

Toxicitás mérése az eleveniszapos biológiai rendszerben

Oláh József¹ – Öllös Géza² – Palkó György¹ – Szilágyi Mihály¹ - Rása Gábor¹

1. Fővárosi Csatornázási Művek Rt. – 2. Professzor Emeritus BME

Kulcsszavak: Biológiai bonthatóság, toxicitás, légzési sebesség, lebontási sebesség, endogén- és szubsztrát légzés, teljes biológiai lebontás

1. Bevezetés

Az új és a felújított szennyvíztisztító telepek üzemeltetésének színvonala sokszor elmarad a telep technikai és technológiai lehetőségeitől, sőt számos telep annak ellenére, hogy alulterhelt a vízgyűjtő területre vonatkozó határérték kategóriát sem tudja kielégíteni.

Az üzemeltető számos esetben a telep korszerűsítését, rekonstrukcióját szorgalmazza arra gondolván, hogy a telep tisztítási hatásfoka kizárólag új gépészet, és új technológia beállításával tartható vagy javítható. Az üzemeltetőben sokszor fel sem merül az üzemeltetés színvonalának emelése, amely magában foglalja a megfelelő szakértelmet és a telep üzemi állapotának ellenőrzését.

A következőkben az üzemeltetési gyakorlatban alkalmazható fontosabb toxicitás mérési módszereket és azoknak üzemeltetési gyakorlatban történő felhasználását ismertetjük.

Az ismertetésre kerülő mérési módszerek közül kell a tisztítótelep követelményeinek és adottságának a leginkább megfelelő módszert kiválasztani. Azokon a telepeken, ahol ipari szennyvizeket is tisztítanak valamilyen toxicitás mérési módszer alkalmazása elengedhetetlen. A jövőben arra kell törekednünk, hogy a szennyvíztelepeken egyszerű műszeres mérésekkel a telep üzemi állapotát nyomon kövessük és az esetleges üzemeltetési hibákat, azonnal kijavítsuk.

2. Szennyvíz-telepek üzemellenőrzése

Az ellenőrző vizsgálatok alapján számszerűsíthetjük a biológiai rendszernek a toxikus anyagokra, a változó terhelési lökésekre adott válaszát és megmérhetjük az eleveniszapos biológiai rendszer lebontási sebességét (aktivitását). A szennyvíztelepek üzemének ellenőrzésére szolgáló módszereknek csak az elvét ismertetjük. A mérési módszerek részletes leírása a hivatkozott szabványban vagy leírásban megtalálhatók.

A biológiai szennyvíz telepek ellenőrzésére szolgáló toxicitás mérési módszereket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat Biológiai szennyvíz telepek ellenőrzésére szolgáló toxicitás mérési-módszerek összefoglalása

| A mérési módszer megnevezése | A mért érték | A mérési módszer (hivatkozás) |
|--|-------------------------|-------------------------------|
| Toxicitás: | | |
| • Eleveniszap oxigénfogyasztás – gátlás mérése alapján (toxicitás) | EC 50 | MSZ EN ISO 8192 |
| • Toxicitás mérés lebontási-sebesség mérése alapján | DOC vagy KOI mg/l | MSZ EN ISO 8192 |
| • Légzési sebesség mérése | mgO ₂ /l óra | MSZ EN ISO 8192 |
| • Folyamatos toxicitás-ellenőrzés | EC 50 | STIPTOX |
| • Nitrifikáció gátlásának mérése | EC 50 | MSZ EN ISO 9509 |

Az 1. táblázat alapján megállapíthatjuk, hogy a toxicitási hatások mérésére számos paraméter áll rendelkezésre. A fenti beosztás kissé önkényes, mert a lebontási módszerek jó része alkalmas toxicitás mérésre is. A toxicitás fogalma alatt mindig mérgező vagy a biológiai

lebontást gátló (inhibíció) hatást értünk. Az alkalmazandó mérési módszert megválaszthatjuk olyan módon is, hogy egyetlen lebontás mérési módszerrel ellenőrizhetjük a befolyó szennyvíz toxicitását, biológiai bonthatóságát és az eleveniszap lebontási sebességét (aktivitását).

2.1 Szennyvizek toxicitásának meghatározása

Az eleveniszapos biológia rendszer üzemének (mérgezés, inhibíció) ellenőrzésére a hazai üzemeltetési gyakorlatban nem sok figyelmet fordítanak. Az eddigi rossz tapasztalatok azt mutatják, hogy ezen a területen az üzemeltetőknek feltétlenül előbbre kell lépni.

A környezetvédelmi gyakorlatban a nagyon sok toxicitás mérési módszer terjedt el. A szennyvíztisztítás gyakorlatában, azonban a toxicitás mérés céljára az ún. öko-toxicológiai módszerek (Daphnia, hal, alga, világító baktériumok, Ames-teszt stb.) nem jöhetnek számításba. A gyakorlatban elsősorban gyors, egyszerű és nem költséges műszeres vagy egyéb biokémiai módszerek alkalmazása jöhet szóba. Ismeretes, hogy az eleveniszap oxigénfogyasztási sebessége arányos a szubsztrát lebontási sebességgel. Az ISO szabványok által javasolt mérési módszerek a fenti elvnek megfelelően az oxigén légzési görbék értékelésén alapulnak. Ma már ezen a területen alkalmazott ISO szabványokat hazánk is átvette, ezért a jövőben az eleveniszapos tisztító egység ellenőrzésére ezeket az MSZ ISO szabványokat kell alkalmazni. Az alábbiakban ezeket a szabványos mérési módokat és ezek alkalmazását az üzemeltetési gyakorlat szempontjából értékeljük.

