

A hazai szennyvíztisztító kapacitás reális felmérésének problémái

Kárpáti Árpád
Veszprémi Egyetem, 8200 Veszprém, Pf.:158

Összefoglalás

A hazai szennyvízgyűjtő és szennyvíztisztító kapacitások reális felmérése mind az EU csatlakozás kapcsán, mind az azzal kapcsolatosan felmerülő beruházás és költségigények pontosítása vonatkozásában rendkívül aktuális. Célszerű az a hazai befogadó határértékek már lassan egy évtizede aktuális módosításával összefüggésben is. EU ajánlás az utóbbira 1991-ben született.

Bár a közcsatorna-statisztika elkészítése is komoly feladatot jelent, annál bonyolultabbnak tűnik a szennyvíztisztító kapacitások megítélése. A hagyományos hazai differenciálás mechanikai / biológiai tisztítást és tápanyag eltávolítást különböztet meg. Sajnos az utóbbi kettő egyértelmű elkülönítését a felmérések nem pontosítják, megadásuk kívánivalókat hagy maga után. Jelen tanulmányban kísérletet teszünk az egyes fokozatok egyértelmű behatárolására, meghatározó paramétereik pontosítására, valamint javasoljuk a III. fokozat megjelölés elhagyását a tápanyag eltávolítás előtt.

Hasznos lenne a biológiai tisztítás kapacitása alatt az öt napos biológiai igénnyel (BOI₅) jellemzett szerves anyag eltávolító kapacitást megadni, míg a III. fokú tisztítás kapacitásán belül a nitrogén és foszfor eltávolító kapacitásokat külön-külön pontosítani. Még az sem ártana, ha a nitrifikáló, illetve denitrifikáló kapacitás is szétválasztásra kerülne, mert számos két izspakörös (UTB) szennyvíztisztítónál a kiépítés és üzemeltetés hatékony nitrifikációt, de csak igen korlátozott denitrifikációt tesz lehetővé. Ilyenkor a nitrogén szennyezettség ammóniumformából nitrát formába történő átalakítása következik csak be. A nitrát kibocsátása azonban eutrofizációs hatása miatt elkerülendő, mi több az EU előírásokban a nagyobb tisztítóknál az összes nitrogén kibocsátása is igencsak korlátozott. Az ismertetés részletesen áttekinti a kapacitások ilyen számításának lehetőségét, illetve az EU irányelv (271/91) átvételének a hazai tisztítóknál várható következményeit.

A klasszikus megnevezések és kialakulásuk.

A szennyvizek tisztításának első / második / harmadik fokozatú osztályozása sok évtizede alakult ki meg. Akkor leginkább a mechanikai / biológiai / kémiai tisztítási fokozatokat értették az I / II / III fokozat alatt. Az első a rácsszűrést és ülepitést, a második a biológiai oxigénigényt okozó szerves szennyezők eltávolítását, a harmadik pedig a nitrogén és foszfor tápanyagok eltávolítását jelentette. Ma már köztudott, hogy a biológiai tisztítás a szerves anyag mellett a nitrogén és foszfor hatékony eltávolítására is alkalmas. Ez a vegyszeres kezelés elhagyását, a tisztítás „szilárd hulladékaként” jelentkező szennyvíziszap kezelése során történő vegyszer szennyezésének elkerülését is biztosíthatja.

Mechanikai tisztítás

A durva-, finom-rácsszűrés, homok és zsír elválasztás (ülepités / felúsztatás), és az előülepités tartoznak ebbe a fokozatba. Mai alkalmazását az 1. ábra szemlélteti, bemutatva az egyes műveleteknél elérhető szennyezőanyag eltávolítási hatásfokokat is.

| <i>Rács</i> | <i>Homok és zsírfogó</i> | / | <i>Előülepitő</i> |
|--|--|-------------------|--|
| szigorúan mechanikai | fizikai | | fizikai (ülepités) |
| durva darabos rész eltávolítása $f(d)$ | homok elválasztása $f(v \rightarrow)$ | zsír elválasztása | durva/közepes/kevés finom lebegőanyag eltávolítása $f(v \uparrow)$ |
| biológiai terhelés csökkenése nem jelentős | biológiai terhelés csökkenése nem jelentős | | BOI ₅ terhelés csökkenése vegyszer nélkül ~20-35 %, vegyszerrel ~ 45-75 % |
| Finomrács | | | TKN eltávolítás % ~ 10 / 15-25 % ΣP eltávolítás ~ 0 / 20-100 % |
| nem szükségszerű, de különösen az előülepités elhagyásakor ajánlatos a darabos szennyeződések eltávolítására | | | kis tisztítótelepeken és N és P tápanyag biológiai eltávolításakor elhagyható |

1. ábra: A mechanikai tisztítás lépései és hatékonyságuk

A durva és finomrácsra történő szűrés a darabos részeket méretük szerint különíti el a folyadékáramból. Kommunális szennyvizek esetében az első alig eredményezi a biológiai terhelés csökkenését. Ilyen hatás még a finomrács esetében is alig számottevő. Néhány ipari szennyvíznél (hús és zöldségfeldolgozás) a finomszűrés hatása már jelentősebb lehet. Az ilyen szennyvizek kommunális telepen történő tisztítása esetén az ipari szennyvíz kezelésnek hiányában, illetőleg annak részaránya függvényében a finomszűrés hatása már jelentősebb (5-15% szerves anyag eltávolítás) is lehet.

