

CSTR reaktorok és kontakt eljárások ipari szennyvizek anaerob kezelésére

Összeállították: Jakab Johanna, Németh Judit és Sebő Gabriella

Kroiss, H – Svardal, K. CST reactors and Contact Processes in Industrial Wastewater Treatment (In: Biotechnology 2nd Ed. V. 11a, Wiley, 1999, 479-492) c anyaga alapján

Rövidítések:

BOI	biológiai oxigénigény
KOI	kémiai oxigénigény
CSTR	tökéletesen kevert tank reaktor
ESP	főlösiszap termelés
HRT	átlagos hidraulikus tartózkodási idő
MCRT	átlagos iszapkor (szerves lebegő anyagra)
MLSS	az iszapkeverék lebegőanyag tartalma (szárazanyaga)
MLVSS	az iszap szárazanyag tartalmának szerves része (izzítási vesztesége)
SRT	átlagos iszapkor (összes lebegőanyagra)
TKN	összes Kjeldahl-nitrogén
TOC	összes szerves szén
UASB	felfele áramló folyadékos anaerob iszapréteg
VSS	a lebegőanyag tartalom szerves(illó) része

1. Az anaerob reaktor konfigurációjának értelmezése

A CSTR (tökéletesen kevert tank) reaktorok és a kontakt eljárások egyaránt jellemző tulajdonsága a biológiai reaktor tökéletes átkeveredése. Ilyen körülmények könnyen elérhetők a folyadékfázisra vonatkozóan, azonban szilárd fázisra ez már nem áll fenn. A szennyvíz összetételétől függően nem lehet előre megjósolni a reaktorra a szilárd fázis (anaerob iszap) tökéletes átkeveréséhez szükséges energiaigényt. A gyakorlatban azonban van egy átmeneti tartomány a CSTR és a felfelé áramoltatott folyadékos töltetes rendszereknél (mint az iszapréteges anaerob reaktorok), ahol a folyadék fázis szinte tökéletesen átkeveredik, míg a szilárd fázis nem (ATV, 1990).

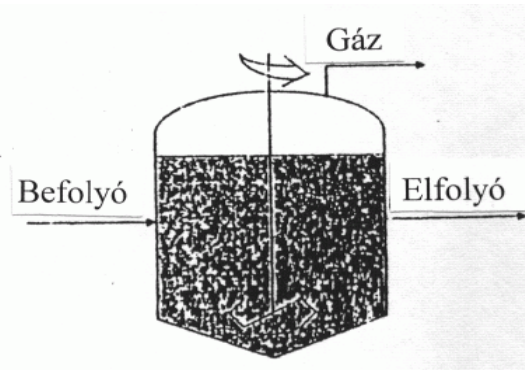
A tökéletesen kevert reaktorok természetesen szilárd hordozóval (pl: műanyagháloval, vagy szilárd szemcsés hordozóval a rögzített film növekedési felületeként) is kialakíthatók, hogy fokozni lehessen az aktív biomassza koncentrációt a reaktorban (PASICK és HENZLER, 1988). A CSTR ilyen értelemben expandált vagy fluid ágyas reaktor is lehet, melyek között azonban ugyancsak van megfelelő eltérés.

Ez az áttekintő olyan reaktor konfigurációkat mutat be, ahol a folyadékfázis tökéletesen kevertnek tekinthető, de a szilárd mikroorganizmus tömeg nem rögzített, vagy fluidizált tölteten alakul ki.

2. Lehetséges konfigurációk

2.1 Kevért iszapos reaktorok

A legegyszerűbb anaerob rendszer egy tökéletesen kevert tartály, vagy medence –tank- (1. ábra). Ez egy üres reaktortér, megfelelő keveréssel. Egyszerűsége, hogy abban a folyadék átlagos tartózkodási ideje (HRT) egyenlő a biológiai átalakítást végző lebegő mikroorganizmus tömeg tartózkodási idejével (MCRT), melyet hívhatnak iszapkornak vagy átlagos iszap tartózkodási időnek is (SRT). A biológiai rendszer viselkedését, teljesítményét meghatározó fő paraméter az iszapkor (MCRT).



1. ábra. Tökéletesen kevert tank-reaktor.

Az ilyen rendszerben fontos kapcsolat van a keverés hatásfoka és a lebegő részek ülepedése között. A lebegő iszap a következő részekből épül ki:

- (1) a befolyó víz olyan szerves és szervesetlen lebegő anyagai, melyek a biológiai folyamatokban nem vesznek részt,
- (2) a biológiai folyamatokban keletkező, részlegesen lebomlott, lebegő szerves részek,
- (3) az folyamatnál keletkező szervesetlen csapadékok (pl: kalcium-karbonát, magnézium-ammónium-foszfát),
- (4) a biológiai átalakításnál keletkező baktérium tömeg, s az elhalt sejtek szilárd maradványai.

Amíg a keverés a teljes reaktortérben biztosítani tudja a lebegőanyag egyenletes elosztását, addig a reaktorban és a kifolyó vízben minden komponens koncentrációja azonos. Ennek hiányában a (nehéz) szilárd anyagok összegyűlhet, koncentrálódhat a reaktor fenekén, csökkentve annak aktív térfogatát, illetőleg a folyadék hidraulikus tartózkodási idejét (HRT), valamint az iszapkört is (MCRT). A végeredmény a csökkenő aktív reaktortérfogat és hatásfok lehet.

Az anaerob eljárás biológiai átalakítási folyamatait nem befolyásolja a lebegőanyagok elkülönítése az elfolyó, tisztított vízből, de fontos lehet az a tervezés (iszapvisszatartás), és a következő biológiai lépések (aerob utótisztítás) működése miatt. A CSTR fontos előnye, hogy esetében a kezelés hatásfoka nem függ a lebegőanyag szeparáció kialakításától. Ezt a megoldást több évtizede sikeresen és megbízhatóan alkalmazzák 15 és 30 nap közötti

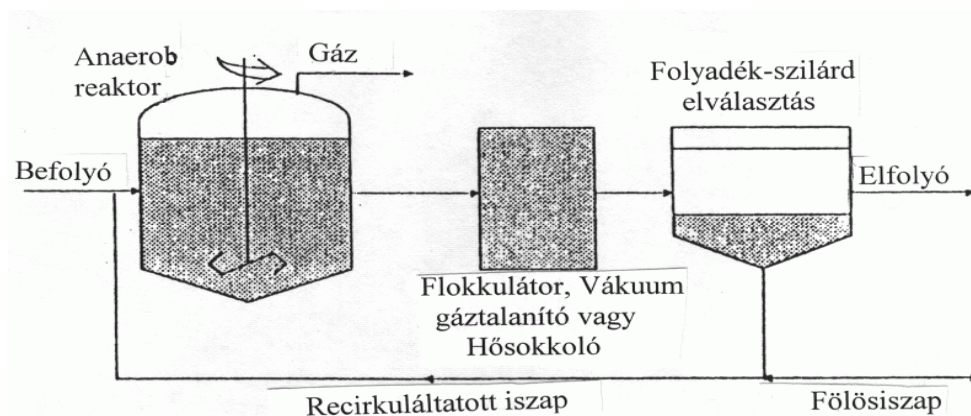
hidraulikus tartózkodási idővel (HRT) és iszapkorral (MCRT) a mezofil iszaprothasztásnál. Amíg ennél a szilárd szerves anyagok anaerob lebontásának, metanizációjának a sebességét általában a hidrolízis lassúbb sebessége határozza meg, addig a biológiailag könnyen lebontható, oldott szerves szennyező anyagok metánná történő átalakítását általánosan a metanizáló baktériumok, vagy néha a savképző baktériumok növekedési sebessége szabályozza.

