

Zneškodňování ropných kontaminací

8. Sanace nesaturované zóny



Milan Geršl

Brno, 2015

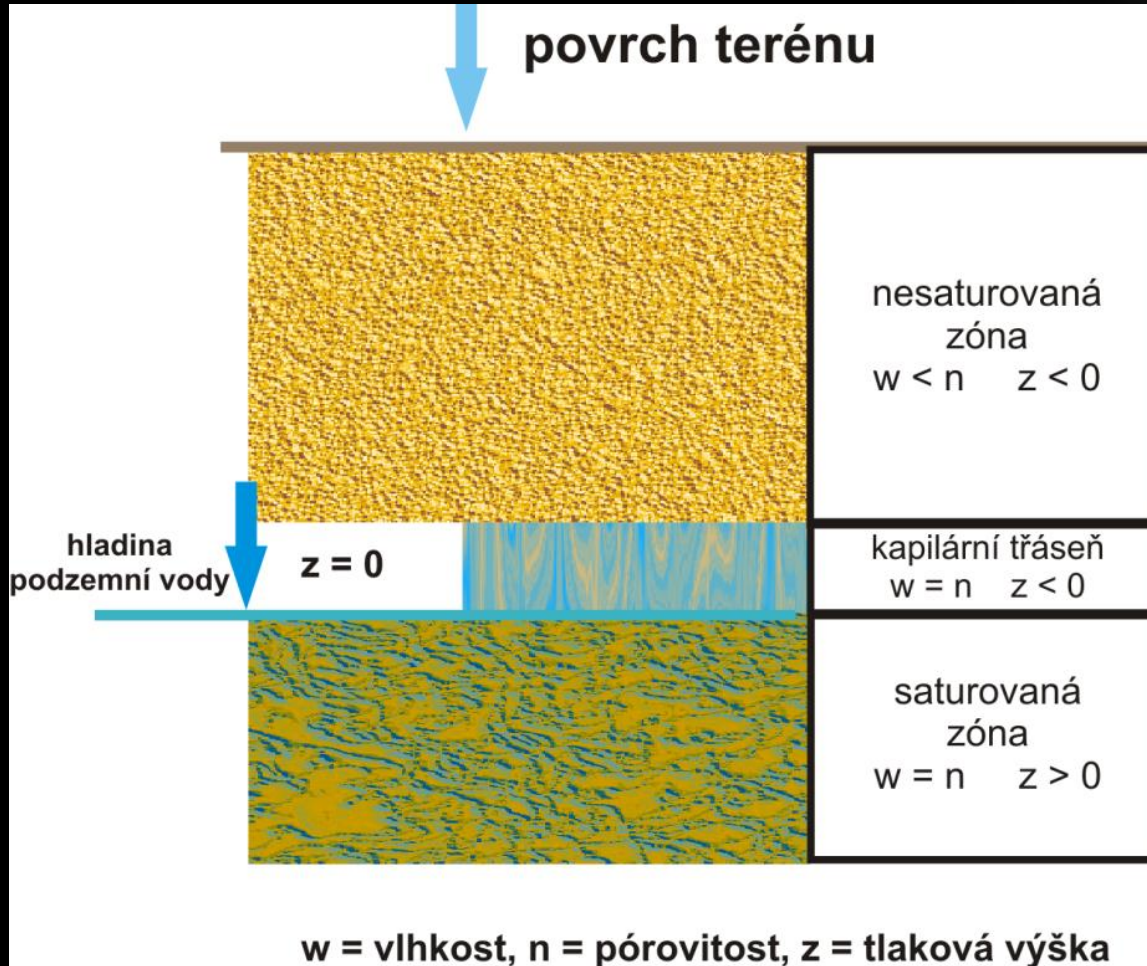
Copyright

*Volně přístupný materiál určený především pro studijní účely.
Používejte pouze s citací zdroje.*