A homok eltávolítása a homokfogóban ülepitéssel történik. Ez a többi berendezések tartós üzemeltetésének biztosításához fontos. Rendszerint zsírfogással egybekötve kerül kiépítésre. A zsír a többi szennyezőnél lassabban bomló, felúszásra hajlamos anyag lévén ugyancsak üzemeltetési problémákat okozhat. A nagyobb darabos, felúsztatható részek eltávolítása igen fontos. A tisztító biológiai terhelésének csökkentésében azonban a kommunális szennyvizeknél ez utóbbi sem jelent számottevő hányadot.

A mechanikai tisztítás utolsó fokozata, az előülepités, jelentős szerves anyag, illetőleg biológiai terhelés (BOI₅) csökkentését eredményezi a kommunális szennyvizeknél. 1,5 – 2

órás folyadék tartózkodási idő esetén a nyers víz KOI és BOI₅ értékekben mérhető szennyezettsége mintegy 25-30 %-al csökken. A medence fenekéről a kiüledő rész primer iszap formájában kerül elvételre és további feldolgozásra. Az előülepítéssel a nyers szennyvíz TKN-ben mérhető nitrogén szennyezettsége is mintegy 10 %-al csökken. A foszfor ugyanakkor a hagyományos előülepítéssel egyáltalán nem távolítható el a tisztításra érkező szennyvízből.

A primer iszap szerves anyagának, illetőleg a vele eltávolításra kerülő kisebb részarányú nitrogénnek a következő biológiai tisztítási fokozatnál biológiai terhelés csökkentő hatása van, tehát szükségszerűen megfelelő tisztítási kapacitás igény csökkenést is jelent. Ezért is vált a nagyobb szennyvíztisztító telepeken az előülepítés általánossá a korábbi évtizedekben.

Az előülepítés biológiai terhelés csökkentő hatása tovább fokozható a finom kolloid részek vegyszerrel történő egyidejű koagulációjával, flokkulációjával. A gyakorlat bizonyította, hogy mintegy 20-30 mgFeCl₃/l és 0,2 mg anionaktív polielektrolit/l adagolásával az előülepítésnél a BOI₅ csökkentés 45-65 %-ra növelhető. A vegyszerdózis további növelésével (~150-200 mg FeCl₃ / l) 70-75 %-os BOI₅ csökkentés is elérhető. Egyidejűleg a nagyobb vegyszerdózis (~ 1,5 – 2 ekv. Me³⁺/ekvivalens (PO₄)³⁻) a foszfor gyakorlatilag teljes eltávolítására is lehetőséget biztosít. A kis dózisú vegyszeres előülepítés ugyanakkor csak korlátozott foszfor-, de viszonylag jelentős szerves anyag eltávolítást biztosít.

Egyértelmű tehát, hogy nagy vegyszerdózis esetén a klasszikus III tisztítási fokozat foszfor eltávolítási lépcsője kerül előrehozatalra az I fokozat utolsó lépcsőjébe. A nagy dózisú vegyszeres koaguláltatás a TKN csökkentést is mintegy 15-25 %-ra növeli ugyan, de a visszamaradó rész eltávolítása ilyen esetben bármilyen kiépítésű biológiai rendszerrel is gondot fog okozni a denitrifikációhoz szükséges szerves tápanyag relatív hiánya, a szennyvíz kis BOI₅ : TKN aránya miatt.

További kellemetlen következménye a nagy vegyszerdózisnak a lényegesen több primer iszap keletkezése. Ennek részben a feldolgozása lesz nehezebb (nagy szervesanyag tartalom), költségesebb, részben az iszap vegyszertartalma, esetleges nehézfém kontaminációja jelenthet gondot végső maradékának elhelyezésénél. A mezőgazdasági újrahasznosítás ilyen iszapoknál rendszerint megoldhatatlan.

Az előülepítés a biológiai továbbtisztításra kerülő szennyvíz BOI₅ : N , illetőleg BOI₅ : P arányát is jelentősen csökkenti. A kisebb szerves anyag mennyiség később, a biológiai tisztításnál, a denitrifikációhoz és foszfor akkumulációhoz szükséges tápanyag csökkenését, s ezzel azoknak a folyamatoknak a korlátozását eredményezi. Az utóbbi miatt napjaink fokozódó nitrogén és foszfor eltávolítási igénye hatására a korszerű biológiai tápanyag eltávolítást biztosító tisztítóknál az előülepítés elhagyását javasolják.

Kérdéses lehet mindezek alapján mit is kell érteni a mechanikai tisztítás kapacitása alatt. Célszerű lenne már itt is elválasztani az előülepítők kapacitását a többi műveletekétől, mivel az előülepítő láthatóan akár el is hagyható. Ezzel szemben a rácsok / szűrés, valamint a homok és zsírfogó kapacitását minden esetben a maximális vízhozamra kell tervezni. Itt is kérdéses lehet azonban, hogy mekkorára becsülhető a maximális vízhozam. Egyes nyugat-európai országokban ezt a kritikus értéket - biztonsági okokból – egyesített rendszerben az átlagos vízhozam ötszöröseként írják elő a tervezéshez.

A reális felméréshez az előülepítés tényét azonban a mechanikai tisztítás részeként mindenképpen meg kell adni. Azt követően a biológiai tisztító szerves anyag terhelése már mintegy 30 %-al kisebb lesz, így annak hidraulikai terhelése ugyanilyen mértékben növelhető. Az előülepítő méreteinek pontosítása azért szükséges, mert az határolja be, hogy valójában mennyi nyers szennyvíz előülepítésére képes, illetőleg mennyi szennyvízre vonatkozóan lehet a biológiánál a megnövelt hidraulikai kapacitással számolni, ha az adatok megadására a hagyományos hidraulikai kapacitás formájában van szükség.

