



Effekten af adskillelse af gråt og sort spildevand

**Afrapportering af videnskupon med Kilian Water ApS
projekt nr. 10-083498**

Udarbejdet af Lars DM Ottosen, Teknologisk Institut

Indledning

Kilian Water ApS producerer beplantede filteranlæg til håndtering af spildevand fra enkelthusstande. En anlægstype i Kilians produktsortiment baserer sig på adskilte rør til gråt (køkken og bad) og sort (toilet) spildevand, som løber til adskilte kamre i en Water Care bundfældningstank. Her bundfældes henholdsvis gråt og sort spildevandsslam, som nedbrydes under iltfrie forhold. Overløbet fra bundfældningstanken ledes til et beplantet filter med recirkulation. Filteret optager næringsstoffer og nedbryder opløst organisk stof under iltede forhold. Udløbet fra beplantet filter ledes til recipient eller nedsivning. Kilian Water ApS ønsker med den aktuelle videnskupon at styrke den videnskabelige dokumentation for den eksisterende indretning af sine bundfældningstanke samt opnå ny viden omkring slamophobningshastigheder, der kan have central betydning for videre udvikling af teknologien og endvidere gøre produktet mere konkurrencedygtigt på det nationale og internationale marked.

Formål

Formålet med nærværende videnskupon er:

- i) at undersøge effekten af adskillelsen af gråt og sort spildevand på den anaerobe slam nedbrydning i septiktanken, herunder om der kan forventes forøget nedbrydelighed af sort slam under fravær af gråt slam da gråt slam indeholder surfaktanter (sæberester), som potentielt kan være hæmmende for den anaerobe nedbrydning og

- ii) at undersøge den generelle slamnedbrydningshastighed i det anaerobe trin af Water Care bundfældningstanke, med henblik på at opnå en mere præcis vurdering af den forventede slamakkumulering i tankene.

I praksis er det slamophobningen i bundfældningstankene, som er interessante for driften og indretning af Water Care bundfældningstanke. Slamophobningen opstår som forskellen mellem tilførsel og nedbrydning i bundfældningstankene. Slamophobningen kan måles direkte og er samtidig et indirekte mål for nedbrydningen.

Metoder

Der blev foretaget in situ målinger af slamophobningen på Kilian Waters egne anlæg.

Derudover blev der udført et grundigt review af primær videnskabelig litteratur inden for området. Litteraturstudiet tog udgangspunkt i en række studier af gråt og sort spildevand. Slamophobningen i bundfældningstankene blev vurderet i anlæg med adskillelse af gråt og sort spildevand samt i anlæg med blandet spildevand. Slamopbygningen blev bestemt ved at måle slamdybder i bundfældningstankene på forskellige tidspunkter. Nedbrydningen kunne estimeres ved at kende slamopbygningen i forhold til den forventede belastning.

Der blev udvalgt i alt 15 anlæg fra Kilian Water ApS. Alle anlæggene havde været i drift fra sidste tømning og frem til prøvetagningstidspunktet. 2 af anlæggene var indrettet til at modtage separat sort og gråt spildevand. 3 af anlæggene modtog kun gråt spildevand, resten (10 anlæg) modtog blandet sort og gråt spildevand. De tanke, der modtog sort spildevand (separat eller blandet), var alle af samme type (Water Care, type 3-K 5PE) for at lette sammenligningen.

Slamdybden i bundfældningstankene blev målt med en slamtester (BioKube). Slamophobningen blev beregnet ud fra kendskab til bundfældningstankens dimensionering.