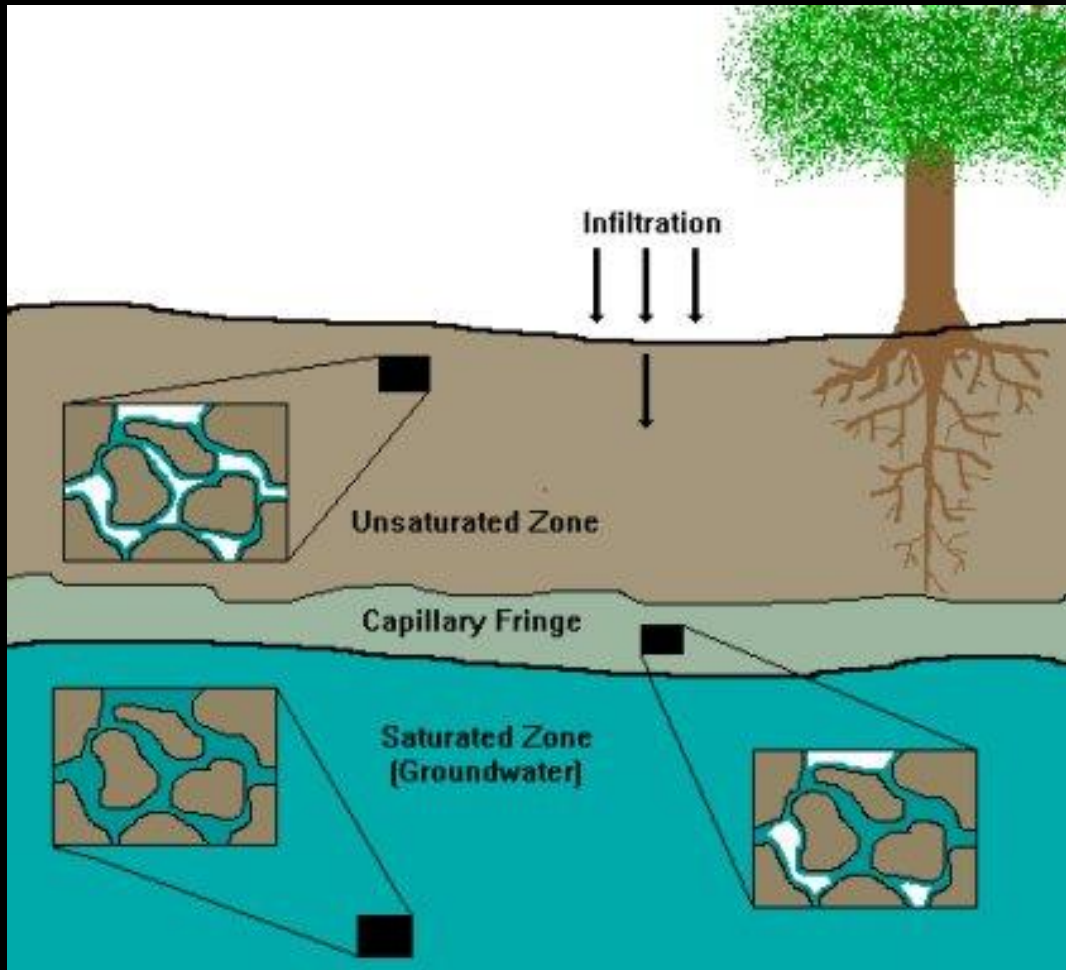
*Those materials are open source.
Copy it, adapt it, use it
– but acknowledge the source!*