A biológiai szennyvíztisztító pontos kapacitását mindig az arra érkező szennyvíz átlagos szerves anyag, vagy BOI_5 szennyezettsége, tápanyagterhelése ismeretében kell megadni. A hidraulikai kapacitás meghatározásához azután a szennyvízhozam ismerete szükséges. A biológiai rendszer kapacitása tehát elsődlegesen a tápanyagellátás függvénye, s csak másodlagosan a hidraulikai terhelésé. A továbbiakban ennek ellenére a biológiai kapacitások becsléséhez mindig nyers, előülepítetlen szennyvízre érvényes fajlagos értékek kerülnek megadásra. Megfelelő előülepítés esetén ez az érték mintegy 30 % százalékkal növelhető.

Biológiai úton történő szerves anyag eltávolítás

A szennyvíz biológiai tisztítása során részben szerves anyag szennyezettségének (BOI_5), részben ammónium, szerves nitrogén, nitrát, valamint foszfor tartalmának eltávolítására, iszapba történő beépítésére, akkumulációjára kerül sor. A tisztítás során végbemenő átalakításokat, valamint az azokat végző mikroorganizmus (MO) csoportokat a 2. ábra mutatja be. Ugyanott a tisztítás technológiájának kialakítása, a biológiai átalakítás és az eleveniszap (élő mikroorganizmusok, elhalt sejtek maradványai, adszorbeált szerves anyagok és kiszűrt szilárd ásványi részek együttese) elválasztása, recirkulációja, illetőleg a fölősiszapnak az elvétele is jól látható.

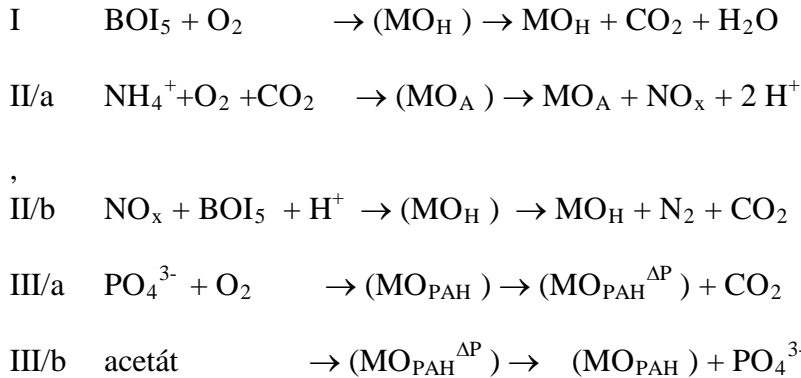
Ha a biológiai tisztítás csak szerves anyag eltávolítást végez, a levegőztető medence viszonylag nagyobb relatív szerves anyag (BOI_5) terheléssel, s ennek megfelelően arányosan nagyobb hidraulikai terheléssel is üzemeltethető. A szerves anyagok oxidációja és iszapba történő beépítése során a mikroorganizmusoknak szükséges mennyiségű nitrogén és foszfor beépítésére, vizes fázisból történő eltávolítására is sor kerül. Az ilyen tisztításnál a szekunder iszap fajlagos hozama mintegy 0,8 kg iszap szárazanyag / kg BOI_5 körüli érték. Az iszapban a nitrogén tartalom 5,5-6,5 %, míg a foszfortartalom mintegy 1,5 % körüli érték. Ezekkel a fajlagos értékekkel kiszámítható, hogy a biológiai tisztításra kerülő szennyvíz TKN és összes foszfor tartalmának is mintegy kétharmada – háromnegyede a vizes fázisban marad.

A biológiai tisztítás szerves anyag (BOI_5) eltávolító kapacitását azonban nem csak az eleveniszapos rendszereknél, de a számos helyen üzemelő csepegtetőtestes tisztítóknál is ki kell tudni, számítani. Az eleveniszapos rendszereknél az is előfordulhat, hogy levegőellátásuk képezi a tisztítóképesség szűk keresztmetszetét. Ilyenkor az adott levegőztető térfogat csak a rendelkezésre álló oxigén beviteli kapacitásnak megfelelő mennyiségű szerves anyag, vagy azt tartalmazó szennyvíz tisztítására alkalmas. A szerves anyag eltávolító kapacitás becslésének lehetőségét ilyen felosztásban részletezi a 3. ábra.

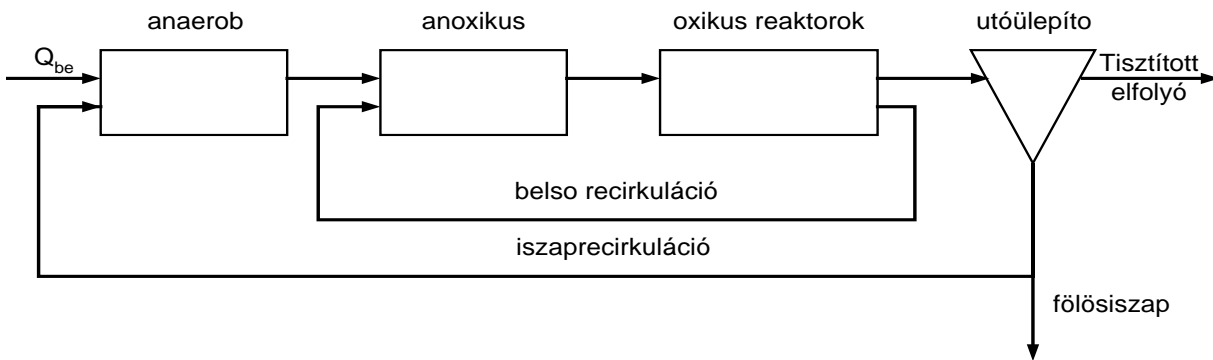
Mint a korábbiakból kitűnik, a szerves anyag hatékony eltávolítása a mechanikai vagy biológiai tisztításnál önmagában még nem jelenti a nitrogén és foszfor tápanyagok hasonló eltávolítását is. Ezek eltávolítása a szennyvíz régebbi megnevezés szerinti harmadfokú, vagy utótisztítása során lehetséges.

