

# Dambrugsteknologi

## Afprøvning af mobilt slambehandlingsanlæg fra Staring Maskinfabrik

Kaare Michelsen, Dansk Akvakultur

Helge Poulsen, Danmarks Tekniske Universitet, Sektion for Akvakultur

Danmark og EU investerer i bæredygtig akvakultur.

Projektet er støttet af Fødevareministeriet og EU.

Ministeriet for Fødevarer,  
Landbrug og Fiskeri



Den  
Europæiske  
Fiskerifond

## Indhold

Indhold.....	2
Indledning.....	3
Baggrund for projektet .....	3
Lovgrundlag .....	3
Slamhåndtering på dambrug .....	4
Traditionelle dambrug .....	4
Modeldambrug type 1.....	4
Modeldambrug type 3.....	4
Forsøg med et mobilt slamsepareringsanlæg fra Staring Maskinfabrik.....	5
Evaluering af forsøget.....	9
Rejektvand.....	9
Alternative anlæg .....	9
Fældning og afvanding over sibånd.....	9
Geotubes .....	12
Tingkærvad special .....	13
Slammineraliseringsanlæg.....	13
Økonomi .....	14
Vedligehold.....	14
Konklusion .....	15
Referencer .....	15

## Indledning

Nærværende rapport er baseret på forsøg med mekanisk afvanding af slam i et mobilt anlæg. I rapporten sammenholdes resultaterne med traditionel slamopkoncentrering ved tilsætning af fældnings- og flokkuleringsmidler. (di- og trivalente metalsalte og polymer). Lovgivningsmæssigt betragtes slam fra fiskeopdræt ikke som husdyrgylle, men skal håndteres efter slambekendtgørelsen, der stiller større krav til dokumentation før udbringning.

## Baggrund for projektet

Dambrugerne har i en årrække haft stigende problemer med at afhænde "dambrugsslam", der traditionelt anvendes til gødsning af marker enten direkte eller efter forgasning på biogasanlæg. Slammets sammensætning med et lavt kvælstofindhold og et relativt højt fosforindhold gør det mindre attraktivt i forbindelse med planteavl. Landbruget har problemer med at finde jord til udbringning af husdyrgødning, og der er derfor behov for alternative muligheder for behandling og bortskaffelse af fiskegødning. I visse egne kan gødningen indeholde relativt store mængder tungmetaller, og må derfor deponeres til en pris på ca. kr. 700 -1.000 kr. per ton slam eller udbringes på jordbrugsarealer efter dispensation fra Miljøstyrelsen. Der er derfor et stort ønske om at finde økonomisk rentable og miljømæssigt forsvarlige metoder til opkoncentrering af gødningen til deponering. Ved anvendelse i biogasanlæg eller længere transport til landbrugsarealer kan en opkoncentrering ligeledes være ønskelig.

Etablering af slamkoncentreringsanlæg indebærer generelt relativt store investeringer, hvorfor der fra flere sider er udtrykt ønske om mobile anlæg, som kan anvendes på flere dambrug med samme ejer eller i et brugsfællesskab. Mobile anlæg til gylleseparering anvendes i landbruget, og det har derfor været nærliggende, at teste et eksisterende udstyr på dambrugsslam.

Det er undersøgt, om et gylleseparationsanlæg fra Starring Maskinfabrik kan anvendes på fiskeslam. Resultaterne anvendes til at redegøre for processen med hensyn til driftsresultater og økonomi. Desuden er tilbageholdelsen af næringsstoffer i væske- og tørstoffraktionerne undersøgt for at afklare, om metoden kan anvendes på en miljøforsvarlig måde.

## Lovgrundlag

Opsamling og opbevaring af slam på dambrug er reguleret efter dambrugsbekendtgørelsen. Bekendtgørelsens krav til slamopbevaring fremgår af § 9.

*§ 9. Slamdepoter skal indrettes og drives efter følgende bestemmelser:*

- 1) Bund og sider skal være udført således, at der ikke sker overløb eller udsivning af vand til vandløb og søer.
- 2) Slamdepotet må kun have afløb til bundfældningsanlæg eller andet rensningsanlæg.
- 3) Slamdepotets bund skal ligge over grundvandsspejlet.

Med meget få undtagelser anvendes slam fra dambrug til jordbrugsformål. Denne anvendelse reguleres af "Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål (Slambekendtgørelsen)". Bekendtgørelsen regulerer mængden og kvaliteten (indhold af miljøfremmede stoffer) af det slam som må udbringes og de perioder, hvor udbringningen må finde sted.

