei şi produce afecţiuni ale ficatului.
h. ***cianurile***, larg utilizate în galvanostegie, au o acţiune toxică puternică manifestată prin blocarea centrilor respiratori urmată de moarte prin asfixiere. Este binecunoscut termenul “cianotic“ atribuit culorii buzelor persoanelor cardiace, ca urmare a insuficientei oxigenări a organismului de către inimă.
i. ***fierul***, deşi nu este un element toxic, el constituie un poluant al apelor ca urmare a culorii pe care acesta o dă apei (ruginie). În plus, conţinutul de fier din apă oferă unor bacterii un mediu propice pentru dezvoltare.
j. ***fluorul***, în cantităţi mici este benefic organismului, cunoscută fiind capacitatea sa de a preveni apariţia cariilor. În concentraţie de peste 1,2 ppm atacă smalţul dinţilor provocând fluoroza.

Industrial rezultă la fabricarea aluminiului, din fluorină, la prelucrarea fosfaţilor, arderea unor cărbuni şi la producerea obiectelor de ceramică. Se acumulează uşor în plante, care, apoi, devin toxice pentru animalele care le consumă. Datorită toxicităţii sale se utilizează la dezinfectarea apei (fluorinare) asemenea clorului.

k. ***manganul***, se comportă similar cu fierul, dar îndepărtarea lui se face foarte dificil. Inhibă procesele de autoepurare ale apei şi este un toxic important al vieţuitoarelor acvatice.

l. ***plumbul***, este cunoscut din antichitate ca generator al saturnismului, efectele sale vătămătoare resimţindu-se în generaţiile subsecvente ale celui intoxicat. O mare parte din plumbul ingerat de mamifere, inclusiv de om, este excretat, o altă parte este absorbit şi imobilizat în păr şi oase unde este mai puţin dăunător, iar o altă parte este fixată în ficat. Acţiunea sa toxică este datorată blocării unei enzime (dehidrogenaza acidului aminolevanilic) din eritrocite producând anemie. Intoxicaţiile cronice cu plumb duc la tulburări ale sistemului nervos. De asemenea inhibă procesele de autoepurare ale apei şi este un toxic important al vieţuitoarelor acvatice.

m. ***seleniul***, este un element necesar organismului, dar în cantitate mare se comportă la fel de toxic ca şi arsenul. Este cel mai important factor cauzator al cariilor dentare.

n. ***zincul***, este un oligoelement folositor omului, dar sărurile sale care hidrolizează uşor dau un aspect lăptos apei, alterând şi gustul acesteia. Inhibă procesele de autoepurare ale apei dar este un toxic mai slab decât Cd şi Cu.

o. ***mercurul***, este singurul metal lichid, fapt care îi permite existenţa lui în cele trei stări de agregare, în condiţiile de mediu, şi astfel poate să ajungă atât în apă, cât şi în aer şi sol. Toxicitatea lui este mică în stare lichidă, în schimb devine foarte toxic în stare de vapori şi în combinaţii, în special compuşii metil-mercurici. Aceştia apar prin metilarea mercurului în soluţie, în apa în care a fost deversat, şi mai ales în sedimente datorită activităţii microorganismelor. Metilarea duce la formarea monometil – mercurului, în apele acide (pH < 6) şi a dimetil – mercurului, în apele alcaline (pH > 8 – 9). Dintre aceştia dimetil - mercurul este slab solubil în apă şi foarte volatil ,fapt pentru care ajunge cu uşurinţă în atmosferă unde sub influenţa razelor ultraviolete se transformă în vapori metalici, putându-se răspândi pe distanţe foarte mari. Monometil-mercurul este periculos datorită acumulării sale în organism.

Compuşii metilmercurici provoacă aberaţii cromozomiale, trec prin placentă din corpul mamei în cel al fătului, afectează celulele nervoase ale creierului provocând orbirea, pierderea coordonării nervoase, anomalii psihice, moartea. Mecanismul chimic al acestor procese se pare a fi datorat afinităţii mari a mercurului faţă de sulful din moleculele proteice, ceea ce afectează schimbul de ioni prin membrane, activitatea enzimatică, mitocondrială etc.

O proprietate deosebită a mercurului este acumularea lui în organisme. Astfel plantele sunt capabile să concentreze mercurul de 100 ÷1000 de ori, zoo- şi fitoplanctonul precum şi peştii mari răpitori acumulează mercur până la declanşarea efctului toxic.

p. ***azotaţii*** (nitraţii), sunt săruri deosebit de toxice prin reducerea lor în intestin la nitriţi. Azotaţilor li se asociază numeroase afecţiuni cancerigene şi teratogene. Sunt deosebit de toxici la indivizii tineri, asimilarea lor având loc mult mai uşor. Pentru apele subterane constituie un indicator fidel al gradului de infiltrare a apelor de la suprafaţă. Fiind un nutrient cu azot, el determină dezvoltarea şi înmulţirea rapidă a algelor la suprafaţa apelor, dând naştere fenomenului de eutrofizare.

q. ***azotiţii*** (nitriţii), sunt săruri deosebit de toxice cărora li se asociază numeroase afecţiuni cancerigene şi teratogene. Toxicitatea se datorează combinării cu methemoglobina blocând astfel fixarea oxigenului şi generând anemii. La copii apar tulburări nervoase. Cu compuşii aminaţi din intestin formează nitrosamine care au acţiune cancerigenă.

r. ***sulfaţii***, în special sulfatul de magneziu, sunt constituienţi ai durităţii apei. Au efect cataritic asupra populaţiei.

s. ***fosfaţii***, în sine nu au o toxicitate mare, în schimb îngrăşămintele cu fosfaţi conţin numeroase impurităţi ca As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Se, Va, Zn, unele dintre ele extrem de toxice. Fiind nutrienţi cu fosfor, prezenţa lor duce la dezvoltarea şi reproducerea rapidă a algelor (eutrofizare).
t. ***fenolii***, dau un gust neplăcut apei chiar şi la concentraţii foarte mici, mai ales dacă apa a fost clorinată. În cantităţi mari este foarte toxic.
u. ***hidrocarburile,*** au o toxicitate foarte mare atât cu efect imediat cât şi pe termen lung. Toxicitatea cu efect imediat este cauzată de trei fracţii: hidrocarburile saturate solubile în apă, la concentraţii mici produc anestezie, iar la concentraţii mai mari survine moartea, mai ales a organismelor tinere; hidrocarburile aromatice sunt deosebit de toxice, în vârful scării situându-se benzenul, toluenul, xilenul, naftalenul, fenantrenul; hidrocarburile olefinice au o toxicitate care se situează între primele două fracţii. Pe lângă efectul toxic al acestor compuşi, la unii se adaugă şi capacităţile carcinogene. Capacităţile toxice pe termen lung sunt mai complexe şi mai greu de estimat. Ele constau în faptul că anumite fracţii solubile în apă, adesea în concentraţii foarte mici, interferă cu anumiţi mesageri chimici (exometaboliţi, ectocrine) care, dealtfel, au un rol important în nutriţie, apărarea şi reproducerea multor animale acvatice, blocând toate aceste funcţii.
v. ***pesticidele***: insecticidele, raticidele şi fungicidele, erbicidele: sunt compuşi chimici cu acţiune deosebit de toxică asupra unor clase de organisme, cunoscute sub denumirea de dăunători şi pentru a căror distrugere au fost creaţi, dar şi asupra omului şi altor specii animale. Proprietăţile cu care aceştia sunt înzestraţi explică pe de o parte funcţionalitatea lor, iar pe de cealaltă parte îi fac să fie deosebit de periculoşi ca poluanţi ai mediului faţă de toate formele de viaţă. Astfel, au o mare stabilitate chimică în condiţiile mediului natural (pentru DDT perioada de înjumătăţire este de cca. 20 de ani); sunt greu solubili în apă şi foarte solubili în grăsimi, fapt ce face posibilă acumularea lor în grăsimea plantelor şi animalelor de unde ajung în organismul uman; se adsorb foarte uşor pe particulele din sol, apă şi aer, putând fi uşor transportaţi la mari distanţe, ajungând din nou pe sol prin precipitaţii sau prin sedimentare gravitaţională.

Întrucât nici unul dintre aceşti compuşi nu are o specificitate atât de ridicată încât să evite vătămarea vieţuitoarelor neutre sau benefice, odată cu dăunătorii ,aceştia distrug şi o parte din flora şi fauna necesară pentru perfectarea metabolismului ecosistemului. Acţiunea erbicidelor este mult mai periculoasă decât a pesticidelor dat fiind faptul că acestea din urmă alterează sistemul ecologic chiar la nivelul producătorilor primari (producători primari fiind plantele care sintetizează oxigenul, glucoza şi proteinele vegetale şi care constituie hrană pentru producătorii secundari, animalele).

Mecanismele de acţiune fiziologică asupra organismelor nu se cunosc decât parţial pentru unele substanţe şi doar la unele organisme.
Compuşii organocloruraţi, cazul DDT, acţionează asupra sistemului nervos şi a metabolismului hormonilor sexuali la nevertebrate, respectiv asupra sistemului nervos la vertebrate. La păsări dereglează metabolismul calciului periclitând reproducerea. Are acţiune mutagenă, teratogenă şi cancerigenă asupra tuturor speciilor animale, cu atât mai puternică cu cât se află mai sus pe scara evolutivă. Alţi compuşi din această categorie sunt: Aldrin-ul, Dieldrin-ul, Endrin-ul, Heptaclor-ul, DDT, DDE, DDD, Metoxiclor-ul, Lindan-ul, Toxafen-ul, Tetradifon-ul, Mirex-ul etc.
Compuşii organofosforici, sunt extrem de toxici, inhibă acţiunea enzimelor, afectează sistemul nervos atât la insecte cât şi la artropode, blocând descompunerea acetilcolinei (mediator chimic al sistemului nervos) urmată de dezorganizarea mişcărilor, spasme, convulsii şi moarte. Au de asemenea acţiune mutagenă, teratogenă şi cancerigenă. Din această categorie fac parte: Fention-ul, Diazinon-ulGuthion-ul, Malathion-ul, Metilparation-ul, Mevinphos-ul, Metamidofosul etc.
Compuşii carbamici se evidenţiază prin acţiunea mutagenă, teratogenă şi cancerigenă deosebită pe care aceştia o au. Din categoria lor fac parte: Carbaryl-ul, Nabam-ul ş.a.

La plante, pesticidele determină scăderea fotosintezei probabil prin perturbarea reacţiilor de lumină, scade conţinutul de clorofilă, inhibă asimilarea CO_2 etc.

Acumularea pesticidelor în sol are efect nociv asupra râmelor a căror activitate în solul arabil duce la creşterea fertilităţii şi la menţinerea structurii solului, lipsa râmelor din sol trebuind compensată prin îngrăşăminte şi diferite măsuri agrotehnice.

Erbicidele sunt deosebit de nocive atât asupra plantelor vizate, cât şi pentru numeroase specii de animale. Unele dintre acestea au efecte teratogene asupra noilor născuţi la mamifere, inclusiv la om. În majoritatea cazurilor intervin în metabolismul azotului la plante. Din categoria lor fac parte: 2,4 – D, 2,4,5 – T, 2,3,6 – TBA, Fenoprop-ul, Fenac-ul ş.a.

x. ***produsele petroliere***, deşi tratate separat, ele fac parte comună cu hidrocarburile şi au aceleaşi capacităţi toxice ca acestea. Petrolul, odată ajuns în apă, suferă o serie de transformări care determină şi diferite efecte ale lui. Formarea peliculei la suprafaţa apei are ca efect scăderea tensiunii superficiale la interfaţa aer – apă întrerupându-se schimbul de gaze între apă şi aer scăzând cantitatea de oxigen solvit în apă, apoi determină scăderea cantităţii de lumină ce pătrunde în apă reducând intensitatea procesului de fotosinteză şi scăderea şi mai accentuată a oxigenului dizolvat. Unele produse mai volatile se evaporă şi ajung în atmosferă (cca. 25 %) în decurs de câteva zile. O parte importantă este dispersată în apă sub formă de particule mici mărindu-se astfel suprafaţa de contact cu apa şi deschizând calea de pătrundere în numeroase organisme acvatice. O altă parte din componenţi, cei solubili, trec în soluţie şi se pierd prin diluţie. Unele fracţiuni sunt adsorbite de particulele minerale sau organice şi pe această cale pătrund în numeroase organisme animale filtratoare, blocându-le activitatea. Fracţiunile mai grele se sedimentează treptat, deteriorând condiţiile de viaţă bentonice. La toate acestea se adaugă şi condiţiile de mediu care pot, prin intensitatea lor, să amplifice dezastrul creat, prin întinderea petei pe o suprafaţă şi mai mare, sau chiar să o poarte către ţărm, spre zonele litorale, inundând zonele scăldate de maree, adică tocmai în zonele în care fauna şi flora sunt cele mai bogate.

În final, majoritatea formelor de viaţă acvatice sunt afectate grav, cele care rezistă impactului nu mai sunt capabile să se regenereze, iar locul lor va fi luat de alte specii, mai puţin sensibile şi care se pot adapta noilor condiţii de viaţă, producând astfel profunde schimbări în structura biocenotică.

y. ***acizii şi alcaliile***, conduc la distrugerea faunei şi florei acvatice, la degradarea construcţiilor hidrotehnice, a vaselor şi instalaţiilor necesare navigaţiei, stânjenesc folosirea apei pentru agrement, irigaţii, alimentări cu apă (împiedică tratarea ei) etc. Toxicitatea acizilor şi alcaliilor depinde de natura lor chimică şi de pH-ul pe care-l realizează. La valori ale pH mai mici de 4,5 respectiv mai mari de 9,5 fauna piscicolă dispare.

z. ***detergenţii***, odată ajunşi în apă reduc considerabil tensiunea superficială a apei îngreunând schimbul de gaze de la interfaţa apă – aer, şi deci dizolvarea oxigenului, cresc cantitatea de substanţă organică din apă şi ca urmare consumă oxigenul dizolvat pentru oxidarea lor, împiedică sedimentarea materialelor în suspensie şi a coloizilor. Concentraţiile mari de detergenţi în apă sunt fatale atât pentru flora, cât şi pentru fauna acvatică. Efectele detergenţilor ionici sunt cu mult mai puternice decât a celor neionici (biodegradabili), datorită stabilităţii lor mari, producând consecinţe pe termen lung.

w. ***coloranţii***, fiind substanţe care în concentraţii relativ mici sunt capabile să modifice culoarea unui volum mare de apă, îngreunează absorbţia oxigenului şi desfăşurarea normală a fenomenelor de autoepurare, precum şi a celor de fotosinteză. Apa colorată a unui curs de apă nu poate fi folosită pentru agrement, alimentări cu apă potabilă şi industrială etc.

I.6. Exemple de poluare

Un cunoscut proverb spune că este mai uşor să înveţi din greşelile tale, dar este mai sănătos să înveţi din greşelile altora. Istoria civilizaţiei umane este un exemplu tipic în acest caz, din ale cărei mărturii este bine să învăţăm şi noi înainte de a repeta greşelile predecesorilor noştri şi înainte de a fi prea târziu pentru noi şi urmaşii noştri.

Lectura 1. *2400 î.e.n – Mesopotamia, sudul actualului Irak, este leagănul înfloritoarei civilizaţii sumeriene timp de două milenii. Datele istorice arată că în acea vreme ogoarele sumeriene produceau cca. 1700 kg grâu la hectar, ceea ce este mulţumitor chiar şi pentru agricultura din zilele noastre. După trei sute de ani de agricultură irigată, dar fără drenaj natural sau artificial, recoltele au scăzut la mai puţin de 1000 kg la hectar, iar la 1700 î.e.n., când puterea a fost preluată de către babilonieni, recoltele nu depăşeau 600 kg la hectar. Ulterior situaţia s-a înrăutăţit şi mai mult, astfel că astăzi, deşi există suficientă apă pentru irigaţii, iar clima este potrivită pentru culturi intensive, agricultura este slab dezvoltată. În schimb terenurile – foste agricole – strălucesc din cauza cristalelor de sare care le acoperă.*

Lectura 2. *1974, Battle Creek, Michigan – S.U.A., fermierul Frederic Halbert observă că animalele sale se îmbolnăvesc grav. Întrucât nu se cunoştea boala pe care o aveau, a recurs la ajutorul unor specialişti, care au făcut cercetări de laborator intense şi au aflat că e vorba despre o intoxicare cu o substanţă chimică – polibromură de difenil – care nu era trecută în repertoriul agenţilor poluanţi obişnuiţi. Autorităţile s-au sesizat şi cercetându-se laptele şi alte produse ale fermelor din regiune s-a constatat că şi la alte ferme s-au produs asemenea intoxicări, dar că animalele au rezistat, cu toate că produsele lor conţineau substanţa toxică şi ca atare erau periculoase pentru om. Cercetarea mai amănunţită a fost făcută în luna mai a aceluiaşi an şi rezultatul a fost punerea sub carantină a 183 de ferme din regiune, adică s-a interzis darea în consum a laptelui, a ouălor sau a altor produse animaliere. În 1975 carantina a fost extinsă la un total de 495 de ferme din regiune, apoi, pentru a se exclude orice posibilitate de contaminare a oamenilor, au fost sacrificate 15942 bovine, 2700 porcine, 1200 ovine şi 1500000 de păsări. Animalele sacrificate au fost îngropate întrucât nu a fost permis a se utiliza nimic din ele.*

Cercetările privind sursa de poluare cu polibromură de difenil au scos la iveală că Michigan Chemical Corporation din Sant Louis, singura unitate care producea acest compus chimic, pentru a-l introduce în componenţa unor mase plastice ca ignifug, producea şi un supliment de hrană pentru animale, NutriMaster, care conţine oxid de magneziu. Dintr-o greşeală a unor manipulanţi, 50 de saci cu FireMaster – ignifug conţinând polibromutră de difenil, au fost amestecaţi în produsul pentru hrană şi astfel, substanţa toxică a ajuns direct în hrana animalelor din fermele respective.

Lectura 3. *Ianuarie, 1961, Idaho Faals, S.U.A., reactorul nuclear SL – 1 este scos din funcţiune pentru lucrări de întreţinere curentă. Se presupune că (nici un martor nu a rămas în viaţă) echipa de întreţinere a vrut să scoată o bară de reglare din miezul reactorului, iar acesta a explodat. Trei oameni au murit şi contaminarea radioactivă a fost atât de puternică încât corpurile victimelor au trebuit să fie îngropate în cutii de plumb. Decontaminarea zonei a costat milioane de dolari.*

12 ianuarie 1976, Kentucky, un camion încărcat cu deşeuri radioactive a izbit pe un pod un alt camion şi cu această ocazie 5 butoaie a câte 200 litri şi-au împrăştiat conţinutul în râu, contaminând radioactiv milioane de tone de apă. Urmările n-au întârziat să apară, decontaminarea râului costând aproape zece miliarde de dolari.

Lectura 4. *Volga este principala sursă de apă a Mării Caspice, contribuind la înlocuirea marilor cantităţi de apă care se pierd din mare prin evaporare în fiecare an. Construirea unor mari baraje pe cursul fluviului în anii ’50, urmată de prelevări masive de apă pentru irigaţii, au redus drastic debitul Volgăi astfel încât în 1977, marea a atins cel mai scăzut nivel de secole, reducându-şi nivelul cu 3 metri faţă de cel înregistrat cu 50 de ani mai înainte. În ultimii ani, datorită ploilor mai abundente, debitul Volgăi a crescut, iar nivelul mării s-a redresat în mare măsură.*

Exerciţii

1. Exemplifică, în sens larg, fenomenul de poluare folosind cunoştinţele pe care le-ai dobândit la şcoală sau le-ai "recepţionat" din mass – media. Încearcă să structurezi aceste exemple pe categorii ce ţin de mediul pe care fenomenul de poluare îl afectează.

2. Pentru exemplele de la exerciţiul anterior, identifică factorii poluanţi şi consecinţele acestora. Încearcă să identifici căi prin care efectul acestor poluanţi poate fi diminuat sau eliminat.

3. Consideră că eşti un(o) agent(ă) de mediu. Acest fapt presupune să faci investigaţii ce privesc degradarea mediului ambiant, precum şi să stabileşti şi să întreprinzi măsuri corective. În acest sens, organizează împreună cu colegii tăi o "acţiune de constatare" a stării de degradare a unei zone din sau în apropierea localităţii unde "lucrezi" şi unde sunt evacuate ape uzate, sunt depozitate deşeuri de natură diferită, sau se desfăşoară activităţi care conduc la degradarea acelei zone. În final, ca orice agent, întocmeşte un proces – verbal în care să consemnezi toate constatările tale şi măsurile ce trebuie întreprinse în vederea stopării fenomenului.