2.2 Anaerob-kontakt eljárás (2.ábra)

Az iszaprecirkulációs aerob szennyvíztisztítási megoldásokhoz hasonlóan az anaerob-kontakt eljárás alapötlete a hidraulikus tartózkodási idő (HRT) és az iszapkor (MCRT) szétválasztása volt, az átalakításhoz szükséges reaktortérfogat csökkentése érdekében.

Az eljárás tökéletesen kevert reaktorból, szilárd-folyadék elválasztó egységből (ülepítés, sűrítés, membrán elválasztás) és az iszap recirkuláltatásából épül ki. A rendszerben lévő lebegőanyag koncentráció, illetőleg az iszapkor (MCRT) ellenőrzésére megfelelő, szabályozott fölös iszap elvétel, illetőleg azt biztosító rendszer szükséges. A lebegőanyag koncentrációjának a szabályozása a tisztított elfolyó víz, valamint az elvett fölös iszap lebegőanyag tartalmának ismeretében lehetséges. Ügyelni kell azonban arra, hogy a rendszerben a nehéz üledékek a reaktor fenekén összegyűlhetnek, lassan kiszorítva az aktív biomasszát a reaktorból. Ez az iszapkor (MCRT) és az átlagos tartózkodási idő (SRT) csökkenését eredményezheti. Ajánlott ezért a fölös iszap reaktor aljáról vagy a recirkuláltatott iszaptól történő eltávolítása.

Minél higabb egy szennyvíz annál nagyobb különbség van a CSTR és a kontakteljárás esetén szükséges reaktortérfogat igényben. Ezzel egy időben fokozódik a szilárd-folyadék elválasztó



egység fontossága is az ilyen szennyvizek anaerob tisztításánál.

2.ábra. Anaerob kontakteljárás vázlata.

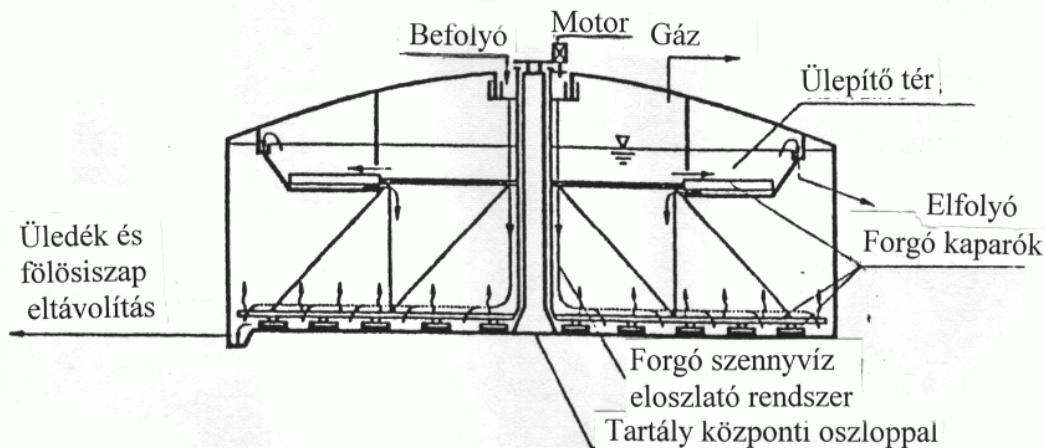
Ha a szilárd-folyadék szeparációt az elfolyó vízből a szilárd anyagok ülepítésével és sűrítésével végzik, mely a legszélesebb körben alkalmazott megoldás, a rendszer működése alapvetően az anaerob iszap üledésétől és sűrűsödésétől függ. Az ülepítőben/sűrítőben lévő anaerob iszap flokkulumaikhoz, iszappelyhecskéihez tapadó buboréktól, illetőleg az ülepítőben történő gáztermeléstől ugyancsak erősen függ az ülepítés hatékonysága. Az ülepítő gáztermelése minimalizálásának legjobb módja, ha az elfolyó vízben lévő biológiailag bontható tápanyag koncentrációját állandó alacsony értéken tartják. Túlterhelés, vagy az

anaerob baktériumok tevékenységének a gátlása esetén magasabb lesz az elfolyó víz tápanyaganya koncentrációja.

A gázbuborékok okozta probléma csökkenthető vákum-gáztalanítással és rövid ideig tartó hősokk kezeléssel. Az ülepedés és sűrítési javítására adagolt flokkulálószeres fokozhatják a problémát, mivel a flotáció bekövetkezhet annak eredményeként is, hogy a nagyobb iszappelyhekben több gáz kötődik meg.

A membrán szeparációnál valószínűleg nem jelentkezik ilyen probléma. Ilyen esetben a vízkőképződés és membrán eltömődés okoz általában gondokat.

A kontakt eljárásnak a másik alap problémája az ülepítéssel/sűrítéssel kapcsolatosan az, hogy körülmények kedveznek az oldott sók kiválásának. Ez az ülepítő alkatrészein is jelentős lehet, további problémákat eredményezve. Az olyan szerves anyagok, mint a homok, kalcium karbonát, valamint a nagyobb méretű lebegő szerves részek is beépülhetnek az úgynevezett iszaprétegbe, miközben a nagyon könnyű, aktív biomassza kimosódhat az elfolyó vízzel. Ilyenkor az iszapkor (MCRT) és az átlagos iszap tartózkodási idő (SRT) igen eltérő is lehet, ami technológiai, pontosabban kapacitás problémákat eredményez, különösen kis szennyezettségű szennyvizelnél. Az elfolyó vízben lévő ilyen csapadékok, durva (szerves) darabos részek (homok stb.), a megnövekedett szilárdanyag termelés által okozott, előzőekben említett problémákra megoldás lehet a 3. ábrán látható reaktorkialakítás, melyet a gyakorlatban eddig több esetben sikerrel alkalmaztak (SVARDAL et al.,1993). A megoldás az UASB reaktoroknál is elterjedt. Mindkét változat alapötlete a Clarigester típusú reaktorból származik (Ross, 1984).



3. ábra. Kontakt rendszerű reaktor beépített ülepítő tartállyal és üledék eltávolítással.