## Slamhåndtering på dambrug

### Traditionelle dambrug

Slam fra oprensning af damme og kanaler samt slam fra bundfældningsbassiner og mikrosigter pumpes til slamdepotet. Ud over slam fra produktionen indeholder slammet varierende mængder sand og planterester, som aflejres på dambruget. Der er tale om stof, der føres med det indtagne vandløbsvand. Konsistens og tørstofindhold varierer en del i dette slam. Tørstofindholdet i slamdepoterne er i nogle tilfælde hel op i nærheden af 50 % men ligger ofte i niveauet 10 – 30 %. Den slammængde, som produceres har oftest begrænset sammenhæng med produktionen af fisk, men i langt højere grad bestemt af materialeføringen i det pågældende vandløb.

Ved udbringning på landbrugsjord graves slammet i nogle tilfælde op og spredes med en møgspreader. Ofte fortyndes slammet med vand til ca. 3 % tørstof og pumpes på en gyllevogn, der efterfølgende udspreder slammet på markerne.

### Modeldambrug type 1

I lighed med de traditionelle dambrug indtager hovedparten af de etablerede type 1 modeldambrug vand fra vandløb. I forbindelse med ombygningen til modeldambrug er der flere steder gjort en indsats for at begrænse aflejring af materiale fra åen i produktionsanlæggene. Samtidig indtager dambrugene en mindre mængde vand i forhold til produktionens størrelse end traditionelle dambrug. Dette bevirker, at slam fra disse anlæg i væsentlig grad består af affald fra produktionen. Tørstofindholdet når ikke det samme høje niveau, som ses på traditionelle dambrug. Risikoen for at slammet indeholder sand er dog så stor, at det normalt ikke er ønsket i biogasanlæg. Slutdeponeringen foregår derfor på samme måde som ved de traditionelle dambrug. Slamproduktionen pr. ton foder ligger i størrelsesordenen 100 – 150 kg tørstof.

### Modeldambrug type 3

Samtlige type 3 modeldambrug samt nogle få type 1 anlæg bruger kun vand fra borer og dræn. Slammet fra disse anlæg indeholder kun affald fra fiskene og anlæggenes biofiltre. I de fleste anlæg udskilles slammet i bundfældningsbassiner, hvorfra det overføres til slamdepoter. Tørstofindholdet er ofte på 7 – 10 % men ved transport fortyndes slammet for at gøre det pumpbart. Slamproduktionen pr. ton foder ligger i størrelsesordenen 80 – 120 kg tørstof.

Deponering på jordbrugsarealer er også her den foretrukne metode. En del slam afgasses i biogasanlæg inden slutdeponeringen. Hvor direkte udbringning på nærliggende jorder kan praktiseres, er dette den billigste måde at bortskaffe slammet på, hvorfor dette foretrækkes. Ved bioforgasning kan der være en afgift pr. m<sup>3</sup> til biogasanlægget, og der er ofte tale om forøgede udgifter til transport. Til gengæld skal dambrugeren ikke tænke på aftaler vedrørende slutdeponeringen.

Den nuværende hyppige anvendelse af bundfældning til udskilning af slam fra produktionen og returskyllning af biofiltre er ikke på alle områder miljømæssigt optimal. En stor del af de stoffer, som opsamles i produktionsanlæggene går med overskudsvandet fra fældningen til dambrugenes laguner. For nogle stoffer (fosfor og COD) kan slamvandet lede mere stof til lagunen end afløbsvandet fra produktionsanlæggene. En meget væsentlig del af denne belastning omsættes eller tilbageholdes i lagunen, men det kan næppe forventes, at belastningen fra slambehandlingen er uden betydning for dambrugets

samlede udledning. Udledningen af COD til lagunen fra slam anlæggene kan dog også være af væsentlig betydning for den denitrifikation, som foregår i lagunen.

Stigende problemer med afsætning af slam til nærliggende landbrug og udgifter til transport har gjort flere modeldambrugere interesseret i anlæg, som kan opkoncentrere slammet. Der er indtil nu etableret slamkoncentreringsanlæg på 3 modeldambrug. Fælles for disse anlæg er brugen af fædningskemikalier og polymer i forbindelse med separering af slammet. Anlæggene samler slamvand fra et døgn i en fortank og efter tilsætning af fædningskemikalierne separeres slammet i en vandfase og en slamfase. Vandfasen ledes til lagunen og slamfasen fyldes direkte i en container eller til et depot, hvor der sker en yderligere udskillelse af vand fra slammet. I sidstnævnte tilfælde ledes perkolatet fra opkoncentreringen tilbage til fortanken.