4. Din lista formelor de poluare prezentată în acest manual, identifică acele tipuri de poluare care se regăsesc în zona în care locuieşti. Constituie o listă cu polanţii întâlniţi, proveniența şi consecinţele lor.

5. Parcurge lecturile de la sfârşitul capitolului. Identifică natura catastrofei şi cauza care a produs-o pe fiecare dintre acestea. Exemplifică situaţii asemănătoare din trecut şi descrie faptele petrecute.

6. Imaginează o situaţie catastrofală de poluare pe care încearcă să o descrii sub forma unei scurte povestiri (1 – 2 pagini). Limitează acţiunea asupra oraşului tău şi încearcă să surprinzi aspecte legate de starea premergătoare catastrofei, derularea ei şi a stării imediat următoare. Pentru ca scenariul să fie complet implică în acţiune toţi factorii umani, resursele locale şi externe, măsurile întreprinse sau oricare alte mijloace care crezi că pot stopa fenomenul. Este recomandat ca denumirile de instituţii şi numele folosite să fie fictive.

CAPITOLUL II. CALITATEA APELOR

Ca orice materie brută folosită de către om în scopul satisfacerii cerinţelor sale, apa trebuie să se încadreze într-o serie de norme de calitate care să certifice buna ei comportare în domeniul de utilizare ales. Orice sursă de apă, fie ea de suprafaţă sau subterană, are o încărcare minerală bine determinată şi a cărei existenţă este legată de fondul natural, adică de natura mediului pe care aceasta îl străbate (a se revedea circuitul apei în natură) şi de gradul de poluare al zonei, incluzând aici poluanţii din aer, poluanţii ajunşi în sol şi mineralele acestuia. Practic apa izvorâtă din subteran, apele colectate de către pârâuri, râuri ş.a.m.d. în urma ploilor, topirilor de zăpadă, sunt ape naturale a căror încărcare cu poluanţi este minimă, excepţie făcând apele care provin din subteran şi care au o încărcare minerală deosebită sau cele care spală diferite deşeuri depozitate pe sol, în albia râurilor ş.a.m.d.. O astfel de apă, este considerată de bună calitate şi poate servi oricărei întrebuinţări umane după ce este tratată în scopul îndeplinirii condiţiilor de exploatare, de exemplu tratarea în vederea potabilizării (obţinerea apei potabile).

II.1. Calitatea apelor – categorii de calitate

În urma folosirii apelor într-o anumită activitate, calitatea acestora scade ca urmare a încărcării lor cu diferite substanţe chimice mai mult sau mai puţin toxice. Înainte ca aceste ape să fie deversate în apele unui râu, numit receptor, ele trebuie purificate prin epurare. Apele epurate conţin în continuare poluanţi, dar în cantitate mai mică, eliminarea totală a poluanţilor fiind practic imposibilă. Acestea ajung în receptor şi poluează, impurifică, la rândul lor apa râului. În final, apele de suprafaţă se încarcă treptat cu o serie de poluanţi care reduc calitatea apei făcând-o neutilizabilă în orice activitate. Dacă ţinem cont de faptul că apele deversate după o folosinţă, ajung să fie folosite ca ape pentru o altă folosinţă, ne dăm seama că, după mai multe folosinţe, apa devine foarte poluată, fiind imposibilă refolosirea ei în continuare de către om şi distruge condiţiile de viaţă ale florei şi faunei acvatice. Astfel, conform normelor de legislaţie a apelor din ţara noastră, se disting trei categorii de ape, pentru fiecare categorie fiind stabilite nişte valori limită maxime ale poluanţilor pe care acestea pot să le conţină după deversarea apelor uzate şi epurate în apele de suprafaţă şi care sunt redate în continuare (tabelul 2.1):

- categoria I, din care fac parte apele folosite pentru alimentarea potabilă centralizată, pentru fabricarea unor produse alimentare, pentru ştranduri, pentru salmonicultură;
- categoria a II-a, apele utilizate pentru piscicultură (în afară de salmonicultură) şi pentru scopuri urbanistice;
- categoria a III-a, apele utilizate pentru alimentarea cu apă a sistemului de irigaţii, a unor industrii, precum şi pentru alte folosinţe.

Termenii: CBO_5 (consum biochimic de oxigen la 5 zile), CCO – Cr (consum chimic de oxigen în raport cu cromaţii) şi CCO - Mn (consum chimic de oxigen în raport cu permanganaţii) întâlniţi la indicatorul substanţe organice semnifică consumul de oxigen a substanţei organice prin oxidare biochimică, sub acţiunea oxidantă a bicromatului de potasiu sau a permanganatului de potasiu. Toţi aceşti indicatori arată gradul de încărcare a apei cu materii organice mai mult sau mai puţin biodegradabile.

Din cele de mai sus reiese că, imediat după evacuarea apelor uzate în receptor, trebuie satisfăcute limitele maxime admise pentru apele de categoria a III-a de folosinţă, ceea ce înseamnă că amestecul celor două feluri de apă trebuie să se facă complet, chiar în aval de locul (secţiunea) de evacuare.

II.2. Mineralizarea apelor

Tabelul 2.1 Unele caracteristici ale apelor de suprafaţă

Caracteristici, mg/l	*Categoria*		
	I	*II*	*III*
Amoniu, NH_4^+	1	3	10
Azotaţi, NO_3^-	10	30	-
Azotiţi, NO_2^-	1	3	-
Calciu, Ca^{2+}	150	200	300
Cianuri, CN^-	0.01	0.2	0.2
Cloruri, Cl^-	250	400	400
Crom total, Cr^{6+}	0.05	0.05	0.1
Cupru, Cu^{2+}	0.1	0.1	3
Detergenţi anionici	0.5	1	3
Fenoli	0.001	0.02	0.05
Fer total, Fe^{3+}	0.3	1	1
Fosfor total	0.1	0.1	0.1
Mercur	0.005	0.01	0.02
Oxigen dizolvat, O_2	6	5	4
Plumb	0.05	0.1	0.1
Rezidiu fix	750	1000	1200
Substanţe organice			
- CBO_5	5	7	12
- CCO-Mn	10	15	25
- CCO-Cr	10	20	30
Sodiu, Na^+	100	200	200
Sulfaţi, SO_4^{2-}	200	400	400
Sulfuri, S^{2-}	0.0	0.0	0.1
Culoare	incolor	incolor	-
Miros	inodor	inodor	inodor

Mineralizarea apei începe din atmosferă, apoi continuă pe sol şi în straturile din adâncime.

II.2.1. Mineralizarea apei în contact cu atmosfera

Multă vreme s-a crezut că apa din precipitaţii este o apă pură, nemineralizată, dar odată cu căderea unor ploi sau zăpezi colorate (galbene, brune sau roşcate) această consideraţie s-a schimbat. Fenomenul este cu atât mai acut cu cât precipitaţiile apar după o perioadă de secetă mai îndelungată. Astfel, prima ploaie va spăla particulele străine din atmosferă şi va fi puternic impurificată, apoi, treptat, ploile următoare vor conţine o apă tot mai pură.

Analizele efectuate pe ape meteorice arată că acestea conţin:

- gaze dizolvate din atmosferă: azot – 16,3 mg/l, oxigen – 9,15 mg/l, dioxid de carbon – 2,8 mg/l, iar în cursul unei ploi, primele picături sunt mai bogate în dioxid de carbon faţă de cele de la sfârşit;
- gaze rezultate în atmosferă ca urmare a descărcărilor electrice: derivaţi ai azotului (NO, NO_2, NH_3); gaze sau produse solide datorate poluării (SO_2, H_2S, CO_2 etc.);
- materii minerale şi organice dizolvate;
- diferite bacterii.

În mod asemănător, apa de suprafaţă şi apa subterană dizolvă parte din gaze prin simplul contact cu aerul atmosferic sau cu aerul din fisurile şi cavităţile scoarţei terestre până la atingerea echilibrului de saturaţie. Aşa se explică existenţa în aceste ape a unor gaze cum sunt: CO_2, O_2, N_2, H_2, Ar, He, NH_3, CH_4 etc.

II.2.2. Mineralizarea apei în contact cu mineralele şi rocile

Contactul nemijlocit dintre apă şi rocile ori mineralele solului, participă la procesul de dizolvare a unor compuşi ai acestora. Dizolvarea este favorizată de o serie de factori cum sunt: natura rocilor şi mineralelor, suprafaţa de contact (fineţea şi porozitatea rocilor), timpul de contact, temperatura ş.a.

Unele minerale, clorurile metalelor alcaline, calcarele, gipsurile etc. se dizolvă fizic în apă fără intervenţia unor procese chimice, iar altele se dizolvă ca urmare a unor procese mai complexe fizico – chimice, chimice sau biochimice, cum sunt: dizolvarea prin hidratare, dizolvarea prin hidroliză, dizolvarea prin procese redox, dizolvarea datorită pH – ului, dizolvarea sub influenţa bacteriilor, dizolvarea sub influenţa dioxidului de carbon. Tot aici se înscrie şi antrenarea unor componente din argile, marne şi nisipuri, respectiv dizolvarea unor componente din gipsuri.

a. dizolvarea prin hidratare

Hidratarea constă în pătrunderea apei în sistemul reticular al cristalelor, formând compuşi chimici cu un anumit număr de molecule de apă. Această apă se cunoaşte sub denumirea de apă de hidratare, iar compuşii care conţin apă de hidratare se numesc cristalohidraţi. Exemple de hidratare cunoaştem pentru anhidrit (sulfat de calciu anhidru) $CaSO_4$ care cu apa formează gipsul $CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$, sulfatul de cupru anhidru, incolor, $CuSO_4$, cu apa formează $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ de culoare albastră etc.

O caracteristică a substanţelor hidratate este aceea că numărul moleculelor de apă de hidratare poate să varieze funcţie de temperatura şi umiditatea atmosferică, adeseori înregistrân-du-se pentru fiecare formă de hidratare câte o culoare specifică.

$$CuSO_4 \cdot 5\ H_2O \rightleftharpoons CuSO_4 \cdot 3\ H_2O \rightleftharpoons CuSO_4 \cdot H_2O \rightleftharpoons CuSO_4$$

Experiment: Într-o eprubetă aşează câteva cristale de sulfat de cupru cristalizat şi încălzeşte-o în flacăra unei spirtiere sau a unui bec de gaz. Ce observi ?

Ştiai că… pe baza proprietăţii de a se colora în mod diferit, funcţie de umiditate, cristalohidraţii servesc la construcţia unor higrometre cu indicaţie colorată (aparate care indică conţinutul de apă, umiditatea, din aer) ?

Hidratarea are ca efect labilizarea mineralelor şi deci dizolvarea acestora.

b. dizolvarea prin hidroliză

Hidroliza este un alt proces chimic important prin care apa atacă mineralele din roci.

Sărurile formate din acizi slabi şi baze slabe, cele din acizi slabi şi baze tari, respectiv cele din acizi tari şi baze slabe suferă fenomenul de hidroliză, adică formează cu apa compuşi slab disociaţi. Iată câteva exemple:

$$CaCO_3 + 2\ H_2O \rightleftharpoons Ca(OH)_2 + H_2O + CO_2$$

$$FeSO_4 + 2\ H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_2 + H_2SO_4$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 6\ H_2O \rightleftharpoons 2\ Al(OH)_3 + 3\ H_2SO_4$$

$$FeCO_3 + 2\ H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_2 + H_2O + CO_2$$

$$CuS + 2\ H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + H_2S$$

Procesele de hidroliză continuă până la atingerea echilibrelor respective, dar rezultatul final al hidrolizei îl constituie dizolvarea.

c. dizolvarea prin procese redox

Prezenţa oxigenului în apele acide conduce la oxidarea unor roci şi implicit la solubilizarea lor. De exemplu, sideroza, $FeCO_3$, insolubilă, sub acţiunea oxigenului trece în carbonat acid de fier, $Fe(HCO_3)_2$ solubil. Pe de altă parte, hidrogenul dizolvat în apă şi microorganismele acţionează ca reducători, facilitând dizolvarea unor roci.

Reducătorii, ca substanţele organice şi microorganismele, acţionează asupra unor ioni dizolvaţi conducând la modificarea compoziţiei apelor. Acţiunea lor se manifestă îndeosebi asupra nitraţilor şi sulfaţilor:

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow N_2 \longrightarrow NH_3$$

$$SO_4^{2-} \longrightarrow SO_3^{2-} \longrightarrow S_2 \longrightarrow H_2S$$

Fenomenul explică mirosul de hidrogen sulfurat al apelor cu vegetaţie abundentă în descompunere.

d. dizolvarea datorită pH-ului

În mod obişnuit pH-ul apelor naturale se situează în jurul valorii 7. atunci când apele conţin cantităţi mari de acizi humici, acid carbonic, hidrogen sulfurat, substanţe poluante etc., au caracter acid şi solubilizează rocile cu caracter alcalin (oxizi, carbonaţi). În schimb, când apele conţin cantităţi apreciabile de carbonaţi alcalini şi alcalino – pământoşi ($CaCO_3$, $MgCO_3$) au caracter alcalin şi solubilizează rocile cu minerale acide (sulfaţi şi nitraţi).

e. dizolvarea sub influenţa bacteriilor

Prin descompunerea materiilor organice, în special vegetale, de către bacterii rezultă acizi organici. Aceştia apar în special în apele de izvor şi au acţiune dizolvantă asupra mineralelor bazice aşa cum s-a arătat anterior.

f. dizolvarea sub influenţa dioxidului de carbon

O proprietate însemnată a apei este aceea de a dizolva calcarele conform echilibrului:

$$CaCO_{3\ solid} + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_{2\ soluţie}$$

Ştiai că… acest echilibru explică formarea peşterilor de calcar şi formarea ulterioară a stalagtitelor şi stalagmitelor ?

g. antrenarea unor componente din argile, marne şi nisipuri

Conţinutul argilelor şi marnelor în săruri solubile este slab. Pe deasupra stratul corespunzător este impermeabil şi deci apa poate dizolva numai eventualele săruri existente la suprafaţa lor. Totuşi, caracteristic pentru apele ce staţionează pe aceste roci ,sau care le drenează rămâne conţinutul acestora în dioxid de siliciu.

În funcţie de granulaţia nisipurilor, apele care le spală pot fi limpezi (nisipuri grosiere) sau pot conţine multe particule în suspensie (nisipuri fine). Caracteristic pentru astfel de ape este conţinutul scăzut de săruri minerale. Excepţie fac apele care vin în contact cu nisipurile de pe plajele lacurilor, mărilor şi oceanelor, care deja sunt sărate.

h. dizolvarea unor componente din gipsuri

În afară de sulfatul de calciu, depozitele de gipsuri mai conţin sulfat de magneziu şi clorură de sodiu şi potasiu. Astfel apele ce stau mult timp în contact cu astfel de depozite conţin cantităţi mari de ioni SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, Na^+, K^+. Caracteristic este şi faptul că raportul Na^+/K^+ este supraunitar.

Cu cât o apă este mai bogată în cloruri alcaline cu atât acţiunea de dizolvare a gipsurilor este mai pronunţată.

II.2.3. Alte forme de mineralizare a apelor

Alături de procesele de dizolvare a rocilor şi mineralelor, modificarea compoziţiei apei se poate realiza şi pe baza proceselor de adsorbţie fizică şi chimică, respectiv a proceselor de schimb ionic.

Astfel se disting două aspecte caracteristice:

- adsorbţia ionilor minerali de către substanţele coloidale în suspensie sau depuse;
- schimbul ionic dintre soluţia apoasă şi rocile de contact.

Particulele coloidale din apă, constituite în principal din humus şi minerale argiloase adsorb la suprafaţa lor ionii K^+, Na^+, NH_4^+, Fe^{2+}, Fe^{3+} şi respectiv Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} etc. aceleaşi procese se petrec şi cu particulele coloidale de la suprafaţa solului, care au acţiune fertilizantă, reţinând ionii minerali în stratul necesar dezvoltării plantelor.

Argilele, humusul şi turbele posedă o pronunţată capacitate de a schimba ionii lor cu ionii din apă fiind cunoscute sub denumirea de complex adsorbtiv. Astfel, la trecerea apei prin roci argiloase, ionii de calciu sunt reţinuţi de către argile în schimbul ionilor de sodiu eliberaţi în apă (a). În cazul în care apele sunt mai bogate în săruri de amoniu, iar argilele în săruri de calcar, are loc reţinerea ionilor de amoniu şi eliberarea în apă a ionilor de calciu (b). Aceleaşi fenomene pot avea loc şi în cazul apelor bogate în ioni de potasiu (c). Acest din urmă caz se întâlneşte în special când apa de mare inundă terenuri calcaroase decalcificându-le.

a. $[\text{Argilă} - Na_2]^{2+} + 2\,Ca^{2+} \rightleftharpoons [\text{Argilă} - Ca_2]^{2+} + 2\,Na^+$

b. $[\text{Argilă} - Ca_2]^{2+} + 2\,NH4^+ \rightleftharpoons [\text{Argilă} - (NH_4)_2]^{2+} + 2\,Ca^{2+}$

c. $[\text{Argilă} - Ca_2]^{2+} + 2\,K^+ \rightleftharpoons [\text{Argilă} - K_2]^{2+} + 2\,Ca^{2+}$

În cazul anionilor, o argilă bazică poate schimba anioni conducând la o creştere a alcalinităţii apei (d):

d. $[\text{Argilă} - (OH)_2]^{2-} + HPO_4^{2-} \rightleftharpoons [\text{Argilă} - HPO_4]^{2-} + 2\,OH^-$

II.3. Exemple de metode de urmărire a calităţii apelor

Calitatea apelor, este o problemă de stat, în a cărei urmărire, monitorizare, sunt implicate instituţii specializate, resurse umane şi materiale. De buna gospodărire a apelor depinde atât viaţa omului, cât şi desfăşurarea proceselor biologice naturale aşa cum s-a arătat mai înainte. În acest sens politica majorităţii statelor impune ca o problemă fundamentală monitorizarea tuturor cursurilor de apă, a lacurilor, a mărilor şi oceanelor ce se găsesc pe teritoriul acestor ţări (apele teritoriale). Apele internaţionale sunt supravegheate de către organisme şi organizaţii internaţionale specializate în acest domeniu. Un exemplu în acest sens este organizaţia ecologică GreenPace. Obiectul ei de activitate este în principal calitatea mediului acvatic, dar desfăşoară şi activităţi legate de efectele de poluare a unor zone terestre, în acord cu politica statului respectiv.

Monitorizarea calităţii apelor presupune prelevarea de probe şi analiza acestora în scopul deducerii unor informaţii privind calitatea acestora, centralizarea lor şi nu în ultimul rând luarea unor decizii şi măsuri care privesc prevenirea unor accidente ecologice sau corectarea unor acţiuni trecute care s-au dovedit neviabile. În aceeaşi activitate este inclusă şi acţiunea de penalizare a celor care aduc prejudicii la bunăstarea fondului natural al statului, prin acesta înţelegând bunul comun al fiecărui cetăţean.

Indicatorii de calitate urmăriţi sunt prevăzuţi sub forma unor norme. Analizele privind aceşti indicatori sunt standardizate, majoritatea standardelor actuale fiind agreate de Comunitatea Europeană şi cunscute sub denumirea de standarde SR ISO (prescurtare de la Standard Român elaborat după un standard ISO, iar ISO este prescurtarea de la Organizaţia Internaţională de Standardizare). Exemple de astfel de încercări, uşor de realizat calitativ într-un laborator şcolar, sunt:

Identificarea ionului amoniu (NH_4^+)

Principiul metodei: ionul amoniu formează cu salicilatul de sodiu şi nitrozo-pentacianoferatul de sodiu un complex de culoare albastră, fotometrabil la $\lambda = 655$ nm. Metoda fotocolorimetrică de măsurare se bazează pe absorbţia de lumină produsă de către o probă colorată, la o anumită lungime de undă, λ, a acesteia, manifestată printr-o scădere a intensităţii luminii la ieşirea din probă. Cunoscându-se absorbanţele la diferite concentraţii ale substanţei se poate determina concentraţia unei probe printr-o simplă trasare grafică a absorbanţei funcţie de concentraţie.
Mod de lucru: proba de apă se aduce la pH ≈ 12,6, apoi se decantează (astfel se înlătură turbiditatea apei). 40 ml din probă se tratează cu 4 ml reactiv de culoare (13 g salicilat de sodiu, 13 g citrat trisodic, 0,097 g nitrozopentacianoferat de sodiu se dizolvă în 100 ml de apă distilată) şi 4 ml soluţie de diclor izocianurat de sodiu (3,2 g hidroxid de sodiu, 2 g diclorizocianurat de sodiu se dizolvă în 100 ml apă distilată). Proba astfel tratată se lasă în repaus cca. 30 – 60 minute pentru formarea complexului colorat.