A szennyvíztelepek biológiai tisztítási hatásfoka bizonyos ipari eredetű anyagok hatására jelentősen lecsökkenhet. Az ipari szennyvizek az eleveniszap légzését, azaz biológiai aktivitást részlegesen vagy teljes mértékben gátolhatják. Ez a tény indokolja, hogy olyan mérési módszert alkalmazzunk, amellyel az eleveniszapos rendszer biológia aktivitását mérni és az ipari eredetű szennyvizek anyagok toxikus hatását, számszerűsíteni tudjuk. A toxicitás mérés kiterjedhet:

- A szerves-anyagok (szén-vegyületek) lebontását gátló hatás meghatározására
- A nitrifikáció és a denitrifikáció gátlásának meghatározására.

2.1.1 Toxicitás vizsgálat az eleveniszap oxigénfogyasztás – gátlás mérése alapján

Az eleveniszap megfelelő, könnyen bontható anyag (műszennyvíz, kommunális szennyvíz) jelenlétében gyorsan fogyasztja az oxigént, ekkor az oxigénfogyasztás gyakorlatilag a mikroorganizmusok számától függ. A vizsgált mintának mérgező koncentrációban az eleveniszap szuszpenzióhoz történő hozzáadása után a vonatkoztatási szubsztrát (műszennyvíz vagy kommunális szennyvíz) mellett mért légzési sebesség (mg/l óra) csökken. Az oxigénfogyasztást oxigénelektóddal mérjük és ezt a változást, regisztráljuk. A toxicitást, vagyis az oxigénfogyasztás (lebontási sebesség) gátlásának %-os mértékét a vizsgált anyag koncentrációjában adjuk meg.

A szennyvizeknek az eleveniszapos biológiai rendszerre kifejtett toxicitását az eleveniszap oxigénfogyasztás – gátlásának mérése alapján határozzuk meg (*MSZ EN ISO 8192*). Ez a szabvány módszert ír le az anyagok, anyagkeverékek vagy szennyvizek eleveniszappal szembeni potenciális mérgező- hatásának értékelésére. A vizsgált mintának mérgező koncentrációban - az eleveniszap szuszpenzióhoz - történő hozzáadása után a vonatkozási szubsztrát (műszennyvíz vagy kommunális szennyvíz) lebontási sebessége csökken. A mért oxigénfogyasztási sebesség (mg/l óra) értékekből számíthatjuk, az ún. oxigén-fogyasztási gátlást (I), amit % -ban fejezünk ki. A toxicitást, vagyis az oxigénfogyasztás (lebontási sebesség) gátlásának % -os mértékét a vizsgált anyag koncentrációjában adjuk meg. Számítást az alábbi összefüggés alapján lehet elvégezni:

$$I = \frac{R_B - (R_T - R_{PC})}{R_B} \times 100 \quad (1)$$

ahol:

- R_T a vizsgálati keverék (eleveniszap + vonatkozási szubsztrát + tesztanyag) oxigén-fogyasztási sebessége (mg/l óra)
- R_B a vakpróba keverék (eleveniszap + vonatkozási szubsztrát) oxigén-fogyasztási sebessége (mg/l óra)
- R_{PC} az ellenőrző keverék (alkalmazott vegyszerek) oxigén-fogyasztási sebessége (mg/l óra)

Általában a toxicitás vizsgálatok hatásmechanizmusa az anyag (ágens) és a biológiai rendszer (receptor) közötti egymásra hatáson alapszik. A vizsgálandó anyag károsító hatása a biológiai érzékelő (receptor) rendszernél jelentkezik (vagy nem) és a biológiai rendszer válaszából (mérési jel) következtetünk az anyag toxikus hatására. Az EC 50 érték alatt a vizsgálandó anyagnak azt, koncentrációját értjük, amelynél a szubsztrát lebontási sebessége a vakpróba értéknek 50 %-a.

2.1.2 Toxicitás mérés lebontási-sebesség mérése alapján

Az *MSZ EN ISO 8192* szabvány alapján felvett légzésgörbéből a biológiai lebontási sebesség vagy aktivitás értékét is meghatározhatjuk. Az eleveniszap lebontási sebességének mérésével nyomon követhetjük az eleveniszap aktivitását. A lebontási sebesség megadja, hogy 1 kg eleveniszap időegység alatt mennyi szennyvíz KOI-t képes lebontani (lebontott kgKOI/kg_{iszap}óra). Ennek alapján meghatározhatjuk a biológiai egység KOI lebontó kapacitását vagy teljesítő képességét. A szennyvíztelepeken az egyes biológiai tisztítósorokban a biológiai aktivitás változik ennek oka, lehet, pl. a különböző terhelés, különböző oxigén koncentráció, állandóan változó koncentrációban érkező ipari szennyvizek inhibíciós hatása. Ez a tény jelzi, hogy a tisztító sorok aktivitás változását az üzemeltetőnek ajánlatos nyomon követni. A rendszeres aktivitás mérések birtokában az üzemeltető el tudja dönteni, hogy milyen aktivitási érték tartományában biztosítható a zavartalan üzemelés.

A lebontási sebesség mérésével a szennyvizek biológiai bonthatóságára és egyúttal azok toxikus hatására is következtethetünk. A két mérési módszer elve nem különbözik egymástól, csak az értékelés módjában van eltérés.