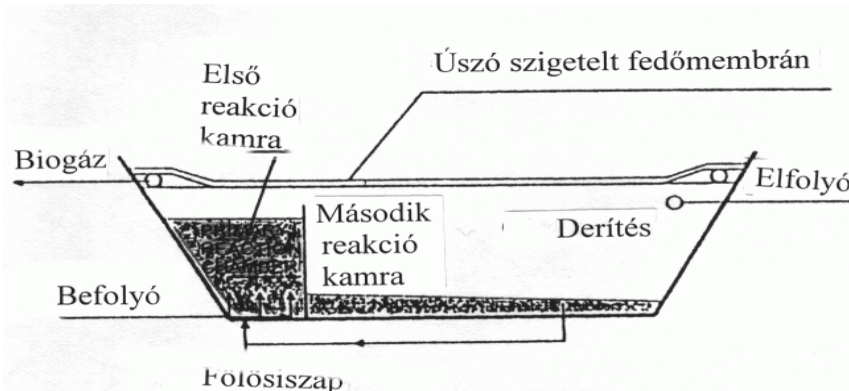
Az alapvető eltérések a fenn említett megoldás, és a hagyományos megoldások között a következők:

- (1) a reaktor alján lévő szennyvíz elosztása egy kaparóval ellátott keverő rendszer segítségével történik, amely folyamatos működésnél mozgatja, kotorja a nehéz üledékeket egy célszerűen kialakított vályú felé, ahonnan el lehet az üledéket távolítani;
- (2) a cirkuláltató ülepítő-sűrítő egység a reaktor felső részében kerül kialakításra, ahonnan a keverő rendszerhez kapcsolódó kaparó visszajuttatja a sűrített iszapot a reaktortérbe.

Ilyen rendszert egy második külső ülepítő egységgel és egy iszaprecirkulációval is ki lehet alakítani, ugyanúgy, mint a hagyományosan kapcsolt eljárásnál.

2.3 Fedett anaerob medence

Fedett anaerob medencék is sikeresen használhatók ipari szennyvizek anaerob kezelésére, különösen ott, ahol a földterület ára kicsi és kedvezőek az éghajlati körülmények (4. ábra). Az ilyen kis átalakítási sebességű megoldást nemrég fejlesztették ki (LANDINE és COCCI, 1989; idézve MALINA és POHLAND, 1992). A konstrukciótól és a készülékektől függően a fedett anaerob medencés megoldás kinetikáját illetően átmenet a CSTR és a kontakt eljárás



között.

4. ábra. Fedett anaerob medence (részleges keveréssel az első és második reakció kamrában).

Szigetelt úszó fedéllel a (nagy) felületi hőveszteség még hideg éghajlatnál is minimális lesz. A hosszú hidraulikus tartózkodási időnek (HRT) köszönhetően a szilárd és oldott szerves szennyezések együttes kezelése nagyobb problémák nélkül kivitelezhető. További részletek MALINA és POHLAND (1992) munkájában olvashatók.

3. Reaktorok kialakításának a szempontjai

3.1 Általános alapelvek

A fedett anaerob rendszerek tervezésénél figyelembe veendő szempontok:

- (1) A biológiai lebontás kinetikája. Ennek az alap modellje nagyon hasonló az aerob rendszerekéhez (folyamatos fermentáció, aktivált iszap).
- (2) Anyagmérleg a KOI-re, N-re, Ca-ra, P-ra és a kénre is készítenendő.
- (3) A befolyó vízben levő inhibitorok hatása, valamint az anaerob lebomlás melléktermékeinek hasonló hatása (szerves savak, ammónia, hidrogén szulfid).
- (4) Lúgosság, pH.
- (5) Eljárás konfiguráció (egy lépcső, két lépcső).
- (6) Folyadék-szilárd elválasztás (tömeg egyensúly, ülepítés, sűrítés, membrán szeparáció).

A rendszerkialakítás, kivitelezés összetettségének köszönhetően nem tanácsos kizárólag elméleti ismeretek és összefüggések alapján tervezni egy ilyen tisztítót. Minden egyedi szennyvízre a tervezést gyakorlati tapasztalatra kell alapozni. Ezt a tapasztalatot hasonló

szennyvizek ilyen üzemi tisztításából, vagy ahol ez nem áll rendelkezésre, laboratóriumi és fél-üzemi vizsgálatokból lehet megszerezni (4. fejezet).

Egy ismeretlen szennyvízre történő üzem tervezésekor, vagy kísérleti, illetőleg félüzemi mérésorozatok tervezésekor fontos a főbb tervezési alapelvek, valamint ismeretek figyelembevétele, amely az utóbbi évtizedekben meglehetősen elmélyült.

Az ipari szennyvíz összetétele és vízhozama rendszerint egyértelmű függvénye az üzemi gyártásnak, technológiának (ATV, 1993). Minden egyes tervezésnél ennek megfelelően előbb egyértelműsíteni kell a technológia anyagveszteségeit, ami a szennyvíz összetételét is alapvetően meghatározza.

3.2 Metanizáló reaktorok tervezési szempontjai

3.2.1 CSTR eljárás (Tökéletesen kevert tankreaktorok)

Az anaerob CSTR tervezésénél feltételezhető, hogy a lebomlott oldott komponensek koncentrációja az elfolyó vízben megegyezik a reaktorban lévő iszapkeverék folyadék fáziséval. Továbbá feltételezhető, hogy az intenzív keverés révén a baktériumok tápanyag ellátottsága is folyamatosan megfelelő, a transzport- és diffúziós gátlás nem játszik meghatározó szerepet a lebontási folyamatokhoz. Ilyen esetben a baktériumok növekedési sebessége (μ) és a rendelkezésre álló tápanyag koncentrációja közötti összefüggést a Monod egyenlettel lehet leírni, ahol K_s a fél telítési állandó.

$$\mu = \mu_{\max} \cdot S / (K_s + S) \quad (1)$$

Az összefüggés alapján egyértelmű, hogy folyamatosan jó tisztítási hatásfokot (egyensúlyi állapotban) csak akkor lehet elérni, ha:

$$HRT = MCRT \gg 1/(\mu_{\max} - b) \quad (2)$$

μ_{\max} a sebesség-meghatározó baktériumok (többnyire a metanizáló baktérium) maximális fajlagos növekedési sebessége,
 b azok elhalási, pusztulási sebessége (ATV, 1994).

Nehezen hidrolizálható szennyezőanyagok (főleg szilárd szerves anyagok) anaerob lebontásakor gyakran a hidrolízis a sebesség-meghatározó folyamat, vagy lépcső (pl: szilárd szerves maradékok anaerob stabilizációja).

A tervezéshez szükséges kinetikai paraméterek az irodalmi adatok alapján választhatók (MALINA és POHLAND, 1992) (1. és 2. táblázatok).

A kinetikai paraméterek irodalmi adatok alapján (1. táblázat) mintegy egy nagyságrenddel is eltérhetnek a különböző szerzők esetében, ami részben a még mindig korlátozott ismereteket bizonyítja, részben az üzemesítés technológiai variációinak az igen jelentős hatását. Az adott szennyvíz anaerob bonthatóságának a pontos ismerete nélkül, illetőleg nagyon hasonló szennyvíz üzemi tisztítási tapasztalatai nélkül ezért a táblázat adataival gyakorlatilag lehetetlen kiszámítani a szükséges tisztító, reaktortérfogatot. A 2. táblázatban lévő adatokat a

reaktortérfogat első, közelítő becslésére lehet felhasználni, de nem helyettesíthetik a pontos tervezésnél az üzemi és fél üzemi vizsgálatok adatait.

1. táblázat: Az anaerob folyamatok kinetikai paraméterei a publikált adatok alapján.

