

LUCRAREA NR. 7

REMEDIEREA ACVIFERELOR. SISTEME PENTRU POMPAREA ȘI TRATAREA APEI POLUATE

7.1. Introducere

Conceptul fundamental îl constituie pomparea la suprafață a apei subterane poluate, urmată de tratarea acesteia prin diverse metode, în vederea decontaminării. După depoluare, apa poate fi reinjectată în acvifer sau descărcată într-un emisar ori într-un sistem de canalizare.

Prin reinjectarea apei extrase, ca urmare a creșterii gradientului hidraulic, se contribuie la mărirea eficienței sistemului și la reducerea timpului necesar depoluării.

În situații speciale, se poate injecta și apă curată, provenită din alte surse.

Obiectivele metodei ce utilizează pomparea și tratarea apei subterane poluate sunt:

- prevenirea extinderii ariei poluate;
- depoluarea stratului acvifer.

Aplicarea acestui sistem dă rezultate bune, mai ales în cazul poluării cu substanțe organice sau anorganice dizolvate.

O serie de poluanți, organici și anorganici sunt adsorbiți pe suprafața particulelor solide, rămânând astfel imobilizați în acvifer. Acești poluanți vor fi desorbiți lent, astfel că vor genera poluarea apei subterane curate, introdusă în subteran prin puțurile de injecție.

Realizarea ciclului pompare – injecție duce în timp la spălarea mediului subteran afectat de prezența poluanților adsorbiți.

În cazul poluanților NAPL, ca urmare a separării acestora de faza dizolvată, în timp ce apa poluată este extrasă pentru a fi tratată, debitul injectat în acvifer este contaminat ca urmare a prezenței în subteran a NAPL rezidual. Astfel, aplicarea sistemului de pompare și tratare în cazul NAPL necesită un timp îndelungat pentru remediere, substanța reziduală necesitând inițial trecerea în fază dizolvată pentru a putea fi recuperată.

În ceea ce privește poluarea cu compuși DNAPL, în special în cazul acviferelor formate din roci fracturate, remedierea completă a acviferului este practic imposibilă.

Poluanții cantonați în subteran pentru o perioadă lungă de timp pot difuza în zone mai puțin permeabile ale acviferului și în matricea rocii de bază. În această situație, sistemele de pompare – tratare sunt ineficiente.

Aceasta se datorează faptului că majoritatea apei pompate provine din zonele cele mai permeabile ale acviferului.

Eficiența folosirii sistemelor de remediere bazate pe pomparea și tratarea apei depinde de o serie de parametri specifici zonei supuse depoluării.

Dificultatea depoluării apei subterane prin utilizarea acestei metode este determinată de:

- proprietățile fizico- chimice ale compușilor contaminați (adsorbția, solubilitatea);
- complexitatea structurii hidrogeologice a mediului subteran (în special eterogenitatea);
- cantitatea de poluant prezentă în acvifer;
- timpul scurs de la declanșarea depoluării până la implementarea măsurilor de remediere;

În cazul existenței în subteran a unor acvifere stratificate, cu o eterogenitate pronunțată sau formate din roci fisurate, zonele cu permeabilitatea ridicată sunt primele decontaminate.

Realizarea nivelului de depoluare impus va fi determinată de timpul necesar pentru depoluarea zonelor mai puțin permeabile.

7.2. Recuperarea prin pompare a poluanților insolubili

O situație frecvent întâlnită privind poluarea acviferelor o reprezintă contaminarea apei și a mediului subteran cu produse din clasa NAPL.

În vederea aplicării strategiilor de remediere, siturile contaminate cu NAPL sunt divizate în trei zone în care prezența poluantului este fie confirmată, fie există doar suspiciuni asupra existenței acestor compuși:

1. Zona fazei dizolvate;
2. Zona NAPL, în fază liberă;
3. Zona potențial contaminată cu NAPL, în care poluantul poate exista fie în fază liberă, fie în concentrație reziduală;

Dificultatea recuperării poluanților din clasa NAPL este dependent de faza în care aceștia se găsesc în mediul subteran.

