

Trådformede bakterier og slamflokkenes opbygning.

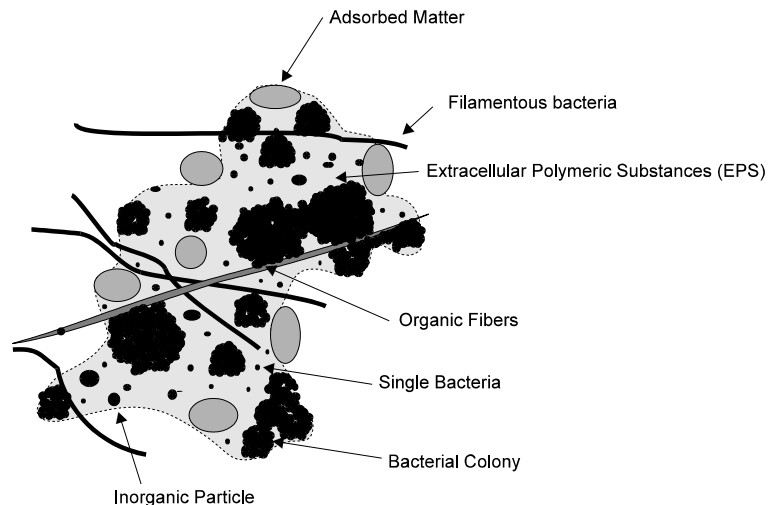
Hvorfor aktivslam?

I forbindelse med vandmiljøplanen i 1987, blev der skærpet krav til en videregående rensning af spildevandet for kvælstof, fosfor og organisk stof. Mange kommuner og industrier valgte derfor også at benytte de biologiske processer, dog som oftest sammen med en forbehandling evt. med kemisk fældning.

Alt afgørende for funktionen af et aktivslamanlæg er tilbageholdelsen af det aktive slam i efterklaringsstankene. Tab af det aktive slam, kaldet slamflugt (forhøjede værdier af SS m.m.) vil således medføre overskridelse af udlederkrav og ekstra udgifter til afgifterne på kvælstof, fosfor og organisk stof. Slamflugt kan skyldes en hydraulisk overbelastning, men for mange renselanlæg, og især inden for kommunale renselanlæg, skyldes det at slammet har dårlige bundfældningsegenskaber, letsлам. I mange tilfælde skyldes det en dannelse af trådformede bakterier, men det kan også være kolloid-kemiske forhold, "zoogloebulking", viscous bulking, detergent, forgiftning og fedt/olie. En mikroskopering af det aktive slam kan afgøre om det er trådformede bakterier (og måske hvilken type), zoogloea eller forgiftning.

Hvad er aktivslam?

Aktivslam består af mikroorganismer samt en større eller mindre del af uorganiske partikler, organiske fiber, trådformede bakterier (filamenter), ekstracellulære polymere substanser (EPS, biopolymer, exopolymer) og ioner. Altafgørende for slammets bundfældningsevne er bakteriernes evne til at sammenklumpe (flokkulere). Disse bakterier kaldes for de flokdannende bakterier og er meget vigtige i forbindelse med spildevandsrensning. En god flokdannelse, danner hele baggrunden for en god bundfældning i sedimentationsfasen. Flokdannelsen sker ved at de aktive bakterier udskiller EPS, som holder sammen på de forskellige komponenter. I en god slamflok ligger der bl.a. trådformede bakterier som en "rygrad", der er med til at holde sammen på slamflokken. Imidlertid kan tilstedeværelse af trådformede bakterie enten, fritsvævende mellem slamflokkene eller stikkende ud mellem flokkene, forhindre en yderligere flokkulering, hvorved bundfældningsegenskaberne kan forringes drastisk.



Slamflokkenes struktur og mængden af trådformede bakterier i det aktive slam kan være meget forskellige fra anlæg til anlæg og afspejler forskelle i anlægstyper, anlægs drift og spildevandets sammensætning. Det giver sig ofte udslag i forskellige bundfældningsegenskaber for det aktive slam.