Tápanyag	Folyamat	k_s [mg KOI/l]	μ_{max} [1/d]	Y [g VSS / g KOI]	b [1/d]
Szénhidrátok	Savképződés	22,5-630	7,2-30	0,14-0,17	6,1
Acetátok	Metanizáció	11-420	0,08-0,7	0,01-0,054	0,004-0,037
H ₂ , CO ₂	Metánképződés	4,8*10 ⁻⁵ -0,60	0,05-4,07	0,017-0,045	0,088

2. táblázat: Az anaerob átalakítás kinetikai jellemzői 35° hőmérsékletnél.
(MALINA és POHLAND, 1992)

Folyamat	K_s [mg KOI/l]	μ_{max} [1/d]	Y [g VSS / g KOI]
Savképződés	200	2,0	0,15
Metanizáció	50	0,4	0,03

3.2.2 Anaerob kontakt-eljárás

Amíg a CSTR esetében a szilárd anyag további kezelésének nincs hatása a reaktor kialakítására, ez éppen fordítva van a kontakt eljárásnál.

Az anaerob eljárások egyik fő előnye, hogy kicsi a fajlagos biomassza, vagy iszaphozamuk (Y), ami csökkenti az iszapkezelés és elhelyezés költségeit. Az alacsony koncentrációjú, főként híg szennyvíz (<2000 mg/L lebontható KOI) anaerob kontakteljárással történő kezelésnek, pontosabban a technológia teljesítményét szabályozó iszapkornak (MCRT) is könnyen meghatározó tényezőjévé válhat a szilárd-folyadék szétválasztó egység működése, azaz a túlfolyó tisztított vízzel a reaktorból távozó iszapmennyiség, a reaktor biomassza vesztesége (3. egyenlet).

$$MCRT = (V \cdot X_{a,R}) / (X_{a,E} Q_{ES} + X_{a,e} \cdot Q) \gg 1 / (\mu_{max} - b) \quad (3)$$

ahol:

V az anaerob reaktor térfogata, [m³]

$X_{a,R,E,e}$ az aktív metanizáló baktériumok koncentrációja a reaktorban (R), az eltávolított fölös iszapban (E) és az elfolyó vízben (e), [kg/m³];

Q_{ES} és Q a fölös iszap elvétel térfogatárama és befolyó (kifolyó) szennyvízáram, [m³/d].

A tisztítandó szennyvíz körülbelül 2000 mg/l –nél nagyobb lebontható befolyó KOI koncentrációknál az $X_{a,E} Q$ szorzat, tehát az iszapvesztés hatása jelentősen csökken. Az X_a általában helyettesíthető X_v –vel, ami a VSS koncentráció vagy az összes lebegőanyag koncentráció KOI-je. Az utóbbi két paraméter könnyen meghatározható, míg az $X_{a,R,E,e}$ bonyolultabb méréseket igényelne.

A 3. egyenlet alapján a reaktor térfogatát az alábbi paraméterek határozzák meg:

- (1) A szükséges MCRT (iszapkor), amely a kívánt tisztítási hatások stabilis fenntartásához elengedhetetlen. Ez a szennyvíz összetételétől, hőmérsékletétől, terhelés ingadozásától, inhibíciós hatásától, befolyó koncentrációjától és utótisztítási lépcső elvárásaitól is függ. Behatárolásának legmegbízhatóbb módja az anaerob tisztítás helyszínen végzett fél üzemi vizsgálat.
- (2) Maximális iszapkoncentráció -MLSS (X_a)- a reaktorban. Ez a szilárd-folyadék szétválasztás megoldásától, határfokától, az összes iszaptermeléstől és így az iszap tulajdonságaitól függ. Megbízható adatok az ülepítési és sűrűsödési tulajdonságokról csakis fél-üzemi vizsgálatokkal, vagy üzemi tapasztalatokból szerezhetők. A fázisszétválasztás a fentiek ismeretében költség optimalizálással tervezhető.
- (3) Fölősiszap termelés (ESP). Közelítő tervezésnél a biomassza termelést, átlagos iszap tartózkodási időnél (SRT), az átlagosan eltávolított KOI 7%-ának lehet becsülni. A tisztítandó vízzel érkező biológiailag bonthatatlan szilárd anyagok, ha nem mosódnak ki az elfolyó vízzel, akkumulálódhatnak a reaktorban. Az átlagos iszap tartózkodási időnél (SRT) nagyobb ideig is tartózkodhatnak a reaktorban. A keletkező iszap ásványi részeinek a hasonló akkumulációja a szennyvíz összetételből, Ca, Mg, N, P terhelésből becsülhető (SVARDAL, 1991a). A hidrolizálható szerves szennyező anyagok ezen átalakításához első közelítésben $0,1 \text{ d}^{-1}$ körüli hidrolízis sebesség feltételezhető.

3.3 Anyagmérleg ellenőrzése

Az anyagmérleg pontos ellenőrzése egyaránt fontos a tervezés és üzemeltetés szempontjából is (KROISS 1985). Az anyagmegmaradás törvényének megfelelően a rendszerbe vezetett, és abból távozó anyag és energiaáramok összege egyenlő kell legyen. Három helyen kerülhet ki anyag a technológiából: az elfolyó vízzel, a fölős iszappal és a biogázzal. Nem stacioner esetben a reaktortérben tárolt tömeg változását is figyelembe kell venni a mérleg elkészítésénél. Az anaerob folyamatok ellenőrzésénél az anyagmérleg készítésénél a fontosabb paraméterek a következők: KOI, N, Ca, P, és S. A széntartalomra is lehet anyagmérleget készíteni (míg BOI-re és TOC-re nem), de a gyakorlatban analitikai és mintavételi problémák jelentkeznek, főleg a CO_2 és disszociációs termékeinek következtében.

A kémiai analitikai ellenőrzés alapján is folyamatosan készíthető anyagmérleg az üzemeltetésre, amely egyidejűleg az üzem irányítójának visszacsatolást, vagy ellenőrzést is jelent a mérések pontosságára, megfelelőségére.

Az ülepedéssel visszamaradó CaCO_3 miatt az anaerob CSTR esetén és a kontakt eljárásnál is igen fontos a Ca-egyensúly ellenőrzése a rendszerben,. Az elfolyó tisztított víz Ca^{2+} koncentrációja a reaktorban tartott pH-tól függ, és jó üzemvitelnél általában 300 mg/l alatt van (SVARDAL, 1991b). Az anaerob tisztítás foszfor igénye a KOI és P mérlegből becsülhető. Az aktív biomasszának becsülhetően mintegy 2%-a foszfor ($1,45 \text{ g KOI} / \text{g MLVSS}$). A tervezésnél az is feltételezhető, hogy az anaerob folyamatok során a szennyező anyagok összes nitrogén- (TKN) és kén tartalma ammónium-nitrogénné valamint hidrogén-szulfiddá alakul. A metán termelés első becsülésénél feltételezhető, hogy a KOI 80%-a alakul

át metánná (1 kg KOI átalakítása 0,35 Nm³ metán termelését eredményezi). Gazdasági számításokhoz a metántermelést a közeli, távolabbi jövőben várható átlagos KOI terhelésre kell számolni, s nem a berendezés tervezési értékeire.

