

**Evaluarea și remedierea poluării istorice a stratelor acvifere prin tehnologii
neconvenționale**

Cercetare de excelență – CEEEX 2005

Seminar 14.12.2006

STADIUL ACTUAL AL TEHNOLOGIILOR DE REMEDIERE A ACVIFERELOR

Asist. Ing. Nicolae Ioan ALBOIU

Universitatea Tehnică de Construcții București



Limitarea fizică a extinderii zonei poluate

Metoda îndepărtării prin excavare - presupune îndepărtarea propriu-zisă a pământului poluat din amplasament și transportarea lui spre a fi depozitat sau spre a fi incinerat. Apa subterana este pompata spre a fi tratată.

Aplicare:

- poluanți de natură organică puternic refractari (PCB - bifenili policlorurați);
- unele pesticide.

Ecrane impermeabile – presupune realizarea unor pereți verticali pentru a controla curentul de apă subterană într-o anumită zonă, reducând sau anulând debitul de apă în zona de interes.

Aplicare:

- în cazul în care mărimea zonei subterane poluate nu este considerabilă (depozitele de deșeuri – figura 1);
- prin amplasare în calea curentului; asociate cu sisteme de pompare și tratare (figura2).

Materiale utilizate:

- bentonita;
- betonul sau betonul în amestec cu polimeri.

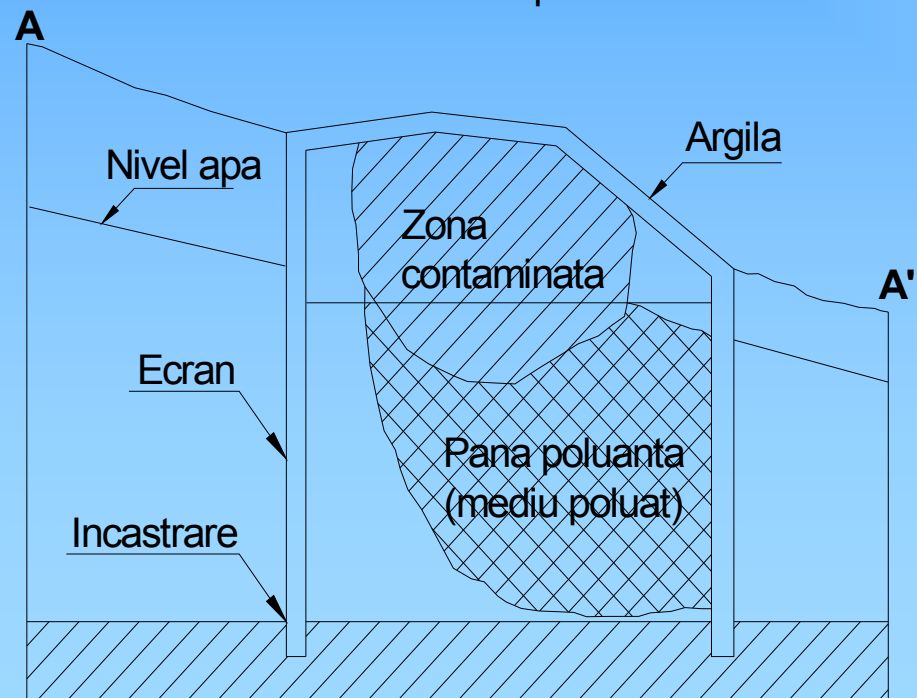
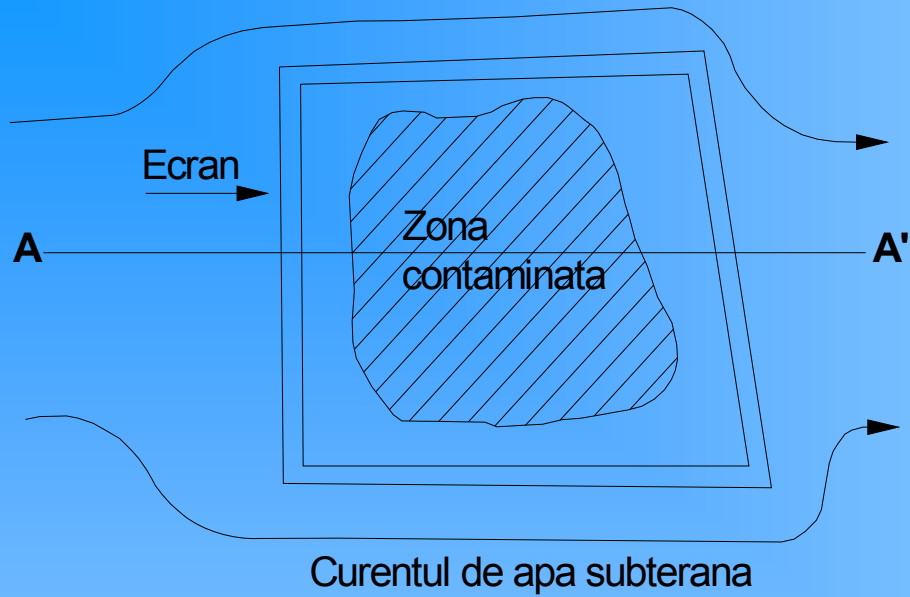


Figura 1 Vedere în plan și în secțiune printr-un sistem de ecrane

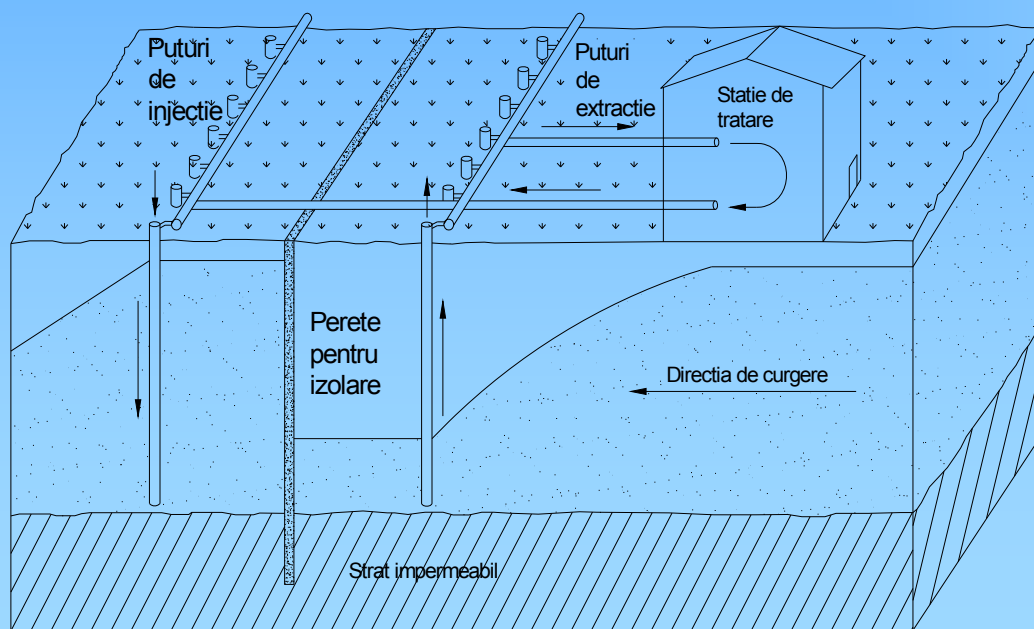
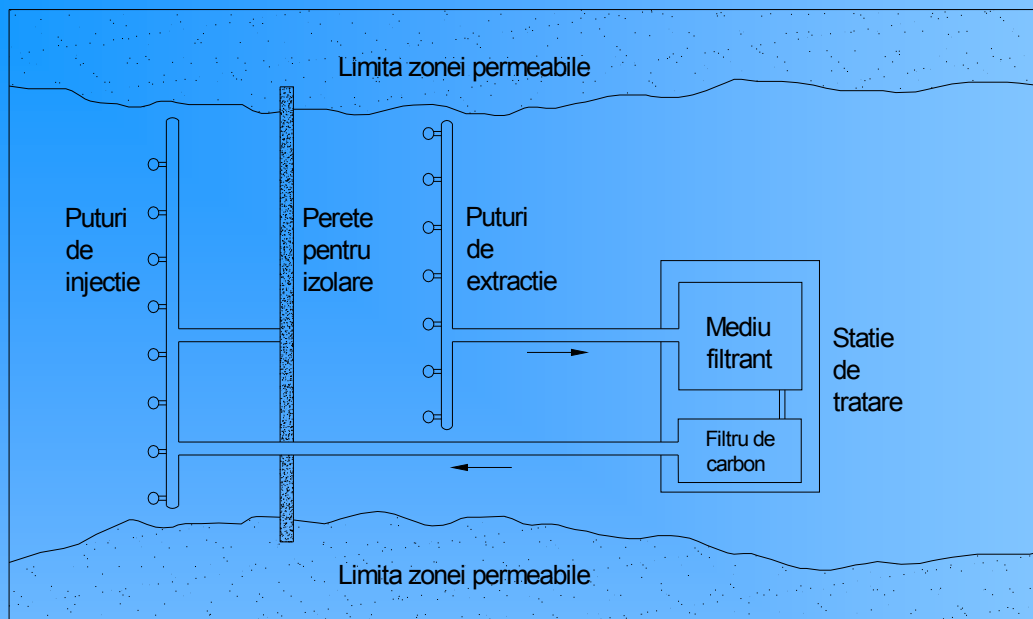


Figura 2 Metoda ecranelor impermeabile în asociere cu aplicarea tehnicilor de pompare și tratare

Izolarea zonei poluate prin măsuri hidraulice. Pomparea și tratarea la suprafață a apei poluate

Metoda izolării hidraulice - presupune realizarea de unu sau mai multe puțuri de extracție în calea penei poluante, realizându-se astfel modificarea regimului de curgere al apei subterane poluate în vederea prevenirii creșterii ariei poluate (figura 3, 4).