Om SVI og FSVI (slamvolumenindeks og fortyndet slamvolumenindeks)

I gennem tiderne har man forsøgt at finde metoder til at beskrive en vigtig del af renseprocessen – nemlig udskillelse af slam, bundfældning - på en nem og beskrivende metode. De første registreringer var slamvolumen målt i spidsglas. Slamvolumen udtrykker hvor stort et volumen en slamsuspension optager efter ½ times bundfældning. Slamvolumen er et indirekte mål for slammets indhold af suspenderet stof og er med til at beskrive bundfældningen af slam i efterklaringstanken.

Allerede i 1934 fandt man dog, at det var problematisk at anvende et spidsglas (Emhoffglas), da slammet dels blev for komprimeret i spidsen af glasset og dels kunne klæbe sig til siderne. Man gik derfor over til at anvende cylinderglass på 1000 l. Ud fra slamvolumen beregnes så slamvolumenindeks (SVI), hvori indgår slammets indhold af organisk stof, således at det udtrykker hvor meget 1 g SS fylder i ml efter 30 min. henstand. Da SVI kan være afhængig af slamkoncentrationen, anbefaledes det allerede fra 1964 at fortynde slammet med rensset spildevand, så der opnås et slamvolumen på mellem 200-300 ml/l.

Ud fra årtiers erfaring med aktivslam processen defineres normale slamegenskaber som et $SVI < 150$ ml/g. For et $SVI > 150$ er der tale om letslam, hvilket med stigende indeks vil reducere rensaanlæggets kapacitet.

Analysen FSVI

For at opnå nogle resultater, der siger noget om slammet, er det absolut nødvendig at fortynde slammet til SV og SVI- målinger. Ved selv ret lave koncentrationer går netværksdannelsen i kraft og slammet "klæber" sig til glasset, hvorved sedimentationen (bundfældningen) bremses. Resultatet er et misvisende SV / SVI. For at undgå dette må man fortynde ned til det lineære stykke. Nedenstående fortyndningsrække udføres 4

gange om året (forår, sommer, efterår og vinter), da slammet ændrer karakter henover året.

Der bestemmes slamvolumen efter 30 min (SV30) i cylinderglas, med en diameter på 6 cm samt et rumindhold på 1000 ml, ved forskellige fortyndinger af slammet. Der fortyndes med udløbsvand (renset spildevand).

Der udtages en 3 liters prøve af det aktive slam fra luftningstanken. SS bestemmes på prøven.

Der laves følgende fortyndinger af slammet:

SS (g/l) (ufortyndet prøve)						
Slam (ml)	150	200	250	350	500	600
Udløbsvand (ml)	850	800	750	650	500	400
I alt (ml)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Fortyndingsfaktor	6,7	5	4	2,9	2	1,7

FSVI beregnes på følgende måde:

$$FSVI = (SV \times \text{fortyndingsfaktor} / \text{SS i ufortyndet prøve})$$

Cylinderglas opstilles indendørs på et bord, der ikke udsættes for rystelser og i skygge!!

Når alle prøver er klar ophældes disse i glassene hurtigt efter hinanden. Ved ophældning opstår en lille tidsforskydning, men det betyder ikke noget, når aflæsningen foretages i samme rækkefølge og ophældning er foretaget indenfor ca. 1-2 minutter.

Efter 30 minutter aflæses slamvolumen for hvert glas. Ligeledes eventuelt flydeslamvolumen.

Resultaterne optegnes evt. i diagram og fortynding fastlægges ud fra det lineære stykke. Som tommelfinger regel kan der siges at der efter 30 min. opnås et slamvolumen på 200-300 ml/l.

Mikroskopering.

