



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



Szennyezőanyag transzport a talajban I. 56.lecke



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



Transzport folyamatok ismeretének okai, céljai

- A felszín alatti szennyezések leggyakrabban felszínközeli forrásokból származnak, így a szennyeződés is a felszínközeli talajvizet érinti. Bizonyos tevékenységek eredményeként, mint pl. az olaj- és gázkitermelés és a hulladéklerakás a mélyebb felszín alatti vízrétegeket is érinti a szennyeződés.
- A felszín alatti vízszennyeződés történhet beszivárgás, felszíni vízből történő feltöltődés, közvetlen migráció vagy víztartó rétegek közötti vízcserre következtében. Az első két mechanizmus a felszíni víztartó rétegekre, a harmadik és negyedik a felszíni és mély víztartó rétegekre jellemző





Transzport folyamatok ismeretének okai, céljai

- A transzportmodellek felhasználásának tág lehetőségei vannak. A környezeti hatásvizsgálatról szóló 152/1995 (XII.12). Kormányrendelet előírja egyes, részletezett tevékenységek megkezdéséhez és folytatásához hatásvizsgálat elvégzését.
- A veszélyes hulladékokról szóló 102/1996. (VII.12) Kormányrendelet szerint a veszélyes-hulladék lerakótelep létesítéséhez környezeti hatástanulmányt kell készíteni, amelynek kiemelten tartalmaznia kell a lerakóból esetlegesen kikerülő szennyezőanyagok értékelését a bezárást követő 30 évre vonatkozóan.
- Kormányrendelet tehát előírja transzportszámítások elvégzését mind a lerakó természetes altalajára, mind az aljzatszigetelésére vonatkozóan





Transzport folyamatok ismeretének okai, céljai

- Maga a transzportmodellezés határterületi tudomány, elméleti alapjait a szivárgáshidraulika, a kolloidika és fizikai kémia törvényszerűségei képezik.
- Tekintettel arra, hogy a vizsgált jelenségek az említett természetes környezetben zajlanak le, fontos a vizsgált tér megfelelő ismerete, amelyet földtani, vízföldtani (hidrogeológiai) és mérnökgeológiai alapokon vizsgálhatunk.
- Ismeret- vagy adathiány esetén megfelelő számú és minőségű alapadat birtokában matematikai-statisztikai, illetve geostatisztikai módszerek segíthetnek a legjellemzőbb paraméter eloszlás meghatározásában, így a számítások mind pontosabb alapadat-rendszerének megalkotásában.





Általános mechanizmusok

Beszivárgás

- A beszivárgás a leggyakrabban előforduló felszíni vízszennyezési mechanizmus. A csapadékvíz lassú beszivárgását jelenti a talaj pórusain át a talajmátrixba. Ahogyan a víz a gravitációs erőhatás eredményeként lefelé mozog, felold bizonyos anyagokat azok közül, amelyekkel kapcsolatba lép. A szennyezett zónán átszivárgó víz feloldja a vízben oldódó komponenseket, amely tartalmazhat szerves és szervetlen vegyületeket.
- A gravitációs erőhatás révén a beszivárgott víz elérheti a telítési zónát. A telítési zónában a szennyező anyagok horizontálisan szétoszlanak a talajvíz-áramlás irányában, míg a gravitáció hatására vertikális kiterjedés is történik. Ez a folyamat jellemző minden olyan esetben, amikor a felszín közeli szennyezőforrás ki van téve az időjárásnak, és a szennyező anyagok kölcsönhatásba léphetnek a beszivárgó csapadékvízzel.





Általános mechanizmusok

Felszíni vízből történő feltöltődés

- A felszín alatti vizek kölcsönhatásban vannak a felszíni vizekkel. A szennyező anyagok mozgása azonban a felszíni vizekből a talajvízbe akkor történik, ha a talajvízszint alacsonyabban van a felszíni vízfolyás szintjénél, illetve áradáskor. Az áradások ideiglenesen megfordíthatják a hidraulikus gradienst, a szennyező anyagok így bejuthatnak a felszín alatti talajrétegekbe. A szennyezett felszíni vizek bejuthatnak a víztartó rétegbe abban az esetben is, ha a talajvízszint kiszivattyúzás eredményeként csökken a felszíni vizek szintjéhez képest.