Experimentul 1: Recoltează o probă de apă de râu, şi prelucrează-o după modul indicat mai sus. În cazul în care coloraţia este prea puternică repetă operaţia după diluarea probei cu apă distilată. Repetă experimentul cu probe de diluţie diferită pentru a putea observa diferenţa de culoare dintre probe. Notează diluţiile făcute. Compară coloraţia probelor în contralumină albă (aşează între probă şi sursa de lumină o coală albă de hârtie)
Notează observaţiile şi concluziile tale în caietul de laborator.

Identificarea ionului azotat (NO_3^-)

Principiul metodei: ionul azotat formează cu acidul sulfosalicilic un compus galben fotometrabil la $\lambda = 415$ nm.
Mod de lucru: 10 ml probă se trec într-o capsulă de porţelan apoi se adaugă 0,2 ml acid acetic glacial. Conţinutul capsulei se evaporă la sec. După evaporare, reziduul rămas se umezeşte cu 1 ml soluţie proaspătă de salicilat de sodiu – 10%, apoi se supune din nou evaporării la sec. Reziduul obţinut se dizolvă într-un ml de acid sulfuric ($d = 1,84$ g/cm³) apoi se neutralizează cu 10 ml soluţie alcalină de hidroxid de sodiu 20%.

Experimentul 2: Recoltează o probă de apă de râu şi prelucrează-o după modul indicat mai sus. Repetă experimentul cu probe de diluţie diferită pentru a putea observa diferenţa de culoare dintre probe. Notează diluţiile făcute. Compară coloraţia probelor în contralumină albă (aşează între probă şi sursa de lumină o coală albă de hârtie)
Notează observaţiile şi concluziile tale în caietul de laborator.

Identificarea ionului azotit (NO_2^-)

Principiul metodei: ionul azotit formează cu acidul sulfanilic, la pH = 2 – 2,5, un complex roşu – purpuriu , fotocolorimetrabil la L = 520 nm.

Mod de lucru: Într-un pahar Erlenmeyer de 100 ml se iau 50 cm^3 probă neutralizată (pH = 7), apoi se tratează cu 1 cm^3 acid sulfanilic (0,6 g acid sulfanilic se dizolvă în 70 cm^3 apă distilată, apoi se acidulează cu 20 cm^3 acid clorhidric d = 1,19 g/cm^3 şi se aduce la 100 cm^3 cu apă distilată în balon cotat), iar după omogenizare şi repaus 5 minute se adaugă 1 ml soluţie de clorhidrat de α naftil amină (0,6 g α naftilamină, 1ml acid clorhidric d = 1,19 se aduc la 100 cm^3 în balon cotat) şi 1 ml acetat de sodiu (27,6 g acetat de sodiu se dizolvă şi se aduc la 100 cm^3 cu apă distilată în balon cotat). Soluţia astfel obţinută se păstrează la întuneric 30 de minute pentru formarea complexului colorat.

Experimentul 3: Recoltează o probă de apă de râu şi prelucrează-o după modul indicat mai sus. În cazul în care coloraţia este prea puternică repetă experimentul cu o probă diluată cu apă distilată. Repetă experimentul cu probe de diluţie diferită pentru a putea observa diferenţa de culoare dintre probe. Notează diluţiile făcute. Compară coloraţia probelor în contralumină albă (aşează între probă şi sursa de lumină o coală albă de hârtie).
Notează observaţiile şi concluziile tale în caietul de laborator.

Identificarea ionului sulfat (SO_4^{2-})

Principiul metodei: ionul sulfat formează cu clorura de bariu un precipitat alb de sulfat de bariu.

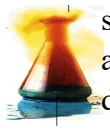
Mod de lucru: Într-un pahar Erlenmeyer de 250 ml se iau 100 ml probă, apoi se tratează cu un vârf de spatulă de clorură de bariu.

Experimentul 4: Recoltează o probă de apă de râu şi prelucrează-o după modul indicat mai sus. Repetă experimentul cu probe de diluţie diferită pentru a putea observa diferenţa dintre cantităţile de precipitat. Notează diluţiile făcute. Compară cantitatea de precipitat din experimentele efectuate.
Notează observaţiile şi concluziile tale în caietul de laborator.

Identificarea ionului fosfat (PO_4^{3-})

Principiul metodei: ionul fosfat, în prezenţa acidului ascorbic (vitamina C), formează cu molibdatul de amoniu un compus fosfomolibdenic de culoare albastră, fotometrabil la λ = 880 nm.

Mod de lucru: Într-un pahar Erlenmeyer de 50 cm^3 se iau 40 ml probă, apoi se adaugă 1 ml acid ascorbic – 10% şi 2 ml soluţie de molibdat de amoniu (13 g molibdat de amoniu se dizolvă în 100 ml apă distilată, apoi se aduce la 300 ml cu soluţie acid sulfuric – 9 M. separat se dizolvă 0,35 g tartrat de stibiu şi potasiu în 100 ml apă. Se amestecă cele două soluţii.). Se lasă în repaus cca. 10 minute pentru formarea coloraţiei.

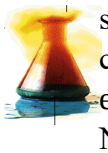


Experimentul 5: Recoltează o probă de apă de râu şi prelucrează-o după modul indicat mai sus. În cazul în care coloraţia este prea puternică repetă experimentul cu o probă diluată cu apă distilată. Repetă experimentul cu probe de diluţie diferită pentru a putea observa diferenţa de culoare dintre probe. Notează diluţiile făcute. Compară coloraţia probelor în contralumină albă (aşează între probă şi sursa de lumină o coală albă de hârtie).
Notează observaţiile şi concluziile tale în caietul de laborator.

Identificarea ionului de calciu (Ca^{2+})

Principiul metodei: ionul de calciu, în soluţie neutră, formează cu hexacianoferatul de potasiu în prezenţa clorurii de amoniu un precipitat alb.

Mod de lucru: Într-un pahar Erlenmeyer de 250 ml se iau 100 ml de probă, se neutralizează, dacă este cazul, apoi se tratează cu 0,5 g clorură de amoniu (un vârf mic de spatulă) şi 2 ml soluţie de hexacianoferat de potasiu – 8 %. Conţinutul paharului se omogenizează prin mişcări de rotaţie, apoi se lasă în repaus pentru sedimentarea precipitatului.



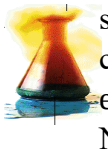
Experimentul 6: Recoltează o probă de apă de râu şi prelucrează-o după modul indicat mai sus. Repetă experimentul cu probe de diluţie diferită pentru a putea observa diferenţa dintre cantităţile de precipitat. Notează diluţiile făcute. Compară cantitatea de precipitat din experimentele efectuate.

Notează observaţiile şi concluziile tale în caietul de laborator.

Identificarea ionului de magneziu (Mg^{2+})

Principiul metodei: ionul de magneziu formează cu clorura de amoniu şi fosfatul disodic în soluţie amoniacală un precipitat alb cristalin.

Mod de lucru: Într-un pahar Erlenmeyer de 250 ml se iau 100 ml de probă, se alcalinizează cu 5 ml soluţie hidroxid de amoniu - 5 %, apoi se tratează cu 1 g clorură de amoniu şi 1 g fosfat disodic. Conţinutul paharului se omogenizează prin mişcări de rotaţie, apoi se lasă în repaus pentru sedimentarea precipitatului.



Experimentul 7: Recoltează o probă de apă de râu şi prelucrează-o după modul indicat mai sus. Repetă experimentul cu probe de diluţie diferită pentru a putea observa diferenţa dintre cantităţile de precipitat. Notează diluţiile făcute. Compară cantitatea de precipitat din experimentele efectuate.

Notează observaţiile şi concluziile tale în caietul de laborator.

Întrebări, exerciţii, probleme

1. Dă exemple de cristalohidraţi şi scrie procesele lor de deshidratare/hidratare. Folosind bibliografia, identifică pentru fiecare dintre aceştia câte o aplicaţie tehnică.

2. Explică funcţionarea unui higrometru (aparat care măsoară umiditatea din aer) confecţionat prin impreganarea unei hârtii de filtru cu cristalohidraţi. Încearcă să construieşti un astfel de dispozitiv după una din indicaţiile care urmează.

- Prepară o soluţie din 7 g oxid de nichel, 3 g gelatină şi 22 ml apă distilată. Înmoaie în aceasta cîteva benzi de hârtie de filtru apoi lasă-le să se usuce. Fixează benzile de hârtie undeva afară, la adăpost de ploaie. Când timpul este frumos (uscat) benzile au culoarea verde, iar când se apropie ploaia, culoarea verde dispare.
- Se prepară următoarele paste:
  a. clorură de cobalt – 1 parte, gelatină – 10 părţi, apă – 100 părţi;
  b. clorură de cupru – 1 parte, gelatină – 10 părţi, apă – 100 părţi;
  c. clorură de cobalt – 1 parte, clorură de cupru – 25 părţi, oxid de nichel – 75 părţi, gelatină – 20 părţi, apă – 200 părţi.

Aceste paste se întind separat pe o bucată de sticlă (dungi verticale cu o lăţime de cca. 4 – 5 cm). Cu cât umezeala din aer este mai mare combinaţiile se decolorează, în schimb cu cât aerul este mai uscat prima combinaţie devine albastră, a doua galbenă, iar a treia verde.

3. Pentru procesele de hidroliză descrise în manual scrie ecuaţiile reacţiilor corespunzătoare şi stabileşte caracterul chimic al soluţiei obţinute (acid, bazic, neutru). Verifică caracterul acestor soluţii folosind o hârtie indicatoare de pH.

4. Explică pe baza proceselor de adsorbţie şi schimb ionic natura acidă a solurilor arabile fertilizate cu îngrăşăminte chimice conţinând clorură de potasiu (KCl). Complexul adsorbtiv este alcătuit din argilă şi humus şi poate fi reprezentat astfel: [ARGILĂ – HUMUS]·(Ca_n Mg_m K_o Na_p H_q).

Rezolvare:

Clorura de potasiu se dizolvă în apa solului şi formează ionii de potasiu(K^+) şi clorură(Cl^-). Ionul de potasiu (K^+) se adsoarbe pe suprafaţa complexului argilă – humus, apoi realizează schimbul ionic cu ionul de hidrogen care trece în soluţie (vezi seria de activitate a metalelor Beketov – Volta). Procesul care are loc poate fi reprezentat astfel:

[ARGILĂ – HUMUS]·(Ca_n Mg_m K_o Na_p H_q) + KCl ⟶

⟶ [ARGILĂ – HUMUS]·(Ca_n Mg_m K_{o+1} Na_p H_{q-1}) + HCl

5. Solul arabil are capacitatea de a neutraliza micile cantităţi de acid sau bază care se formează pe acesta (ploi acide, diferite reacţii din sol, adăugare de îngrăşăminte care modifică pH-ul solului), proprietate numită capacitate tampon. Notând complexul adsorbtiv din sol cu [SOL]·(Ca_n Mg_m Na_o K_p H_q), explică procesele de neutralizare a unui acid (HCl) sau a unei baze (NaOH).

6. La determinarea fotocolorimetrică a ionului azotat s-a înregistrat o absorbanţă de 0,525 unităţi. Absorbanţele soluţiilor etalon de concentraţie dată folosite la calibrarea aparatului sunt date în tabelul alăturat. Să se determine grafic concentraţia ionului azotat din probă.
Indicaţie: se va trasa grafic dependenţa dintre absorbanţă şi concentraţie(absorbanţă = $f_{(c)}$), folosind hârtie milimetrică, apoi se va reprezenta valoarea absorbanţei citite pentru ionul amoniu, urmând a se citi valoarea concentraţiei.

Valorile mărimilor tabelate pentru problema 6.

Nr. crt.	*Concentraţia etalonului, mg/l*	*Absorbanţa*
1.	0,0	- 0,0010
2.	0,004	0,1614
3.	0,008	0,3171
4.	0,012	0,4667
5.	0,016	0,6101
6.	0,020	0,7927

Valorile mărimilor tabelate pentru problema 7

Nr. crt.	*Concentraţia etalonului, mg/l*	*Absorbanţa*
1.	0,0	0,0025
2.	0,008	0,1715
3.	0,016	0,3717
4.	0,024	0,5759
5.	0,032	0,7804
6.	0,040	0,9776

7. O probă conţinând ioni fosfat în cantitate mare a fost diluată înainte de analiză în raport de 1:10. Ştiind că absorbanţa probei, măsurată fotocolorimetric, este de 0,683 unităţi, să se determine concentraţia în ioni fosfat a probei. Absorbanţele soluţiilor etalon folosite la calibrarea aparatului sunt date în tabelul alăturat.

CAPITOLUL III. EPURAREA APELOR

În contextul celor studiate până în prezent ne-am însuşit o serie de termeni ce privesc acţiunea de poluare. Un termen nou, de asemenea foarte cunoscut vouă, este cel de epurare al cărui semnificaţie este legată de acţiunea întreprinsă în scopul îndepărtării unuia sau mai multor poluanţi. În situaţia noastră epurarea apelor reprezintă totalitatea măsurilor luate şi a operaţiilor efectuate în scopul îndepărtării din apele uzate, reziduale, a substanţelor care le fac improprii anumitor întrebuinţări. Termenul de epurare este impropriu folosit în cazul operaţiilor de condiţionare a apei potabile. În acesta din urmă, este mai corect să se vorbească despre tratarea apei în scopul obţinerii apei potabile, ştiut fiind faptul că apa potabilă provine din apa naturală, brută, de suprafaţă sau subterană, şi nu din ape care au fost folosite în alte scopuri (ape uzate).

Categoriile de ape uzate, reziduale, sursele lor de provenienţă şi natura poluanţilor cu care acestea sunt încărcate s-au studiat în capitolul precedent. În continuare ne vom opri asupra modalităţilor de epurare a acestor ape înainte de a fi evacuate în apa râurilor, fluviilor, mărilor sau oceanelor, dar nu înainte de a vedea cum natura încearcă să se apere singură împotriva agresorilor chimici şi biologici cu care omul şi condiţiile de mediu perturbă necontenit echilibrul hidrologic, hidrochimic şi hidrobiologic al apelor.

III.1. Autoepurarea apelor

Circitul apei în natură (evaporarea, precipitaţiile, infiltrarea în sol) constituie un sistem natural de purificare extraordinar, dar totuşi el nu este menit să poată îndepărta suficient, nici cantitativ şi nici calitativ, sumedenia de poluanţi pe care omul îi deversează în apă şi care în final se acumulează în apa mărilor şi oceanelor. Totuşi este important de ştiut că natura luptă împotriva poluării, fenomen cunoscut ca autoepurarea apelor, printr-o serie de procese naturale cum sunt: filtrarea, diluarea, sedimentarea, oxigenarea şi degradarea biologică.

a. ***filtrarea***. Solul constituie un filtru natural pentru suspensiile cele mai fine din apă. De asemenea particulele constituente ale solului adsorb la suprafaţa lor multe bacterii şi compuşi nocivi. În egală măsură, substanţele antibiotice din sol au o activitate distructivă faţă de bacterii, fapt ce explică puritatea fizică, chimică şi biologică a apelor subterane de mare adâncime.

b. ***diluarea***. Pe parcursul său, un râu sau fluviu primeşte o serie de pârâuri afluente care diluează apa poluată făcând să scadă activitatea noxelor sale. La confluenţă are loc amestecarea apelor, iar după o anumită distanţă în aval de confluenţă, funcţie de regimul de curgere, amestecarea poate fi considerată totală, iar apa râului omogenă în ceea ce priveşte compoziţia acesteia. Diluţia astfel realizată se poate caracteriza prin concentraţia unui component, de obicei un poluant, dată prin relaţia:

$$c = \frac{Q_1 \cdot c_1 + Q_2 \cdot c_2}{Q_1 + Q_2}$$

în care: c – este concentraţia componentului urmărit după confluenţă;

c_1 şi c_2 – sunt concentraţiile aceluiaşi component în cele două cursuri de apă înainte de confluenţă;

Q_1 şi Q_2 – sunt debitele de apă ale celor două cursuri de apă dinaintea confluenţei.

Lucrurile se simplifică dacă poluantul se găseşte numai într-unul din cele două cursuri de apă, diluţia în acest caz fiind maximă pentru situaţia dată. O situaţie benefică este aceea în care debitului cursului de apă încărcat cu poluant este mic în timp ce debitul cursului nepoluat, care va face diluţia, este mare. Prin debit al unui curs de apă se înţelege volumul de apă ce străbate o secţiune transversală a albiei într-o unitate de timp şi se măsoară în m^3/s.

c. ***sedimentarea***. Suspensiile solide din apă adsorb la suprafaţa lor unii germeni şi apoi, după un anumit timp îi depun pe fundul apelor.
d. ***oxigenarea***. Mai întâi concentraţia oxigenului în apă poate să crească pe seama contactului cu aerul atmosferic. În al doilea rând, radiaţiile ultraviolete şi vizibile ale radiaţiei solare, pe lângă rolul lor bactericid, permit reacţia de fotosinteză a plantelor acvatice finalizată prin formarea de glucoză şi degajare de oxigen. Acesta rămâne în mediul acvatic sub formă dizolvată. Oxigenul dizolvat favorizează distrugerea bacteriilor anaerobe şi în acelaşi timp contribuie la oxidarea materiei organice (bacteriile anaerobe sunt cele mai periculoase pentru om, dar au şi ele un rol important în degradarea materiei organice) aşa cum se va vedea mai departe.
e. ***degradarea biologică***. Microorganismele vii din apă în condiţii optime acţionează asupra diferiţilor compuşi chimici prin asimilarea şi transformarea lor în compuşi minerali şi compuşi organici simpli care nu mai au capacitatea de a modifica calitatea apei. Materia organică din apă creează condiţii optime pentru dezvoltarea faunei şi florei bacteriene saprofite care mineralizează substanţele organice creând la rândul lor condiţii optime pentru dezvoltarea organismelor fotosintetizante, care vor genera materie organică pentru lanţurile trofice următoare. La acest proces participă o serie de microorganisme aerobe şi anaerobe, sistemul aerob de mineralizare conduce la substanţe ca azotaţii, azotiţii, dioxid de carbon şi apă, în timp ce sistemul anaerob conduce la metan, hidrogen sulfurat, amoniac, hidrocarburi etc.

Autoepurarea debutează printr-o fază fizică, apa fărâmiţând şi depunând substanţele grosiere în sedimente pe mal sau în albia râului, apoi se continuă prin faza chimică ce are drept scop oxidarea unor substanţe în contact cu alte substanţe din apă, respectiv de neutralizarea acestora, şi este încheiată de faza biologică care degradează substanţele organice, mineralizân- du-le, şi introducându-le într-un nou ciclu biologic aşa cum s-a arătat mai sus. Plantele superioare şi algele din apă contribuie la oxigenarea mediului. Animalele inferioare participă la autoepurare prin ingerare de substanţe organice şi metabolizarea lor (protozoare, lamelibrahiate) sau prin favorizarea pătrunderii în sedimente a bacteriilor aerobe. Organismele animale care filtrează apa au un mare rol în limpezirea ei, iar cele superioare, peştii, consumă organismele ce se hrănesc cu detritus (material rezultat în urma fărâmiţării rocilor ca urmare a factorilor de mediu). Toţi aceşti protagonişti ai procesului de bioepurare constituie un lanţ trofic, fapt pentru care dispariţia unuia dintre aceştia duce la distrugerea întregului lanţ, iar viaţa acvatică dispare cu desăvârşire şi odată cu aceasta apele vor deveni mai poluate.

III.2. Metode fizice, chimice şi biologice de epurare a apelor

Epurarea apelor constă, aşa cum am văzut, într-o serie de procese fizice, chimice şi biologice prin care se urmăreşte îndepărtarea pas cu pas a constituenţilor nedoriţi din ape. În acest sens, în practică se utilizează o serie de astfel de procese a căror succesiune determină eliminarea componentului care deranjează în măsură mai mare. Procesele care intervin pot fi grupate astfel, ordinea lor de prezentare fiind aproximativ aceeaşi cu cea a operaţiei corespunzătoare în cadrul epurării:

- procese fizice:
  - amestecarea şi uniformizarea debitelor
  - separarea gravitaţională
  - filtrarea
  - transferul între faze
- procese chimice:
  - neutralizarea
  - oxidarea şi reducerea
  - precipitarea
  - coagularea şi floculareа
  - schimbul ionic

- procese biologice - procese aerobe
- procese anaerobe

În cele ce urmează vom studia doar procesele fizice şi chimice de epurare a apelor întrucât despre procesele biologice s-a vorbit deja, iar studiul amănunţit al acestora depăşeşte caracterul disciplinei noastre.

III.2.1. Procese fizice

În cadrul acestor procese substanţele poluante nu suferă în cursul separării lor din apă transformări în alte substanţe.