Da SVI og FSVI kun giver et meget groft billede af det aktive slams egenskaber er det nødvendigt med mikroskopering. Dette kan dog ikke altid føre til driftsoptimering på rensesanlæggene, men skal sammenholdes med de andre resultater (SS, SVI m.m.) og derved være med til at give et bedre billede af slammet.

Prøven til mikroskopering udtages altid det samme sted i procestanken, og det skal være et sted hvor det aktive slam er fuldt opblandet og helst ved beluftning. Er der flydeslam eller skum tages der også en prøve af dette, da trådformede bakterier som oftest er

nemtest at identificere her. Prøveflasker må kun fyldes med ca. 10 % da mikroorganismene så har noget ilt at arbejde med og prøven kan holde sig længere. Aktivslam, der skal vurderes ud fra protezorer, skal helst mikroskoperes med det sammen. Slamprøver for vurdering af trådformede bakterier og slamflokkenes opbygning kan holde sig ca. 14 dage i køleskab.

De første beskrivelser af slamflokken sker ved 100-200 x forstørrelse. Her er det muligt at vurdere slamflokkenes form, størrelse, opbygning, trådindex, evt. trådtal, hvilke protezoer der er tilsted samt uorganiske og organiske partikler. Slamflokkenes styrkes vurderes ved et let tryk på dækglasset og det er altid det sidste der skal ske, da prøven derefter er ødelagt.

Bestemmelse af trådformede bakterier sker ved 400 x forstørrelse. Hvis der skal foretages enten Gram og Neisser farvning skal det ske ved 1000 x forstørrelse og med olieemulsion og på et tørret præparat.

Nogle af de dyr og trådformede bakterier der kan findes ved en mikroskopering, beskrives herunder.

Skalamøber

Skalamøber, *Arcellus vulgaris* og *euglypha* var tidligere meget sjældne, men ses nu oftere både i kommunale og industrieanlæg. De har deres naturlige leveform mellem græs i fugtige engområder og kan derfor findes i spildevandet fra slagterier og bryggerier. Den hæfter sig på slamflokken og begynder at spise denne ved at trække de flokdannende bakterier ind i en åbning i skallen. De første tegn på at skalamøben er på spil, viser sig i efterklaringstankene, hvor der kommer små slamflokke, som er svære at tilbageholde. Derved forsvinder de bakterier, der skal forestå arbejdet med at fjerne kvælstoffet og det organiske stof. Skalamøben, der er relativ tung, giver et lavt FSVI og de fleste vil tro, at der ikke er problemer når FSVI er 60-70 ml/g. Skalamøben kan podes fra et renseanlæg til et andet, da de fungerer helt fint i kvælstoffjernede renseanlæg. Skalamøben lever op i maj og går i dvale i september. Den er dog også observeret i store mængder udenfor dette tidsrum.

Protozoer.

Det har været diskuteret i gemmen de senere år hvilken betydning protozoerne har for rensning af spildevandet, da det hovedsageligt er bakterierne der omsætter kvælstof, fosfor og det organiske stof. Mange steder bruges de blot til at se om slammet ser sundt ud. Protozoerne kan dog have en polerende effekt på afløbet. Flere steder er der set kraftig bevoksning af fastsiddende ciliater og de vil være med til at tage frie celler i vandfasen. Et renseanlæg kan dog godt fungere optimalt uden protozoer. Typen af protozoer fortæller dog en del om slammets alder og belastning. I lavt belastede anlægstyper kan protozoerne således primært anvendes til at registrere, om der er sket en forgiftning. Ved en forgiftning vil først klokkedyerne, og dernæst de frit svømmende ciliater, blive inaktive. Derefter vil der typisk ske en opblomstring af flagellater, der lever af opløst stof, og mængden af dette vil stige i vandfasen.

Rotifeer (hjuldyr) er kendetegnede ved faldende belastning og dertil højere slamalder. De har en kønnet forering og en generationstid på 6-45 dage, hvor hannen har en betydelig kortere levetid end hunnen.