3.4 Keverés kialakítása

A reaktor keveréséhez szükséges energia mennyisége a keverés típusától, műszaki megvalósításától, a reaktor méreteitől, az ülepedő részek (MLSS) összetételétől, ülepedési hajlamától, és a keverés mindenkori céljától függ.

A legáltalánosabb keverési megoldások egyike az olyan mechanikus keverés, amely vízszintes és függőleges irányba is átmozgatja a rendszert. A gázzal történő keverés a feláramló buborékok keverő hatásán alapszik. A külső szivattyúkkal, folyadék recirkuláltatással történő keverés nem ennyire hatásos és nem is gazdaságos. A keverők folyamatos ellenőrzése és karbantartása ugyanakkor nagyon fontos feladat. Ellenkező esetben az üzemzavarok komoly következményekkel járhatnak.

A keverő-berendezések tervezésénél fontos szempont, hogy a folyamatos keverés fajlagosan kisebb energiaigényt (W/m³) jelent, mint a ciklikus, amelynél a kiülepedett részek visszakeverése többletenergiát igényel. A folyadék fázis megfelelő átmozgatásának a fajlagos energiaigénye 1,5-4 Wm⁻³ között van, a reaktor méretétől függően. Ha a részecskék sűrűsége nagy, ülepedésük megakadályozására nagyobb keverési energia bevétel szükséges. A kiülepedett szennyvíziszap átkeveréséhez körülbelül 20 Wm⁻³ fajlagos energiát kellene biztosítani, hogy az teljesen homogén állapotba kerüljön. Az anaerob, szintrópikus és metanogén baktérium együttes (biocönózis) esetében mérsékelt, kis nyíróhatást eredményező keverés engedhető csak meg, mivel azok együttes tevékenysége az iszapfázisban alapkövetelmény. Ezzel szemben papíripari szennyvizek anaerob utókezelésénél úgy tapasztalták, hogy 80 W/m⁻³ energiával történő keverés sem tudta megakadályozni az iszap szervesetlen részeinek a részleges kiülepedését.

A keverés célja, hogy a folyadék fázis tökéletes keverésének a biztosítása a reaktorban. Ezzel akadályozható meg, hogy az egyes paraméterek, mint a pH, a hőmérséklet, a tápanyag-, és biológiai folyamatokat gátló komponensek koncentrációja a reaktorban térben állandó legyen, ami a folyamatok stabilitásának feltétele. Ezzel egyidejűleg biztosítani kell, hogy a tápanyagtranszport-, vagy diffúziós gátlás is minimális legyen, az iszap megfelelően érintkezzen a szennyvízzel. A reaktorban az üledék felhalmozódásának elkerülésére más megoldások sokkal megbízhatóbbak és gazdaságosabbak lehetnek (3. ábra). Más, a gyakorlatban kipróbált másik megoldás szerint, egy ciklont (centrifuga) is telepíthetnek a recirkuláltatott iszap útjába a nagyobb méretű szervesetlen iszaprészek eltávolítására, még mielőtt azok felhalmozódnának a reaktorban (NAHLE, Philip Müller, Ludwigshafen, Germany).

A baktériumok gáztermelése már önmagában is eredményez bizonyos keverési energiát, amely akár elegendő is lehet a rendszer teljes átkeverésére. A keverés hatékonyságát növeli a reaktor magassága és a térfogategységben termelt gáz mennyisége (kg KOI m³ / nap, illetőleg a reaktor felületegységre számítható gáztermelése, Nm³m⁻²h⁻¹). Az így lehetséges fajlagos energiabevétel körülbelül 2,8 Whm⁻³ gáz/ m reaktor mélység.

Alapvető szabály az anaerob reaktor tervezésénél és a berendezés folyamatos működtetésénél,

hogyan a reaktor akár 10 évig is leürítés nélkül működjön. A metanizáló reaktor megbontása és leürítése hetekig is eltarthat, és az igen költséges is.

3.5 Egy- és több-lépcsős anaerob rendszerek összehasonlítása

Sok esetben gazdaságos kiegyenlítő medencét (CSTR) építeni a metanizáló reaktor elé, hogy ezzel hatékonyabb és biztonságosabb üzemeltetés legyen elérhető. Ezzel egyben megvédhető a metanizáló reaktor a hirtelen terhelésingadozásoktól, valamint a toxikus hatású komponensek kritikus koncentrációjának a metanizálóban történő elérésétől. A kiegyenlítő reaktorokat tervezhetik és működtethetik tökéletesen kevert tankreaktoroként vagy kontakt reaktoroként a savtermelés elmélyítésére, teljessé tételére. Ilyen esetben az egy-lépcsős eljárás két-lépcsős alakul.

Az egy- és kétlépcsős anaerob eljárás kialakításának célszerűsége főként a szennyvíz összetételétől és a bontható szerves anyag koncentrációjától függ. A kétlépcsős eljárás alkalmazásának alapvető oka, hogy a hidrolízis és a savképzés más pH tartományban optimális, mint a metanizáció. Az egylépcsős eljárásnál a savasodás a metanizáló reaktorban játszódik le, ahol a $\text{pH} > 7$, ami a metán baktériumok számára szükséges. Ha a pH magas, akkor a savtermelő baktériumok egy része propionsavat termel. Más savtermelő baktériumok a propionsavat ecetsavvá alakítják, de ennek a sebessége kisebb, mint az ecetsavvá alakítás sebessége. Ez a lépés azonban a lebontási folyamatok leg tisztázatlanabb, rejtélyesebb része. Emiatt propionsav felhalmozódás jelentkezhet a metanizáló reaktorban.

A H_2 parciális nyomását kis értéken kell tartani a metanizálásnál a tisztított víz alacsony szerves szennyezőanyag koncentrációjának biztosítása érdekében. A propionsav gátolja a metanizáló baktériumok tevékenységét, már viszonylag kis koncentráció esetén is. (KROISS és PLAHLWABNEGG, 1983). Ennek következménye, hogy a koncentrált szennyvizek esetén ($> 5,000 \text{ mg KOI/L}$) a propionsav is nagy koncentrációban keletkezik. Emiatt a propionsav okozta inhibíció az egy lépcsős reaktor kialakításánál jelentős lesz. Híg szennyvizeknél és 7,5-nél nagyobb pH esetén az inhibíció már nem jelentkezik.

5,5 és a 6,5 közötti pH biztosítja a legkedvezőbb körülményeket a savtermelő baktériumoknak, amikor meghatározóan csak ecetsavat és vajsavat termelnek. A vajsav átalakulása ecetsavvá folyamatos és megfelelően nagy sebességű folyamat. A kétlépcsős megoldásnál ezért a propionsav akkumuláció okozta instabilitás lényegesen csökken.

Ha a savtermelés során a pH 4,5 alá csökken, akkor a savtermelő baktériumok sokfélesége is csökken, s ezzel a szerves anyag ezen átalakítási lépésének a sebessége is lassul. A szerves szennyeződések egy részét ilyenkor a metanizáló egységben kell savvá alakítani. A metanizáló reaktorból származó fölös iszap, mint oltó iszap visszavezetése a savtermelő reaktorba ilyenkor valamelyest javíthat a kialakuló helyzeten, növeli annak a teljesítményét.