În cazul prezenței contaminantului în fază dizolvată, pot fi aplicate, cu rezultate bune, sistemele de pompare – tratare.

Pentru zonele în care poluantul NAPL se află în fază liberă sunt recomandate strategiile de izolare ale ariei afectate.

Acestea presupun asigurarea unui gradient hidraulic suficient de mare ce permite eliminarea fazei libere și asigurarea imobilizării NAPL rezidual în amplasament.

Soluția recomandată pentru controlul produșilor de disociere ai NAPL constă în izolarea hidraulică pe termen lung a zonei în care se găsește NAPL rezidual. Exploatarea unui astfel de sistem necesită un timp de operare îndelungat și implicit, eforturi financiare mari.

Recuperarea NAPL rezidual se efectuează după ce faza liberă a NAPL a fost reținută, în general îndepărtarea hidrocarburilor reziduale este obstrucționată de existența forțelor capilare. Astfel, în timpul operațiunilor de remediere, reducerea saturației reziduale se realizează doar în mică măsură.

Mărirea gradientului hidraulic poate duce la antrenarea NAPL rezidual doar în anumite situații, cum este cazul amplasamentelor cu permeabilitate foarte ridicată sau cele la care se pot crea gradienti hidraulici mari.

Recuperarea prin pompare a poluanților de tip LNAPL

Recuperarea din mediul subteran a poluanților de tip LNAPL se realizează prin pompare, utilizând puțuri, canale sau drenuri. Indiferent de schema constructivă adoptată este nevoie ca suprafața apei subterane să fie depresionată astfel încât să se asigure gradientul hidraulic necesar accesului compușilor petrolieri în zona de extracție.

În caz contrar, pomparea poluantului poate fi întreruptă ca urmare a suprafeței de separație apă — produs petrolier care devine ascendentă în vecinătatea puțului.

Pentru ca pomparea să fie făcută în regim continuu, s-au efectuat studii teoretice și experimentale ce au condus la obținerea unor relații care evaluează raportul între debitul de apă și cel de produs petrolier recuperat.

Schemele constructive ale sistemelor de pompare realizate până în prezent diferă în principal prin numărul pompelor și al puțurilor folosite într-un amplasament.

În cazul echipării puțurilor cu o singură pompă, aceasta trebuie să fie folosită în același timp atât pentru pomparea produsului petrolier cât și pentru pomparea apei (figura 7.1).

Utilizarea a două pompe înlătură pericolul formării unei emulsii apă - produs petrolier, ce poate apărea ca rezultat al acțiunii de pompare.

În acest caz, o pompă servește la depresionarea suprafeței libere a apei subterane, iar cea de-a doua la recuperarea produsului petrolier.

Cele două pompe pot fi montate în același puț (figura 7.2), dacă acesta are diametrul suficient de mare sau în puțuri separate, apropiate unui de altul (figura 7.3).

Avantajul celei din urmă scheme, constă în faptul că produsul petrolier recuperat poate fi introdus imediat în procesul de producție, amortizând astfel o parte din investiție.

Funcționarea celor două pompe este controlată de un sistem automat de verificare a nivelului apei subterane și a grosimii stratului de produs petrolier.

Prin prevederea acestui dispozitiv se evită funcționarea în gol a pompei de petrol sau pătrunderea poluantului în pompa pentru apă.

O atenție deosebită trebuie acordată echipării puțurilor.

Instalarea și reglarea pompelor trebuie făcută astfel încât acestea să fie amplasate la adâncimea indicată de proiectantul sistemului de depoluare și să asigure debitul și denivelarea prevăzute.

Aceste reglaje durează câteva zile până se stabilește cu exactitate poziția pompei și reglajele pentru recuperarea produsului.