Általános mechanizmusok

Közvetlen mozgás (migráció)

- A szennyező anyagok közvetlen migrációval is elérhetik a felszín alatti vizeket, ha a szennyező forrás szintje a telítési zónával egybeesik. A telítési feltételek miatt a szennyezés sokkal nagyobb koncentrációban jelentkezik ilyen esetekben. A talajvízszinthez közeli szennyezések (pl.: hulladéklerakók, tárolók) is vezethetnek talajvíz-szennyezéshez, valamint a felszíni szennyezőanyagok vertikális irányú mozgása, és nem megfelelően kivitelezett kutak jelenléte is eredményezhet szennyezést.





Általános mechanizmusok

Vízartó rétegek közötti mozgás

- A vízartó rétegek közötti mozgás hatására a nem szennyezett talajvíz hidraulikus kölcsönhatás eredményeként szennyeződhet a szennyezettel történő keveredés révén. A jelenség leggyakrabban olyan alapkőzet-vízartó rétegek esetében történik, ahol egy kút több mint egy vízartó formáción áthatol. Minden vízartó egységet egy jellemző piezometrikus nyomás-tartománnyal jellemezhetünk. Amikor a kúton keresztül nem fejtünk ki nyomást, a legnagyobb piezometrikus nyomással jellemző víz a kisebb piezometrikus nyomással jellemezhető formációkba mozog. Ha az előbbi szennyezőanyagot tartalmaz, rontani fogja az utóbbi minőségét.
- A nem megfelelően karbantartott, rosszul tömített kutak is hozzájárulhatnak a vízartó rétegek közötti szennyezőanyag-mozgáshoz. A vertikális mozgást előidézhetheti a kúton át előidézett vagy természetes nyomás-gradiens.