Biológiai átalakítás

Fázis szeparáció



a mindezeket az átalakításokat végző mikroorganizmusok (heterotrof -H-, autotrof -A-, többletfoszfor akkumuláló heterotrof -PAH-) elválasztása a vizes fázisból, illetve recirkuláltatása



| | | | | | |
|--|--|--|--|---|--------------------------------|
| III/b | II/b | I + II/a + III/a | | | |
| Foszfor leadás / acetát felvétel (PHB) | denitrif., NO _x red./ BOI ₅ beépítés | BIO ₅ beépítés sejtekbe oxigénnel | nitrifikáció NH ₄ ⁺ oxidáció +CO ₂ beépítés | összes foszfát felvétele polifoszfat energiával | MO szeparáció a vizes fázisból |
| $f(V_{ana}/V_{ox})$ | $f(V_{anox}/V_{ox})$ | $f(V_{ox})$ | $f(V_{ox})$ | $f(V_{ox})$ | $f(v\uparrow)$ |
| ----- továbbá $f(O_2)$ | | | | | |

2. ábra: Az eleveniszapos biológiai tisztítás átalakításai, szereplői és technológiai sorba rendezésük.

BOI₅ eltávolító kapacitás becslése eleveniszapos rendszereknél

A, ha van elég oxigén a teljes BOI₅ szennyezettség eltávolításhoz,

a levegőztetett reaktortérfogat a tisztítókapacitás meghatározója

$L_{sp} \sim 0,3 \text{ kg BOI}_5 / \text{kg iszap sz.a.} * d$

$\Theta_c \sim 3-5 \text{ d}$

$X \sim 3 \text{ g/l}$

Kapacitás:

$\sim 1 \text{ kg BOI}_5 / \text{m}^3 \text{ levegőztető térfogat} * d$

$\sim 15-17 \text{ LE} / \text{m}^3 \text{ levegőztető térfogat} * d$

$\sim 2,5-3 \text{ m}^3 \text{ kommunális szennyvíz} / \text{m}^3 \text{ levegőztető térfogat} * d \text{ (városi)}$

~ 1,5-2 m³ kommunális szennyvíz / m³ levegőztető térfogat * d (falusi tisztítóknál)

B, ha a levegőztetés a szűk keresztmetszet

Az oxigén-beviteli teljesítmény a tisztítóképesség meghatározója

Kapacitás: (ekkor 1 kg oxigén maximálisan kg BOI₅ átalakítására elég)
1 kg O₂ ~ 1 kg BOI₅, illetőleg 1 kg O₂ ~ 15-17 LE
~ 2,5 – 3 m³ kommunális szennyvíz / kg bevitt oxigén * d (városi)
~ 1,5 – 2 m³ kommunális szennyvíz / kg bevitt oxigén * d
(vidéki szennyvíztisztítóknál)

BOI₅ eltávolító kapacitás becslése csepegtetőteszt rendszerknél

Ezeknél megfelelő kiépítésnél és üzemeltetésnél az oxigénbevitel nem limitáló

Megengedhető terhelés: 0,4-0,6 kg BOI₅ /m³ üzemeltetett töltettérfogat * d

nagyobb relatív terhelésnél az utóülepített víz nagyobb lebegő iszap tartalma határérték fölé viheti a tisztított víz KOI értékét

3. ábra: BOI₅ szennyezettség eltávolító kapacitás becslése a biológiai tisztításnál

Nitrogén és foszfor eltávolítása a szennyvizek tisztításánál

Öllös professzor 1995-ben a szennyvíztisztító telepek üzemeltetéséről készített két kötetes alapvető fontosságú áttekintője (II kötet 41-100. old) ide sorolja az ammónium, a nitrát és a foszfor eltávolítását. Igen meggyőzően mutatja be ugyanott ezeknek a szennyezőknek a káros hatását a befogadókra. A szennyvíz utótisztítási, vagy nitrogén és foszfor eltávolítási lehetőségei között a fizikai-kémiai és biológiai módszereket hasonló pontossággal, de meglehetősen összevontan ismerteti. Napjaink gyakorlatában azok egyértelműbben szétválaszthatók. Elmondható, hogy az ammónium strippelésének, ioncserével, vegyszeres kicsapattal vagy törésponti klórozással történő eltávolításának a kommunális szennyvizek tisztításában nincs gyakorlati jelentősége. Ugyanez igaz a nitrát ioncserével történő eltávolítására is.