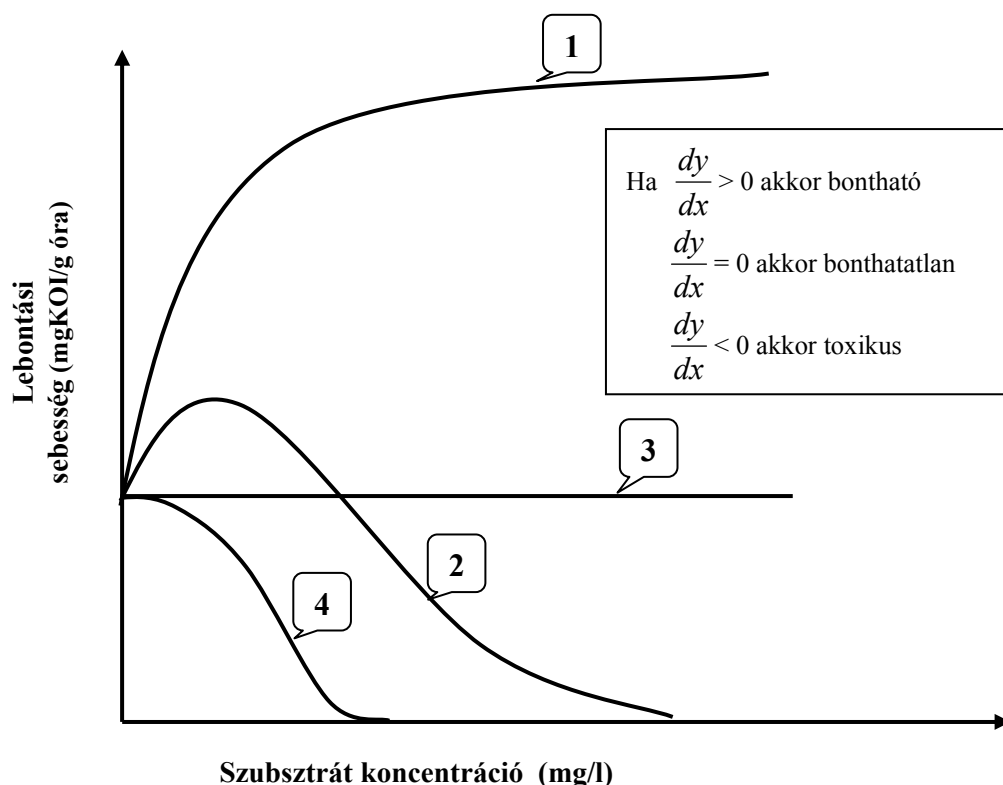
Az *MSZ EN ISO 8192* szabvány alapján felvett légzésgörbéből a biológiai lebontási sebesség értékét is meghatározhatjuk. Az aktivitás-mérésnél a vizsgálandó eleveniszap mintához ismert mennyiségű – és minőségű szubsztrátot (Na-acetát, műszennyvíz, kommunális szennyvíz) adunk, ennek következtében a légzésgörbe - a szubsztrátlégzés miatt - először esik, majd amikor a baktériumok a szubsztrátot lebontották, egy hirtelen töréssel emelkedni kezd. A légzésgörbe töréséig eltelt időből, a beadagolt szubsztrát mennyiségéből és az eleveniszap koncentrációjából a fajlagos lebontási aktivitás értékét (mgKOIg⁻¹óra⁻¹) számíthatjuk.

A lebontási sebesség és a szubsztrát koncentráció közötti elvi összefüggést *1. ábra* mutatja be. Az 1.görbe alapján a kicsiny tápanyagkinálat esetén a lebontási sebesség a tápanyag koncentrációval arányos (első-rendű reakció), ha pedig nagy a tápanyag koncentráció, akkor a lebontási sebesség a tápanyag koncentrációtól független (zérus-rendű reakció). A bontható, de mérgező hatású szubsztrátok esetében a lebontás egy maximum görbét mutat, ami azt jelenti, hogy egy bizonyos koncentráció érték elérése után a mérgezés olyan mértékűvé válik, amely a további lebontást akadályozza (2. görbe). Biológiailag bonthatatlan szubsztrátoknál a lebontási sebesség a szubsztrát koncentráció növelésének hatására nem változik (3. görbe). Az

erősen mérgező anyagok esetében a lebontási sebesség gyorsan csökken, majd a koncentráció növelésével a sebesség nullára csökken (4. görbe).

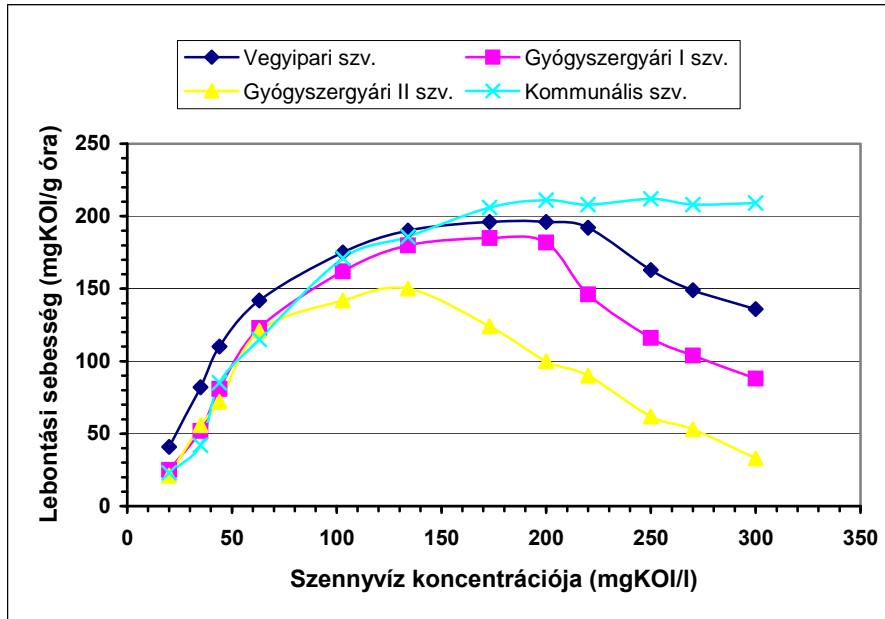
Az 1. ábra alapján az alábbi alap-eseteket különböztethetjük meg:

1. Kicsiny szubsztrát koncentráció értékeknél nincs gátlás, nagyobb koncentrációnál lehetséges a gátlás. Ez az összefüggés érvényes minden biológiailag jól bontható anyagra.
2. Kicsiny koncentrációnál nincs gátlás. A lebontás egy maximum görbét ír le, ami azt jelenti, hogy koncentráció elérése után a mérgezés olyan mértékűvé válik, mely a további lebontást megakadályozza.
3. A szubsztrát bonthatatlan.
4. Kicsiny koncentrációban indifferens (bonthatatlan) anyag, nagyobb koncentrációban pedig toxikus.