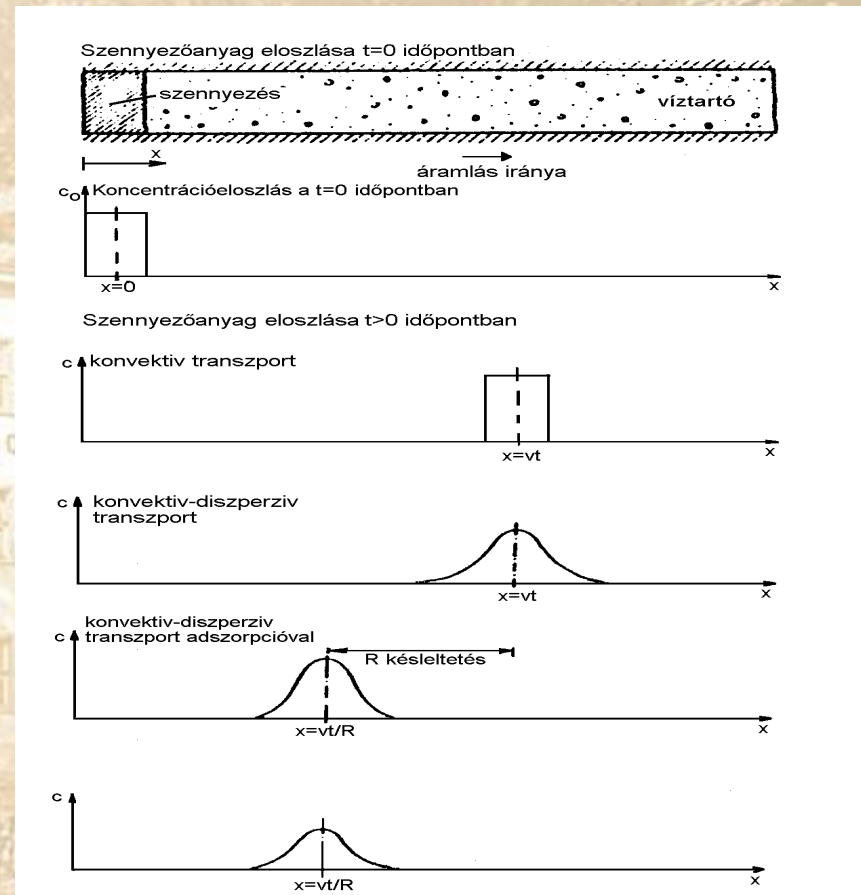




Szennyező anyagok transzportja

Az oldott anyag transzport-folyamatainak következtében kialakuló szennyezőanyag-koncentráció időbeli változását a konvekció, a diszperzió, az adszorpció és a degradáció (bomlás) mértéke határozza meg.

A vízben oldható szennyezőanyagok terjedését két alapvető folyamat határozza meg: egyfelől a konvekció (advekción), amely a fizikailag vagy kémiailag oldott anyagok pórusokban való tömeges áramlását; másfelől a diszperzió, amely a szennyezőanyag térbeli szóródását jelenti. A szóródást kémiai illetve fizikai folyamatok okozhatják. Eredete részben a diffúzióra, amely a különböző töménységű, sűrűségű oldatok között a részecskéknek a különbség kiegyenlítődéig tartó mozgása, részben a szivárgási sebesség lokális eltérései következtében kialakuló mechanikai diszperzióra vezethető vissza.



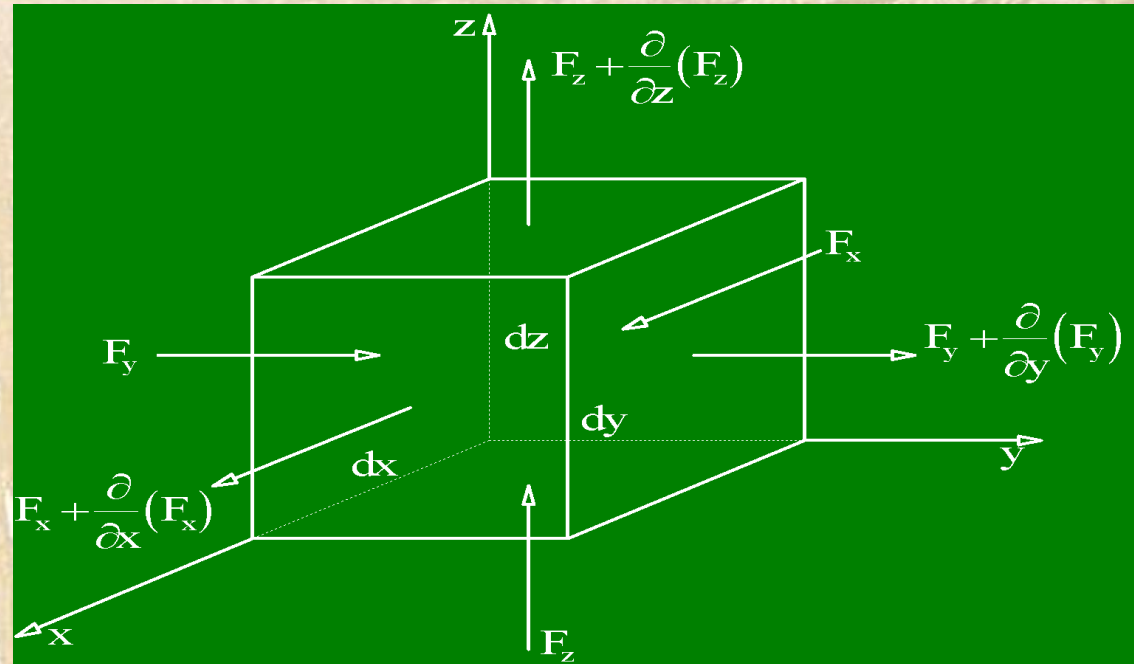
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