Resultater fra in situ målinger

Slamophobningen i anlæggene blev ud fra in situ målingerne beregnet til følgende:

1. måling	Slamophobning l/pers/år		antal anlæg
Sort fraktion af separeret	24,8	*	2
kun gråt	<5		3
Blandet	54,2	*	10
		* ikke forskellige	

Efter 2. måling kunne slamophobningen bestemmes til:

2. måling	slamophobning l/pers/år		antal anlæg
Sort fraktion af separeret	46,2	*	2
kun gråt	<7		3
Blandet	44,4	*	10
		* ikke forskellige	

Resultater fra litteraturstudie

Gråt spildevand

COD i gråt spildevand opgives lidt forskelligt (725 ±150 mg/l, Hernandez Leal 2011. 432±123 mg/l Hong-Bin 2010. 366 mg/l, Brandes 1978). Den producerede mængde af gråt vand varierer mellem 75-100 l pr. person pr. dag. Årlig COD-udledning kan således beregnes til 15-20 kg /person pr år.

Anaerob nedbrydelighed for gråt slam vurderes af Hernandez Leal (2011) til at være omkring 70 % med en hydrolysekonstant på 0,02, hvilket betyder, at 2 % af den nedbrydelige del af en given slammængde nedbrydes pr. dag.

En betydelig komponent i gråt spildevandsslam er surfaktanter (sæberester), og der har været bekymring for, om disse stoffer kunne være problematiske for den

anaerobe slamnedbrydning (Garcia et al 2006). Nedbrydelighed for specifikke surfaktanter varierer noget. Hernandez Leal (2011) fandt følgende nedbrydeligheder:

Anioniske surfaktanter: 35 %

Kationiske surfaktanter: 19-38 % (alkylquats) 78-100 % (esterquats)

Nonioniske surfaktanter: 80 % (lineære alkohol ethoxylater).

Begrænsningen på den anaerobe nedbrydelighed resulterer i en vis slamophobning i septiktankene.

Ophobning af gråt spildevandsslam i bunden af septiktanke blev i et stort canadisk studie fundet til 8,3 l/person/år (Brandes 1978), hvilket stemmer fint overens med en anaerob nedbrydelighed på omkring 70 % som fundet af Hernandez Leal (2011).

Med hensyn til bakterier er antallet størst i rent køkkenspildevand. Som helhed er der dog flere coliforme bakterier i sort end i gråt spildevand, når køkkenspildevand blandes med andet gråt vand (bad, håndvask, vaskemaskine m.m). Det høje antal bakterier i køkkenspildevand kan formodentlig tilskrives den høje koncentration af let nedbrydeligt organisk stof.

Sort spildevand

COD i sort spildevand opgives i området 250-3000 mg/l i forskellige studier (Brandes 1978, Hong Bin 2010, Hocaoglu et al. 2010). Den store variation dækker over store forskelle i vandforbrug til toiletskyl. Mere relevant er slamophobningen i septiktanke, som af Brandes (1978) blev beregnet til 0,18 l pr. person pr. dag eller 66 l pr. person pr. år (Brandes 1978). Hocaoglu et al. (2010) målte, at knap 80 % af såvel COD- som BOD₅-bidraget fra husstande kom fra sort spildevand, hvilket stemmer fint overens med observationer omkring slamophobning fra Brandes (1978).

Med hensyn til slamophobning er der samlet set en pæn overensstemmelse mellem de målte in situ værdier fra Kilian Water anlæg i drift og resultater fra litteraturen.