### **Forsøg med et mobilt slamsepareringsanlæg fra Staring Maskinfabrik.**

Det testede Gylleseparationsanlæg er indrettet som vist på fig. 1 og virker på følgende måde:

Rågylle pumpes direkte fra lagertanken ind til en lille buffertank på anlægget. Herefter ledes gyllen gennem en skruepresse med et filter der kan variere fra 150 - 750  $\mu$ , afhængig af opgave, medie samt mængde.

Mere end 80 % af tørstoffet (TS) ledes herefter ud med en TS pct. på op til 40%. Rejektvandet (fingylle) ledes herfra igennem en vibrationssigte med yderligere 2 filtre som kan variere fra 32  $\mu$  og opefter. Gyllen ledes til sidst ud i tanken for opbevaring.

- Anlægget har en kapacitet på 10 - 20 m<sup>3</sup> rågylle i timen (afhængig af tørstof pct. og filter størrelse).
- Der bruges ikke polymer eller anden form for tilsætninger

Da dambrugsslam i modsætning til gylle ikke indeholder en fraktion af grove fibre blev anlægget indledningsvis testet på fabrikken i Brønderslev, idet der blev kørt 2 m<sup>3</sup> slam fra Abildstrup Dambrug til fabrikken. Det var aftalt, at såfremt prøveværkslen gav anledning til yderligere tests, så ville anlægget kunne køres ud til et eller flere dambrug.

De gennemførte forsøg gav ikke anledning til yderligere undersøgelser som følge af anlæggets kapacitet og rejecktandskvalitet. En test udført af Staring Maskinfabrik på et større anlæg bekræftede disse forhold.

I forbindelse med undersøgelsen blev energiindholdet i det testede slam målt. Målt i et bombekalorimeter indeholdt slammet 19,4 kJ pr. kg tørstof. Dette ligger tæt på brændværdien for træ og indikerer således, at der er et godt potentiale for bioforgasning af dambrugsslam.

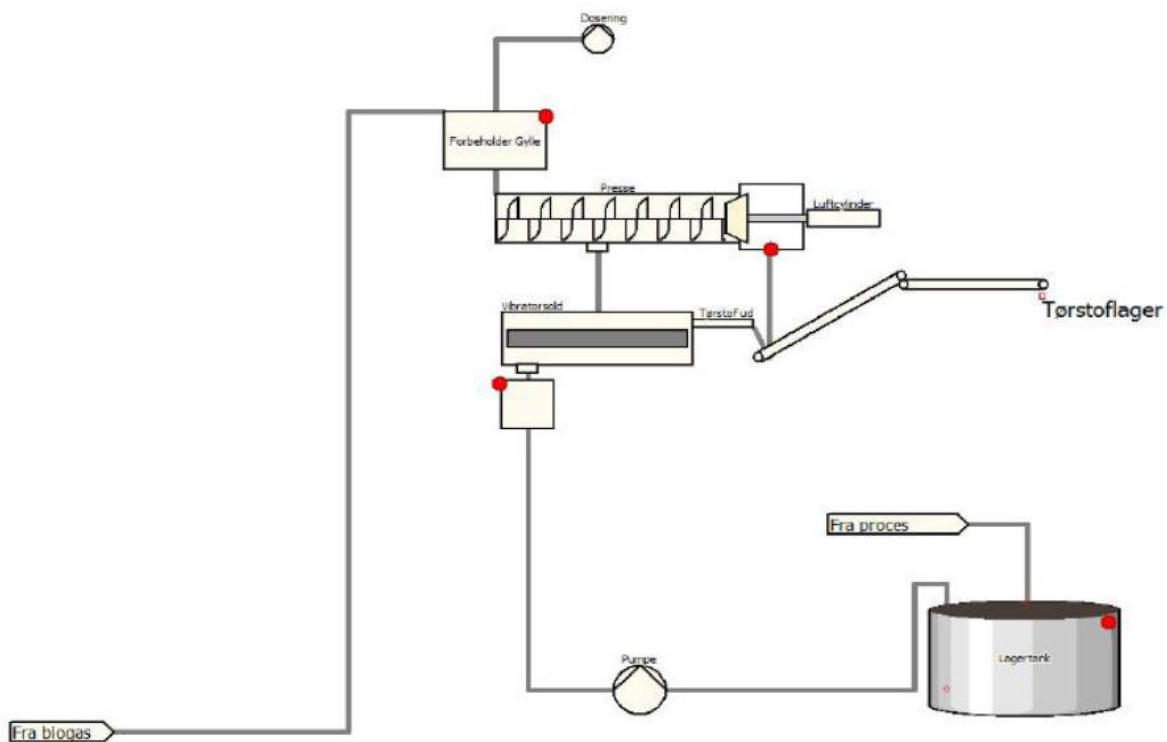


Fig. 1 Gyllesepareringsanlæg fra Staring Maskinfabrik

Den 30. september 2010 blev der afhentet to stk. palletanke à 1000l på Abildstrup Dambrug ved Barde. Palletankene var samme morgen blevet fyldt med slam fra dambrugets slambed. De blev transporteret til Staring Maskinfabrik i Brønderslev, hvor de blev læsset af.