A nitrogén eltávolítása napjainkban egyértelműen biológiai szennyvíztisztítási feladattá vált. A foszfor teljes mennyiségének biológiai eltávolítására az esetek többségében ma már szintén lehetőség nyílhat. A szükséges rendszerkiépítés, vagy a tisztítandó szennyvíz megfelelő arányú szerves tápanyagának hiányában azonban sok helyütt vegyszeres foszforeltávolítás is történik. Napjaink ammónium, nitrát és foszfát eltávolításának gyakorlatát foglalja össze a 4. ábra.

| NH_4^+ | NO_x^- | PO_4^{3-} | PO_4^{3-} | | |
|--|-----------------|---------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
| Eleveniszapos tisztítása | | | Kémiai eltávolítása | | |
| Nitrifi-Denitrifikáció | | Biológiai többlet P eltávolítás | Fe^{3+} pH ~ 7-8 | Al^{3+} pH ~ 6,5-7 | Ca^{2+} pH ~ 10 |
| Biztosított biológiai átalakítások függvénye (V_{ana} , V_{anox} , V_{ox} , Θ_c) | | | Kémiai kicsapás | | |
| Kombinált (film/eleveniszapos) rendszereknél nitrif lehet elkülönített, de nitrif / denitrif. is lehet elkülönített | | | elő | szimultán | utó |
| Hatékony biológiai P eltávolítás ilyenkor is kiépíthető az eleveniszapos rendszerben | | | primer iszapba 40-60% BOI ₅ elt. | szekunder iszapba | + fázis-szeperáció kell |
| | | | iszatérf. alig nő | 10-25% iszaphozam növekedés | iszatérf. alig nő |
| | | | (vegyszeres iszap) vegyszer iszap | | |
| | | | Nem kell biológiai kapacitás növelés, csak vegyszer-adagolás (üzemelt. költség) a III fokú tisztítás itt csak elhatározás kérdése | | |

4.ábra: Nitrogén és foszfor eltávolítása a szennyvíz tisztítása során

Nitrifikációs kapacitás becslése

Egy iszapkörös rendszereknél eleveniszapos és rögzített filmes esetben is a nitrifikáció csak akkor biztosítható, ha az iszap relatív szerves tápanyag ellátása olyan kicsi, hogy a belőle keletkező heterotrof iszaphozam egyensúlyban tartható az ammóniát oxidáló autotrof szervezetek iszapprodukciónak. Ilyenkor az utóbbiak nem mosódnak ki az iszapfázisból. Az eleveniszap a szerves anyag eltávolításához (3. ábra) képest csak mintegy 2-3-szor kisebb relatív szerves tápanyag ellátottsága esetén lehetséges. A tervezés fő paramétereit és fajlagos értékeit eleveniszapos, csepegtetőtes és hibrid rendszerekre az 5. ábra összegzi.

Több iszapkörös eleveniszapos rendszerekben a táblázat számítása nem érvényes, ott az első körben továbbra is megtartható a nagy relatív BOI₅ terhelés, míg a sokkal kisebb szerves tápanyag ellátású második lépcsőben szükségszerűen a nitrifikáció válik dominánssá, mint ahogy a csepegtetőtes B változatánál az 5. ábrán is látható.

NH₄-N eltávolító kapacitás becslése az eleveniszapos rendszereknél

A TKN 20-30 %-át maga a fölősiszap is elviszi!

Egyebekben O₂ ellátásnak bőségesnek kell lenni a BOI₅ és NH₄-N eltávolításra is!

(oldott oxigén koncentráció nitrifikációhoz átlagosan > 1-1,5 mg O₂/l kell a levegőztetőben)

Kommunális szennyvizek esetén: $\Theta_c \sim 10$ d (közepes nagyságú telepek téli üzembiztonságára is számolva)

Javasolt iszapterhelés:

$$L_{sp} < 0,1 - 0,15 \text{ kg BOI}_5 / \text{kg iszap szárazanyag} * d \quad \Theta_c \sim 10 \text{ nap}$$

$$X \sim 4 \text{ g/l}$$

Javasolt biológiai terhelés:

$$L_{sp}^V \sim 0,4 \text{ kg BOI}_5 / \text{m}^3 \text{ levegőztető térfogat} * d$$

$$\sim 6-7 \text{ LE} / \text{m}^3 \text{ levegőztető térfogat} * d$$

$$\sim 1-1,2 \text{ m}^3 \text{ kommunális szennyvíz} / \text{m}^3 \text{ levegőztető térfogat} * d$$

NH₄-N eltávolító kapacitás becslése a csepegtetőtestnél

A, ha a biofilm végzi egyidejűleg a szerves anyag eltávolítást is,

$$\text{megengedhető terhelés: } < 0,2 \text{ kg BOI}_5 / \text{m}^3 \text{ (üzemeltetett töltettérfogat)} * d$$

B, ha a biofilm csak nitrifikációt végez (második lépcső)

megengedhető terhelés a nitrogénterhelésre számítandó

$$\sim 0,2-0,3 \text{ kg NH}_4\text{-N} / \text{m}^3 \text{ (üzemeltetett töltettérfogat)} * d$$

NH₄-N eltávolító kapacitás becslése hibrid rendszereknél

$$\text{megengedhető terhelés: } < 0,3-0,4 \text{ kg BOI}_5 / \text{m}^3 \text{ (levegőztetett térfogat)} * d$$

de függ a vízben levő töltet felületétől is

Eleveniszapos és hibrid rendszerek hidraulikus terhelése kisebb fajlagos vízfogyasztású vidéki térségekben csak a feltüntetett érték kétharmadára tervezhető.

