



Debrecen Egyetem
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar



Pannon Egyetem
Georgikon Kar



Agrár-környezetvédelmi Modul Vízgazdálkodási ismeretek

KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI MÉRNÖKI MSc
TERMÉSZETVÉDELMI MÉRNÖKI MSc



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



Szennyvíztisztítás II. 21.lecke



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



- **A mikroorganizmusok energiagazdálkodása:**
- A heterotrof mikroorganizmusok kizárólag kémiai energiát képesek hasznosítani. Az autotrof mikroorganizmusok egy része (fotoszintetizálók) a fényenergiát is képesek felhasználni. Az „általános energiavaluta” az élőlények anyagcseréjében az ATP (adenozin trifoszfát).
- A mikroorganizmusok energiatermelő anyagcserefolyamatai lejátszódhatnak oxigén jelenlétében (aerob metabolizmus) ill. oxigén hiányában (anaerob ill. anoxikus) metabolizmus.
- $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2$ aerob mikroorganizmusok
- $6 CO_2 + 6 H_2O$ $\Delta G = -2880 \text{ KJ/mol}$
- $C_6H_{12}O_6$ anaerob mikroorganizmusok
- $3 CO_2 + 3 CH_4$ $\Delta G = -404 \text{ KJ/mol}$



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



- Energiatermelés szempontjából sokkal hatékonyabb az aerob metabolizmus (a reakció során felszabaduló energia jóval nagyobb). Ennek megfelelően oxigén jelenlétében az aerob mikroorganizmusok metabolikus előnyt élveznek az anaerobokkal szemben, ezért aerob körülmények között anaerob folyamatok nem játszódnak le a biomasszában.
- A metabolizmus oxidációs és redukciós folyamatok összessége. A mikroorganizmus energiát nyer a szerves vegyületek oxidációjával. Mivel a lejátszódó oxidációs és redukciós folyamatok eredője 0, a szükség van olyan vegyületre, amely redukálódik, azaz „elektront vesz fel”. Ez a vegyület az ún. terminális elektronakceptor. Aerob esetben ez a vegyület az oxigén.

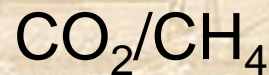
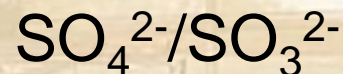
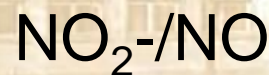
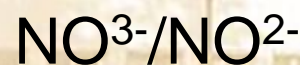
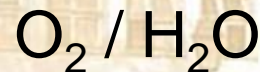




- Amennyiben oxigén nincs jelen a rendszerben, más vegyületek szolgálhatnak elektronakceptorként. A különböző elektronakceptoroknak különbözik az oxidáló ereje (standard redoxpotenciálja), ennek megfelelően változik a metabolizmus során kinyerhető energia mennyisége.

Elektronakceptor redoxpár

-
-
-
-
-
-



Kinyerhető
energiamennyiség
csökken



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



- **Anoxikus körülmények:** amennyiben oxigén nincs jelen a rendszerben, nitrát azonban igen, így ez szolgál elektronakceptorként. Az ún. denitrifikáló mikroorganizmusok a nitrátot nitritté, majd elemi nitrogénné redukálják, ez a folyamat a denitrifikáció.





- **Anaerob körülmények:** sem oxigén, sem nitrát nincs jelen a rendszerben. Amennyiben szulfát jelen van a rendszerben elektronakceptorként szulfittá (SO_3^{2-}) és később kénhidrogénné (H_2S) redukálódik szulfátredukáló mikroorganizmusok hatására. Amennyiben szulfát sincs jelen a rendszerben a szén szolgál elektronakceptorként, és metán keletkezik (metanogén baktériumok). Az anaerob folyamatok során melléktermékként illósavak (pl. ecetsav, vajsav) keletkeznek.
- **Fontos!!!** Mivel az energiagazdálkodás szempontjából előnyösebb helyzetben vannak, az aerob organizmusok metabolikus előnyt élveznek a denitrifikálókkal szemben, a denitrifikálók előnyt élveznek a szulfátredukálókkal szemben, szulfátredukálók előnyt élveznek a metanogénekkal szemben.