Szennyezőanyag-mérleg



- Tekintsük a porózus közeg egy elemi kockáját x , y , z koordinátarendszerben úgy, hogy annak oldalai merőlegesek a koordináta tengelyekre. Legyenek a térbeli szennyezőanyag-áramot leíró fluxusvektor komponensei F_x , F_y és F_z . A kémiai anyagmérleget figyelembe véve az elemi kockában tárolt anyagmennyiség időbeli megváltozásának egyenlőnek kell lennie az elemi kockába - időegység alatt - be- és kilépő fluxusok előjeles összegével.
- Az elemi térfogatba belépő anyagfluxusok:



Míg az elemi kockában tárolt anyagmennyiség változását a belépő és kilépő fluxusok különbsége határozza meg:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\partial}{\partial x}(F_x)dydz + \frac{\partial}{\partial y}(F_y)dx dz + \frac{\partial}{\partial z}(F_z)dx dy$$

$$F_{be} = F_x + F_y + F_z$$

- Az elemi térfogatot elhagyó anyagfluxusok:

$$F_{ki} = - \left(F_x + \frac{\partial}{\partial x} F_x + F_y + \frac{\partial}{\partial y} F_y + F_z + \frac{\partial}{\partial z} F_z \right)$$



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



Advekció

- Az oldott anyagok vízzel való együttes tömeges áramlását - a hőtanból átvéve kissé helytelenül - konvekciónak, vagy helyesebben adveciónak nevezzük. (Konvekció: hőmérsékleti különbségek hatására létrejövő mozgási folyamat; Advekcio: a potenciális (és a hőt kizáró) erőter által létrejött mozgási folyamat. (Márkos,1987) A konvektív szennyezőanyag-áram tehát a közegbeli v átlagos áramlási sebesség és a C koncentráció szorzata, azaz:

$$F_{x,konv.} = \frac{dM_{x1}}{dydzdt} = v_x C, \quad F_{y,konv.} = \frac{dM_{y1}}{dxdzdt} = v_y C, \quad F_{z,konv.} = \frac{dM_{z1}}{dxdydt} = v_z C$$

- ahol M a szennyezőanyag kémiai mennyisége és t az eltelt idő.



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



Diffúzió

A térbeli kémiai potenciál-különbségek hatására létrejövő tömegáramot, melyet a Fick I. törvénye ír le, diffúciónak nevezünk. A koncentráció-különbségek hatására létrejövő diffúziót közönséges diffúciónak, míg az elektromos potenciál- vagy hőmérséklet-különbségek okozta anyagáramokat kényszerdiffúciónak nevezünk (Filep, 1988).

- A diffúzió által szállított kémiai anyagfluxus három komponense az alábbi formában írható fel:

$$F_{x,diff.} = -D_{eff} \frac{\partial c}{\partial x}$$

$$F_{y,diff} = -D_{eff} \frac{\partial c}{\partial y}$$

$$F_{z,diff} = -D_{eff} \frac{\partial c}{\partial z}$$

- , , ahol D_{eff} az effektív (vagy látszólagos) diffúzió-állandó, amelynek értéke porózus közegben kisebb, mint a D_0 vizes közegben mért diffúzió-állandó.





Effektív diffúzió állandó

- Az effektív diffúzió-állandó egyenesen arányos a vizes oldatban mért diffúzió-állandóval és fordítottan a **tortuozitással**. A tortuozitás értéke porózus közegben általában 1,25 és 5 között változik a szemcseméret-eloszás és a szemcsék érintkezésének módja függvényében. Tömény oldatok, valamint viszkózus anyagok esetén az adszorpció mértékét meghatározó **negatív adszorpciós tényező**, valamint a **viszkozitási faktor** tovább csökkenti az effektív diffúzió-állandó értékét.
- Minthogy az effektív diszperzió-állandót csak a felsorolt, nagy bizonytalansággal terhelt szorzótényezők ismeretében lehet meghatározni, a transzportmodellek a szennyezőanyagok szóródását általában ún. transzverzális és longitudinális diszperzivitási értékekből számítják.