III.2.1.1. Amestecarea apelor uzate şi uniformizarea debitelor

Apele uzate, indiferent de sursa din care provin, prezintă variaţii în timp ale compoziţiei şi ale debitului, datorită lipsei de uniformitate a consumurilor de apă, precum şi a descărcărilor de poluanţi. Întrucât funcţionarea proceselor de purificare este limitată în general de concentraţia poluanţilor, apele uzate, înainte de a fi introduse în procesul de epurare, sunt amestecate în bazine speciale, aşezate la intrarea în staţia de epurare, astfel încât să se asigure o diluţie cât mai mare a poluantului, respectiv să se asigure un debit constant al apei uzate de-a lungul procesului de epurare.

III.2.1.2. Separarea gravitaţională – sedimentarea şi flotaţia

Din fizică cunoaştem că asupra unui corp aflat într-un câmp gravitaţional acţionează forţe, proporţionale cu masa corpului şi cu intensitatea câmpului, care determină deplasarea corpului respectiv. După o perioadă iniţială de accelerare, deplasarea sub acţiunea câmpului gravitaţional a unei particule în apă se face cu o viteză constantă corespunzătoare echilibrului dintre forţa exercitată de câmp şi rezistenţa (forţa de frecare) opusă de apă. Pentru o particulă sferică de diametru d, viteza de deplasare este dată de relaţia lui Stokes:

$$v = \frac{g}{18 \cdot \eta}(\rho - \rho_l) d^2$$

în care: v – este viteza de deplasare prin masa de lichid;

g – acceleraţia gravitaţională, 9,81 m/s²;

ρ – densitatea particulei;

ρ_l – densitatea lichidului;

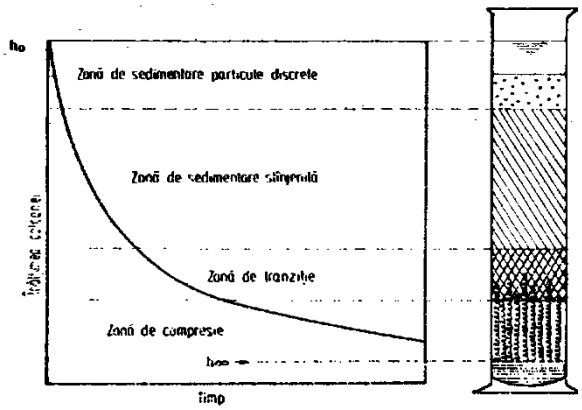
η – vâscozitatea lichidului.

Deplasarea particulei se poate face în jos, cădere, când avem a face cu procesul de sedimentare, viteza exprimată fiind viteza de sedimentare, sau deplasarea se poate face în sus, urcare, procesul numindu-se flotaţie, viteza exprimată fiind viteza de flotaţie. În primul caz particulele sunt mai grele decât apa ($\rho > \rho_l$), în al doilea particulele au greutate mai mică sau foarte apropiată de cea a apei ($\rho \approx \rho_l$).

În realitate nu se întâlnesc particule perfect sferice, iar mişcarea particulelor adeseori este stânjenită fie de turbulenţa apei, fie de pereţii recipientului sau de particulele vecine. În aceste cazuri se vorbeşte depre o sedimentare stânjenită. De asemenea multe particule au tendinţa de a forma flocoane (agregate unite prin forţe de atracţie) mai ales cu ocazia ciocnirilor, deci de a flocula, sedimentarea devenind imposibilă.

Experimentul 8: Într-un flacon de plastic recoltează apă dintr-un râu astfel încât să antrenezi o parte din sedimente (mâl). Transvazează proba într-un cilindru gradat cu un volum corespunzător probei. Înainte de a face transvazarea agită bine conţinutul flaconului. Aşează cilindrul gradat în poziţie verticală şi urmăreşte procesul de sedimentare a particulelor. Identifică zonele cu sedimente diferite ca dimensiune şi notează timpul în care s-a desfăşurat sedimentarea. Interpretează rezultatele.

După un timp în cilindru se observă o separare a particulelor pe straturi, după densitate. Cele mai dense dintre particule se aşează primele, urmând apoi cele mai puţin dense. Deasupra sedimentului se găseşte un strat de apă tulbure, intensitatea turburelii scăzând spre suprafaţă, iar deasupra acesteia se află un strat de apă limpede. Astfel se disting patru zone a căror dispunere de jos în sus este: zona de compresie, zona de tranziţie, zona de sedimentare stânjenită şi zona de particule discrete.



Experimentul 9: Amestecă părţi egale de nisip curat şi rumeguş. Trece amestecul într-un vas mare de sticlă (acvariu) umplut două treimi cu apă. Amestecă din nou apoi lasă sistemul în repaus. Ce observi ?

Interpretarea fenomenului: Imediat după amestecarea particulelor de nisip şi rumeguş cu apa, nisipul, particula grea, sedimentează rapid, în timp ce rumegușul, particula uşoară, flotează, adică se ridică la suprafaţă. Întrucât flotaţia şi sedimentarea durează un anumit timp deducem că nu toate particulele de nisip, respectiv rumeguş, au aceeaşi viteză de sedimentare, deci între acestea, există diferenţe de densitate (în cazul rumegușului acest lucru este mai puţin vizibil)

În practică sedimentarea se desfăşoară în bazine rectangulare a căror umplere şi golire se face în partea de sus, la baza bazinului acumulându-se masa de sedimente denumită nămol de sedimentare. Lungimea unui astfel de bazin trebuie să fie mai mare decât distanţa de sedimentare calculată din valoarea vitezei de sedimentare şi timpul în care particula parcurge lungimea bazinului (t = V/Q, V volumul bazinului de sedimentare şi Q debitul apei prin bazin).

Întrucât viteza de sedimentare în câmp gravitaţional este relativ mică, procesul de sedimentare fiind lent, sedimentarea se poate realiza şi prin centrifugare, locul acceleraţiei gravitaţionale din relaţia lui Stokes fiind luat de acceleraţia unghiulară a centrifugei care este (r – raza corpului centrifugal şi n – turaţia centrifugei):

$$\omega = \frac{v^2}{r} = \frac{\left(\frac{2\pi r n}{60}\right)^2}{r} = \frac{\pi r n}{900}$$

Decantor conic

În funcţie de viteza de sedimentare a suspensiilor se poate face distincţie între instalaţiile pentru eliminarea particulelor uşor sedimentabile, numite deznisipatoare – care reţin suspensii minerale grele – şi instalaţiile pentru eliminarea particulelor greu sedimentabile, numite decantoare. Diferenţele constructive ale celor două instalaţii constau în forma lor, deznisipatoarele sunt bazine rectangulare, compartimentate, înguste, prevăzute cu agitatoare în timp ce decantoarele sunt bazine conice, cilindrice, prevăzute cu racloare.

Flotaţia poate avea loc natural, numai pe baza diferenţelor dintre densitatea particulelor şi cea a apei (uleiuri, grăsimi, unsori etc.), sau datorită asocierii lor cu mici bule de gaz rezultate în urma proceselor fermentative, şi flotaţie cu aer, când în bazin este barbotat un curent de aer ale cărui bule antrenează particule mai grele decât apa prin asociere cu acestea, prin incorporarea bulelor in interiorul particulei flotate, fie prin aderenţă, ridicându-le la suprafaţă.

III.2.1.3. Filtrarea

Adeseori în orele de chimie s-a vorbit despre filtrare şi folosirea filtrelor în scopul reţinerii unor substanţe insolubile dintr-un lichid. În cazul nostru filtrarea este un proces de trecere a apei printr-un mediu poros în care are loc reţinerea prin fenomene predominant fizice a unor constituienţi insolubili ai apei. Mediul poros filtrant este denumit filtru şi în funcţie de dimensiunile porilor săi se disting filtre grosiere, având deschideri de ordinul centimetrilor (ciururi, site) care sunt destinate reţinerii corpurilor de dimensiuni mari, şi filtre fine, ai căror pori au deschideri comparabile cu dimensiunile ionilor şi ale moleculelor.

Mecanismul de funcţionare are la bază formarea pe faţa din amonte a filtrului a unei “turte” de material din suspensie, reţinut prin sitare (la filtrele granulare reţinerea are loc în adâncimea patului filtrant, interstiţial) peste care sunt reţinute particule din ce în ce mai mici. Reţinerea acestora din urmă are la bază două acţiuni complementare şi anume transportul particulelor din masa de lichid până aproape de suprafaţa filtrului prin sedimentare gravitaţională, difuzie, turbulenţă hidrodinamică, respectiv prin reţinerea particulelor în vecinătatea suprafeţei filtrante sau pe aceasta, prin legare electrostatică, chimică şi prin adsorbţie.

Grătarele se utilizează în vederea reţinerii din apele uzate a impurităţilor grosiere(hârtii, folii de plastic, ţesături, fire, crengi etc.), cu scopul ca acestea să nu înfunde conductele instalaţiilor de canalizare a apelor. Construcţia lor constă din două seturi de bare de diferite profile, aşezate paralel, între primul şi al doilea set existând un unghi de 30 ÷ 90°.

Sitele se utilizează în vederea reţinerii din apele uzate a impurităţilor mai mici (0,3 ÷ 3 cm). Sunt realizate din tablă metalică sau plăci de material plastic în care sunt practicate găuri cu diametre corespunzătoare, sau împletituri din fire de oţel respectiv fibre sintetice. În timpul exploatării acestea pot fi statice sau mobile.

Epurarea în filtre utilizează două tipuri de filtre, granulare şi cu prestrat.

Filtrul granular este realizat prin suprapunerea mai multor straturi de materiale (nisip cuarţos, antracit, granat), aşezarea lor făcându-se într-un curent de apă ascendent, în ordinea densităţilor şi acoperit cu un strat compact de nisip cuarţos. Funcţionarea lui are la bază trecerea gravitaţională a apei prin filtru urmată de reţinerea particulelor insolubile la suprafaţă, iar pe multistrat are loc degradarea unor substanţe organice dizolvate sau în

suspensie, sub acţiunea microorganismelor formate în masa multistratului.

Ştiai că… pe suprafaţa materialelor din filrul granular se dezvoltă o microfloră specifică capabilă să reţină prin adsorbţie şi să asimileze o mare parte din poluanţi ? Un astfel de filtru capătă denumirea de biofiltru şi este folosit la epurarea apelor, dar mai ales la tratarea apei potabile.

Ştiai că… scoarţa terestră funcţionează ca un filtru granular ? Puritatea apelor subterane de mare adâncime se datorează tocmai acestei calităţi a scoarţei terestre, cu atât mai mult cu cât aici se găsesc o sumedenie de microorganisme care sunt implicate în procesele de epurare naturală a apei.

Filtrul cu prestrat este un material rigid, poros, care are şi rol de suport, peste care se depune, înainte de începerea filtrării, un strat subţire de material granular filtrant format din particule fine (5 ÷ 100 μm) de pământ de diatomee, perlit expandat, fibre de celuloză, cărbune activ etc.
Epurarea prin membrane utilizează un material care acţionează ca o barieră selectivă (membrana) pentru speciile ionice şi moleculare prezente într-un curent de apă care îl străbate, proprietate cunoscută sub denumirea de permeabilitate selectivă. Astfel de materiale sunt gelurile îmbibate cu solvenţi, lichide imobilizate într-o structură poroasă, rigidă şi unele, solide. Din cadrul epurării prin membrane amintim osmoza inversă, ultrafiltrarea şi electrodializa, fenomene a căror studiere implică cunoştinţe mai complicate.

Să construim un biofiltru … Acvariul tău încearcă să se autoepureze folosindu-se atât de nisipul de pe fund cât şi de suprafaţa oricărui obiect aflat în apă, inclusiv de pereţii acvariului. În acest sens pe aceste suprafeţe, în timp, se formează un strat de alge microscopice, care la un moment dat acoperă cu un strat tot mai gros pereţii de sticlă şi restul de obiecte. Acest lucru ne arată că în acvariu există poluanţi care favorizează dezvoltarea algelor funcţionând ca nutrienţi. Ei provin din hrana peştilor, din excrementele acestora şi procesele lor de degradare. Pe deasupra, apa are şi miros. Acum este momentul să cureţi acvariul. Pentru a nu se repeta atât de repede procesul de murdărire vom trece apa printr-un filtru granular.

Construcţia filtrului constă în practicarea mai multor orificii cu diametrul de 3 ÷ 6 mm în fundul unei vas cilindric de plastic, apoi introducem un strat de burete, decupat după forma vasului peste care aşezăm un strat de pietriş fin, bine spălat, apoi un altul mai grosier. Nisipul grosier îl putem amesteca cu granule de cărbune activ (nu este obligatoriu). În final se acoperă cu un strat mai gros de pietriş mărunt, spălat. Filtrul este gata. Rămâne să-l transformăm într-un biofiltru. Pentru aceasta vom fixa filtrul undeva deasupra apei, iar de deasupra lui vom coborî un tub cu o grosime de 6 ÷ 8 mm până la fundul acvariului. În capătul inferior al tubului vom introduce un tub subţire prin care vom trece aer (de la un vibrator). Acum, apa va putea urca în filtru pe baza unui sistem de pompare numit “gaz- lift”.

După câteva zile de funcţionare se observă formarea unui strat subţire de alge pe suprafaţa pietricelelor filtrului. În timp ,acesta se va dezvolta tot mai mult, iar acvariul tău va rămâne curat. Practic am realizat transferul epurării din acvariu în filtru. Biofiltrul este gata, dar funcţionarea lui va depinde de tine,deoarece lăsându-l să se uşte îl vei pierde, iar regenerarea lui va dura câteva zile.

III.2.1.4. Transferul între faze

În această categorie intră o serie de operaţii cum sunt extracţia lichid – lichid, striparea, distilarea, îngheţarea, spumarea şi adsorbţia.

a. Extracţia lichid – lichid *este operaţia de separare a componenţilor dintr-o soluţie pe baza diferenţei de solubilitate a acestora în unul sau mai mulţi solvenţi nemiscibili cu apa. De exemplu, dintr-o soluţie apoasă de iod, iodul poate fi extras din apă pe baza solubilităţii sale mai mari în cloroform, în timp ce apa nu este miscibilă cu cloroformul, cei doi componenţi lichizi putându-se separa prin decantare.*

Experimentul 10: Într-o pâlnie de separare întrodu 10 ml de apă distilată şi câteva picături de tinctură de iod sau soluţie de iod în iodură de potasiu. Agită bine conţinutul pâlniei. Peste soluţia apoasă transvazează 10 ml de cloroform. Atenţie ! cloroformul este toxic, iar prin inhalarea unei cantităţi relativ mici induce anestezia generală. Închide pâlnia cu dopul , agită conţinutul, aerisind repetat pâlnia din robinet, apoi aşează pâlnia în stativ şi aşteaptă separarea fazelor. În câteva minute, la baza pâlniei, se separă o fază grea, brună – extractul cloroformic. Îndepărtează acest strat prin deschiderea robinetului şi colectează extractul într-un pahar Berzelius. Repetă operaţia de extracţie de două ori folosind aceeaşi cantitate de cloroform. Ce observi ?

Interpretarea fenomenului: După prima extracţie, soluţia apoasă se decolorează, decolorarea continuă la extracţia următoare, iar în final rămâne incoloră. Aceasta înseamnă că iodul a fost extras în cloroform, solubilitatea în acesta fiind mai mare decât în apă. Faptul că se poate separa soluţia cloroformică de iod de restul componenţilor lichizi se datorează densităţii sale mai mari decât a celorlaţi.

În prima fază apa de epurat este pusă în contact cu solventul în care poluantul este mult mai solubil. După agitare, amestecul este lăsat în repaus pentru separarea fazei apoase de faza solvetului (extractul), urmată apoi de îndepărtarea uneia dintre faze. Operaţia se repetă de mai multe ori cu porţiuni noi de solvent până la recuperarea înaintată a poluantului. La rândul său se recuperează şi solventul prin distilare. Drept solvent poate fi folosit orice compus chimic lichid, nemiscibil cu apa şi a cărui densitate este mult diferită de cea a apei, cum este cloroformul, tetraclorura de carbon, diizopropil amina etc.

b. Striparea, transferul lichid - gaz, este procesul de îndepărtare a substanţelor volatile din apă prin antrenare cu gaze (aer, gaze de ardere, vapori de apă) şi în care faza gazoasă are rol de solvent. Procesul este favorizat de condiţiile care duc la micşorarea solubilităţii în apă a poluantului. Astfel, modificarea pH – ului conduce la forme neionizate, moleculare, greu solubile - exemplu destabilizarea acizilor slabi (a) şi a bazelor slabe (b), mercaptani; ridicarea temperaturii – desorbţia dioxidului de carbon, etc

(a) $S^{2-} + 2\,H^{+} \longrightarrow H_2S$ sau (b) $NH_4^{+} + OH^{-} \longrightarrow NH_3 + H_2O$

Experimentul 11: Într-un pahar Berzelius de 50 cm³ pune 20 ml apă minerală apoi adaugă 1 – 2 picături de acid clorhidric. Ce observi ? Scrie ecuaţia procesului chimic care a avut loc.

Interpretarea fenomenului: Acidul clorhidric (HCl) este un acid mai tare decât acidul carbonic (H_2CO_3) din apa minerală şi prin urmare acidul mai tare dislocuieşte acidul mai slab (H_2O). Astfel acidul carbonic se descompune în apă şi dioxid de carbon.

Experimentul 12: Într-un pahar Berzelius de 50 cm^3 pune 20 ml apă distilată şi 0,5 g carbonat de amoniu (praf de copt). Omogenizează amestecul apoi adaugă 1 – 2 picături de soluţie concentrată de hidroxid de sodiu (NaOH). Ce se întâmplă ? Mirosul înţepător pe care îl simţi provine de la amoniac, el nu este foarte toxic şi ajută la curăţarea ochilor datorită efectului lacrimogen pe care îl posedă. Scufundă un pai în soluţie şi încearcă să barbotezi aer (prin suflare cu gura). Ce observi ? Scrie ecuaţia chimică a procesului care a avut loc orientându-te după procesul (b) prezentat anterior.

Interpretarea fenomenului: Hidroxidul de sodiu (NaOH) este o bază mai tare decât amoniacul (NH_3) şi cum este de aşteptat baza tare dislocuieşte baza mai slabă. Dacă în soluţia din pahar se barbotează aer sau vapori de apă aceştia antrenează componenţii gazoşi şi îi scoate din soluţie. Acest lucru este pus în evidenţă de faptul că intesitatea mirosului de amoniac se intensifică.

c. Distilarea, este un proces de epurare a apelor mai rar folosit datorită consumurilor relativ mari de energie, care constă în transformarea apei în fază de vapori urmată de condensare. Adeseori se urmăreşte distilarea poluantului şi recuperarea lui prin condensare. În acest sens întotdeauna distilă componentul care are punctul de fierbere mai coborât. Se foloseşte la concentrarea sau recuperarea unor poluanţi deosebit de toxici.

Temă: Încearcă să-ţi reaminteşti din clasa a VII-a construcţia unei instalaţii de distilare folosite în laborator şi explică procesele ce au loc. Descrie o modalitate simplă de distilare a două lichide miscibile (apă şi alcool). Încearcă să realizezi experimental acest lucru.

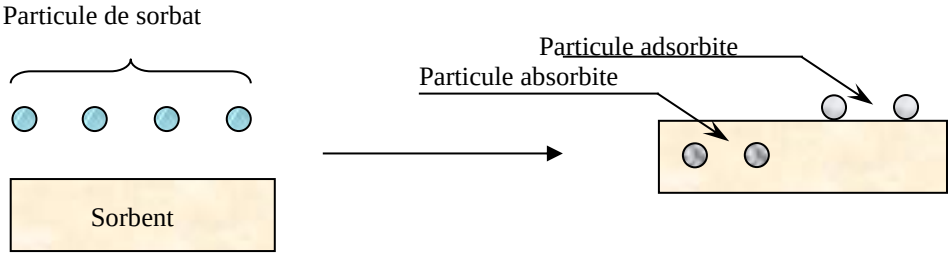
d. Îngheţarea este un proces de epurare care urmăreşte trecerea apei din fază lichidă în fază solidă, formarea cristalelor de gheaţă făcându-se în mare parte din apă pură, urmată de separarea lor de apa reziduală.

e. Spumarea este procesul de separare din apă a unor impurităţi organice dizolvate ca urmare a tendinţei lor de acumulare la interfaţa apă – aer prin flotaţie şi al respingerii lor de masa de apă. Cantitatea de substanţă acumulată la interfaţă este direct proporţională cu aria interfeţei. Formarea spumei este condiţionată de existenţa în soluţie a substanţelor tensio – active ca: detergenţi, proteine şi hidrolizate de proteine. Fenomenul este influenţat pozitiv de barbotarea unui gaz (aer) în apa uzată. Îndepărtarea poluanţilor se face prin raclarea spumei.