1. ábra A lebontási sebesség és a szubsztrát koncentráció elvi összefüggése

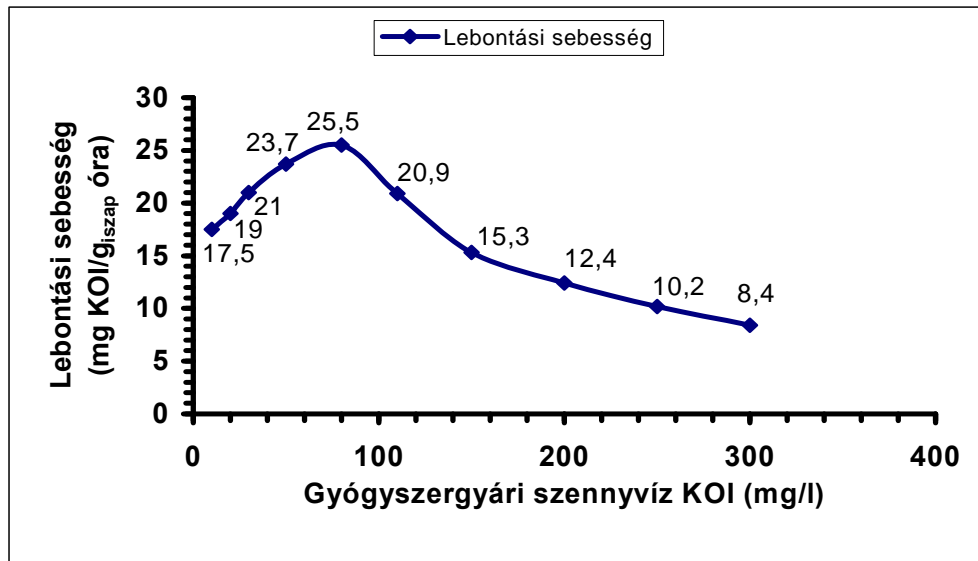
Az FCSM Rt. szennyvíz vizsgáló laboratóriumában az ipari szennyvizek biológiai bonthatóság vizsgálatánál ezt a módszert alkalmazzuk. A 2. ábrán néhány ipari eredetű szennyvíz toxicitási görbéjét mutatjuk be. A kommunális szennyvíz esetében a lebontási sebesség és tápanyag koncentráció kapcsolata követi a klasszikus Monod összefüggést. Ez azt jelenti, hogy kisebb szennyvíz koncentráció (<180 mg KOI/l) esetében a lebontási sebesség arányos a koncentrációval, majd a tápanyag koncentráció (> 200 mg KOI/l) növelésével a lebontási sebesség eléri a maximális értéket (~ 205 mg KOI/g óra) és ezt követően a szubsztrát koncentráció további növelésével a lebontási sebesség már nem növekszik.



2. ábra Néhány ipari eredetű szennyvíz toxicitási görbéje (Oláh; Szutrély; FCSMRt., 1996)

A gyógyszergyári I-II és vegyipari szennyvizek görbéi 200, 140 és 220 mg KOI/l koncentrációknál maximumot mutatnak, vagyis ezeknél a koncentráció értékeknél a lebontási sebesség eléri a maximumot és a szennyvíz koncentráció további növekedésével a lebontási sebesség, már csökken (ellentétben a kommunális szennyvízzel). Az eleveniszapos rendszerben a görbe maximumához tartozó koncentrációnál jelentkezik a szennyvíz toxikus hatása.

A 3.ábra az oxigénmérővel történő toxicitás vizsgálat eredményét mutatja be. A lebontási sebességet a kommunális szennyvízhez adagolt gyógyszergyári szennyvíz KOI-jának függvényében ábrázoltuk. A vizsgált kommunális szennyvíz eleveniszap keverék iszap koncentrációja 3,2 g/l, KOI értéke pedig 480 mg/l volt. Az ábra alapján megállapíthatjuk, hogy kb. 80 mg KOI /l gyógyszergyári szennyvíz beadagolásig a lebontási sebesség nő, majd ezt követően csökken. A gyógyszergyári szennyvíz beadagolását tovább növelve a lebontási sebesség csökken. Megállapítható, hogy ha a kommunális szennyvíz és gyógyszergyári szennyvíz-keverékben (480 + 80 mg/l KOI) a gyógyszergyári szennyvíz mennyisége 80 mg/l KOI érték fölé nő úgy a szennyvíz-keverék biológiai bonthatósága jelentősen romlik. Meg kell említeni, hogy a gyógyszergyári szennyvíz toxikus hatása nemcsak a beadagolt szennyvíz mennyiségnek, hanem a rendszerben fenntartott iszap koncentrációnak is függvénye. A fentiek alapján látható, hogy a vizsgált gyógyszergyári szennyvíz erősen toxikus hatású és az eleveniszap lebontási aktivitását jelentősen csökkenti.



3. ábra Kommunális szennyvíz lebontási sebességének változása gyógyszergyári szennyvíz adagolása esetében (Oláh; Rása; FCSMRt., 1998)