Diskussion

Sort og gråt spildevand adskiller sig ved et betydeligt højere indhold af COD (organisk materiale) i sort spildevand i forhold til gråt. Derimod ser det ikke ud til, at der er betydelige forskelle i anaerob nedbrydelighed mellem de organiske fraktioner af henholdsvis gråt og sort spildevand (Elmitwalli et al. 2001). Det har ellers været en udtrykt bekymring, at eksempelvis surfaktanter fra sæber, shampoo og rengøringsmidler kunne udgøre et problem. Garcia et al. 2006 undersøgte hæmning fra LAS (Lineær Alkyl benzene Sulfonate) og LSS (Lineær Sodium dodecylbenzene Sulfonate), som er bredt anvendte surfaktanter i rengøringsprodukter. Konklusionen var, at den anaerobe omsætning ikke blev hæmmet af stofferne, men nærmere blev svagt stimuleret ved moderate koncentrationer (< 20 mg/l). Zhang et al. (2010) foretog et nærmere studie af effekten af surfaktanten SDBS (Natrium Dodecyl Benzene Sulfonate) på de anaerobe delprocesser (hydrolyse, fermentering og methanogenese) og fandt, at såvel hydrolyse og fermentering blev stimuleret op til omkring 100 mg/l, men at metanogenesen blev hæmmet allerede ved lave surfaktantkoncentrationer (omkring 10 mg/l). Et realistisk niveau af surfaktanter i gråt spildevand kan være op til 50 mg/l (Hernandez Leal. 2010). På den baggrund er der ikke grund til at forvente, at adskillelsen af gråt og sort vand skulle give en samlet bedre anaerob nedbrydning af slammet. Den observerede stimulering af hydrolyse og fermentering under tilstedeværelse af surfaktanter skyldes formodentlig adskillelse af det organiske stof i mindre enheder, hvorved bakterierne får lettere adgang til at nedbryde materialet, da materialet samlet set har større overflade.

Det er derimod oplagt, at slamophobningen i tanken, som modtager gråt spildevand, er meget langsom på grund af det lave COD-indhold. Brandes vurderede, at en septiktank med en gennemsnitlig hydraulisk opholdstid på 2-3 dage, som blev belastet med gråt spildevand, kunne belastes i 24 år, før slammængden blev kritisk. En tilsvarende septiktank til sort spildevand ville nå kritisk slammængde efter 8 år.

I Kilian Waters anlæg, som kun modtog gråt spildevand, blev der målt en tilsvarende meget lav slamophobning i tanke, som kun modtog gråt spildevand. I 2 ud af de 3 tanke var der knap nok målbar slamophobning, og i den tredje tank var slamophobningen estimeret til under 6 liter pr. person pr. år.

Tanke som kun modtog 'sort' spildevand fik efter 1. måling beregnet en gennemsnitlig ophobning på 25 liter pr. person pr. år. Efter 2. slammåling blev ophobningen beregnet til 46 liter pr. person pr. år. Dette tal er dog baseret på kun to anlæg, og variationen i estimatet er forventeligt på et lille datagrundlag. Tanke, som modtog blandet sort og gråt spildevand, havde efter 1. måling en beregnet gennemsnitlig slamophobning på 54 liter pr. person pr. år. Efter 2. måling blev tallet beregnet til 44,4 liter pr. person pr. år. Der var dog overordnet set ingen statistisk signifikant forskel på slamophobningen i anlæg, som kun modtog sort spildevand, i forhold til anlæg, som modtog blandet gråt og sort spildevand.

Et Kilian Water anlæg kan med den observerede slamophobningsrate typisk belastes i en betydelig længere periode end et år, før tømning ved slamsuger skønnes nødvendig. Med den gennemsnitlige slamophobningsrate observeret for blandet spildevand vurderes en tømning hver 2-5 år, afhængig af PE-belastning, at være tilstrækkelig med hensyn til at sikre optimal drift af anlægget. Tanke, som modtager separat gråt spildevand, behøver i praksis ikke at tømmes ud fra de observerede slamophobningsrater, da slammængden først vil blive kritisk efter en meget lang belastningsperiode på 20-30 år. I sådanne tilfælde kunne man eventuelt anbefale kommunalt tilsyn hver 10 år.

I Miljøstyrelsens "Retningslinjer for etablering af beplantede filteranlæg 2004, økologisk byfornyelse og spildevandsrensning nr.52, 2004" anbefales nedenstående volumener på bundfældningstanke.