Experimentul 13: Într-un pahar Berzelius de 500 cm^3 sau mai mare, pune 250 ml apă distilată şi dizolvă puţin săpun sau detergent. Cu ajutorul unui pai barbotează aer în soluţie (prin suflare cu gura). Repetă experienţa introducând în soluţie particule fine de grafit (şlefuieşte cu o bucată de şmirghel o mină de creion). Ce observi ?

Interpretarea fenomenului: În ambele cazuri, săpunul sau detergentul folosit, substanţe tensioactive, micşorează tensiunea superficială a apei, adică reduc forţa cu care apa se opune întinderii sale pe o suprafaţă favorizând spumarea. În cel de-al doilea caz spuma formată adsoarbe pe suprafaţă (pelicula de soluţie din bulele de săpun), particulele de cărbune aflate în soluţie. Prin îndepărtarea spumei se îndepărtează şi impurităţile de grafit. În acelaşi mod are loc îndepărtarea mizeriei de pe mâini, haine şi alte obiecte prin spălare cu apă şi săpun, detergent, şampon etc.

f. Adsorbţia. Adeseori ai întâlnit termenii absorbant, absorbţie şi adsorbent, adsorbţie, şi probabil ai considerat că este o greşeală de tipar. Ei bine, nu este aşa, ci este vorba de de două procese de reţinere a particulelor unei substanţe, numită sorbat, de către o altă substanţă, numită sorbent. Prin urmare, absorbţia şi adsorbţia fac parte din categoria proceselor de sorbţie. Procesul invers sorbţiei este denumit desorbţie şi are ca efect eliberarea sorbatului de către sorbent.



Absorbţia, dacă ne gândim la un burete care absoarbe o pată de apă, este fenomenul de reţinere a particulelor de apă (absorbatul) în interiorul buretelui (absorbantului). Există şi alte materiale care prezintă proprietăţi absorbante cum ar fi : hârtia – în special hârtia de filtru şi hârtia de şerveţel –, creta etc; toate acestea având o proprietate comună: porozitatea. Absorbţia particulelor de absorbat are loc prin atracţia fizică a particulelor absorbantului (forţe fizice, depresurizare etc) de către absorbent, şi este urmată de umplerea porilor acestuia cu particulele absorbatului. Aşa se explică aspirarea apei de către un burete, la comprimare lui, aerul din pori este eliminat, iar la eliberarea presiunii exercitate asupra lui, depresiunea din pori exercită o forţă de sucţiune sub efectul căreia apa pătrunde în porii buretelui.

Absorbţia este întâlnită mai des în cazul lichidelor, dar funcţionează foarte bine şi faţă de gaze. Despre aceste lucruri poţi învăţa mai multe răsfoind bibliografia indicată.

Adsorbţia este tot un fenomen de reţinere, sorbţie, a particulelor unei substanţe, numite adsorbat, dar pe suprafaţa materialului care adsoarbe, numit adsorbant sau adsorbent. Sorbţia pe suprafaţa adsorbentului se datorează unor forţe fizice de atracţie generate de către însăşi suprafaţa adsorbantului. Această suprafaţă are o serie de proprietăţi mai speciale, iar pentru că face separaţia dintre adsorbent şi adsorbat se numeşte interfaţă. În funcţie de natura legăturilor formate între adsorbant şi adsorbat se disting două tipuri de adsorbţie, una fizică – realizată prin forţe numai de natură fizică – şi alta chimică, realizată prin legături chimice obişnuite. Realizarea adsorbţiei chimice este totdeauna precedată de adsorbţia fizică., în schimb realizarea adsorbţiei fizice nu implică şi realizarea unei adsorbţii chimice.

Desfăşurarea unui proces de adsorbţie implică, deci, existenţa a doi componenţi: adsorbentul – substanţa (materialul) pe care se realizează adsoarbţia, şi adsorbatul – substanţa care se adsoarbe. În timp ce substanţa adsorbantă este un lichid sau un solid, adsorbatul poate fi un gaz, un lichid sau chiar un solid. Exemplu, adsorbţia hidrogenului molecular (gaz) pe interfaţa gaz – solid a unui catalizator de fier în cursul reacţiei de sinteză catalizată a amoniacului (fierul este catalizatorul). Pe acest considerent unele materiale pot funcţiona atât adsorbtiv cât şi absorbtiv. Aşa este cazul anumitor tipuri de hârtie, bumbac (vată), celuloză etc.

Desfăşurarea procesului de adsorbţie se datorează existenţei unui sistem de micropori (pori cu dimensiuni foarte mici, microscopice) în structura suprafeţei adsorbantului şi forţelor de atracţie care iau naştere între cei doi componenţi. De aici rezultă diferenţa dintre adsorbţie şi absorbţie unde este implicat un sistem de macropori (dimensiuni mari, milimetrici).

Metoda adsorbţiei permite reţinerea selectivă a unor poluanţi chiar şi în concentraţii foarte mici. Ca material adsorbant în epurarea şi tratarea apelor se foloseşte foarte des cărbunele activ, cocsul, diferite categorii de cenuşă. Utilizarea lor se face sub formă de granule (Ø = 1 ÷ 6 mm) sau de pulberi (Ø = 0,1 ÷ 0,5 mm). Condiţia ca un material să fie un bun adsorbant este să posede o suprafaţă specifică foarte mare (raportul dintre suprafaţă activă şi masa adsorbantului), ca exemplu cărbunele activ, folosit în epurarea apelor, are o suprafaţă specifică de cca. 1000 m^2/gram. El este obţinut prin arderea unui material lemnos de esenţă tare (fag, stejar), cu cantităţi limitate de aer, urmată de stingere cu apă. Capacitatea de adsorbţie este de cca. 5 % din masa lui. Regenerarea cărbunelui activ se face prin încălzire la 900°C urmată de trecerea unui curent de vapori de apă peste

acesta. Cărbunele activ este folosit tot ca adsorbant şi în cartuşele filtrante ale măştilor de gaze. În laborator se foloseşte la îndepărtarea culorii unor soluţii şi a unor impurităţi.

Alte exemple de adsorbanţi sunt prezentate în tabelul de mai jos alături de unele caracteristici ale acestora precum şi aplicaţii ale lor.

Nr. crt.	*Adsorbantul*/ Caracteristica*	*Cărbune activ*	*Gel de silice*	*Alumină activată*
1.	Mărimea granulelor, mm.	1 – 6	1 – 6	0.75 – 12
2.	Densitatea, kg/m³	450 – 550	700 – 740	610 – 670
3.	Volumul porilor, m³/kg	0.56 – 0.68	0.37	0.35
4.	Suprafaţa specifică, m²/kg	950 – 1300	700	290
5.	Diametrul mediu al porilor, Å	18 – 25	21	48
6.	Obţinere	Arderea anaerobă a unor materiale vegetale (lemn, coji de nucă, sâmburi de fructe, pleavă) cu sau fără adaos de substanţe anorganice (clorură de zinc sau de magneziu sau de calciu) urmată de activare cu vapori de apă, oxid sau dioxid de carbon, aer sau clor	Tratarea silicatului de sodiu cu acid sulfuric, urmată de spălarea sulfatului de sodiu format şi uscare	Tratarea termică a oxidului de aluminiu precipitat sau a bauxitei. Obs. este cel mai eficace deshidratant al gazelor.

* alături de aceşti adsorbanţi artificiali există şi o serie de absorbanţi naturali. Un exemplu în acest sens îl constituie pământurile decolorante (argile, bentonite, pământul lui Fuller) formate din silicaţi naturali cu diferite grade de hidratare. Activarea lor se face prin tratare cu acid sulfuric sau clorhidric la rece. Se folosesc în scopul decolorării unor soluţii apoase.

Aplicaţii ale adsorbanţilor întâlniţi pot sunt prezentate în tabelul de mai jos:

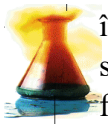
Aplicaţii	*Cărbune activ*	*Gel de silice*	*Alumină activată*	*Pământ decolorant*
Rafinarea produselor petroliere		*	*	*
Rafinarea uleiurilor minerale, vegetale şi animale	*			*
Rafinarea grăsimilor	*			*
Rafinarea cerurilor	*			*
Rafinarea zahărului	*			
Decolorarea lichidelor	*			
Purificarea şi decolorarea apei	*			
Îndepărtarea excesului de clor după clorinarea apei potabile	*			
Recuperarea şi purificarea dizolvanţilor de la spălătoriile chimice	*	*		
Uscarea gazelor		*	*	
Purificarea şi dezodorizarea gazelor	*	*	*	
Condiţionarea aerului	*	*		
Măşti contra gazelor	*	*		
Recuperarea metalelor	*			
Aplicaţii medicinale	*			
Adsorbţia hidrogenului sulfurat	*	*	*	

Experimentul 14: Într-un pahar Berzelius de 100 cm³ pune cca. 50 ml apă şi 1 – 2 picături de cerneală sau soluţie de iod. Omogenizează amestecul.

a. într-o pâlnie de filtrare aşează un filtru de hârtie , iar peste acesta un strat de granule de cărbune activ (poţi folosi cărbune pentru grătar bine mărunţit). Trece o parte din soluţia colorată prin acest filtru. Colectează filtratul într-un alt pahar Berzelius.

b. în porţiunea de soluţie rămasă presară puţin cărbune activ fin măcinat (prin pisare), apoi amestecă bine soluţia. Pentru grăbirea procesului soluţia se poate încălzi pe flacăra unui bec de gaz sau a unei spirtiere.

Ce ai observat ?



Experimentul 15: În două pahare Berzelius de 100 cm³ pune cca. 50 ml apă, adaugă în primul câteva picături de ulei sau alt produs uleios, iar în al doilea câteva picături de petrol sau terebentină. Repetă filtrarea în mod identic experimentului anterior folosind ca material filtrant fie cărbune activ, fie nisip. Ce ai observat ?

Interpretarea fenomenelor: În ambele experimente avem de-a face cu un fenomen de adsorbţie, în primul are loc adsorbţia moleculelor de colorant pe suprafaţa cărbunelui activ, iar în al doilea adsorbţia uleiului şi a petrolului sau terebentinei are loc pe suprafaţa cărbunelui activ sau chiar şi a nisipului.

Ştiai că… apa ajută la întinderea incendiilor cu produse petroliere, iar stingerea lor se face cu nisip tocmai datorită faptului că acesta adsoarbe şi reţine produsul inflamabil într-un strat limitat, iar prin acoperirea stratului adsorbit cu nisip proaspăt focul se stinge din lipsă de oxigen ?

Ştiai că… proprietatea de adsorbţie a unor materiale cum sunt paiele, rumeguşul, perlitul expandat etc. este folosită la îndepărtarea petelor de petrol în urma deversării de produse petroliere în apa fluviilor, mărilor şi oceanelor ? Faptul că ele sunt uşoare şi plutesc permite recuperarea lor de pe suprafaţa apei şi întrebuinţarea deşeurilor în alte scopuri.

III.2.2. Procese chimice

III.2.2.1. Neutralizarea

Cu toţii cunoaştem semnificaţia reacţiei de neutralizare învăţată în clasa a VII-a. O soluţie neutră are un pH = 7. Dacă o soluţie cu caracter acid sau bazic ajunge pe suprafaţa pielii noastre sau chiar în ochi, avem de-a face cu o senzaţie puternică de usturime sau chiar cu o arsură chimică.

Apa râurilor nu are niciodată pH = 7, nici chiar apa potabilă şi totuşi ea nu produce aceleaşi simptome ca şi o soluţie acidă sau bazică ajunsă în ochii noştri cu toate că pH-ul ei variază în intervalul 6,5 ÷ 8,5. Acest lucru se datorează proteinelor din organismul nostru care prin proprietăţile lor tampon intervin în reglarea pH-ului pe suprafaţa fiecărei celule. De fapt acest mediu slab acid/slab bazic nu este vătămător nici unei forme de viaţă terestră sau acvatică din aceleaşi motive, şi chiar mai mult el este prielnic aproape tuturor formelor acvatice.

Activitatea de supraveghere a calităţii apelor impune ca prim indicator de calitate pH – ul. Determinarea lui, atât pe teren cât şi în laborator, se face fie cu ajutorul hârtiei indicatoare de pH, fie cu aparate electronice de construcţie specială numite pH – metre, acestea având şi o precizie de determinare mai mare.

Experimentul 16: Recoltează o probă de apă apoi determină pH-ul acesteia. Pentru aceasta, din banda de hârtie indicatoare de pH rupe o bucată de cca. 1 ÷ 1,5 cm apoi cu o baghetă de sticlă (bine spălată, limpezită cu apă distilată şi uscată) înmuiată în apa a cărui pH se determină, atinge unul din capetele hârtiei. Vei observa colorarea acesteia. Pentru a citi valoarea de pH compară culoarea benzii cu culorile marcate pe cutia hârtiei indicatoare de pH.

Repetă determinarea pH – ului pe mai multe probe de apă, apoi stabileşte care dintre acestea are o calitate mai bună.

Neutralizarea, în contextul epurării apelor, este procesul prin care pH-ul unei ape uzate este reglat prin adaos de acid sau bază în domeniul 6,5 ÷ 8,5. Scopul neutralizării este de a micşora caracterul coroziv al acestor ape şi de a le face prielnice vieţii acvatice.

În practică se urmăreşte netralizarea reciprocă, pe cât posibil, a apelor acide cu cele bazice şi invers, în scopul reducerii cheltuielilor ce privesc agentul de neutralizare. În cele ce urmează vom studia neutralizarea acestor ape în varianta în care acest concept nu poate fi aplicat din lipsa celor două sorturi de ape. Agenţii de neutralizare folosiţi trebuie astfel aleşi încât în urma reacţiei cu acizii, respectiv cu alcaliile, să formeze compuşi netoxici, sau mai puţin toxici, cu caracter neutru (pH = 6,5 ÷ 8,5).

a. neutralizarea apelor acide, presupune folosirea unor soluţii alcaline, cum sunt cele de hidroxid de sodiu – NaOH (soda caustică) şi hidroxid de calciu – $Ca(OH)_2$ (laptele de var), dar şi a sărurilor acizilor mai slabi cum sunt: carbonatul de calciu – $CaCO_3$ (piatra de var sau calcarul, creta, marmura), dolomitul – $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, oxidul de calciu – CaO (varul nestins), carbonatul de sodiu – Na_2CO_3 (soda de rufe).

Procesele chimice care au loc se manifestă în principal asupra ionului de hidrogen (H^+) care imprimă apelor caracterul acid, dar interesează şi produşii care s-ar dori a putea fi uşor de îndepărtat sau să nu manifeste la rândul lor efect poluant. Sub acest aspect se preferă folosirea hidroxidului de calciu şi a carbonatului de calciu. Procesele chimice care au loc sunt următoarele:

$$Ca(OH)_2 + 2\,H^+ \longrightarrow Ca^{2+} + 2\,H_2O$$
$$CaCO_3 + 2\,H^+ \longrightarrow Ca^{2+} + H_2O + CO_2$$

Temă: Completează ecuaţiile reacţiilor chimice de mai sus considerând ca agent poluant un acid pe care l-ai studiat în cadrul orelor de chimie.

b. neutralizarea apelor alcaline, presupune folosirea unor soluţii acide reziduale, cum sunt cele de acid clorhidric (HCl) şi mai puţin a celorlaţi acizi datorită toxicităţii produşilor rezultaţi în urma neutralizării. Cu bune rezultate se folosesc gazele de ardere bogate în dioxid de carbon (CO2 – 14 % vol.) rezultate la arderea combustibililor în centralele termice, respectiv a dioxidului de carbon rezultat ca produs secundar în diferite procese industriale şi stocat în recipienţi de oţel.

Procesele chimice care au loc se manifestă în principal asupra ionului hidroxil (OH^-) care imprimă apelor caracter bazic. Procesele chimice care au loc sunt următoarele:

$$HCl + OH^- \longrightarrow Cl^- + H_2O$$
$$CO_2 + OH^- \longrightarrow HCO_3^-$$

Temă: Completează ecuaţiile reacţiilor chimice de mai sus considerând ca agent poluant o bază pe care ai întâlnit-o în cadrul orelor de chimie.

Neutralizarea apelor se face în bazine rectangulare, de beton, prevăzute cu dispozitive de amestecare. Adeseori neutralizarea este practicată în paralel cu oxigenarea, rolul dispozitivului de amestecare fiind luat de aerul care se barbotează în bazin. Astfel odată cu neutralizarea excesului acid sau bazic se oxidează şi unii compuşi organici sau unele specii ionice trecând în stare de oxidare maximă.

III.2.2.2. Oxidarea şi reducerea

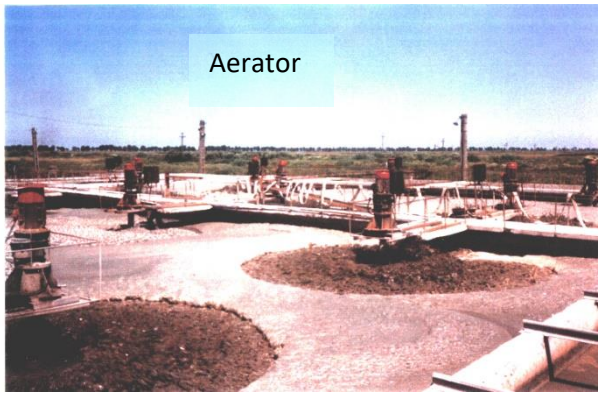
Cunoscute de voi ca reacţii redox, sau procese de oxido – reducere, oxidarea şi reducerea sunt două procese complementare ce se desfăşoară cu schimb de electroni. Oxidarea se desfăşoară prin cedare de electroni, substanţa care se oxidează fiind reducătorul, îar reducerea se desfăşoară cu acceptare de electroni, substanţa care se reduce fiind oxidantul. În timp ce oxidantul se reduce, reducătorul se oxidează.

În cazul substanţelor organice, transferul de electroni generează specii de tipul H°, O°, HO°, Cl°, Cl^+, sau alte specii asemănătoare.

În epurarea apelor se acceptă o simplificare a acestor termeni, dat fiind faptul că în procesele de oxidare ce au loc asupra poluanţilor aceştia îşi măresc conţinutul de oxigen sau îl micşorează pe cel de hidrogen, în timp ce la reducere se întâmplă contrariul.

a. Oxidarea poluanţilor din ape, se practică în scopul transformării unor compuşi chimici supărători, cum sunt ionii de Mn^{2+}, S^{2-}, CN^-, SO_3^{2-} sau compuşii organici ca fenolii, aminele, acizii humici, bacteriile etc., în compuşi inofensivi sau mai puţin supărători.

Ca agenţi oxidanţi se folosesc: oxigenul (O_2) din aer, ozonul (O_3), permanganaţii ($KMnO_4$), clorul molecular (Cl_2), hipocloriţii de sodiu şi de calciu (NaOCl), clorura de var ($CaOCl_2$), cloraminele şi chiar unii produşi intermediari rezultaţi în procesele de oxidare anodică din electroliză. Mai des utilizaţi în practică sunt: oxigenul din aer, clorul, ozonul şi hipocloriţii. În continuare ne vom opri numai asupra acestora pentru a vedea câteva proprietăţi ale lor şi modul în care îşi desfăşoară acţiunea oxidantă.



Oxigenul (O_2) din aer, este oxidantul cel mai des utilizat. Natura vie îl foloseşte încă de la apariţia atmosferei oxigenate a Terrei. Nefiind un oxidant puternic, oxidarea decurge lent la temperaturi şi presiuni normale chiar şi în prezenţa catalizatorilor.

Acest impediment este depăşit prin barbotarea oxigenului în apă, prin prelungirea operaţiei de aerare şi prin adăugare de catalizatori (oxizi de cupru, nichel, cobalt, zinc, crom, fier, magneziu, platină etc.), unii dintre aceştia găsindu-se uneori chiar în apă făcând parte din poluanţii acesteia. Are acţiune oxidantă asupra ionilor de Fe^{2+}, Mn^{2+}, S^{2-}, procesele oxidative care au loc putând fi reprezentate sub forma:

$$Fe^{2+} \quad - \quad e^- \longrightarrow Fe^{3+};$$

$$Mn^{2+} - 5\,e^- \longrightarrow Mn^{7+};$$

Ozonul (O_3), este un oxidant puternic pentru o gamă largă de poluanţi, în special organici şi bacteriologici. Este generat prin descărcări electrice la tensiuni înalte (5 000 ÷ 30 000 V), în aer sau oxigen uscat, răcit contiunuu pentru a se evita explozia. Aerul şi oxigenul ozonizat sunt barbotaţi în apă. În practică este folosit la decolorarea apei, oxidarea parţială a fenolilor, detergenţilor, cianurilor, distrugerea microorganismelor în cadrul tratării apei în scopuri potabilizării ei. Acţiunea oxidantă se datorează desfacerii moleculei de ozon şi generarea de oxigen atomic foarte activ.

$$O_3 \longrightarrow O_2 + [O]$$

Permanganaţii, sunt oxidanţi puternici folosiţi la finalizarea epurării apelor în scopul eliminării culorii şi a mirosului. Sunt oxidanţi excelenţi pentru Fe^{2+}, Mn^{2+}, S^{2-} şi CN^-. Bioxidul de mangan rezultat funcţionează ca absorbant şi coagulant, dar trebuie îndepărtat.