Aceste sisteme pot fi reglate astfel încât să opereze automat, fiind necesară doar efectuarea unor verificări periodice.

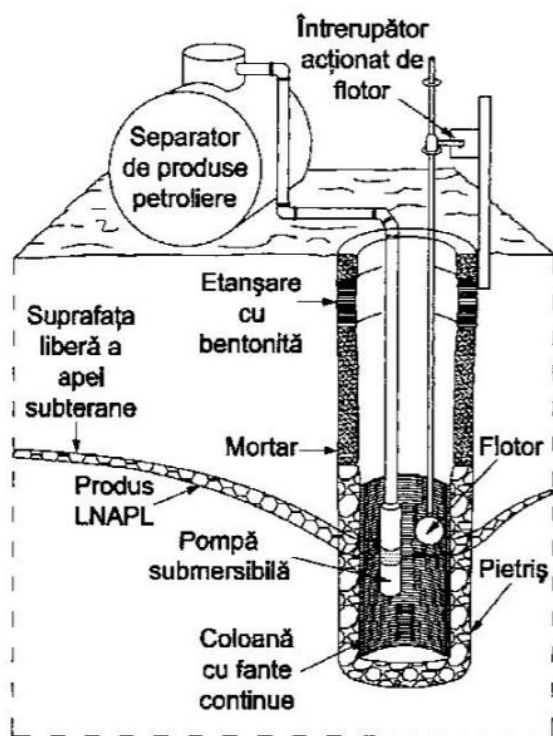


Fig.7.1. Schema constructivă a sistemului de pompare a poluanților de tip LNAPL – Puț de pompare echipat cu o singură pompă
(Sursa: Alboiu, N.I., 2010)

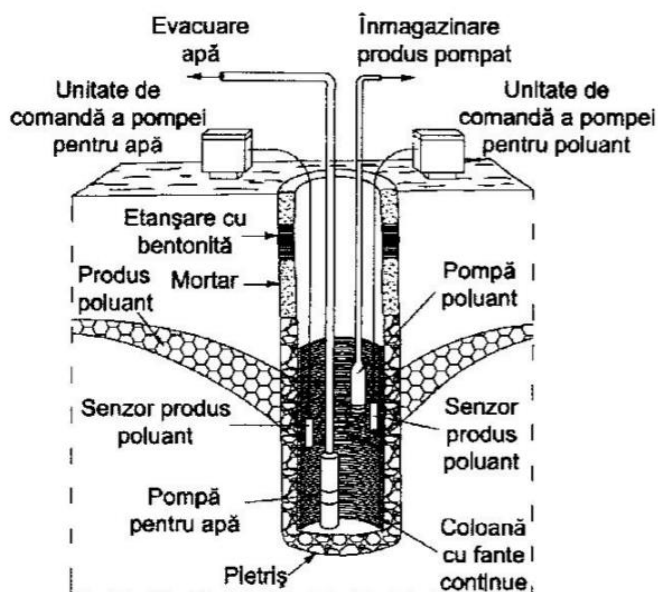


Fig.7.2. Schema constructivă a sistemului de pompare a poluanților tip LNAPL – Puț de pompare echipat cu o pompă pentru apă și una pentru produs LNAPL
(Sursa: Alboiu, N.I., 2010)