2.1.3 Légzési sebesség mérése

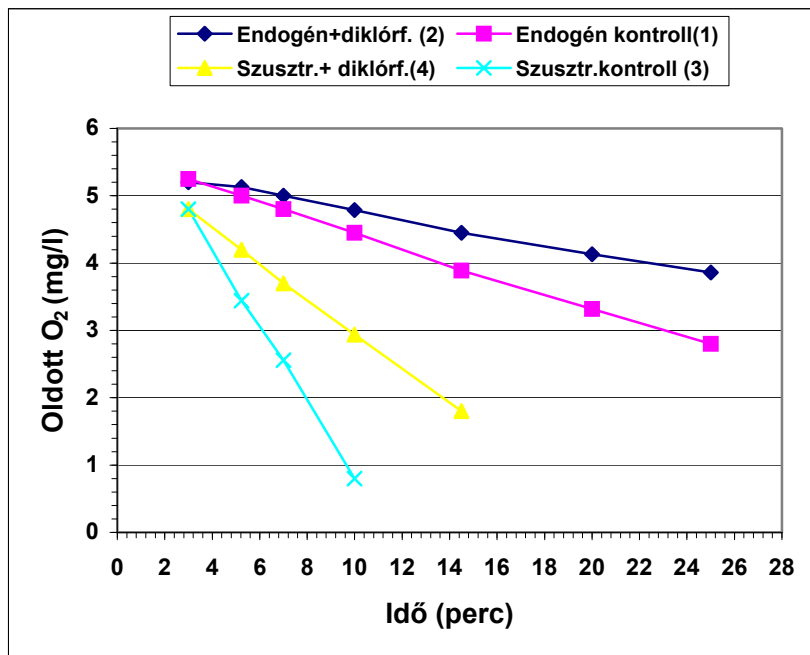
Az eleveniszap légzése az endogén (saját) és a szubsztrát (tápanyag) légzésből adódik össze. A szubsztrát légzést a külső szubsztrát jelenlétében mért összes légzésből és a szubsztrát távollétében mért endogén légzés különbségeként határozzák meg. Légzésmérést a szennyvízes gyakorlatban már nagyon régóta alkalmaznak. *Sekulov, I. – Bardtke, D. (1970)* vizsgálatai szerint az endogén légzés arányos a biológiai aktivitással. *Pagga (1981)* vizsgálatai szerint a légzés aktivitás arányos a biológiai aktivitással és a légzés-változással nyomon követhető a toxikus anyagoknak az eleveniszap kifejtett hatása. *Huang és Meng-dawn Cheng (1984)* kapcsolatot talált az oxigén felvételi sebesség, a biológiai aktivitás és az elfolyó víz oldott KOI koncentrációja között. A mérések szerint a tranziens viszonyok között a légzési sebesség ismeretében az elfolyó víz oldott KOI értékét előre lehetett jelezni. *Huang és m.társai (1985)* megállapították, hogy az oxigén felvételi sebesség (légzés) arányos az eleveniszap biológiai aktivitásával. *Farkas (1981)* légzésmérésen alapuló aktivitás és gyors BOI mérési módszert fejlesztett ki, melyet eredményesen használt az eleveniszapos rendszerek ellenőrzésére. A légzésmérés szennyvízes gyakorlati alkalmazását *Roš, (1993)* részletesen tárgyalja. *Suescun és m.társai (1998)* fél-üzemi modellben az oldott oxigén mérésével egy időben a légzési sebességet és K_{La} értékét is mérték. Az adatokat matematikai modell segítségével, számítógéppel értékelték, és ennek alapján szabályozták a levegőztetést. *Schmid (2000)* szerint a kevert eleveniszapos kultúráknál a légzés értéke a biológiai aktivitással arányos. A légzésmérési görbék értékelése alapján a szerves-anyagoknak a lebontásra gyakorolt inhibíciós hatása jól jellemezhető.

A légzésre (R) felírható az alábbi egyszerű összefüggés:

$$R = R_s + R_e \quad (2)$$

ahol R_e az endogén-légzés, R_s pedig a szubsztrát-légzés.

A légzés értékeket vonatkoztathatjuk az eleveniszap egységnyi lebegőanyag vagy szerves lebegőanyag tömegére ($\text{mg O}_2/\text{g}_{\text{szervesa.óra}}$) is. Ekkor a fajlagos légzés értékeket kapjuk meg, melyek jellemzőek az eleveniszap aktivitására, oxigén fogyasztására és a szubsztrát lebontó képességére. Az oxigén-mérő kalibrálása után az endogén légzést „átmosott” és fellevegőztetett eleveniszap mintából állandó keverés mellett az oxigén fogyás időbeni rögzítésével, végezzük. A légzési görbe egyenes, majd az egyenes iránytangensének számításával meghatározzuk a térfogat egységre számított légzést ($\text{mg O}_2/\text{l óra}$). A fajlagos légzést a mérésnél felhasznált iszap minta lebegőanyag vagy szerves lebegőanyag koncentrációjára vonatkoztatjuk. A szubsztrát légzést az endogén légzés mérés elvégzése után a fentiekhez hasonlóan szubsztrát hozzáadása mellett végezzük el. Toxikus vagy egyéb tesztanyagok jelenlétében is elvégezhetjük a légzésméréseket, ha a szubsztrát mellé egyéb teszt anyagot is, adagolunk, akkor kimérhetjük, hogy a tesztanyag milyen koncentrációban kezdi gátolni az endogén vagy a szubsztrát légzést. A légzés mérések részletes leírását és ismertetését az „Egységes Vízvizsgálati Módszerek, VITUKI, Budapest, 1979” tartalmazza. A 2,4-diklór-fenol adagolás hatására bekövetkező légzészváltozásokat 4. ábrán mutatjuk be



4. ábra Az endogén és a szubsztrát légzés változása 2,4-diklór-fenol adagolás hatására (Oláh; Rása; FCSMRt., 2002)