Effektív diffúzió állandó

- A transzportmodellezési gyakorlatban az effektív diszperzió-állandót a Gillham-féle formulával szokás meghatározni. De ez csak kisméretű általában laboratóriumi kísérletek követésére használt.

Képlet	Szerző
$D_{eff} = D_0 / \tau$	Gillham et al.(1984), Barone et. al.(1990)
$D_{eff} = D_0 \cdot \alpha / \tau$	Li és Gregory (1974)
$D_{eff} = D_0 \Theta / \tau$	Berner (1971), Drever (1982)
$D_{eff} = D_0 \Theta \alpha \gamma / \tau$	Kemper et al. (1964), Olsen és Kemper (1968), Nye (1979)
$D_{eff} = D_0 \gamma / \tau$	Porter et al.(1960)
$D_{eff} = D_0 \Theta \alpha / \tau$	van Schaik és Kemper (1966)
$D_{eff} = D_0 \cdot \frac{1}{\tau(1 + K_d)}$	Filep (1988) Fried és Combarous (1971) alapján
$D_{eff} = D_0 \cdot \frac{\Theta}{\tau^2} = D_0 \cdot \frac{1}{F}$	A tárolómérnöki gyakorlatban alkalmazott formula, ahol F a formációs ellenállási tényező

- D_0 a vizes oldatban mért diffúzió-állandó
- θ a víztartalom térfogat %-ban, a fázisos összetétel v jelzőszáma
- τ a tortuozitás (labirintus-faktor, tekervényesség)
- γ a negatív adszorpció szorzótényező (1)
- α a viszkozitási faktor (1)
- K_d a megoszlási együttható



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



Effektív diffúzió állandó

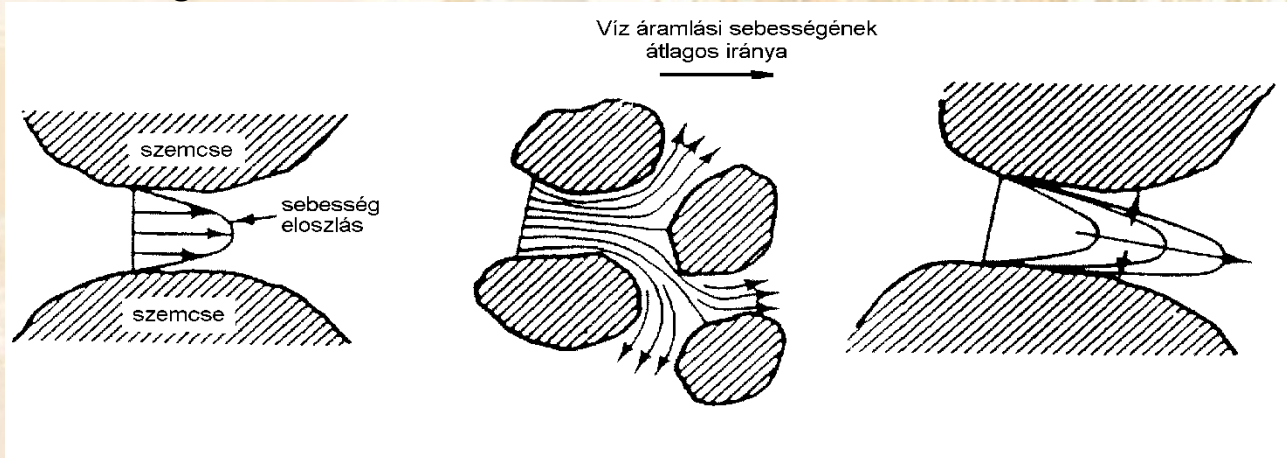
- A diffúzió-állandó szigorú értelemben véve nem tekinthető állandónak, mivel értéke kis mértékben függ a koncentrációtól (Shaw, 1986), és erősen függ a hőmérséklettől, hiszen mint azt a laboratóriumi vizsgálatok bizonyították értéke 5C-on mintegy fele a 25 C-on mért értékének. Filep (1988) szerint az ionok effektív diffúziós együtthatóját befolyásolja továbbá a közeg nedvességtartalma, illetve a közeg szerkezete, pórusméret-eloszlása (illetve az ezektől függő labirintus-hatás).