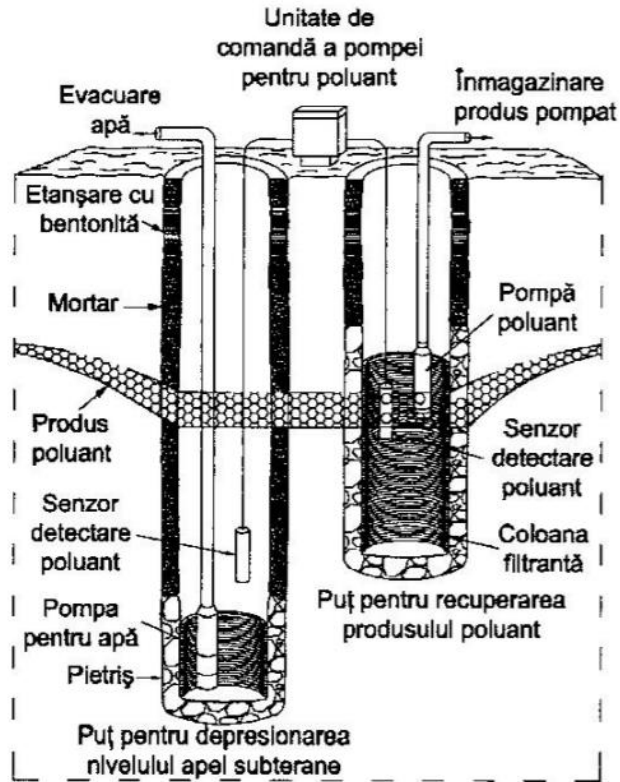


Fig.7.2. Schema constructivă a sistemului de pompare a poluanților tip LNAPL – Sistem de pompare produs LNAPL alcătuit din două puțuri (Sursa: Alboiu, N.I., 2010)

Pentru recuperarea poluanților din clasa LNAPL pot fi folosite, de asemenea, canale sau drenuri (figura 7.4). Canalele se utilizează pentru recuperarea și îndepărtarea poluanților de la suprafața apei subterane în cazul în care aceasta se găsește la cote apropiate de nivelul terenului. Adâncimea de săpare a canalului trebuie să coboare sub nivelul apei subterane, iar extinderea acestuia pe orizontală trebuie să depășească lățimea frontului poluant.

Pomparea produselor petroliere de la suprafața apei se face cu pompe plutitoare. Debitul extras este trimis la un separator de produse petroliere.

Drenurile sunt realizate prin executarea unui șanț în avalul zonei poluate. Cota săpăturii trebuie să fie mai mică decât cea a suprafeței libere a apei subterane.

La fundul tranșeei se prevede un strat de piatră cu o grosime de circa 15 cm pe care se amplasează tubul de dren. Trebuie avut în vedere ca materialul din care este realizat tubul să fie compatibil din punct de vedere chimic cu poluantul.

Drenul deșează într-un bazin de unde apa este pompată spre a fi tratată. Acest sistem poate fi utilizat în zone urbane, unde un șanț deschis ar putea reprezenta un potențial pericol.

Pomparea și recuperarea poluanților de tip DNAPL

Recuperarea compușilor din clasa DNAPL este mult mai dificilă decât cea a LNAPL. Determinarea locurilor în care se află cantonați acest tip de poluanți este mult mai complicată, iar realizarea puțurilor de extracție poate duce la creșterea riscului de mobilizare și acumulare de DNAPL.

Experiența practică a arătat că DNAPL poate fi mobilizat prin pompare ca urmare a creării unor curenți ascendenți ce vor antrena produsul DNAPL.