Ha biológiailag lebontható szerves szennyezők nitrogént is tartalmaznak, a savasodás eredményeként ammónium szabadul fel. Ez a pH-t jelentősen növeli a savtermelő és a metanizáló reaktorban is. A savtermelés ellenére ilyenkor a pH a savképződési folyamatban magasabb is lehet, mint a befolyó szennyvízben. Ha a metanizáló reaktorban az ammónia koncentrációja 300 és 1000 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ között van, az 7-nél nagyobb pH-t eredményezhet. 1500 mg/l koncentráció felett az ammónia gátolja a metanizáló baktérium működését

(Kostner és Lettinga, 1983 Lay at. Al. 1998).

A savtermelő baktériumok nagy növekedési sebessége miatt a kevert kiegyenlítő medencében is jelentős savtermelés jelentkezhet, még akkor is ha nem arra a célra tervezték. A savtermelő reaktor egyenetlen működése veszélyt jelent a metanizáló reaktor működésére. A váltakozó mértékű savasodás, veszélyt jelent a metanizációs reaktor stabilitására.

A savtermelő reaktorból származó gáz komponensei a következők: CO_2 , H_2 , és kevés CH_4 (H_2S).

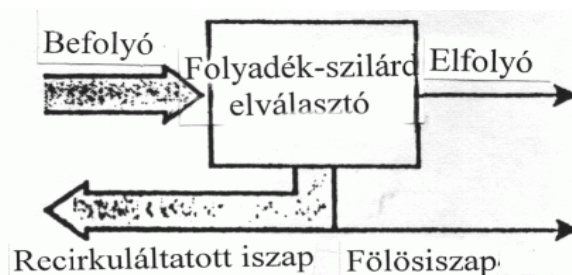
Amikor a hidrolízis és a savanyítás a szerves szennyezők anaerob lebontásának a sebesség-meghatározó folyamatai, kétlépcsős rendszert tanácsos tervezni, hogy a folyamatot optimalizálhassák az első lépést függetlenül a másodiktól. Ilyen esetben az első lépcsőt is folyadék-szilárd anyag elválasztó egységgel látják el, hogy csökkentsék a fajlagos térfogatigényét. Az első lépcsőben keletkező fölösiszap kezelésével vigyázni kell, hiszen a nagy zsírsav tartalma miatt az iszapnak komoly szaga lesz (az ammóniától és a hidrogén-szulfidtól hasonlóképpen).

Sokszor gazdaságosabb, ha eltávolítják a lebegő anyagot az első lépcsőből, hogy ezzel csökkenjen a keletkező iszap hozama a metanizáló reaktorban. Megkívánt nagyságú iszapkor (MCRT) esetén ez kisebb térfogatú metanizáló reaktort eredményez. Természetesen a metanizáló iszap ülepedési és sűrűsödési tulajdonságai sem szabad elromlani egyidejűleg.

A végső döntést arra vonatkozóan, hogy vajon egy- vagy két lépcsős eljárást célszerű-e választani, az egyes változatok gazdasági elemzése alapján lehet csak eldönteni, figyelembe véve a teljes szennyvíz és iszapkezelés, valamint iszapelhelyezés lehetőségeit, technológiájának kialakítását, s nem csak egyedül az anaerob lépcső költségeit.

3.6 Folyadék-szilárd elválasztás a kontakt-eljárásnál

Az elválasztó egység tömegáramát bemutató ábra (5. ábra) világosan mutatja, hogy a fázisszétválasztásba annyi anyag kerül be a reaktorból a folyadékárammal, mint amennyit az iszap recirkulációjával oda vissza is kell juttatni. A tisztított elfolyó vízben a lebegőanyag mennyisége csak minimális lehet, s a fölösiszap elvétele is viszonylag kicsi lesz. Az ülepítő/sűrítő tervezésénél általában meghatározó az iszap sűrűsödésének a mértéke. A recirkuláltatott iszap mennyiségének (térfogatáramának) a növelése növeli az ülepítő befolyó áramát is és ezzel romlik a fázisszétválasztás határfoka. Az elválasztó egységek tervezését azért az iszap sűrűsödésének megfelelően kell tervezni. A meghatározó tervezési paraméter a felületi szilárdanyag terhelés, amely azonban széles tartományban változhat az iszap összetételtől függően ($50\text{--}120 \text{ kg/m}^2/\text{d}$). Hasonló fontos paraméter a tervezésnél a fajlagos felületi folyadékterhelés is ($0,2\text{--}1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$). A tisztított víz lebegőanyag tartalma általában elég kicsi ilyenkor az elfolyó vizekben, 200 mg/l koncentrációig elfogadhatónak tekinthető.



5.Ábra. A folyadék-szilárd elválasztó egységre anyagforgalmi sémája.

Figyelembe kell venni, hogy a fázisszétválasztás a reaktor baktérium konzorciumát illetően szelekciós, vagy adaptációs hatást érvényesít. Csak azoknak a baktériumoknak lesz kellő immobilizációs (visszatartási, túlélési) lehetőségük a rendszerben, melyek a folyadék-szilárd elválasztó rendszerben az iszapfázisba kerülnek. A többiek a túlfolyó vízzel kikerülnek a rendszerből. Azok a baktérium, amely ugyan képes lebontani a szennyvizet, de nem képesek „megkötödni” az iszapban, mindig kimosódnak a rendszerből. Ilyen értelemben a kontakt eljárás a CSTR eljárás felé tolódhat el jelentős instabilitás esetén. Jó példa a fázisszétválasztás és az iszap (MLSS) ülepedési és sűrűsödési tulajdonságai közötti szoros kapcsolatra, adaptációra a granulálódó iszap képződése a feláramló iszapos eljárásnál (UASB). Ennél az iszaptehely képző, és „diszperz” formában történő növekedést kedvelő baktériumoknak ki kell mosódnia az iszapfázisból. Ennek következménye, hogy a kontakt eljárásoknál nagyon nehéz előzetesen pontosan megbecsülni a keletkező iszap ülepedési, sűrűsödési hajlamát, vagy kockázatos azt más szennyvizek ilyen tisztítási tapasztalataiból közvetlenül átvenni.

Az anaerob reaktor lehetséges maximális iszapkoncentrációjának (MLSS) fenntartásával, csökkenthető a tisztításhoz szükséges reaktortérfogat. Ez lesz tehát a legfőbb tervezési paramétere a tisztító egységnek. Az eljárás stabilizálásának biztosítása azonban a tervezésnek hasonlóan fontos kritériuma. Az anaerob tisztítás iszapja ugyan nem mutat különösebb duzzadási hajlamot, az ülepedési és sűrűsödési paraméterekben jelentős eltérések várhatók. Ez mintegy 3-5-szörös eltérést is jelenthet a különböző rothasztók ülepitőtérfogat igényét illetően. A metanizáló reaktor és az utóülepitő térfogatigénye ennek megfelelően jelentősebben is változhat a körülményeknek megfelelően. Mivel az utóülepitőből a metanizáló reaktorban visszavezetendő iszap koncentrációja ennek megfelelően kulcsfontosságú, a folyamatokat erre vonatkozóan is célszerű optimalizálni.