5. ábra: NH₄-N eltávolító kapacitás becslése a biológiai tisztításnál

Denitrifikációs kapacitás becslése

A nitrifikáció eredménye a nitrát és sav termelése. Mindkettő kritikus. Az első tápanyag, és veszélyforrás a csecsemőkre. A második leállíthatja a nitrifikációs folyamatokat. A pH visszaállításáról, illetőleg az eleveniszapos, vagy filmes rendszer neutralitásáról ezért gondoskodni kell azokban az esetekben, amikor a szennyvíz puffer-kapacitása a keletkező sav semlegesítésére nem elegendő. Maguknak a nitrifikáló / denitrifikáló rendszerek denitrifikációs kapacitásának a becslése az elődenitrifikációs változatra a 6. ábrán összefoglalt elveknek megfelelően történhet.

Előfeltétele technológiában: NH₄-N oxidációja (nitrifikáció)
Anoxikus térfogat keveréssel, vagy cikl. levegőztetéssel
Térben cikl. rendszereknél nitrátos víz recirkulációja
(R_b)

Előfeltétel a paraméterekben: V_{anox} / V_{ox} ~ 0,3-0,45 Θ_c ~ 14-15 d
R_b(max) ~ 4-5
L^V_{sp} ~ 4-5 LE / m³ összes medencetérfogat * d
~ 0,7-0,8 m³ szvíz / m³ összes medencetérfogat * d

Hatásfok: (magában az oxikus részben is rendszerint mintegy 15-20%)

$$\eta_{\text{den}} = \frac{R_i + R_b}{1 + R_i + R_b} + 15 \quad (\%)$$

ahol R_i az iszaprecirkulációs arány (Q_i / Q_{be})
R_b a belső recirkulációs arány (Q_b / Q_{be})

Denitrifikáció a levegőztető medencében ciklikus levegőztetés esetén:

ekkor R_b = 0

$$\eta_{\text{den}} = \frac{t(\text{anox})}{t(\text{teljes ciklus})} + 15 \quad (\%)$$

Az elődenitrifikációnál a denitrifikáció általában 70-80 % -os, ami részben a nyers szennyvíz tápanyag összetételének is függvénye (BOI₅ : TKN arány)

Elárasztott hibrid rendszereknél a becslés alapelvei megegyeznek a fentiekkel

Eleveniszapos és hibrid rendszerek hidraulikai terhelése kisebb fajlagos vízfogyasztású vidéki térségekben csak a feltüntetett érték kétharmadára tervezhető.

6. ábra: NO₃⁻ eltávolító kapacitás becslése egy iszapkörös kommunális tisztítóknál

A heterotróf mikroorganizmusok hatékony denitrifikációjának alapfeltétele a 6. ábrában is feltüntetett megfelelő szerves tápanyag ellátottság, továbbá az oxigén hiánya a denitrifikáló térben, vagy ciklusban. Megfelelő mennyiségű tápanyag hiányában a denitrifikáció csak az igen lassú endogén lizis sebességével lehetséges, mivel az biztosít csak szerves tápanyagot a nitrát redukációjához.

Biológiai foszfor-eltávolító kapacitás becslése

A 2. ábra is mutatta, hogy hatékony biológiai foszforeltávolítás csak a medencesor elején kialakított anaerob reaktorterek esetén biztosítható. A 7. ábra ennek előfeltételeit tovább pontosítja, illetőleg megadja, hogy anaerob reaktorszakasz nélkül és azzal kiegészítve egy eleveniszapos rendszer milyen foszformennyiség eltávolítására képes.

Biológiai foszfor eltávolítás

Előfeltétele: az anaerob reaktor, vagy medenceszakasz a reaktorsor elején

Lehet független a nitrifikáció / denitrifikációtól! (csak szerves anyag eltávolítás)

Biztosítható a szakaszos betáplálású (SBR) rendszereknél is.

A hagyományos biológia iszapjának 1,5 %-os foszfor tartalmával szemben (ami a hazai szennyvizek foszfortartalmának csak a harmadát viszi magával) az anaerob / anoxikus / oxikus terek kombinációjánál a keletkező iszap 4-6 % foszfortartalma 1-2 mg határértékig biztonsággal eltávolítja a szennyvíz foszfor tartalmát.

Az utóülepítés meghatározó a lebegőanyaggal történő foszforkihordás miatt!

Hatékonysága: az anaerob térfogat arányának és a tisztítandó szennyvíz acetát vagy kis móltömegű illósav tartalmának függvénye

$$V_{\text{ana}} / V_{\text{ox}} \sim 0,1$$

Iszapkor igénye: $\Sigma \Theta_c \sim 17-20 \text{ d}$ (+ nitrifikáció és denitrifikáció esetén)

$$L_{\text{sp}} \sim 0,06-0,08 \text{ kg BOI}_5 / \text{kg iszap sz.a.} \cdot \text{d (ana+anox +ox)}$$

$$\sim 5-6 \text{ LE} / \text{m}^3 \text{ összes eleveniszapos medencetérfogat} \cdot \text{d}$$

$$\sim 0,8-1 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ összes eleveniszapos medencetérfogat térfogat} \cdot \text{d}$$

$$\Sigma \Theta_c \sim 5-6 \text{ d} \quad \text{(csak BOI és foszfor eltávolítás esetén)}$$

$$L_{\text{sp}} \sim 0,2-0,25 \text{ kg BOI}_5 / \text{kg iszap sz.a.} \cdot \text{d} \quad \text{(ana+anox +ox)}$$

$$\sim 13-14 \text{ LE} / \text{m}^3 \text{ összes eleveniszapos medencetérfogat térfogat} \cdot \text{d}$$

$$\sim 2-2,5 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ összes eleveniszapos medencetérfogat térfogat} \cdot \text{d}$$

Eleveniszapos és hibrid rendszerek hidraulikai terhelése kisebb fajlagos vízfogyasztású vidéki térségekben csak a feltüntetett érték kétharmadára tervezhető.