Nemtoder, som ligner orm kan også findes i aktivslam med en høj slamalder, og har ligeledes en kønnet forering. Omsætningsmæssigt har nemetoderne dog ikke den store betydning.

Trådformede bakterier i aktiv slam på kommunale renseanlæg.

Dårlige bundfældningsegenskaber (letsлам) og flydeslam er i langt de fleste tilfælde forårsaget af vækst af trådformede bakterier. Trådformede bakterier er kendetegnede ved at de gror side ved side modsat andre bakterier der oftest lever enkeltvis. På grund af de forskellige levemåder er det spildevandets sammensætning, der er afgørende for hvilke typer der bliver dominerende. Her har også indholdet af organiske stof samt ilt og næringssalte en rolle. Med deres større overflade og stikkende ud af slamflokkene har de trådformede bakterier en mulighed i de perioder, hvor der mangler et af de tidligere nævnte stoffer.

De typer af tråde der ses meste på kommunale renseanlæg med næringssaltfjernelse, er: *Microtrix parvicella*, *N. limicola*, type 0041/0675 og i de senere år *Nocardia*.

På renseanlæg med høj belastning af industrispildevand kan følgende typer forekomme: Type 021N, *H. hydrosis*, type 0914, *S. natans*, *Thiotrix*, type 0092, *N.limicola* og type 0803.

Microtrix parvicella: Meget bøjet og oftest bugtet filament, der kan være viklet ind i og om slamflokken. Har normalt en længde på 200-400 µm og en diameter på 0,5 µm. Septa/indsnævninger kan vanskeligt iagttages i mikroskop. Letter, bevoksning kan forekomme. *Microtrix parvicella* høre til den gruppe af bakterier, der kan danne skum eller flydeslam på overfladen af både procestanken og efterklaringstankene. Det skyldes, at deres celler er vandskyende (hydrofobe) på overfladen og derfor søger bort fra vandet. Denne evne har de dog ikke hele året, men ses mest ved temperaturer omkring 12 °C, altså i efteråret og foråret. Ud fra undersøgelser lavet på Ålborg universitet af bl.a. Kjær Anderasen og Per Haldkær har man fundet ud af at *Microtrix* lever af palmintinsyre og oleinsyre, to langkædede fedtsyter, også kaldet lipider. Undersøgelser har også vist at ca. 30 % af det organiske stof i spildevandet er på lipideform. Der er derfor nok med føde til *Microtrix*. Det har også vist sig at *Microtrix* kan optage de langkædede fedtsyre under alle procesforhold (aerobe, anoxiske og anaerobe) ja selv i rådnetanke giver de problemer. *Microtrix* kan oplagre store mængder fedtsyre under ilt- og nitratfrie (anareobe) forhold – altså under forhold hvor de ikke kan gro. Det er kun få bakterier, der har denne evne med at gemme dette ”fedtlager” til senere brug hvor der også er ilt eller nitrat tilstede. Dette giver *Microtrix* en fordel over for mange andre bakterier, der kun kan udnytte fedt når der er ilt tilstede.

Type 021 N: Langt, noget bøjet, ikke mobilt filament. Septa er synlig. Celleformen kan variere en del. Ses i vandfasen mellem slamflokkene. Type 021 N kan ikke denitrificere og

burde derfor kunne bekæmpes i en selektor. Der er dog dukket varianter af 021 N op, som kun kan arts bestemmes ved genprober. Den nye variant kan ikke bekæmpes i selektor. Type 021 N kan bekæmpes ved dosering af PAX-14 i returslammet. Set dominerende i industrispildevand fra bl.a. mejeri, bolcherfabrik og fjerkræslagterier.

Thiotrix: Let bøjeligt ikke bevægeligt filament, der hovedsageligt stikker ud fra slamflokkene. Optræder hvor der er let omsætteligt kulstof, især lav molekylære organiske syrer (smørsyre, eddikesyre). Kan oxidere sulfid til sulfat og optage det i cellerne. Bekæmpes ved at fjerne eller binde sulfiden og reducer indholdet af de lavmolekylære organiske syrer.

