



Debrecen Egyetem  
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és  
Környezetgazdálkodási Kar



Pannon Egyetem  
Georgikon Kar



# Agrár-környezetvédelmi Modul Talajvédelem-talajremediáció

**KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI MÉRNÖKI MSc**  
**TERMÉSZETVÉDELMI MÉRNÖKI MSc**



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# In situ és ex situ biológiai kármentesítési eljárások I. 68.lecke



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

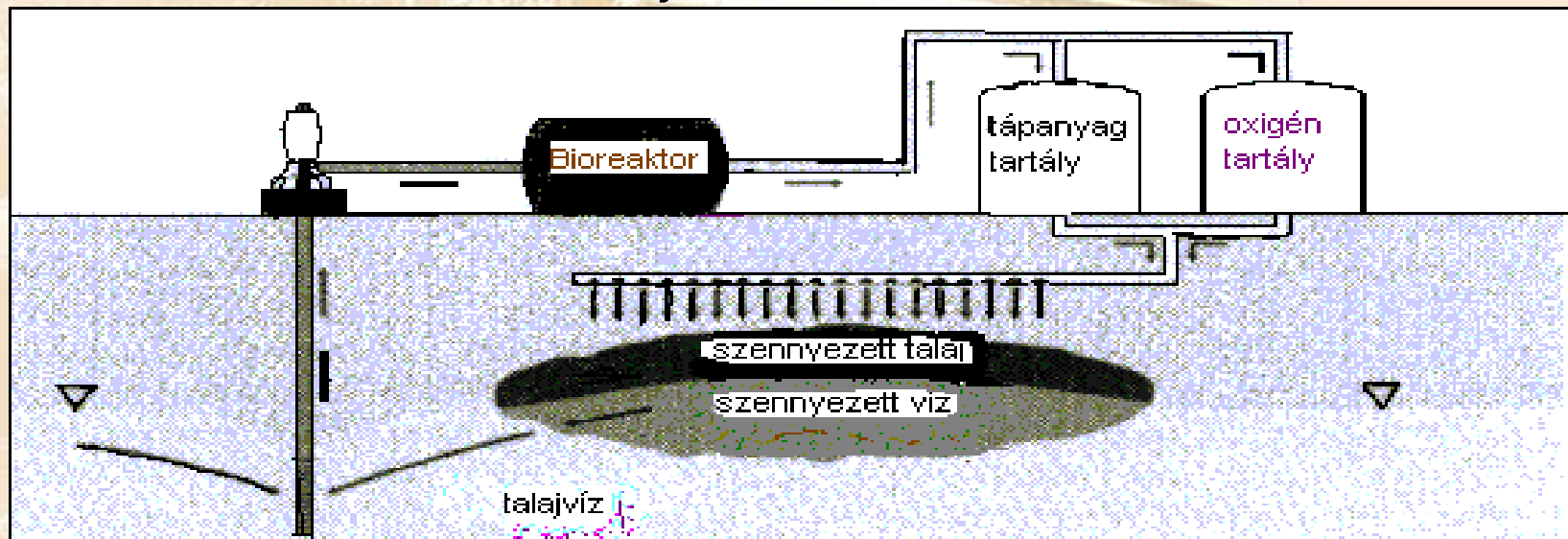


## Intenzifikált bioremediáció

- Az intenzifikált bioremediáció felszíni, felszín alatti és csurgalékvizek **in situ** biológiai kezelésére alkalmas eljárás. A szerves szennyezők biológiai lebontása talajvízben, felszíni vizekben vagy csurgalékvizekben az elektron akceptorok és a tápanyagok koncentrációjának növelésével fokozható.
- Az aerob biológiai lebontás során a fő elektron-akceptor az oxigén. A nitrát alternatív elektron-akceptor anaerob körülmények között. A bioremediáció során a természetesen is lezajló lebontási folyamatokat a mikrobák életkörülményeinek javításával (tápanyag és oxigén-bevitel) és/vagy megfelelő mikroba-tenyésztéssel való beoltással intenzifikáljuk.
- A talajvíz oxigéntartalmának növelése oxigén-befúvatással, vagy hidrogén-peroxid bejuttatásával érhető el. Anaerob körülmények között a bioremediáció gyorsítása érdekében nitrátot juttatnak a talajvízbe.