5. ábra: Biológiai foszfor eltávolítás becslése az eleveniszapos rendszereknél.

A foszfor bőséges felvételét az anaerob szakasz után tulajdonképpen már az anoxikus szakaszban megkezdik a mikroorganizmusok, de az csak az aerob szakaszban válik teljessé. Azt is megfigyelték, hogy a csak anaerob / oxikus rendszer másfélszer annyi foszfort tud eltávolítani a fölösiszap mennyiségére számítva, mint az anoxikus szakasszal, vagy ciklussal is rendelkező. Ezt a közelítő becslésnél nem érdemes figyelembe venni, hanem eleve a kisebb iszap foszfortartalomra kell tervezni a biztonság érdekében. Abban az esetben, ha szerves tápanyag (megfelelő részarányú acetát) hiányában, vagy technológiai hiányosságok miatt (mint például sok nitrát visszaforgatása az anaerob térbe) a foszforeltávolítás nem megfelelő, a szimultán vegyszeradagolás a legegyszerűbb korrekciós lehetőség. Ilyenkor a 4. ábrának megfelelően valamelyest nő az iszaphozam, de a tisztított víz foszforkoncentrációja a határérték alá szorítható.

A vegyszeres foszforkicsapatás vegyszerigényének becslése

A biológia foszforeltávolítás mellett - vagy azt követően - is szükség lehet a foszfor vegyszeres kicsapatására. Ezért a szükséges vegszermennyiség számítása is fontos igényként jelentkezhet. Ez a korábban már említett egyenértékű aránynak megfelelően lehetséges. Egy mól PO_4^{3-} eltávolítására, ami 32 g P eltávolítását jelenti, elvileg egy mól Fe^{3+} , vagy Al^{3+} szükséges. A vas és alumínium azonban a foszfát mellett hidroxid csapadékot is képez, ezért célszerű 100 % reagens felesleggel végezni a kicsapatást. Ez azt jelenti, hogy például a vas-III-klorid esetében 32 mg P eltávolításához 325 mg kristályvízmentes vegyszer szükséges, tehát 1 mg P eltávolításához csaknem 10 mg. Vas-III-szulfát esetében ez az arány még valamivel nagyobb. Alumínium szulfát esetén 1 mg P eltávolításához elméletileg ugyancsak 10 mg körüli, míg poli-alumínium-klorid esetén ennek csak mintegy 40%-ának megfelelő vízmentes vegyszerre van szükség. A gyakorlatban persze a hazai határérték eléréséhez nem kell 100 % vegyszerfelesleget használni, így a fenti vegyszerdózis igény valamelyest csökken.

A keletkező foszfát és hidroxid csapadék stöchiometrikus mennyiségeit figyelembe véve a kicsapatáskor keletkező iszapmennyiség is számítható. Mint látható ez mindig a vegszerrel kicsapott foszfor mennyiségével, illetőleg a felhasznált vegyszerdózissal arányos. Pontosítható ez a mennyiség arra az esetre is, amikor a foszfor kicsapatása az utóülepített vízből történik, s a keletkező iszapot ismételt fázis szeparációval, esetleg homok-, vagy egyéb szűrővel távolítják el.

Reális felmérés lehetősége a hazai szennyvíztisztítási helyzetéről

Mint a 4. ábra is mutatja, az ammónium, a nitrát és a foszfát eltávolításának biológiai módszerét - attól függetlenül, hogy azt korábban az utótisztítás, s ilyen értelemben a III fokú tisztítás kategóriájába sorolták - kategóriába sorolás nélkül, biológiai tisztításként célszerű tárgyalni. Ennek megfelelően felül kell vizsgálni, hogy az egyes hazai szennyvíztisztító telepeinken a „biológiai tisztítás” megnevezés mit is takar. Külön-külön célszerű megadni a tisztítórendszer pontos típusát, vagy kiépítettségét, és hozzá az egyes reaktortérfogatokot, hogy ne legyen félreértés a kapacitás behatárolásában. A rendszer hatékonyságának megadása az egyes komponensek eltávolítását illetően (befolyó és tisztított víz koncentrációk), különösen a téli időszakra vonatkozóan, ugyanúgy jellemezheti a rendszert.

Az eddigi hazai felmérések mindig a tisztítók névleges hidraulikai kapacitása és tényleges hidraulikai terhelése megadásával minősítették a leterheltséget. Az EU vizsgálatok ilyen tekintetben nem a hidraulikai, hanem a biológiai terhelést, illetőleg tisztítókapacitást tekintik irányadónak. Eszerint állapították meg a tisztítók besorolását s a tisztítás határértékeit is. A javasolt határértékeket az 1. táblázat, várható hatását a hazai tisztítóknál a 8. ábra mutat be.

1. táblázat: Az EU irányelvei a kommunális szennyvíztisztítók hatékonyságára
(határértékek a tisztított szennyvízre)

| EK 271/91 | | Lakos egyenérték osztály /LE - 60/ | | |
|--------------------------|--------|------------------------------------|---------------------|-------------|
| Kategória | | 1 | 2 | 3 |
| Jellemzők | (mg/l) | < 10 000 LE | 10 000 – 100 000 LE | >100 000 LE |
| BOI ₅ | | 25 | 25 | 25 |
| KOI | | 125 | 125 | 125 |
| Összes lebegő anyag -TSS | | 60 | 35 | 35 |
| Összes nitrogén -TN* | | - | 15** | 10 |
| Összes foszfor -TP | | - | 2 | 1 |

* - TN = TKN + NO₃-N + NO₂-N ahol TKN = szerves N + NH₄-N

** - vízhőmérséklet > 12 °C esetén

Tisztítási igények Magyarországon az EU 271/91 sz. javaslat elfogadásakor

Nagy települések:

Teljes BOI eltávolítás / nitrifikáció / denitrif. / P eltávolítás
mindig mindig mindig mindig

Kis települések:

Teljes BOI eltávolítás. / nitrifikáció / denitrif. / P eltávolítás
mindig csak nyáron/ csak nyáron / csak érzékeny területen egyedi igény

Hogyan érinti ez a hazai szennyvíztisztítás korábbi szereplőit

Eddig kedvezmény volt a nagy tisztítóknak a kicsik rovására (III-VI kat.)