ÚZPET, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně

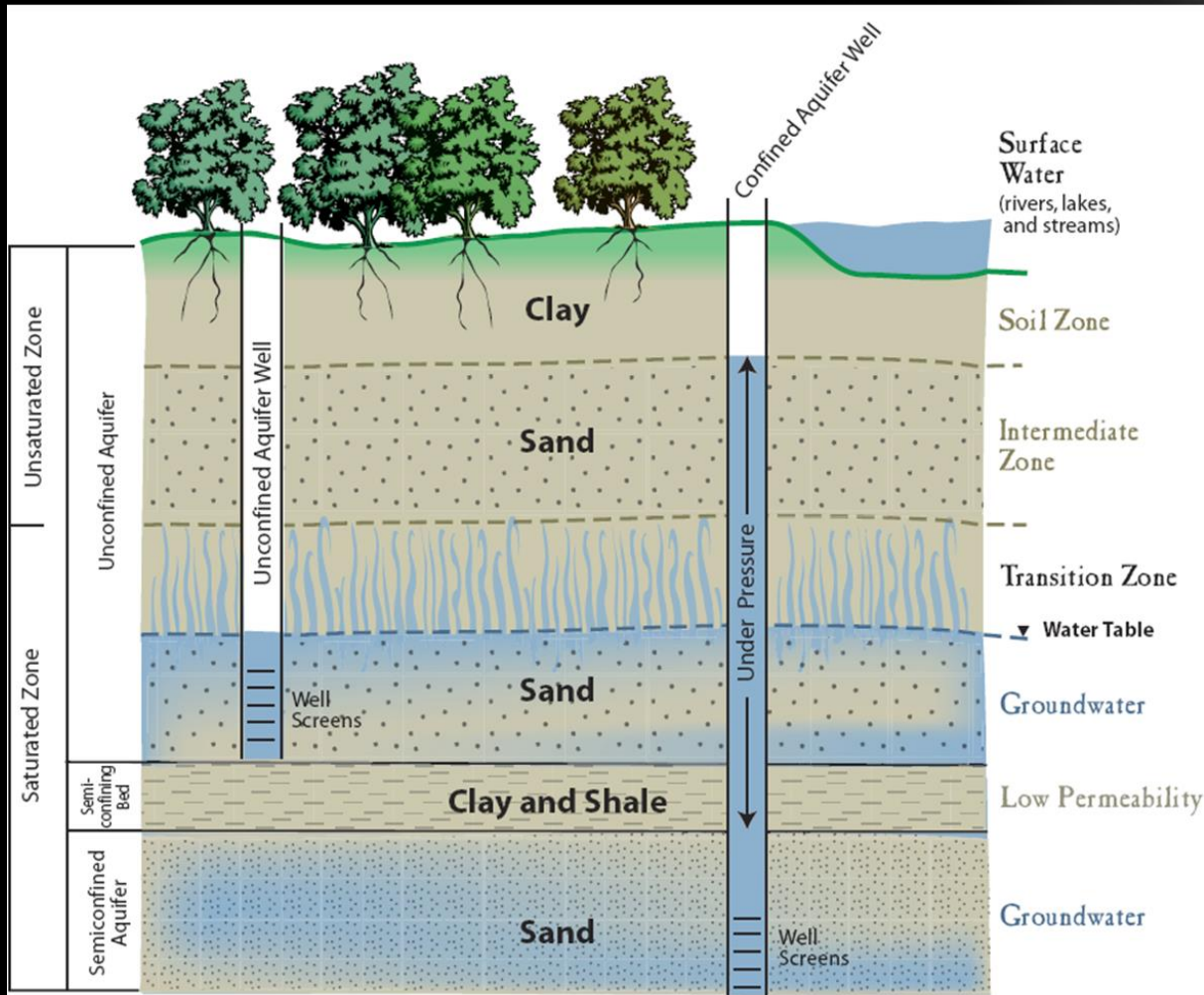
Nesaturovaná zóna



Nesaturovaná zóna



Nesaturovaná zóna



Sanace nesaturované zóny in situ

- **Biologické metody in situ**

Sanace nesaturované zóny in situ

Biologické metody in situ

Biologické metody používají k degradaci kontaminantů aktivitu mikroorganismů, a to původních (autochtonních) nebo přinesených (alochtonních). Nespornou výhodou všech biologických metod je rozklad nebo transformace kontaminantů přirozenými procesy, bez vzniku dalších nebezpečných produktů nebo oddělených frakcí. Další výhodou jsou nízké finanční náklady na přirozeně probíhající procesy.