Mechanikai diszperzió

- A mechanikai diszperzió - egyes szerzők szerint hidraulikai diszperzió - jelenségét az áramlási sebesség nagyságának és irányának változása okozza a porózus közegen belül.
- A mechanikai diszperzió a szivárgási sebesség nagysága és sebessége lokális eltéréseinek következtében alakul ki. A diszperzió következtében adott mennyiségű szennyező anyag a felszín alatti víz egyre nagyobb térfogatelemében egyre kisebb koncentrációban van jelen. A mechanikai diszperziót a pórusokban a szemcsék falától mért távolság függvényében változó nagyságú szivárgási sebesség, az eltérő méretű pórusok között kialakuló sebesség-különbségek, és az időben és térben eltérő hosszúságú szivárgási útvonalak okozzák.



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



Mechanikai diszperzió

- A mechanikai diszperzió egy speciális esete az úgynevezett makrodiszperzió, amikor az egymástól eltérő hidraulikai tulajdonságokkal jellemző földtani képzőanyagokban kialakuló egymástól eltérő áramlási sebességek okozzák a szennyezőanyag szóródását, diszperzióját



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



Mechanikai diszperzió

- A mechanikai diszperzió által létrejött szennyezőanyag-áramok nagyságát az I. Fick törvény általánosításával lehet meghatározni:

$$F_{x, Mech. diszp.} = \frac{dM_{x3}}{dydzdt} = -D_{xx} \frac{\partial}{\partial x} (\Theta C) - D_{xy} \frac{\partial}{\partial y} (\Theta C) - D_{xz} \frac{\partial}{\partial z} (\Theta C)$$

$$F_{y, Mech. diszp.} = \frac{dM_{y3}}{dxdzdt} = -D_{yx} \frac{\partial}{\partial x} (\Theta C) - D_{yy} \frac{\partial}{\partial y} (\Theta C) - D_{yz} \frac{\partial}{\partial z} (\Theta C)$$

$$F_{z, Mech. diszp.} = \frac{dM_{z3}}{dxdydt} = -D_{zx} \frac{\partial}{\partial x} (\Theta C) - D_{zy} \frac{\partial}{\partial y} (\Theta C) - D_{zz} \frac{\partial}{\partial z} (\Theta C)$$

- ahol D_{xx} , D_{xy} , ..., D_{zz} a mechanikai diszperziós tényező, amelynek az értéke - a Darcy-törvényből meghatározott v_x , v_y és v_z sebességek felhasználásával - az alábbi pórusbeli áramlási sebességek segítségével adható meg:

$$\bar{v}_x = \frac{v_x}{\Theta}, \quad \bar{v}_y = \frac{v_y}{\Theta}, \quad \bar{v}_z = \frac{v_z}{\Theta}$$



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



Mechanikai diszperzió

- Perkins és Johnston (1963.) a mechanikai diszperziós tényező laboratóriumi vizsgálatait során a