- **Nehezen lebomló szerves szennyező anyagok**
- A szerves szennyező anyagok nagy többsége nagy koncentrációban a vizek oxigéntartalmának csökkentésével fejt ki káros hatását. Kis hányaduk nehezen bomlik és már kis - mikrogramm/l - koncentrációban is káros, **mérgező, rákkeltő, vagy felhalmozódó** tulajdonságú. Ezek, a **szerves mikroszennyezők** néven is számon tartott vegyületek:
 - - növényvédőszeres, rovarölő szerek,
 - - kőolajok és származékaik,





- - szintetikus mosószeresek,
- - poliklórozott bifenilek (PCB-k),
- - fenolok.
- Valamennyien speciális szennyező hatást okoznak. Jelenlétük speciális megítélést, eltávolításuk **speciális technikákat** igényel.





- A mérgező vegyületek mennyiségét, illetve mennyiségi korlátját toxicitási mérőszámmal jellemzik:
 - - a vizsgált élőlények 50%-át elpusztító dózis,
 - - a vizsgált élőlények 50%-át elpusztító koncentráció.
- *A felhalmozódás-veszélyes anyagok* igen kicsiny, de hosszantartó terhelésnél okozhatnak megbetegedést, sőt halált azáltal, hogy az élő szervezetből nem távoznak el. Így hosszú idő után a szervezetbeli mennyiségük, koncentrációjuk elérheti a megbetegedést okozó szintet.





- **Szervetlen szennyező anyagok**
- A szervetlen szennyezők mennyiségét egyedi koncentrációjukkal kell jellemezni, nincs a BOI, illetve KOI-hez hasonló együttes mérőszámuk.
- **Nitrogén**
- Öt formában fordulhat elő: elemi-, szerves-, nitrit- és nitrát-nitrogén, ammónia.





- Az elemi nitrogén vízben jól oldódik, inert tulajdonságú, nem jelent szennyezést. A többi előfordulási forma viszont szennyezőnek számít.
- A nitrogénvegyületek a vizekbe többféle forrásból juthatnak: **műtrágyából, szerves trágyából, szerves anyagok bomlása révén, és a szennyvízkezelő berendezésekből.**
- Az **ammónia** a szerves nitrogénvegyületek bomlástermékeként kerül a szennyvízbe: jelenléte egyértelműen indikálja a bomló szerves anyagok jelenlétét.
- Az ammónia a sejtmembránon áthatoló **sejtméreg**. Mérgező hatása egyéb vízjellemzők függvénye is, 0,2-2 mg/l koncentráció-értéktől toxikus. A megengedett koncentráció:
- 0,02-0,025 mg/l.





- Az ammóniát a nitrifikáló baktériumok oxidálják, e közben oxigént fogyasztanak, nitriteket és nitrátokat hoznak létre az alábbiak szerint:
-
- Nitrosomonas hatására: NO_2^- Nitrobakter hatására: NO_3^-
- 1 g NH_3 oxidálása 4.57 g O_2 -t fogyaszt: a szerves anyagokhoz hasonlóan oxigén fogyasztó "terhelést" jelent a szennyvizekben, kis koncentrációban is.
- A vizek nagy **nitrit-nitrát** tartalma (a foszfortartalommal együtt) a vizinövények, algák túlburjánzását okozzák (eutrofizáció). A szennyvizek nitrit-nitrát tartalma, mint oldott szennyező, átkerül az ivóvízbe s ott csecsemőknél methemoglobéniát - esetenként csecsemő halált - okoz.





- Az emberi szervezetben a hemoglobin 1-2 % methemoglobin formájában van jelen, ami a nitrit oxidációs hatására jön létre. 10% feletti methemoglobin esetén fellép a metahemoglobémia betegség, kárt szenved a szervezet oxigén ellátása, mert a metahemoglobin nem képes oxigént szállítani. A felnőtt, egészséges ember specifikus enzime visszaalakítja a metahemoglobint hemoglobinná. A csecsemőknél ez az enzimtermelés csak fokozatosan alakul ki, a kis csecsemők nem képesek a méregtelenítésre. Másrészt a csecsemők gyomor pH-ja közel semleges a felnőttek erősen savas jellegével szemben. A semleges pH kedvez a nitrát-nitrit átalakulásnak, s ez az ivóvíz nitráttartalma esetén elősegíti a csecsemőknél a metahemoglobin képződést.
- A fentiek miatt a megengedett határérték nitráttartalom 40 mg/l az ivóvízben.





- Jól működő szennyvíz-tisztítóknál az elfolyó víz 10-40 mg/l NH_4^+ és 5-30 mg/l NO_3^- -tartalmú. Anaerob körülmények között számos szervezet képes a nitrát oxigénjének felhasználására, így a nitrátból N_2 képzésére (denitrifikáció).