Clorul (Cl_2), este un oxidant foarte bun pentru hidrogen sulfurat, mercaptani, nitriţi, amoniac, Fe^{2+}, Mn^{2+}, CN^- , unele substanţe organice şi microorganisme. Acţiunea dezinfectantă se datorează formării de oxigen atomic sub acţiunea luminii (a). Oxidarea ionului cian se poate face până la cianaţi sau chiar la azot, dioxid de carbon şi apă (b).

$$\text{(a)}\quad Cl_2 + H_2O \longrightarrow HCl + HOCl$$
$$HOCl \longrightarrow H^+ + OCl^-$$
$$\text{(b)}\quad CN^- + OCl^- \longrightarrow CNO^- + Cl^-$$
$$2\,CNO^- + 3\,OCl^- + H_2O \longrightarrow N_2 + 2\,HCO_3^- + 3\,Cl^-$$

b. Reducerea poluanţilor din ape se practică în scopul transformării oxidanţilor nocivi din apă în substanţe inofensive sau care pot fi îndepărtate ulterior prin alte procese de epurare. Ca agenţi reducători se folosesc metale ordinare (Fe) sau săruri ale acestora ($FeSO_4$)în mediu acid (H_2SO_4).Un exemplu elocvent este precipitarea cromului din soluţie. Pentru aceasta este necesară reducerea cromului hexavalent din bicromaţi la crom trivalent, aşa cum este arătat mai jos.

$$Cr_2O_7^{2-} + 6\,FeSO_4 + 7\,H_2SO_4 \longrightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3\,Fe_2(SO_4)_3 + 7\,H_2O + SO_4^{2-}$$

Alte aplicaţii sunt: reducerea clorului activ în exces cu sulfiţi sau bioxid de sulf, insolubilizarea unor ioni metalici (Cu, Ag) prin reducere cu metale ordinare (Fe) etc.

Temă: Încearcă să scrii ecuaţiile reacţiilor chimice ale proceselor de oxidoreducere care au loc în cazurile descrise anterior.

O aplicaţie interesantă o constituie analiza încărcării apelor cu materiale oxidabile, în special cu compuşi organici. În acest scop laboratoarele de analiză a apelor practică trei analize specifice şi anume determinarea consumului chimic de oxigen faţă de bicromatul de potasiu (CCO – Cr), determinarea consumului chimic de oxigen în raport cu permanganatul de potasiu (CCO – Mn) şi consumul biochimic de oxigen in decurs de 5 zile (CBO_5). Principiul primelor două analize constă în determinarea cantităţii de bicromat şi respectiv de permanganat de potasiu care se consumă la oxidarea tuturor compuşilor oxidabili dintr-un volum bine determinat de apă, în timp ce la ultima metodă se determină cantitatea de oxigen dizolvat din apă care se consumă prin oxidare în decurs de 5 zile, la temperatură constantă (20°C).

Indicaţie: Întrucât efectuarea acestor determinări necesită o dotare specială, în cursul vizitei la laboratorul de analiză a apelor, solicită chimiştilor din acest laborator să efectueze o analiză

demonstrativă a determinărilor menţionate. Notează etapele determinării, modul de lucru şi observaţiile tale în caiet pentru a putea întocmi un referat pe tema vizitei efectuate.

III.2.2.3. Precipitarea

În reacţiile pe care le-aţi efectuat în laborator adeseori aţi întâlnit reacţii a căror final era indicat de depunerea unui strat de substanţă în vasul de reacţie, numit precipitat. Reacţia în cursul căreia se formează precipitatul se numeşte precipitare. Obţinerea unui precipitat nu este rezultatul numai a reacţiilor chimice de precipitare, ci, aşa cum vom vedea în continuare, există şi alte situaţii în care un compus chimic poate să precipite.

În epurarea apelor, precipitarea este folosită ca o operaţie de transformare a poluanţilor din apele uzate în produşi insolubili. Insolubilizarea poluanţilor se poate face prin transformarea lor în alte substanţe, insolubile – prin reacţii de precipitare; sau prin schimbarea unor condiţii fizice de mediu. În acest ultim caz se urmăreşte suprasaturarea prin concentrare, mărirea concentraţiei ionului comun (a celui mai puţin nociv).

Precipitarea prin formare de produşi insolubili se realizează cu ajutorul unor reactivi specifici poluantului respectiv. Astfel,

- precipitarea cianurilor se face cu săruri de fier bivalent ($FeSO_4$), când se obţin ferocianuri insolubile, netoxice şi stabile:

$$CN^- + Fe^{2+} \longrightarrow Fe(CN)_2 \xrightarrow{+\ CN^-_{exces}} [Fe(CN)_6]^{4-}$$

- precipitarea sărurilor metalelor alcalino – pământoase se face cu var (CaO) şi hidroxizi alcalini, când se obţin hidroxizi insolubili:

$$Mg^{2+} + HO^- \longrightarrow Mg(OH)_2$$

Experimentul 17: Într-o eprubetă toarnă cca. 1,5 ml soluţie clorură de magneziu – 5%, apoi adaugă câteva picături de soluţie de hidroxid de sodiu – 10 %. Agită conţinutul eprubetei, apoi aşează eprubeta în stativ. Urmăreşte cu atenţie formarea şi depunerea precipitatului. Observă forma şi culoarea acestuia.

Temă: Scrie ecuaţia reacţiei chimice care a avut loc. Exemplifică alte reacţii de precipitare pentru acest caz şi, dacă este posibil, verifică-le experimental.

- precipitarea sărurilor metalelor grele se face cu sulfuri (sulfaţi şi proteine), când se obţin sulfaţi greu solubili:

$$Pb^{2+} + S^{2-} \longrightarrow PbS$$

Experimentul 18: Într-o eprubetă toarnă cca. 1,5 ml soluţie de acetat de plumb – 10 %, apoi adaugă câteva picături de soluţie de acid sulfuric – 2%. Agită conţinutul eprubetei, apoi aşează eprubeta în stativ. La nevoie adaugă acid în picături. Urmăreşte cu atenţie formarea şi depunerea precipitatului. Observă forma şi culoarea acestuia.

Temă: Scrie ecuaţia reacţiei chimice care a avut loc. Exemplifică alte reacţii de precipitare pentru acest caz şi, dacă este posibil, verifică-le experimental.

- precipitarea sulfurilor se face cu săruri sau hidroxizi de fier, când se obţin sulfuri insolubile:

$$S^{2-} + Fe^{2+} \longrightarrow FeS$$

Experimentul 19: Într-o eprubetă toarnă cca. 2 ml soluţie diluată de sulfură de amoniu apoi adaugă citeva picăutri de soluţie de sulfat de fier (II). Agită conţinutul eprubetei, apoi aşează eprubeta în stativ. Urmăreşte cu atenţie formarea şi depunerea precipitatului. Observă forma şi culoarea acestuia.

Temă: Scrie ecuaţia reacţiei chimice care a avut loc. Exemplifică alte reacţii de precipitare pentru acest caz şi, dacă este posibil, verifică-le experimental.

- precipitarea (orto)fosfaţilor se face cu săruri de fier, aluminiu sau magneziu, când se obţin fosfaţi insolubili;
-

$$PO_4^{3-} + Al^{3+} \longrightarrow AlPO_4$$

Experimentul 20: Într-o eprubetă toarnă 2 ml soluţie de fosfat monoacid de sodiu sau potasiu – 10%, apoi adaugă picătură cu picătură soluţie de sulfat de fier (II). Agită conţinutul eprubetei, apoi aşează eprubeta în stativ. Urmăreşte cu atenţie formarea şi depunerea precipitatului. Observă forma şi culoarea acestuia.

Temă: Scrie ecuaţia reacţiei chimice care a avut loc. Exemplifică alte reacţii de precipitare pentru acest caz şi, dacă este posibil, verifică-le experimental.

Precipitarea prin suprasaturarea unei soluţii se realizează prin creşterea concentratiei substanţei dizolvate, a solutului, până la valoarea la care acesta nu se mai dizolvă. Surplusul de substanţă se aşează pe fundul vasului, precipită. Cu cât solubilitatea unei substanţe este mai mică cu atât precipitarea are loc mai uşor, iar în soluţie rămâne o cantitate mai mică. Soluţiile saturate au fost studiate la chimie în clasa a VII şi nu mai este cazul să ne oprim asupra lor. Suprasaturarea prin concentrare se realizează prin încălzirea apei şi evaporarea unei părţi cât mai mari din aceasta, evident cu un consum mare de energie.

Experimentul 21: Folosind clorură de sodiu (sare de bucătărie) şi apă prepară o soluţie concentrată (dar nu saturată) de apă sărată (saramură).Atenţie – pe fundul vasului nu trebuie să rămână cristale de sare nedizolvate, în caz contrar decantează soluţia în alt vas. Aşează vasul în care ai preparat soluţia pe o sită de azbest încălzită la flacăra unui bec de gaz şi urmăreşte fenomenul. Vei observa că pe măsură ce apa se evaporă, pe fundul vasului se acumulează cristale de sare. După apariţia cristalelor opreşte încălzirea soluţiei pentru a nu se evapora complet apa, evitând spargerea vasului de sticlă. Este indicat să îndepărtezi vasul de pe sita de azbest cu ajutorul unui cleşte de metal sau lemn.

Precipitarea prin mărirea concentraţiei ionului comun se realizează prin adăugarea unui electrolit ce conţine unul din ionii precipitatului, dar nu pe cel nociv. Un caz întâlnit în practică este precipitarea fluorurilor din soluţie sub formă de fluorură de calciu după ecuaţia:

$$2\,F^- + Ca^{2+} \rightleftharpoons CaF_2$$

Adăugarea de ioni de calciu în exces va duce la precipitarea unei noi cantităţi de fluorură de calciu. Continuând adăugarea ionului în exces la un moment dat precipitarea se încheie datorită precipitării totale a ionului respectiv. Există şi situaţii în care agentul de precipitare adăugat în exces determină dizolvarea precipitatului.

Experimentul 22: Într-o eprubetă toarnă 2 ml de apă distilată apoi adaugă 2 picătri de soluţie de azotat de argint. Agită conţinutul eprubetei, apoi adaugă câteva picătri de acid clorhidric. Precipitatul se formează instantaneu. Acum adaugă 1 ml de soluţie concentrată de clorură de

sodiu (saramură). Cu multă atenţie vei observa continuarea procesului de precipitare determinat de excesul ionilor de clor (ionul comun).

Observaţie: În acest caz adăugarea de acid clorhidric putea continua precipitarea fără a dizolva precipitatul deja format. Important este faptul că prezenţa ionului comun determină continuarea precipitării.

În domeniul apelor reacţia de pĂrecipitare este des folosită în determinarea conţinutului în sulfaţi a apelor. În acest sens ionii de sulfat sunt precipitaţi cu clorură de bariu, apoi, precipitatul alb este antrenat şi stabilizat în soluţie cu un reactiv special, conţinând glicerină, alcool izopropilic şi clorură de sodiu; sub forma unei suspensii. Conţinutul în ioni sulfaţi se obţine prin măsurarea turbidităţii soluţiei în raport cu un etalon.

III.2.2.4. Coagularea şi floculare

Din primele ore de chimie ai întâlnit numeroase exemple de soluţii. La majoritatea dintre ele, solutul, substanţa dizolvată, era dispersat într-un solvent atât de bine încât vizualizarea particulelor de solut nu se putea face nici la microscop. O astfel de soluţie este considerată soluţie adevărată şi reprezintă un sistem omogen, în care particulele există în stare moleculară, ionică sau atomică. Exemple: soluţia apoasă de clorură de sodiu, zahăr, sulfat de cupru etc.

De asemenea ai întâlnit cazul sulfului. Acesta nu se dizolvă în apă ori cât de mult s-ar încerca omogenizarea componenţilor. Particulele de sulf pot fi observate cu ochiul liber. O astfel de "soluţie" este un sistem eterogen cunoscut sub denumirea de suspensie.

Între aceste două tipuri de soluţii se încadrează un caz intermediar de soluţie în care particulele de solut (substanţă dizolvată, solvat) sunt fin dispersate într-un mediu lichid. O astfel de soluţie se numeşte sol, dispersoid sau soluţie coloidală. Particulele coloidale au dimensiuni mai mari decât ionii şi moleculele dar suficient de mici pentru a nu putea fi văzute la microscop.

Soluţia coloidală este formată dintr-un mediu dispergent (corespunzător solventului unei soluţii adevărate) şi o fază dispersă formată din particule fin dispersate (corespunzătoare solvatului unei soluţii adevărate). Conform acestei "reţete" există o diversitate foarte mare de soli coloidali dat fiind faptul că atât faza disprsă cât şi mediul de dispersie pot adopta una din cele trei stări de agregare solidă, lichidă sau gazoasă. În tabelul de mai jos sunt prezentate cele mai cunoscute astfel de sisteme.

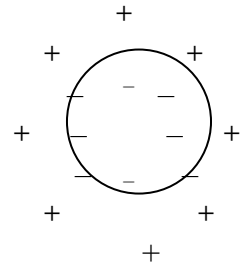
Mediul de dispersie	*Faza dispersă*	*Denumirea coloidului*
Solid	Solid	Soli solizi, pirosoli
	Lichid	Incluziuni minerale, geluri umede
	Gaz	Bureţi şi spume solide, geluri uscate
Lichid	Solid	Soli, suspensii
	Lichid	Emulsii
	Gaz	Emulsii apoase, spume diluate
Gaz	Solid	Aerosoli, fum
	Lichid	Ceaţă
	Gaz	Amestecuri moleculare (soluţii adevărate)

În epurarea apelor ne interesează soluţiile coloidale în care particula coloidală (solidă, lichidă sau gazoasă) se găseşte dispersată într-un mediu de dispersie lichid (apos). Aspectul unei astfel de soluţii coloidale apoase este tulbure.

În medii lichide particulele coloide pot manifesta afinitate faţă de lichid, coloidul numindu-se liofil (hidrofil), sau să nu menifeste afinitate faţă de lichid, coloidul numindu-se liofob (hidrofob).

Stabilitatea soluţiilor coloidale este asigurată în cazul solilor hidrofili de existenţa moleculelor de apă adsorbite pe suprafaţa acestora, iar în cazul solilor hidrofobi de forţele de respingere electrostatică dintre particule.

Existenţa sarcinii electrice pe suprafaţă solilor hidrofobi se datorează fie adsorbţiei unor ioni din soluţie pe suprafaţa particulelor, fie existenţei în interiorul particulei coloide (cazul macromoleculelor proteice) a unui număr mare de grupări acide (- COOH) sau bazice (- NH_2) care în mediul apos ionizează. Această formă de stabilizare poate fi uşor perturbată de unii factori interni sau externi, coloizii putând coagula şi/sau flocula.



Distribuţia sarcinilor electrice pe o particulă coloidală

Coagularea coloizilor se datorează destabilizării învelişului electric al particulelor coloide urmată de agregarea (unirea) particulelor. Destabilizarea se realizează prin interacţiuni (ciocniri) între particule sau interacţiuni între particule şi mediul dispergent. Dacă interacţiunile dintre particule sunt mai intense decât cele dintre particule şi mediul dispergent, solul coagulează apoi sedimentează, în caz contrar are loc dizolvarea completă a dispersoidului cu formare de soluţie adevărată.

Utilizarea coagulării la epurarea apelor constă în tratarea acesora cu săruri de metale trivalente (Fe^{3+}, Al^{3+}) care formează hidroxizi metalici polimeri şi care sunt adsorbiţi de particulele coloide coagulându-le. În mod identic se folosesc polimeri organici cum sunt: poliacrilamida, acidul poliacrilic etc.

Experimentul 23: verificarea capacităţii de coagulare a unor factori fizici şi chimici:

a. verificarea influenţei factorilor fizici asupra coagulării:

Într-un pahar Berzelius de 500 cm^3 pune cca. 400 ml de apă distilată, apoi adaugă un albuş de ou. Omogenizează amestecul până obţii o soluţie puţin opacă. Încălzeşte conţinutul paharului pe flacăra unui bec de gaz sau a unei spirtiere. Pentru aceasta foloseşte un trepied şi o sită de azbest. Cu ajutorul unei baghete agită continuu conţinutul. Ce observi ?

b. verificarea influenţei factorilor chimici asupra coagulării:

Recoltează o probă de apă de râu. După sedimentarea particulelor grele şi limpezirea apei, separă partea limpede prin decantare. Trece lichidul într-o eprubetă astfel încât să formzi o coloană de lichid de cca 4 ÷ 5 cm. Priveşte conţinutul eprubetei în contralumină (spre geam sau în direcţia unui bec aprins). La nevoie foloseşte o lupă. Vei observa mici particule plutind în masa de lichid. Mişcarea lor haotică, numită mişcare de agitaţie termică sau mişcare browniană, nu permite sedimentarea lor. Acum este momentul să adaugi câteva picături de sulfat de aluminiu sau de fier. Ce observi ?

Interpretarea fenomenelor: În primul caz (a), înainte ca soluţia proteică să fiarbă, în soluţie apar particule mici, albe, vizibile cu ochiul liber, care, în lipsa amestecării, sedimentează. Acest proces reprezintă o coagulare sub acţiunea căldurii. În cel de-al doilea caz (b), coagularea este produsă de sarea folosită ca agent de coagulare. În cazul folosirii sării de fier, particulele coloide adsorb ionii de fier din soluţie colorându-se în verde. Ambele situaţii corespund unei reacţii de hidroliză în care se formează hidroxidul de fier, respectiv hidroxidul de aluminiu. Ambii hidroxizi prezintă proprietatea de a polimeriza formând geluri care adsorb şi se adsorb pe particulele coloide, iar în final sedimentează.

Floculareа coloizilor se datorează destabilizării particulelor coloide prin adsorbţia pe suprafaţa lor a unor molecule mari, polimerice, care formează punţi de legătură între particule. Procesul are loc lent şi este vizibil cu ochiul liber. Iniţial se observă o creşte a opalescenţei lichidului

urmată, apoi, de apariţia unor aglomerate fine, numite flocoane, care cresc în timp apoi se depun lăsând în urmă lichidul clar.

Experimentul 24: Îndepărtarea turbulenţei apei.

Recoltează cca. 0,5 litri de apă de râu. Transvazează apa într-un pahar Berzelius, apoi aşteaptă ca particulele grele să sedimenteze, iar apa să devină aproape limpede. Din acest moment, oricât ai aştepta sedimentarea restului de particule, apa nu se va limpezi complet. Pentru limpezire adaugă apei 5 ml soluţie sulfat de zinc 10 % , iar după omogenizare adaugă 4 ÷ 5 ml soluţie de hidroxid de sodiu 25 %. Omogenizează conţinutul vasului, apoi lasă-l în repaus 5 ÷ 10 minute.

Observă transformările care au loc şi notează-ţi concluziile.

Ştiai că… această modalitate de îndepărtare a turbulenţei apei este utilizată în cadrul determinării conţinutului în ioni amoniu a apei pentru îndepărtarea interferenţelor cauzate de particulele coloidale asociate cu turbulenţa, iar pentru apa potabilă turbulenţă se elimină cu sulfat de aluminiu ?

Utilizarea floculării la epurarea apelor constă în tratarea acestora cu hidroxid de zinc prin generarea acestuia în soluţie în modul indicat în experiment. În cazul nămolurilor şi a apei brute flocularea este asigurată de către secreţiile unor microorganisme care se găsesc în nămol, respectiv în apă.

III.2.2.5. Schimbul ionic. Schimbători de ioni

Unele materiale naturale cum sunt argilele şi zeoliţii, în contact cu apa dau naştere unor procese de schimb între ionii apei şi ionii proprii ai materialului. Astfel de materiale sunt cunoscute sub denumirea de schimbători de ioni, iar proprietatea lor este numită schimb ionic şi are numeroase aplicaţii în demineralizarea apei.