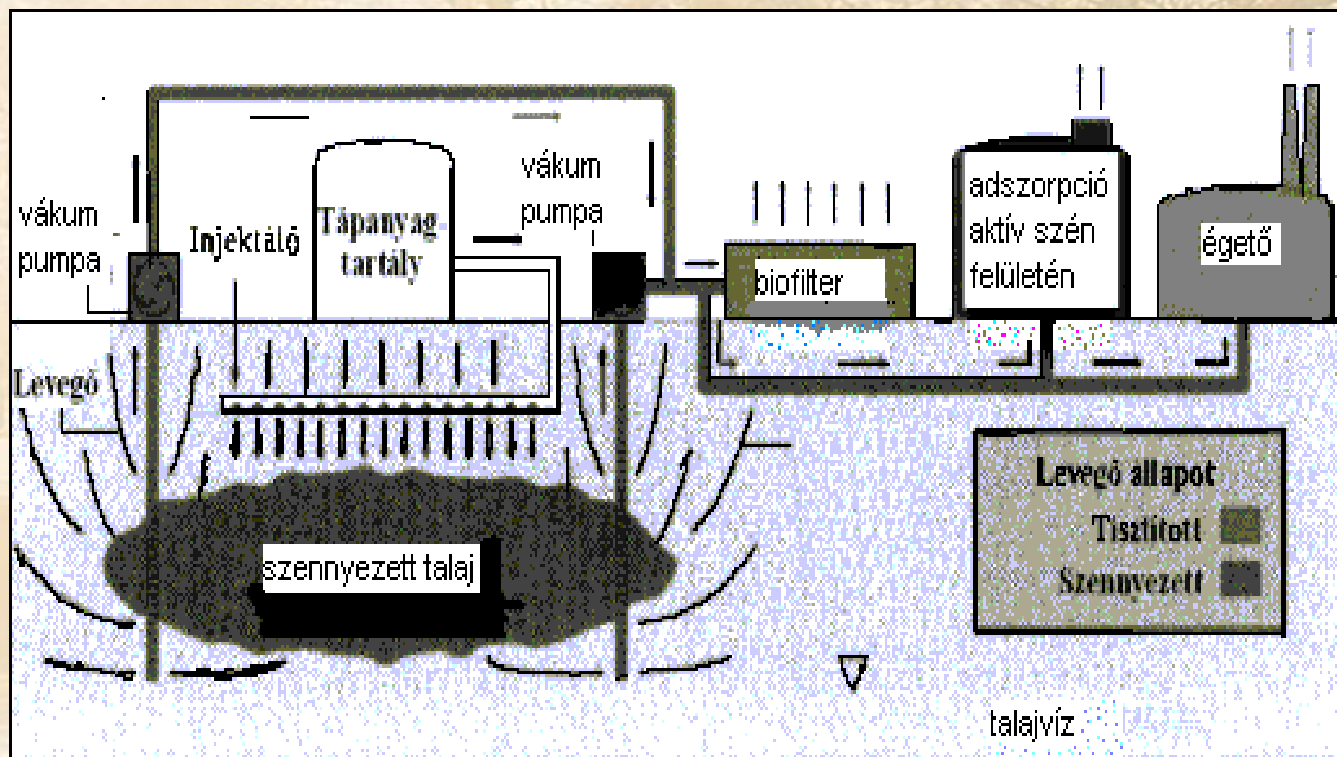


- Tapasztalatok szerint az üzemanyagok aerob körülmények között hamar lebomlanak, a gyors lebomlást azonban az oxigénhiány akadályozhatja. Nitrát is alkalmazható elektron-akceptorként, adagolásával a toluol, az etil-benzol és a xilol lebontása is elősegíthető. A benzol szigorúan anaerob körülmények között lassabban bomlik le. Vegyes oxigén/nitrát rendszer hatékony lehet, mert a nitrát kiegészíti - nem felváltja - a hiányzó oxigént, lehetővé téve a benzol bioremediációját is



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

# Intenzifikált bioremediáció





Az eljárás hatáskörét és alkalmazhatóságát behatároló tényezők a következők:

- heterogén közegben nagyon nehéz az oxigén/nitrát, vagy hidrogén-peroxid egyenletes bevitele, ezért a bioremediáció sebessége is helytől függő lesz;
- a hidrogén-peroxid kezelése elővigyázatosságot igényel;
- 100-200 mg/l feletti H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-tartalom (talajvízben) gátolja a mikroorganizmusok működését;
- bizonyos enzimek és a magas vastartalom nagyon gyorsan lecsökkentik a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-tartalmat, ezáltal lecsökkentik a hatásterületet is;
- számos helyen a nitrát talajvízbe (felszín alatti vizekbe) juttatása nem engedélyezett;
- a kitermelt talajvíz kezelése visszajuttatás, vagy befogadóba vezetés előtt szükséges lehet;
- a besajtolás túlnyomása miatt a gázok/gőzök kerülhetnek a légtérbe.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# Landfarming

A talajműveléses kezelés szennyezett talajok, üledékek és iszapok mentesítésére alkalmas in situ biológiai eljárás.

Felszíni szennyezések esetén a biológiai lebontás elősegítése érdekében a szennyezett felszínt felszántják, ezáltal a szennyezők aerob lebontásához szükséges oxigén bevitelével a lebontási folyamat sebességét gyorsítják. A szántás periodikus ismétlésével, ill. segédanyagok alkalmazásával a határfok növelhető. A lebontás feltételeinek szabályozásával még kedvezőbb határfok érhető el.

Általában az alábbi paraméterek beállítására kerül sor:

- nedvességtartalom (öntözéssel);
- semleges kémhatás beállítása mész-adagolással;
- egyéb adalékok talajba keverése (tápanyag, stb.);
- levegőztetés, ütemezett szántás, fellazítás.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- A gyakorlatban az eljárás paraffinok és származékaik, kis molekulású aromás, policiklikus aromás vegyületek esetében alkalmazható. A szénhidrogén, mint elektron-donor játszik szerepet a talajban lejátszódó biokémiai folyamatokban. A talaj nitrát-, vas- és mangán-oxid-tartalma elektron-akceptorként vesz részt a folyamatban. Aerob viszonyok között a folyamat gyorsabb, mint anaerob viszonyok között. 1 g olaj lebontásához átlagosan 3 g oxigén szükséges, és a tápanyag-viszonyok tekintetében az C:N:P = 100:10:1 arány optimális. Semleges körüli kémhatás mellett a folyamat a leggyorsabb, míg savas talajokon meszezni szükséges. Két alkalmazás során:
  - 10000 mg/kg ásványi olaj szennyezés 29 hét alatt 2000 mg/kg-ra csökkent,
  - 15000 mg/kg ásványi olajszenyezés 19 hét alatt 2500 mg/kg-ra csökkent.
- A második esetben kevesebb volt a talaj szervesanyag-megkötése és magasabb volt az átlagos talaj-hőmérséklet.







## Szennyezés-csökkentés természetes úton

- A szennyezés-csökkenés természetes úton **in situ** biológiai eljárásnak minősül, mivel természetes folyamatok, mint pl. a hígulás, kipárolgás, biológiai lebomlás, adszorpció, és kémiai reakciók következtében a szennyezés bizonyos mértékű természetes szennyezés-csökkenés játszódik le. A felszín közeli és mélyebb rétegek a folyamat szempontjából eltérő tulajdonságokkal bírnak.
- A mélyebb rétegekben a mobilis szennyezés a talajgázba vagy folyadékfázisba diffundál, ezzel jó feltételeket biztosít a szennyezés természetes úton történő csökkenéséhez. A legtöbb nagy molekulású szerves szennyező és számos szervetlen szennyező immobilizálódik.
- A szerves szennyezők lebomlása gyakran nagyon nehézkes és a fémek teljesen megmaradnak. Expozíciós utak nélkül ezek a szennyezők kockázatot nem jelentenek. A monitorozás azonban fontos, mert váratlan események, vagy folyamatok (pl. oldószer bejutása, kémiai átalakulás stb.) a szennyező anyag immobilizációjához vezethetnek.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# Kometabolikus folyamatok