Aplicare:

- izolarea extinderii penei poluante până la conceperea și implementarea unui sistem de tratare

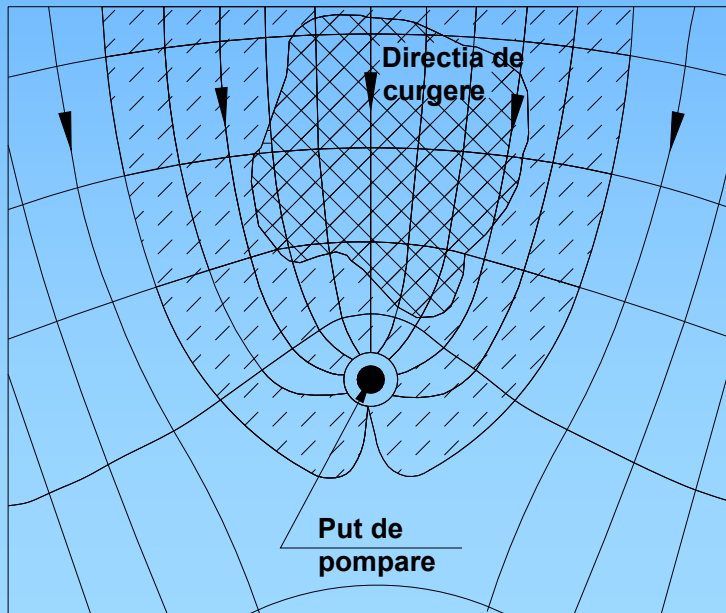


Figura 3 Stabilizarea penei poluante cu ajutorul unui puț de pompare

LEGENDA

- Limita domeniului de captare a putului
- Zona contaminata

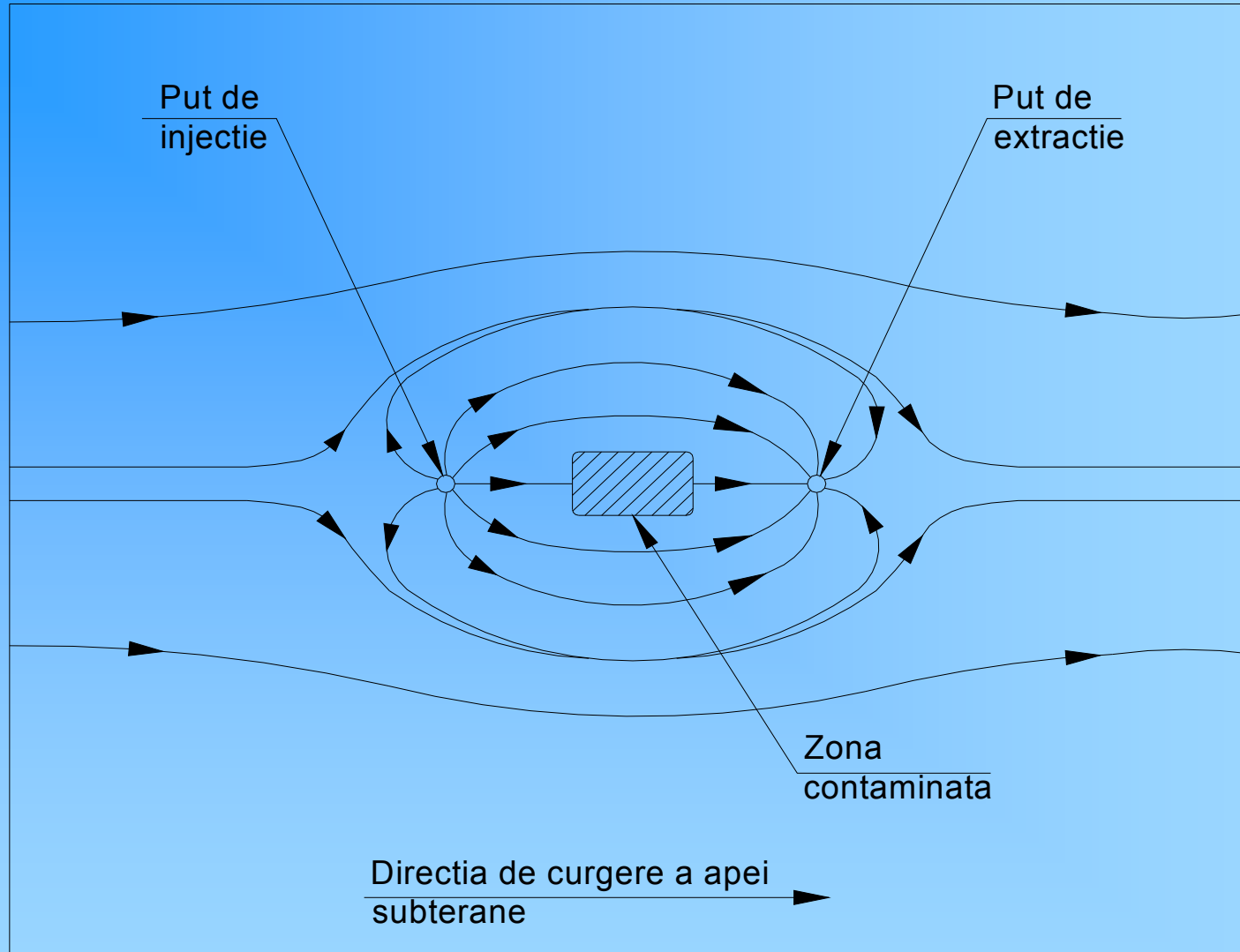


Figura 4 Aplicarea metodei cu o pereche de puțuri pentru extracție respectiv pentru injecție în cazul unei poluări cu produse petroliere.

Sisteme de pompare și tratare – se bazează pe principiul extracției la suprafață a apei poluate din subteran și tratarea acesteia prin metodele convenționale utilizate în epurarea apelor uzate, industriale sau menajere (figura 5).

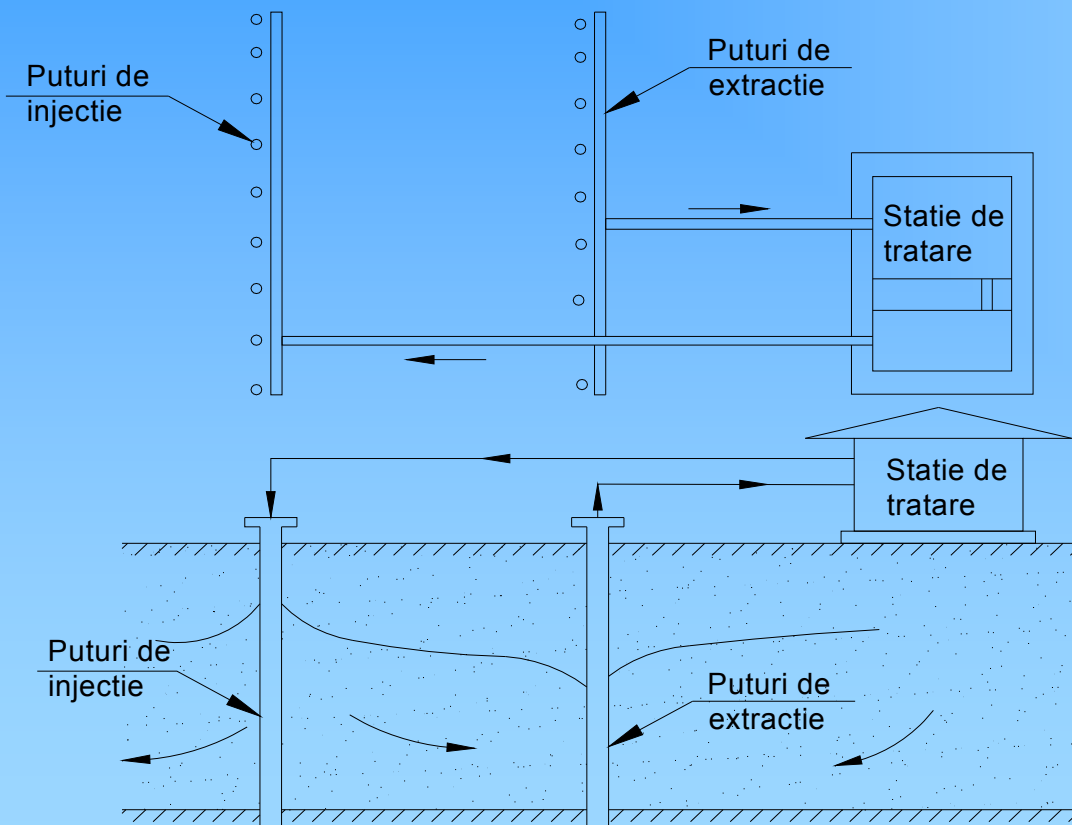


Figura 5 Schema generală a unui sistem de pompare - tratare, combinat cu puțuri de injecție: *a* - vedere în plan; *b* - vedere în profil

Tratarea apei pompate

Tratarea poluanților anorganici se realizează prin:

- Precipitare (adăugarea hidroxidului de calciu)
- Reducere (adăugarea unui agent de reducer; ex. bioxidul de sulf)
- Schimb ionic (tratarea azotaților care nu pot fi eliminați prin precipitare)
- Osmoza

Tratarea poluanților organici

Se realizează prin expunerea într-un curent de aer, procedeu ce se desfășoară într-o coloană de separare, formată dintr-un cilindru umplut cu un material inert, poros cu suprafață specifică mare (figura 6).