Schimbătorii de ioni pot fi schimbători de cationi, numiţi cationiţi, sau de anioni, numiţi anioniţi. Cationiţii reţin cationii din soluţie, în timp ce anioniţii reţin anionii din soluţie. Astfel, dacă urmărim ca dintr-o soluţie foarte diluată de electrolit să îndepărtăm ambele specii ionice, atât anionul cât şi cationul, va trebui să trecem întâi soluţia prin cationit, pentru a reţine cationii, şi apoi prin anionit, pentru a reţine anionii. Această operaţie de reţinere a unor ioni dintr-o soluţie diluată se numeşte demineralizare. Prin urmare, o instalaţie simplă pentru demineralizarea apei se poate construi din două coloane de sticlă aşezate vertical, una umplută cu cationit, iar cealaltă cu anionit. Instalaţia astfel construită se numeşte coloană schimbătoare de ioni.

Dar ce se întâmplă cu ionii schimbătorului de ioni ? Reţinerea unei specii ionice de către schimbătorul de ioni, indiferent de natura sa, nu poate fi făcută atâta timp cât schimbătorul îşi are asigurată electroneutralitatea sarcinilor. Cercetările au arătat că ionii din soluţie se adsorb fizic pe suprafaţa schimbătorului, fără a perturba legăturile ionice din acesta. Apoi, datorită condiţiilor de mediu, o parte din ionii schimbătorului sunt antrenaţi de soluţia de electrolit trecută peste acesta. Locul liber va fi luat de ionii adsorbiţi iniţial pe schimbător şi vor fi implicaţi în legături cu acesta.

Ştiind că într-o reacţie de schimb ionic, există o regulă a schimbului conform căreia ionul mai electropozitiv înlocuieşte ionul mai puţin electropozitiv, constituită în seria potenţialelor electrochimice (seria Beketov – Volta), iar în cazul schimbătorilor de ioni aceasta se respectă. În acest sens, un schimbător de ioni, este preparat într-o anumită formă, adică pe el se grefează cationi sau anioni de un anumit tip, şi care să nu influenţeze, la final, soluţia trecută prin coloana schimbătoare de ioni. Mai exact, pentru demineralizarea apei care conţine, spre exemplu, ioni de calciu şi anioni clorură, cationitul trebuie să reţină ionii de calciu şi să elibereze protoni (a), respectiv anionitul să reţină ionii de clorură şi să elibereze ioni hidroxil (b). În acest mod schimbătorul de ioni

înlocuieşte ionii străini cu ionii apei, aceştia recombinându-se în molecula de apă (c). Apa obţinută este o apă lipsită de specii ionice (apă demineralizată).

a. $2\,\underset{\text{cationit (forma H)}}{ZH} + Ca^{2+} \underset{\text{regenerare}}{\overset{\text{demineralizare}}{\rightleftharpoons}} Z_2Ca + 2\,H^+$

b. $\underset{\text{anionit (forma OH)}}{ROH} + Cl^- \underset{\text{regenerare}}{\overset{\text{demineralizare}}{\rightleftharpoons}} RCl + OH^-$

c. $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$

Cationiţii care eliberează protoni spunem că sunt în forma H, în timp ce anioniţii care eliberează grupări hidroxil sunt în forma OH. În acelaşi mod se pot prepara cationiţi în forma Na, care în locul ionilor de calciu reţinuţi, de exemplu, eliberează ioni de sodiu. Un astfel de cationit este folosit la dedurizarea apei. Duritatea apei se datorează sărurilor (carbonaţi, cloruri, sulfaţi) care conţin ioni de calciu şi magneziu, şi care se depun la încălzirea apei pe pereţii vaselor sub formă de cruste de piatră, îngreunează fierberea legumelor, apa nu face spumă cu săpunul ş.a.m.d. apa trecută printr-o coloană schimbătoare de ioni formată dintr-un cationit în forma Na şi un anionit în forma OH, va înlocui cationii Ca^{2+} şi Mg^{2+} cu ioni de Na^+, iar anionii cu ioni hidroxil. Apa astfel obţinută este o apă dedurizată, dar nu şi o apă demineralizată întrucât cationitul a introdus în apă ioni de sodiu (d).

d. $2\,\underset{\text{cationit (forma Na)}}{ZNa} + Ca^{2+} \rightleftharpoons Z_2Ca + 2\,Na^+$

După folosirea unei coloane schimbătoare de ioni, speciile ionice se înlocuiesc total cu ionii din soluţie, iar schimbătorul nu mai funcţionează. Ţinând cont că schimbătorul de ioni se comportă ca o sare provenită dintre un acid slab şi o bază slabă, trecerea prin cationit a unui acid tare, şi în acest caz se preferă acidul clorhidric, ionii de calciu vor fi înlocuiţi cu protoni, respectiv trecând peste anionit o bază tare, preferat fiind hidroxidul de sodiu, anionii reţinuţi vor fi schimbaţi cu ioni hidroxil. În acest mod schimbătorul de ioni se regenerează.

Temă: Scrie ecuaţiile procesele chimice menţionate mai sus atât în cazul demineralizării apei cât şi în cazul regenerării schimbătorilor de ioni.

Să construim o coloană schimbătoare de ioni Pentru aceasta avem nevoie de doi cilindri de sticlă cu diametrul de 2 ÷ 3 cm şi lungimea de 50 cm, dar foarte bine putem folosi două tuburi de PVC cu aceleaşi dimensiuni; două dopuri perforate cu diametrul exterior corespunzător tuburilor de sticlă, iar cel interior de 6 mm; două tuburi subţiri de sticlă cu diametrul de 6 mm şi lungimea de 8 ÷ 10 cm; vată; răşină schimbătoare de ioni (anionit şi cationit), doi suporţi metalici, două cleme şi două mufe.

Introducem tuburile subţiri de sticlă în orificiul dopurilor, pentru a intra uşor acestea trebuiesc umezite sau unse cu vaselină siliconică, până ce vârful fiecărui tub se găseşte la ieşirea din dop, apoi introducem dopurile în capătul tuburilor groase de sticlă sau PVC. Întroducem o bucată de vată în fiecare tub astfel încât, la baza acestuia, deasupra dopului, să se constituie un strat de vată de cca. 3 ÷ 5 cm. Tasăm apoi stratul de vată cu o tijă. Etichetăm tuburile cu inscripţia corespunzătoare anionitului şi cationitului. În tubul pentru anionit vom introduce răşina schimbătoare de anioni, iar în tubul pentru cationit vom introduce răşina corespunzătoare pentru schimbătorul de cationi, astfel încât deasupra fiecăruia, după tasarea substanţei, să rămână un spaţiu gol cu o lungime de 10 cm.

Deasupra răşinii se constituie câte un dop de vată similar cu cel creat la baza tubului. Fixăm cele două coloane în stativ cu ajutorul clemelor şi mufelor, apoi trecem cca 1 litru apă distilată prin fiecare coloană astfel încât schimbătorul să se activeze şi să se îndepărteze eventualele substanţe solubile. Coloanele schimbătoare de ioni sunt gata. Să vedem dacă funcionează.

Pentru testare vom folosi apă de robinet, apă de izvor sau apă de râu. Se ştie că această apă este mai mult sau mai puţin dură, astfel încât, după evaporare, aceasta lasă o urmă de praf alb pe pereţii vaselor în care a fost încălzită (încălzind cantităţi mari de apă stratul devine o crustă cu o grosime considerabilă). Pentru a demonstra funcţionarea schimbătorilor de ioni, vom pune la evaporat 100 ml de apă netratată într-o capsulă de porţelan. Aceasta va constitui proba martor. În continuare vom trece cca. 1000 ml de apă netratată prin colana de cationit, apoi apa colectată o vom trece prin coloana de anionit. De fiecare dată primii 200 ml de apă îi îndepărtăm. Acum apa ar trebui să fie demineralizată. Să ne convingem de acest lucru. Într-o capsulă de porţelan luăm acelaşi volum de apă, de data aceasta tratată în schimbătorii de ioni, 100 ml, şi îi evaporăm.

Comparând cele două capsule de porţelan rezultatul testului va fi evident. Capsula conţinând proba martor va conţine un rezidiu calcaros (încearcă să ştergi praful cu degetul), în timp ce capsula cu proba test va fi curată.

III.3. Staţia de epurare

III.3.1. Caracteristicile şi elementele constructive ale unei staţii de epurare

Toate operaţiile despre care am vorbit până în prezent se desfăşoară în instalaţii special amenajate scopului fiecăreia dintre ele. Un ansamblu de astfel de instalaţii, organizat sub forma unui tot unitar, îl constituie ceea ce cunoaştem sub denumirea de staţie de epurare a apelor.

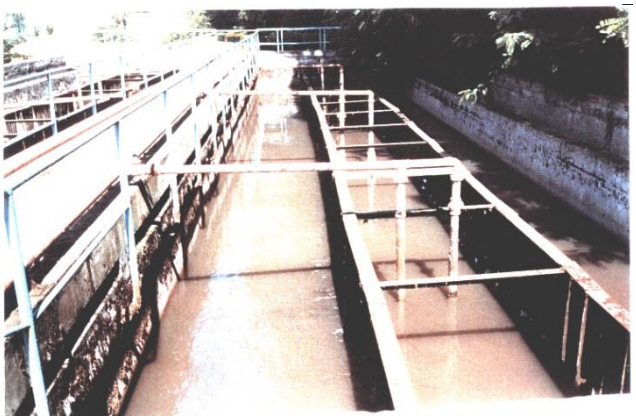
Obiectivul principal al staţiei de epurare îl constituie reţinerea sau neutralizarea substanţelor nocive din apele uzate, în scopul evacuării lor într-un receptor (râu, fluviu, mare, ocean), fără a perturba echilibrul fizico – chimic şi biologic al acestuia. În secundar o staţie de epurare poate prelucra şi/sau valorifica anumite substanţe rezultate din prima categorie. Astfel, colectarea nămolurilor ar constitui o problemă de spaţiu şi de mediu pentru orice staţie de epurare dacă acest nămol nu ar putea fi valorificat. În acest sens nămolul poate fi folosit ca sursă de biogaz, sau după prelucrare (mineralizarea nămolului) ca îngrăşământ, material de construcţie etc.

Construcţia unei staţii de epurare implică cunoaşterea tipului de apă uzată pe care aceasta trebuie să o epureze. În acest sens, pentru fiecare activitate umană, se construieşte un tip de staţie de epurare care să asigure în cele mai bune condiţii îndepărtarea poluanţilor din aceste ape. Pentru aceasta se va ţine cont de debitele apelor uzate care vor trece prin staţie, natura poluanţilor şi gradul de încărcare cu aceştia. În general există patru sisteme de epurare a apelor, fiecare având particularităţile şi întrebuinţările lor specifice.

Caracterizarea funcţionării unei staţii de epurare se face printr-un parametru numit grad de epurare (eficienţă) definit ca procentul de reducere a unei anumite substanţe conţinută în apele uzate atunci când aceasta trece prin staţia de epurare. Gradul de epurare se poate determina în raport cu oricare din indicatorii de poluare care caracterizează staţia. De exemplu, pentru apele menajere şi sanitare orăşeneşti se va urmări un indicator caracteristic: detergenţi, fosfaţi ,azotaţi, azotiţi, amoniu sau numărul de bacterii/dm^3, şi nu se va evalua în raport cu benzenul sau toluenul care sunt indicatori pentru apele uzate din industria de prelucrare a produselor petroliere.

Elementele constructive ale unei staţii de epurare şi rolul pe care acestea îl au sunt prezentate în tabelul care urmează:

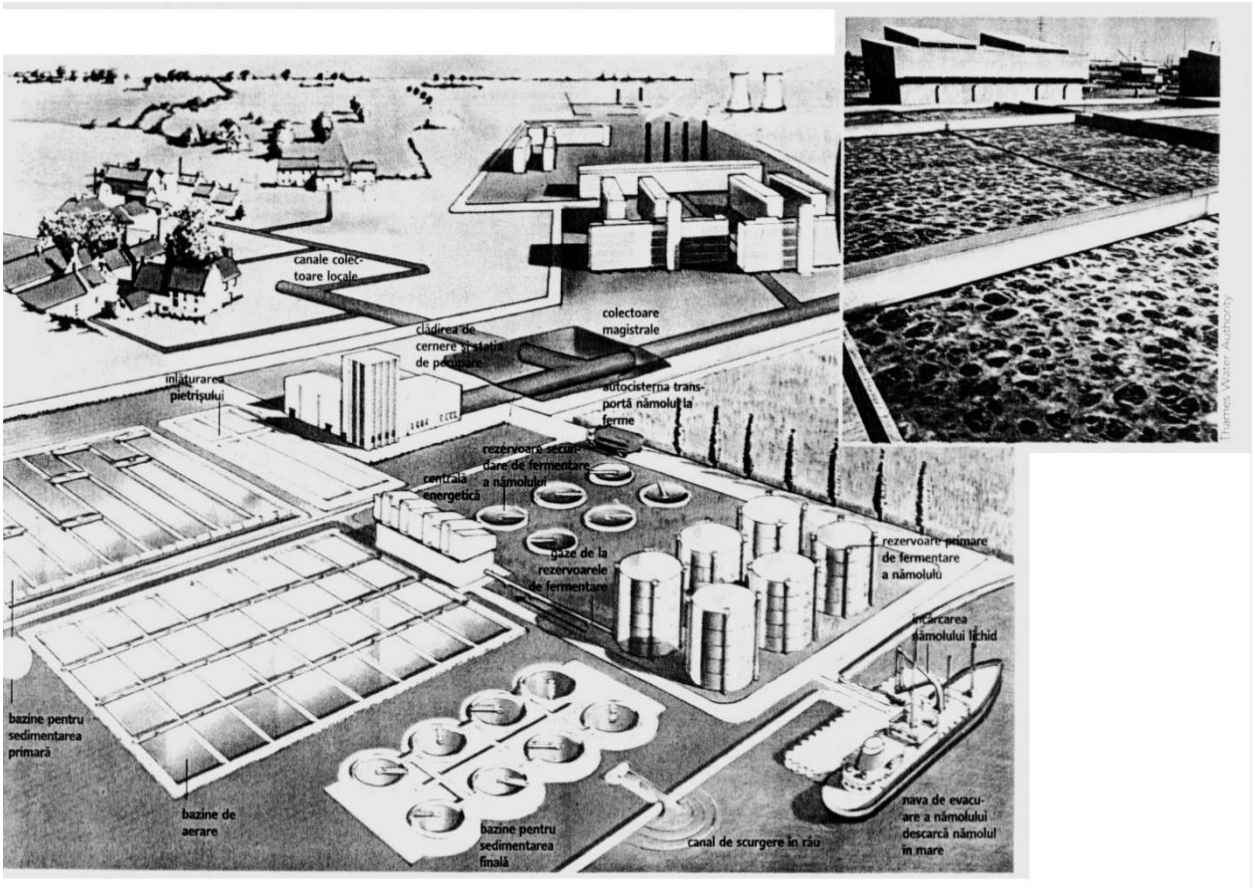
Elementul constructiv al staţiei	*Rolul elementului constructiv*
Grătare şi site	Reţin corpurile solide cu dimensiuni mai mari decât a ochiurilor acestora.
Deznisipatoare	Îndepărtează sedimentele antrenate de apele uzate care au trecut prin grătarele şi sitele din amonte.
Separatoare de grăsimi	Îndepărtează grăsimile din apele uzate pe principiul flotaţiei.
Decantoare	Îndepărtează prin sedimentare substanţele insolubile din apa uzată.
Rezervoare reactivi	Stochează cantităţile de reactivi necesari neutralizării şi precipitării poluanţilor
Bazin pentru amestecare	Construcţie destinată realizării amestecului omogen dintre reactivii folosiţi la neutralizare şi precipitare cu apa supusă epurării chimice
Bazin pentru realizarea procesului chimic	Construcţie destinată realizării procesului chimic urmărit. Uneori acest bazin serveşte şi pentru efectuarea operaţiei de amestecare .
Bazin înmagazinare	Construcţie destinată acumulării şi stocării pe o perioadă mai lungă de timp a apelor epurate în vederea evacuării lor pe câmpuri de irigare
Câmp de irigare	Suprafaţă de teren cu o structură favorabilă drenajului şi epurării biologice pentru apele epurate mecanic. Această epurare se foloseşte numai pentru ape uzate ce nu trebuie tratate chimic.
Staţie de pompare	Instalaţie menită să faciliteze transportul apelor uxate sau a nămolului de la un nivel inferior spre un nivel superior. În practică se preferă, acolo unde există posibilitatea, folosirea transportului gravitaţional.
Staţie de clorinare	Instalaţie menită să îndepărteze din apele epurate fizic, chimic şi biologic a microorganismelor rămase în aceasta.
Construcţii pentru fermentarea nămolului	Instalaţii (decantoare cu etaj, rezervoare de fermentaţie) care oferă nămolului condiţiile de temperatură, presiune şi mediu propice desfăşurării procesului de fermentare aerobă sau anaerobă
Construcţii pentru deshidratarea nămolului	Instalaţii (platforme de deshidratare, filtru presă, filtru vacuum) care ajută la îndepărtarea apei din nămolul fermentat, reducând astfel volumul acestuia în scopul depozitării sau transportării lui.



Separator de grăsimi

Paturi de deshidratare a nămolului

Imaginea de ansamblu a unei staţii de epurare



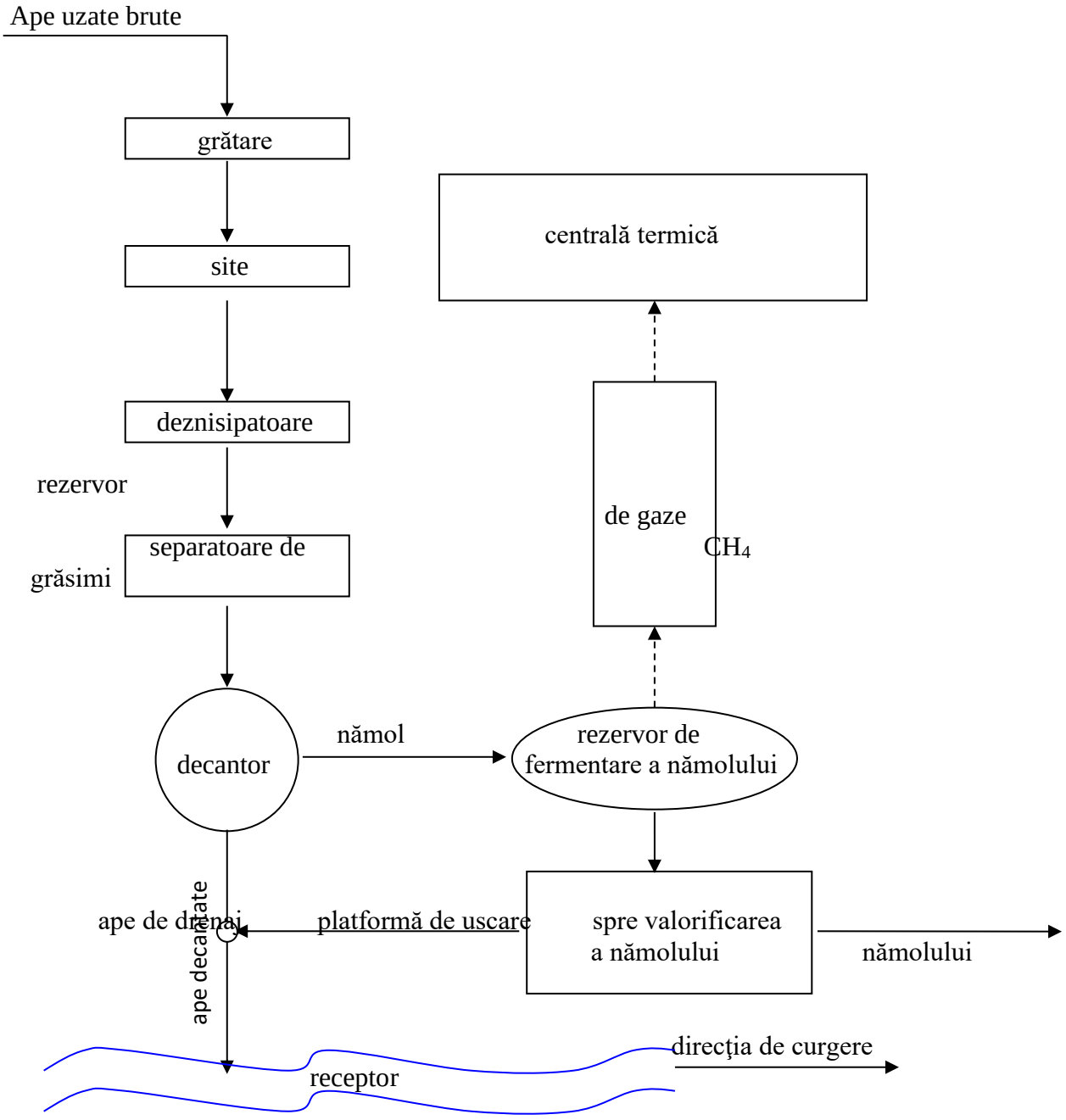
III.3.2. Staţia de epurare mecanică

Scop: reţinerea, în principal, din apele uzate a substanţelor insolubile;

Elemente constructive (în ordinea desfăşurării proceselor):

- pe linia apei: grătare, site, deznisipatoare, separatoare de grăsimi, decantoare;
- pe linia nămolului: construcţii pentru fermentarea nămolului (fose septice), decantoare, rezervoare de fermentaţie, construcţii pentru deshidratarea nămolului;
- alte elemente: staţii de pompare a nămolului şi a apei uzate, staţii de dezinfectare (clorinare) a apei epurate.