$$D_{Mech.diszp.} = 1,75 \cdot d \cdot v$$

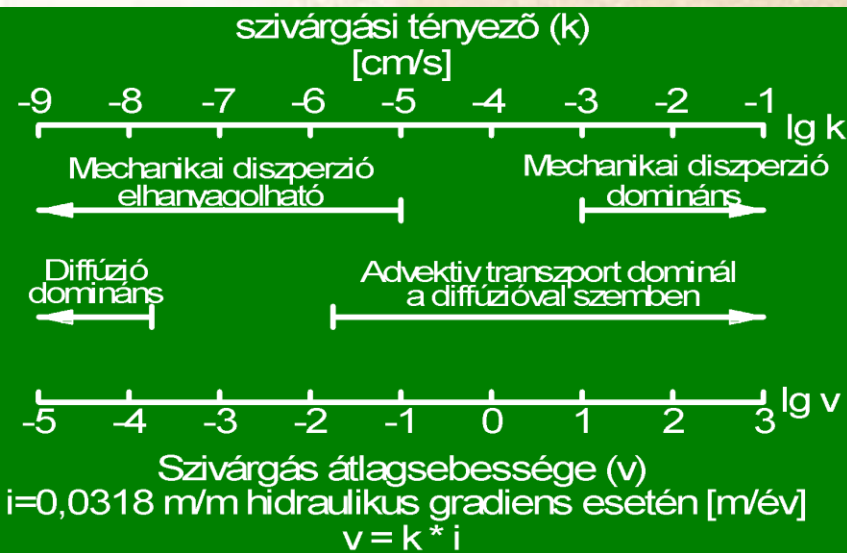
- összefüggést állapították meg, ahol d a közegre jellemző mértékadó szemcseátmérő [m], v a szivárgás átlagos sebessége [m/s]. A képlet összhangban van azzal a ténnyel, hogy alacsony szivárgási sebesség esetén a mechanikai diszperzió elhanyagolhatóan kicsi lehet.
- A D diszperziós tényezőt a Vízügyi Műszaki Segédlet (VMS-299-83) nomogramok alapján javasolja meghatározni.
- A feltételezett hidraulikai helyzetben az egy- vagy kétdimenziós áramlási térben az áramlás iránya megegyezik az x koordináta tengellyel, így a szennyezőanyag szóródását csak a D_L longitudinális és D_T transzverzális diszperziós tényező (vagyis a D_x és D_y tényezők) határozzák meg. A longitudinális diszperziós tényezőt a pórusbeli áramlási sebesség és a d mértékadó szemcseátmérő függvényében nomogramról olvasható le.



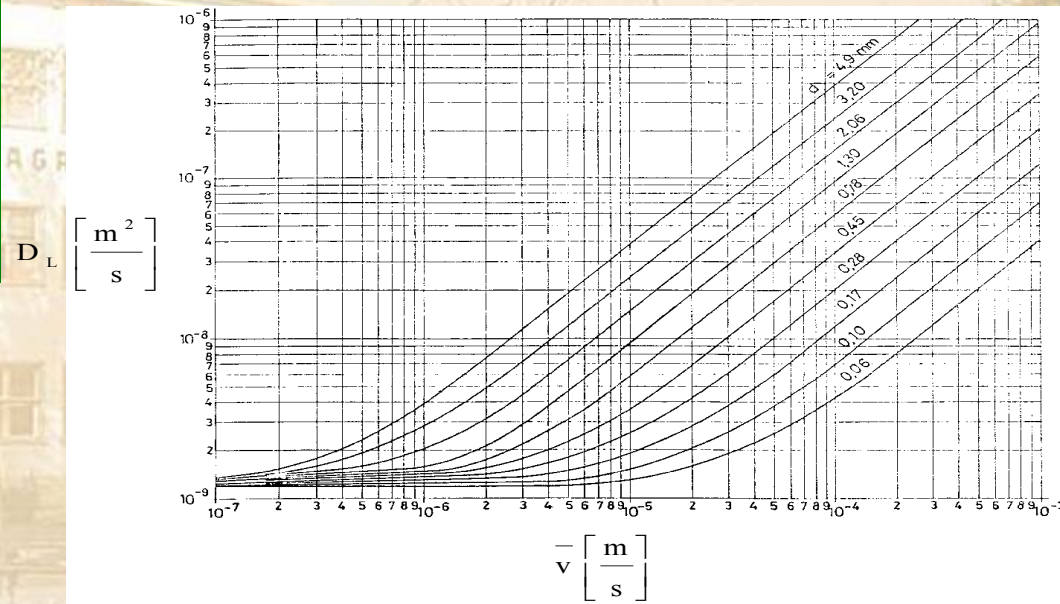
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



Mechanikai diszperzió



A leolvasáshoz szükséges mértékadó szemcseátmérőt a talaj szemcseeloszlásától függően kell meghatározni.