N. limicola. Findes i tre varianter. Ses ofte ved moderat til høj slamalder og hvor der er letomsætteligt kulstof tilstede. Er set i få tilfælde (Tyskland og Danmark) som meget dominerende og kan derved give flydeslam. Kan evt. bekæmpes ved at reducere slamalderen. Indenfor er de senere år er der kommet en alfa variant af *N. limicola*, som er forsøgt bekæmpede med en polymer dosering. Denne dosering får *N. limicola* til at trække sig ind til slamflokken igen, men slår den ikke ihjel.

Mycolata: Meget forgrenet, kort filament som ikke er bevægelig. Var for få år siden ikke normal i Danmark, men kun i de varmere lande så som den sydlige del af USA, Israel, Grækenland, Tyrkiet m.m. Er dog begyndt at optræde flere steder her hjemme på både industrielle - og kommunale renseanlæg. Bliver hydrofob og giver derved flydeslam. Kan bekæmpes med brintoverilte. Der er måske 7 forskellige hvoraf der kun er to af typerne der kan kontrolleres/bekæmpes med FEX-120. De to typer er *Gordonia* og *Skeminia* og de kan kun adskilles fra de andre type ved hjælp af en genprobe.

Afhjælpning.

Det er ikke alle trådformede bakterier man har en kendt løsningen på, hvordan de kan bekæmpes. Mange kan forsøges bekæmpet med giftstoffer, så som klor eller brintoverilte. Nogle kan bekæmpes ved hjælp af en selektor og *Microtrix parvicella* og type 021 N ved hjælp af PAX-15. Anvendes der klor eller brintoverilte skal det ske i små kontrollerede mængder for ikke at udrydde alle de "gode" bakterier også.

For at bekæmpe *Microtrix parvicella* kan der tilsættes PAX-15 til enten returslammet eller afløb af procestankene. Den hurtigste effekt opnås ved dosering i returslammet, hvor PAX-15 ikke skal reducere fosfor, men kan måske (det er ikke helt bevist endnu, men det er det vi tror der sker) sætte sig på overfladen af *Microtrix* og forhindrer den i at optage de langkædede fedtsyrer. Erfaringen viser dog også, ved dosering af aluminiumsprodukter over længere tid (hele året) kan *Microtrix* ikke bekæmpes på denne måde. Det kunne derfor tyde på at *Microtrix* bliver resistent over for aluminium.

For at opnå den hurtigste og bedste effekt af doseringen af PAX-15 skal der sættes ind på det rette tidspunkt, d.v.s. lige før *Microtrix* bliver hydrofob og derved giver skum / flydeslams problemer.

Der er endnu lang vej inden vi har den fulde forståelse for mikroorganismernes liv og levnede og jeg tror det er en proces der aldrig slutter. Hvis vi finder løsningen for at eliminere en type trådformede bakterier, dukker der blot en anden op, der også skaber problemer og så er vi lige vidt. Der sker dog heldigvis hele tiden meget forskning indenfor dette felt både i Danmark og i udlandet.

Kemira Water Danmark A/S
Anna-Marie Bøgh

Reference:

Per Halkjær Nielsen, Jeppe Lund Nielsen, Kjær Andreasen. Trådformede bakterier – et problem i renseanlæg. *Fra Naturens verden nr. 7 1999*

Kjær Andreasen og Lars Sigvardsen. Letslam december 1989.

David Jenkins, Michael G. Richard og Glen T. Daigger. Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and forming.

D.H.Eikelboom og H.J.J. van Buijsen. Handbuch für die mikroskopische schlammuntersuchung.

Lene Mikkelsen. Forbedring af slamegenskaber ved kalkdosering på Them Renseanlæg