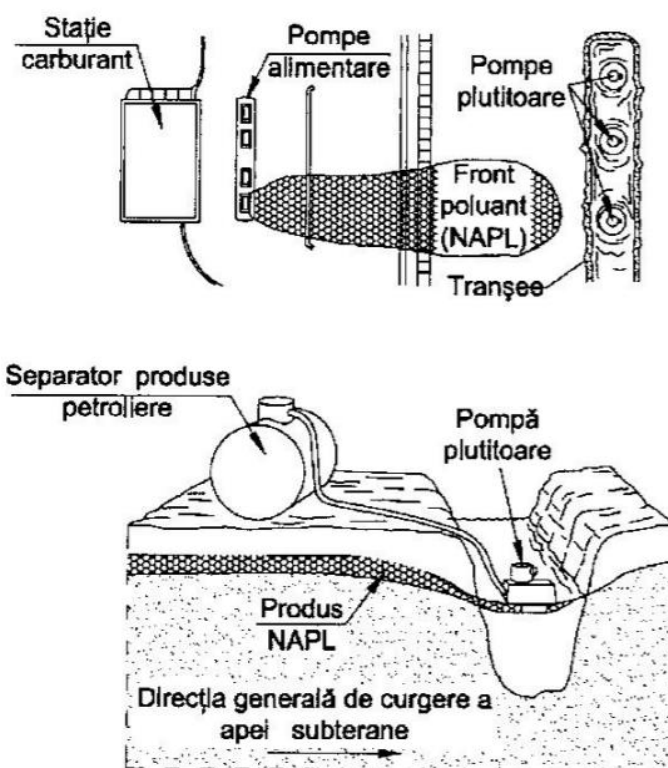


Fig. 7.4. Canal de interceptie utilizat pentru retinerea frontului de poluant tip LNAPL
(Sursa: Alboiu, N.I., 2010)

7.3. Optimizarea sistemelor de pompare-tratare

În cazul în care frontul poluant se găsește în întregime în zona de influență a unuia sau mai multor puțuri atunci extinderea contaminării nu va mai fi posibilă, iar procesul de remediere poate atinge eficiența maximă. Cu toate acestea, prin creșterea debitului pompat, timpul de remediere poate fi micșorat.

Pentru realizarea condițiilor optime trebuie diminuat însă și volumul apei pompate ce trebuie tratată.

Pentru studierea îmbunătățirii modului de utilizare a sistemelor de pompare — injectare, în anul 1988, Satkin și Bedient au folosit un model de transport al poluanților (USGS MOC) cu ajutorul căruia au studiat eficiența a șapte moduri diferite de dispunere a puțurilor. Aceste scheme sunt prezentate în figura 7.5.

Studiul a fost realizat în ipoteza unor gradienti hidraulici, denivelări și dispersivități diferite (Fetter, C.W., 1993).

Rezultatele obținute au arătat că în cazul utilizării unui singur puț, este indicat ca acesta să fie amplasat cât mai aproape de centrul zonei poluate, în aceste condiții îndepărtarea contaminantului fiind mai rapidă.

Creșterea cantității de poluant extras din subteran se poate realiza prin amplasarea unui șir de puțuri de-a lungul axului frontului poluant.

În lipsa existenței unui emisar, utilizarea puțurilor de extracție fără a fi asociate cu puțuri de injecție va ridica o serie de probleme privind evacuarea volumelor de apă tratată.

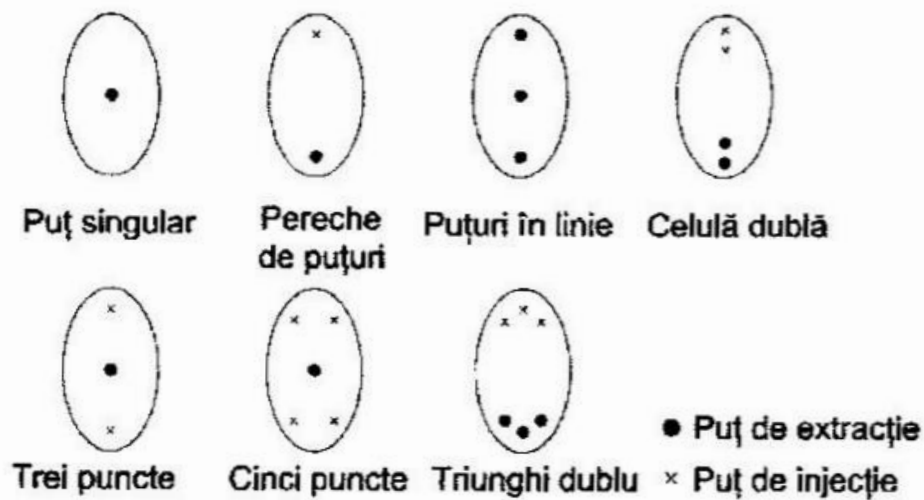


Fig.7.5. Schema constructivă a sistemului de pompare a poluanților tip LNAPL –Diverse moduri de dispunere a puțurilor de extracție și injecție într-un sistem de pompare – tratare (Sursa: Fetter, C.W., 1993)

Dacă puțurilor de extracție li se asociază puțuri de injecție, timpul de remediere poate fi redus ca urmare a măririi gradientului hidraulic. Pentru exploatarea în bune condiții a sistemului pompare - injectare acesta trebuie verificat periodic.