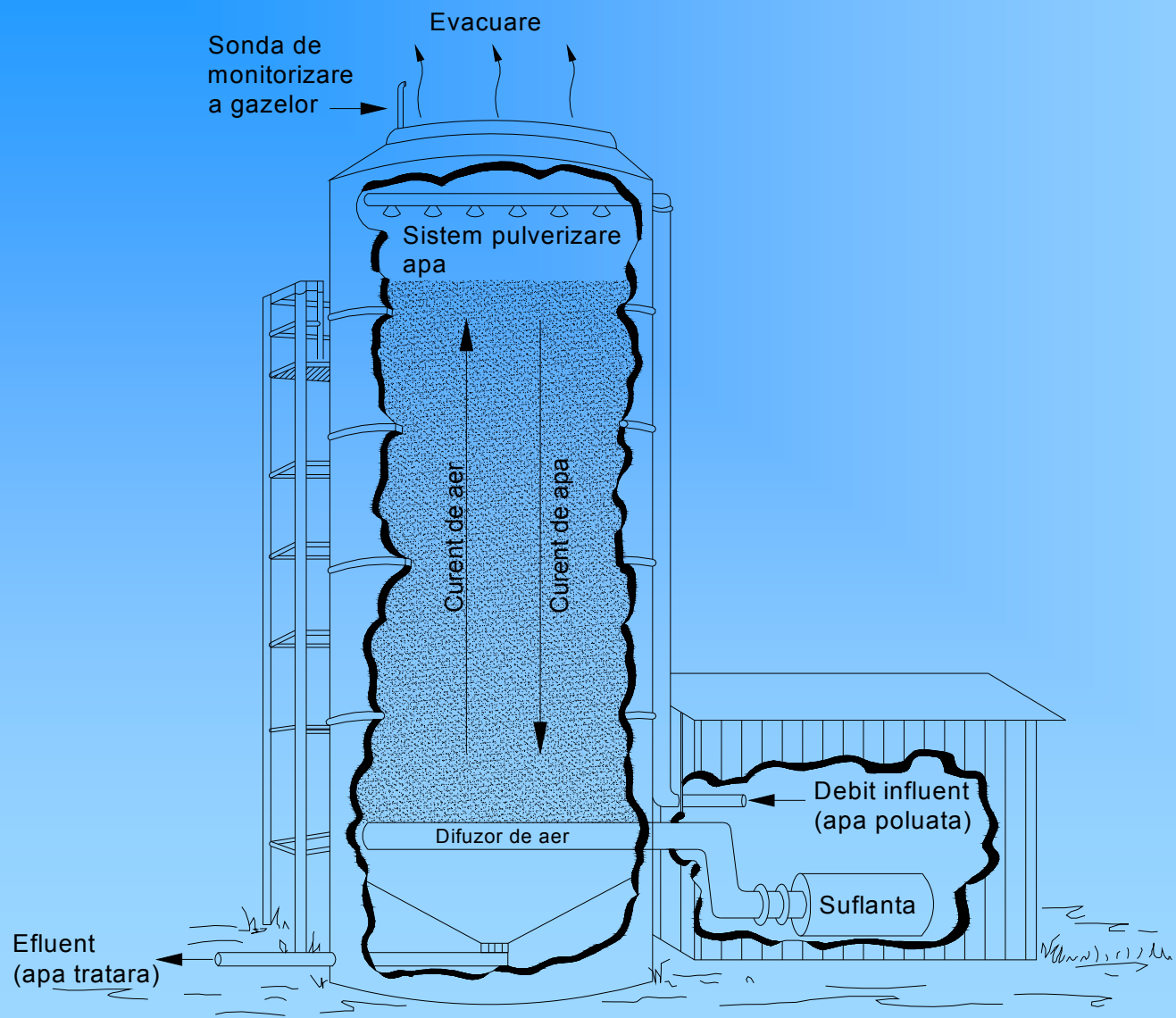


Figura 6 Turn de aerare

Recuperarea prin pompare a poluațiilor insolubili tip LNAPL

Recuperarea acestor produse se face prin pompare din:

- *puțuri;*
- *canale;*
- *drenuri.*

Pomparea LNAPL din puțuri – trebuie realizată în asociere cu depresioanrea suprafeței apei subterane pentru a asigura gradientul hidraulic necesar accesului compușilor petrolieri în zona de extracție.

În cazul pompării doar a LNAPL accesul proușelor petroliere în secțiunea de pompare este intrerupt din cauza suprafeței de separație apă – produs petrolier, care devine ascendentă spre puț (figura 7)

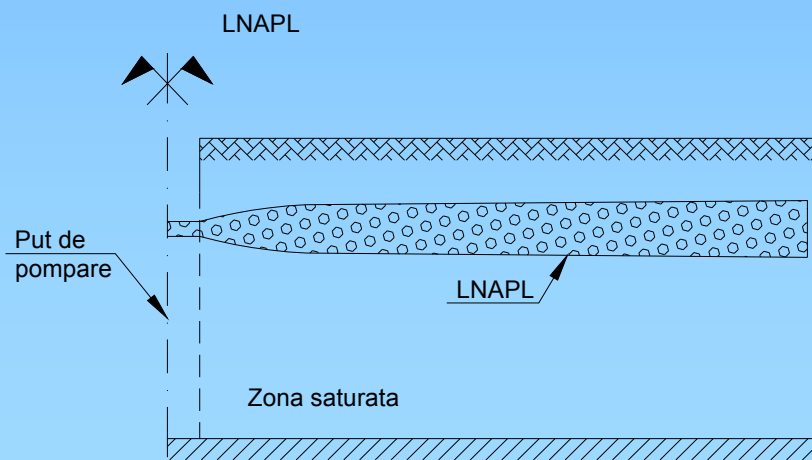


Figura 7 Suprafața de separație apă - petrol în timpul pompării

Scheme de pompare cu puțuri pentru recuperarea LNAPL

Puț echipat cu o singură pompă folosită în același timp atât pentru pomparea produsului petrolier, cit și pentru pomparea apei (figura 8).

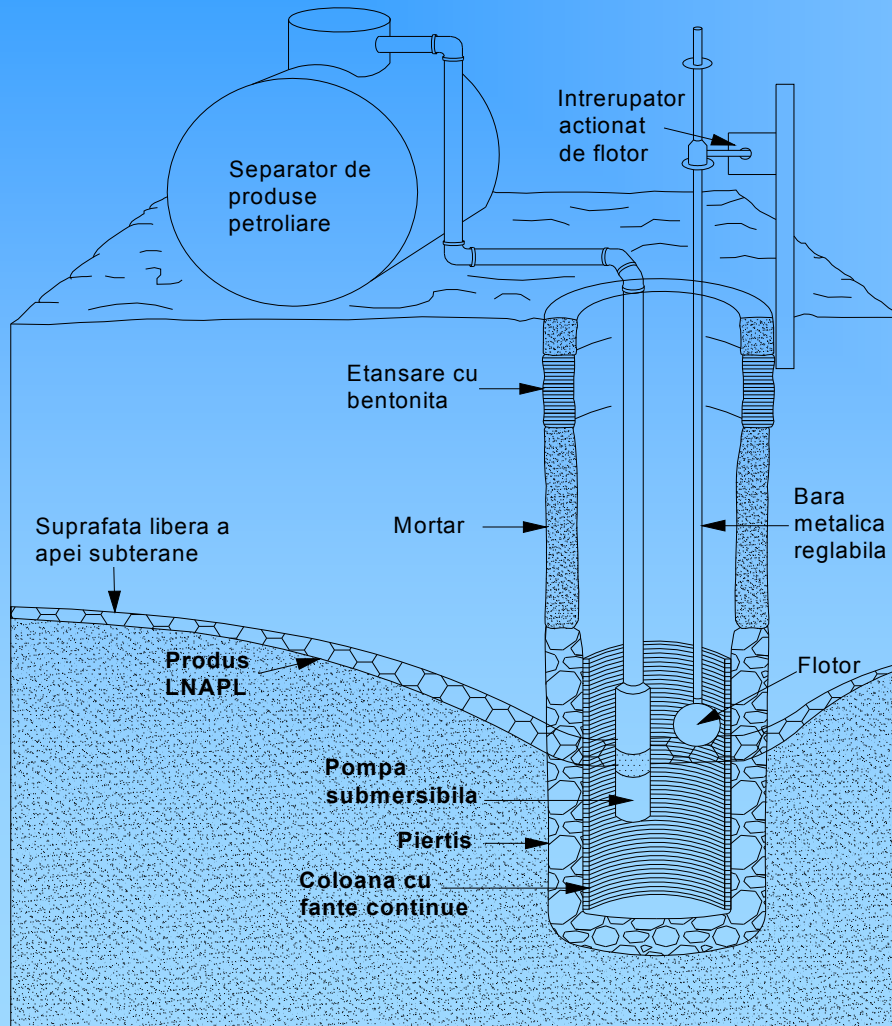


Figura 8 Puț de pompare echipat cu o singură pompă

Puț echipat cu două pompe - înlătură pericolul emulsionării, ce poate apărea între apă și produsul petrolier 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 aspirația produsului petrolier (figura 9)

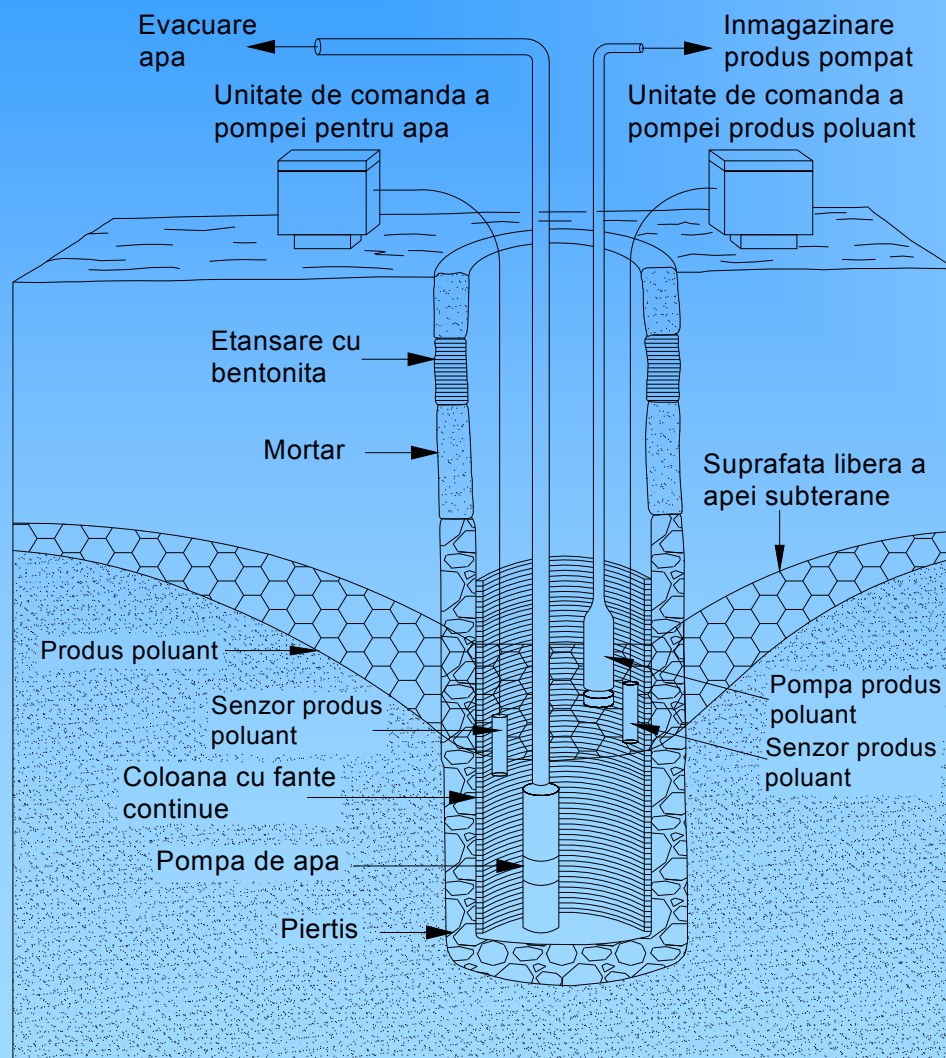


Figura 9 Puț de pompare echipat cu pompă de apă și de produs LNAPL

Sistem cu două puțuri – un puț va fi utilizat pentru depresionarea nivelului apei subterane, iar al doilea pentru recuperarea produsului petrolier (figura 10).

Avantajul acestei scheme: Produsul petrolier recuperat va putea fi folosit imediat în procesul de producție, amortizând astfel o parte din investiție.

