



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 I.

## 20.lecke



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





## A Szennyvízkezelés alapjai:

A szennyvíztisztítási rendszer az érkező szennyvíz minőségétől és az elhelyezés módjától függő, összetett fizikai, kémiai és biológiai folyamatok vezérlésére alkalmas különbözően kialakítható, de egységes technológiai rendszer.

A rendszer magába foglalja a szennyvíz gyűjtését (csatornarendszer), kezelését (előtisztítás, tisztítás), elvezetését és elhelyezését.







- A környezetvédelem kérdéskörében fontos helyet foglal el a szennyvíz, több okból.
- a szennyező források egy része eleve a szennyvízbe juttatja szennyező anyagait.
- a szennyezett környezetből az esővíz közvetítésével rengeteg szennyezés mosódik a vízbe.
- Nagy ipari üzemekben külön csatornarendszer gyűjti az ipari szennyvizet. Kisüzemeknél ez nincs meg: az ipari tevékenység szennyező anyagai a kommunális szennyvíz gyűjtőjébe kerülnek, így eleve "vegyes" szennyvíz kezelésével kell foglalkozni.
- Célszerű ezért a szennyvíztéma tárgyalásánál vegyes szennyvízösszetételből kiindulni.







# A Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Program

- A lakások csatornázottsága 2004-ben 62,2 %-os volt,
- célállapotban 88 %-os értékkel tervezzük ezt a mutatót,
- mely 1746 települést érint.
- A Program eredményeként a jelenleg megfelelő minősítést kapott szennyvíztisztító telepek kapacitása 6 millió LE-ről **2015-re 14 millió LE**re növekszik.
- A Program tervezett költségigénye 2006 - 2015 között
- **651 milliárd Ft.**



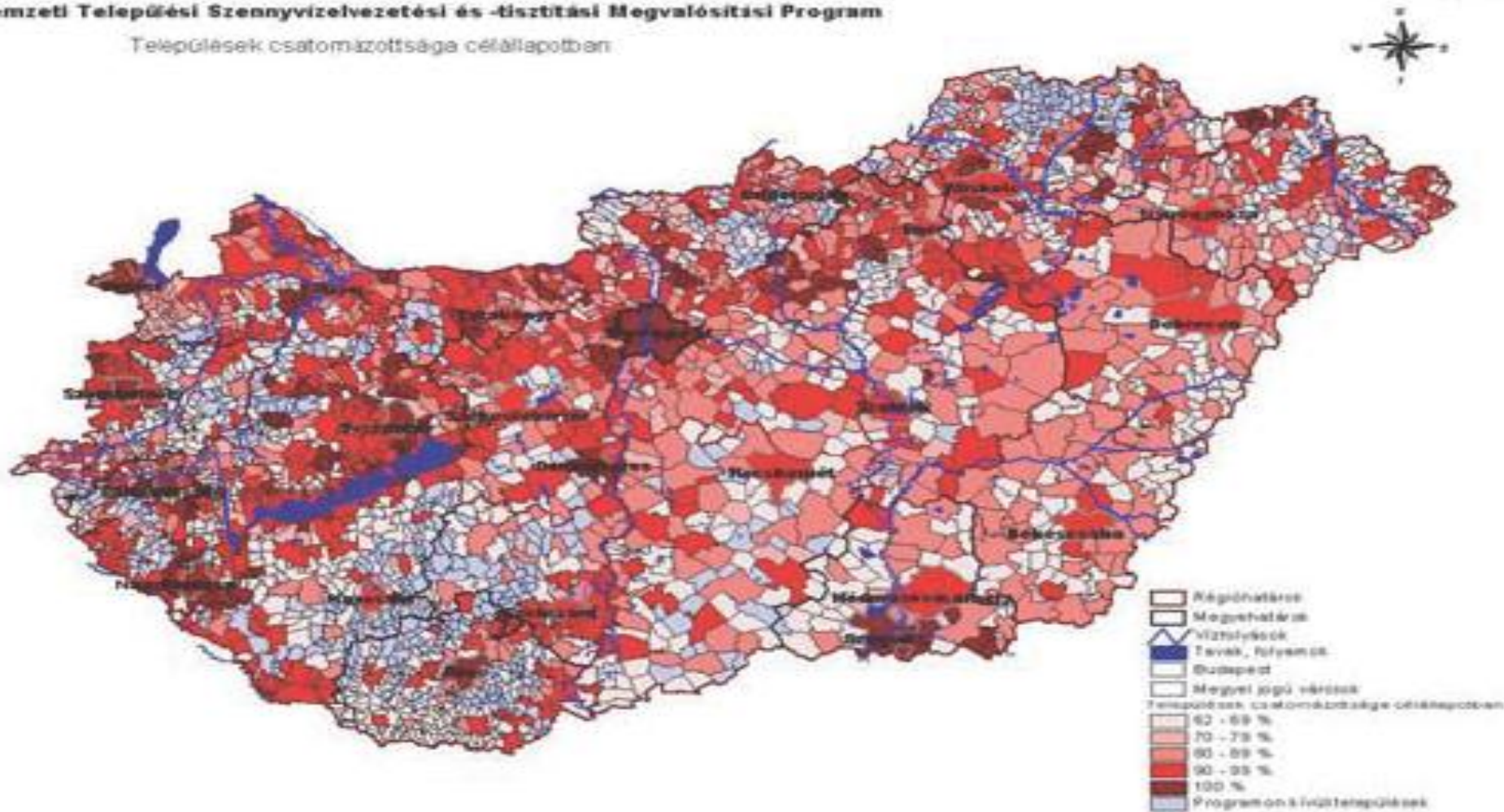
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg





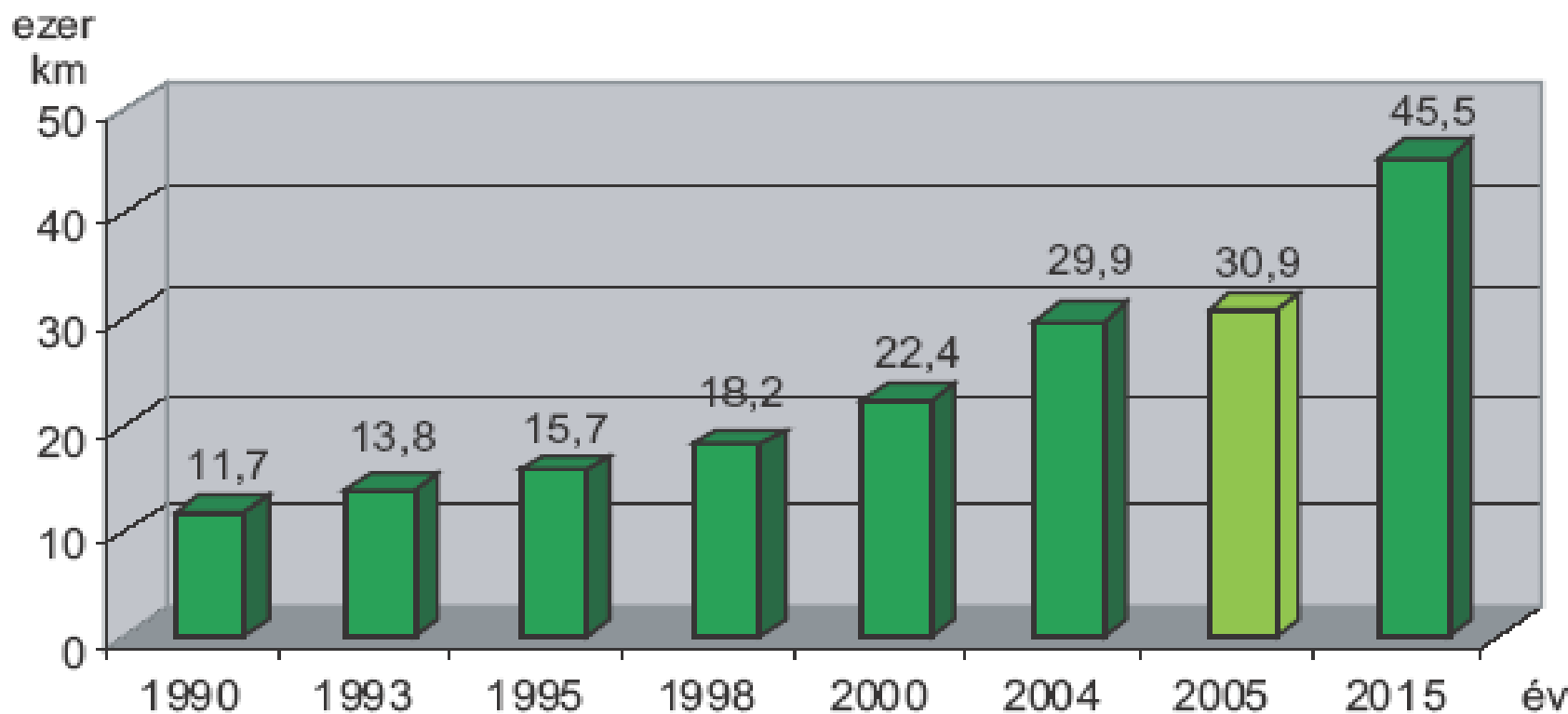
Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Program

Települések csatornázottsága célállapotban



2015-ig





**1. ábra. Fogyűjtő-rendszerek hossza 1990 - 2015 évek között  
(ezer km-ben)**



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





## EU határidők a szennyvíztisztítás tekintetében

a) *2005. december 31-én* lejárt az a határidős kategória, melyre Magyarország nem kért mentességet, vagyis a 2.000 LE alatti kategóriában, a gyűjtőrendszerrel rendelkező agglomerációk esetében legalább biológiai tisztítást biztosító szennyvíztisztító teleppel kell rendelkezni.

A telepekről első alkalommal a 2006. év 2. félévi adatszolgáltatás keretében kellett számot adnunk.  
Hiányzó telep nincs.







- b) A 2008 december 31-i határidő a 10.000 LE feletti érzékeny területek agglomerációit érinti. Néhány önkormányzat a szükséges fejlesztésekre vonatkozó tervezést nem kezdte meg, így a területileg illetékes KÖVIZIG-ek szakmai segítséget nyújtva keresik meg az érintett önkormányzatokat.
- c) A 2010. december 31-i határidővel a 15.000 LE feletti agglomerációk érintettek. Tanulmány készül a hátralévő feladatok, és a szükséges fejlesztések szakmai és gazdaságossági szempontok alapján készített hatékonysági rangsorba állításhoz.







- A vízárak növekedésével a lakossági vízfogyasztás összességében visszaesett. Ugyanakkor azonban ennek mértéke egyénenként, sőt területenként rendkívül különbözően alakult, ami az utóbbi időben előállt igen nagy életszínvonalbeli, és kisebb mértékben a higiénés szokásokbeli különbségekkel magyarázható.
- felmérések szerint a becsatlakoztatott lakosság vízfogyasztása esetenként még a 60 l/fő.d értéket sem érte el, míg maximumában a 140 l/fő.d értéket is meghaladta (Jobbágy és Tardy, 2006).
- A felmérések és korábbi tapasztalatok szerint ugyanakkor a „betöményedés” mértéke korántsem számítható ki a vízfogyasztási arányokból.
- Ez részben abból fakad, hogy a lakossági szokásokban nem csupán a vízfogyasztás területén mutatkoznak eltérések.
- A friss szennyvíz minőségében előálló különbségek tovább növekedhetnek







- a csatornarendszerben.
- A hálózat hosszától,
- a szennyvíz hőfokától,
- a nyomócsövek és a gravitációs
- csatornák arányától és
- a rendszer üzemeltetésétől függően a szervesanyag anaerob vagy aerob úton többé kevésbé biodegradálódik, míg a nitrogén döntő részben jelen marad.







# A szennyvízkezelés technológiái:

- mechanikai tisztítás
- kémiai/fizikai-kémiai tisztítás
- biológiai tisztítás: A sejt- és mikrobiológiai ill. biotechnológiai alapok ismeretében a mikroorganizmusok életműködése, anyagcseréje felhasználható a szennyezőanyagok környezetből való eltávolítására. A biológiai szennyvíztisztítás specializált fermentáció, melynek során az alkalmazott mikroorganizmusok szubsztrátként hasznosítják a szennyezőanyagokat.







## Szennyvizek és azok tisztítása

A szennyvizeket származásuk szerint célszerű csoportosítani, mert a bennük előforduló jellegzetes szennyező anyagok az eredet szerint változnak.

A jellegzetes szennyvíztípusok:

- Csapadékvíz: elvileg nem is szennyvíz. A környezetből bemosott szennyezők miatt szennyvízként kell kezelni.



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





- Kommunális szennyvíz: az emberi élettevékenységből származó anyagokkal szennyezett.

A települési szennyvíz is közel azonos ezzel, de bizonyos mértékű ipari tevékenység (kézművesek, kisipar) szennyező anyagait is tartalmazza.

- Ipari szennyvizek: szennyezettségének mibenléte és mértéke az ipari tevékenységtől függ, igen nagy eltéréseket mutat. Ezért **kezelésüket általában a keletkezés helyén kell megoldani.**







## Szennyvizek szennyező anyagai. A szennyező anyagok mennyiségi jellemzése

A szennyező anyagok két fő csoportba sorolhatók:

- szerves szennyező anyagok,
- szervesetlen szennyező anyagok.



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





A szerves szennyező anyagok bomlanak, oxidálódnak. *Általános jellegzetességük, hogy **csökkentik a víz oxigéntartalmát.*** - A szerves szennyező anyagokra általános hatás nem mondható, szennyező hatásukat mibenlétüktől függően fejtik ki.

Mindkét szennyező fajta lehet a vízben oldott és lehet szilárd formában is jelen. A szennyvíz szilárdanyag tartalmát külön elemezni, megadni akkor szükséges, ha mennyisége vagy méreteloszlása a szokásostól lényegesen eltér és ezért különleges kezelést igényel.

A szennyvíz mikrobiológiai szennyezettsége is gondot okozhat és különleges kezelést igényelhet, ha szennyezettsége a szokásos kommunális szennyvizétől lényegesen eltér.







## Szerves szennyező anyagok

Közismert a szerves anyagok változatossága, igen nagy száma. A szerves szennyezők analitikai meghatározása drága, komponensenkénti megadása ezért igen bonyolult és gazdaságtalan volna. Az analitikai megadás helyett a a szerves anyag tartalom jellemzésére egy egyszerű jellemzési mód - a lebontásához szükséges oxigén igénnyel való jellemzés - terjedt el.

A szervesanyagok oxidálása a környezetben biológiai úton valósul meg. Az eközben jelentkező oxigén szükséglet alapján levezetett mérőszám:

a **BOI** - azaz **Biokémiai Oxigén Igény**

A mikroorganizmusok által megvalósított oxidációs reakció közelítőleg elsőrendű, és az alábbi összefüggéssel írható le.







ahol:  $L$  a  $t$  idő után visszamaradó szervesanyag mennyisége  
a kezdeti szervesanyag tartalom,  
 $k$  a hőmérsékletfüggő reakciósebességi állandó  
 $t$  az idő.

értéke arányos az oxidáláshoz szükséges oxigén mennyiségével,  
tehát a BOI értékével.

Mivel adott esetben a felhasznált oxigén mennyisége a reakció-  
hőfoktól és az időtől is függ, ezért a BOI mérése szabványban  
előirt körülmények között, előirt módon végrehajtott biológiai  
oxidációval történik. Jellemzésül nemzetközileg elfogadott a  
**BOI5** mérőszám

használata, ami 5 nap alatt, 20 C/on végrehajtott erjesztés során  
kapott oxigénigény.







Biológiai úton nem lehet minden szervesanyagot oxidálni.  
Ezért az oxidáló vegyszerekkel mérhető oxigénigény a

**KOI** - azaz **K**émiai **O**xigén **I**gény

Értéke szükségszerűen eltér - nagyobb - mint a jellemző  
BOI érték. A szervesanyag-tartalom jellemzésére kevert  
szennyvíznél mind a mind a KOI értékét megadják.

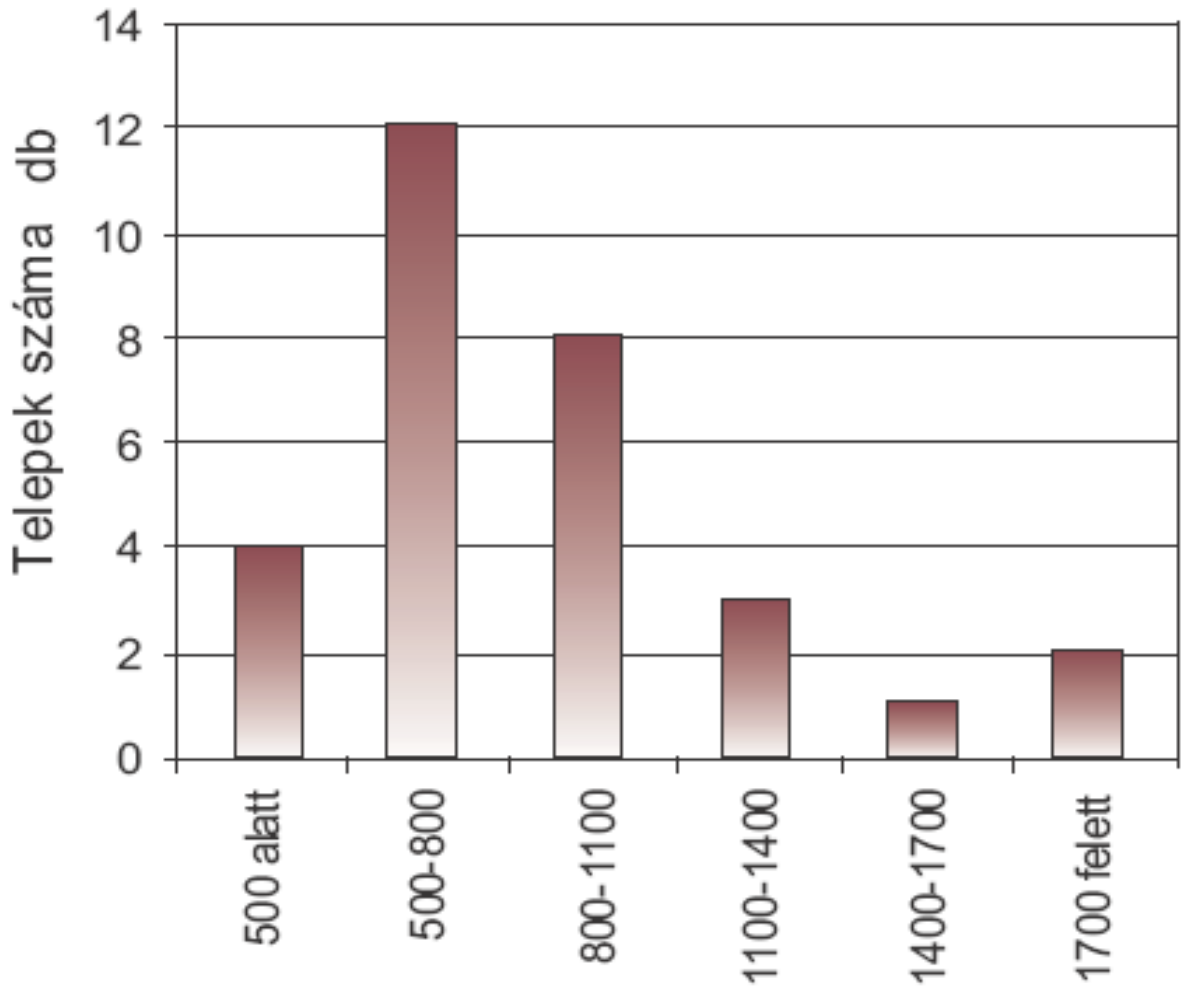
Tájékoztatásul néhány jellegzetes érték.

Szennyvíz fajtája	BOI	KOI
Tiszta folyóvíz	1-3	
Erősen szennyezett folyóvíz	30	
Átlagos települési szennyvíz	200-350	600
Ipari szennyvíz		n*1000



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





KOI  
(mg/l)



*1. ábra. A felmért telepek befolyó KOI átlagos értékeinek alakulása.*



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





Hangsúlyoznunk kell azt, hogy a szennyvíz azonos szervesanyag tartalmát még az esetleg megegyező KOI érték sem bizonyítja, hiszen az biológiailag különbözőképpen hozzáférhető komponensekből tevődik össze.

Ennek megfelelően az egyre elterjedtebben alkalmazott matematikai szimulációs modellekben az összes KOI értéket a mikroorganizmusok metabolizis folyamataiba való bekapcsolhatóság szerinti frakciókra osztják fel, melyeket az eleveniszapos rendszerek tervezésére létrehozott ASM1 (Activated Sludge Model 1) alapmodell esetére a következő **táblázatban** tüntettünk fel (Henze et al, 1987).







Komponens szám	Szim-bólum	Definíció
1	$S_S$	Oldott, könnyen biodegradálható szervesanyag, mg KOI/l
2	$S_I$	Oldott, inert szervesanyag, mg KOI /l
3	$X_S$	Nehezen biodegradálható szervesanyag, mg KOI/l
4	$X_I$	Inert szervesanyag, mg KOI/l
5	$S_{NH}$	Ammónia nitrogén, mg N/l
6	$S_{NS}$	Oldott, biodegradálható szerves nitrogén, mg N/l
7	$X_{NS}$	Nehezen biodegradálható szerves nitrogén, mg N/l
8	$S_{NO}$	Nitrát nitrogén, mg N/l
9	$X_{B,H}$	Aktív heterotróf biomassza, mg KOI/l
10	$X_{B,A}$	Aktív autotróf biomassza, mg KOI/l
11	$X_D$	Biomassza stabilizációból származó sejtörmelék, mg KOI/l
12	$S_O$	Oldott oxigén, mg KOI/l
13	$S_{ALK}$	Alkalinitás, mol $CaCO_3$ /l



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





A mikrobiális folyamatokra legkedvezőbbben az oldott, könnyen biodegradálható komponensek (Ss) használhatók fel.

A nehezen biodegradálható anyagokat előbb – általában hidrolízis útján – át kell alakítani, az inert anyagok pedig az adott iszapkor mellett biológiailag egyáltalán nem távolíthatók el a szennyvízből.

Mindennek megfelelően, a tisztíthatóság felmérése ill. a technológiai folyamatok megfelelő megtervezése érdekében igen fontos

a szervesanyag frakciók megoszlásának minél pontosabb ismerete,

de legalábbis az oldott és szuszpendált szervesanyag arányának meghatározása.







## A biológiai bonthatóság:

A biológiai bonthatóság környezetvédelmi jelentősége először az '60-as évek elején mutatkozott meg, amikor Németországban a Rajna jelentős elszennyeződése folyamánként életbe lépett az ún. detergenstörvény, amely megtiltotta a nem ill. nehezen biodegradálható felületaktív anyagok gyártását.

## Definíciói:

**Biodegradáció:** egy szerves vegyület biológiai transzformációja egy másik vegyületté.



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





**Mineralizáció:** egy adott vegyület átalakítása szén-dioxiddá, vízzé, és különböző szervetlen vegyületekké (a folyamat után szerves szén nem marad oldott állapotban).

**Primer bonthatóság** áll fenn amennyiben a biológiai folyamat során a vegyület jellege a legkisebb mértékben is megváltozik.

**Részleges bonthatóság:** a lebontás foka a primer bonthatóság és a mineralizáció között helyezkedik el.

**„Elfogadható” (acceptable) biodegradáció:** a biodegradáció során a vegyület elveszti környezetre káros hatását.







## A vegyületek osztályozása biodegradálhatóságuk szerint:

**Nehezen biodegradálható (ún. perzisztens) szennyezők:**  
biológiai lebontásuk lassú folyamat ill. nem lehetséges.

Pl.: peszticidek, oldószerek, színezékek, detergensek, klórozott aromás vegyületek

Általában ipari szennyvizekben jellemző a nehezen biodegradálható szennyezések nagy aránya.

**Könnyen biodegradálható:** általában oldott anyagok, lebontásuk gyors, ill. a mikroorganizmusok legtöbbjére számára lehetséges.

Pl.: cukrok, ecetsav, etanol, metanol

A kommunális szennyvizek túlnyomó többségben könnyen biodegradálható szennyezéseket tartalmaznak.



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





## A szennyezőanyagok környezeti hatásai:

### **Nehezen biodegradálható szennyezőanyagok:**

felhalmozódnak a környezetben, és a kritikus koncentrációt elérve toxikus hatást fejtenek ki. Egyéb kedvezőtlen hatások: pl. habzás, vízben oxigénátadás csökkenése.

### **Könnyen biodegradálható szennyezőanyagok:**

a mikrobiológiai folyamatok következtében az élővízben elfogy az oxigén (anaerobitás), ennek következtében halpusztulás, anaerob rothadás állhat elő. Nitrogén és foszfor vegyületek jelenlétében eutrofizáció alakul ki.

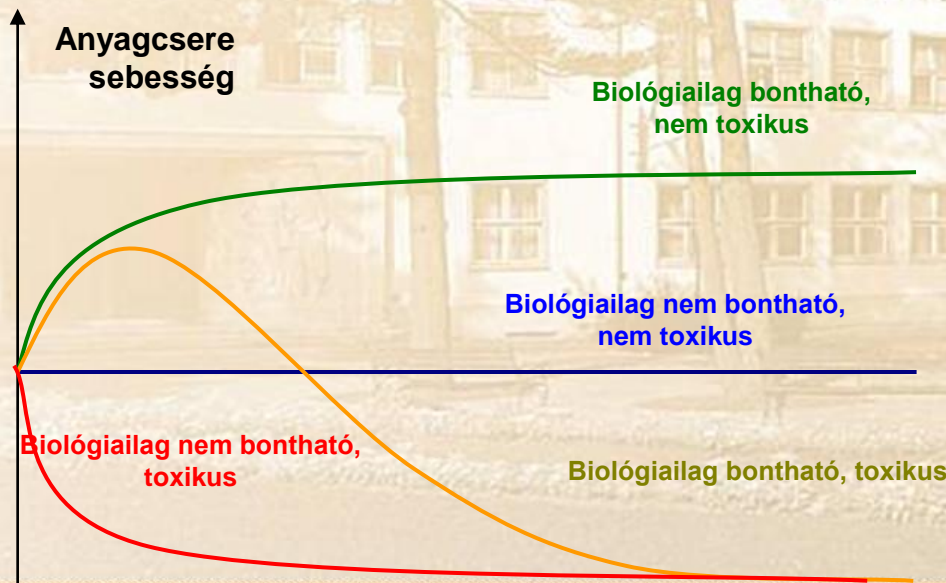






## A szennyezőanyag-lebontás kinetikája

A biológiai szennyezők eltávolításának hatékonysága a mikroorganizmusok metabolizmusától függ. A mikroorganizmusok metabolizmusát meghatározza a tápanyagként felhasználható szubsztrátok minősége és mennyisége. A szubsztrátokat anyagcsere sebességre gyakorolt hatásuk alapján négy csoportba sorolhatjuk (ld. *ábra*). Az anyagcsere sebesség az esetek túlnyomó többségében arányos a szubsztrátfogyás sebességével. (Az  $S$  szubsztrátkoncentráció alatt a mikroorganizmus környezetében fennálló szubsztrátkoncentráció értendő)



• *Szennyvízkomponensek besorolása és hatásuk a mikroorganizmusok anyagcsere sebességére*



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





A szennyvizek tisztításánál különös figyelmet kell szentelni a biológiailag bontható, toxikus anyagok csoportjára, amelyek az ún. *Andrews-kinetika* szerint viselkednek. Az ilyen jellegű szubsztrát ugyanis, koncentrációtól függően növelheti is és csökkentheti is az anyagcsere sebességét, azaz kis koncentrációnál a mikroorganizmusok fel tudják használni a növekedéshez, míg nagy koncentrációban gátló ill. mérgező hatása van.



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





## Monod-kinetika:

Biológiailag bontható, nem toxikus szubsztrátok esetén alkalmazható.

$$\frac{dx}{dt} = \mu * x$$

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S}$$

$$\frac{dx}{dS} = -Y_{x/S}$$

$$\frac{dS}{dt} \cdot r = - \frac{1}{Y_{x/S}} \frac{dx}{dt}$$



- ahol:  $\mu$  – fajlagos növekedési sebesség (1/nap)  
 $S$  – szubsztrátkoncentráció (g/l)  
 $K_s$  – féltelítési állandó (g/l)  
 $Y_{x/s}$  – hozam (g/g)



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





## Andrews-kinetika:

Biológiailag bontható, toxikus szubsztrátok esetén alkalmazandó.

Változás a Monod-kinetikához képest:

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{S}{K_s + S + \frac{S^2}{K_i}}$$

, ahol  $K_i$  inhibíciós állandó.



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





## A lebontandó szennyezőanyag kapcsolódása a mikroorganizmus enzimrendszeréhez

A mikroorganizmus genomja (genotípusa) meghatározza, hogy a mikroorganizmus metabolizmusa milyen szubsztrátokat képes hasznosítani ill. bontani. A mikroorganizmus fenotípusa az adott körülmények között funkcionáló metabolikus tulajdonságok összessége. !!! A genomban kódolt tulajdonságok nem feltétlenül jelennek meg a fenotípusban !!!

**Enzim:** a biokémiai folyamatok katalizátora



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





# Szubsztrátok csoportosítása

- **Growth-szubsztrát:** a mikroorganizmus enzimrendszere képes bontani, és a szubsztrát v. lebontási termékei bekapcsolódnak az energiatermelés folyamatába.
- **Non-growth szubsztrát:** sem a szubsztrát, sem lebontási termékei nem kapcsolódnak be az energiatermelés folyamatába.
- **Enzim indukáló szubsztrát:** aktiválja a mikroorganizmus enzimrendszerét, ilyen módon a mikroorganizmus képes biodegradálni.
- **Enzimet nem indukáló szubsztrát:** nem indukálja a mikroorganizmus enzimrendszerét, ilyen módon önmagában nem képes biodegradációt előidézni. Figyelem!!! Ez nem jelenti azt, hogy nem biodegradálható!!! Enzimet nem indukáló szubsztrátok biodegradációja akkor lehetséges, ha a rendszerben jelen van egy másik szubsztrát, amely képes az adott enzimrendszert aktiválni.
- **Kometabolizmus:** egy non-growth szubsztrát biotranszformációja egy growth-szubsztrát obligát jelenlétében.



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





# 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