Jövőben szigorítást jelent a nagy tisztítókat illetően, bár a legnagyobbak (50 ezer LE feletti terhelésűek) erre elég jól rá vannak készülve

Szigorítás lesz a közepes telepeken(10 – 50 ezer LE közöttieknek – ~ 1,5 – 6 ezer m³/d - terhelésűek)

de csak 12 °C vízhőmérséklet meghaladása esetén, nitrifikáció / denitrifikáció tekintetében, amikor < 15 mg ÖN /l lenne a határérték

2 mg összes P/l ezeknél mindenhol javasolt!

Könnyítés lesz a kis tisztítóknál (kisebb 1,5 e m³/d)

(ahol a különleges érzékenység miatt nem lesz egyedi határérték)

egyébként KOI < 125 mg/l kell legyen és nitrifikációra, ill. összes foszforra nem lesz határérték

6. ábra: Az EU ajánlat bevezetésének következményei hazánk szennyvíztisztításnál

A 8. ábra megállapításai azonban csak tendenciájukban érvényesek. Számos hazai tisztítómű esetében a pontatlan számítás pontatlan kapacitás megadást eredményezett. Igen sok tisztítómű esetében az 1999 végén készített statisztikai felmérés biológiai tisztítókapacitás adatánál nem tisztázható, mit is takar. Különösen igaz ez azokban az esetekben, ahol III. fokozatú tápanyag eltávolító kapacitásként nincs semmi jelölve, pontosabban nullának tekinti azt, ugyanakkor az üzemeltetési adatok szerint esetenként teljes nitrifikáció, egészen hatékony denitrifikáció, sőt számos esetben nem csak jelentős, de szinte teljes mértékű foszfor eltávolítás tapasztalható. A hiányosság megszüntetésére, a jelenlegi szennyvíztisztítás helyzetének pontosabb megítélésére mindenképpen célszerű lenne egy újabb, a fenti szempontokat is figyelembe vevő felmérés készítése hazánkban. Ennek elkészítése a 2. táblázatban feltüntetett adatlap telepenkénti kitöltésével, s az adatlapok megfelelő feldolgozásával kivitelezhető lenne.

2. táblázat: Aktuális üzemi kapacitások felmérésének minimális adatszükséglete a szennyvíztisztításnál

Üzem neve:

Telephelye: (helység):

A tisztítás technológiai sémája:
Határérték a befogadójukra: kategória, vagy egyedi határértékek: kat. /.....

Befolyó szennyvíz átlagos napi mennyisége (m³/nap):

A befolyó szennyvíz ipari részaránya (%):

A tisztítóba érkező szennyvíz és annak tisztított elfolyó vízének az átlagos jellemzői (mg/l):

| | Érkező | Tisztított |
|------------------------------|--------|------------|
| KOI | | |
| BOI ₅ | | |
| NH ₄ -N | | |
| NO ₃ ⁻ | | |
| Összes P | | |

Térfogatok (m³): / / / /
Levegőztető / anoxikus / anaerob / oxikus iszapstabilizáló / anaerob iszaproth.
Előülepítő / utóülepítő /

Technológiai paraméterek:
Átlagos iszapkor nyáron / télen (d):/.....
Maximális levegő / oxigén beviteli kapacitás (kg O₂ /d):
Oldott oxigén koncentráció-szabályozás a levegőztetőben (mg DO/l):-.....
Iszap és belső recirkulációs arány, ha ilyenek vannak: R_i=; R_b=
Levegőztetés ciklizálás megoldása, ha ilyen van (időciklusok, vagy mód):

Téli minimális vízhőmérséklet a medencékben (°C):

Egyéb információ:

- Jelentkezik-e téli nitrifikációs hiányosság?
- Denitrifikációs probléma van-e az üzemben?.....
- Biológiai többletfoszfor eltávolítási probléma van-e az üzemben?
- Iszapvízből foszforkicsapódás van-e az üzemben?.....
- Iszap víztelenítés típusa és a víztelenített iszap koncentrációja (% sza.):
- Anaerob iszaprothasztás gázának hasznosítása – típusmegjelölés:
- Komposztálás van-e az üzemben?
- Komposzt értékesítésének módja?

Az adatmegadás dátuma:

A közeljövő feladatai közé tartozik az EU irányelvvel harmonizáló szennyvíz befogadó határérték hazai rendszerének kidolgozása, a rendelkezésre álló tisztító kapacitások és üzemeltetésük pontos felmérése, majd azt követően a reális fejlesztési-, és költségigény behatárolása. Valamennyi nagyságkategóriába tartozó szennyvíztisztítónk esetében hiányos a jelenleg rendelkezésre álló felmérés. Ezzel tisztítókapacitásunk hazai és külföldi megítélése is negatív irányban tolódhat el, ami napjainkban egyáltalán nem lehet kedvező.