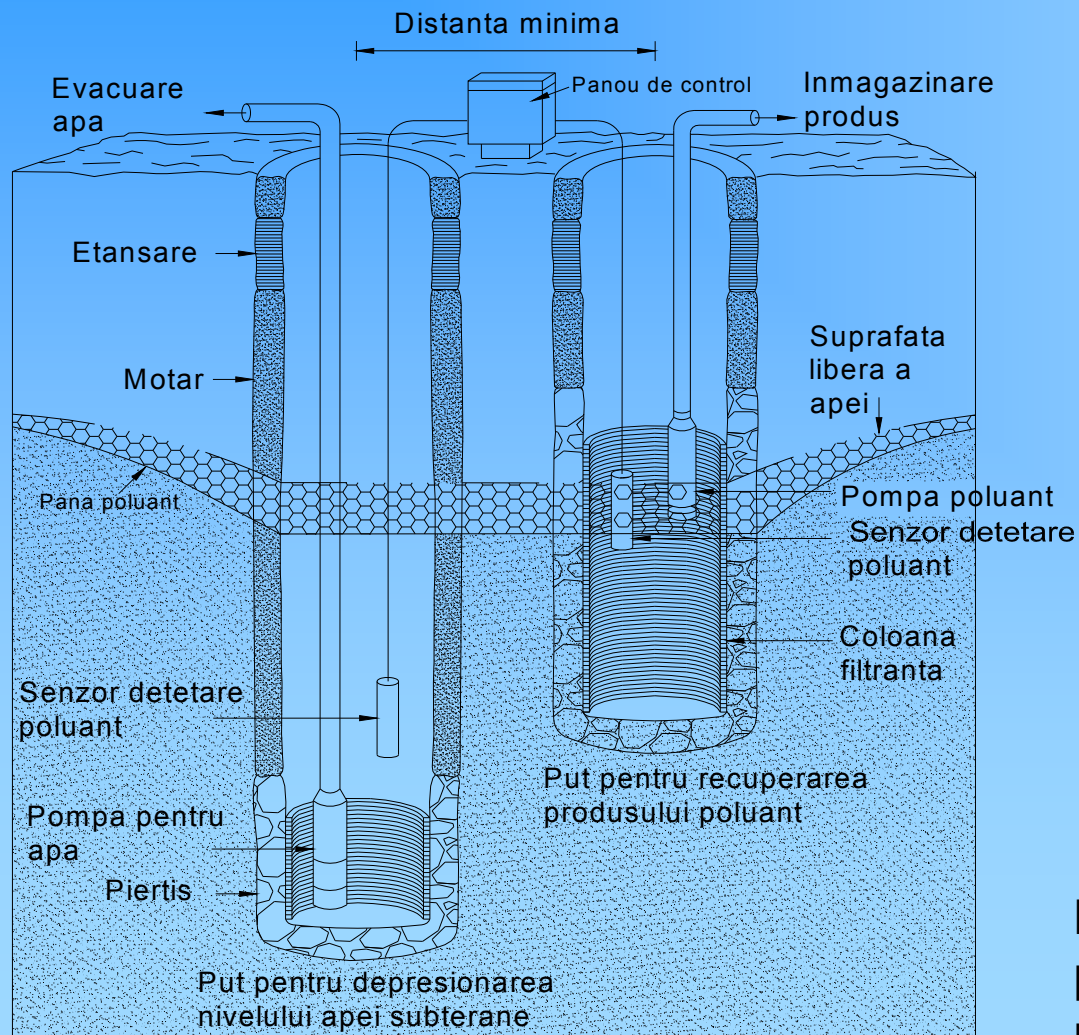


Figura 10 Sistem de pompare produs LNAPL alcăruit din două puțuri

Schema de pompare din canale pentru recuperarea LNAPL

Canalele se utilizează pentru recuperarea și îndepărtarea produșilor de la suprafața apei subterane, în cazul în care aceasta se găsește la cote apropiate de nivelul terenului (figura 11).

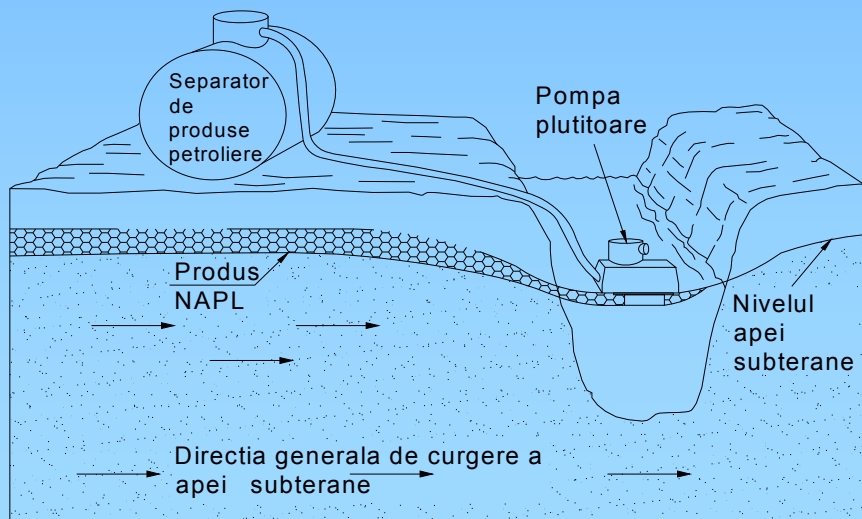
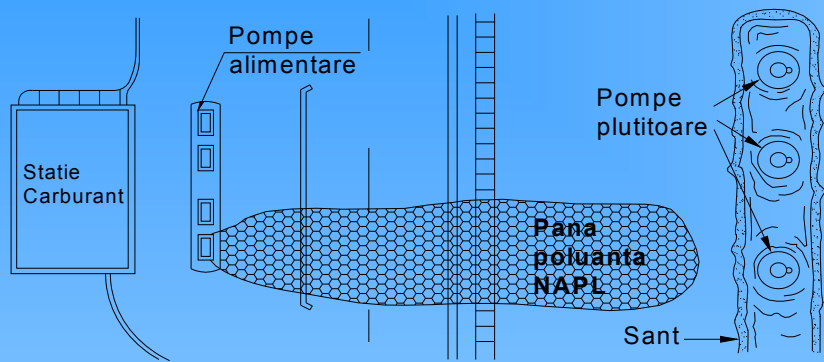


Figura 11 Amplasarea unui canal de interceptie utilizat pentru reținerea penei poluante de produși LNAPL

TRATAREA APEI SUBTERANE POLUATE

Tehnici de tratare *in situ*

Sisteme de aspirație a vaporilor din subteran (SVE)

Caracteristici:

- reprezintă una din cele mai eficiente tehnici de recuperare a compușilor organici volatili (VOCs) și semivolatili (SVQCs);
- este aplicabilă în zona nesaturată;
- provoacă o minimă perturbare a zonei remediate;
- permite tratarea unor volume mari de pământ poluat, la costuri rezonabile comparativ cu alte tehnologii

Construcții, echipamente și instalații:

- puțuri sau drenuri de aspirație;
- sisteme pentru injectarea aerului în subteran;
- membrane de impermeabilizare;
- echipamente de vacuum;
- conducte de transport;
- aparatură de măsură și control;
- instalații de tratare a vaporilor aspirați.

Sistem SVE cu puțuri de ventilare

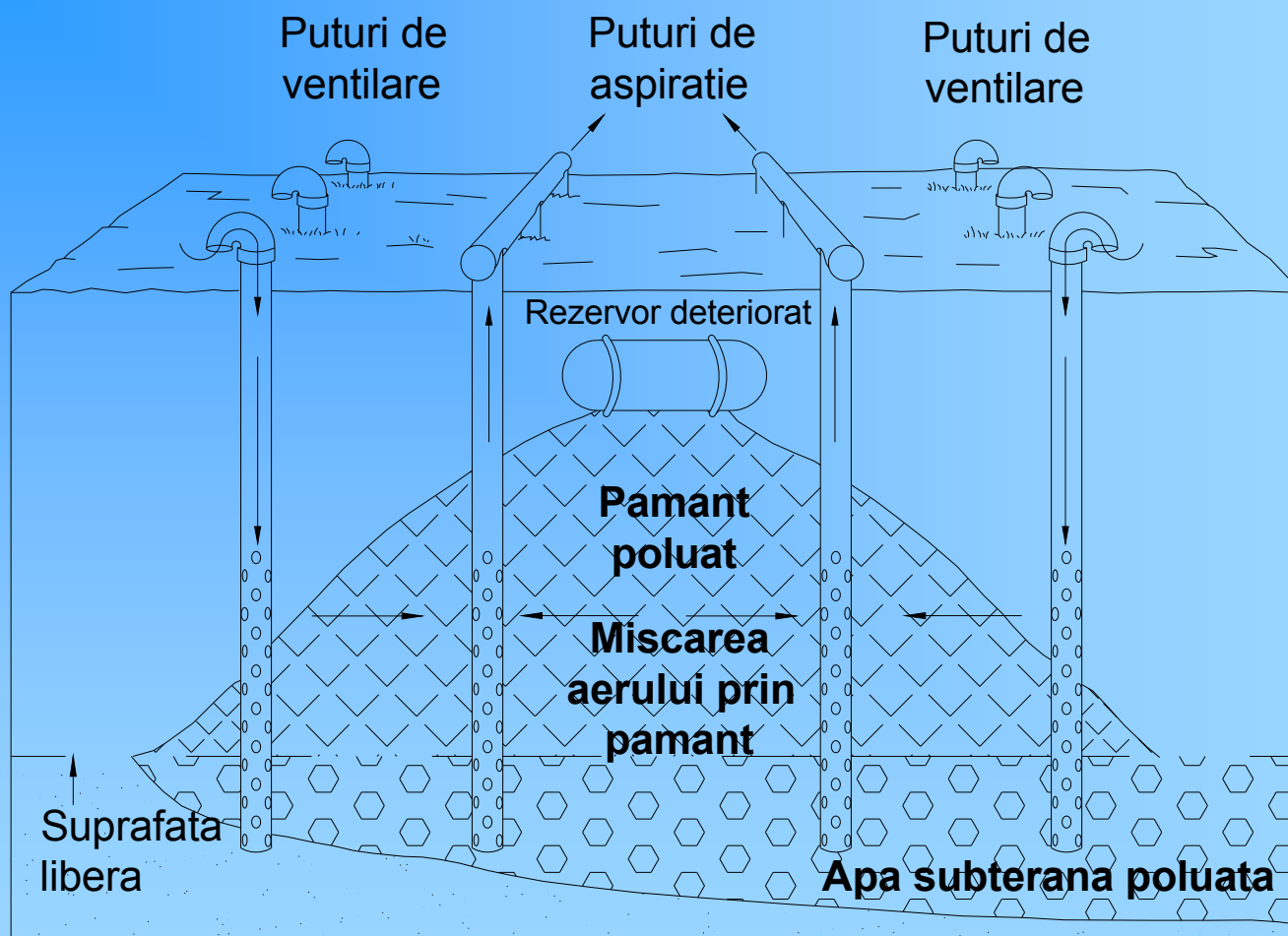


Figura 12 Aplicarea sistemului de extracție a vaporilor

Sistem SVE cu puțuri de ventilare asociate cu puțuri pentru depresionarea nivelului apei subterane