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



- **Foszfor**

- A foszfor *nem mérgező, de fölös mennyisége a természetet károsan deformálhatja "terhelő" összetevő.* A vizek nagy aktív foszfortartalma ugyanis a növények, algák túlburjánzását - eutrofizációt eredményez és ezért káros.
- A természetes emberi tevékenység is okoz foszfor szennyezést. Az **emberi kiválasztás** naponta, személyenként 2g foszfort, ezen felül a hagyományos **mosószerek** további 2 g foszfort visznek a vizekbe. Az erőteljes **műtrágyázás** is folyamatos foszfor-kimosódást okoz. A természetben kőzetek mállásterméke bomlásaként is keletkezhet oldható foszfor.



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



- A foszfor az élő szervezetek fontos építőeleme. A bioszférában szinte kizárólag teljesen oxidált formája van jelen, foszfátként, a pH-tól függően ortofoszfát vegyületeként. A növények csak ezeket a **reaktív foszforalakat** tudják felvenni. A nem reaktív szerves és szervesetlen kondenzált foszfátokat a növények nem képesek hasznosítani.
- A foszfátok fémionokkal (vas-, alumínium-, kalcium) fémfoszfát vegyületeket képeznek, oldatból kicsapódnak (oxidáló környezetben). Redukáló környezetben a csapadékból oldódó módosulat, például Fe_3PO_4 keletkezhet.





- A foszfor körfolyamatban, "foszfor-ciklusban" vesz részt: részint szervesetlen vegyületek formájában a környezet összetételétől függően kicsapódik (ezzel kilép a táplálkozási láncolatból), vagy visszaoldódik. Másrésről az ortofoszfát vegyületeket a növények felveszik, szervezetükbe beépítik, szerves, kondenzált foszfor-vegyületet képeznek.
- Az elhalt növények kondenzált foszfát tartalma nem aktív, (kilépés a ciklusból). **Baktériumok** ezt azonban újra hidrolizálják ortofoszfáttá, s ezzel visszaviszik az aktív ciklusrészbe. (A biológiai szennyvíz-tisztítóknban ez a folyamat is lejátszódik).





- A biológiai szennyvíztisztítás foszforciklust módosító hatására jellemző:
 - a nyers szennyvíz 5-20 mg/l összes foszfor tartalmának 15-20%-a aktív;
 - a biológiailag tisztított szennyvíz 3-10 mg/l foszfort tartalmaz, de ez 50-90%-ban ortofoszfát.
- A legtöbb természetes rendszerben a foszfor van a legalacsonyabb (aktív) koncentrációban, tehát **limitáló tényező**. Mintegy 10 mg/m³ foszfortartalom alatt a rendszer oligotrof, kicsi a biológiai produkció. 20 mg/felett eutróf, azaz megindulhat az algaburjánzás.





- **Toxikus fémek**
- Egyes fémek kis mennyiségben szükségesek az élővilág számára (**esszenciális fémek**). Ezek a bór, cink, króm, kobalt, mangán, molibdén, ón, réz és vas.



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



- Más fémek - arzén, kadmium, ezüst, higany, ólom, berilium - az élő szervezeteket mérgezik, **toxikusak**.
- Az esszenciális fémek optimálist jóval meghaladó koncentrációban, valamint a nem-esszenciálisak növekvő koncentrációban fokozottan mérgezőek.
- Mérgező hatást csak az oldott fémszennyezők okoznak, az oldhatatlan fémvegyületek biológiailag inaktívak.
- Szennyvizeink általában igen kis koncentrációban tartalmazznak fémszennyezőket, de a biológiai folyamatok során megkötődnek, és a képződött biomasszában felhalmozódnak, így sok ezerszeres koncentrációt is elérhetnek. Előfordulhat, hogy a tápláléklánc végén levő állatot, vagy embert már a felhalmozódásból adódó nagy dózisú mérgező hatás éri.





- További gondot okoz, hogy a környezetben felgyülemlő inaktív fémvegyületek a körülmények (pH, oxigén-koncentráció, redoxpotenciál stb.) változása kapcsán oldódnak, aktiválódnak. (Ilyen jellegzetes, a természetben esetenként lejátszódó folyamat például a **higany metileződése**: az inaktív higany metilhigany-módosulata jól oldódik vízben és igen mérgező.)





- Jellegzetes a toxikus fémek által okozott mérgezéseknél, hogy a nagy dózis gyorsan jelentkező mérgező hatása mellett a legtöbb fém esetében /hosszan tartó/ kis koncentráció is eredményezhet mérgezést, de a káros hatás csak hosszú idő után (hetek, hónapok, sőt évek múltával) jelentkezik. A mérgező koncentrációk értéke fémenként változó, és a fentiek miatt nehezen megadható értékű.
- Fentiek miatt a fémszennyezések, elsősorban a nehézfém-szennyezések megelőzésére, valamint eltávolítására fokozott gondot kell fordítani.