În vederea alegerii configurației optime privind dispunerea puțurilor, este necesar a se efectua prognoze legate de modificarea curgerii și a variațiilor de concentrație din acvifer în cazul fiecărei variante propuse (Bedient, P.B. s.a., 1994).

Referitor la figura 7.5, schemele de pompare — injectare în trei puncte, pereche de puțuri și celulă dublă sunt eficiente în cazul unui gradient hidraulic mic. Dintre acestea, prima schemă

menționată are o eficiență satisfăcătoare și în cazul unor valori mai mari ale gradientilor hidraulici.

Problema care apare, însă, la aplicarea acestei soluții o reprezintă necesitatea unui sistem de înmagazinare sau a unui emisar pentru descărcarea volumelor de apă contaminată extrase, după ce în prealabil au fost supuse unor procese de epurare. Studiile menționate anterior au arătat că schema cu cinci puțuri este inefficientă în orice condiții.

În figura 7.6 sunt prezentate rezultatele acestor studii în cazul următoarelor condiții:

- denivelare maximă * 3 m;
- gradient hidraulic = 0,00008;
- dispersivitatea longitudinală $c < r = 3$ m.

Satkin și Bedient au ajuns la concluzia că eficiența dispunerii puțurilor depinde de particularitățile fiecărui caz. De asemenea, au stabilit că, în aceeași schemă de pompare, pentru diverse moduri de amplasare a puțurilor, rezultă timpi de depoluare diferiți.