- Mivel a longitudinális diszperziós tényező nagysága egyenesen arányos a molekuláris diffúzió állandóval, így a leolvasott D_L diszperziós tényező értéke minden további, ismert molekuláris diffúzióállandójú anyagra átszámítható.



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



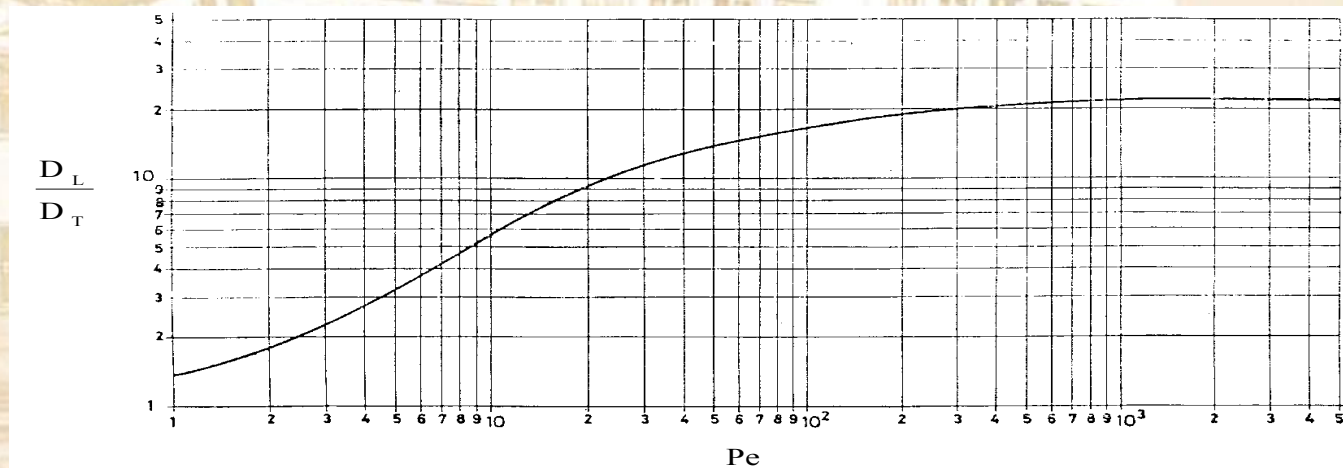
Mechanikai diszperzió

- A transzverzális diszperziós tényező meghatározása D_L értéke és a Peclet-szám (Pe) ismeretében történik. A Peclet-szám a konvektív és diszperzív-diffúzív tömegáramok arányát jellemzi. Amennyiben Pe értéke kicsi, a konvektív tömegáramok hatása elhanyagolható, a diffúzió és diszperzió okozta szóródás a domináns transzport-folyamat. Nagy Peclet-számok esetén a diffúzív-diszperzív anyagáramok hanyagolhatók el.

A Peclet szám

$$Pe = \frac{\bar{v} \cdot d_m}{D_M}$$

Ahol a \bar{v} szivárgási sebesség, d_m a mértékadó szemcseátmérő és D_M a molekuláris diffúzió-állandó.



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



ELŐADÁS ÖSSZEFOGLALÁSA

- A szennyezőanyag transzport során mind az advekció, diffúzió, diszperzió és adszorpció valamilyen súllyal szerepet játszik. Az advekció és diszperzió szerepe akkor kifejezett, ha az áramló víz sebessége vagy a szivárgási tényező értéke egy küszöbérték felett alakul, míg a diffúzió szerepe ez alatt domináns.
- A fenti folyamatokat a talajfelületén megkötött szennyezőanyagok és a talajoldat koncentrációja egyensúlyi folyamatai, maga az adszorpció, és a talaj pórusviszonyai befolyásolják. Így elmondható az, hogy a szennyezőanyag-transzport sebességét alapvetően a talaj fizikai félesége és kémiai állapota határozza meg





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.



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



Köszönöm a figyelmet!



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