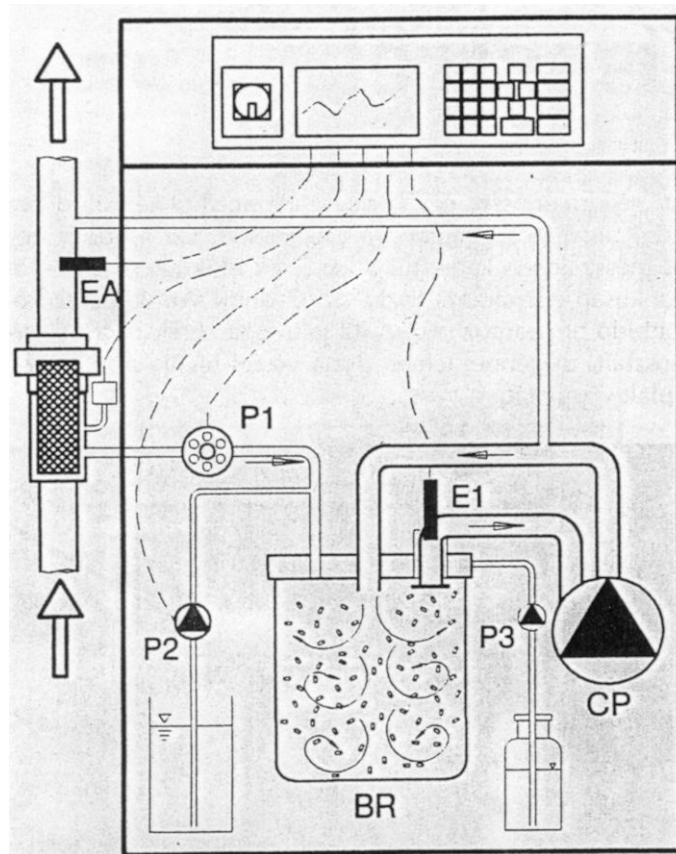
A légzés értékeket az ábrán bemutatott egyenesek iránytangensei adják meg. Az Észak-Budapesti Szennyvíztisztító Telepről származó 1 g/l koncentrációjú eleveniszaphoz 10 mg/l 2,4-diklór-fenolt adagoltunk és vizsgáltuk az eleveniszapnak az endogén és a saját szennyvizére vonatkozó légzését. A diklór-fenol beadagolását követően a kontroll endogén légzés értéke $6,6 \text{ mg O}_2 / \text{g óra}$ értékről $4,3$ -ra csökkent (35 %-os csökkenés). A diklór-fenol adagolás hatására a szubsztrát légzés $36,4 \text{ mg O}_2 / \text{g óra}$ értékről $16,6$ értékre csökkent (54 %). A bemutatott példa jól szemlélteti, hogy toxicitás meghatározására a légzésméréseket is jól lehet használni.

2.1.4 Folyamatos toxicitás-ellenőrzés

A toxicitás – mint a szennyvíz minőségét jellemző fontos paraméter – folyamatos ellenőrzését általában egy bioreaktorban állandó körülmények között tenyésztett tiszta biokultúra életfunkcióinak folyamatos mérésével oldják meg. Az egyik módszer szerint a reaktorban tenyésztett kultúra biolumineszcenciáját, míg a másik eljárás során a baktérium kultúra oxigénfogyasztását mérik. Az első esetben általában a *Phtob. Phosphoreum*, míg a másodikban *Pseudomonas putida* törzset tenyésztik. A „STIPTOX-norm” típusú készülék tipikus képviselője a folyamatos toxicitás mérő műszereknek. A műszer a bioreaktorban állandó körülmények között tenyésztett immobilizált biomassza oxigénfogyasztását méri.

A vizsgált vízminta oxigénnel telített tiszta vízzel hígítva lép a bioreaktorba. A vízminta toxicitása a biomassza életfunkcióit gátolja, így az oxigénfogyasztást csökkenti. Amennyiben erősen toxikus minta esetében az oxigénfogyasztás egy előre beállított határérték alá csökken, a számítógép - állandó értéken tartva az összes betáplált vízmennyiséget – a hígító-víz arányát növeli, a toxikus minta arányát csökkenti, ezzel védve a reaktorban lévő kultúrát. A készülék a toxicitás csökkenésével automatikusan az eredetileg beállított kezdő hígításra áll vissza.

A műszer elvi felépítését az 5. ábra mutatja be.



5. ábra STIPTOX típusú toxicitás-mérő műszer elvi felépítése

A vizsgált vízminta folyamatosan áramlik a készülék oldalán lévő megkerülő vezetéken keresztül. Ebből a víz-áramból a P1 jelzésű perisztaltikus pumpa állandó ellenőrzött térfogatárammal juttatja a vizsgált mintát a BR jelű bioreaktorba. A minta ultraszűrésére nincs szükség, mindössze egy korrózióálló acéلبól készült durva szűrő található a mintavevő csonk

előtt. Ezt a szűrőt egy mágnes-szelepen keresztül a készülék időszakonként automatikusan ellenáramú tisztavízzel öblíti. A P2 jelű fogaskerék-szivattyú termosztált, oxigénnel telített tiszta vízzel hígítja a reaktorba táplált víz mintát. A termosztált bioreaktorban hordozóanyagra telepített baktérium kultúra található. A biomassza oxigénigényét az oxigénnel telített hígítóvíz, míg tápanyagigényét a P3 jelű perisztaltikus pumpával betáplált tápoldat elégíti ki. A bioreaktor tartalmát a CP jelzésű centrifugál szivattyú intenzíven, keveri. Az oldott oxigén koncentrációját az E1 oxigén szonda méri.

Folyamatos toxicitás-ellenőrzésnek csak ott van jelentősége, ahol a befolyó szennyvíz koncentrációja, minősége és mennyisége nagymértékben változik. Az ilyen mértékű változások szélsőséges esetnek számítanak. Az ilyen tranziens terhelési változásokkal a tisztítótelep teljes lemergeződése is bekövetkezhet. Mivel a fentiekben ismertetett **esetek** nagyon ritkán fordulnak elő, ezért a folyamatos toxicitás mérésel szennyvíztelepen csak nagyon ritkán kell számolni (Zsilák –Tóth, 2000).

2.1.5 Nitrifikáció gátlásának meghatározása

Ismeretes, hogy a nitrifikációs folyamat toxikus anyagokra (nehéz fémek, ipari eredetű szerves-anyagok) érzékeny. Az említett anyagok jelenlétében a nitrifikáció nem megy teljesen végbe, holott az üzemi paraméterek (tartózkodási idő, iszapkor, iszap koncentráció, oxigén ellátás) a szokásos nitrifikációs viszonyoknak messzemenően megfelelnek. Ilyen esetekben egyértelmű, hogy a folyamat toxikus gátlásával állunk szemben. Az eleveniszapos tisztítási gyakorlatban megfigyelték, hogy gyakran a szerves vegyületek KOI és BOI csökkenéssel jellemezhető lebontása (szén-vegyületek lebontása) tökéletesen végbemegy, míg a nitrifikáció folyamata azonban gátolt.