Tabel 5.2 Krav til mindste totalvolumen af bundfældningstanke for forskellige anlægskapaciteter (antal personer) og tilsluttede boligenheder

	Antal personer stk.	Antal boligenheder stk.	Volumen af bundfældningstanke m ³
Helårsbeboelse	1-5	1	2
	6-10	2	4
	11-15	3-4	6
	16-20	5-6	8
	21-25	7-8	10
	26-30	9-10	12
Helårsbeboelse uden wc-tilslutning	1-5	1	1,6
	6-10	2	2
	11-15	3-4	3
	16-20	5-6	4
	21-25	7-8	5
	26-30	9-10	6

Voluminer er baseret på en forventet slamophobning på 240 liter pr. person pr. år. Dette tal er langt højere end både resultaterne fra nærværende projekt og tal fra litteraturen. Særligt forekommer vurdering af mindste volumen af bundfældningstanke ved husstande uden WC-tilslutning at være noget ved siden af det aktuelle behov. Med udgangspunkt i slamophobningsdata fra litteraturen og fra dette projekt, vil en 500 liter tank kunne modtage spildevand fra en 4 personers husstand uden WC-tilslutning i 10 år uden tømning, hvor Miljøstyrelsen anbefaler min. 1600 liter med årlig tømning.

Konklusioner

- Gråt og sort spildevandsslam adskiller sig ifølge litteraturen ikke med hensyn til anaerob nedbrydelighed
- Miljøfremmede stoffer (surfaktanter) påvirker ikke den anaerobe nedbrydning ved typiske koncentrationer
- Med hensyn til ophobning af slam i bundfældningstankene ser der ikke ud til at være nogen positiv effekt af at adskille sort og gråt spildevand
- Tanke, som kun belastes med gråt spildevand, har en meget lav slamophobning, og behøves reelt kun tømning med 10-30 års intervaller afhængig af volumen og belastning

- Anlæg, som fx beplantede filteranlæg, der er udstyret med tanke som modtager blandet spildevand kan i eksisterende udformning markedsføres til kun at behøve tømning hver 2-5 år afhængig af belastning.

Litteratur

Elmitwalli TA, Soellinger J, De Kaizer A, Bruning H, Zeeman G, Lettinga G. 2001. Biodegradability and change of physical characteristics and particles during anaerobic digestion of domestic sewage. *Wat. Res.* Vol. 35, No. 5, pp. 1311±1317, 2001

Chen HB, Feng Y, Ruan JL, Qian L, Wang SY, He QB. 2010. Investigation of domestic wastewater separately discharging and treating in China. © 2010 IWA Publishing. *Water Infrastructure for Sustainable Communities: China and the World*. Edited by Xiaodi Hao, Vladimir Novotny and Valerie Nelson. ISBN: 9781843392383.

Published by IWA Publishing, London, UK.

Brandes Marek 1978. Characteristics of effluents from grey and black water septic tanks.

Ontario Ministry of the Environment, Canada.

Garcia MT, Campos E, Sanchez Leal J, Ribosa I. 2006. Effects of linear alkylbenzene sulphonates (LAS) on the anaerobic digestion of sewage sludge. *Water research* 40 2958-2964.

Zhang P, Chen Y, Zhou Q. 2010. Effect of surfactant on hydrolysis products accumulation and short-chain fatty acids (SCFA) production during mesophilic and thermophilic fermentation of waste activated sludge: Kinetic studies. *Bioresource Technology* 101 (2010) 6902–6909

Selda Murat Hocaoglu, Guclu Insel, Emine Ubay Cokgor, Ahmet Babanand Derin Orhon. 2010. COD fractionation and biodegradation kinetics of segregated domestic wastewater: black and grey water fractions. *J Chem Technol Biotechnol* 2010; 85: 1241–1249

Hernandez leal, Temmink H, Zeeman G, Buisman CJN. 2011. Characterization and anaerobic biodegradability of grey water. *Desalination* 270 (2011) 111–115

Retningslinier for etablering af beplantede filteranlæg op til 30 PE, Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning, nr. 52, 2004. Miljøstyrelsen.

Reference:(http://www.teknologisk.dk/_root/media/35260_Anette%20L%F8kken,%20Orbicon.pdf)