- **Cianidok**

- Mindenhol, ahol élet- vagy ipari tevékenység van, előfordulnak cianidok. Ezért a cianidokat szennyezettséget jelző vegyületnek is tekintik.
- A cianid ion könnyen megkötődik az állati szervezetekben és gyors mérgezést okoz.
- Már 50-60 mg halált is okozhat embereknél. Blokkolja a citokrómrendszert és az oxidációs folyamatokat. Természetes vizekben cianid nincsen, vagy csak 0,1 mg/l alatti koncentrációban fordul elő.
- Cianid tartalmú vizeket közvetlenül a képződésük helyén kell tisztítani a fokozott mérgezési veszély miatt, valamint azért is, mert a 0,2 mg/l feletti koncentráció a biológiai tisztítást gátolja.
- A megengedett cianidion koncentráció: 0,2 mg/l.



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



- **Mikrobiológiai szennyezők**

$1 - 38 \cdot 10^6 / \text{cm}^3$

- A szennyvizek - a tisztán ipari szennyvizektől eltekintve - jó táptalajai a mikroorganizmusoknak, ezért számtalan fajtájuk található meg a szennyvizekben.
- A mérnöki gyakorlatban az emberi szervezetre veszélyes mikroorganizmusokat vesszük csak számításba, mint szennyezőket. Ez 20-30 fertőző komponenst jelent csupán. Ezeket is igen nehéz volna a többi mellett kimutatni. Megállapították viszont, hogy a fertőző mikroorganizmusok emberi vagy állati ürülékkel kerülnek a szennyvízbe. Forrásuk:
 - - fekáliás szennyvíz,
 - - vágóhidak szennyvize,
 - - állati termék-feldolgozók szennyvize,
 - - vidéki állattartó-telepek túlfolyói.



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



- Mivel a 20-30 féle fertőző kórokozó identifikálása, vagy jelen nem létének bizonyítása is nehézségekbe ütközik, az a gyakorlat alakult ki, hogy a **fertőzöttség megállapítására a fekália jelenlétét vizsgálják**, nem fertőző, de jól reprodukálható reakciót szolgáltató mikroorganizmus kitenyésztésével.
- Alkalmazott indikátor-mikroorganizmusok:
 - - fekália koliform - ez a legtöbbit alkalmazott indikátor.
 - - fekáliás streptococcus - /1964 óta használják Európában és az USA-ban,/
 - - *Clostridium perfringens* - igen ellenálló, hő- és kiszáradás tűrő
- (70 °C-on is megél), ezért az időnként előforduló, vagy távoli fertőzés kimutatására alkalmas.





- **Települési szennyvizek és tisztításuk**
- A szennyvíztisztítás tanulmányozását célszerű a települési szennyvíztisztítással kezdeni, több okból. Az ipari szennyvizek tisztításánál is ugyanazok a berendezések használatosak, mint a települési tisztításánál.
- Sok esetben célszerű az ipari szennyvizet előkezelés után keverni települési szennyvízzel és végleges tisztítását így elvégezni.





- **Az ipari szennyvizek** közvetlenül, tisztítatlanul általában nem vezethetők élővizekbe, /befogadódba,/ valamint nem keverhetők a települési szennyvízzel, mert annak tisztítását megzavarják, illetve lehetetlenné teszik. Az ipari szennyvizek a tevékenységtől függő, jellegzetes összetételt mutatnak. Kezelésüket, tisztításukat a keletkezés helyén kell megoldani. A tipikus ipari szennyvizek tisztítására tipizált szennyvizkezelő rendszerek alakultak ki].





- A **települések szennyvizét** csatornahálózatok gyűjtik és vezetik el. Megkülönböztetünk egyesített és osztott szennyvízhálózatot.
- **Osztott szennyvízhálózatról** beszélünk, ha a csapadékvizet és az egyéb települési szennyvizeket külön-külön csatornarendszerben gyűjtik.
- **Egyesített a szennyvízhálózat**, ha a különválasztás nem történik meg, a kommunális és a csapadékvizet együtt vezetik el.