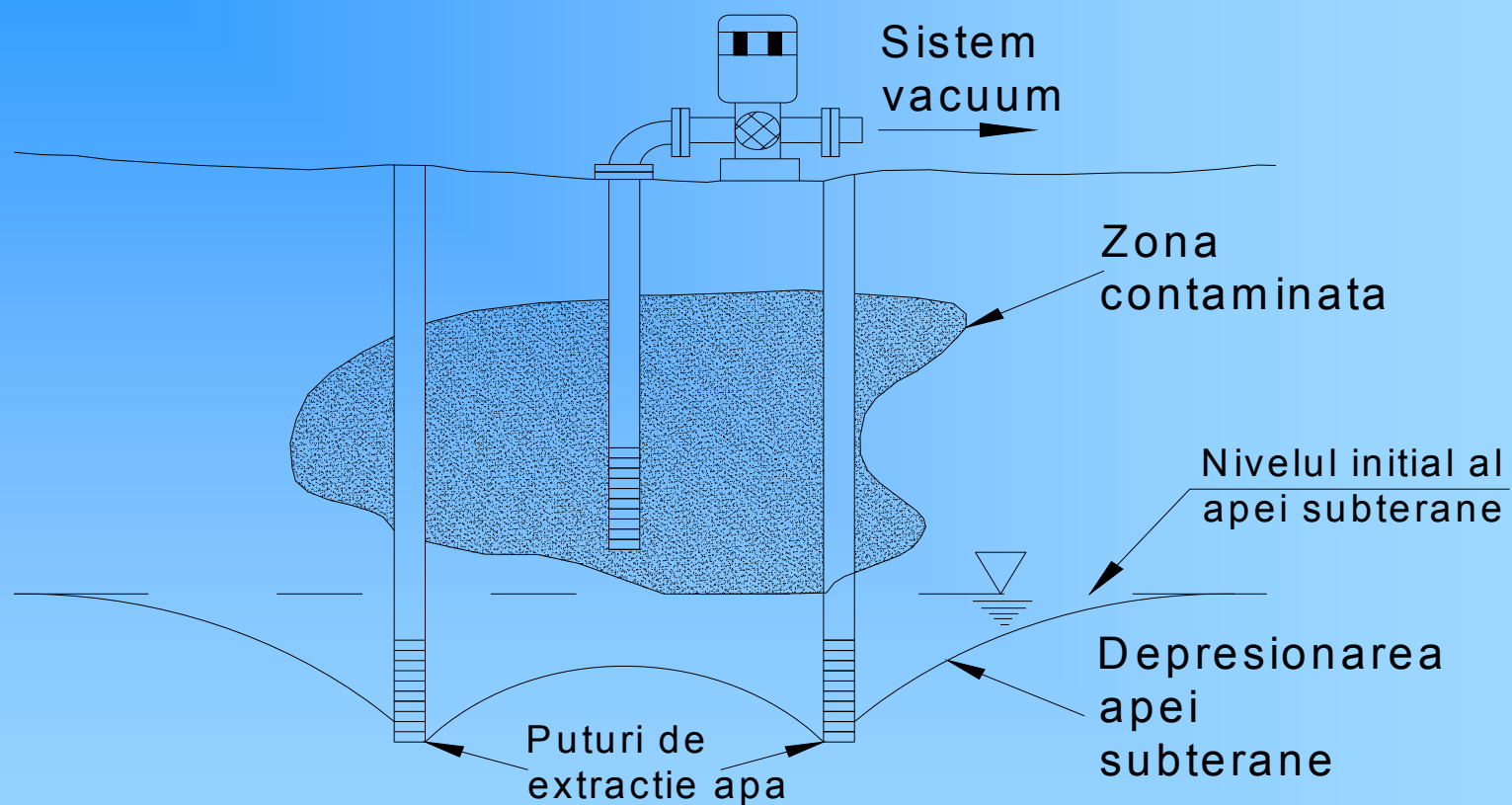


Figura 13 Folosirea combinată a sistemelor de aspirație a vaporilor cu puțuri de depresionare a pânzei freatice

Drenuri/galerii orizontale – se aplică în cazul în care apa suterană se găsește la o cotă apropiată de suprafața terenului (figura 14)

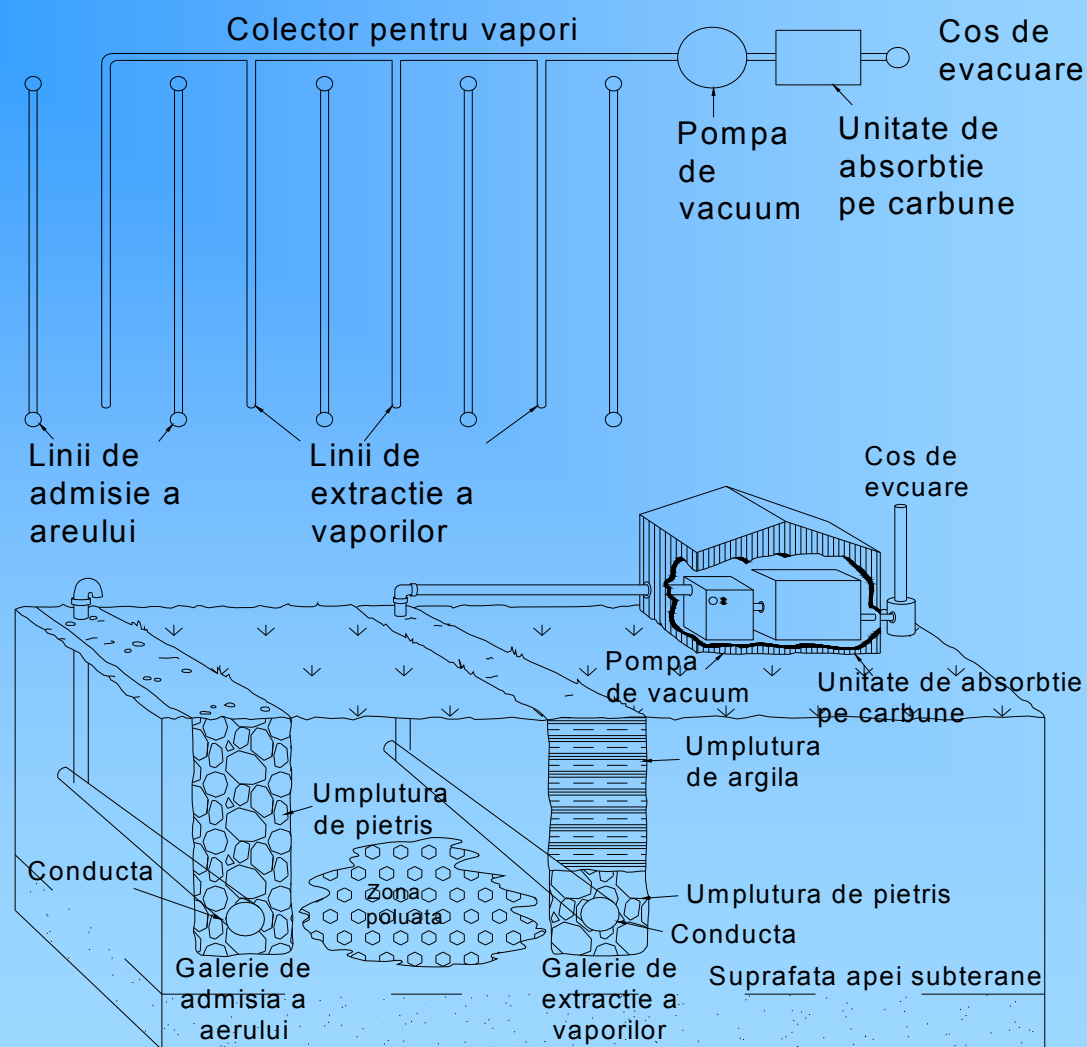


Figura 14 Aplicarea sistemelor orizontale de extracție a vaporilor

Barbotarea cu aer

Caracteristici:

- stimulează biodegradarea aerobă;
- accelerează procesul de transport prin difuzie a poluantului adsorbit spre suprafața pământului;
- trebuie aplicată în asociere cu sisteme SVE

Elemente determinante pentru performanțele sistemului:

- este introducerea aerului în subteran sub suprafața liberă a apei;
- posibilitatea de migrare pe orizontală a gazelor provenite din barbotare în zone mai permeabile, rezultând extinderea pe direcție orizontală a poluării;
- presiunea de injectare a aerului;
- numărul și distanța între puțurile de injecție;
- volumul de aer injectat;
- adâncimea de injectare;
- lungimea coloanei perforate.

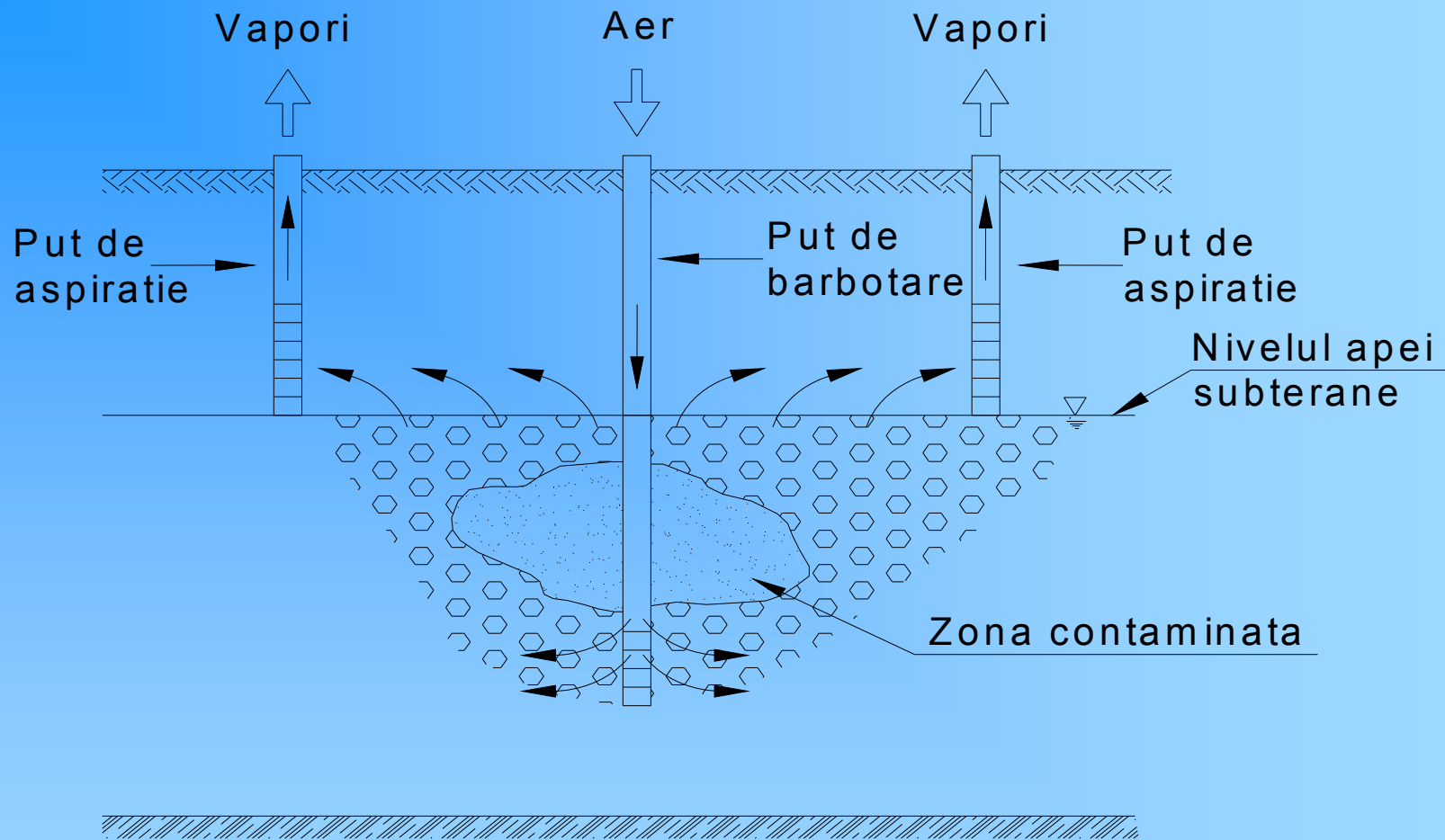


Figura 15 Schema de principiu a barbotării

Tehnici de bioremediere

Procesul de bioremediere - reprezintă transformarea compușilor organici poluanți, prin activitatea microorganismelor, în substanțe anorganice inofensive, de obicei, CO₂, și apă.

Tehnologia bioremedierii constă în accelerarea proceselor de degradare naturală prin alimentarea zonelor poluate cu oxigen sau alți electroni acceptori, nutrienți (azot și fosfor) și, în unele cazuri, chiar cu microorganisme.

Sursele de oxigen sunt:

- aerul;
- oxigenul pur în fază gazoasă sau lichidă;
- peroxidul de hidrogen.

Condiții optime de aplicare:

- Geologia subsolului trebuie să aibă o permeabilitate relativ ridicată ($> 10^{-4}$ cm/ s) pentru a permite transportul reducătorului și a nutrienților prin acvifer.
- Microorganismele trebuie să existe în număr și specii suficiente pentru a descompune poluantul.
- Umiditatea cuprinsă între 25 % și 85 %.
- Valoarea pH cuprinsă între 6,5 – 8,5.
- Temperatura mediului având valoarea optimă cuprinsă între 15 C – 45 C

Schema de aplicare a bioremedierii

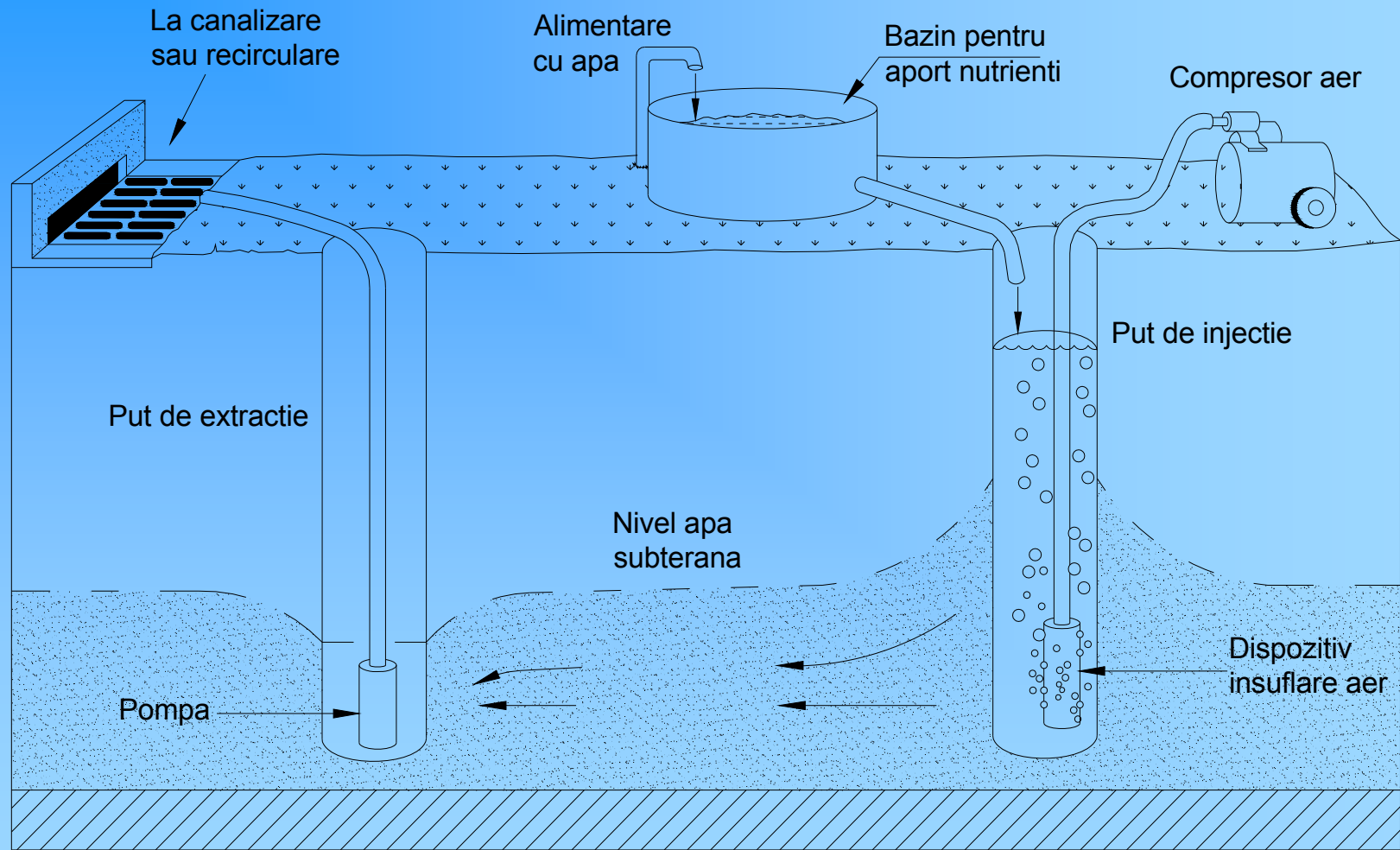


Figura 16 Schema tehnologiei de tratare prin bioremediere

Bioventilarea

- Se aplică in situ în cazul poluanților organici, adsorbiți pe matricea solidă a mediului poros, în zona nesaturată, prin degradarea lor cu ajutorul microorganismelor.
- Realizează creșterea activității microorganismelor existente în mediul subteran și stimularea biodegradării hidrocarburilor prin injectarea aerului și, dacă este necesar și a nutrienților.
- Determină degradarea poluanților organici adsorbiți, contribuind și la degradarea compușilor organici volatili (VOC), pe măsură ce vaporii acestora migrează în zona biologic activă.
- Rezultatele cele mai bune se obțin în cazul hidrocarburilor petroliere de medie greutate: solvenți clorurați, carburanți diesel și cherosen.
- Este aplicată în primul rând, în cazul în care nu se poate realiza excavarea solului, cum ar fi zonele construite sau cele situate la adâncimi mari.

Schema de aplicare bioventilării

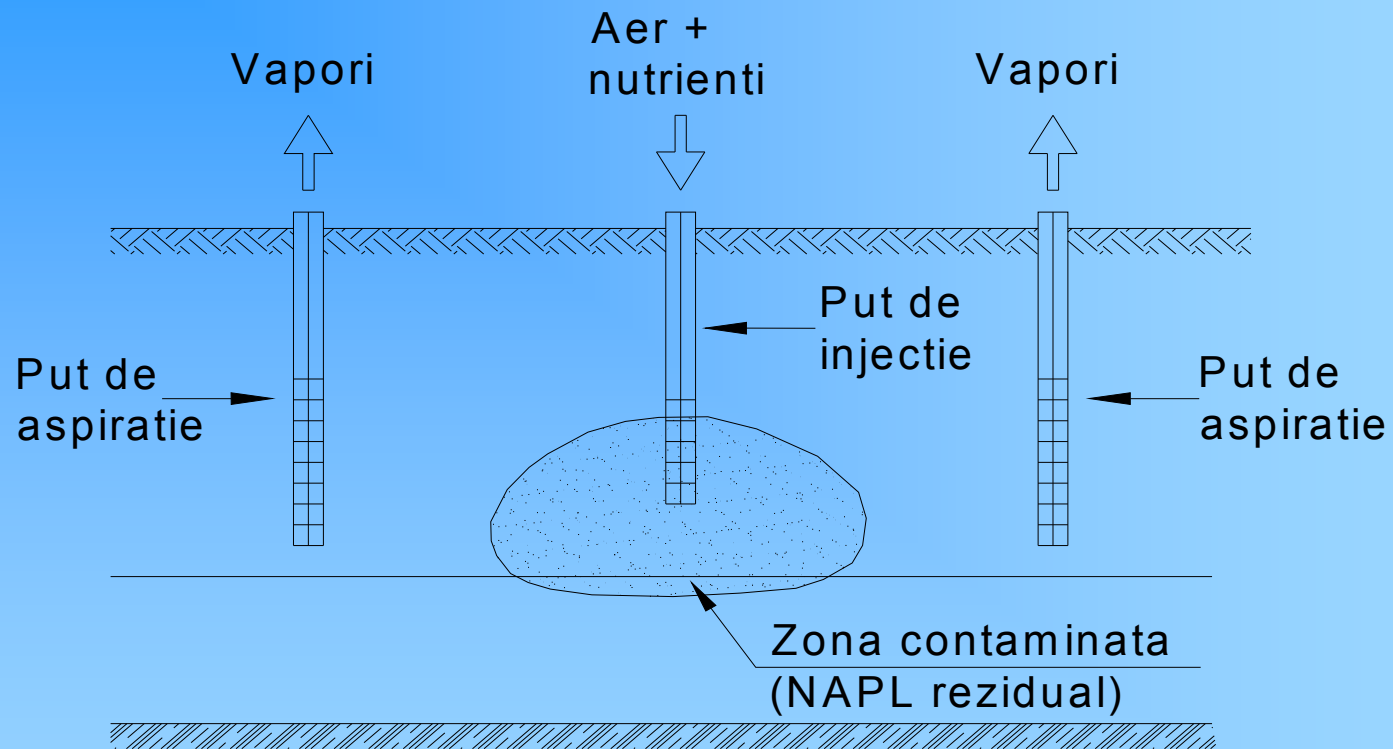


Figura 17 Schema de principiu a tehnologiei de bioventilare

Metode chimice de tratare in situ

Degradarea și immobilizarea poluanților în subteran - constă în utilizarea unor substanțe chimice pentru transformarea, prin oxidare sau reducere a poluanților din mediul subteran în forme netoxice.

Avantaje : necesită facilități reduse la suprafață și elimină practic expunerea personalului și a publicului la acțiunea toxică a poluanților.

Ca agenți oxidanți: ozon, permanganat de potasiu și hidrogen.

Agenți de reducere: sulfiții, fierul metalic, zincul și sulfatul feros.

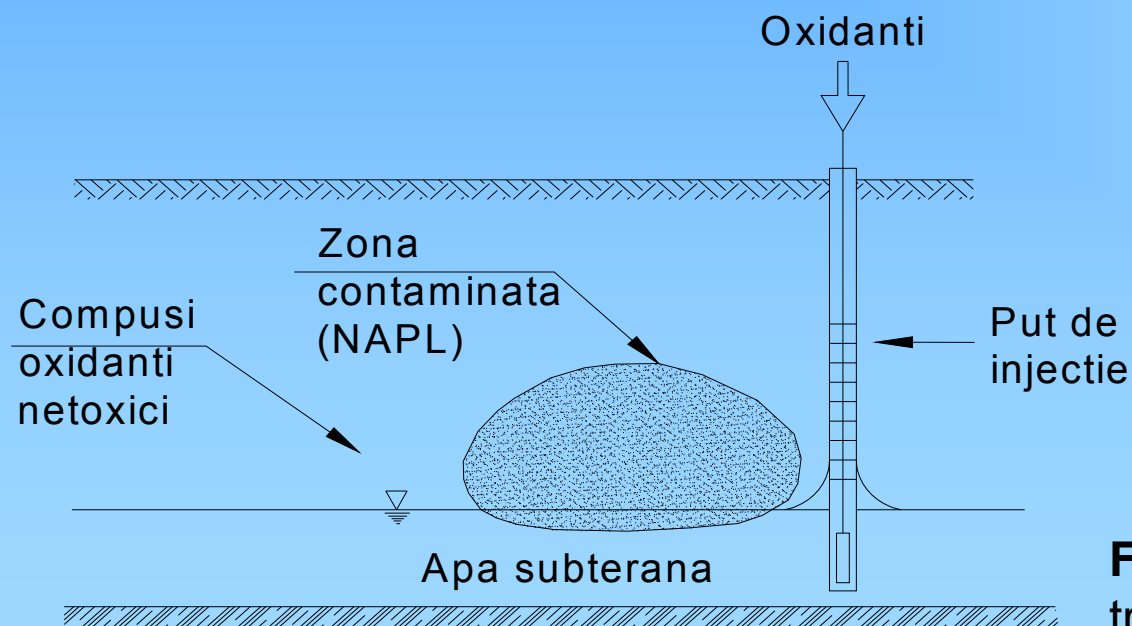


Figura 18 Schema de principiu a tratării chimice

Spălarea mediului subteran

- Constă în introducerea de agenți chimici în subteran care reduc tensiunile superficiale dintre apă și poluant, măresc solubilitatea poluanților și reduc vâscozitatea acestora, favorizând astfel recuperarea lor prin puțuri sau drenuri de captare (figura 19).
- Se aplică în cazul poluanților cu solubilitate redusă.

Agenți utilizați:

- cosolvenți;
- detergenți.

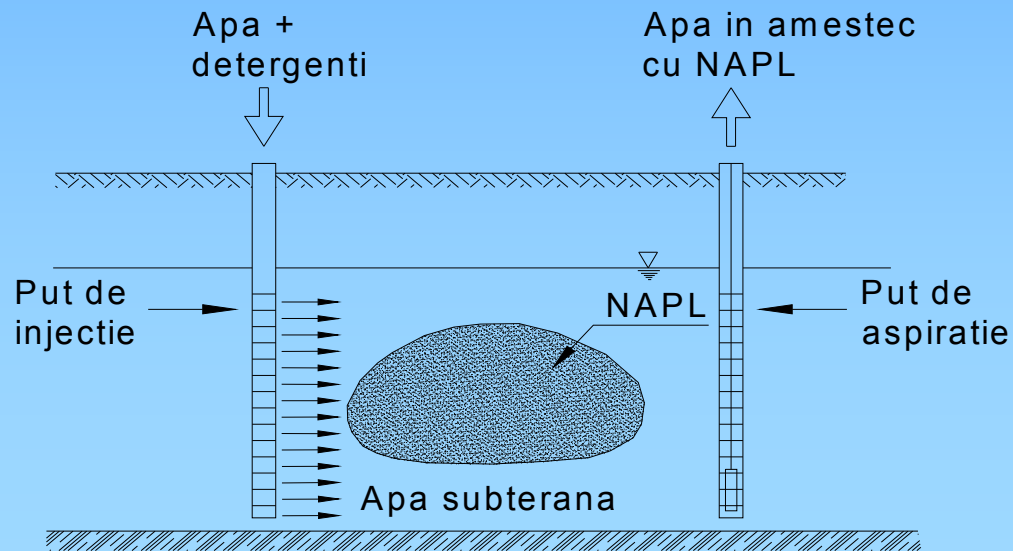


Figura 19 Schema de principiu a tehnologiei de spălare a mediului subteran

Bariere reactive

Ecrane impermeabile cu porți de tratare - această soluție presupune realizarea unor pereți impermeabili convergenți pentru direcționarea apei spre zona permeabilă de reacție, numită poartă, realizându-se astfel diminuarea zonei reactive (figura 20).

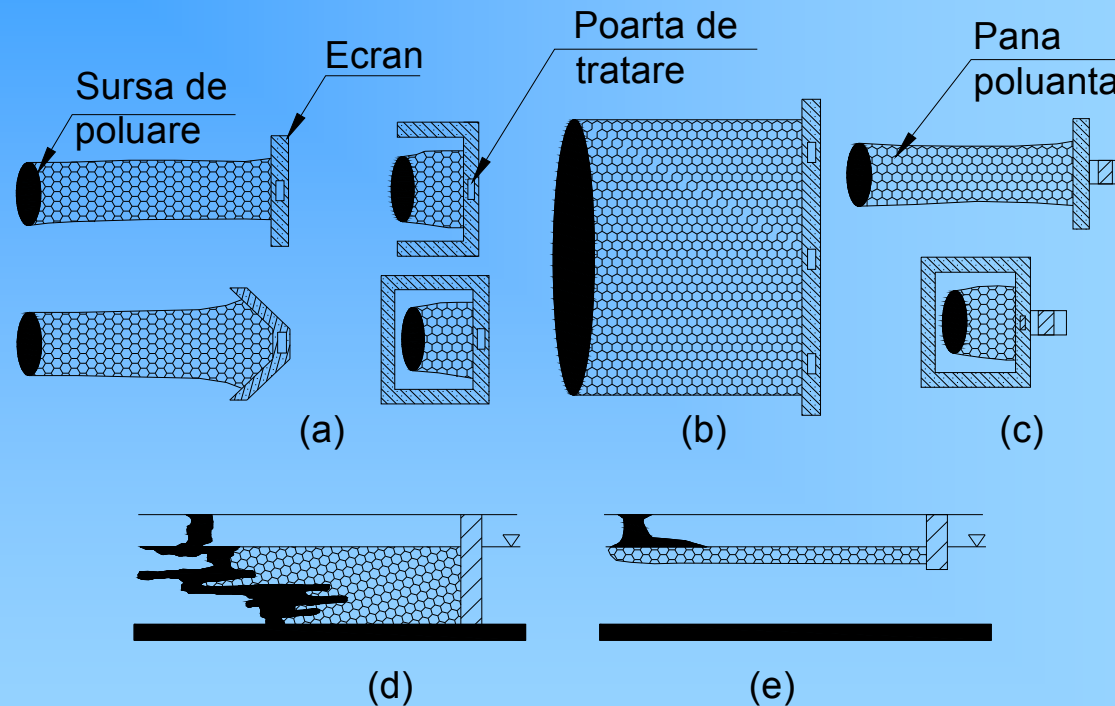


Figura 20 Scheme constructive pentru ecrane impermeabile cu porți de tratare: 8 - ecrane cu fantă unică; 5- ecrane cu fante multiple; C - ecrane cu module reactive multiple; d - ecrane complet penetrate; 8- ecrane parțial penetrate.

Ecrane permeabile reactive - asigură tratarea de-a lungul întregii lor lungimi, fiind constituit din materiale permeabile care reacționează cu substanțele chimice poluante, refăcând calitatea apei din pana poluată, fără să modifice structura curentului natural al apei subterane. (figura 21)