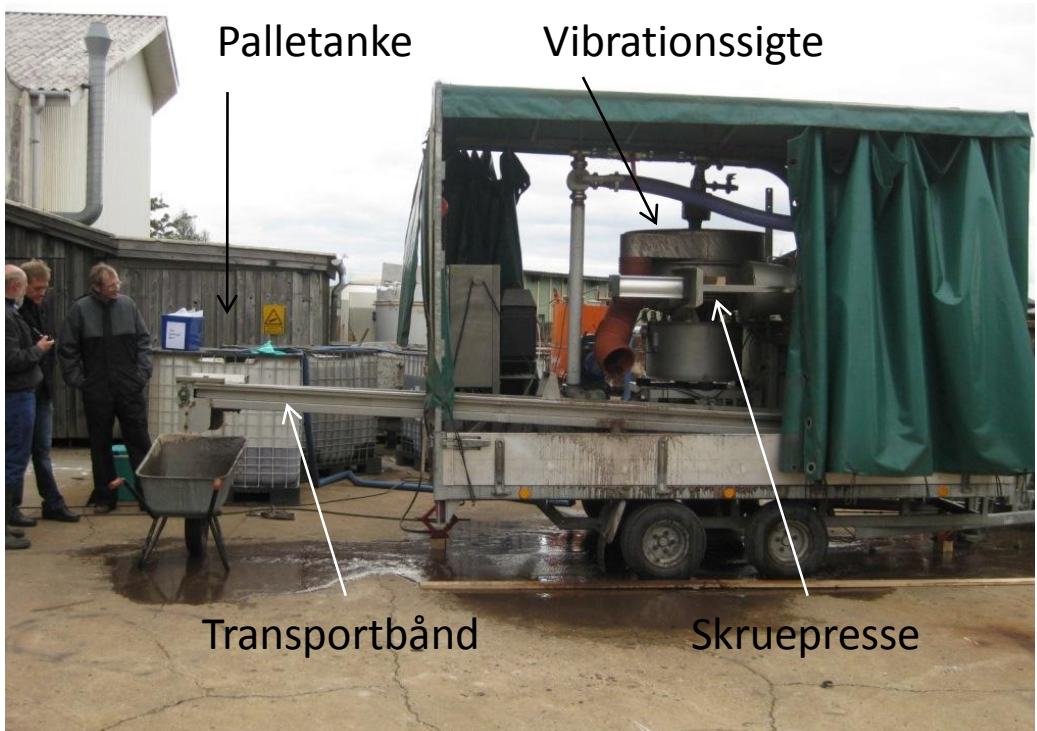
Den følgende morgen blev gennemført forsøg med slamseparering på slammet fra den ene palletank.

Sapareringen skete på Staring Maskinfabriks mobile slamsepareringsudstyr (figur 2).

Anlægget består af en sugepumpe der pumper råmaterialet op i en skruepresse, hvor det separeres i slamkoncentrat og rejeckt vand. Efter skruepressen ledes rejeckt vandet til en vibrationsigt

I forsøget blev kun anvendt vibrationsigten forsynet med 48 µ filterdug, idet indledende forsøg viste, at skruepressen ikke fungerede med det lave fiberindhold i slammet. Det opkoncentrerede slam fjernes fra anlægget ved hjælp af et transportbånd (figur 4).

Råslammet i palletanken blev grundigt omrørt og en prøve udtaget. Derefter blev tankens indhold kørt gennem anlægget hvilket tog ca. 1 time. Undervejs blev udtaget to prøver af såvel opkoncentreret slam som rejeckt vand (figur 3). Rejeckt vandet var mere uklart end ventet, hvilket formentlig skyldes et lavere fiberindhold end i normalt landbrugsslam. Det blev derfor aftalt at prøve at filtrere den anden palletank med en dobbeltdug, hvilket dog ikke viste sig hensigtsmæssigt. En finere filterdug (32 el. 28 µ) ville muligvis kunne give bedre resultater.