- A kometabolikus folyamatokon alapuló kezelés felszíni és felszín alatti vizek, valamint csurgalék kezelésére alkalmas **in situ** biológiai eljárás. Primer szubsztrátok (pl.: toluol, metán) híg oldatát injektálják a szennyezett felszín alatti vízbe, hogy a célzott szerves szennyezők kometabolikus bontását elősegítsék. A kometabolizmus a másodlagos szubsztrát-transzformáció egy formája, amely során az elsődleges szubsztrát oxidációját végrehajtó enzimek képesek a másodlagos szubsztrát lebontására is, bár az utóbbi folyamat nem eredményez további energiát a mikroorganizmus-populáció fenntartásához.
- A metán vagy metanol a metanotróf aktivitást fokozza, amely eredményeként hatékonyan bonthatók a klórozott oldószerek, mint pl.: a vinil-klorid és a triklór-etilén. Bár a toluolt, propánt és butánt nem metanotróf mikroorganizmusok esetében is használják stimulációra, sikeresen alkalmazhatók a triklór-etilén kometabolikus bontására is. A kometabolikus folyamatokon alapuló technológiák hosszú időtartamú eljárások, éveket is jelent egy-egy tisztítás kivitelezése.





# Bioszellőtetés

- A bioszellőtetés szennyezett talajok, üledékek és iszapok kezelésére alkalmas **in situ** biológiai eljárás. Szennyezett, telítetlen talajokban levegőmozgást idézünk elő a technológia alkalmazásakor, akár levegő pumpálásával, akár kiszivattyúzásával, melynek eredményeként megnövekszik az oxigén-koncentráció a talajban, felgyorsítva a biodegradációs folyamatokat.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- A bioszellőztetési technológia során az aerob úton degradálható vegyületek természetes in situ biodegradációja megy végbe a talajban eredetileg is jelenlévő mikroorganizmusok által. A vákuum-extrakciós eljárással szemben kis levegő-áramlási sebességet alkalmazunk. Az illékony vegyületek degradációs folyamatai a gőzeiknek a talaj aktív zónáján történő áthaladása során fokozódnak. A technológia különböző környezeti feltételek mellett is jól alkalmazható, és közép, illetve hosszú távú eljárásnak minősül. A bioszellőztetés eljárásokat sikeresen alkalmazták szénhidrogén származékokkal, nem klórozott oldószerekkel, bizonyos növényvédő-szerekkel, fakonzerváló szerekkel és egyéb szerves vegyületekkel szennyezett talajok remediációjára.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



# Bioágyas remediáció

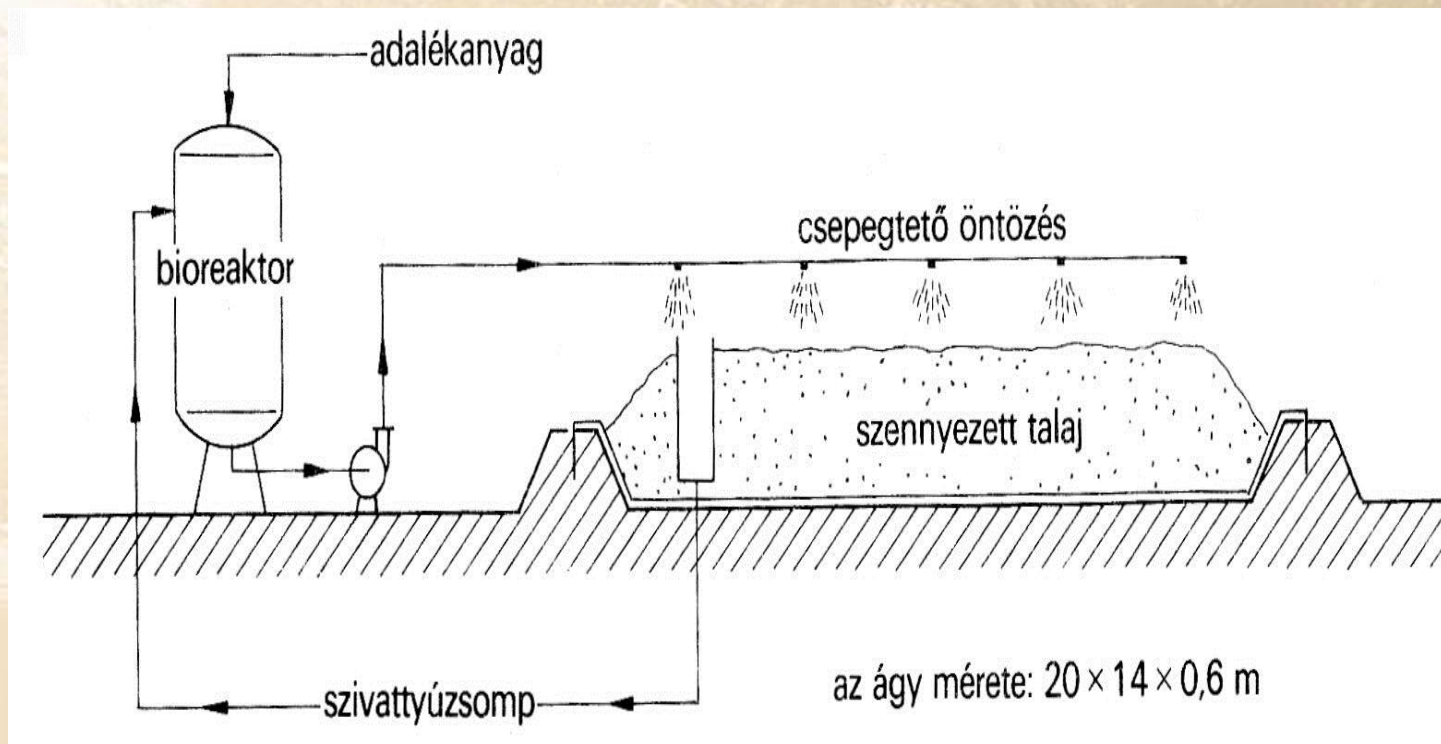
- A bioágyas remediáció szennyezett talajok, üledékek és iszapok mentesítésére alkalmas **ex situ** biológiai eljárás. Az adalékokkal összekevert szennyezett talajt a talajfelszínen szétterítik. A terület megfelelően előkészített, csurgalékvíz-gyűjtő rendszerrel és valamilyen levegőztetési lehetőséggel rendelkezik. Az eljárás elsősorban a szénhidrogénekkal szennyezett talajok tisztítására alkalmas. A biológiai lebontás fokozható a tápanyag- és nedvesség-tartalom, az oxigén-tartalom, a megfelelő hőmérséklet és a kémhatás beállításával. A szennyezett talaj általában vízzáró felületre kerül (alsó szigetelés), hogy a szennyezés szivárgását a mélyebb rétegek felé megakadályozzák.