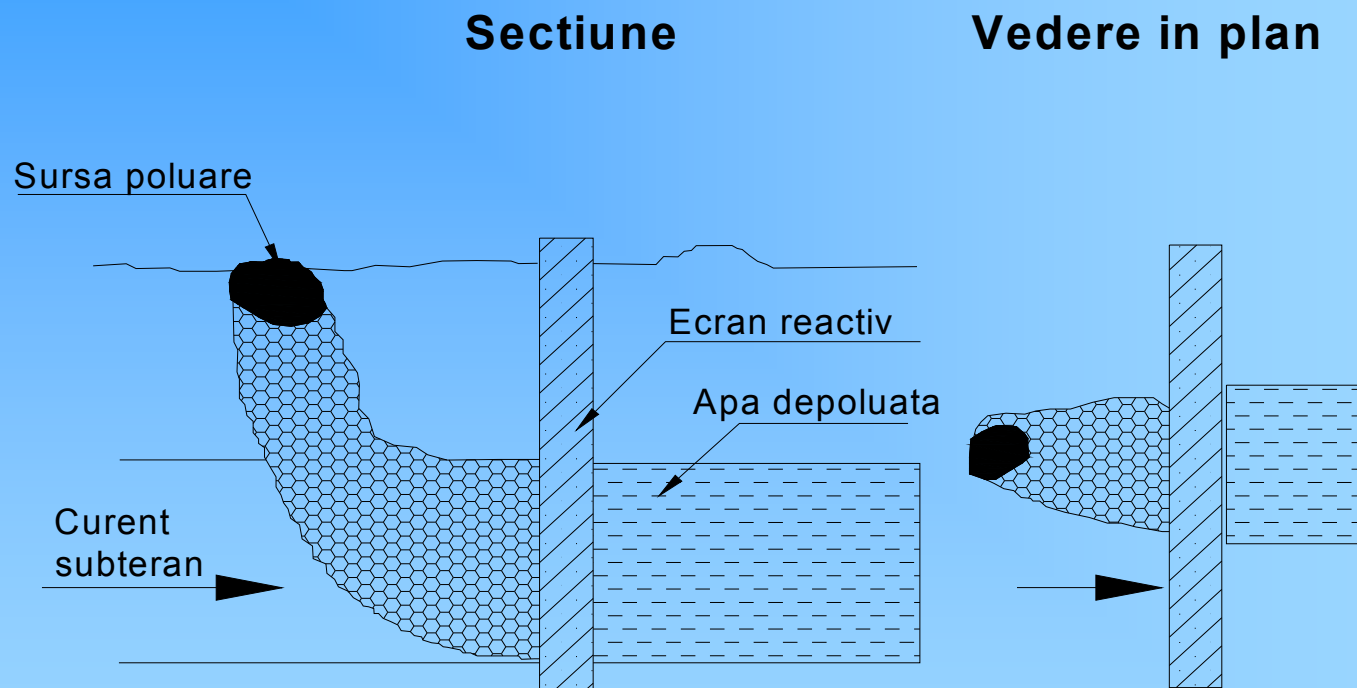


Figura 21 Ecrane permeabile reactive

Tehnologiile de tratare ce pot fi utilizate pentru barierele reactive

Mediul de tratare	Poluant țintă	Nivelul de dezvoltare al tehnologiei
Fier saturat	Hidrocarburi	Se aplică
Fier saturat	Metalele reductibile (Cr ⁺⁶ , crom hexavalent, uraniu)	Experimental
Piatră de var (carbonat de calciu)	Metale și apă acidă	În practica curentă
Agenți de precipitare (hidroxiapatite, selenit)	Metale	Studii de laborator
Agenți de adsorbție (hidroxidul de fier, cărbune activ granular, zeoliți)	Metale și compuși organici	Experimental și/ sau studii de laborator
Agenți de reucere (compost organic, hidrogenul sulfurat)	Metale reductibile	Instalații pilot
Compuși metalici	Halocarbură	Studii de laborator
Electroni acceptori (sursa de oxigen și nitrați, oxigen eliberat în urma diverselor reacții)	BTEX	Instalații pilot

Metode termice de tratare

Aplicarea metodelor termice de tratare urmărește creșterea temperaturii în mediul subteran pentru accelerarea diferitelor mecanisme care favorizează recuperarea poluanților.

Injectarea aburului - se aplică pentru recuperarea poluanților organici volatili (VOC) sau semivolatili (SVOC), reținuți în structura mediului poros la saturație reziduală. remobilizarea compușilor NAPL, prin injectarea aburului în mediul permeabil implică următoarele mecanisme:

- transportul aburului în zona poluată din secțiunea puțurilor de injecție;
- încălzirea zonei poluate, ceea ce conduce la vaporizarea și creșterea mobilității poluantului;
- crearea unui gradient de presiune pentru controlul mișcării poluanților și al frontului de abur condensat, spre punctul de recuperare.

Tehnologia de remediere a zonelor poluate prin injectarea aburului cuprinde (figura22):

- un sistem de generare și injectare a aburului;
- un sistem de recuperare a vaporilor;
- un sistem de colectare și tratare a condensului rezultat.

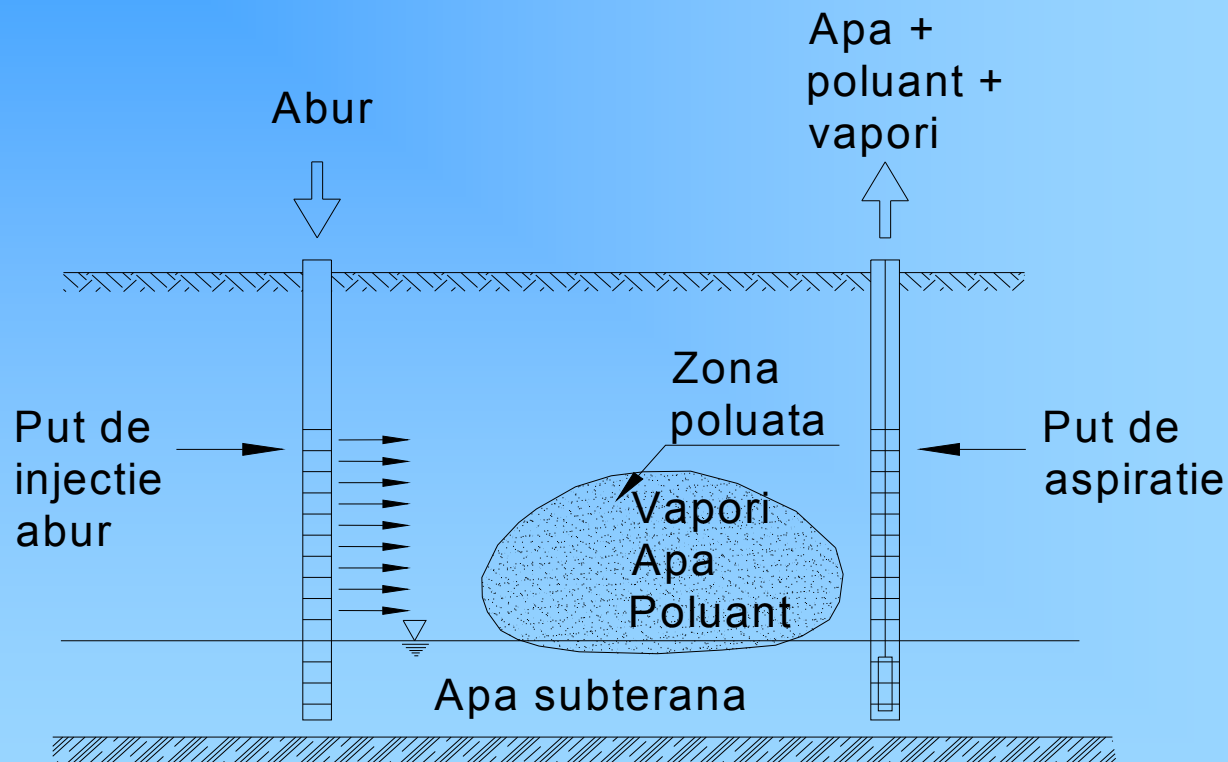


Figura 22 Schema de principiu a tehnicii de remediere prin injectarea aburului

Alte metode termice de tratare pentru depoluarea mediului subteran:

- Încălzirea electrică.
- Încălzirea prin unde radio.
- Injectarea aerului cald.
- Conducte termice.
- Fibre optice.
- Injectarea apei calde.
- Depoluarea prin metode electroacustice.

Tehnici de tratare *ex situ*

Tehnicile de tratare *ex situ* presupun îndepărtarea fazelor solide și lichide din amplasament și transportul acestora pentru a fi depozitate sau tratate în scopul îndepărtării poluanților.

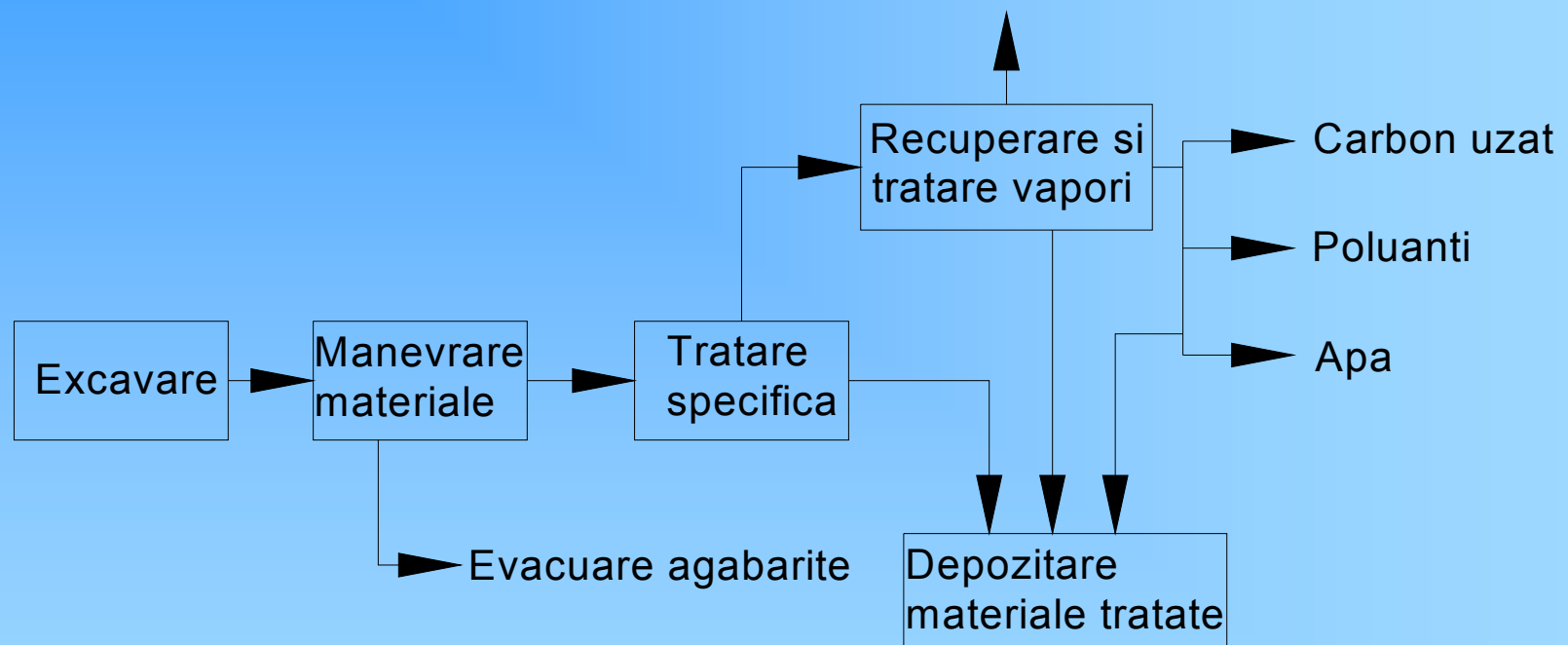


Figura 23 Fluxul tehnologic al proceselor de tratare *ex situ*

Alegerea acestei soluții depinde de o serie de factori precum :

- distanța până la locul de depozitare și tratare;
- traseul și condițiile drumului între zona de excavație și zona de depozitare și tratare;
- posibilitățile de acces pentru ambele zone;
- evaluarea factorilor de mediu, sociali și economici, legați de zona de depozitare și tratare;
- posibilitățile de pompare, transport, tratare și evacuare a apei subterane;
- controlul emisiei de noxe în timpul excavării;
- reamenajarea zonei după excavație;
- costuri.

VĂ MULȚUMESC