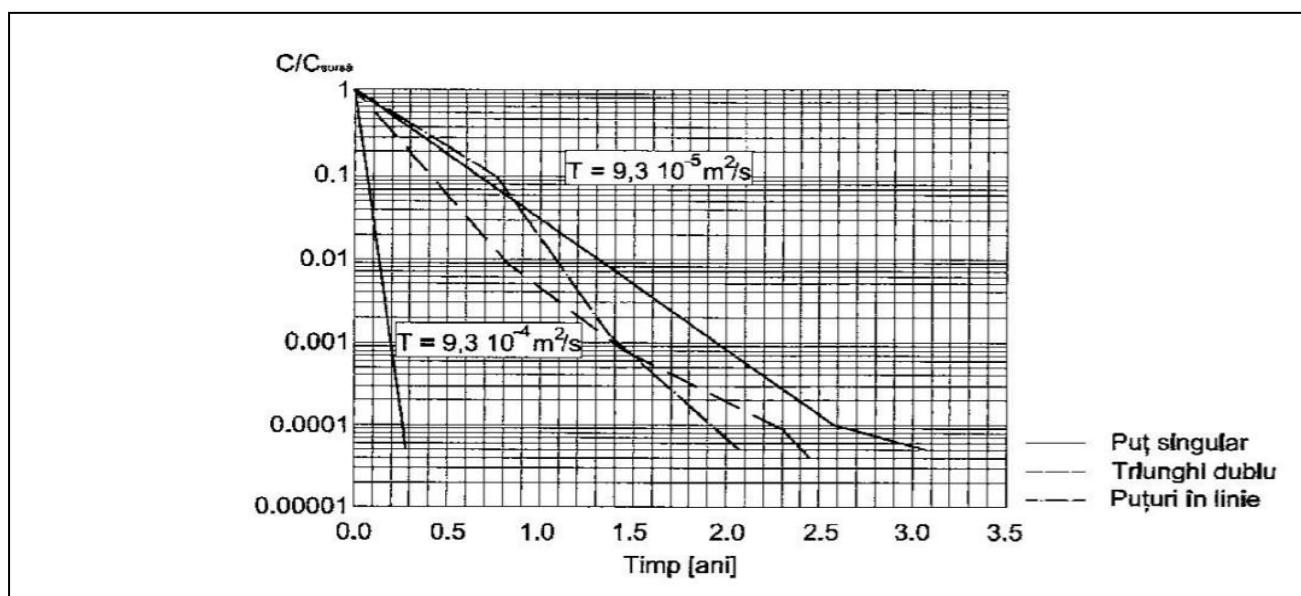


Fig.7.6.Reprezentarea variației concentrației relative în funcție de timp în cazul diverselor noduri de dispunere a puțurilor de extracție și injecție
(Sursa: Bedient, P.B., 1994)

7.4. Tratarea apei pompate

Tehnologia de tratare a apei poluate extrase se alege în funcție de tipul poluanților (metale grele, compuși organici dizolvați etc.).

O parte din tehnicile de epurare, utilizate pentru apele uzate industriale și menajere, au fost adoptate și pentru corectarea calității apelor subterane poluate.

La proiectarea stației de epurare trebuie să se aibă în vedere o serie de elemente privind raportul cost - eficiență.

Capacitatea acesteia este dictată de debitul maxim ce trebuie extras spre a fi epurat.

Astfel, cu cât debitul pompat este mai mare, cu atât stația va fi mai mare și, deci, cheltuielile de construcție și de exploatare cresc.

Costurile de realizare sunt legate de execuția următoarelor elemente:

- obiecte tehnologice;
- agregate de pompare;
- conducte;
- rezervoare;
- laborator pentru analize;
- spații pentru personal.

Costurile de exploatare cuprind cheltuieli privind:

- energia electrică necesară;
- reactivii chimici utilizați;
- materialele necesare în laboratorul stației;
- întreținerea obiectelor tehnologice și a utilajelor.

În cazul tratării unui volum mare de apă într-o perioadă scurtă de timp, costurile de realizare ale stației vor fi mari, iar cele de exploatare mici, ca urmare a timpului scurt de operare.

În cazul unei pompări pe o durată îndelungată costurile de realizare vor fi mici, ca urmare a dimensiunilor reduse ale obiectelor tehnologice, dar costurile de exploatare vor crește odată cu mărirea timpului de operare. Astfel, debitul optim de pompare și implicit cel de tratare va fi obținut prin minimizarea costului total al investiției și al cheltuielilor de exploatare.

7.5. Tratarea poluanților anorganici

Majoritatea poluanților anorganici care necesită tratare sunt metale. Acestea pot fi ușor eliminate din apă prin precipitare. Numeroși hidroxizi metalici precipită la o anumită valoare a pH-ului.

O metodă de modificare a acestui indicator o reprezintă adăugarea oxidului de calciu. Acesta determină precipitarea hidroxidului metalic, ce poate fi apoi eliminat prin decantare, efluentul fiind în final filtrat.

Fierul feros poate fi eliminat prin transformarea în fier feric, proces realizat prin aerare. Acesta din urmă precipită la o valoare ușor alcalină a pH-ului.

Pentru a putea fi îndepărtat din apă, cromul hexavalent trebuie mai întâi redus la crom trivalent. Procesul se realizează prin micșorarea valorii pH-ului la valoarea 3, adăugând un agent de reducere, de exemplu dioxidul de sulf.

Cromul trivalent poate precipita ca hidroxid prin creșterea pH-ului la o valoare mai mare decât cea neutră.

Arsenicul coprecipită cu fierul, prin adăugarea fierului dizolvat la un pH cuprins între valoarea de 5 - 6 și apoi, crescând valoarea pH-ului la 8 - 9 prin adăugarea oxidului de calciu.