- A csurgalékvizet bioreaktorokban történő kezelés után visszaforgatják. A levegőztetést általában a szennyezett réteg alatt elhelyezett levegőztető rendszer biztosítja. A szennyezett depónia magassága elérheti a 6 m-t is, de nem ajánlatos 2-3 m-nél magasabb depóniák kialakítása. A depóniában egyenletes hő és vízgazdálkodást kell kialakítani. A C/N arányt 1:20 körüli értékét N tartalmú anyag (általában oldott műtrágya) adalékolással lehet biztosítani. A csurgalék vizek elvezetésére illetve a levegőbefúvatásos hő és oxigén gazdálkodás biztosítására perforált dréncsőveket helyezhetnek el az aljzat kavicságyában. A depónia lefedésére (felső szigetelés) is sor kerülhet a kipárolgás, a csapadék, és a napsugárzás elleni védelem miatt







# ELŐADÁS ÖSSZEFOGLALÁSA

- A bioremediáció során a talajba jutott szerves szennyezőanyagokat mikroorganizmusok segítségével lebontják, és ártalmatlan anyagokká (pl. széndioxiddá és vízzé) alakítják
- A bioremediáció során a talajban jelenlévő mikrobák számára olyan optimális körülményeket teremtenek, hogy a fenti biodegradációs folyamat jelentősen felgyorsuljon. Más esetben a szennyezett talajból kisselektált vagy genetikailag módosított mikroorganizmusokat laboratóriumi körülmények között tartályokban felszaporítják és visszajuttatják a szennyezett talajba.







# ELŐADÁS Felhasznált források

## Szakirodalom:

Tamás J.: 2002. Talajremediáció. Debreceni Egyetem, Debrecen, 1-241.

Filep Gy., Kovács B., Lakatos J., Madarász T., Szabó I.: 2002. Szennyezett területek kármentesítése, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 1-483.

## Egyéb források:

Anton A., Dura Gy., Gruiz K., Horváth A., Kádár I., Kiss E., Nagy G., Simon L., Szabó P.: 1999. Talajszennyeződés, talajtisztítás, Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest, 1-219.





Debrecen Egyetem  
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és  
Környezetgazdálkodási Kar



Pannon Egyetem  
Georgikon Kar



# Köszönöm a figyelmet!



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg