

Levegő- és vízvédelem

2018

Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

Vegyésszmérnöki és Biomérnöki Kar

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Előadó: Valentínyi Nóra

tanársegéd

A vízszennyezés elleni védelem lehetőségei.
Szennyvizek gyűjtése és tisztítása a
technológiához kapcsolódóan.
Technológiai módosítás a szennyezés
csökkentésére.
Víztakarékoság, értékes anyagok
visszanyerése.
Szennyvizek elhelyezése a talajban.
Vízminőség-szabályozás egyéb lehetőségei.

A vízszennyezés elleni védekezés lehetőségei

- ▶ Különböző megoldások kombinálásával gazdasági optimum keresés a feladat, amivel a szennyező anyagok koncentrációja annyira csökken, hogy nem károsítja a felszíni vizeket, valamint amivel a kívánatos vízminőség biztosítható
- ▶ Technológiai módosítás:
 - ▶ kevesebb vízhasználat,
 - ▶ kevésbé káros anyagok kibocsátása,
 - ▶ szennyvízből értékes anyagok visszanyerése, stb.

Vízszennyezés csökkentés műszaki módszerei

- ▶ **Tisztítás:** a szennyvíz vagy egyéb más hulladék szennyező komponenseinek eltávolítása, átalakítása valamilyen fizikai, kémiai, biológiai eljárással, valamint ezeknek további szennyezést nem okozó környezeti elhelyezése.
- ▶ **Újrafelhasználás és visszanyerés:** a szennyvizek újrahasznosítása, illetve belőlük a hasznosítható anyagok visszanyerése (pl.: pácvicekből vassók kinyerése).
 - ▶ víz egy részének az előző használattal azonos vagy más célú felhasználása, a vízkészletek mennyiségi és minőségi tehermentesítése érdekében
 - ▶ jelentősen csökkenti a szennyvízterhelést
- ▶ **Technológiai változtatás:** a technológia olyan módon történő megváltoztatása, hogy a szennyezőanyag-kibocsátás megszűnjön vagy legalább mérséklődjön.
 - ▶ a szennyezőanyag-kibocsátás csökkentését vagy megszüntetését eredményezi (pl. foszfátmentes detergensek)

Vízszennyezés csökkentés műszaki módszerei

- ▶ **Termékmódosítás:** olyan helyettesítő termékek bevezetése vagy az anyagtulajdonság módosítása, melynek eredményeként a termékek szennyező hatásai lecsökkenthetők vagy környezettechnológiai kezelhetőségük javul.
- ▶ **Megszüntetés:** valamely, a vizeket szennyező anyag gyártásának, forgalmazásának megszüntetése, valamint a szennyező anyagok vízbe jutásának megakadályozása.
- ▶ **Szétszórás:** a szennyvizek nagy területen, diszperz módon történő szétszórása, talajba helyezése vagy nagy víztömegben való elosztása, ezáltal a szennyvízben lévő komponensek koncentrációjának csökkenése érhető el.

Vízszennyezés csökkentés műszaki módszerei

- ▶ **Késleltetés:** a szennyvízkibocsátás időszakos leállítása, a szennyvíz tározása, és ezeknek a befogadó szempontjából kedvezőbb időszakban történő bejuttatása. Kedvezőbb időszakok: nagyobb vízhozam, nagy szervesanyag-tartalmú szennyvizek esetén a befogadó nagyobb oldott oxigén-koncentrációja.
 - ▶ szennyvíz tervszerű visszatartása, kedvezőbb körülmények közti leeresztéssel, kibocsátással (pl. tározás kisvíz idején) (pl. Hortobágy-Berettyó öntisztulásának elősegítése a Keleti-Főcsatornából történő hígítóvíz adagolásával)
- ▶ **Regionális csatornázás:**
 - ▶ egyedi bevezetések kiváltása központi szennyvíztisztítóval
- ▶ **Átvezetés:** a szennyvizeknek más szelvénybe vagy más, nagyobb vízhozamú vízfolyásba való átvezetése a természetes öntisztító kapacitás figyelembevételével.
- ▶ **Hígítás:** a szennyvíz térfogatának növelése, amely az oldott szennyezőanyag-koncentrációjának csökkentését eredményezi, így a káros hatások is csökkennek. Cél a természetes vizek öntisztuló képességének, kapacitásának a fenntartása.

Vízszennyezés csökkentés műszaki módszerei

- ▶ **Környezeti tisztítás:** a befogadó élővíz mint környezeti elem tisztítása a bevezetett szennyező anyagok eltávolítása, káros hatásuk csökkentése érdekében.
 - ▶ adott vízfolyás teljes vízmennyiségét megtisztítják
 - ▶ költséges, ritka
 - ▶ lebegőanyag: ülepítés, hordalékfogás
 - ▶ mesterséges levegőztetés (bukógátak)
- ▶ **Kisvízhozam-szabályozás:**
 - ▶ befogadó vízminőségének szempontjából kritikus kisvízhozamának meghatározott mértékű növelése
 - ▶ öntisztító képesség fenntartása
 - ▶ hígítóvíz tározókból vagy más vízgyűjtőről történő átvezetéssel (passzív jellegű megoldás)

A szennyezés csökkentésének technológiai lehetőségei

- ▶ a termelési technológiához szükséges **nyers-, segéd-, és üzemanyagok változtatása**, helyettesítése, kiváltása;
- ▶ a termelési folyamat, **technológia megváltoztatása**;
- ▶ a keletkezett használt és szennyezett **vizek visszaforgatása**, megfelelő kezeléssel;
- ▶ a szennyvíz **kezelése** a befogadóba való bevezetés előtt.

A szennyezés csökkentésének legradikálisabb eszközei a **termeléstechológiai megoldások**:

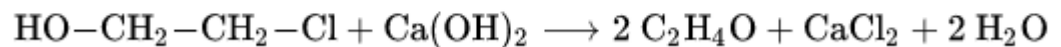
- ▶ vízkímélő technológiák (pl. zárt, visszaforgatásos hűtések, takaréköblítők),
- ▶ anyaghelyettesítő és visszanyerő technológiák (pl. ciánmentes galvánfürdők, öblítővíz újrahasznosítás, nehézfémek visszanyerése, hulladékpapír újrafelhasználása stb.)

Szennyezést csökkentő technológiai módosítás

- ▶ Cél: kevésbé káros hatású vagy könnyebben tisztítható vagy mennyiségileg kevesebb szennyezőanyag keletkezzen
- ▶ Szennyvízmentes technológia:
 - ▶ szuperfoszfát-gyártás (műtrágya) során keletkező fluorvegyületek szilárd leválasztása:
 - ▶ Fluor-apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) feltárása:
$$2 \text{Ca}_5(\text{PO}_4)\text{F} + 7 \text{H}_2\text{SO}_4 = 3 \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 7 \text{CaSO}_4 + 2 \text{HF}$$
 fluortartalmú savas szennyvíz
 - ▶ kénsav helyett salétromsavval -> nitrózus gázok keletkezése
 - ▶ NOx elnyelése víz helyett telített NaF oldattal → nem keletkezik savas szennyvíz, hanem közvetlenül Na_2SiF_6 + salétromsav, szennyvíz keletkezése nélkül, sav visszavezethető
 - ▶ Előnyök:
 - ▶ fluormentesítés, termék értékes anyag
 - ▶ szennyvíz nem keletkezik
 - ▶ NOx salétromsavként visszavezethető

Szennyezést csökkentő technológiai módosítás

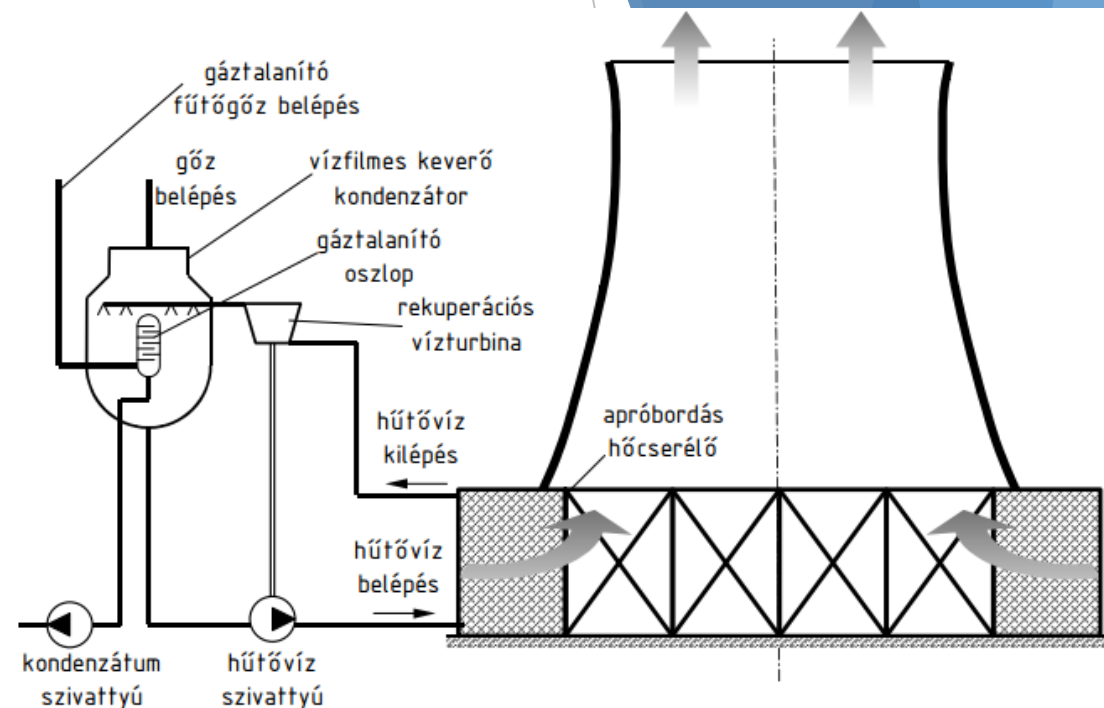
- ▶ Galvanizálásnál az öblítővíz ciántartalmának csökkentése:
 - ▶ a kiemelt munkadarabot lecsepegtetik a kád felett
 - ▶ a közbenső öblítőkádk tartalmához só adagolással -> fürdők feltöltése
- ▶ Elektrolitikus (ciános) zsírtalanítás helyett szerves oldószerek (triklór-etilén, CCl_4):
 - ▶ kevésbé káros anyag kerül kibocsátásra,
 - ▶ szerves oldószer visszanyerhető
- ▶ Vágóhidak száraz feldolgozás:
 - ▶ gőzös forrázás, bélmosás, vízhasználat nélkül
- ▶ Etilén-oxid oxidálása klór-hidrin helyett közvetlen oxidációval
 - ▶ klórigény megszűnt
 - ▶ 60 m³/t szennyvíz helyett 0,3 m³/t



Szennyezést csökkentő technológiai módosítás

Technológiai módosítás víztakarékossággal:

- ▶ Víz többszörös vagy ismételt, recirkuláltatott felhasználása:
 - ▶ vízfogyasztók sorba kapcsolása, ha nincs szennyeződés
 - ▶ minőségromlás ne legyen nagy (esetleges ülepítés, derítés)
 - ▶ recirkulációs hűtővíz rendszer
 - ▶ Heller-Forgó-féle léghűtő: zárt hűtővízkör, nincs vízvesztesség
- ▶ Nagy szennyvíz-mennyiség: nagy teher a tisztítónak, biz. technológiák töményebb vizekkel jobb hatásfokúak
- ▶ Egyszerűbb szennyvízkezeléssel is újból felhasználható a víz (pl. cukorgyári úsztatóvíz visszavezetése)



Értékes anyagok visszanyerése

Példák:

- ▶ Burgonya-feldolgozás szennyvizét baktériummal majd élesztőgombával fermentálják -> értékes élesztő kinyerése, emberi táplálékadalék (45% fehérjetartalom)
- ▶ Sok szénport tartalmazó szennyvíziszap égetése hőerőműben
- ▶ Savas pácolatok visszaforgatása, fémek visszanyerése:
 - ▶ réz elektrolízissel, kénsav egyidejű regenerálásával cementálás:
$$3\text{CuSO}_4 + 2\text{Fe} = 3\text{Cu} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$$
réziszap kiülepszik, víz réztartalom: 2000 mg/l->50 mg/l

A szennyezés csökkentésének technológiai lehetőségei

- ▶ A szennyvíz másodlagos anyag, amelyből nyerhető ki primer anyag, vagy energia.
- ▶ Előtisztítás nagyon fontos: ipari vizek -> csatornázhatóság biztosítása
- ▶ A szennyvízelvezetés magába foglalja a:
 - ▶ gyűjtés (csatornarendszer),
 - ▶ kezelés (tisztítás, előtisztítás),
 - ▶ elvezetés, illetve elhelyezés (befogadóba vezetés, hasznosítás, iszaplerakás stb.) teljes láncolatát.
- ▶ Legkritikusabb fázis az elhelyezés.
- ▶ Az ipari előkezelés szükséges műszaki megoldásainak támogatniuk kell a későbbi elhelyezési, hasznosítási lehetőségeket -> ipari előkezelés preventív

A szennyezés csökkentésének technológiai lehetőségei

- ▶ Ipari eredetű toxikus szennyvíz ellehetetlenítheti a városi szennyvíztisztítást.
- ▶ Mikroszennyezők biológiai tisztításra gyakorolt káros hatása.
- ▶ Tehát a tisztítás az elhelyezés módjától, ill. az érkező szennyvíz minőségétől függő célszerűen megválasztott technológiai elemek sorozata.
- ▶ Szennyvizek gyűjtése:
 - ▶ elválasztott rendszerű csatornák: csapadékvíz, szennyvíz külön vezetve, ipar esetében: szociális, csapadék és ipari szennyvíz külön
 - ▶ egyesített rendszerű csatornák

A szennyezés csökkentésének technológiai lehetőségei

Szennyvízátemelők

- ▶ régen csak gravitációs gyűjtés
- ▶ ma nyomócsövek, dugulásmentes szivattyúk -> regionális gyűjtés (pl. centrifugál szivattyú)
- ▶ **Csatornában** szaghatás: bomlás beindulása => tisztítótelepre a kénvegyületek agresszív formában érkeznek, nagy O_2 fogyasztás -> hatásfok-romlás
- ▶ pH, oldott O_2 szint befolyásolja a szaghatás megjelenését -> vegyszerek, erős oxidálószeres adagolása (oxigén, klórvegyületek, hidrogén-peroxid)
 - ▶ katalitikus,
 - ▶ tözegágyas (biológiai): adszorpció
 - ▶ kémiai szagtalanítók: erős oxidálószeres

Szennyvíztisztítás

- ▶ Biológiai szennyvíztisztítás
- ▶ Ipari szennyvizek tisztítása

Szennyvizek elhelyezése talajban

- ▶ A talaj öntisztuló képessége teszi lehetővé
- ▶ Talaj pórusai:
 - ▶ megkötik a lebegőanyagokat, kolloidokat, mikroorg-okat
 - ▶ talajkolloidok adszorbeálják a vizet, gázokat, ionokat, íz-, szaganyagokat
- ▶ Talajmikróbák aerob módon bontják a szerves anyagokat
- ▶ Végtermék: szervetlen sók, humusz
- ▶ Csatornázatlan településeken jelenleg is talajban helyezik el a szennyvizet
 - ▶ talajvízbe kerülve, szétszóródva ivóvízes kutakat szennyezhet =>
 - ▶ talajvízszint a szikkasztó alatt 1-1,5 m-rel

Szennyvizek elhelyezése talajban

- ▶ **Pozitívum:**
 - ▶ élővizek tehermentesítése
 - ▶ tápanyagok hasznosítása
- ▶ Előzetes ülepités a talajpórusok eltömésének megakadályozására
- ▶ Szükséges levegőztetés: időnkénti pihentetés
- ▶ Hígtrágya jellegű szennyvizek talajban való elhelyezése:
 - ▶ vízszennyezések elkerülése
 - ▶ ökológiai szempontból kedvező lenne
 - ▶ korábban kisgazdaságokban:
 - ▶ állatok táplálása helyben termesztett növényekkel
 - ▶ növények által felvett tápanyagot így lehetne pótolni
 - ▶ trágyával mikroorganizmusok, mikrotápanyagok visszajuttatása
 - ▶ növénytermesztés, állattenyésztés kettévált → megbomlott ökológiai egyensúly

Biológiai szennyvíztisztítás alapjai

- ▶ A lebontást végző szervezetek: baktériumok, gombák, algák, protozoa
- ▶ Növekedési feltételek:
 - ▶ elektron akceptor:
 - ▶ aerob biodegradáció: oldott O_2 (DO) a terminális elektron akceptor
 - ▶ anaerob körülmények: NO_3^- , SO_4^{2-} , stb.
 - ▶ nedvesség:
 - ▶ szennyvíztisztításnál nem probléma
 - ▶ talaj bioremediációnál: min. nedvesség tartalom a telítési 40%-a
 - ▶ hőmérséklet:
 - ▶ különböző mikroorganizmusoknak máshol van hőm. optimuma
 - ▶ pl. metanogén bakt-ok: 35°C-on 3 napos szaporodási ciklus, 10°C-on 50 nap

Biológiai szennyvíztisztítás alapjai

- ▶ A lebontást végző szervezetek: baktériumok, gombák, algák, protozoa
- ▶ **Növekedési feltételek:**
 - ▶ pH:
 - ▶ ált. szűk pH tartomány: pH 6-8
 - ▶ a tartományon kívül jelentős aktivitás csökkenés -> rendszer üzemeltetési probléma
 - ▶ tápanyagok:
 - ▶ szárazanyagra vonatkoztatva a bakt. sejtek összetétele:
 - ▶ 50% szén,
 - ▶ 20% oxigén,
 - ▶ 15% nitrogén,
 - ▶ 8% hidrogén,
 - ▶ 3% foszfor és
 - ▶ <1% S, K, Na, Ca, Fe, és Mg

Mikrobiális növekedés kinetikája ideális közegben

► Monod-kinetika:

$$\mu = \mu_{max} \frac{S}{S + K_S}$$

μ - fajlagos növekedési sebesség

μ_{max} - maximális fajlagos növekedési sebesség

heterotrófoké egy nagyságrenddel nagyobb, mint az autotrófoké

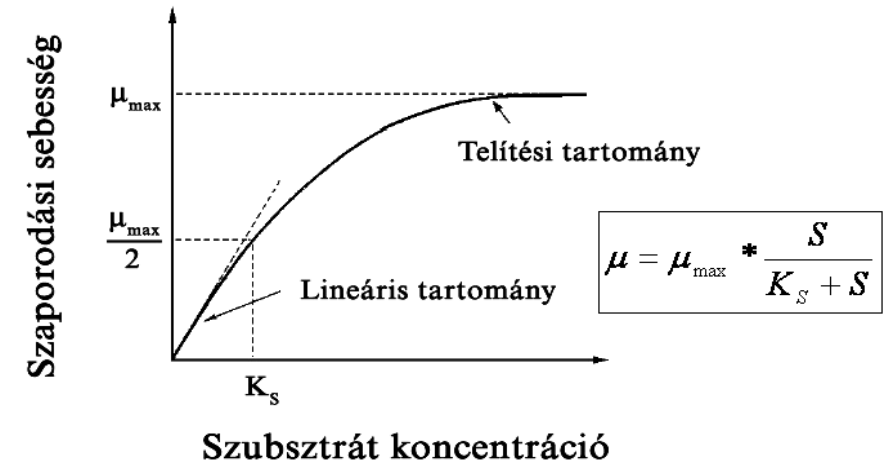
S - szubsztrát koncentráció

K_S - féltelítési állandó (az a tápanyag koncentráció, amelynél a fajlagos szaporodási sebesség a maximálisnak a felére csökken)

$$\frac{dX}{dt} = \mu_{max} \frac{S}{S + K_S} X$$

X - biomassa koncentráció a rendszerben

► Csak az adott faj meghatározó tápanyagát szemlélteti, mint limitáló tényezőt



Mikrobiális növekedés kinetikája ideális közegben

- ▶ **Monod-kinetika:**
- ▶ növekedési hozam együttható: (mikroorg. növekedés arányos a szubsztrát fogyasztással)

$$Y = \frac{dX/dt}{dS/dt}$$

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\mu_{max}}{Y} \frac{S}{S + K_S} X = q_{max} \frac{S}{S + K_S} X$$

$$q = q_{max} \frac{S}{S + K_S}$$

q_{max} - maximális szubsztrát hasznosítási sebesség = μ_{max}/Y

q - fajlagos szubsztrát hasznosítási sebesség:

$$q = \frac{dS}{dt} / X$$

Mikrobiális növekedés kinetikája ideális közegben

- ▶ **Mikrobiális elhalás és endogén respiráció:**
- ▶ Az energiaforrás egy része a mikroorg-ok metabolizmusának fenntartására fordítódik (aktív transzport, mozgás, stb.), nem új sejtanyag előállítására
- ▶ Ez a fenntartás endogén metabolizmussal is fedeződhet: a sejt egy része oxidálódik és biztosít energiát a fenntartásra
- ▶ Az elhalás elsőrendű reakció:

$$\text{Elhalási sebesség} = -K_d X$$

K_d - elhalási állandó

Nettó növekedés egy biol. rendszerben:

$$\frac{dX}{dt} = \mu_{max} \frac{S}{S + K_S} X - K_d X$$

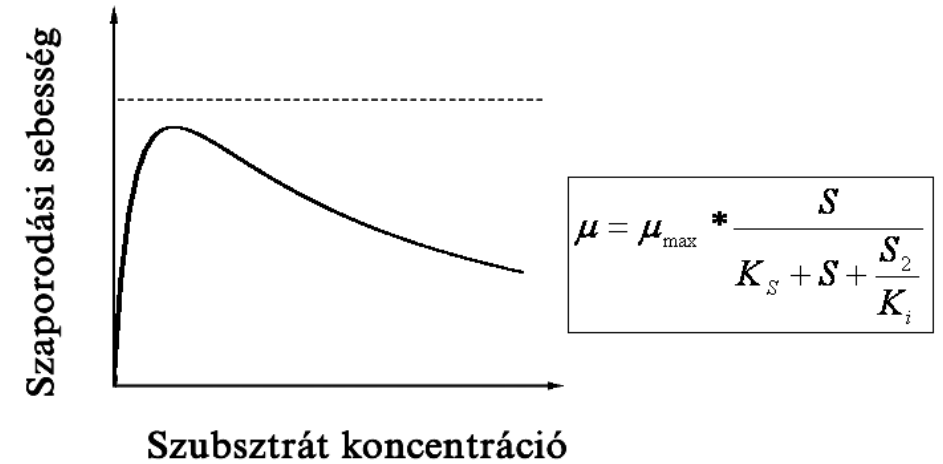
Mikrobiális növekedés kinetikája ideális közegben

- ▶ Mikrobiális növekedési kinetika inhibíciós közegben:
- ▶ Haldane-kinetika:
- ▶ a szennyvíz inhibíciós hatásait, toxicitását kell figyelembe venni
- ▶ lebonthatóság a szén-szén kötések jellegétől, a toxicitás pedig a heteroatomok jelenlététől, kötéstípusától is függ.

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

K_i - inhibíciós konstans (ettől függ, hogy a mérgező anyag koncentrációjának növekedésével milyen ütemben mérgeződik le a rendszer.

- ▶ heterotrófok a legellenállóbbak a környezet hatására, az autotrófok a legérzékenyebbek
- ▶ szubsztrát koncentráció nagyon fontos, ha elér egy küszöbértéket, a baktériumok elhalása irreverzibilis -> rendszer leállás



Mikrobiális növekedés kinetikája ideális közegben

- ▶ **Minimális szubsztrát koncentráció:**
- ▶ ha a szubsztrát konc. túl alacsony, nem tart fenn elégséges biológiát

$$\mu_{max} \frac{S_{min}}{S_{min} + K_S} X - K_d X = 0$$

$$S_{min} = \frac{K_S K_d}{\mu_{max} - K_d} \quad \text{vagy} \quad S_{min} = \frac{K_S K_d}{Y q_{max} - K_d}$$

S_{min} - minimális szubsztrát konc., ahol új biomassza keletkezése egyenlő az endogén respirációs veszteséggel

Mikrobiális növekedés kinetikája ideális közegben

▶ Szennyvíztisztítás matematikai leírása:

▶ Sok esetben első rendű egyenlettel írható le, feltételei:

- ▶ a szubsztrát relatíve alacsony koncentrációja
- ▶ a biomassa konc. állandósult állapotban van, állandónak tekinthető

$$\frac{dS}{dt} = \frac{q_{max}}{K_s} X S$$

$$\frac{dS}{dt} = k_1 S$$

$k_1 : Xq_{max}/K_s =$ elsőrendű biodegradációs sebességi áll.

$$S = S_0 e^{-k_1 t}$$

t : reakcióidő

S_0 : kezdeti szubsztrát konc.

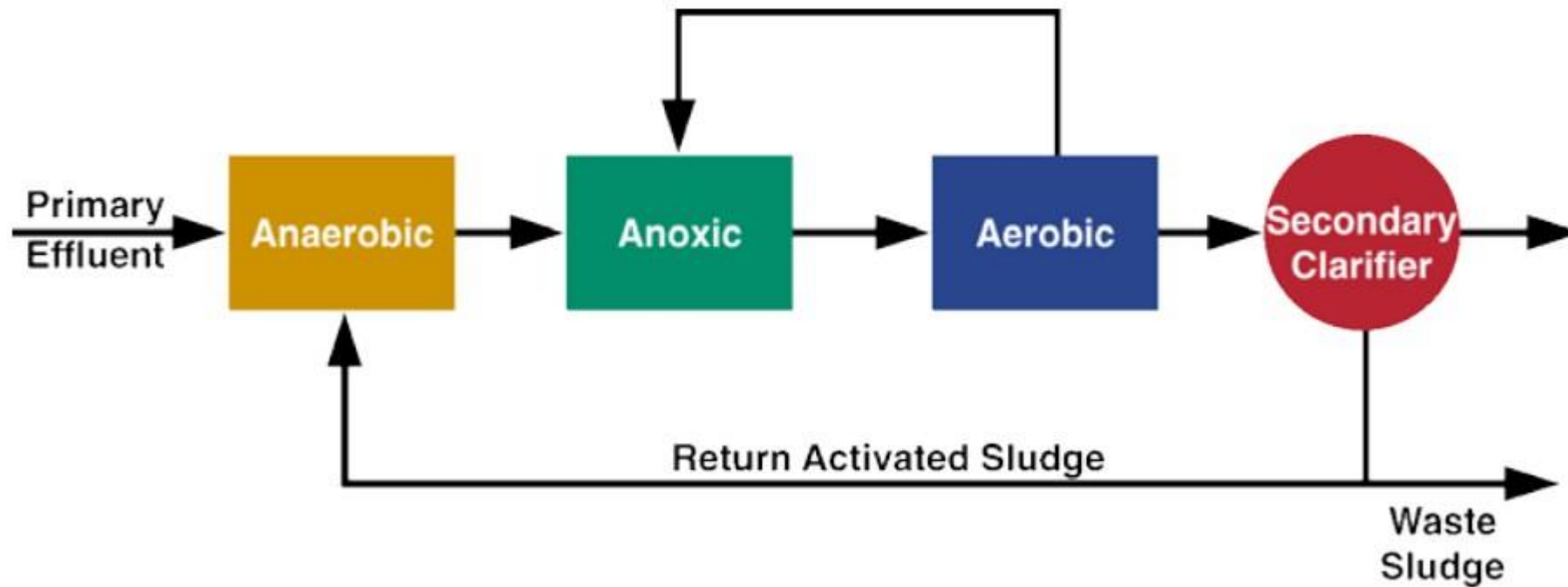
S : szubsztrát konc. t időpontban

Ha a szubsztrát konc $> K_s$ és X áll. : $\frac{dS}{dt} = q_{max} X$

▶ 0-ad rendű reakció: $S = S_0 - k_0 t$ (pl. glükóz, fenol, ftálsav, etanol, acetát esetében)

Továbbfejlesztett bioreaktorok, szennyvíztisztítási megoldások

A²O elrendezésű biológiai szennyvíztisztító



Függőleges tengelyű bioreaktor (Vertical Shaft Bioreactor (VSB))

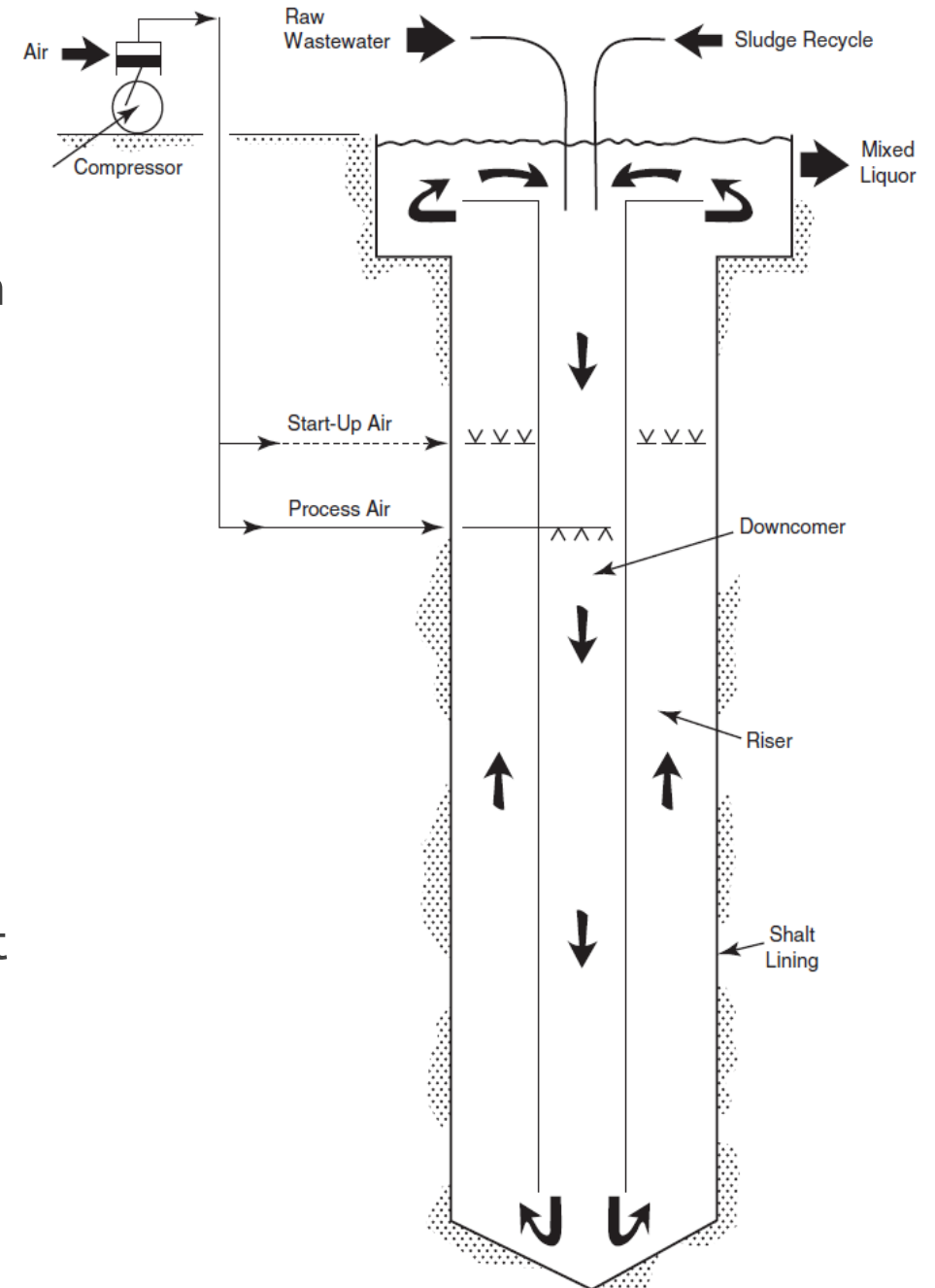
- ▶ nagysebességű eleveniszapos rendszer
- ▶ nagy F/M (food/microorganism): ~0,5-2 BOD₅/kg MLVSS/d
- ▶ magas mikroorg. koncentráció lehetséges (MLVSS: 5 000-10 000 mg/l)
- ▶ => kisebb térfogat, levegőztetés kell
- ▶ függőleges elrendezésű föld alatti reaktor (D: 0,75-6 m; mélység: 75-125 m)
- ▶ átlagos hidraulikus tartózkodási idő : ~60 min
- ▶ Két részre osztják:
 - ▶ lefelé menő ág (ejtőcső, downcomer)
 - ▶ felfelé menő ág (riser)



Fúró berendezés

Függőleges tengelyű bioreaktor (Vertical Shaft Bioreactor (VSB))

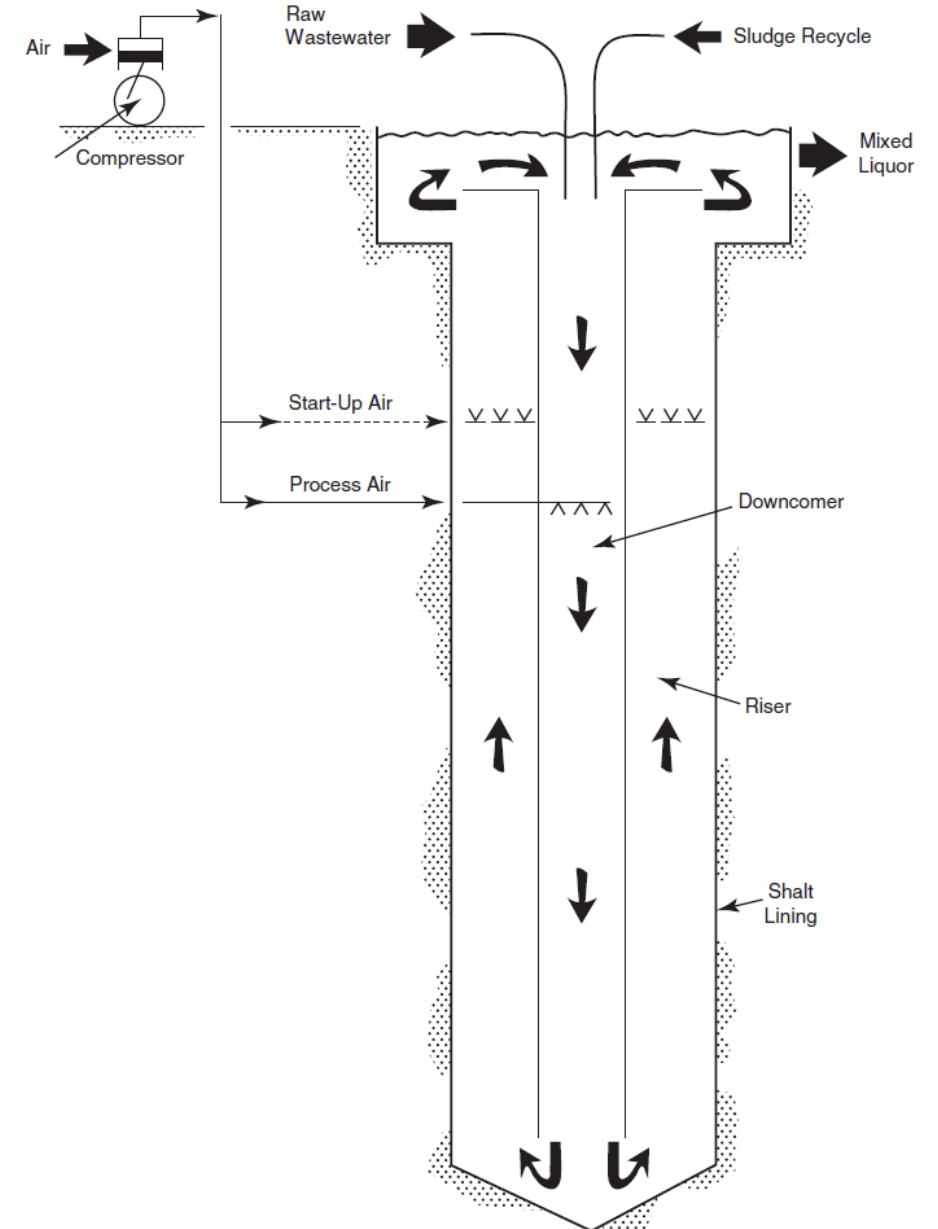
- ▶ előnye: nagy hidrosztatikus nyomás (15 atm)=> több oxigén oldható be, ami támogatja a nagy mikroorg. koncentrációt
- ▶ tovább érintkezik az O_2 -vel, nagyobb O_2 átadási hatékonyság
- ▶ nyers szennyvíz és recirk. iszap felül lép be
- ▶ elvétel felül
- ▶ nagy nyomású levegővel biztosítják az O_2 ellátást + ez áramoltatja a rendszert
- ▶ 0,9 and 1,5 m/s keringetési sebesség
- ▶ előkezelés: rácsok, szűrők (előülepítés nem szükséges)
- ▶ utókezelés: elfolyó iszapot flotálják (eleve jelenlévő oldott gázok miatt előnyös) vagy ülepítik
- ▶ eleveniszap nem különbözik a hagyományos eljárásokban ismerttől



Függőleges tengelyű bioreaktor (Vertical Shaft Bioreactor (VSB))

► Előnyök:

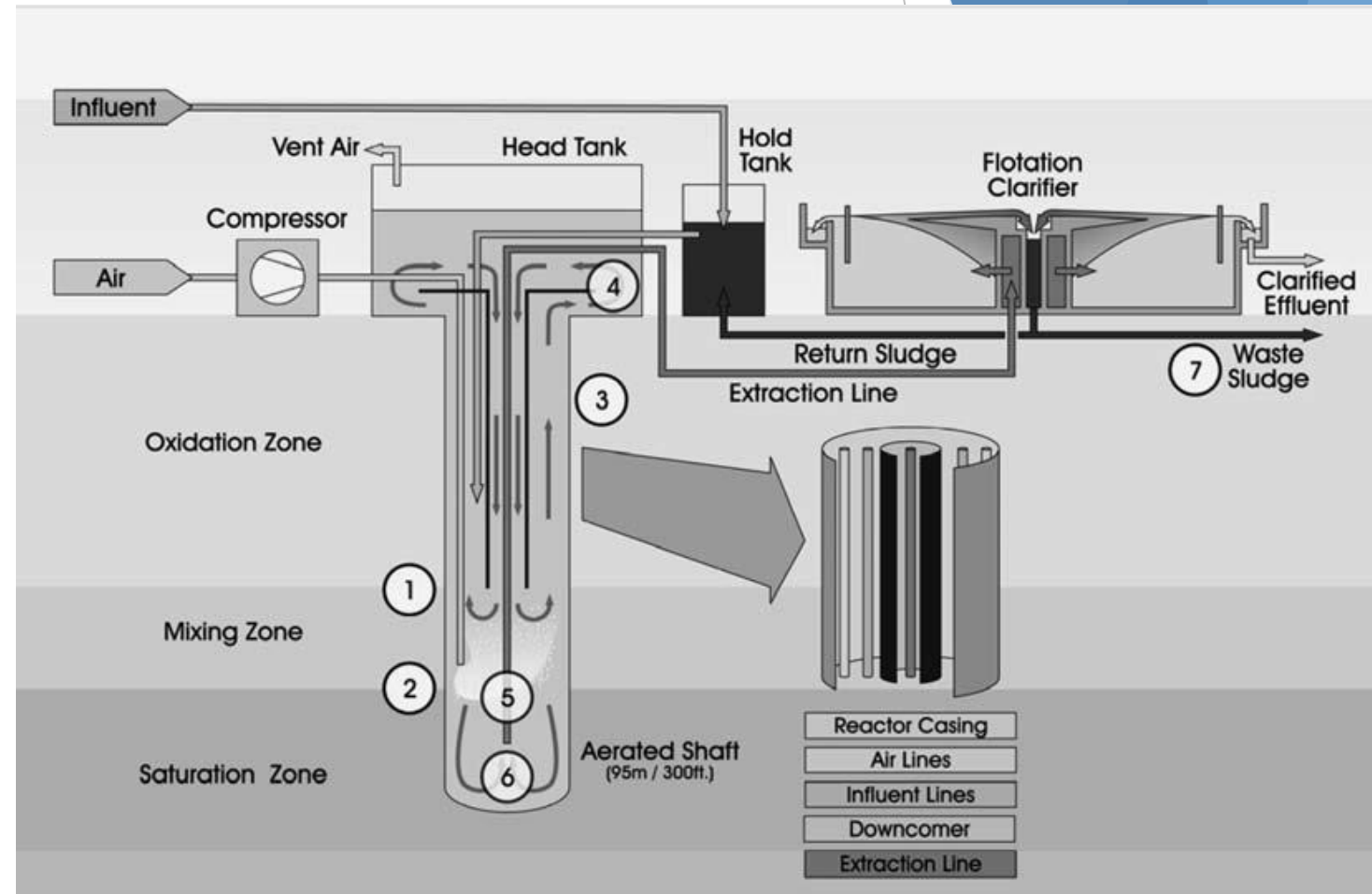
- több sikeres kommunális és ipari alkalmazás
- működési költségei alacsonyabbak a hagyományos levegőztetett rendszerekénél
- VOC emisszió minimális (hagyományosban: a befolyó 60%-a távozik)
- kompakt, kis helyigényű rendszer (<20%-a a hagyományosnak)
- nincs nyitott része: szaghatása kisebb, vizuálisan is kedvezőbb
- épület alá is helyezhető
- könnyen kezelhető, irányítható rendszer
- koncentrált és ingadozó befolyók is hatékonyan kezelhetők



Függőleges tengelyű bioreaktor (Vertical Shaft Bioreactor (VSB))

VERTREAT™

- ▶ oxidációs zóna: a reaktor felső része, középső koncentrikus cső az iszap keringetésre
- ▶ kevertetési zóna: levegő bevezetése
- ▶ végső tisztító zóna: oxigén telített zóna a reaktor alján
- ▶ levegőztetés a hagyományos 10%-a
- ▶ utólagos nitrifikációs szükséglet esetén is elég O_2 van az elfolyóban
- ▶ intenzív keveredés, $Re > 100\,000$



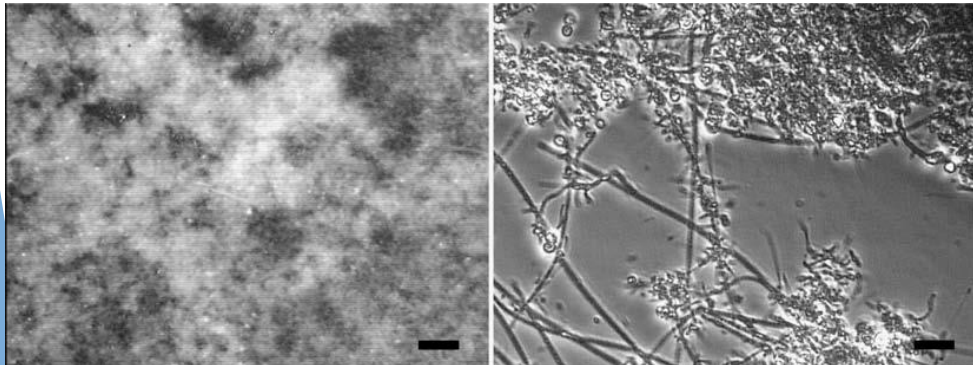
Aerob granulált iszap technológia (Aerobic Granulation Technology)

- ▶ iszap „szemcse”: immobilizált mikroorg. társulások különböző fajokkal, több millió mikroorg./g biomassa
- ▶ előnyei:
 - ▶ stabil, tömör mikroorg. szerkezet
 - ▶ jó ülepedési képesség
 - ▶ magas biomassa retenció
 - ▶ erős és hirtelen nagy szerves anyag „sokk” terheléseknek is ellenáll
- ▶ areob és anaerob rendszerben is granulálódik az iszap
 - ▶ anaerob régóta ismert: hátrányai:
 - ▶ hosszú felfutási idő (2-8 hónap),
 - ▶ magas hőmérséklet
 - ▶ kisebb terhelésű szennyvizekre alkalmatlan
 - ▶ ezek kiküszöbölésére: aerob granulált iszapos rendszer

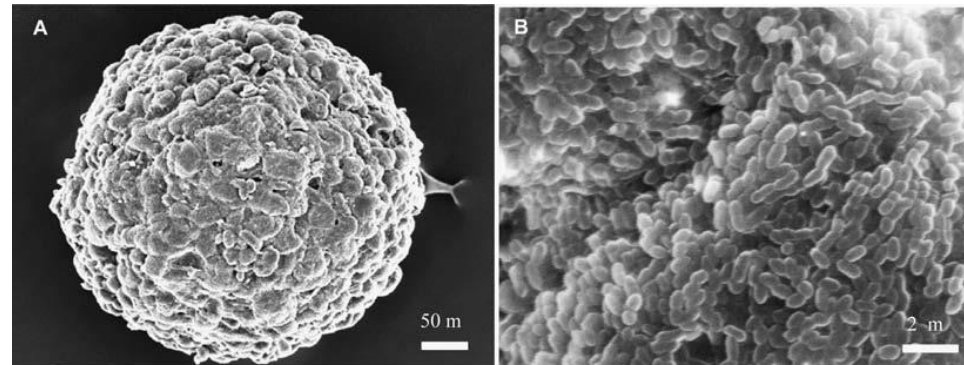
Aerob granulált iszap technológia (Aerobic Granulation Technology)

▶ Aerob szemcsék:

- ▶ átmérő: 2-8 mm
- ▶ jó ülepezhetőség
- ▶ alkalmazható nagy terhelés, szén és N eltávolítás és toxikus szennyvíz tisztítására

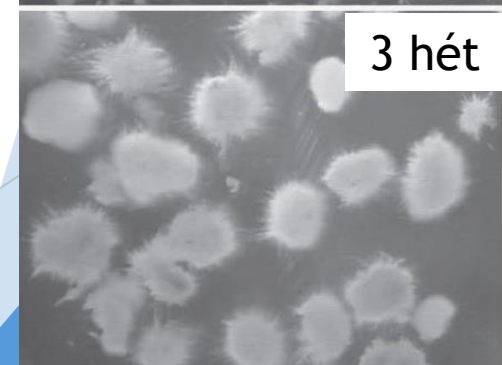
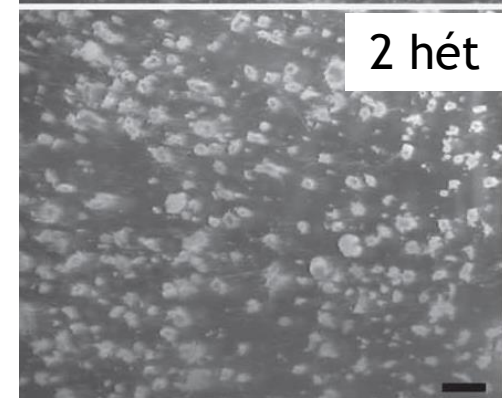
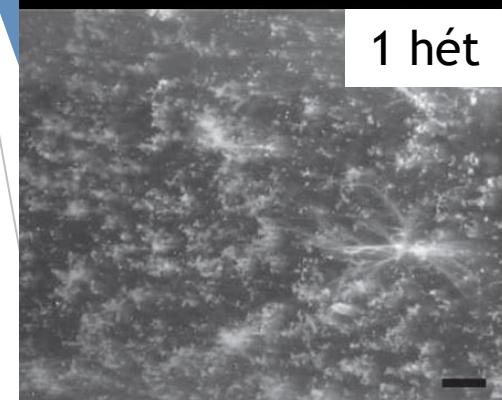


hagyományos iszap



granulált iszap

granulált iszap



Aerob granulált iszap technológia (Aerobic Granulation Technology)

▶ Befolyásoló paraméterek:

▶ szubsztrát összetétel:

- ▶ képződés érzéketlen a tápanyag minőségére (glükóz, acetát, etanol, fenol, szintetikus szennyvíz)
- ▶ szemcsestruktúra és összetétel függ a tápanyagtól (glükóz-fonalas struktúra, acetát-fonalmentes, kompakt gömbök)

▶ szerves anyag terhelés

- ▶ széles tartomány kedvező a képződésükhöz: 2,5 to 15 kg KOI/m³
- ▶ szerkezet különbözik: szemcse méret nő a terheléssel, szerkezet lazább lesz (növekedési sebesség nő -> széteső szemcsék)

▶ hidrodinamikus nyíróerők:

- ▶ nagy nyíróerő kedvez a képződésnek, kerek, kompakt szemcsék
- ▶ extracelluláris poliszcharid képződésnek, kiválasztásnak is kedvez -> összetapadás, tömörülés

Aerob granulált iszap technológia (Aerobic Granulation Technology)

▶ Befolyásoló paraméterek:

▶ Ca ion a betáplálásban:

- ▶ Ca^{2+} , Mg^{2+} , and Fe^{2+} semlegesítik a baktériumok sejtfelületén a negatív töltéseket → erős van der Waals erők összetartják a sejteket
- ▶ Ca^{2+} hozzáadása gyorsítja a granulálódást (jobb ülepedési képesség)

▶ reaktor konfiguráció:

- ▶ oszlopos feláramlású reaktorok, nagy magasság/átmérő aránnyal, körkörös áramlással, nagyobb nyíróerőkkel kedvezőbb

▶ oldott O_2 :

- ▶ nem döntően fontos a kialakulásban

Aerob granulált iszap technológia (Aerobic Granulation Technology)

▶ Szemcsék jellemzői:

▶ morfológia:

- ▶ a gömbszerű forma szabályossága a nyíróerőktől függ
- ▶ átmérő változik pl. a terhelés hatására

▶ ülepidhetőség:

- ▶ jobban ülepidhető a hagyományos flokkulátumoknál (kisebb SVI)
- ▶ mérettől függ
- ▶ kisebb ülepidő is elégséges
- ▶ ülepedési sebesség >30 m/h: 3-szor nagyobb a hagyományos flokkoknál

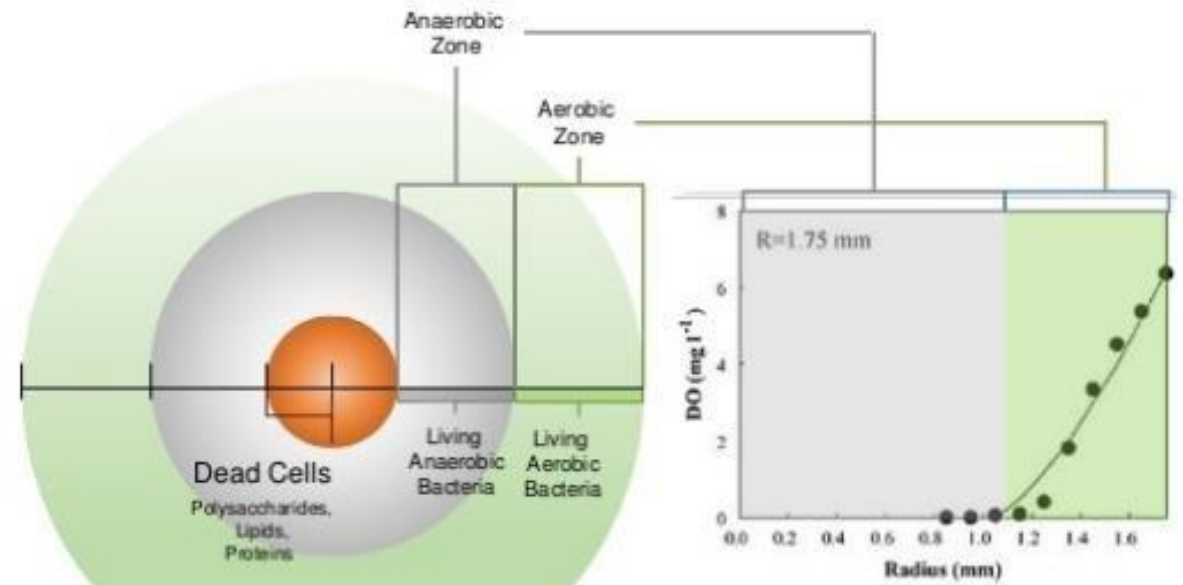
Aerob granulált iszap technológia (Aerobic Granulation Technology)

- ▶ Szemcsék jellemzői:
 - ▶ sűrűség, szilárdság:
 - ▶ rázás hatására sem esnek szét
 - ▶ hidrofobitás:
 - ▶ sejtfelszín hidrofobitása magasabb a hagyományosnál
 - ▶ fontos a granulálódás szempontjából
 - ▶ tárolási stabilitás
 - ▶ 60%-os csökkenés a mikrobiális aktivitásban 4 hónap után 4°C-on tárolás esetén → stabilak

Aerob granulált iszap technológia (Aerobic Granulation Technology)

► Réteges szerkezet

- obligát aerob ammónium-oxidáló *Nitrosomonas* 70-100 μm -re a felülettől
- csatornák vezetnek a belsejébe egész 900 μm -ig: oxigén, tápanyag bejutása, metabolitok kijutása
- poliszacharid képződés 400 μm környékén a legnagyobb
- anaerob *Bacteroides* legbelül (800-900 μm)
- elhalt réteg 800-1000 μm környékén
- aerob szennyvíztisztításhoz kisebb szemcsék kellene (fajlagosan több aerob faj a felületen)



Aerob granulált iszap technológia (Aerobic Granulation Technology)

- ▶ Mikroba diverzitás:
 - ▶ függ a tápanyagtól
 - ▶ az iszap érésével változik (adaptáció)
- ▶ Alkalmazási területek:
 - ▶ nagy szerves anyag tartalmú „erős” szennyvíz
 - ▶ fenolos szennyvizek
 - ▶ fenol inhibíciós hatásának ellenáll
 - ▶ nehézfémek bioszorpciója
 - ▶ nagy felület, porozitás
 - ▶ könnyű utólagos elválasztás

Membrán-bioreaktorok (MBR)

- ▶ **Bioreaktor** (fermentációs, bio-oxidációs, nitrifikációs, denitrifikációs, stb.) + **membránszűrő** a szilárd-folyadék elválasztásra
- ▶ Előkezelésre is használható a csatornabírság elkerülésére
- ▶ A membrán:
 - ▶ pórusos, vagy pórusmentes szűrőközeg
 - ▶ lehet ionos, vagy nem ionos
 - ▶ bizonyos anyagokat átenged a membrán anyagán, a többit visszatartja
 - ▶ leggyakoribb alkalmazás:
 - ▶ víztisztítás, szennyvíztisztítás,
 - ▶ gyógyszeripari folyadékáramok tisztítása, újrahasználata,
 - ▶ finomkémiai ipari alkalmazások,
 - ▶ élelmiszeripar, stb.

Membrán-bioreaktorok (MBR)

▶ Membránszűrés fajtái:

▶ mikroszűrés:

- ▶ nyomáskülönbségen alapul (transzmembrán nyomáskülönbség (TMP)= 1-2 bar)
- ▶ 0,08 - 10 μm közötti szil. részecskék kiszűrésére
- ▶ szűrőlepeny alakulhat ki

▶ ultraszűrés:

- ▶ nyomáskülönbségen alapul (TMP = 1-7 bar)
- ▶ 0,01-0,1 μm közötti makromolekulák kiszűrésére
- ▶ makromolekuláris réteg alakul ki a membránon: hidraulikus ellenállást okoz

▶ nanoszűrés:

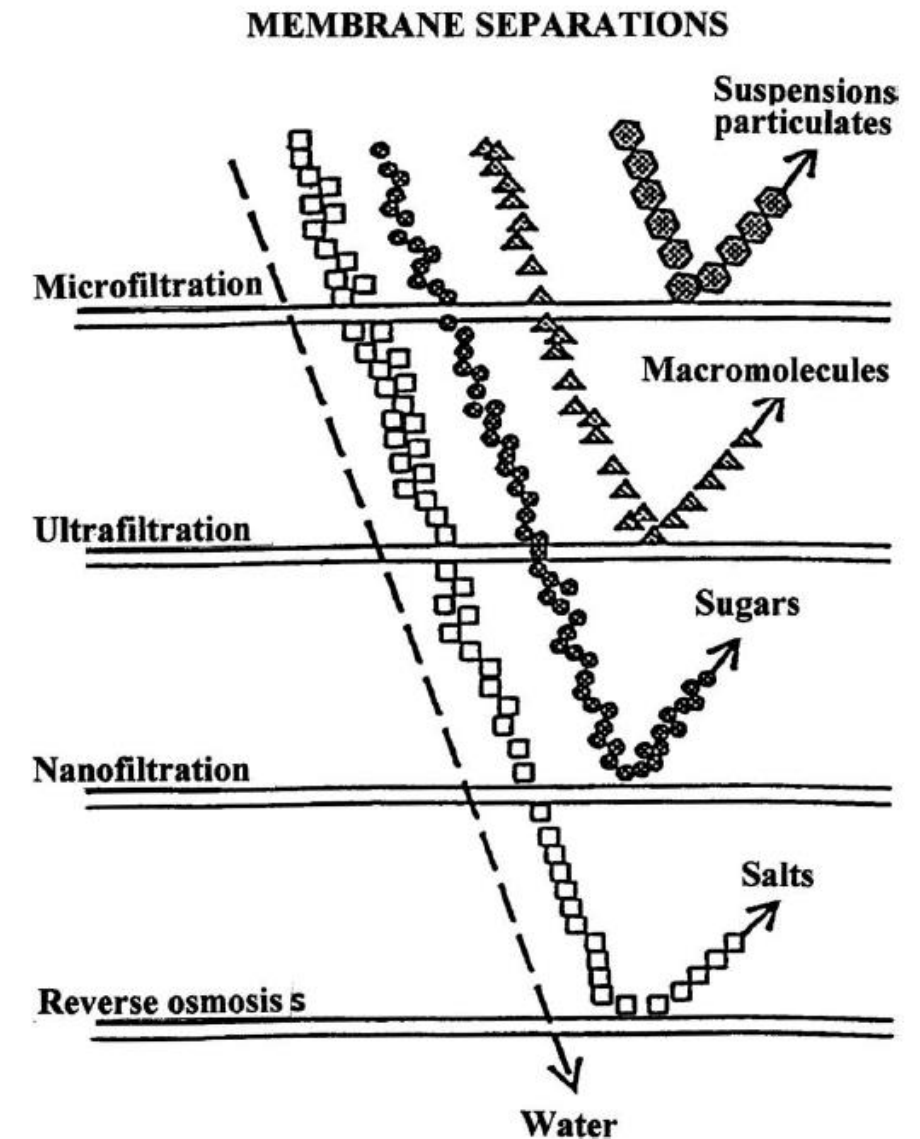
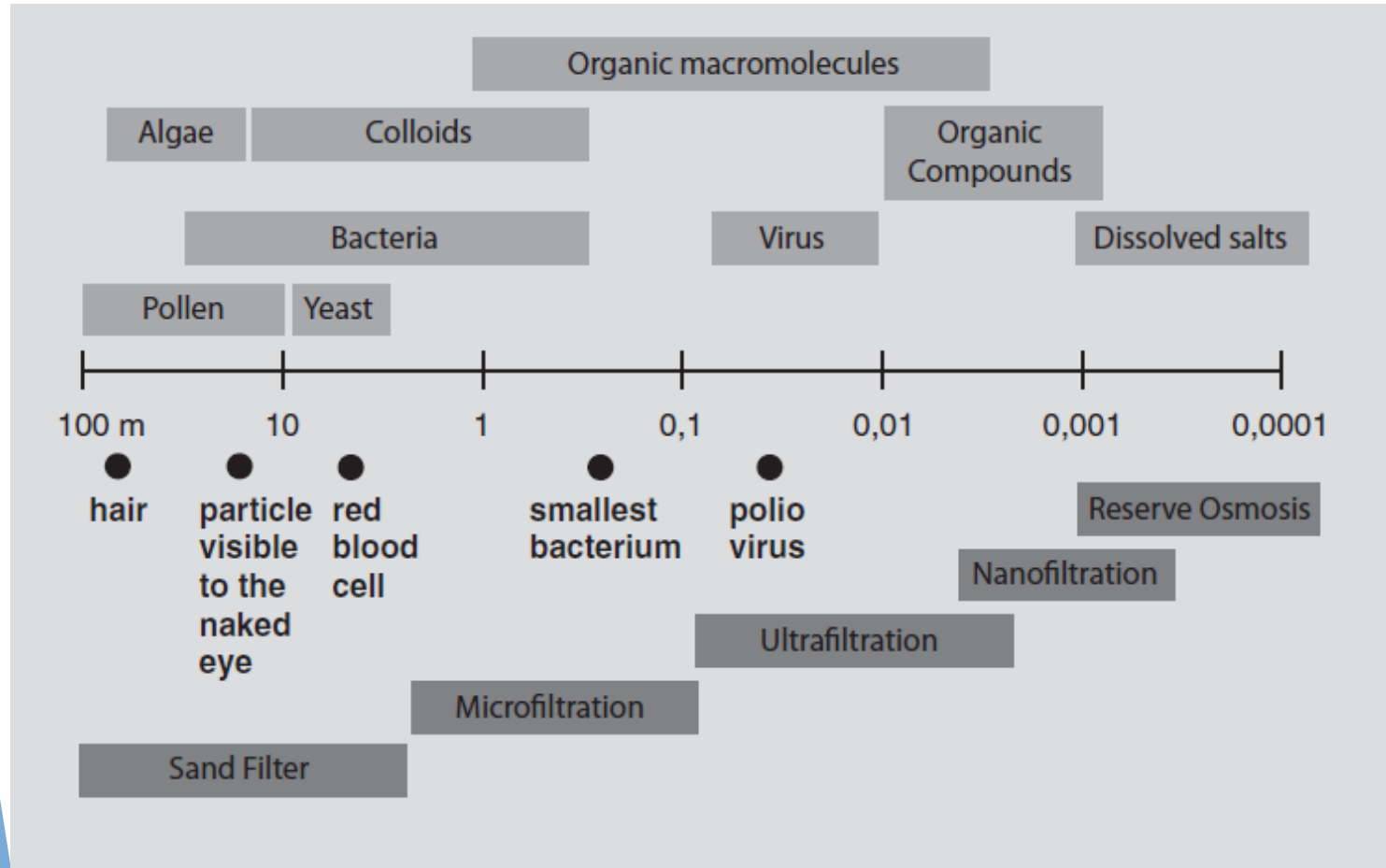
- ▶ nyomáskülönbségen alapul (TMP = ~14 bar)
- ▶ általában többrétegű kompozit membránok
- ▶ 0,0005 - 0,007 μm közti molekulák (pl. cukrok) és többértékű sók visszatartására (pl. MgSO_4)
- ▶ egyértékű sók (pl. NaCl) átjutnak a membránon
- ▶ diffuzivitás, ionos töltés is szerepet játszik az elválasztásban

Membrán-bioreaktorok (MBR)

- ▶ Membránszűrés fajtái:
 - ▶ reverz ozmózis:
 - ▶ főleg cellulóz acetát membránok
 - ▶ 5 - 20 Å pórusméret
 - ▶ sók (~98%-os) és szerves molekulák (~100%-os) visszatartására
 - ▶ TMP= 20-50 bar
 - ▶ hajtóerő: kémiai potenciál különbség, ebben az esetben ozmózisnyomás különbség
 - ▶ 0,00025 - 0,003 µm méretű molekulák, sók visszatartása
 - ▶ elektrodialízis:
 - ▶ elektromos töltés, áram a hajtóerő
 - ▶ 0,00025 - 0,08 µm méretű, ionos oldatok elválasztása
 - ▶ (pervaporáció,
 - ▶ gőzpermeáció,
 - ▶ gázszeperáció)

Membrán-bioreaktorok (MBR)

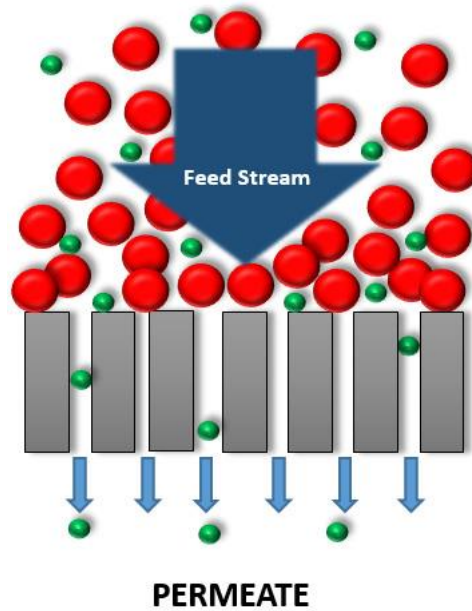
► Méret szerinti elválasztás membránnal:



Membrán-bioreaktorok (MBR)

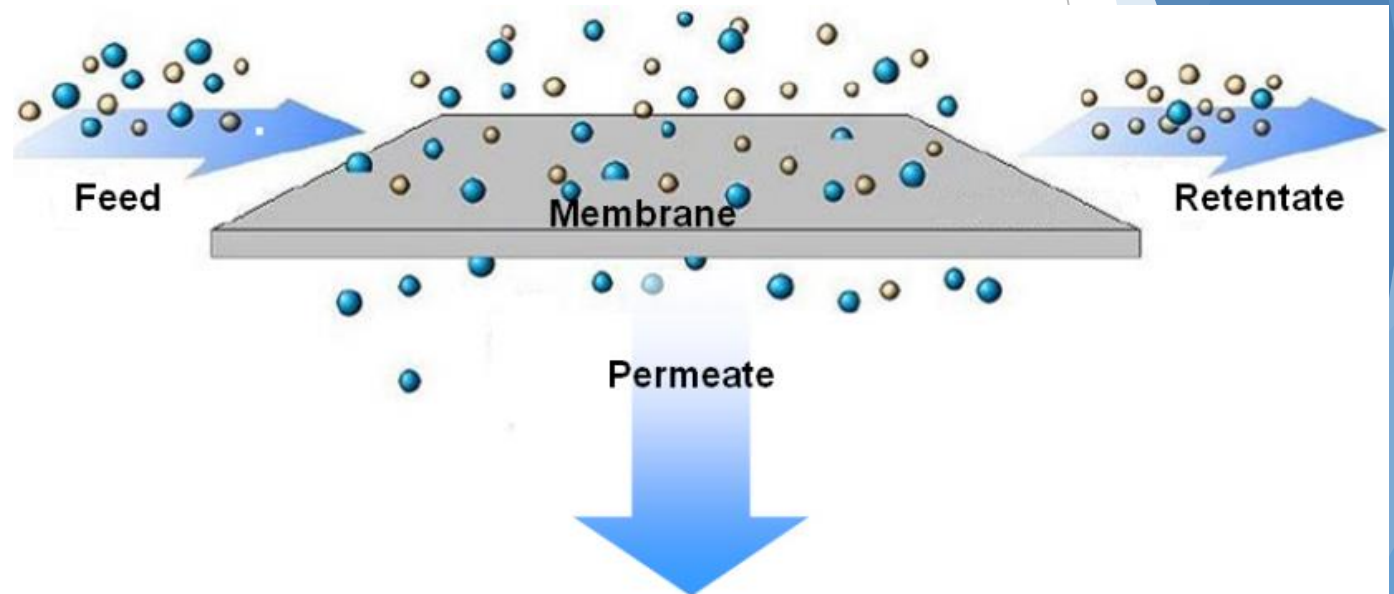
► Membránszűrés

Dead-end szűrés



Dead-end Filtration
(Low permeate rate)

Cross-flow (keresztáramú) szűrés



Membrán-bioreaktorok (MBR)

▶ Fiziko-kémiai előkezelés:

- ▶ a membránok eltömődnek → fluxus csökkenés → vegyszeres tisztítás, vagy membráncsere
- ▶ előkezelés meghosszabbítja a membrán élettartamát
- ▶ fajtái: pH beállítás, koaguláció, derítés, előszűrés
- ▶ szennyvíz esetén így nem kifizetődő az MBR

▶ Biológiai előkezelés:

- ▶ eleveniszapos, csepegtetőtestes, fluidizált ágyas, forgó kontaktoros technológiáknál általában ülepitének vagy flotálnak
- ▶ MBR esetén a membránnal:
 - ▶ szil-foly. elválasztás
 - ▶ iszap recirkuláció
 - ▶ tercier tisztítás: csíráatlanítás, tápanyag-, fém-, toxikus szerves szennyező eltávolítás
- ▶ biológiai folyamatok olcsóbbak: folyamatos üzem, kontrollálhatók (anaerob, aerob, anoxikus)

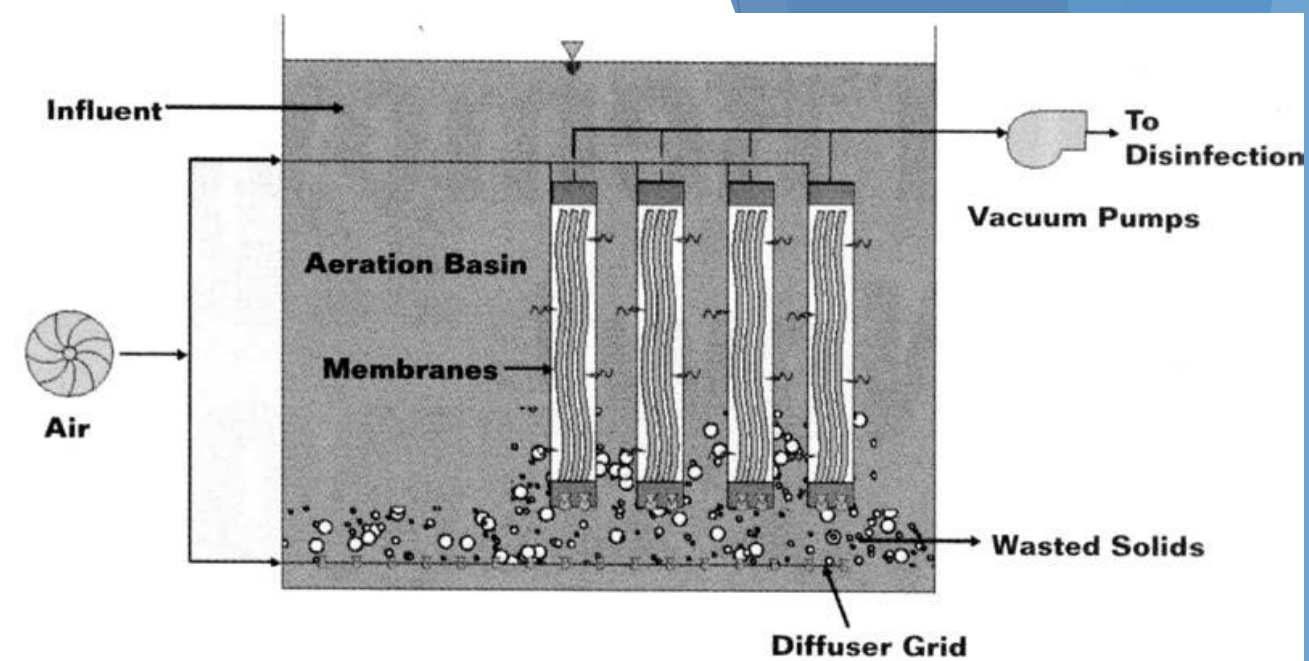
Membrán-bioreaktorok (MBR)

► MBR előnyei:

- a teljes szil.-foly. elválasztás lehetővé teszi nagyobb iszapkoncentráció alkalmazását => rövidebb tartózkodási idő, kisebb reaktor
- tiszta elfolyót produkál, nem számít az iszap ülepíthetősége
- nitrogén eltávolítás is lehetséges időszakos levegőztetéssel

► Bemerülő membrános MBR jellemzői:

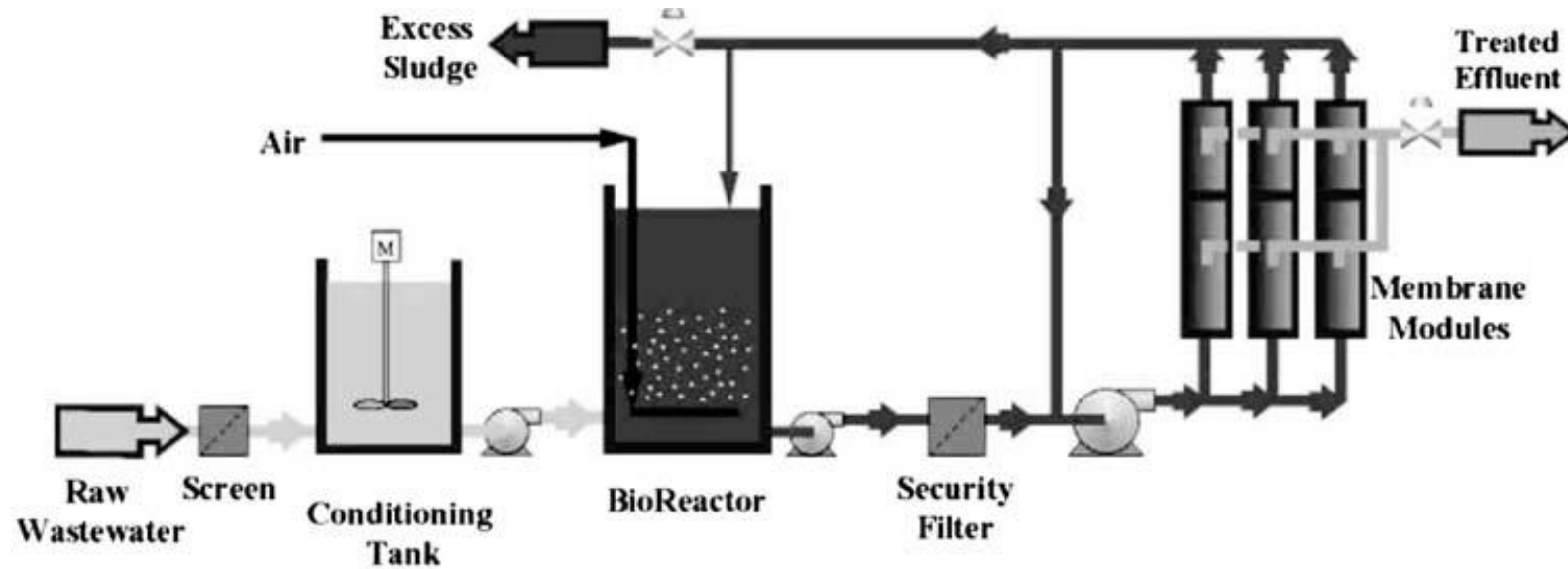
- ugyanaz a biol. tisztítás, mint a hagyományos eleveniszapos rendszeren, de harmadlagos tisztítást kevesebb berendezéssel, technológiai lépcsővel éri el
- levegőztetés, ülepedés, membránszűrés egy reaktorban
- membránmodulok (csőkötegek) a reaktorba merítve
- levegőztetés: O_2 ellátás + membrán tisztítás
- visszamosásos tisztítás



Membrane bioreactors combine activated sludge with membrane filtration to accomplish biological treatment, secondary clarification, and filtration in a single tank.

Membrán-bioreaktorok (MBR)

- ▶ MBR külső membránszűréssel:
 - ▶ rácsszűrt befolyó a levegőztetett reaktorba, esetleges N-eltávolítás
 - ▶ membránszűrés: permeátum: elfolyó, retentátum: recirk. iszap, vagy fölösiszap
 - ▶ iszap teljes visszatartása miatt a HRT, SRT (60-100 nap) pontosan szabályozható



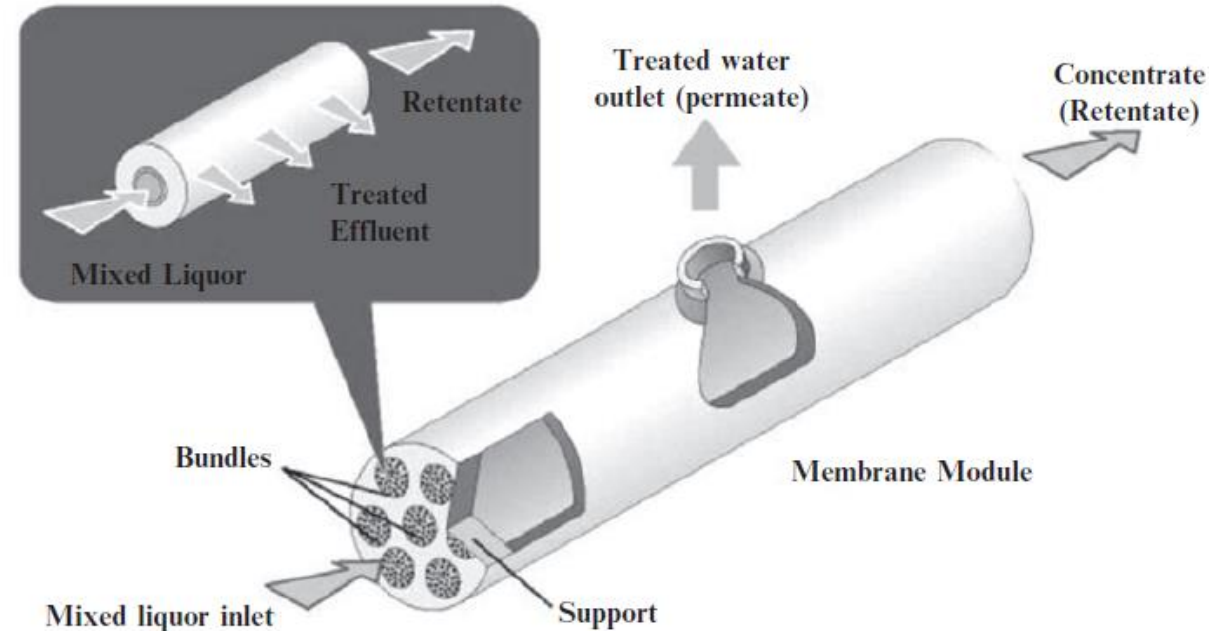
Membrán-bioreaktorok (MBR)

► MBR külső membránszűréssel

► Előnyei:

- jó minőségű, baktériummentes elfolyó
- nagy KOI terhelés lehetséges
- magas iszapkonc. (10 000-20 000 mg/l MLVSS)
- hatékony O₂ átadás
- magas iszapkor (30-100 nap)
- 35-45%-kal kevesebb fölösizap termelődik
- lassú szaporodású mikroorg-ok növekedésének támogatása
- nem számít a fonalasodás, ülepíthetőség

Cross-flow (keresztáramú) membránszűrés



Membrán-bioreaktorok (MBR)

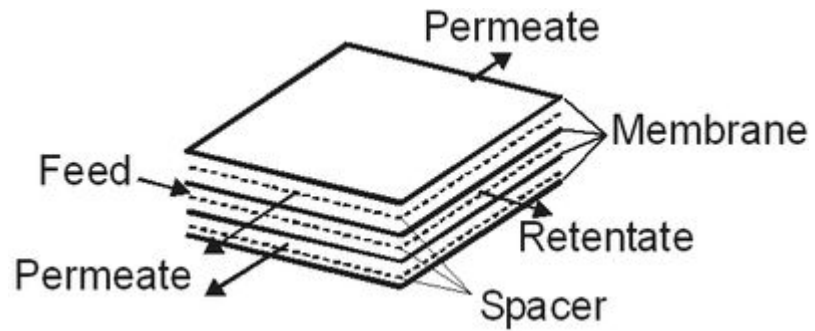
- ▶ Kerámia membránok:
 - ▶ magas korrózió-ellenállás
 - ▶ hatékonyabb tisztíthatóság
 - ▶ nem tömődik el olyan könnyen
- ▶ Variálható pórusméretű membránok MF, UF tartományban
- ▶ Helyben tisztíthatóak (keresztáramú szűrés, visszamosás)
- ▶ Legfontosabb membrán jellemzők:
 - ▶ fluxus: $\text{kg/m}^2\text{h}$
 - ▶ TMP
 - ▶ áramlási sebesség (turbulencia, anyagátadás)
 - ▶ hőmérséklet (viszkozitás, sűrűség, diffuzivitás, felületi feszültség, stb.)
 - ▶ betáp áram sajátosságai (koncentráció, molekulaméret, viszkozitás, stb.)
 - ▶ membrán sajátosságok (ellenállóság, anyag, pórusméret, töltés, stb.)
 - ▶ visszatartás: elválasztás mértéke

Membrán-bioreaktorok (MBR)

- ▶ Membrán ellenállóság:
 - ▶ pH
 - ▶ nyomás
 - ▶ hőmérséklet
 - ▶ tisztítás
 - ▶ eltömődés
- ▶ Anyaguk lehet:
 - ▶ szervesetlen anyagok: Al, Zr-szén kompozit, szén-szén kompozit, kerámia, rozsdamentes acél
 - ▶ természetes, szintetikus polimerek: PP, polikarbonátok, poliszulfon, PVC, cellulóz-észter, CA, stb.
- ▶ Modul kialakítások (fajlagos felület különbségek):
 - ▶ csőköteges,
 - ▶ spiráltekerecs
 - ▶ üreges-szál
 - ▶ keretes

Membrán-bioreaktorok (MBR)

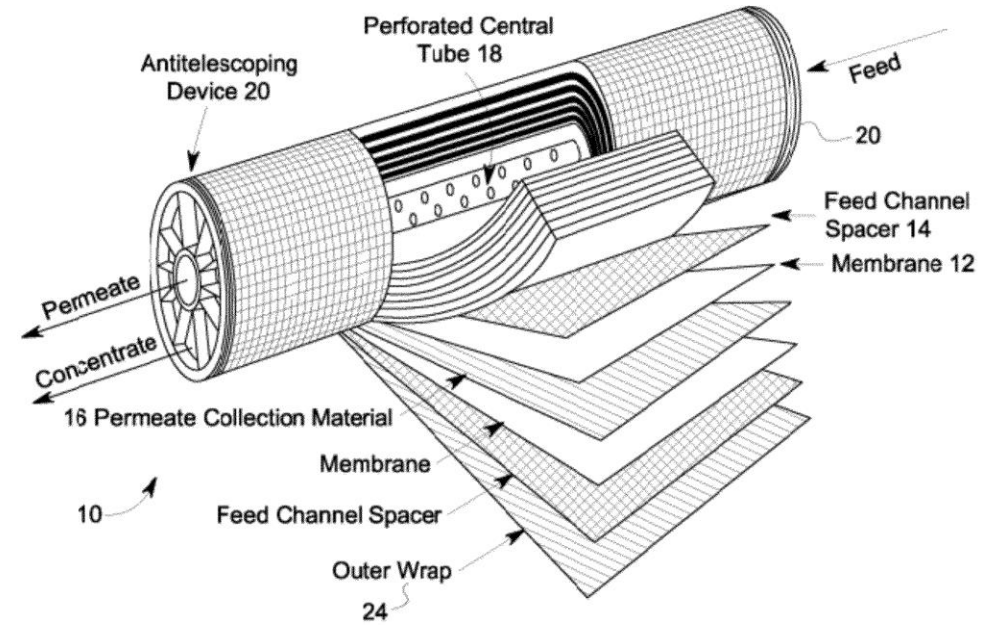
Keretes modul (plate and frame)



Üreges szál modul (hollow fibre)



Spiráltekercs modul (spiral wound)



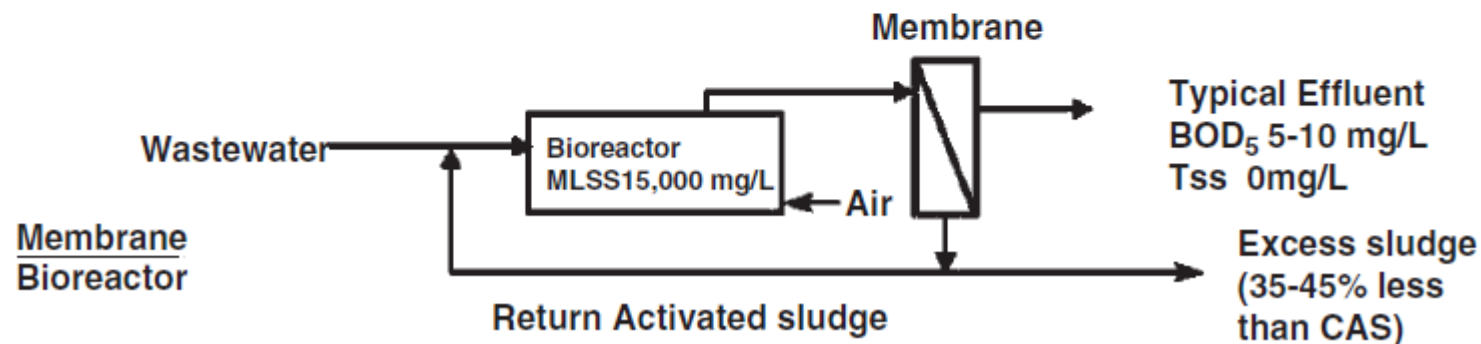
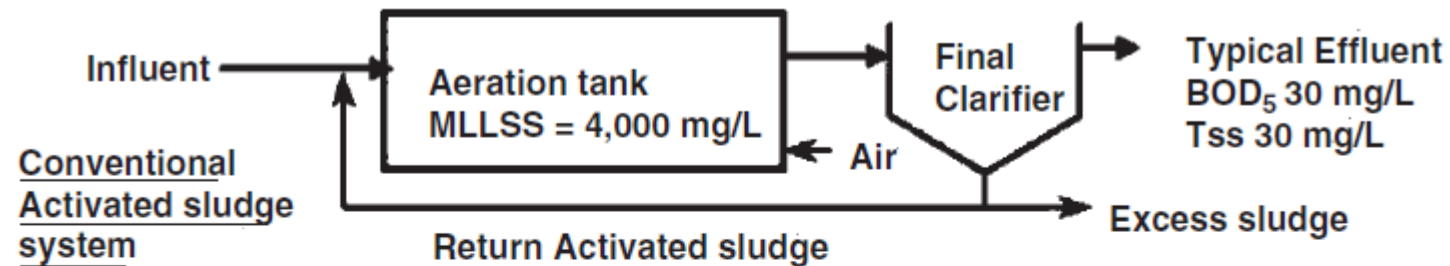
Csőköteges modul (tubular)



Membrán-bioreaktorok (MBR)

- Összehasonlítva a hagyományos eleveniszapos tisztítással:

Dairy application	CAS	MBR
WW flow (m ³ /day)	600	600
Influent COD (mg/L)	5,000	5,000
Influent BOD ₅ (mg/L)	3,000	3,000
BOD ₅ (kg/day)	1,800	1,800
Recycle of treated effluent (m ³ /day)	0	400
Aeration volume (m ³)	4,500	600
Total floor space requirement (m ²)	1,300	260
Effluent COD (mg/L)	90	30
Effluent BOD ₅ (mg/L)	30	5
Effluent TSS (mg/L)	30	0



Membrán-bioreaktorok (MBR)

▶ Hátrány:

- ▶ Üzemeltetési költsége magasabb
- ▶ Kivéve: víz újrahasználat esetén. Ekkor az MBR gazdaságosabb, mert nem kell további tisztítás, ami eleveniszapos rendszer esetén szükséges lenne

▶ Felhasználási terület:

- ▶ vegyi üzemek, petrokkémia, gyógyszeripar, finomkémia, kozmetikai ipar, tejipar, papíripar, csurgalékvíz tisztítás
- ▶ alapvetően kisebb térfogatáramú, szennyezettebb szennyvizek esetén gazdaságos

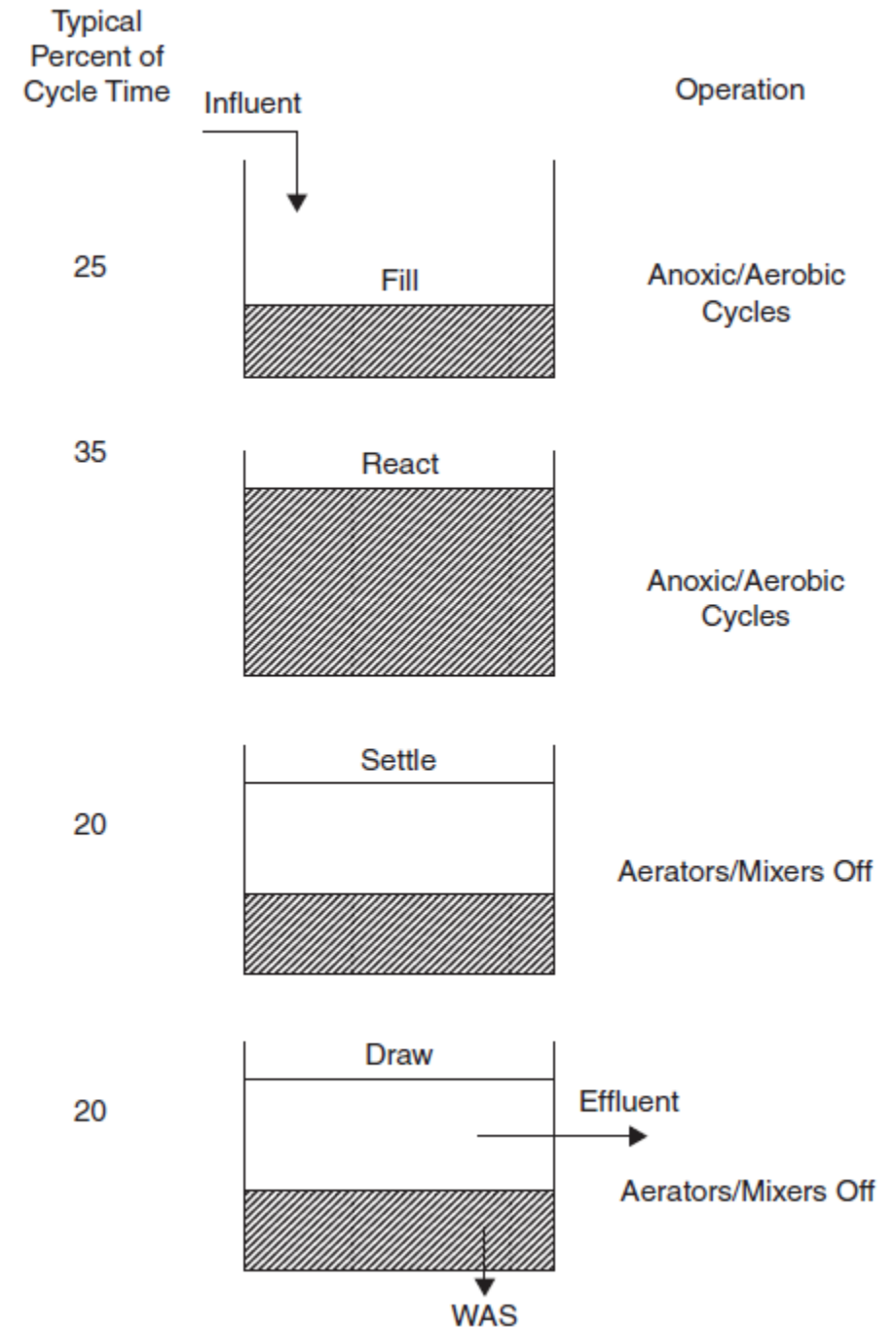
SBR rendszer (Sequencing Batch Reactor)

► Ciklikus üzemű rendszer:

- a levegőztetés, az ülepités váltakozó megvalósítása egyetlen medencében, vagy párhuzamos egységekből kiépített medencesornál
- eleveniszapos rendszer, amelyben a funkciók időben váltakoznak hely helyett

► Üzemeltetés:

- Betöltés: opcionális keverés, levegőztetés
- Reakció: keveréssel és/vagy levegőztetéssel
- Ülepítés: hagyományos ülepités
- Leengedés: dekantálás
- Várakozás: több párhuzamos SBR rendszer esetén, az újratöltésig eltelt idő



SBR rendszer (Sequencing Batch Reactor)

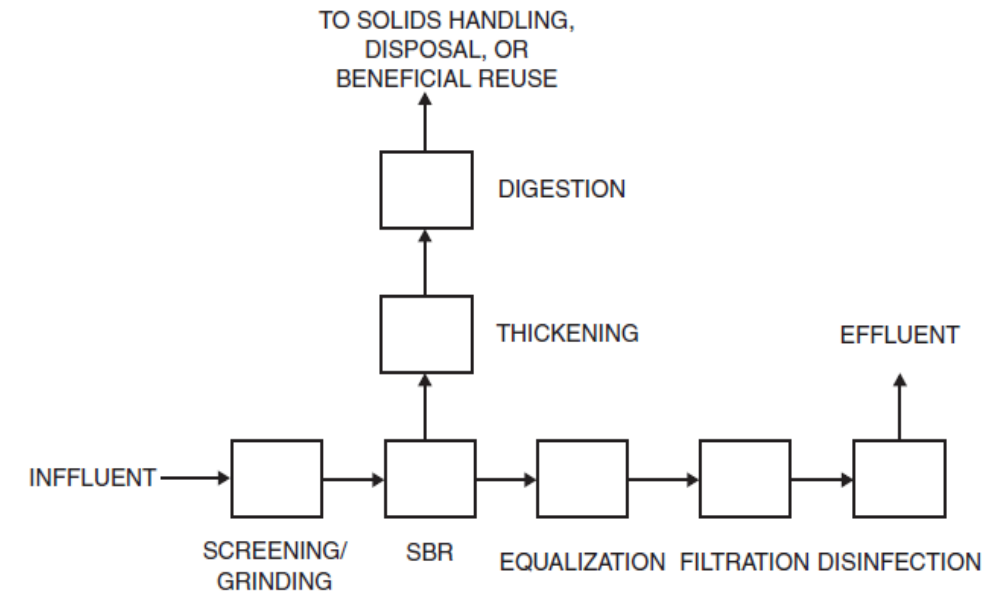
- ▶ Elő-, utó-, szimultán denitrifikáció is lehetséges
 - ▶ elő~: ülepítés, dekantálás után friss szennyvíz a rendszerbe, még nincs levegőztetés
 - ▶ ezután vagy anaerob P-eltávolítás, vagy levegőztetett ammónia, C-eltávolítás
 - ▶ levegőztetés közben is lehet denitrifikáció DO, keverés függvényében
 - ▶ utó~: levegőztetés kikapcsolása után DO gyorsan fogy, ekkor friss tápanyag

SBR rendszer (Sequencing Batch Reactor)

- ▶ CFID rendszer (continuous feed intermittent discharge)
 - ▶ folyamatos betáplálás
 - ▶ betáplálás, elvétel a medence két ellentétes pontján
- ▶ IFID rendszer (intermittent feed intermittent discharge)
 - ▶ a betáplálás megszakítása biz. időre

SBR rendszer (Sequencing Batch Reactor)

- ▶ Hagyományos SBR működése:
 - ▶ Kőfogó, rács
 - ▶ szennyvíz belépése a részlegesen töltött reaktorba (maradék iszap)
 - ▶ levegőztetés, kevertetés a lebontás befejezéséig
 - ▶ levegőztetés, keverés leállítása, ülepítés
 - ▶ felülúszó eltávolítása
 - ▶ fölösiszap eltávolítása folyamatosan lehetséges, konstans F/M arány tartása
 - ▶ kiegyenlítő tartály további feldolgozási lépcsők előtt
 - ▶ esetleges szűrés, fertőtlenítés



SBR rendszer (Sequencing Batch Reactor)

▶ Előnyök:

- ▶ nincs szükség iszap továbbító szivattyúkra
- ▶ általában nem kell előülepítő
- ▶ kiegyenlítő funkció a hirtelen nagy mennyiségű szennyvíz kezelésére, BOI „sokk” esetén
- ▶ elég egy reaktortér, kis helyigény
- ▶ költségcsökkentés az ülepítők megspórolásával

▶ Hátrányok:

- ▶ fejlettebb ellenőrző, irányító rendszer szükséges, automata szelepek, kapcsolók
- ▶ esetleg eltávozhat szilárd anyag az elfolyóval
- ▶ utólagos kiegyenlítő tartály szükségessége

Szimultán nitrifikáció és denitrifikáció

- ▶ Eutrofizációt okozó tápanyagok: N és P
 - ▶ P eltávolítás kémiai és biológiai módszerekkel
 - ▶ N eltávolítás ált. biológiai módszerekkel
- ▶ Nitrogén transzformáció lépései:
 - ▶ Szervetlen N formák (ammónia, nitrát) szervessé alakítása (aminosavak, purinok, nukleinsavak, stb): növények és mikroorg-ok által
 - ▶ Szerves N formák heterotróf átalakítása: egyik szervezetből a másikba
 - ▶ Ammonifikáció: szerves N lebontása ammóniára
 - ▶ Nitrifikáció: Ammónia oxidációja nitritté, nitráttá
 - ▶ Denitrifikáció: nitrát bakteriális lebontása molekuláris nitrogénné (N_2)
 - ▶ Nitrogén fixáció: N_2 gáz redukálása ammóniára és szerves nitrogénre mikroorg-ok által

Szimultán nitrifikáció és denitrifikáció

▶ Hagyományos eleveniszapos technológia:

- ▶ N eltávolítás: O_2 ellátottság variálása (vagy helyben vagy időben)
- ▶ Nitrifikáció:
 - ▶ *Nitrosomonas*: $2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O$
 - ▶ *Nitrobacter* (vagy *Nitrococcus*): $2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^-$
 - ▶ teljes oxigénigény: ~4,57 g O_2 per gramm oxidált ammónia-N
- ▶ Denitrifikáció:
 - ▶ nitrát az e^- akceptor
 - ▶ $NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$
 - ▶ *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthobacter*, *Bacillus*, *Chromobacterium*, stb.
 - ▶ anoxikus körülmények: O_2 nélkül, de szerves C jelenlétében



Szimultán nitrifikáció és denitrifikáció

▶ Szimultán folyamat:

▶ nem szükséges külön denitrifikációs medence, ill. iszap recirk.

▶ Okok:

▶ Aerob és anoxikus zóna az iszapflokulátumban az oldott O_2 mennyiségétől függően: Kívül keletkező NO_3^- bediffundál a belső anox. zónába

▶ Aerob és anoxikus zóna a medencében: keverés, levegőztetés nem egyenletes mindenhol, anox. zónák kialakulása (főleg felületi levegőztetők esetén)

▶ Új mikroorganizmusok jelenléte:

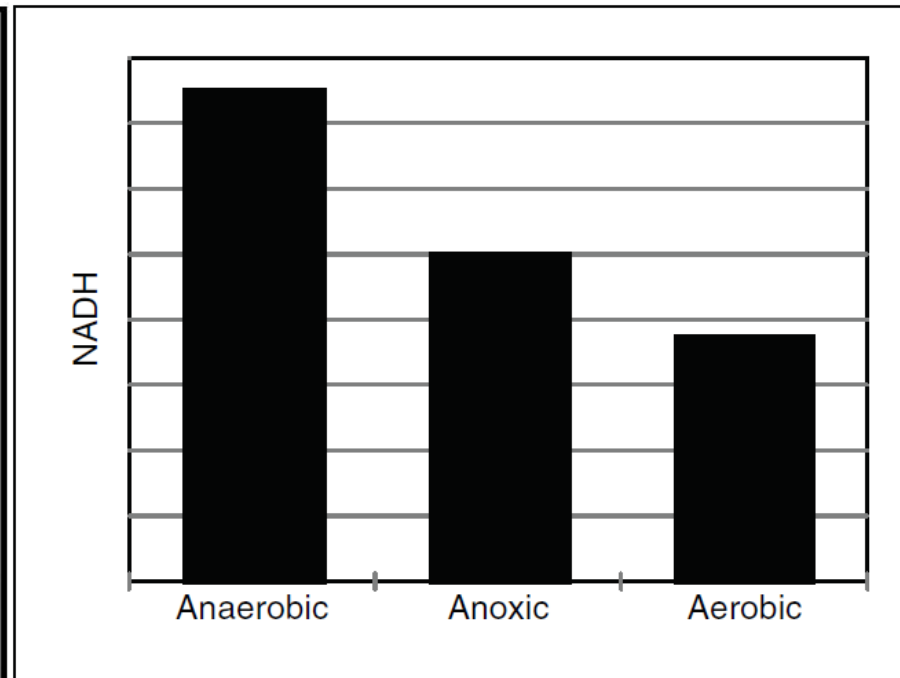
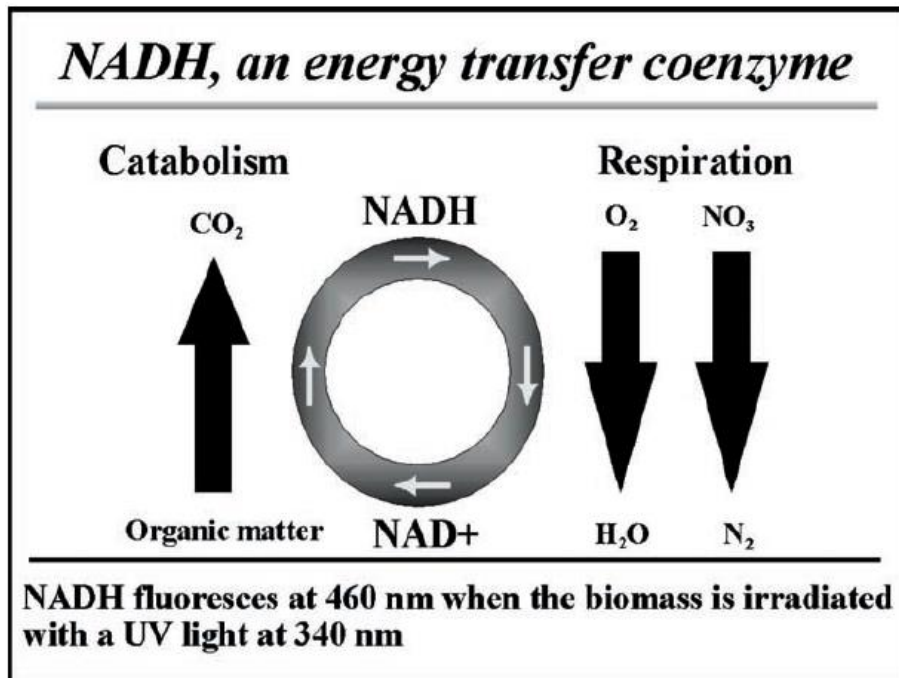
▶ *Thiosphaera pantotropha*: heterotróf, aerob körülmények között tud nitrifikálni és denitrifikálni is

▶ *Pseudomonas aeruginosa*, *Paracoccus denitrificans*

▶ bizonyos autotrófok is tudnak denitrifikálni

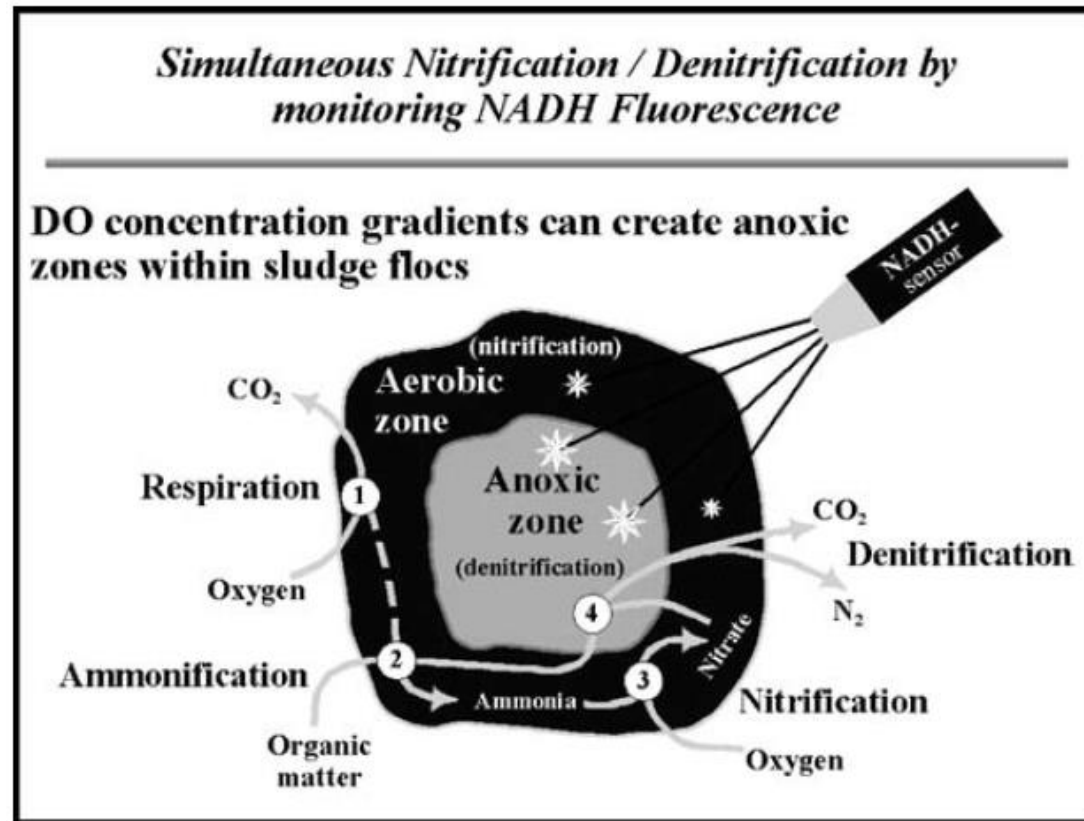
Szimultán nitrifikáció és denitrifikáció

- ▶ Szimultán folyamat:
 - ▶ A DO szint 1 ppm alatt tartandó
 - ▶ szenzor: NADH fluoreszcencia
 - ▶ iszap flokkokban a NADH koncentrációt méri
 - ▶ 340 nm-es fényt elnyeli, 460 nm hullámhosszon fluoreszkál



Szimultán nitrifikáció és denitrifikáció

- ▶ Ha a **DO szint csökken** a vízben, vagy a flokkok O_2 fogyasztása nő (pl. nagyobb szerves anyag terhelésre): A belső anox. rész növekszik, a külső aerob rész vékonyodik ->
- ▶ A bakt-ok **NADH koncentrációja nő** -> fluoreszcencia nő -> levegőztetést megnövelik



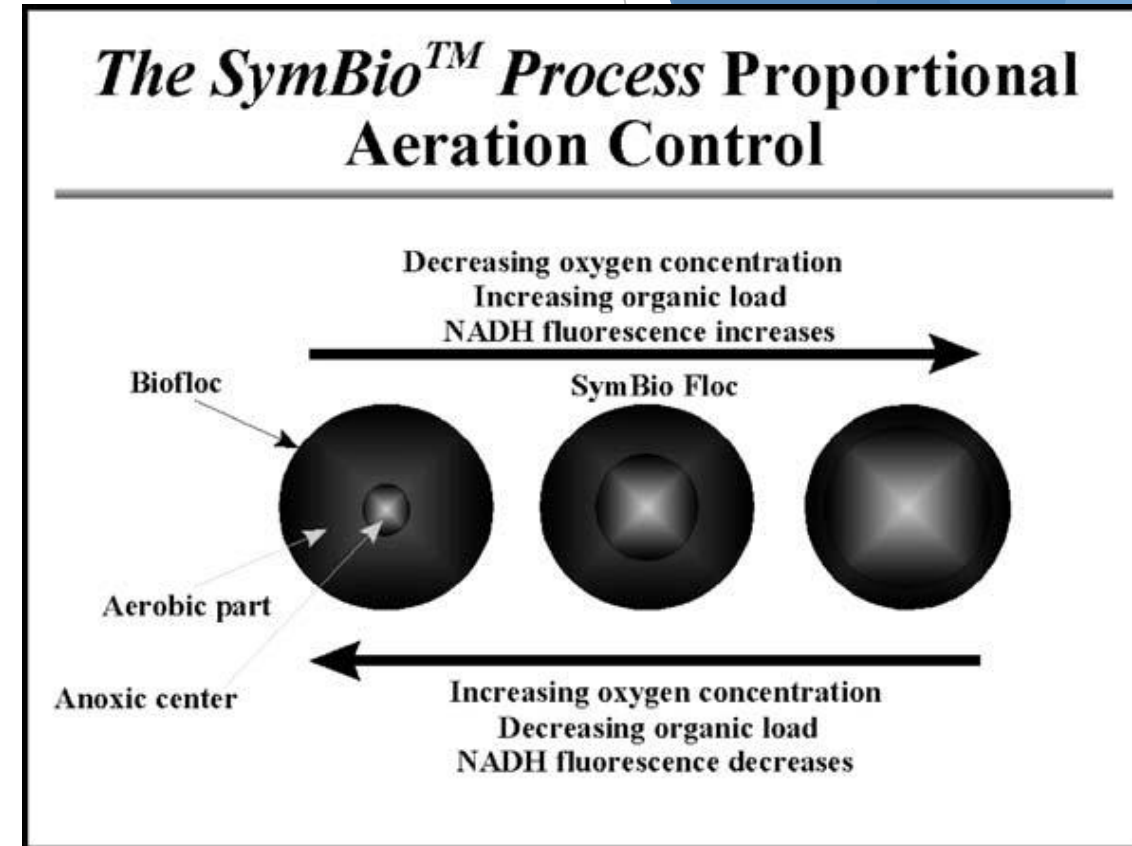
Szimultán nitrifikáció és denitrifikáció

- ▶ A szenzor segítségével azonnal kontrollálható:

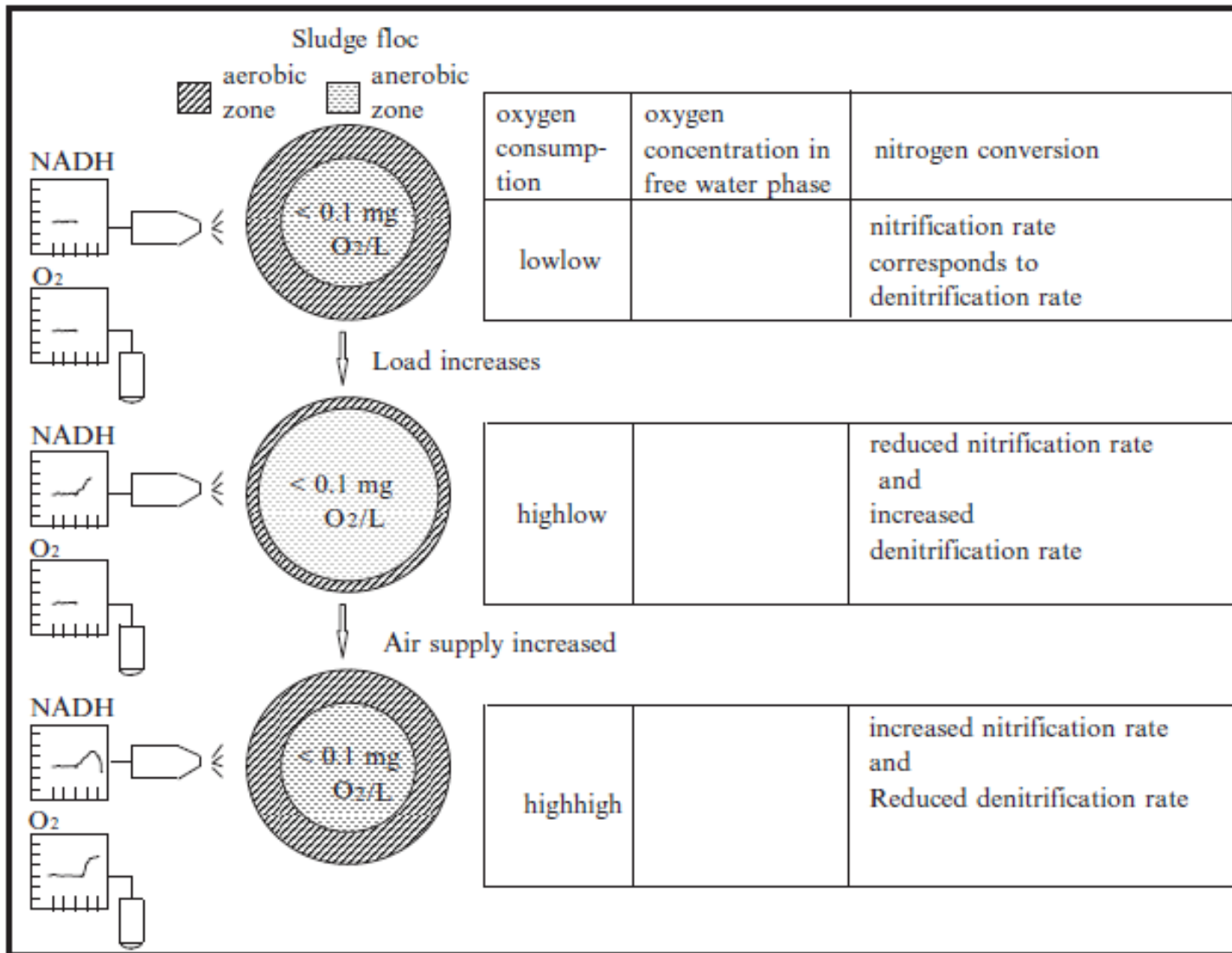
- ▶ levegőztetés mértéke
- ▶ iszap recirkuláció mértéke
- ▶ iszapkoncentráció

NADH fluoreszcencia csökkenése (megnövekedett DO szintre utal, tehát csökkent denitrifikációt okozhat) -> levegőztetés csökkentése

- ▶ A NADH koncentrációt befolyásolja még:
 - ▶ az iszapkoncentráció
 - ▶ a hőmérséklet
- ▶ -> a szenzort újra kell kalibrálni



Szimultán nitrifikáció és denitrifikáció



Szimultán nitrifikáció és denitrifikáció

▶ Előnyök:

- ▶ teljes N eltávolítás lényeges módosítás nélkül
- ▶ energia megtakarítás a csökkentett levegőztetés miatt
- ▶ kevesebb iszap termelődik a kisebb anoxikus iszaptermelés révén

▶ Követelmények:

- ▶ levegőztetés pontos kontrollálása
- ▶ megfelelő iszapkor: hőmérséklet emelkedésével csökken
- ▶ megfelelő kevertetés (a kis levegőztetés ezt nem biztosítja)
- ▶ 80 µm-nél nagyobb flokk méretek esetén már kialakul a két zóna

Szimultán nitrifikáció és denitrifikáció

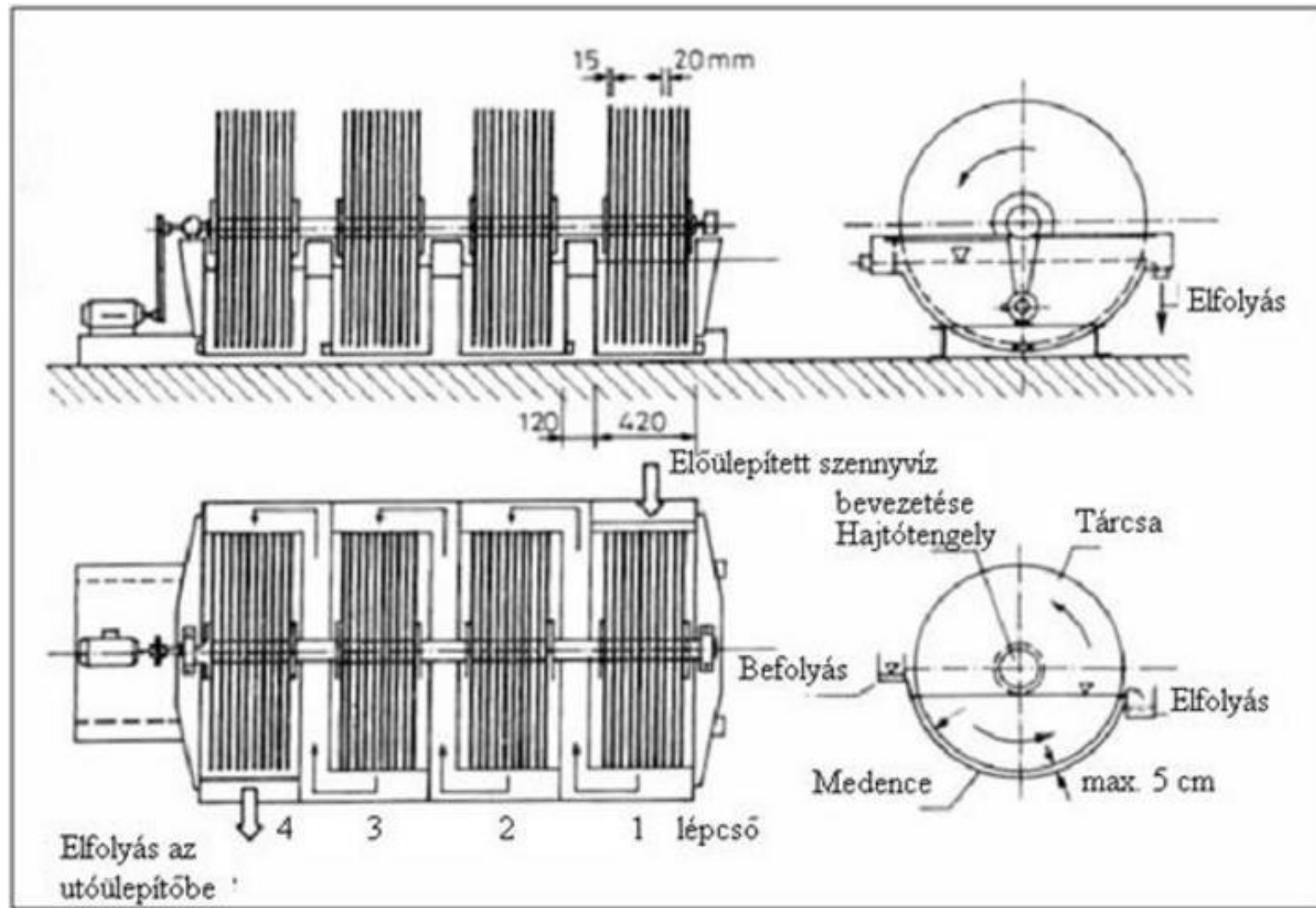
▶ Érdekségek:

- ▶ A kisebb DO konc, csökkentett levegőztetés nem okozott hatásfok csökkenést, ill. megnövekedett iszapkort sem a nitrifikáció, sem a denitrifikáció esetében. Lehetséges magyarázatok:
 - ▶ az oxidáció csak nitritig megy, nitritből lesz N_2 -> kevesebb O_2 kell
 - ▶ hagyományos anoxikus-oxikus rendszerben van egy holtidő, míg átállnak a mikroorg-ok denitrifikációra
- ▶ Hagományos, csak nitrifikációt végző telepeket könnyű szimultán lebontóra alakítani
- ▶ MBR rendszerrel kombinálható

Forgó merülőtárcsás szennyvíztisztítás

- ▶ Kis szennyvízhozamra dolgozták ki
 - ▶ 10 lakostól 1500 lakosig, 5-50 m³/nap szennyvízhozamra
- ▶ Hártvás rendszerű biológiai berendezés
- ▶ Kisebb energiafelhasználás, mint hagyományos eleveniszapnál
- ▶ Működése:
 - ▶ tárcsák felületén biofilm képződik, tárcsával együtt mozog
 - ▶ tárcsák az átmérőjük mintegy 40-45%-áig merülnek a szennyvízbe
 - ▶ váltakozva jut tápanyaghoz a vízből, és oxigénhez a levegőből

Forgó merülőtárcsás szennyvíztisztítás



Forgó merülőtárcsás szennyvíztisztítás

- ▶ Két lépcsőben 80-85%-os szerves anyag lebontási hatásfok, három lépcsőben 90%
- ▶ Lépcsőket vízzáró fal választja el
- ▶ Utóülepítő általában szükséges
- ▶ 1,5-3 m tárcsaátmérő, általában műanyagból
- ▶ tárcsatávolság: 2-2,5 cm (7 m-es tengelyre 30-34 tárcsa)
- ▶ hatékonyság növelése tárcsák számának növelésével

Forgó merülőtárcsás szennyvíztisztítás

▶ Előnyök:

- ▶ lassú mozgás, egyszerű fenntartás
- ▶ kis mennyiségű mikroba kimosódás
- ▶ egyszerű üzemeltetés
- ▶ meglévő tisztítóhoz kapcsolható
- ▶ energiaigénye a hagyományos 1/4-e, 1/6-oda
- ▶ kontaktidő rövid
- ▶ kis helyszükséglet
- ▶ recirkuláltatás nem szükséges
- ▶ nagyfokú szervesanyag-oxidáció és nagyfokú nitrifikáció érhető el

Forgó merülőtárcsás szennyvíztisztítás

▶ Hátrányok:

- ▶ épületbe való helyezése, vagy valamilyen egyszerű lefedése szükséges, szellőztetést biztosítani kell
 - ▶ fagy elleni védelem
 - ▶ eső nem mossa le a hártyát
 - ▶ napfény nem szaporítja el az algákat
 - ▶ hártyát nem szárítja ki a napfény
- ▶ tárcsák tengelyre rögzítése gondos munkát igényel

▶ A forgó-merülőtárcsás teljes tisztítórendszer:

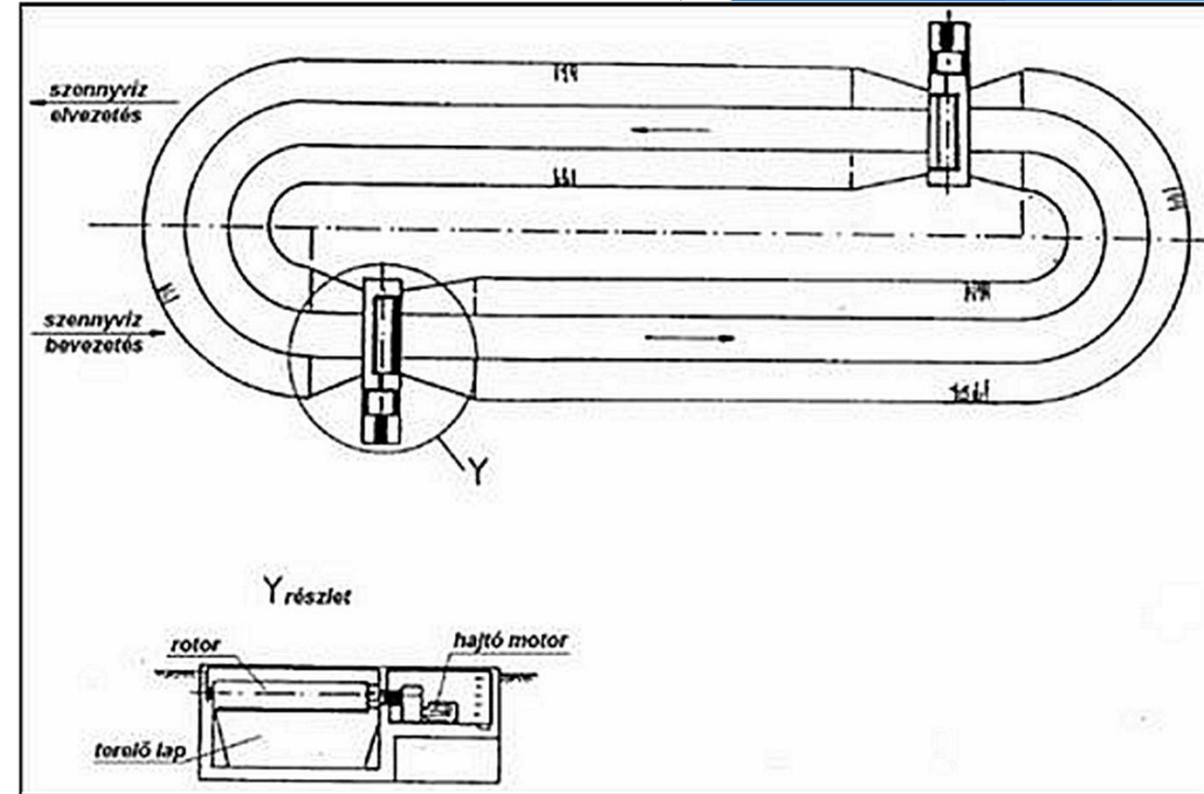
- ▶ rács, homokfogó, előülepítő, forgó-merülőtárcsák, utóülepítő technológiai sorból áll.

Oxidációs árok

- ▶ körkörösen, vagy nyújtott ellipszis formában kialakított beton (föld) labirintusba
- ▶ aerob körülmények között addig keringtetik, míg a lebontási folyamatok lezajlanak
- ▶ eleveniszapos eljárás egyik módosított változata
- ▶ vízszintes tengelyű felszíni levegőztető
- ▶ átlagos áramlási sebesség 0,3-0,5 m/s
- ▶ keverőmotorok áramoltatják a vizet (3-6 perc egy teljes körfogás)
- ▶ BOI_5 eltávolítási képesség: 90-98%

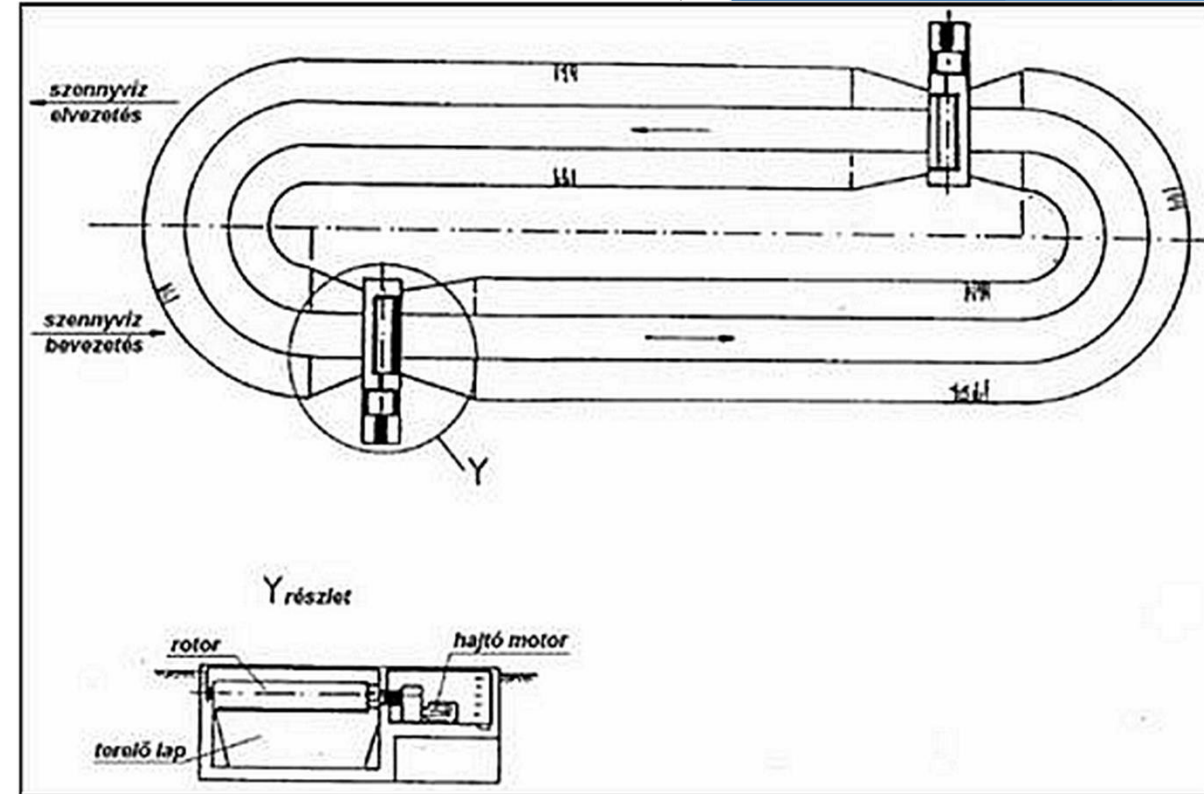
Oxidációs árok

- ▶ Kialakítás: nyújtott ellipszis, körgyűrű alakú rézsűs föld- vagy betonmeder
- ▶ hosszú levegőztetési idő
- ▶ viszonylag kis szennyvízterhelés
- ▶ nem szükséges külön iszapkezelés (utóülepítés, rothasztás)
- ▶ ált. előülepítő sem kell, rácson vezetik át
- ▶ 500 LEÉ fölött



Oxidációs árok

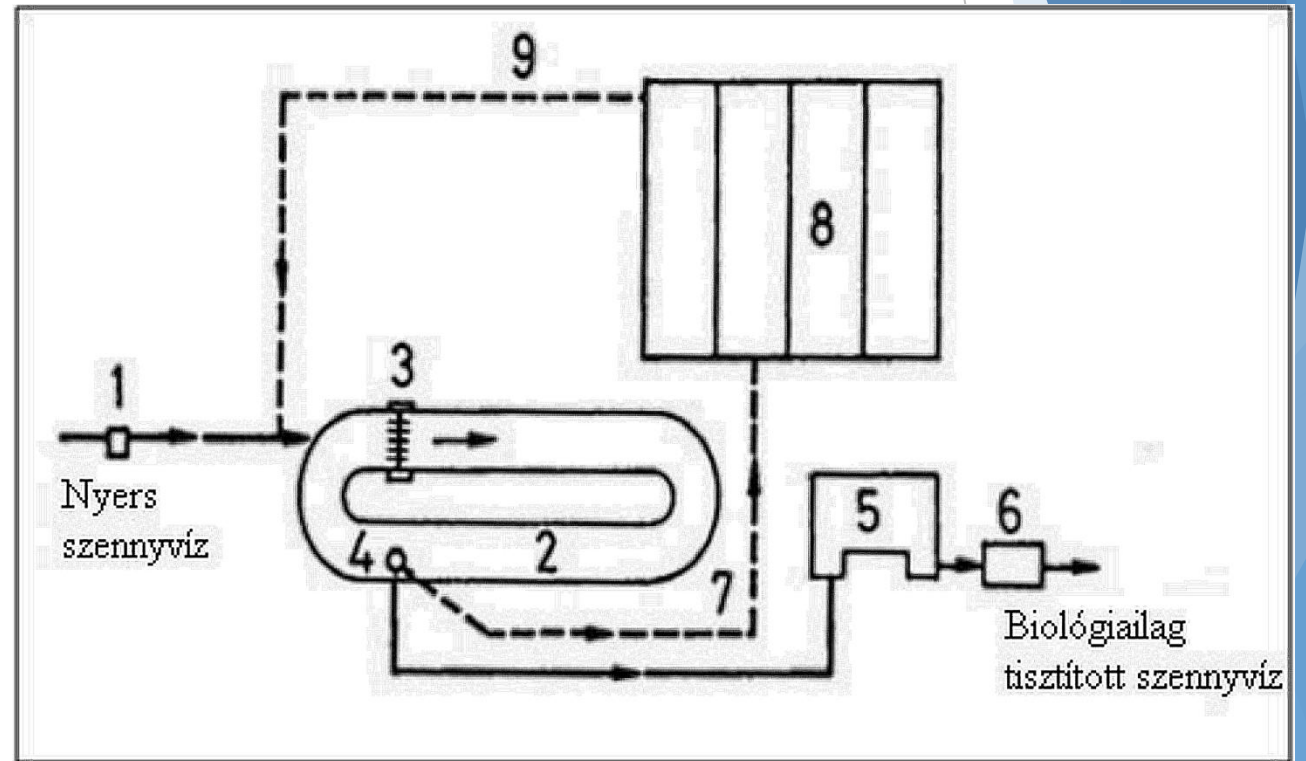
- ▶ trapézszelvény:
 - ▶ fenékszélesség 0,5-3 m,
 - ▶ szennyvízmélység 0,8-1,3 m
- ▶ nagyobb árokrendszer: 50 000 lakosegyenértékig
 - ▶ párhuzamosan kapcsolva,
 - ▶ egymás után kaszkád rendszerben
- ▶ iszap koncentráció a recirkulációs iszap és a fölös iszap mennyiségének szabályozásával befolyásolható



Oxidációs árok

- ▶ totál-, vagy teljes oxidációs üzemeltetés
- ▶ kis szerves anyag terhelés : $0,1-0,4 \text{ kg BOI}_5/\text{m}^3 \text{ d}$
- ▶ hosszú levegőztetés: 20-30 h
- ▶ ált. szakaszos levegőztetés

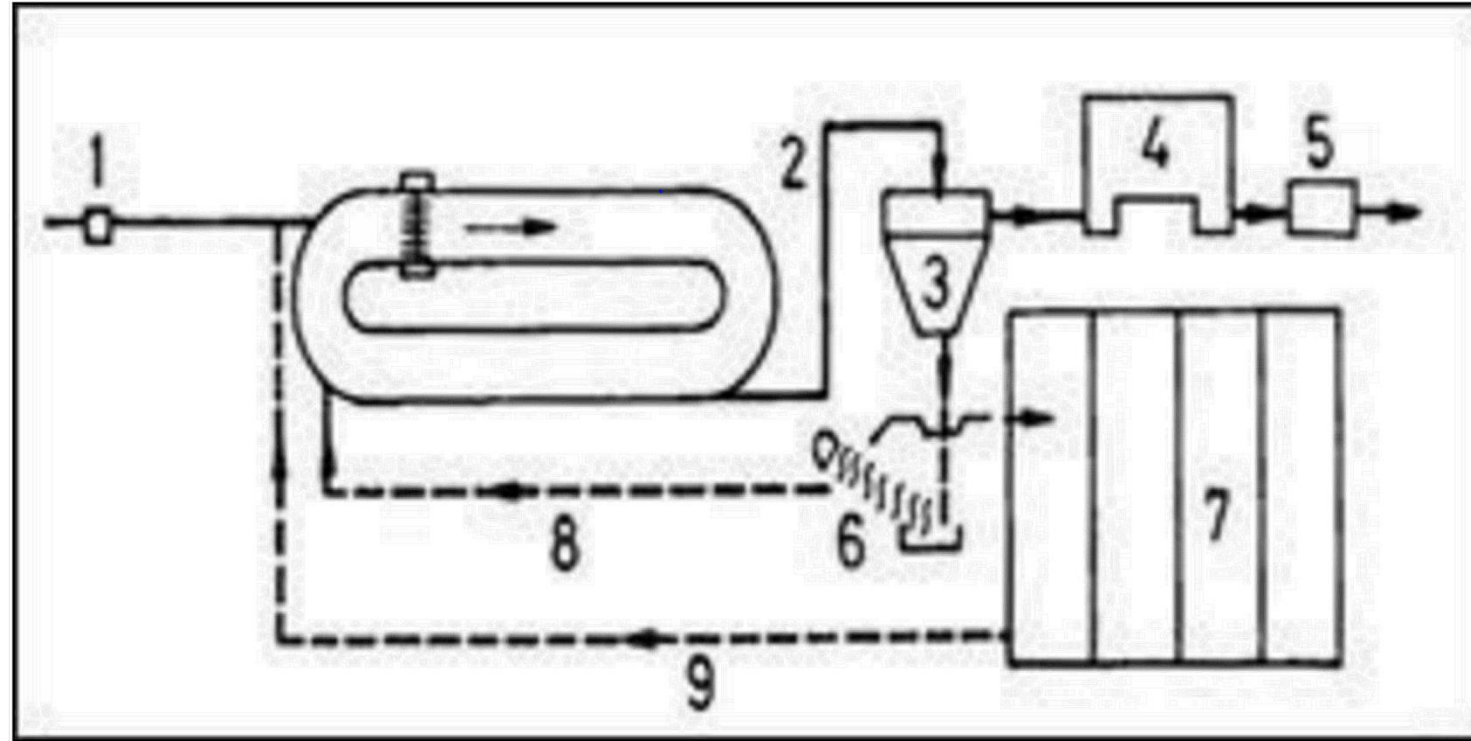
- ▶ 1 - rács
- ▶ 2 - oxidációs árok
- ▶ 3 - keverőmotor, levegőztető
- ▶ 4 - iszap, elfolyó elvétel
- ▶ 5 - fertőtlenítő
- ▶ 6 - mérőakna
- ▶ 7 - iszapelvezetés
- ▶ 8 - iszapszikkasztó ágy
- ▶ 9 - iszapvíz visszavezetés



Oxidációs árok

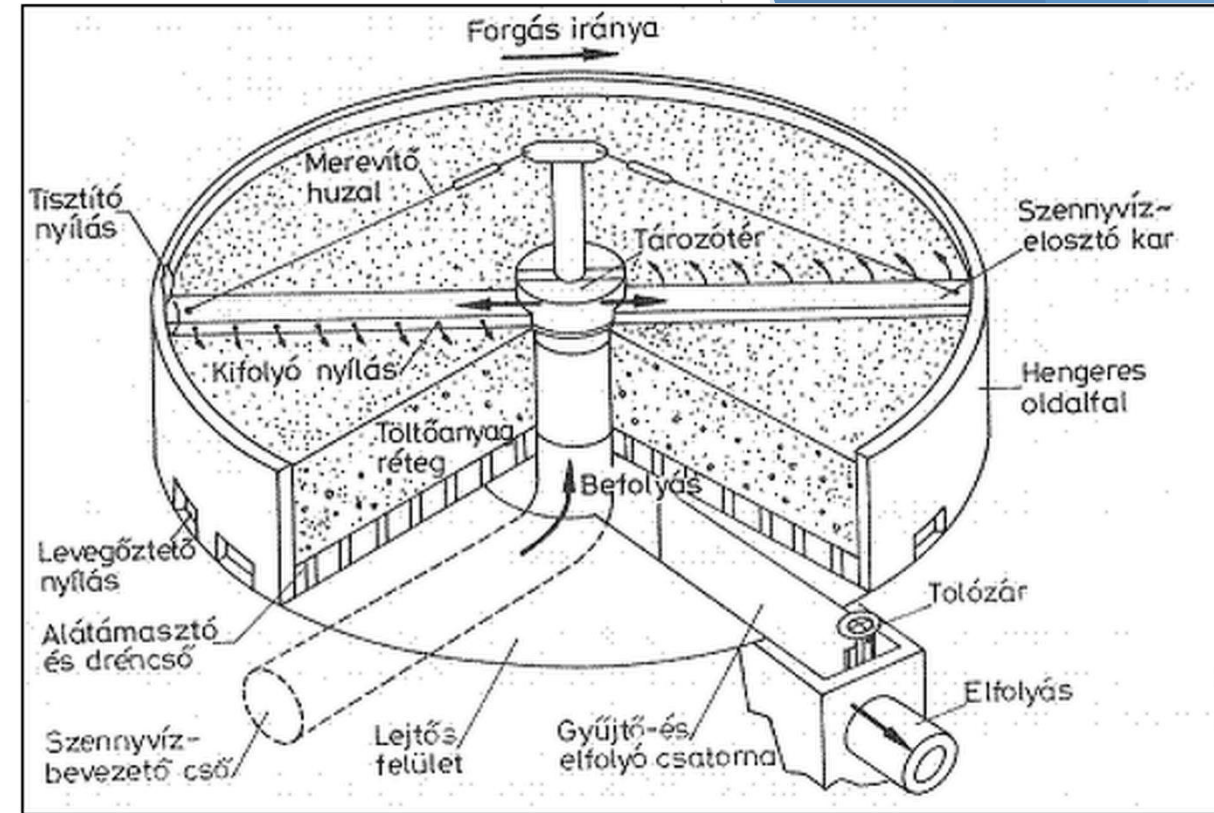
- ▶ Teljes oxidációs árkos rendszerben:
 - ▶ nagy szuszpendált lebegőanyag koncentráció
 - ▶ F/M arány nagy: 0,4-1,5
 - ▶ 1,6-2,2 kg $\text{BOI}_5/\text{m}^3 \text{ d}$
 - ▶ utótelepítő és recirkuláció is van

- ▶ 1 - rács
- ▶ 2 - tisztított szennyvíz
- ▶ 3 - utóülepítő
- ▶ 4 - fertőtlenítő
- ▶ 5 - mérőakna
- ▶ 6 - szivattyú, fölösiszap elvétel
- ▶ 7 - iszapszikkasztó ágy
- ▶ 8 - recirkuláltatott iszap
- ▶ 9 - iszapvíz



Csepegtetőtestes rendszer

- ▶ egyszerű, megbízható üzemű, kis felügyeleti igény, de nehezen szabályozható
- ▶ szerves anyag lebontás, N-tartalom csökkentése
- ▶ szerves anyag lebontást a kitöltő anyag felületén elhelyezkedő biofilm végzi
- ▶ főleg aerob mikroszervezetek
- ▶ leggyakrabban kör alaprajzú, hengeres oldalú műtárgy
- ▶ Töltet:
 - ▶ bazalt, salak, habkő, PVC alapú műanyag, stb.
 - ▶ nagy pórusfelület
 - ▶ fagyállóság
 - ▶ vastagság: 2-3,5 m



Csepegtetőtestes rendszer

- ▶ Kialakítás:
 - ▶ nyitott
 - ▶ zárt
- ▶ Szennyvízelosztó rendszer:
 - ▶ két vagy több vízszintesen körbeforgó perforált cső
 - ▶ kiáramló víz nyomása forgatja
- ▶ Szennyvíz rávezetés:
 - ▶ folyamatos,
 - ▶ időszakos
- ▶ Összegyűjtés:
 - ▶ töltet alatti drénrendszer, elvezető csatorna



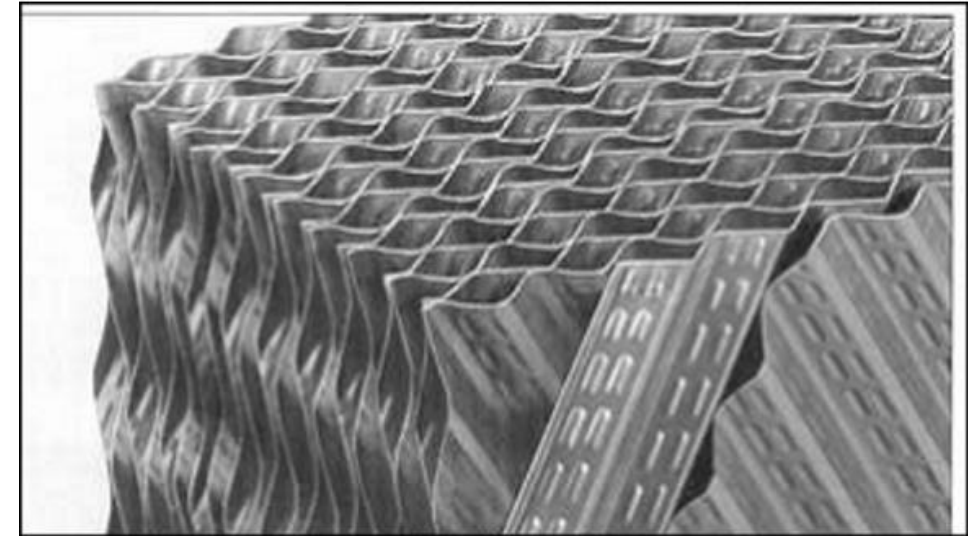
Csepegtetőtestes rendszer

- ▶ Fontos: eltömődés, elárasztás elleni védelem
- ▶ Hártya belsejében anaerob folyamatok is játszódhatnak
- ▶ Biofilm vastagszik → leválik → tisztított vízzel utóülepítőbe kerül
- ▶ Kis-, közepes-, nagyterhelésű rendszerek

Üzemelési mutató	Kis terhelésű	Közepes terhelésű	Nagy terhelésű
Felületi hidraulikai terhelés [(m ³ /nap)/m ²]	1 - 4	4 - 10	10 - 40
Térfogati szerves anyag terhelés [kg BOI ₅ /m ³ nap]	0,08 - 0,32	0,24 - 0,48	0,32 - 1
Töltetvastagság	1,5 - 3,0	1,25 - 2,5	1,0 - 2,0
Hártyalemosódás	szakaszos	szakaszos	folyamatos
Szennyvízbevezetések közti idő	≤5 min	folyamatos	≤15 sec (folyamatos)
Recirk. arány	0	0 - 1	1 - 3
Szerves anyag lebontás hatásfoka	85 - 92	75	70
BOI ₅ az elfolyóban (kg/m ³)	0,025	0,03	0,045

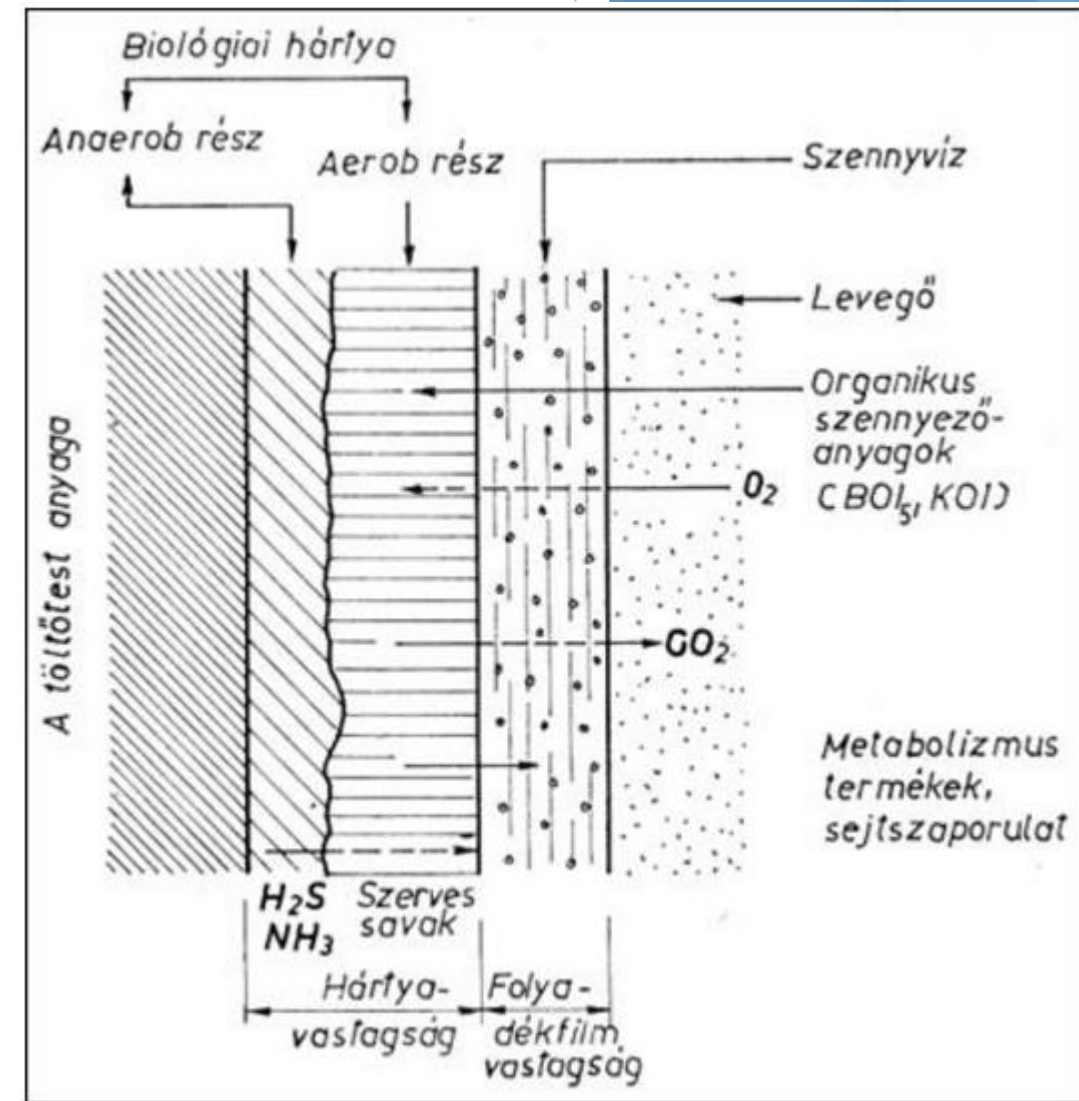
Csepegtetőtestes rendszer

- ▶ Recirkuláció:
 - ▶ kiülepedett iszapot, utóülepítőből elfolyó tisztított szennyvizet, vagy mindkettőt
 - ▶ csepegtetőtest elé
 - ▶ előülepítő elé
 - ▶ állandó vagy időszakos
 - ▶ egyenletes, változó hozamú
- ▶ Természetes léghuzamú levegőztetés
- ▶ Utóülepítés nagy terhelésű rendszereknél
(ált. függőleges átfolyású tölcséres dortmundi medence)
- ▶ Hátrányuk:
 - ▶ a csepegtetőtest viszonylag merev, rugalmatlan tisztítás-technikai szempontból → üzemeltetés során nem tesz lehetővé nagyobb mértékű technológiai beavatkozást



Csepegtetőtestes rendszer

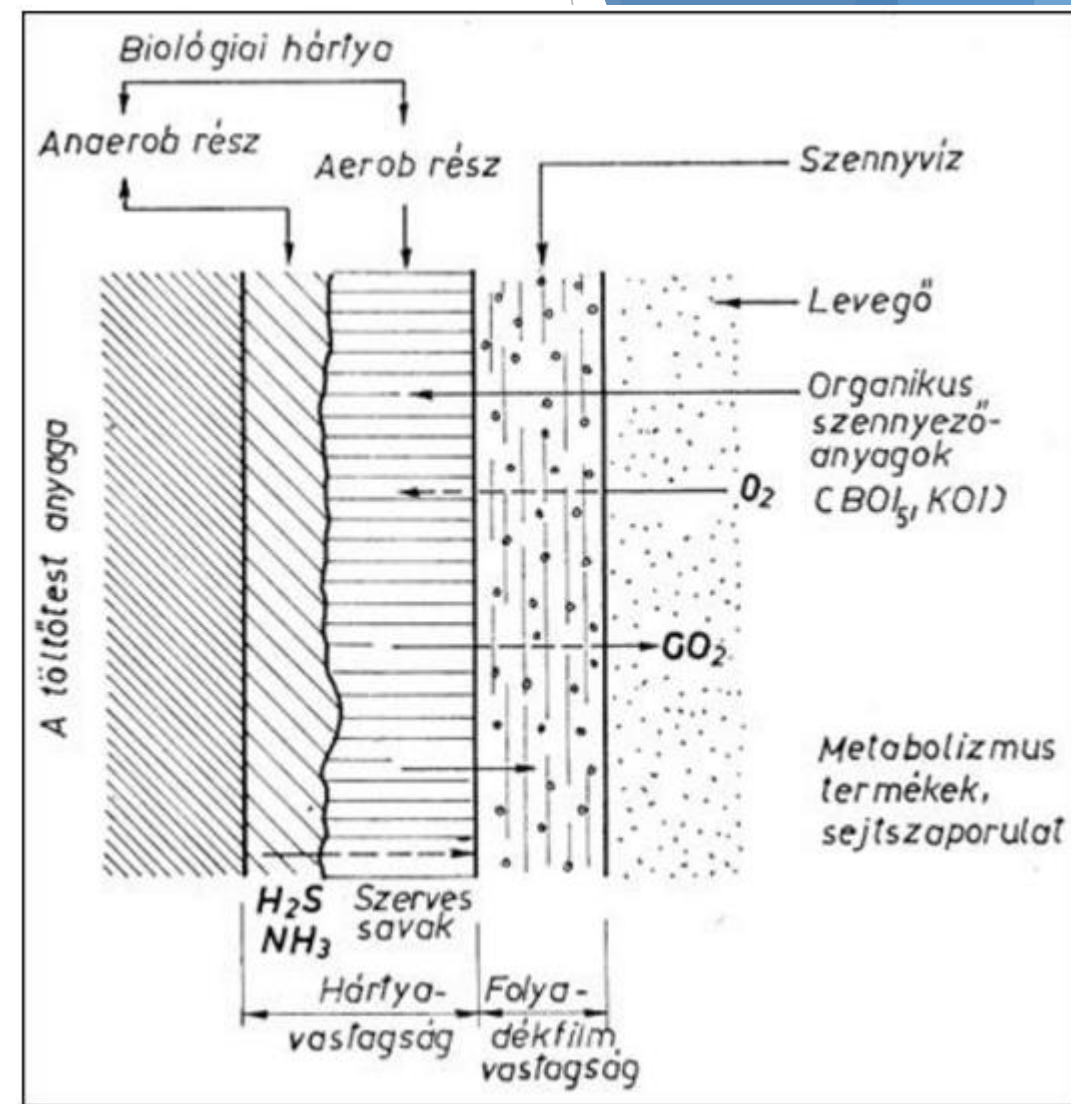
- ▶ Rétegzettség:
 - ▶ felszín közeli térben heterotróf baktériumok
 - ▶ hártya mélyén pedig autotróf baktériumok
 - ▶ hártya felső terében: pl. gombák, algák
- ▶ Melegebb éghajlaton jobban működnek
- ▶ Levegőztetés:
 - ▶ Ha 2°C -nál nagyobb a levegő és szennyvíz hőmérséklete közti különbség → levegő lefelé áramlik
 - ▶ szükséges lehet mesterséges levegőztetés



Csepegtetőtestes rendszer

▶ Nitrogén eltávolítás:

- ▶ nagy szerves anyag terhelés → kevés oldott O_2 → heterotrófok elszaporodnak → nitrifikálók kiszorulnak a hártából
- ▶ kevés oldott O_2 → denitrifikáció
- ▶ Szükséges:
 - ▶ optimális szerves anyag terhelés
 - ▶ oldott oxigén ellátottság
- ▶ Minél nagyobb a BOI_5 térfogati terhelés, a csepegtetőtest annál kevésbé alkalmas nitrogén oxidáltatáshoz



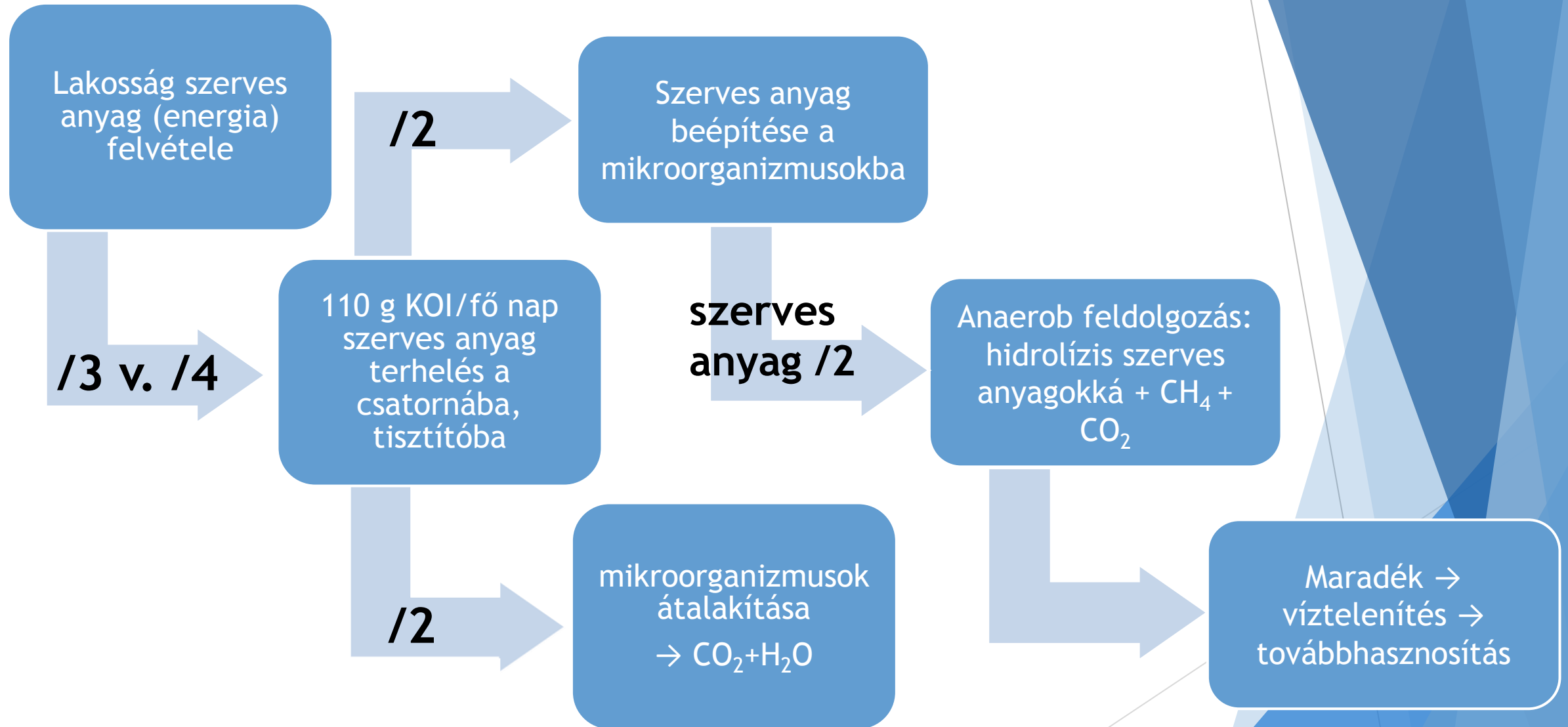
Szennyvíziszapok tovább feldolgozása

- ▶ Eleveniszapos tisztítás esetén a fajlagos iszaphozam $0,6-1 \text{ kg MLSS/kg BOI}_5$ körüli érték (előülepités esetén kevesebb)
- ▶ Fontos paraméterek:
 - ▶ iszap energiatartalma
 - ▶ iszapkoncentráció, állaga
 - ▶ patogén fertőzőképesség
 - ▶ biológiai stabilitás (mezőgazdasági hasznosításhoz)
- ▶ A szennyvíziszap:
 - ▶ tömegében az eredeti szennyezőanyag mennyiségnek már $1/4$ -ét, $1/3$ -át tartalmazza
 - ▶ nitrogéntartalma a kiindulási mennyiségnek ennél is kisebb része
 - ▶ foszfortartalma a szennyvíz foszfortartalmának akár a $40-90 \%$ -a is lehet (esetenként igen rosszul oldható formában)

Szennyvíziszapok tovább feldolgozása

- ▶ Biztosítani kell:
 - ▶ tápanyagok minél jobban hasznosítható formába történő hozását
 - ▶ komponensek, szennyezők kedvezőtlen hatásainak minimalizálását
 - ▶ nehézfémek, toxicitás, patogenitás határérték alatt tartását
 - ▶ kellő biológiai stabilitásnak a biztosítását (nem fitotoxikus)
- ▶ Nedvességtartalom kellő lecsökkentése után a keletkező komposzt földszerű talajjavító komponensként, kertészeti segédanyagként is értékesíthető.
- ▶ Kezelés két formája különböző tulajdonságú terméket ad:
 - ▶ Komposztálás
 - ▶ Szárítás

Szennyvíziszapok tovább feldolgozása



Szennyvíziszapok tovább feldolgozása

▶ Iszapfeldolgozás biotechnológiája:

- ▶ anaerob rothasztásnál fakultatív és kizárólagosan anaerob mikroorganizmusok $\rightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4$
- ▶ ezek a sejtfal anyagát nem bontják tovább
- ▶ sejtfal + lignin bontása: átlevegőzött komposzthalomban gombák+ baktériumok
- ▶ víztartalom csökkenthető pl. fűrészpor, szalma hozzáadásával (mikroorg-oknak energiaforrás, humifikáció alapanyaga)

Szennyvíziszapok tovább feldolgozása

▶ Iszapvíztelenítés:

- ▶ sejtek 80%-a víz
- ▶ sejtek roncsolás, biológiai oxidálása, vagy anaerob kezelés
- ▶ kondicionálás, flokkuláció → nagyobb iszappelyhek
- ▶ szalagszűrő prések, iszapcentrifugák: víztartalom 98-99 %-ról 80-77 %-ra
- ▶ kamrás szűrőprés: 65-60 % nedvességtartalom is elérhető, de az iszap szárazanyagának a szerves anyag hányada 60-75 %-ról akár 50% alá csökkenhet → szárazanyagban jelentős tömegnövekedés
- ▶ víztelenített iszap → fél éves pihentetés → mezőgazdaságba megfelelő ellenőrzés mellett kihelyezhető → alászántás komposztálás segítésére

Anaerob rothasztás

- ▶ megfelelő baktérium csoportok együttese bontja a szerves anyagot oxigén jelenléte nélkül
- ▶ termék: CH_4 , CO_2 , H_2S
- ▶ eredmény: iszap szerves anyaga ártalmatlanabb, könnyebben vízteleníthető, biogáz előállítás (CH_4 , CO_2)
- ▶ cukrok: jól bomlanak, de kis energiatartalom → kis gázhozam
- ▶ zsírok és fehérjék: gyengébb bonthatóság
- ▶ cellulóz: nagyon lassú bonthatóság
- ▶ lignin: gyakorlatilag bonthatatlan



- ▶ lakossági szennyvíziszap ~50%-a alakul gázzá

Anaerob rothasztás

▶ Előnyök:

- ▶ biogáz fedezi a melegítés (35 °C) és kevertetés energiaigényét
- ▶ iszaptömeg, -térfogat csökken (35-50%)
- ▶ iszapstabilizáció: kevésbé szagos, már nem rothadó termék tápanyagokkal (N, P, szerves anyag)
- ▶ fertőtlenítés: patogének jelentős csökkenése

▶ Hátrányok:

- ▶ jelentős beruházási költség (tartály, szivattyú, kevertetés, hőcserélők)
- ▶ hosszú iszaptartózkodási idő
- ▶ szennyezett iszapvíz (víztelenítés elfolyó vize: szerves anyag, N, P → tisztítóba visszakerülve nagy tápanyagterhelés, főleg $\text{NH}_4\text{-N}$)

Anaerob rothasztás

Enzimatiszus hidrolízis:

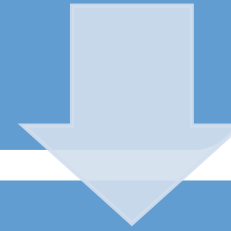
sejtfalon kívüli exocelluláris enzimek

szénhidrát → cukrok

fehérjék → aminosavak

zsírok → zsírsavak

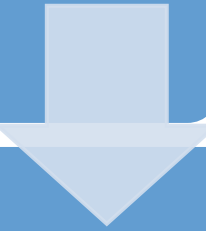
végül: formiátok, acetátok, propionátok, butirátok, etanol, CO_2 , H_2



Savanyító baktériumok:

acetogén baktériumok

acetátot, széndioxidot és hidrogént gyártanak



Metanogének:

közti termékeket széndioxiddá és metánná alakítják

metán előállítás:

- acetát széthasításával
- hidrogén és széndioxid szintézisével

Érzékeny, lassú
folyamat
(hőm., pH)
 O_2 toxikus hatása

Anaerob rothasztás

Paraméterek	Optimum	Tartomány
pH	6,8 - 7,4	6,3 - 7,9
Oxidációs redukciós potenciál (ORP), mV	(-520) - (530)	(-490) - (-550)
Illósavak, mmol/l	0,8 - 8,0	< 35,0
Alkalinitás, mg CaCO ₃ /l	1300 - 3000	1000 - 5000
Szerves anyag terhelés		
Mezofil tartományban, kg/m ³ d	0,8 - 2,0	0,4 - 6,4
Termofil tartományban, kg/m ³ d	1,5 - 5,0	1,0 - 7,5
Hőmérséklet		
Mezofil tartományban, °C	32 - 37	20 - 42
Termofil tartományban °C	50 - 56	45 - 65
Hidraulikus tartózkodási idő, d	12 - 18	7 - 30
Biogáz összetétel		
Metán, v %	65 - 70	60 - 75
Széndioxid, v %	30 - 35	25 - 40

Anaerob rothasztás

▶ Hőmérséklet hatása:

- ▶ Mezofil: $\sim 35^{\circ}\text{C}$
- ▶ Termofil: $\sim 55^{\circ}\text{C}$
 - ▶ metántermelés sebessége nagyobb,
 - ▶ kisebb a folyadék viszkozitása,
 - ▶ kisebb a biomassza termelés (iszapmaradék),
 - ▶ jobb a szerves anyag átalakítási hatékonyság (gázhozam),
 - ▶ lényegesen jobb a patogének termikus inaktiválása

▶ pH:

- ▶ metanogén inhibíció $\text{pH} < 6$ esetén
- ▶ szénsav egyensúly, ammónia és orto-foszforsav, és illó savak egyensúlya
- ▶ puffer kapacitás: NH_4^+
- ▶ elsavanyodó pH esetén: tápanyag betáplálás vagy terhelés csökkentése v. vegyszerekkel (hidrogén-karbonátok és karbonátok adagolásával)



www.debrecei-vizmu.hu

Anaerob rothasztás

▶ Ammónia:

- ▶ szabad NH_3 $\text{pH} > 7$ toxikus

▶ Szulfid:

- ▶ 200 mg/l felett metanogénekre inhibíciós hatás
- ▶ csökkentés: nehézfémekkel való kicsapás pl. vas

▶ Nehézfémek:

- ▶ toxikus
- ▶ vas (II)-szulfáttal kicsapás → vas-szulfid, vas-hidroxid iszap hatásosan „kiszűri” a nehézfémeket



www.aquadocinter.hu

Anaerob rothasztás

▶ Lebonthatóság növelés előkezeléssel:

▶ célja:

- ▶ a nyersanyag rothadásának felgyorsítása,
- ▶ a rothadás mértékének növelése, a maradék iszap mennyiségének csökkentése,
- ▶ a rothasztás energia-kihozatalának a javítása

▶ szilárd részecskék aprítása:

- ▶ mechanikus módszerekkel: aprítás, méretcsökkentés,
- ▶ ultrahangos kezeléssel
- ▶ kémiai módszerekkel: az összetett szerves vegyületek széttördelése erős savak vagy lúgok hatásával,
- ▶ termikus előkezeléssel: a termikus hidrolízis az iszap szilárd részének nagy részét vízzeloldható, kevésbé komplex molekulákká alakíthatja.

Komposztálás

- ▶ A szennyvíziszap szabályozott, irányított lebontása a speciális mikroorganizmus csoportok, valamint egyszerűbb talajlakó szervezetek segítségével.
- ▶ Növekvő szennyvíziszap mennyiség:
 - ▶ deponálás költséges,
 - ▶ szárítás, égetés vagy granulálás: nagy energiafelhasználás és beruházás igény
- ▶ talajélet-talajerő javítás, talajok degradációjának megakadályozására
- ▶ zöldhulladék, fásult növényi maradvány egyidejű humifikációját is biztosíthatja

Komposztálás

▶ Jellemzői:

- ▶ szerves tápanyag túlnyomóan szilárd, vízoldhatatlan fázisban van
- ▶ felületét vízfilm vonja be,
- ▶ a filmben elhelyezkedő mikroorganizmusok aerob körülmények között extracelluláris enzimekkel bontják a szerves anyagot
- ▶ **humusz** keletkezik: mineralizáció mellett biológiailag nehezen bontható, növények részére szükséges tápanyagokat tárolni és leadni képes szerves anyag
- ▶ **cellulóz, lignin** bontása legjobb **mezofil** tartományban
- ▶ **sterilizálás** leghatásosabb **termofil** tartományban
- ▶ prokarióták, és eukarióták, gombák és egyszerűbb talajlakó állatok végzik

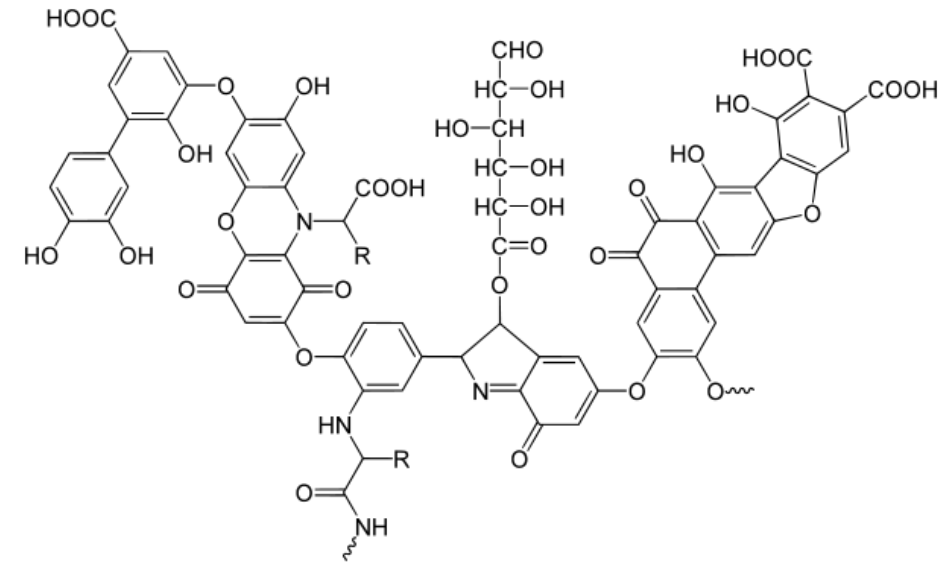
Komposztálás

► Termékek:

- egyszerű vegyületek: víz, széndioxid, ammónium, ortofoszfát, nitrát, szulfát, stb.
- egy-gyűrűs aromás vegyületek, humusz prekursorok
- átalakulások révén nagyon széles molekulatömeg eloszlású és komplikált molekuláris kiépítésű humusz

► Folyamatok:

- gyűrűzáródás (szén és heteroatomos 5, 6 tagú gyűrűk), aromatizálódás, polimerizáció, kondenzáció
- hőtermelés



Komposztálás szakaszai

Bevezető:

- mikroorg. szaporodás
- hőm.: termofil tartomány
- 1-2 nap

Lebontási:

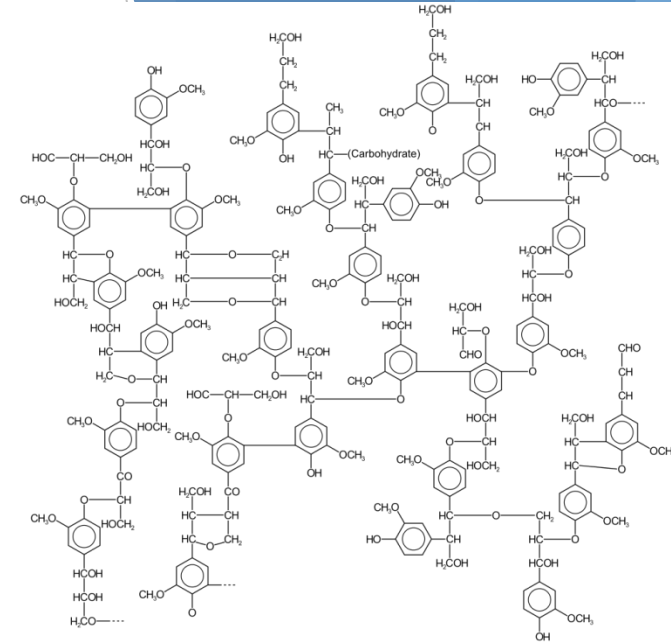
- nyersanyagok lebontása
- O_2 igény, CO_2 keletkezés
- mezofil: 40-50 °C
- termofil szaporodás, sugárgombák és gombák, 50-55 °C

Átalakulási:

- több hétig
- hőm. csökken
- lignin bontás: mono-, di-, trifenol vegyületek

Felépülési:

- szerves anyag humifikálódása
- pszihrofil baktériumok és penészgombák, sugárgombák
- hőm.: 15-20 °C



lignin

Komposztálás

▶ Résztevő szervezetek:

▶ baktériumok:

- ▶ aerob, anaerob (N_2O , H_2S , CH_4 , stb. képződés)
- ▶ termofil tartomány: Bacillus és Thermus fajok

▶ sugárgombák:

- ▶ hifákat és micéliumokat képző talajlakó mikroorganizmusok
- ▶ cellulóz, lignin bontás
- ▶ antibiotikumokat és vitaminokat termelnek (sterilizáló hatás)
- ▶ fakultatív, obligát termofilok

▶ gombák:

- ▶ cellulóz és lignin tartalmú fás növényi részek lebontása
- ▶ penészgombák
- ▶ legtöbb gomba félnedves aerob körülmények között szaporodik
- ▶ vannak anaerob fajok

Komposztálás

- ▶ Tápanyagok:
- ▶ A foszfor és a kálium és nitrogénvegyületek komposztálás alatt átalakulnak.
- ▶ **Nitrogén:**
 - ▶ kezdetben fehérjék, aminosavak, amincukrok, nukleinsavak alkotórészeként
 - ▶ szerves nitrogénvegyületek ásványosodása
 1. lépés: $\text{Fehérje} \Rightarrow \text{RNH}_2 + \text{CO}_2 + \text{energia}$
 2. lépés: $\text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{NH}_3 + \text{R-OH} + \text{energia}$
 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{NH}_4\text{-OH}$
 - ▶ Termofil fázisban alkalikus kémhatás: ammóniumion $\Rightarrow$ ammónia
 - ▶ Ammónia átalakulás:
 - ▶ Nitrifikáció: Az NH_4 biológiai oxidációja NO_2^- -té, majd NO_3^- -tá,
 - ▶ Mineralizált nitrogén a mikroorganizmusok biomasszájába épül be,
 - ▶ Nitrogén a huminanyagok felépítésében vesz részt.

Komposztálás

▶ Befolyásoló körülmények:

- ▶ C/N arány:
 - ▶ mikroba sejtek C/N arány igénye: 5/1; rothasztott vegyes iszapé 15/1,
 - ▶ fás növényi részekkel 30-35/1 arányra kell felvinni
- ▶ Nedvességtartalom:
 - ▶ komposztálandó - optimális 40-60 tömeg%
 - ▶ kész komposzt - max. 35-45%
 - ▶ csökkentése: száraz anyagok hozzáadása vagy szárítás
 - ▶ párolgás, levegő szárító hatása
- ▶ O₂ koncentráció:
 - ▶ kedvező konc.: 5-15 tf%.
 - ▶ kisebb esetén: anaerob körülmények, bűz
 - ▶ nagyobb: hőmérséklet csökkenés, bontás lelassulása
- ▶ Hőmérséklet:
 - ▶ termofil szakasz biztosítja a patogénmentességet

Komposztálás

▶ Befolyásoló körülmények:

▶ pH:

- ▶ optimális: pH 7-8

▶ Előkezelés:

- ▶ aprítás, homogenizálás

▶ Szennyezőanyag tartalom

- ▶ toxikus fémek: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb és Zn
- ▶ visszakerülve a talaj-növény-állat-ember táplálékláncba akumulálódnak
- ▶ szerves szennyezők: poliklórozott-bifenilek (PCB), poliaromás szénhidrogének (PAH), poliklórozott-dibenzo-dioxinok (PCDD), poliklórozott-dibenzo-furánok (PCDF), klórozott peszticidek

▶ Idegen anyagok:

- ▶ pl. műanyag, kő, fémdarabok

Komposztálás

▶ Higiénia:

- ▶ szennyvíziszap, hígtrágya, ételmaradékok zöld hulladékok
- ▶ Escherichia fajok, Salmonella fajok és Legionella fajok
- ▶ 55° C-os prizma hőmérsékleten 2,5 nap kell a patogének elpusztítására
- ▶ szívósabb fajok 9 napig 60-70° C-ot is túlélnek
- ▶ spóráképző fajok: emberre nem veszélyes

▶ Nyersanyagok, segédanyagok:

- ▶ lebontással szembeni ellenállóság a következő sorrendben nő:

cukor, keményítő, fehérjék, zsírok, hemicellulózok, cellulóz, lignin és más nagy molekulájú, fenolos összetevők

- ▶ szennyvíziszap átlagos összetétele: 37% fehérje, 4.7% lipid, 2.6% cellulóz és 6.9% lignin

Komposztálás

▶ Nyitott rendszerek

▶ Passzív komposztálás

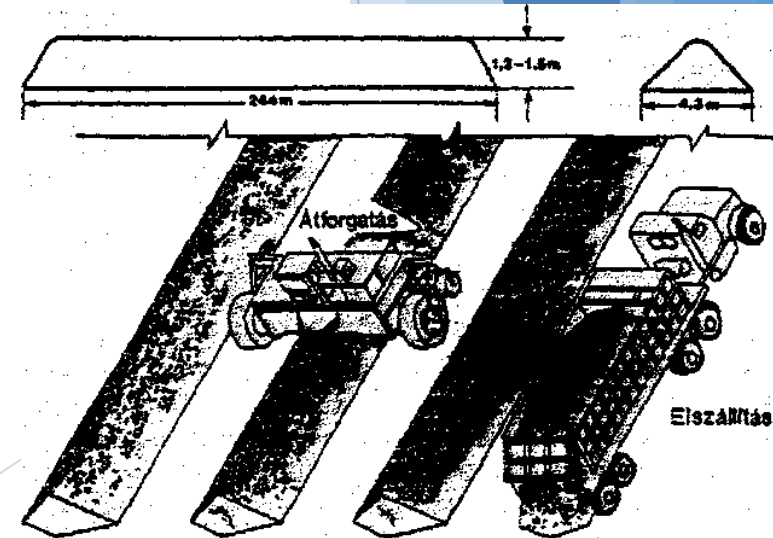
- ▶ növényi eredetű, tág C/N arányú, nehezen lebomló nyersanyagoknál használt
- ▶ nagy méretű, stabil, passzív levegőztetésű trapéz- keresztmetszetű prizmákban
- ▶ nincs beavatkozás, forgatás
- ▶ hőmérséklete 60 °C alatt marad
- ▶ kezelési idő levegőztetett prizmáknál 21 nap, utána 6-8 hetes prizmás érlelés

▶ Forgatásos prizma komposztálás

- ▶ háromszög vagy trapéz keresztmetszetű prizmák
- ▶ rendszeres forgatás, homogenizálás

▶ A komposzt rostálása

▶ Komposzt zsákolása



Szennyvíziszap termékek mezőgazdasági hasznosítása

- ▶ települési „másodlagos anyag” nem tekintendő hulladéknak
- ▶ átalakítás után primer anyagok ill. energia kiváltására vagy pótlására alkalmas
- ▶ növényi tápanyagok természeti körfolyamatába visszajuttatása
- ▶ rekultivációs célú és mezőgazdasági szennyvíziszap-komposzt hasznosítás
- ▶ hazai rendelkezések az iszap fél éves elkülönített tározását írják elő (körülményeket nem részletezik)

Szennyvíziszap termékek mezőgazdasági hasznosítása

▶ Hasznosítás kockázata:

- ▶ fertőzőképesség, fitotoxicitás, nehézfém tartalom
- ▶ potenciál: élelmiszer termelésből időszakosan kivont, energianövény termelő, vagy pihentetett területeken
- ▶ iszap nitrogén és foszfor és káliumtartalma hasznosul, szerves anyagok CO_2 -dá, humusszá alakulnak
- ▶ ásványi rész a talaj nehézfém tartalmát növeli, de a nehézfémek növényi felvétele nem jelentős (semleges, lúgos pH)
- ▶ legkönnyebben beépülő cink és réz hatása az állatra, emberre nem jelent különösebb veszélyt
- ▶ fertőtlenítése, stabilizálás fontos
- ▶ közbülső termékek - aldehidek, savak - fitotoxikusak

Szennyvíziszap termékek mezőgazdasági hasznosítása

▶ Tápanyagok, szerepük a talajban:

▶ szerves anyag:

- ▶ mikroorganizmusok stabilizálják
- ▶ lebomlása a talajban is a környezeti feltételek függvénye
- ▶ nitrogéntartalmának leadása a talajban a korával arányosan lassul
- ▶ humusz átlagos ciklusideje, vagy lebomlási sebessége a talajban 300-3000 év
- ▶ nitrogéntartalmának 10-20 %-a válik felvehetővé (mineralizáció) a kihelyezést követő évben

Szennyvíziszap termékek mezőgazdasági hasznosítása

▶ Tápanyagok, szerepük a talajban:

▶ Nitrogén:

- ▶ meghatározó tápanyag, a növények nagy sebességgel hasznosítják
- ▶ ammónium egy részét mikroorg-ok saját anyagukba
- ▶ növények: NH_4^+ , NO_3^-
- ▶ kémiai beépülés,
- ▶ ionos kötődés: a mikroorg-ok lassan nitráttá oxidálják, ez redukálódhat nitrogénné

Szennyvíziszap termékek mezőgazdasági hasznosítása

▶ Tápanyagok, szerepük a talajban:

▶ Foszfor:

- ▶ kevésbé kötött a szennyvíziszap szerves anyagához
- ▶ foszfátion talaj fémkomponenseivel könnyen képez stabil csapadékot
- ▶ sejten belül betárolt szervetlen foszfát (Mg és K vegyület - polifoszfát),
- ▶ sejten kívül keletkező magnézium-ammónium-foszfátként (MAP vagy struvit),
- ▶ sejt szerves anyagaként (szerves foszfát)
- ▶ kevésbé túlادagolható (talaj fémtartalmának P-stabilizáló hatása)

▶ Nehézfémek:

- ▶ általában iszaphoz kötött formában
- ▶ csak a talaj savasodása esetén nő az oldhatóság, lesz felvehető

Természetközeli szennyvíztisztítási lehetőségek

- ▶ Természetes öntisztulási folyamatokra alapul
- ▶ külföldön inkább utótisztításra
- ▶ Mo-on biológiai tisztítás kiváltására
 - ▶ előülepítés után
- ▶ szerves anyagok lebontását döntően ugyanúgy mikroorganizmusok végzik
- ▶ O_2 bevitel lassabb:
 - ▶ oxigén diffúzióval,
 - ▶ makrofitonok aktív oxigéntranszportjával,
 - ▶ algák fotoszintézisével
- ▶ alacsonyabb beruházási, működtetési és fenntartási költség, energiaigény
- ▶ tervezési célja többféle lehet: BOI_5 , lebegőanyag, nitrogén, foszfor, vagy nehézfém eltávolítás, vagy ezek kombinációja

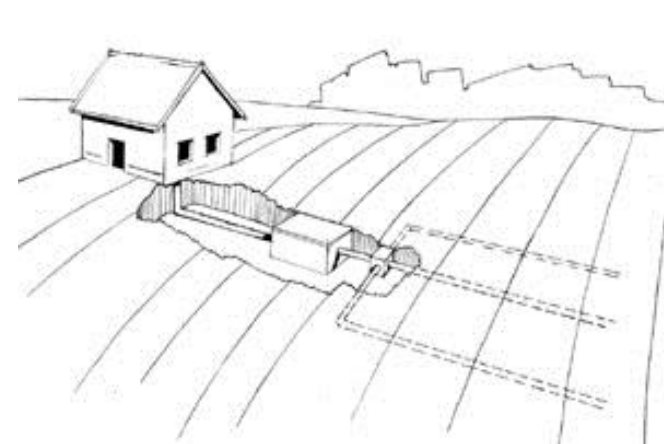
Természetközeli szennyvíztisztítási lehetőségek

▶ Szennyvízszikkasztás:

- ▶ családok, közösségek szennyvizére csatornázatlan területeken
- ▶ részei: előülepítő, biológiai előtisztítást biztosító egység, felszín alatti elosztó csőhálózat
- ▶ szerves anyag, lebegőanyag és a foszfor eltávolítása közel 100 %-os
- ▶ összes nitrogén eltávolítása kb. 40%
- ▶ megfelelő szigetelés szükséges
- ▶ tisztított víz minősége nem garantálható

▶ Szennyvízöntözés

- ▶ arid zónában elterjedt utőtisztítási eljárás
- ▶ biológiailag tisztított szennyvizet haszonnövény kultúrák öntözésére használják
- ▶ Mo-on: nyárfás szennyvíz elhelyezés
- ▶ nagy párolgás esetén elszikesedés veszélye
- ▶ talajszennyezés veszélye fennáll
- ▶ tisztított víz minősége alig ellenőrizhető



Természetközeli szennyvíztisztítási lehetőségek

▶ Talajszűrés vagy homokszűrés

- ▶ öntözéses szennyvíztisztításhoz hasonló
- ▶ talajszűrés legfontosabb célja a szennyvíztisztítás
- ▶ terhelést a talaj vízvezető képessége határozza meg
- ▶ öntözéshez hasonló: nyitott rendszer, érintkezés a talajvízzel
- ▶ homokszűrő árok, vagy mező kiváló biológiai tisztítást biztosító ellenőrzött, zárt rendszer

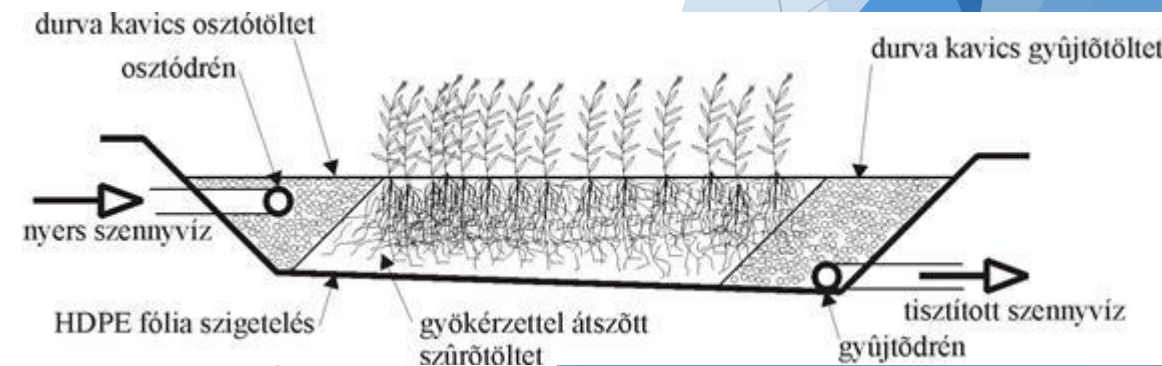
▶ Gyors beszivárogtatás

- ▶ lassú homokszűréstől a hidraulikai terhelésében tér el
- ▶ vegetáció jelenléte nem szükségszerű
- ▶ biológiailag tisztított szennyvíz utótisztítására
- ▶ üzemeltetés szakaszos, terheléses és száraz periódusok váltva
- ▶ talajvíz felé nyitott → szennyeződés veszélye
- ▶ hidraulikai terhelésük nagy
- ▶ hatékonyság megfelelő alkalmas vízzáró esetén

Természetközeli szennyvíztisztítási lehetőségek

▶ Gyökérzónás tisztítás

- ▶ egyik legelterjedtebb technológia
- ▶ földmedencében lévő, megfelelő vízvezető-képességű szilárd hordozóra (talajra, homokra, sóderre vagy kőre) vízi-mocsári növényeket telepítenek
- ▶ ülepített vagy biológiailag tisztított szennyvízhez
- ▶ vízszintes vagy függőleges folyási irányban átvezetik a szűrőágyon
- ▶ tisztított víz összegyűjtése elvezetése
- ▶ növényzet szerepe: oxigénutánpótlás, talaj vízvezető képességének megőrzése
- ▶ nád, gyékény, sás, káka
- ▶ területigény: $0,9 \text{ m}^2/\text{LE}$ -től $23 \text{ m}^2/\text{LE}$ -ig
- ▶ BOI_5 eltávolítás hatásfoka: 51-96 %
- ▶ N és P eltávolítás: 10 % - 88 %, ill. 11 - 94 %
- ▶ tervezésükre kidolgozott irányelvek vannak



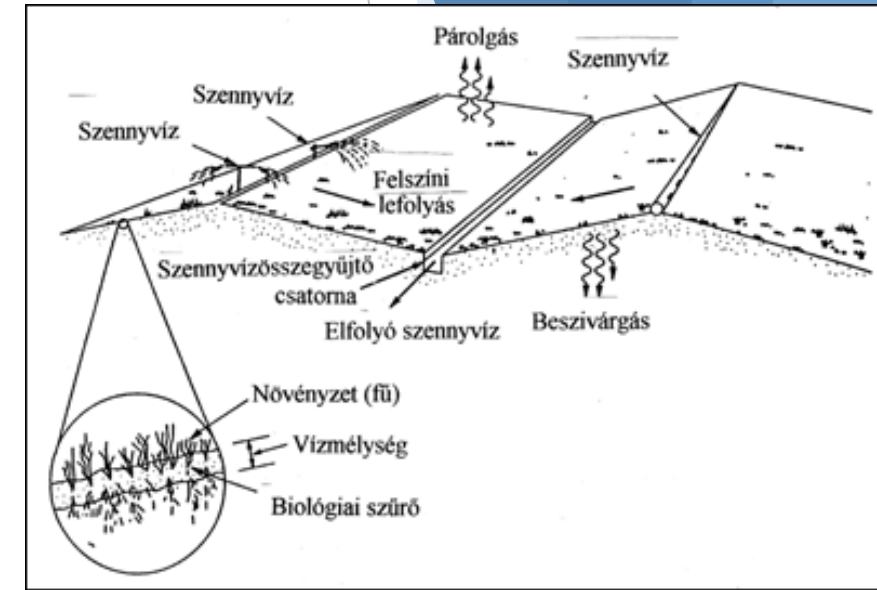
Természetközeli szennyvíztisztítási lehetőségek

▶ Csörgedeztetéses rendszer

- ▶ átmenet a szilárdalapú és vízalapú rendszerek között
- ▶ teraszos vagy lejtős terepadottságok esetén
- ▶ szennyvíz talaj fölött vékony rétegben folyik,
- ▶ kiülepedés, adszorpció, szűrés, mikrobiális átalakulás és lebomlás
- ▶ terhelése 5-10-szer nagyobb a talajszűrésnél
- ▶ BOI_5 eltávolítás jó, nitrogéné ~40%
- ▶ ha az algatartalom nagy, hatásfokuk csökken

▶ Lagúnás és stabilizációs tavas tisztítás

- ▶ széles körben alkalmazott eljárás
- ▶ kevésbé fejlett országokban önállóan alkalmazzák
- ▶ algák távolítják el a tápanyagot
- ▶ több sorba kapcsolt tavat alkalmaznak (anaerob, fakultatív anaerob, oxidációs és maturációs tavak)
- ▶ eltávolítás BOI_5 -re és KOI-ra 80 % körüli; N és P: 40-50 %,
- ▶ ált. utótisztításra van szükség



Csörgedeztetéses rendszer

Természetközeli szennyvíztisztítási lehetőségek

▶ Úszó vagy lebegő vízínövényes szennyvíztisztítás

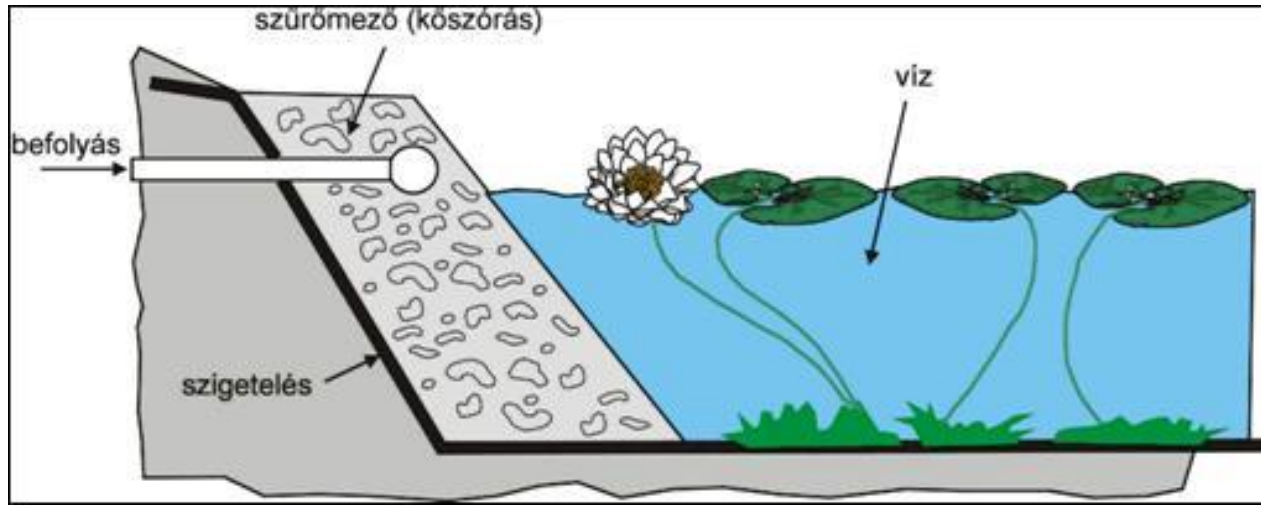
- ▶ stabilizációs tavakban az algák elszaporodása úszó vízínövények telepítésével meggátolható
- ▶ makrofitonok távolítják el a tápanyagot
- ▶ szennyvíztisztítást javítja a növények sűrű gyökérzetén rögzült baktériumtömeg
- ▶ terhelésingadozásra, eltömődésre kevésbé érzékeny,
- ▶ tápanyag-eltávolítási hatásfok BOI_5 -re 10 % - 94 %

▶ Nádasító

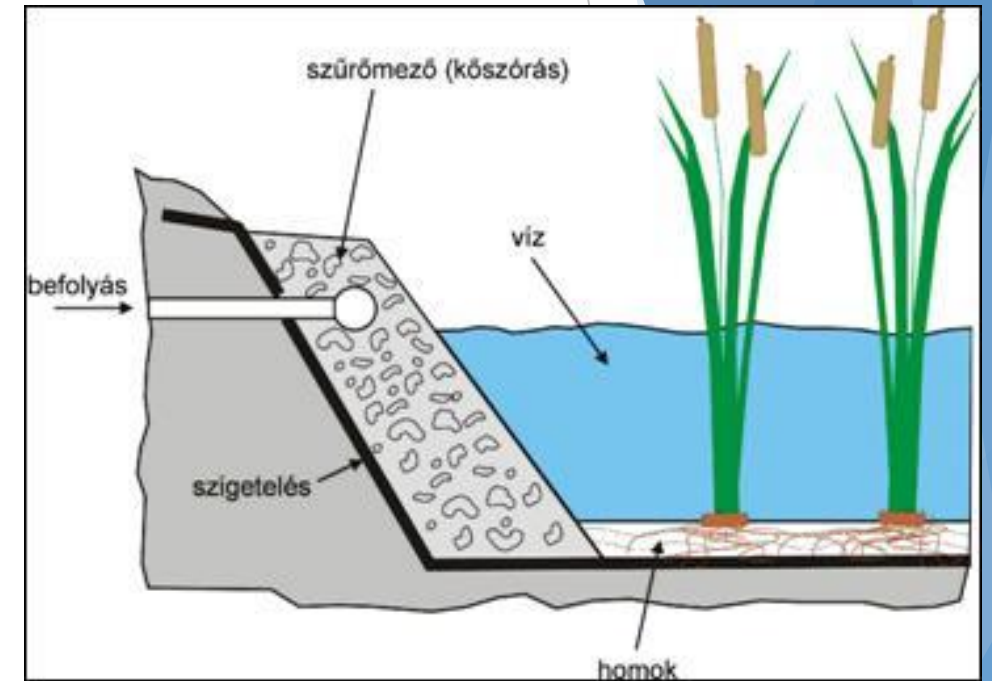
- ▶ hasonló a gyökérzónás telephez, de a vízszint a talaj felett van
- ▶ vízmélység 10-50 cm
- ▶ tisztítás a víztérben, nem a talajban
- ▶ általában a szennyvíztisztítás harmadik lépcsőjeként alkalmazzák eleveniszapos, lagúnás vagy stabilizációs tavas biológiai tisztítás után
- ▶ hatékony BOI_5 és LA eltávolítási hatásfok; N és P: ~50%
- ▶ ált. harmadik tisztítási fokozat



Természetközeli szennyvíztisztítási lehetőségek



Lebegőhínáros rendszer



Felszíni átfolyású rendszer

Természetközeli szennyvíztisztítási lehetőségek

▶ Közegészségügy:

- ▶ paraziták; baktériumok; vírusok eltávolítása
- ▶ lassú homokszűrés során a szennyvíz coliform száma 2-3 nagyságrenddel csökkenhet, az eltávolítási hatásfok 99,8 % és 100 %
- ▶ gyors beszivárogtatás hatásfoka 99,6-100 %
- ▶ stabilizációs tavak esetén a baktériumkoncentráció:
 - ▶ befolyó szennyvíz 10^6 - 10^7 i/100 mL
 - ▶ elfolyó: 10^3 - 10^5 i/100 mL
- ▶ gyökérzónás szennyvíztisztítók:
 - ▶ befolyó szennyvíz 10^2 - 10^6 i/100 mL
 - ▶ elfolyó: 10^2 - 10^3 i/100 mL
- ▶ baktériumeltávolítási hatásfoka lényegesen kedvezőbb, mint az eleveniszapos szennyvíztisztításnál
- ▶ téli szervesanyag eltávolítás csökkenése sem mondható nagy

A szennyvíziszap égetése

- ▶ Hollandiában terjedt el
 - ▶ szennyvíziszap elhelyezése veszélyezteti a talajvizet
 - ▶ lakossági szennyvíziszap 80 %-át a szénerőművekben égetik el, szénhez keverve
 - ▶ víztelenített iszapot még szárítani is kell
- ▶ Gazdaságosság a fő szempont (Mo-on talajban hasznosítás olcsóbb)
- ▶ Létesítési költsége több mint tízszerese a hagyományos elhelyezésnek
- ▶ Üzemeltetés is problémás: levegő szennyezés, salak elhelyezés gondjai