Sanace nesaturované zóny in situ

Biologické metody in situ

Základním požadavkem pro aplikaci biologických metod je biologická rozložitelnost uvažovaného kontaminantu. Činnost mikroorganismů „pro člověka“ musí být pro tyto mikroorganismy nějakým způsobem výhodná, prakticky se jedná o množení a přežití, které musí být na zájmové lokalitě efektivnější než v okolní hornině. Pro přítomné mikroorganismy musí být zajištěny vhodné životní podmínky, tzn. makrobiotické (N, P) a mikrobiotické (K, Mg, Mn, Fe, aj.) prvky, pH, Eh, vhodná teplota a vlhkost a terminální akceptory elektronů (kyslík, železo, dusík, síra).

Sanace nesaturované zóny in situ

Biologické metody in situ

Mikrobiální procesy mohou probíhat aerobně nebo anaerobně, z toho vychází potřeba nebo škodlivost vzdušného kyslíku. Pro sanaci ropných kontaminací jsou využívány procesy aerobní. Jejich konečnými produkty jsou CO_2 , H_2O , biomasa a teplo. Naopak anaerobní procesy vedou často ke vzniku nejasných produktů, jsou pomalejší a velmi citlivé na okolní podmínky.

Sanace nesaturované zóny in situ

Biologické metody in situ

Obvyklými organizmy využitelnými pro biologickou sanaci jsou bakterie, kvasinky, plísně, houby působící bílou hnilobu dřeva a vyšší rostliny (fytoremediace). V prakticky probíhajících procesech lze však využít bakterie pro celý objem horniny nebo vyšší rostliny pro sanaci povrchových vrstev v dostupnosti kořenového systému.





Fytoremediace

Fytoremediace využívá činnosti vyšších rostlin pro degradaci, extrakci nebo imobilizaci polutantů. Dostatečná fytoremediace může probíhat jen v součinnosti s mikroorganismy symbioticky přítomnými v kořenovém systému – rhizoremediace. Fytoremediace je používána pro eliminaci organických i anorganických polutantů. S výhodou lze použít jen rostliny, které rostou rychle, přičemž akumulují dostatečné množství polutantu a následně je lze sklídit a dále zpracovat.

Fytoremediace

Fytoremediace je ze všech dostupných metod in situ nejméně finančně nákladná a současně nejméně náročná na provoz a údržbu a je možné tímto způsobem obsáhnout plošně rozsáhlá území. Nezanedbatelnou výhodou je i estetický přínos pro krajinu jinak zdevastovanou např. povrchovou těžbou nebo pozůstatky rozsáhlých průmyslových areálů. Fytoremediace je obvykle využívána in situ, lze ji však aplikovat na speciálních plochách na převezené zemině nebo sedimentech.

Fytoremediace TK

Plants	Extracted Heavy metals
<i>Silene vulgarisi</i> 	Zn
<i>Thlaspi caerulescens</i> 	Zn, Cd
<i>Brassica juncea</i> 	Pb, Cr, Cd, Ni, Zn, Cu
<i>Helianthus annuus</i> 	Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn

Fytoremediace TK

Polygonum



Cd, Pb, Zn, Ni

Festuca ovina



Pb

Zea mays



Cd, Cu, Ni, Zn, As, Pb

Fytoremediace



Phytoremediation of Stormwater at Agronomy Facilities

<http://sand-creek.com>

Fytoremediace



In-Situ Phytoremediation of Landfill Leachate

<http://sand-creek.com>

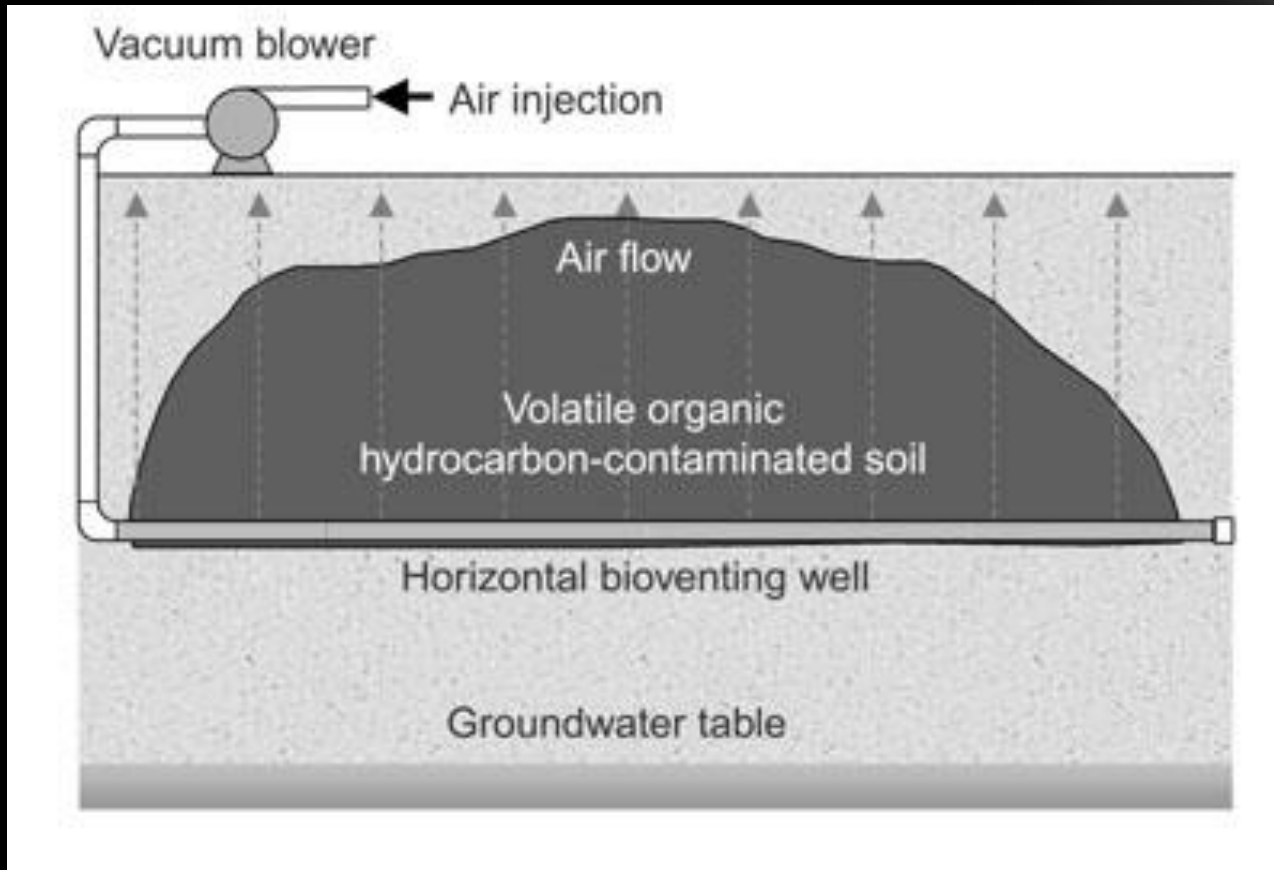
Bioventing

Principem bioventingu je vhánění vzdušného kyslíku do nesaturované zóny. Transport vzdušného kyslíku probíhá kompresory přes ventingové vrty, a to vháněním čerstvých plynů nebo naopak odsáváním půdních plynů. V určitých geometrických uspořádáních lokality lze vzdušiny přivádět jen rozdíly atmosférického tlaku, bez spotřeby elektrické energie. Kyslíku se přivádí jen tolik, kolik je potřeba pro oxidaci polutantů. Tím je snížena spotřeba energie i těkání polutantů na povrch.

Bioventing

Bioventing je použitelný pro degradaci všech aerobně rozložitelných polutantů s rozdělovacím koeficientem oktanol-voda pod 5.103, tj. pro ropné uhlovodíky, PAU, aceton, benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny a naftalen. Bioventing lze provádět také jako tzv. kometabolický bioventing, při kterém se společně se vzduchem do vrtu vhání látky podporující aktivitu přítomných mikroorganismů. Tato metoda je velmi účinná, protože v neřízeném průběhu je půdní vzduch spotřebován na oxidaci polutantů a prostředí přechází do anaerobního režimu, čímž se přirozená degradace zastaví.