4. Tervezés és üzemeltetés

4.1 Tervezés és a folyamatos üzemeltetés

A részletes tervezés előtt a költségminimalizálás, és a maximális üzembiztonság elérése céljából, gondos laboratóriumi és félüzemi vizsgálatok végzésére, s azok eredményeinek a figyelembe vételére van szükség. Ezeket a méréseket azonban gyakran elhagyják, mivel azok is nagyon költségesek és időigényesek. Hangsúlyozni kell azonban, hogy csak igen ritkán lehet egy adott szennyvízre végzett anaerob mérések eredményeit közvetlenül értelmezni egy másik szennyvíz ilyen tisztítására. A másik fontos dolog, hogy még nincsenek általános tapasztalatok a különböző iparági szennyvizek anaerob kezeléséről, s gyakran maga a tervező sem tudja behatárolni, hogy milyen szennyvizet is kell majd tisztítani. Az adott üzemek termelési folyamatai mindig alapvetően befolyásolják a keletkező szennyvíz mennyiségét, összetételét, s azok egyenletességét. Az utóbbiak kapcsán felmerülő problémák csökkentésére a következő megoldásokat lehet alkalmazni:

- 1) A teljes üzemi termelési folyamat és szennyvízvonala, szennyvízbe kerülő anyagok mennyiségeinek gondos felmérése. (Mely anyagok kerülnek be a szennyvízáramba.)
- 2) Szennyvíz fizikai-kémiai paramétereinek, tulajdonságainak pontosítása. (Szennyvízhozam és koncentráció időbeni változása, terhelésingadozás valószínűsége, stb.)
- 3) Előzetes laboratóriumi vizsgálatok több párhuzamos kísérlettel, szabályozott

körülmények között. (Biológiai lebonthatóság, gátló hatás, kinetikai paraméterek, pH ellenőrzés, lúgosság, stb.)

- 4) Megelőző fél-üzemi vizsgálatok. (Tervezés és üzemeltetés vizsgálata optimalizálása félüzemi kísérletek alapján az üzemen keletkező szennyvíz felhasználásával a szóba jöhető terhelési viszonyok és üzemeltetési paraméterek mellett; folyamatos üzemeltetés, üzemindítás, analitikai ellenőrzés és üzemzavar elhárítás megtervezése).

Alapvető különbség a laboratóriumi és a félüzemi kísérletek között nem a reaktorok méretében lehet, hanem a megválaszolandó kérdésekben. A laboratóriumi vizsgálatok az egyes paraméterek közötti kapcsolatok tisztázására irányulnak, szigorúan ellenőrzött körülmények között. A különböző paraméterek hatásait el kell választani, hogy befolyásuk a teljes rendszer működésére jobban érthető legyen. A teljes folyamat ismeretével lehetőség nyílik a különböző technológiai konfigurációk célszerű tervezésére, az üzemi szennyvízkezelő rendszer kialakítására. A fél-üzemi vizsgálatok legfőbb célja, hogy tervezési változatokat dolgozzon ki a legvalószínűbb körülményekre. Mindenféle lehetséges hatást számításba kell venni a tervezésnél, hogy a szükséges ellenintézkedésekre kellően felkészülhessenek.

A tökéletesen kevert reaktorok (CSTR) egyik legfontosabb előnye, hogy a laboratóriumi és a fél-üzemi berendezés esetén is a teljes üzemi méretnek pontosan be lehet állítani a várható folyadék koncentrációkat. A CSTR rendszer esetén a hidraulikus tartózkodási időt az fél-üzemi kísérletek során teljesen egyező lehet az üzemi berendezésével. A laboratóriumi és a fél-üzemi vizsgálatok, ellenőrzés gyakran kevésbé részletező, mint az üzemi vizsgálatoké. Ez befolyásolhatja kissé a gáz-folyadék egyensúlyt [például a reaktorban levő folyadék fázis CO_2 (H_2S) koncentrációja, pH, CaCO_3 csapadék, MAP, stb.]. A laboratóriumi kísérleti reaktorok méretének csökkenésével a falhatás s vele a biofilm formában történő bakteriális növekedés szerepe nőni fog (az MLSS ülepedési-sűrűsödési jellemzői javulhatnak, az inhibíciós hatás csökkenhet), míg az üzemi méretben a falhatás elhanyagolható.

Az ülepitő/sűrűsítő méretének a növelése bonyolult tervezési feladat, mivel a hidraulikus modellek nem képesek az összes fontos befolyásoló paramétert figyelembe venni. Ez azt jelenti, hogy a felületi folyadék-, és iszapterhelés nem tervezhető fél-üzemi eredmények alapján. A kísérleti üzemekben keletkező iszap ülepedési, sűrűsödési tulajdonságai nem lesznek azonosak az üzemi berendezésben keletkező iszapéval. A gáztalanítás sem tervezhető, mivel a kísérleti berendezésnél az üzemi méretek erre vonatkozó hatásának vizsgálata lehetetlen. Ezek a paraméterek, vagy részfolyamatok csakis az üzemi méretű berendezések tapasztalatai alapján tervezhetők.

4.2 Üzemindítás

Az anaerob szennyvíztisztító beindításánál jelentkező problémákkal több tanulmány is foglalkozott már eddig is, mivel azok információhiány, illetőleg a rossz technológiavezetés miatt igen gyakoriak. A viszonylag nagy térfogat és a tökéletes keverés eredménye, hogy a reaktorban a tápanyag-koncentráció ingadozása az idő előrehaladtával csökken. Viszont, ha üzemzavar jelentkezik, például a zsírsavak felhalmozódása miatt, egyéb gátló hatás eredményeként, az elfolyó víz erősen szennyezett, illatos marad, amit nem lehet kiengedni a befogadóba további komoly problémák jelentkezése nélkül. Ilyenkor a reaktorban levő anyag összetételének, pH-jának, hőmérsékletének a megváltoztatásával lehet javítani a helyzetet. A többlet hő-, és vegyszerigény drága, és a megfelelő üzemmenet csak lassan áll helyre. Ilyenkor hosszabb lesz az üzemindítás időtartama minden következményével együtt.

A tervezési döntéshozatal és az üzemindítás között azonban mindig elegendő idő marad, az üzemindítás részleteinek a pontos kidolgozására. A legmegbízhatóbb módja, hogy az üzemindítás gondmentes legyen, a fél-üzemi vizsgálatok elvégzése a tisztítás helyszínén. Ezeknek a vizsgálatoknak az egyik legfontosabb célja, a várható maximális tisztítóképesség meghatározása az üzemi feltételek között, üzemi szennyvíz felhasználásával, s az üzemi tisztítóhoz is felhasználásra kerülő oltóiszap adaptálásával. Az ilyen vizsgálati eredmények alapján lehetséges azután részletes beüzemelési terv készítése. Ennek a meghatározó kérdései egyébként éppen az említett oltóiszap kiválasztása, szükséges mennyiségének a meghatározása.

Az oltóiszap mennyiségének és minőségének az ismeretében (pl. lakossági szennyvíziszap rothasztóból, vagy más anaerob egységből történő átoltás) tervezhető az üzemi tisztító terhelésének folyamatos növelése (% /d) a rendszer túlterhelésének, instabilitásának az elkerülése érdekében. A üzemindítás, vagy stationer üzem eléréséhez szükséges idő a fél-üzemi kísérletek alapján becsülhető, amihez ott megfelelő pontossággal ki kell mérni az iszaphozamot, hiszen egyébként is annak alapján lehet tervezni a terhelés növelésének az ütemét is. Az üzemindítás idején a KOI terhelés növekedése általában 1-6 % /d körül változhat a szennyvíz tulajdonságaitól függően.