Schema staţiei de epurare mecanică:



III.3.3. Staţia de epurare mecano – chimică

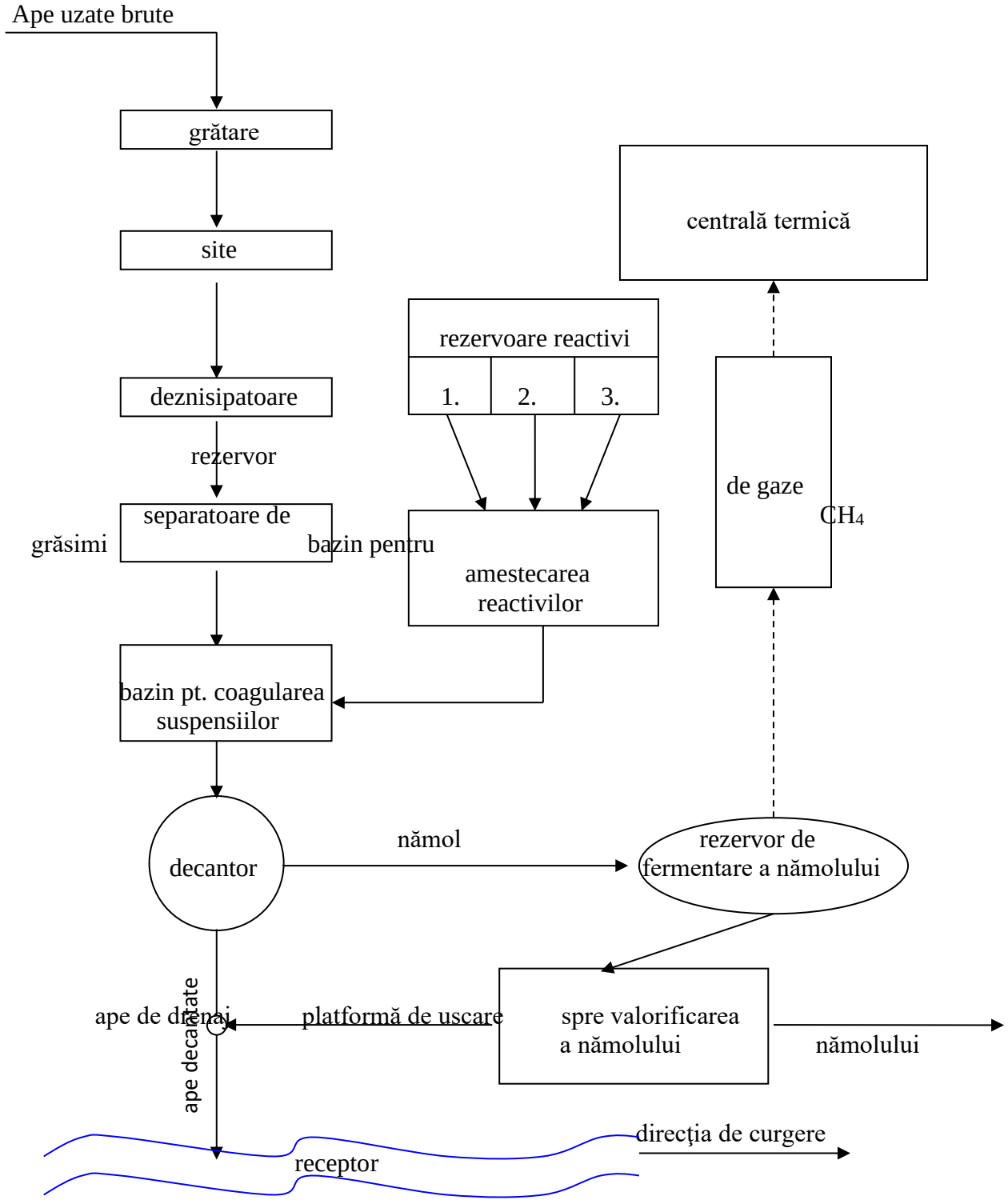
Scop: îndepărtarea substanţelor însolubile şi a substanţelor solubile aflate în suspensie din apele uzate

Elemente constructive (altele faţă de staţia de epurare mecanică):

- rezervoare şi echipamente pentru prepararea şi dozarea coagulanţilor;
- construcţii pentru amestecarea coagulanţilor cu apele uzate;
- bazine pentru realizarea reacţiilor dintre coagulanţi şi suspensia de poluanţi.

Particularităţi: toate instalaţiile şi operaţiile se dispun înaintea decantării finale a apei.

Schema staţiei de epurare mecano – chimică:



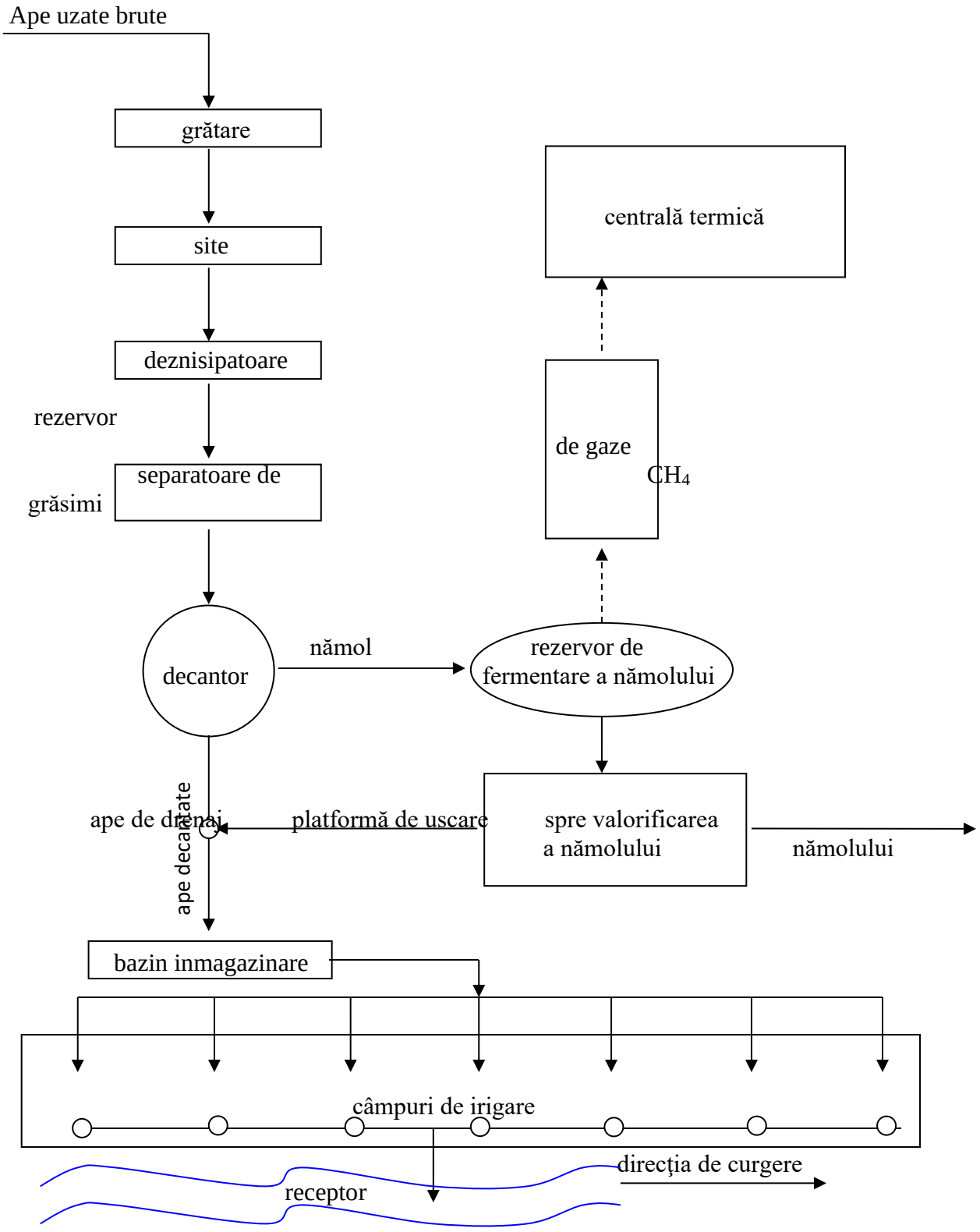
III.3.4. Staţia de epurare mecano – biologică naturală

Scop: îndepărtarea substanţelor insolubile din apele uzate şi a substanţelor solubile, în special organice, şi a microorganismelor

Elemente constructive (altele fată de staţia de epurare mecanică):

- bazin pentru acumularea apelor epurate mecanic;
- câmpuri de irigare

Schema staţiei de epurare mecano – biologică naturală:

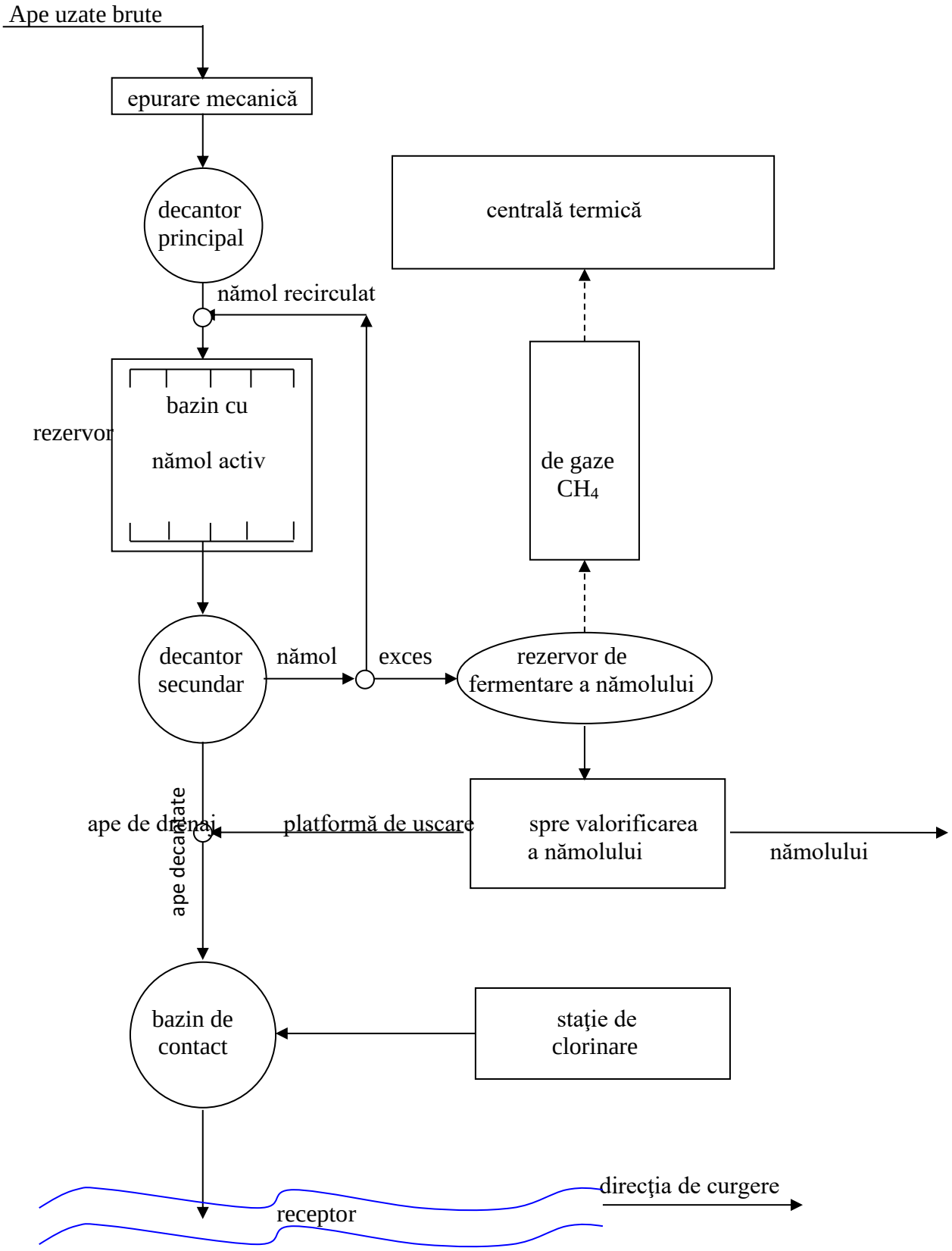


III.3.5. Staţia de epurare mecano – biologică artificială

Scop: îndepărtarea substanţelor insolubile, a celor solubile organice şi microorganismelor

Elemente constructive (altele decât la staţia de epurare mecanică).

Schema staţiei de epurare mecano – biologică artificială:



Întrebări, exerciţii şi probleme

1. Cunoscând limita maximă de încărcare pentru indicatorul de poluare amoniu (ape de calitatea a III-a), explică posibilitatea ca în Râul Someş să se evacueze apele uzate şi epurate ale tuturor oraşelor situate pe acesta fără ca la frontieră să se depăşească această limită. Care ar fi valoarea încărcării cu poluant al fiecărui oraş ţinând cont de raportul dintre contribuţia fiecăruia (densitatea populaţiei sau numărul de locuitori) ? Nu se va ţine cont de afluenţii mici ai Someşului şi nici de aportul industriei oraşelor.

Indicaţie: Se va constitui o listă a afluenţilor mari ai Râului Someş, a oraşelor situate pe aceştia şi densitatea populaţiei lor. Valoarea maximă de încărcare pentru fiecare oraş va fi determinată ca valoarea corespunzătoare numărului său de locuitori din totalul de locuitori aflaţi în aceste oraşe.

2. Particularizează expresia legii de diluţie pentru cazul în care numai unul dintre cursurile de apă confluente conţine poluantul faţă de care se determină diluţia.

3. Extinde expresia legii diluţiei pentru un număr n de afluenţi ai unui curs de apă, fiecare dintre aceştia putând fi consideraţi încărcaţi cu poluantul faţă de care se calculează diluţia. Indicaţie: Cei n afluenţi vor fi consideraţi ca având un singur punct de confluenţă.

4. Fie un afluent al Râului Someş încărcat accidental cu metale grele, din care concentraţia plumbului este de 15 mg/l. ştiind că debitul Râului Someş înainte de confluenţă este de 75 m^3/s, iar debitul afluentului este de 5 m^3/s, calculează concentraţia în plumb după amestecarea apelor. Exprimă rezultatul sub forma unui raport de diluţie.

5. Fie o apă uzată cu densitatea de 1,108 g/cm^3. Indică metoda adecvată de separare a următoarelor particule având densităţile cunoscute: nisip – 1,208 g/cm^3, pietriş – 1,508 g/cm^3, rumeguş – 0,801 g/cm^3, fibre textile – 0,600 g/cm^3.

6. Fie un bazin de sedimentare rectangular cu un volum de 1000 m^3. calculează lungimea bazinului astfel încât o particulă sferică cu densitatea 0,25 g/cm3 să sedimenteze în bazin. Debitul de alimentare cu apă este de 1 m^3/s, densitatea apei este de 1 g/cm^3, iar vâscozitatea soluţiei este de 1,5 $kg/m \cdot s$.

7. Ştiind că pH-ul unei ape uzate are valoarea de 5,85 determină:

a. concentraţia molară, normală şi procentuală a apei (densitatea apei este 1,006 g/cm^3);
b. concentraţia unei soluţii de acid sulfuric având pH – ul identic cu al apei uzate.

8. În urma răsturnării unei cisterne ce transporta 20 tone de acid clorhidric de concentraţie 35 %, apele unui lac au fost contaminate prin scurgerea a 60 % din cantitatea de acid în apele acestuia.

a. determină concentraţia în acid clorhidric a apei din lac, în moli/l, ştiind că lacul are formă de con răsurnat, suprafaţa oglinzii de apă are 150 m^2, iar adâncimea la mijlocul lacului este de 24 m. Se va considera că acidul clorhidric nu este neutralizat de alte procese naturale şi că pH-ul iniţial al apei era 7,00;
b. calculează pH – ul apei din lac;
c. indică reactivul optim ce poate fi folosit la neutralizarea apei din lac, astfel încât pH-ul apei să se încadreze în intervalul 6,5 – 8,5.Enumeră consecinţele acestei poluări şi măsurile ce pot fi intreprinse pentru ca viaţa acvatică să poată fi reînnoită.

9. Apele uzate de la complexele industriale de creştere a animalelor conţin: materiale în suspensie, paie; poluanţi minerali: azotaţi, azotiţi, amoniu, fosfaţi; poluanţi organici: resturi alimentare, alimente nedigerate, fenol, poluanţi bacteriologici: bacterii coliforme şi enterococi. Stabileşte operaţiile de epurare necesare şi ordinea lor de desfăşurare.

10. Apele uzate din industria textilă conţin: fibre şi fire cu lungime variabilă, coloranţi, detergenţi, au pH situat între 11 şi 12,5, miros neplăcut, resturi organice. Stabileşte operaţiile de epurare necesare şi ordinea lor de desfăşurare.

11. Pentru problemele 1 şi 2 stabileşte ce tip de staţie de epurare se poate folosi şi întocmeşte o schiţă pentru fiecare dintre acestea.

12. Pe baza modelului general al principalelor staţii de epurare studiate, schiţează o staţie de epurare destinată să îndepărteze poluanţii din apele sanitar – menajere ale unei gospodării din mediul rural (staţie individuală) care dispune de apă curentă prin aducţiune proprie de la o fântână situată în curte şi instalaţii sanitare obişnuite. Locul de evacuare a apelor uzate va fi un pârâu cu debit relativ constant, situat în spatele gospodăriei. Staţia trebuie să fie astfel proiectată încât să colecteze şi dejecţiile animaliere provenite de la păsări, bovine şi porcine, iar nămolul să poată fi valorificat local.

13. Pe baza schiţei elaborate la problema anterioară construieşte din materiale uzuale o machetă funcţională a staţiei de epurare.

14. Ce modificări ar trebui aduse staţiei de epurare concepute la problema 4 pentru a se putea racorda la aceasta toate gospodăriile unei străzi ? Dar pentru întreg satul ?

15. O staţie de epurare a apelor orăşeneşti înregistrează următoarele valori la intrarea, respectiv la ieşirea din staţie pentru următorii indicatori: amoniu – 25 mg/l şi 4,5 mg/l; azotaţi – 10 mg/l şi 6 mg/l. Determinaţi gradul de epurare al staţiei în raport cu fiecare indicator. Explicaţi diferenţa dintre valorile obţinute ca rezultate.

16. Ai participat la vizita de studiu desfăşurată cu clasa la staţia de epurare a oraşului în care locuieşti. Întocmeşte un referat în care să prezinţi instalaţiile pe care le-ai văzut, rolul lor în epurarea apei, transformările ce au loc în acele instalaţii. Încearcă să evaluezi eficacitatea staţiei prin compararea apei de la intrarea în staţie cu cea de la ieşirea din staţie. Enumeră o serie de măsuri ce ar trebui luate pentru îmbunătăţirea funcţionării staţiei.

17. Efectuează un studiu de caz asupra unei intreprinderi locale în care să cuprinzi activitatea acesteia, sursele de poluare, componentele minime necesare staţiei de epurare proprii şi orice alte elemente care crezi că ar putea caracteriza mai bine impactul acelei intreprinderi asupra mediului înconjurător.

BIBLIOGRAFIE

CIPLEA L. I., CIPLEA A., *Poluarea mediului ambiant,* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1978.

MARCOCI S., POPESCU V., *Hidrochimie şi hidrobiologie*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1965.

NEGULESCU M., *Epurarea apelor uzate industriale,* vol. I, II, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1987.

NEGULESCU M., *Epurarea apelor uzate orăşeneşti,* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1988.

NEGULESCU M., RUSU G., ANTONIU R., CUŞA E., *Protecţia calităţii apelor*, Ed.Tehnică, Bucureşti, 1982.

NENIŢESCU C.D., *Chimie generală,* Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1985.

PĂTROESCU C., GĂNESCU I., *Analiza apelor,* Ed. Scrisul Românesc, Craiova, 1980.

ŢILESCHI S., *Chimie coloidală,* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1964.

ISBN 978-973-0-32438-9