Bioventing



Podporovaná bioremediace

Tato metoda využívá přítomných autochtonních mikroorganismů, které jsou ve své aktivitě podporovány zapouštěním živných roztoků a dalších podpůrných sloučenin (terminální akceptory elektronů, donory elektronů, povrchově aktivní látky). Horninové prostředí lze také inokulovat vhodnými bakteriálními kmeny. Výsledkem je zvýšená účinnost biologické degradace.

Sanace nesaturované zóny ex situ

V některých případech je těžba a transport další zátěží (sedimenty., zeminy), v jiných je částí logického postupu, neboť materiál na místě zůstat nemůže (technologické odpady, kaly z výroby, demolice, havárie dopravních prostředků nebo průmyslové havárie).

Sanace nenasycené zóny ex situ

Biologické metody ex situ

Při sanaci pevných materiálů ex situ biologickými materiály se v naprosté většině technologií využívá aerobní degradace. Terminálním akceptorem elektronů je tedy kyslík. Hlavní výhodou těchto procesů zřetelně vyšší rychlost ve srovnání s procesy anaerobními a vznik přirozených produktů: CO₂, H₂O, biomasy a tepla. Kyslík se používá obvykle ve formě vzdušného kyslíku. Čistý kyslík nebo oxidující sloučeniny jsou v těchto případech zbytečně nákladné.

Sanace nenasycené zóny ex situ

Biologické metody ex situ - Kompostování

Vytěžený substrát se smíchá s organickým materiálem (odpadní biomasa z údržby zeleně, dřevní štěpka, piliny, sláma, hnůj, kejda aj.) a takto připravená zakládka se umístí do kompostovacího zařízení. Preferován je termofilní biologický rozklad, pro který jsou optimální poměry C:N = 30:1. Do zakládky se intenzivně vhání vzdušný kyslík za stálé kontroly vlhkosti a teploty substrátu. Kompostování lze použít pro degradaci biologicky rozložitelných polutantů. Při navrhování procesu musí být dostatečně známý obsah polutantů, neboť nevhodné složení či vysoké koncentrace mohou vést k zastavení biodegradčních procesů.

Sanace nenasurované zóny ex situ

Biologické metody ex situ - Biologické suspenzní systémy

Principem metody je biologické čištění zemin a kalů v suspenzních bioreaktorech. Jemnozrnný materiál je smísen s vodou za výsledného podílu pevného materiálu 10-30 %. Vzniklá suspenze je čištěna v reaktoru nebo v lagunách. Řízeně je regulován přínos kyslíku a živin potřebných pro mikroorganismy, pH, teplota, příp. další fyzikální a chemické parametry. Metoda je vysoce účinná pro čištění materiálů silně kontaminovaných ropnými látkami, organickými rozpouštědly, pesticidy, herbicidy atd. Postup čištění a výsledky lze velmi dobře kontrolovat. Reaktory lze provozovat i v anaerobních podmínkách nebo lze použít i postupné čištění nejprve v anaerobních, poté v aerobních podmínkách. Metoda je však prodražena těžbou, transportem, přípravou materiálů a provozováním reaktorů.

Sanace nenasycených zón ex situ

Fyzikální a chemické metody ex situ **Extrakce**

Extrakce je oddělení polutantů ze zemin, kalů, sedimentů nebo demoličních sutí. Pro extrahování jsou používány organická rozpouštědla, do kterých ochotně přechází celá řada polutantů v nich rozpustných. Nutností je požití vhodného činidla pro uvažované polutanty. V následném procesu jsou rozpouštědla oddělena od pevné fáze. Hlavní nevýhodou metody je nutnost dalších operací, při kterých jsou z pevných materiálů odstraněny zbytky extrakčního činidla, a čištění samotného činidla, které je výhodné recyklovat. Investiční náklady do technologického vybavení jsou příliš vysoké.