A fentiek értelmében, ha az eleveniszapnál légzés gátlást tapasztalunk úgy a nitrifikáció gátlásával is, számolhatunk. Bizonyos esetekben előfordulhat, hogy nincs számottevő légzés gátlás, de a nitrifikáció mégsem megy végbe. Ilyen esetekben a nitrifikációs gátlást kell meghatározni. Egy adott teszt vegyület vagy szennyvíz nitrifikációs gátlását az *MSZ EN ISO 9509* szabvány alapján célszerű elvégezni. A meghatározás elve: kommunális szennyvizet tisztító nitrifikációs, szennyvíz telepről származó eleveniszaphoz tápanyagot, tesztanyagot adunk, majd 4 órán keresztül levegőztetjük. A levegőztetés befejezése után mérjük a nitrát-nitrogént. A teszt vizsgálat körülményeivel azonos módon vak-próbát és ismert gátlóanyag (allil-tiokarbamid) felhasználásával készült próbát is el kell végezni. A vizsgálatok alapján a %-ban kifejezett gátlást (I) az alábbi összefüggéssel számítjuk:

$$I = \frac{C_c - C_t}{C_c - C_b} \cdot 100 \quad (3)$$

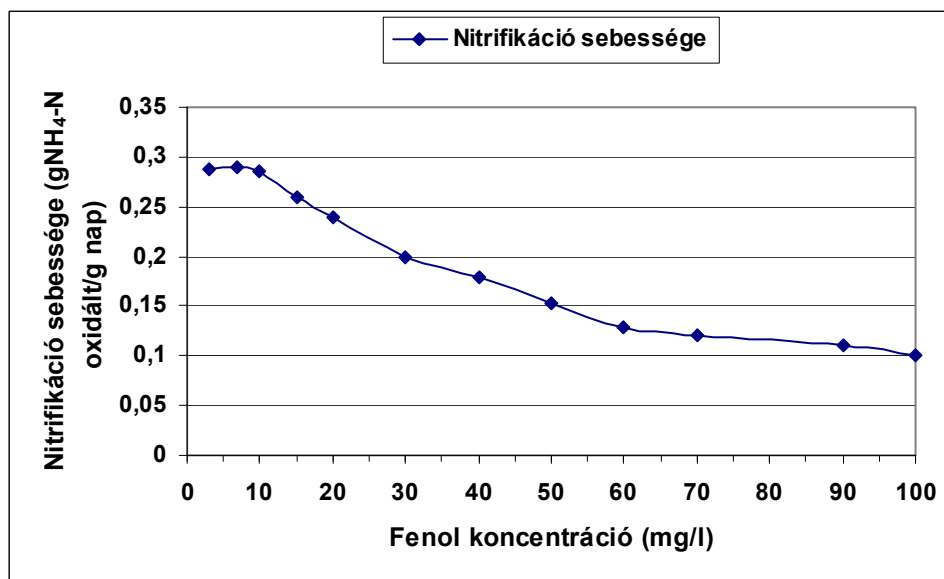
Ahol C_c - az oxidált nitrogénvegyületek (N-ben) a vakpróba-elegyben, inhibitor nélkül, az inkubáció után (mg/l)

C_t - az oxidált nitrogénvegyületek (N-ben) a teszt-elegyben, az inkubáció után (mg/l)

C_b - az oxidált nitrogénvegyületek (N-ben) az inhibitor-tartalmú (allil-tiokarbamid) referencia-elegyben, az inkubáció után (mg/l)

Fenolnak a nitrifikációra kifejtett hatását a *6. ábra* mutatja be. A D-Pesti szennyvíztelep nitrifikációs szűrőjéről levett oltó iszaphoz 100 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ ammóniát adagoltunk és mértük az ammónia eltávolítási sebességet, majd ezt követően kezdtük el a fenolt adagolni és a beadagolás után nitrifikációs sebességet mértünk. Az ábra alapján látható, hogy a fenol kb. 30

mg/l koncentráció felett a nitrifikáció sebességét nagymértékben gátolja. Az ábra alapján megállapíthatjuk a kiindulási 0,27 g NH₄-N/g nap nitrifikációs sebesség kb. 50 mg/l fenol koncentráció esetében csökken a felére (EC50).



6. ábra A nitrifikációs sebesség változása a fenol adagolás hatására (Oláh; Szutrély, FCSMRt. 1996)

Az MSZ EN ISO 9509 szabvány felhasználásával viszonylag egyszerű módon az eleveniszap fajlagos nitrifikációs sebessége (N) is meghatározható. A fajlagos nitrifikációs sebességet (NO₃-N-ben kifejezve: mg/g óra) az alábbi összefüggéssel számítjuk:

$$N = \frac{C_t - C_b}{m_s \cdot 4} \quad (4)$$

Ahol C_t az oxidált nitrogén-vegyületek koncentrációja a tesztelegyen, inkubáció után, nitrogénben kifejezve (mg/l)

C_b az oxidált nitrogén-vegyületek koncentrációja az inhibitor tartalmú referenciaelegyben, inkubáció után, nitrogénben kifejezve (mg/l)

m_s az eleveniszap szárazanyag koncentrációja (g/l)

Irodalom

Egységes Vízvizsgálati Módszerek V. Technológiai Módszerek. VITUKI, Budapest 1979.

Farkas, P. (1981): The use of respirography in biological treatment plant control. Wat. Sci. Techn., 13, 125 – 131.

Huang, J. Y. C. – Cheng, M-D. – Mueller, J.T. (1985): Oxygen uptake rates for determining microbial activity and application. Water Research, Vol.19, No. 3, 373 - 381.

Huang, J. Y. C. – Cheng, M-D. (1984): Measurement and new application of oxygen uptake rates in activated sludge processes. Journal WPCF, Vol. 56, 3, 259 – 265.