5. Aerob biológiai utókezelés

Az anaerob módon kezelt ipari szennyvizek a kezelést követően mindig tartalmaznak aerob úton egyébként biológiailag könnyen bontható komponenseket. Ezek koncentrációja esetenként eléggé kicsi is lehet, de annyira soha nem alacsony, mint a kis fajlagos iszapterhelésű aerob eljárásoké. Sok esetben, elsősorban a kisebb-nagyobb működési rendellenességek esetén, az anaerob tisztítás elfolyó vize is szagos. Ha az így tisztított szennyvíz tartalmaz kéntartalmú gázokat, akkor az elfolyó víz a hidrogén-szulfid miatt is erősen szagos.

Az anaerob egység elfolyó vízének gyakran a lebegőanyag is sokkal nagyobb, mint az aerob módon kezelt szennyvizeké. A tisztítandó víz nitrogén tartalmának többsége az anaerob kezelést követően az elfolyó vízben ammóniaként távozik a rendszerből, ami a halak lemergezésének egyik lehetséges forrása lehet a befogadóban. A fentiek következménye, hogy a legtöbb esetben szükség van az anaerob tisztító elfolyó vízének az aerob utókezelésre, mielőtt a tisztított vizet a befogadóba engedik. Ha az anaerob tisztítás elfolyó vize a közcsatornába kerül, akkor az részben kellemetlen szaga, részben a csatornarendszerben megnövekedő gáztermelés miatt (robbanásveszély) lehet kellemetlen.

Amíg az anaerob tisztító jól működik, addig az aerob utókezelésnél nem lesznek speciális problémák az alacsony BOI koncentráció elérésével. Ha az aerob tisztításnál nitrifikáció és denitrifikáció is szükséges, a helyzet bonyolultabb. Ismeretes, hogy a H₂S gátolja a nitrit oxidációját (Nitrobacter), ami nehézséget okozhat az alacsony nitrit koncentráció fenntartásánál. Mivel a legtöbb biológiailag lebontható szénvegyület (szerves anyag) az anaerob lépcsőben lebomlik, a denitrifikációnál tápanyaghiány jelentkezhet (külső szénforrás adagolása is szükségessé válhat, stb.). Az ilyen, tápanyaghiányos nitrifikáció és a denitrifikáció problémái a sorozat korábbi füzetekben igen részletesen bemutatásra kerültek. A laboratóriumi vagy a fél üzemi kísérleteket alapján javasolható ilyen esetre denitrifikáció tervezése is.

Az aerob utótisztítási lépcsőt mindig külön egységként kell tervezni, melynek teljesíteni kell a befogadóba történő szennyvíz kibocsátási engedélyben rögzített követelményeket. Ez

tartalmazhat elfolyó víz koncentrációkat, de termelés specifikus anyagvesztés normákat is. Mindig szigorúan rögzíteni kell a mintavételezés módját, gyakoriságát, és a határérték túllépés lehetséges gyakoriságát. A tervező mérnökök számára a legnehezebb kérdést az jelenti, hogy megtalálják azt az átfogó, legkisebb költségű megoldást, ami egyidejűleg eleget tesz a követelményeknek. A biológiai szennyvíztisztítási folyamatok megbízhatóságát ugyanakkor nem lehet könnyen számszerűsíteni.

A tisztítás hatékonysága és megbízhatósága között azonban mégis érvényes a következő ökol szabály. A többlépcsős biológiai tisztító rendszerben az elő tisztítás stabilitása, egyértelműen növeli a teljes rendszer tisztítási hatásfokát. Ez könnyen érzékeltethető a következő példával:

Ha az anaerob előkezelés átlagosan 60% körüli KOI csökkentést biztosít, az aerob utókezelés képes áthidalni az ugyanezen paraméterre mérhető 30-90% közötti rövid idejű előtisztítási hatásfok ingadozást is. Ha a teljes rendszerre a biológiailag bontható KOI eltávolítási igényét azonban 95 %-ra emelik, az előtisztítási lépcső hatásfokának az átlagos értéke négy-ötödére történő csökkenése már problémát okozhat az utó tisztításnál. (Ilyen esetben ugyanis az aerob lépcső terhelése akár négyszeresére is nőhet.) Kimutatható az is, hogy az anaerob kezeléssel elérhető költségmegtakarítások erősen csökkennek, ha az aerob lépcsőt instabil anaerob hatásfokra kell tervezni. Az anaerob eljárás egyik alapvető tulajdonsága, hogy biológiai stabilitása is nő a tisztítás hatásfokának a növekedésével. Ez azt jelenti, hogy csak igen ritka esetben eredményezhet a maximális anaerob térfogati kapacitás (kg KOI/m³d) tervezése a teljes szennyvízkezelő rendszer tekintetében optimális tisztítási költséget.

Az aerob utókezelés tervezését az anaerob lépcső elfolyó vizében lévő ülepedő részecskék koncentrációja is befolyásolja. Az eleven iszapos eljárás esetén az utókezeléshez a meghatározó tervezési paraméter az iszapkor (MCRT). Ez az első tisztítási lépcsőről érkező víz minőségétől, szennyezettségének ingadozásától, s az utó tisztítás követelményeitől is függ. A levegőztető medence térfogata a második lépcső fölősiszap termelésétől, s a medence iszap (MLSS) koncentrációjától függ. Mindkét paramétert jelentősen befolyásolja az adott lépcsőre érkező szennyvízzel áthordott iszaprészek minősége és mennyisége (ülepedési-sűrűsödési készség). Ezeket a jellemzőket ugyanakkor az anaerob elfolyó szennyvíz összetétele is befolyásolja.

6. Véggkövetkeztetések

Annak ellenére, hogy a fölősiszap termelés ilyenkor kisebb lesz, mint csak aerob kezelés esetén, a fölősiszap problémáját is meg kell oldani. Az iszapkezelő és elhelyező rendszernek a biológiai kezelés beindítása előtt készen kell lennie. Az iszapelhelyezés lehetősége az ipari szennyvízeknél komplikáltabb lehet, s ennek megfelelően gondosabban kell az tervezni a helyi adottságoknak, lehetőségeknek megfelelően.

Az ipari üzemekben a legfőbb feladat mindig az eladható terméket gyártsa, és nem a szennyvíz termelése, vagy ahhoz túlzottan komplikált tisztítórendszer kiépítése és üzemeltetése. A biológiai folyamatok stabilitását a tisztítandó szennyvíz mennyiségének és minőségének az ellenőrzésével nem lehet biztosítani. A minőségellenőrzés és folyamatszabályozás segíthet a reaktortérfogatok és a baktériumtenyészet optimális hasznosításában, de a rendszer számos adottsága, lehetősége nem pótolható csupán jobb ellenőrzés és szabályozás kiépítésével. A CSTR és a kontakt eljárások viszonylagosan nagy térfogatai ilyen tekintetben sok esetben kedvezőek, különösen a nagyobb koncentrációjú

szennyvizek tisztításánál.