

## Passzív kezelések: reaktív falak

### Összefoglaló

Passzív kármentesítési eljárások, melyeknél a talajvíztisztítás in situ zajlik le és nincs külső energiabevezetés, egyre elterjedtebbek a hidraulikus eljárások (pump and treat) alacsony hatékonysága miatt. Az egyik legsokatígérőbb módszer a *reaktív falak* technológiája. Az 1982 óta ismert eljárás egy a talajvíz áramlási irányára merőleges árkot használ, melybe alkalmas reaktív anyagot helyeznek, amelyen a talajvíz átáramlik. A reaktív falak hatásmechanizmusa a geokémiai barrier elvén alapul, amely a kémiai species feldúsítását és a szállítási út mentén való lebontását a geokémiai határfeltételek megváltoztatásával éri el. Fe(III)- és Mn(IV)-oxidkicsapás a réteghatárokon vagy korai diagenetikus fémdúsulás aquatikus üledékekben (mangáncsomók képződése a tengerfenéken) a geokémiai barrier régóta ismert termékei. A legfontosabb immobilizálási folyamatok geokémiai barrierekben a kicsapás, szorpció és mikrobiológiai lebontás, melyeket rendszerint a pH és a redoxpotenciál jelentős megváltozása idézi elő.

A reaktív falak technikája számos terepi kísérletben és üzemi méretű kármentesítésnél került alkalmazásra. 2005-ig körülbelül 200 reaktív fal épült világszerte, egyedül az USA-ban 120, Európában 20 - 30 (ebből 11 Németországban) és néhány alkalmazás Japánban és Ausztráliában. A berendezések jelentős részében fémes vas a reaktív anyag és illékony halogénezett szénhidrogénnel szennyezett víz dehalogenezésére szolgálnak. Az eredmények azt mutatják, hogy magas tisztítási fok és magas lebontás érhető el.

A legfontosabb követelmények a reaktív anyagokkal szemben:

1. hosszútávú kémiai reaktivitás a szennyezőkkel szemben
2. toxicitásmentesség vagy legfeljebb kismértékű toxicitás
3. fizikai stabilitás a hosszútávú permeabilitás biztosítására
4. olcsó tömegcikknek kell lenniök

Négy típusú reaktív anyagot különböztetünk meg:

1. A pH vagy a redoxpotenciál megváltoztatása.
2. Ásványfázisok kicsapása és a szennyezők immobilizálása.
3. Szennyezők szorpciója.
4. Mikroorganizmusok létfeltételeinek javítása tápanyag vagy oxigén bejuttatásával a talajba.

Gyakran alkalmazott reaktív anyagok:  $Fe^0$  (elemi vas),  $Fe^0/Al^0$ ,  $Fe^0/Pd$ ,  $Fe^0$ /pirit, Pd/H<sub>2</sub>, zeolit, metanotróf bakteriumok, oxigén kibocsátó vegyületek, aktívszén, hidroxipatit, nátriumditionit, oltott mész, pernye, tőzeg, Fe(III)-oxidok, szerves modifikált zeolitok, fűrészpor.

Fejlesztés alatt álló reaktív anyagok: vasdiszperzió/-emulzió, elemi vas és lignit, Zn és apatit, Mg, Sn, Zn, Mg/Pd, Al/Cu bimetálok, H<sub>2</sub>/Pd, vas(II,III)-ásványok (oxidok, hidroxidok, szulfidok), tenzid-modifikált talajok, tenzid-modifikált agyagok, tenzid-modifikált zeolitok, felület-modifikált diatomit, zeolit, szén, tőzeg, fűrészpor, huminanyagok, barnaszén mikroorganizmusokkal, elemi vas és aktívszén, elemi vas és szerves anyag, elemi vas és

oxidálóanyag, aktívszén és mikrobiológia, makroporózus polimerek, makrociklusos komplexképzők, talaj/bentonit/elemi vas, oxigén.

Néhány jellemző szennyezőanyag, melyekre a reaktív falakat eredményesen alkalmazták: diklórmétán, triklórmétán, 1,1-diklóretán, 1,2-diklóretán, 1,2-diklóretén, 1,1-diklóretén, vinilklorid, 1,1,1-triklóretán, tetraklóretén, benzol, toluol, etilbenzol, ftalátok, xilol, fenol, arzén, bárium, cink, kadmium, króm, mangán, nikkel, ólom, réz.

Elemi vassal nem kezelhetők: diklórmétán, diklóretán, klóretán, klórmétán, az összes aromás klórozott szénhidrogén pl. klórbenzolok, klórfenolok, poliklórozott bifenilek (PCB), dioxinok, BTEX, PAH, éter (pl. metil-tert.-butiléter, MTBE) alkoholok (glikol, fenolok).

A leggyakrabban alkalmazott építési típusok:

1. Folytonos permeábilis reaktív falak
2. Tölcsér és kapu (funnel and gate)
3. Injektálás vagy "mixed in place"-eljárás a reaktív anyagok bejuttatására.

A legfontosabb építési eljárások: résfalazás, vékony reaktív fal, fúrás és deep-soil-mixing, sugártechnológia, kútsor (DART), barrier reaktor technológia alkalmazása meglévő résfalra, injektált rendszerek, hidraulikus repesztés, biobarrier, kombinált reaktív fal és phytoremediáció, biopolimeres árokmélyítés.