Pagga, U. (1981): Der Kurzzeitatmungstest – eine einfache Methode zur Bestimmung der Atmungsaktivität von Belebtschlamm. Vom Wasser, 57, 263 – 275.

Roš, M. (1993): Respirometry of Activated Sludge. TECHNOMIC. Publishing Co. Inc. Lancaster-Basel. 43 – 49, 85 – 111, 125 – 130.

Suescun, J. – Irizar, I. – Ostolaza, X. – Ayesa, E. (1998): Dissolved oxygen control and simultaneous estimation of uptake rate in activated-sludge plants. *Water Environment Research*, Vol.70, 3, 316 – 322.

Sekulov, I. – Bardtke, D. (1970): Untersuchungen zur schnellen Bestimmung der Aktivität von Belebtschlamm. *Gwf (Wasser – Abwasser)*, 111, 1, 18 – 20.

Schmid, A. (2000): Methode zur Bestimmung der mikrobiellen Aktivität auf Basis einer zeitlichen Sauerstoffzehrungsmessung. *Gwf (Wasser – Abwasser)*, 141, 12, 861 – 864.

Zsilák, Z – Tóth, J (2000): Toxicitásmonitoring, *LABINFO IX.évf.* 200/2, 22 – 24.

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 8192 Vízminőség. Az eleveniszap oxigénfogyasztás-gátlásának vizsgálata (ISO 8192: 1986), 1 – 14.

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN ISO 9509 Vízminőség. Az eleveniszapban lévő mikroorganizmusok nitrifikáció gátlásának meghatározása vegyi anyagokkal és szennyvízzel (ISO 9509: 1989)

Javaslatok

A fentiekben ismertetett vizsgálati és mérési módszerek összefüggéseinek ismerete segíti az üzemeltetőt abban, hogy a működő telepek felülvizsgálatát elvégezze és a szennyvíztelep optimális üzemi viszonyait, beállítsa.

Az ismertetett MSZ ISO ellenőrző mérési módszereket jelenleg a hazai szennyvíztelepek üzemeltetésénél nagyon ritkán alkalmazzák.

Toxicitás vizsgálatok céljára az oxigén-fogyasztáson vagyis a légzésmérésen alapuló mérési módszert (MSZ EN ISO 8192) javasoljuk. A vizsgálat elvégzésének ideje viszonylag rövid, mindössze 60 perc. A nitrifikációs telepeken célszerű mérni a nitrifikáció sebességét és a sebesség időszakos csökkenéséből, következtetni lehet az alkalmanként jelentkező nitrifikációs gátlásra (MSZ EN ISO 9509).

A toxicitás és a szennyvizek biológiai bonthatóságát általában nagyobb szennyvíztelepeken, célszerű nyomon követni. Abban az esetben, amikor egy vízmű vállalat több szennyvíztelepet üzemeltet ajánlatos a legnagyobb telepen kialakítani egy laboratóriumi mérő rendszert, amely alkalmas arra, hogy a kisebb telepek időszakos ellenőrzését is elvégezze.

Jövőben a szennyvíztelepek üzemeltetési színvonalának emelése céljából az ismertetett mérési-módszereket szélesebb körben kell alkalmazni. Az említett mérési-módszerek alkalmasak arra, hogy pl. toxikus üzemzavar esetében számszerűsítsük a biológiai egység hatásfokának csökkenését és ennek ismeretében a rendelkezésre álló eszközökkel (recirkulációs arány növelése, iszapelvétele megszüntetése, oxigén bevitel növelése stb.) az üzemeltető meg teheti a szükséges beavatkozásokat. Az eleveniszapos rendszerben a beavatkozások hatására bekövetkező „javulást” mérésrel lehet igazolni és így a biológiai rendszer állapota összehasonlítható az ezt megelőző állapottal.

Az FCSM Rt.-ben az É-Budapesti szennyvíztelep eleveniszapos egységének beüzemelésénél az időnként jelentkező inhibíciós (toxicitási hatás) hatásokat légzési-sebesség mérésrel kísértük nyomon és a mérési módszert eredményesen alkalmaztuk.

Summary

“Water quality – Test for inhibition of oxygen consumption by activated sludge” this standard (MSZ EN ISO 8192) specifies a method for assessing the potential toxicity of substances, mixtures or wastewater to activated sludge. Information generated by this method may be helpful in estimating the effect of a test material on mixed bacterial communities in the

aquatic environment especially in aerobic biological treatment systems. This standard specifies a method for assessing the inhibitory effect of a test material on the oxygen consumption of activated sludge microorganisms. The inhibitory effect may include on respiration and nitrification. This method gives information on inhibitory or stimulatory effects after a short exposure (up to 180 min) of the test material on activated sludge microorganisms.

In the future the use of toxicity test is to be recommended in the greater wastewater treatment plants. The toxicity test is used successfully in the biological treatment plants of Budapest Municipal Sewerage Company Limited.

Összefoglalás

„Vízminőség – Az eleveniszap oxigénfogyasztás-gátlásának vizsgálata” (MSZ EN ISO 8192) szabvány jól alkalmazható az egyes anyagok és szennyvizek az eleveniszapra kifejtett toxicitási hatásának vizsgálatára. Ez a szabvány információt szolgáltat arra nézve, hogy a teszt anyagok az eleveniszap mikroorganizmusainak oxigén felvételét milyen mértékben gátolják és becsülhetjük a teszt anyagoknak mikroorganizmusokra kifejtett inhibíciós hatását. Az inhibíciós hatás kihat a légzésre és a nitrifikációs folyamatra. Ez a rövid meghatározási időt igénylő (maximum 180 perc) módszer információt szolgáltat a teszt anyagoknak az eleveniszapra kifejtett az inhibíciós vagy stimuláló hatásáról.

Jövőben a nagyobb szennyvíztelepeken a toxicitás vizsgálattal feltétlenül számolni kell. A Fővárosi Csatornázási Művek Rt. szennyvíz telepein a toxicitás vizsgálati szabványt sikeresen használjuk.