- Az osztott hálózatok alkalmazását, a csapadékvíz külön elvezetését indokolja, hogy mennyisége igen nagy ingadozásokat mutat, ami a tisztítómű erős túlméretezését kívánja meg. Ha a gyűjtőterület erősen szennyezett felületű, a csapadékvíz is erősen szennyezett, tisztításra szorul: indokolt az egyesített szennyvízhálózat alkalmazása.
- A települési szennyvizek tisztítására jellegzetes megoldások alakultak ki.
- A szennyvíztisztítás *két fő feladatra* bomlik, úgymint:
 - - a nem oldott, **darabos szennyezők mechanikus eltávolítása**,
 - - **oldott + finom lebegő szilárd + mikroorganizmusok + szerves anyagok lebontása**,
eltávolítása.





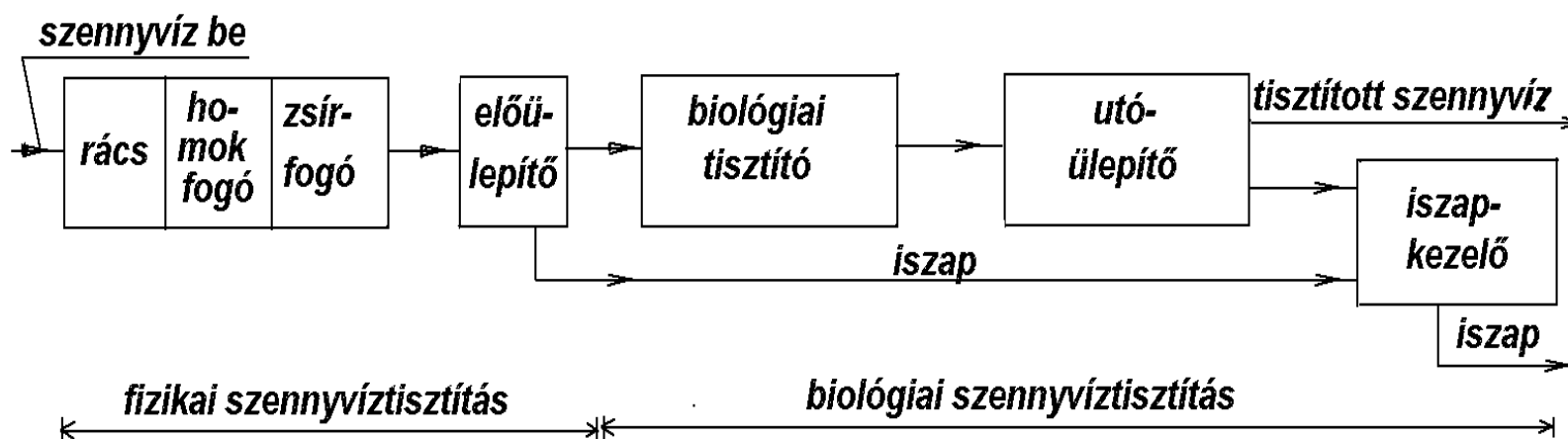
A települési szennyvíztisztítás technológiai elemei

Az szennyvizek tisztítási lépcsőit a gyakorlat három fő csoportba sorolja:

- a **mechanikai tisztítás**, ezen belül
 - mechanikai előtisztítás,
- a **biológiai szennyvíztisztítás**, ezen belül
 - a különféle elven működő mesterséges egy-és többlépcsős tisztítási módok,
 - a különféle természetes tisztítási módok (tavas, talajszűrés, öntözés),
- a **III. tisztítási fokozat**
 - tápanyag-eltávolítás (P, N)
 - szennyvíz-fertőtlenítés
 - fizikai-fiziológiai eljárások (pl. fordított ozmózis stb.)



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





A települési szennyvíztisztítás technológiai elemei

- A tisztított szennyvíz elhelyezésével – hasznosításával – kapcsolatos csoportosításra ajánlható:
- a **mezőgazdaság területén** történő hasznosítás (pl. öntözés),
- az **ipar területén történő újrahasznosítás** (pl. hűtővíz, hidrotranszport stb.).
- A szennyvíztisztítási folyamat során másodlagos anyagként iszap képződik, melyek volumene bár mintegy két nagyságrenddel kisebb a folyadék mennyiségénél, ám a környezeti és egészségügyi feltételeket kielégítő elhelyezéséhez, illetőleg hasznosításához a szükséges létesítmények beruházási költsége a teljes beruházás 50%-át is megközelíti.





ELŐADÁS Felhasznált források

- Szakirodalom:
 - Vermes L. (szerk.) (1997.): Vízgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Egyéb források:
 - Fehér T.-Horváth J.-Ondruss L. (1986.): Területi vízrendezés. Műszaki Könyvkiadó. Budapest.





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