Orice compus anorganic poate fi eliminat prin schimb ionic.

Acest procedeu este folosit cu precădere pentru tratarea azotaților, care nu pot fi înlăturați prin precipitare. Alte procedee de eliminare a poluanților *anorganici* sunt osmoza și electrodializa (Fetter, C.W., 1993).

7.6. Tratarea poluanților organici

O mare parte a poluanților organici prezenți în apa subterană au o volatilitate ridicată. Aceștia pot fi eliminați din apă prin expunere într-un curent de aer, procedeu ce se realizează într-o coloană de separare, formată dintr-un cilindru umplut cu un material inert, poros și care are suprafață specifică mare, de exemplu polipropilenă (figura 7.7).

Apa poluată este distribuită la partea superioară a coloanei, deasupra materialului poros. Simultan, la partea inferioară a cilindrului, cu ajutorul unei suflante, se introduce un curent ascensional de aer.

Substanțele chimice volatile vaporizează trecând din apă în aer, iar apoi sunt antrenate de curent de aer către partea superioară a coloanei. Pentru a se evita poluarea atmosferei, emisiile de gaze trebuie controlate.

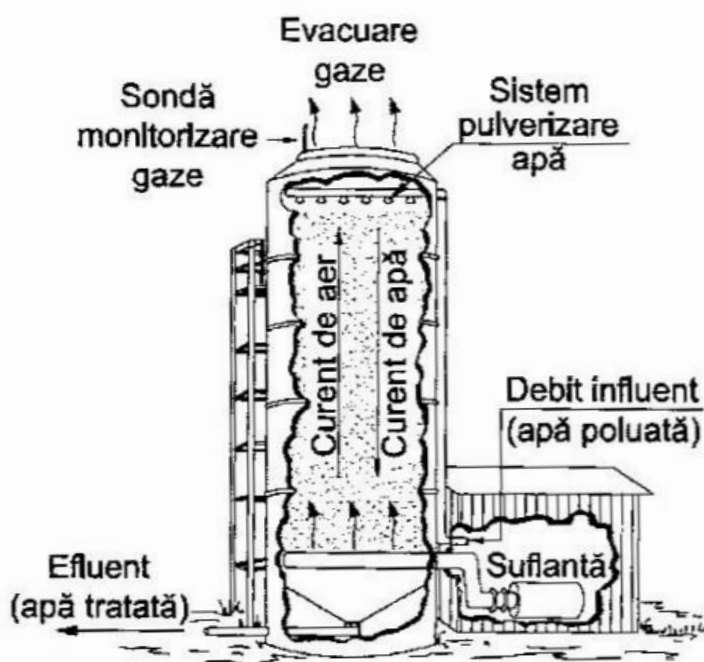


Fig. 7.7. Turn de aerare (Sursa: Fetter, C.W., 1993)

Compușii anorganici volatili pot fi degradați și prin expunere la soare. Dacă se constată o creștere a concentrației substanțelor volatile în aer, vaporii trebuie captați și tratați.

Aceasta se realizează prin adsorbție pe cărbune activ.

În cazul substanțelor cu volatilitate scăzută cel mai bun procedeu de tratare este de asemenea adsorbția pe cărbune activ. Deoarece capacitatea sa de retenție scade, acesta trebuie înlocuit periodic.

Alte metode utilizate pentru tratarea compușilor organici dizolvați cuprind diverse procedee biologice dezvoltate, testate și aplicate și în cazul tratării apelor uzate.

Unele substanțe organice, precum 1,4-dioxină, sunt rezistente la aerare, adsorbție pe cărbune activ sau procedee biologice, fapt ce le face greu de îndepărtat în apă.

Dacă apa subterană ce urmează a fi tratată conține fier dizolvat în mod natural, acesta va precipita ca urmare a aerării din timpul proceselor tehnologice. În acest caz, sunt necesare filtre de nisip pentru reținerea fierului precipitat.