Sanace nenasycených zón ex situ

Fyzikální a chemické metody ex situ

Praní zemin a demoličních sutí

Při praní jsou polutanty vymývány vodou nebo vodou s povrchově aktivními látkami (na rozdíl od extrakce, kdy jsou polutanty rozpouštěny do rozpouštědla). Anorganické i organické polutanty díky své schopnosti vázat se na nejmenší částí horniny (jíly, organickou hmotu) mohou být z materiálu vyprány ve formě suspenze společně s těmito částicemi. Praní zemin lze využít pro čištění od ropných látek, a těžkých kovů, příp. některých dalších organických látek a pesticidů. Nevýhodou je nutnost dalšího čištění technologických vod. V případě směsných kontaminací není jednoduché připravit správný vypírací roztok. Proces je soustředěn na nejmenší částí materiálu a celková efektivita tedy není vysoká.

Sanace nesaturované zóny ex situ

Fyzikální a chemické metody ex situ Stabilizace a solidifikace

Podstata metody je shodná s metodou prováděnou in situ, tedy jde o převedení polutantů do stabilní chemické vazby, která je málo rozpustná a vytváří pro okolí jen minimální riziko. Solidifikace je převedení materiálu do mechanicky odolné a téměř nepropustné, monolitické struktury. Chemické vazby nemusí být tímto procesem ovlivněny, jsou uzavřeny v okolním materiálu. Obě metody jsou velmi podobné a často do sebe přecházející. Činidla jsou zapracovávána na lokalitách při těžbě materiálu nebo až po přepravení do zpracujícího provozu. Obvykle se používají hydraulická pojiva (cement), popílky, strusky, vápenný hydrát, někdy asfalty. Metoda je vhodná pro široké spektrum polutantů. Aplikaci musí předcházet dobrá znalost přítomných škodlivin a počítačové modelování a laboratorní testování, pomocí kterého je určeno vhodné činidlo a následně je odvozena jeho odolnost a trvanlivost.

Sanace nenasycené zóny ex situ

Fyzikální a chemické metody ex situ

Spalování

Spalování za přítomnosti kyslíku při teplotách 870 -1200 °C se používá pro likvidaci těžce rozložitelných organických látek. Chemickým principem je oxidace za vzniku CO₂ a H₂O. Spalovací metody jsou vysoce účinné, ještě vyšší účinnosti je dosahováno čištěním spalin, které je navíc nutné z pohledu ochrany ovzduší. Metody se primárně používají pro likvidaci zvláště odolných polutantů (chlorované uhlovodíky, polychlorované bifenyly, dioxiny aj.), v případě ropných látek a organických rozpouštědel je využívána také možnost přínosu energie z hoření těchto látek např. při spalování v cementářských pecích. V jiných případech je však nutné podpurná paliva dodávat.

Sanace nesaturované zóny ex situ

Fyzikální a chemické metody ex situ

Spalování

Nejrozšířenější spalovací technologií jsou rotační pece. Jedná se o mírně nakloněné ocelové válce se žáruvzdornou vyzdívkou umožňující provoz do cca 1200 °C. Dalšími možnostmi jsou cirkulační spalovací komory, cirkulační fluidní vrstvy nebo infračervené spalování. Do jisté míry může být spalování součástí jiného výrobního procesu, např. při výrobě cementu v cementářských pecích, při výrobě železa ve vysokých pecích nebo při výrobě elektrické energie v elektrárenských kotlích. Tyto postupy se pak mohou prosadit díky nízké finanční náročnosti, příp. i ziskovosti.

Sanace nesaturované zóny ex situ

Fyzikální a chemické metody ex situ

Termická desorpce

Termická desorpce je obdobou spalování, kdy je kontaminovaný materiál tepelně upraven. Pro nízkoteplotní desorpce jsou používány teploty 90-320 °C, pro vysokoteplotní do 600 °C po dobu 15-20 minut. Při tomto procesu se mechanické vlastnosti materiálu mění jen minimálně, takže materiál může být znovu vyžit pro remediaci postižené lokality. Nutností této technologie je čištění uvolněných plynů.