Figur 2. Separeringsanlægget



Figur 3. Rejektvand og koncentreret slam



Figur 4. Opkoncentreret slam på transportbånd.

Prøverne af råslam, opkoncentreret slam og rejktvand blev efterfølgende analyseret.

På DTU-Aqua i Hirtshals blev analyseret for:

- |                           |                         |   |
|---------------------------|-------------------------|---|
| 1. Ammonium-N (mgN/l)     | 6. Opløst COD (mg/l)    | 11. Fosfor %                            |
| 2. Nitrit-N (mgN/l)       | 7. COD (mg/l)           | 12.olie (g/kg)                          |
| 3. Nitrat-N (mgN/l)       | 8. Tørstof %            | 13. Energiindhold i opkoncentreret slam |
| 4. Ortho-phosphat (mgP/l) | 9. Aske %               |   |
| 5. VFA (mg/l)             | 10. Kjeldahl-N (mgN/kg) |   |

På Eurofins blev analyseret for:

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. Tørstof %                       | 4. Calcium (mg/l i rejktvand og mg/kg ts i slam)) |
| 2. Olie (upolær fraktion mg/l)     | 5. Jern (mg/l i rejktvand og mg/kg ts i slam)     |
| 3. Fedt ( polær fraktion mg/kg ts) |   |



## Evaluering af forsøget

Uden skruepressen var kapaciteten på anlægget for lav og stoftilbageholdelsen for ringe. Hvor anlægget angiveligt kan opnå en tørstofprocent på op mod 40 ved separering af gylle, blev tørstofindholdet i det afvandede slam ved forsøget fundet til 7 – 8 %, hvilket i sig selv gør processen uinteressant ved mobil slambehandling, hvor det drejer sig om at reducere den vandmængde som skal transporteres og eventuelt deponeres.

Stoftilbageholdelsen, der er vist i tabel 1 er ligeledes så lav, at rejektivand ikke uden væsentlig miljøpåvirkning kan afledes direkte til f.eks. plantelagune.

Samlede resultater for forsøgene	Total-N	Ammonium	Total-P	Ortofosfat	COD	TS
% Stof tilbageholdt i slam	65	1	61	62	59	62

Tabel 1: Stoftilbageholdelse ved separeringsforsøg på Staring Maskinfabrik

## Rejektivand

I forsøget blev slammet som gennemsnit opkoncentreret fra 1,72 % tørstof til 7,12 % tørstof. Ser man for eksempel på et dambrug med en årlig slamproduktion på ca. 40 ton tørstof, skal der med denne opkoncentrering som udgangspunkt behandles 2.325 m<sup>3</sup> slam/år. Heraf vil ca. 350 m<sup>3</sup> foreligge som opkoncentreret slam og ca. 1.975 m<sup>3</sup> som rejektivand.

Ved behandling af 40 ton TS	Total-N	Ammonium	Total-P	Ortofosfat	COD	TS
Indhold i slam kg	1.616	0,2	502	388	34.510	24.920
Indhold i rejektivand kg	878	118	286	53	24,934	15.080

Tabel 2: Stoffordeling mellem slam og rejektivand ved behandling af 40 ton slamtørstof

En efterbehandling af rejektivandet må anses for nødvendig. Ved tilledning til eksisterende slamsedimentationsanlæg vil en del stof kunne udfældes, men der vil utvivlsomt blive tale om en ekstra udledning til laguneanlægget oven i den i forvejen store stoftransport, der i dag findes sted med klaringsvandet fra simple sedimentationsanlæg.

Opsamling og efterbehandling af rejektivandet er en mulighed, men givet de øvrige muligheder for slamkoncentrering, vil dette ikke være økonomisk interessant sammenholdt med prisen på gylleseparationsanlægget og anlæggets ringe kapacitet.

## Alternative anlæg

### Fældning og afvanding over sibånd

Der er udført forsøg med fældning af slamvand fra produktionen på Ejstrupholm Dambrug. Forsøgene er beskrevet i rapporten fra Miljøstyrelsen ”Slamafvanding og håndtering af afløbsvand på dambrug.

Teknologi til reduktion af udledning fra dambrug og opkoncentrering af slam på dambrug", 2010, Miljøprojekt Nr. 1346 2011.

I forsøgene blev den daglige slamvandsmængde opsamlet i en omrørt fortank. Ved afslutning af dagens biofilterskyllning, tømning af slamkegler og mikrosigternes forkoncentreringstanke blev det opblandede slamvand pumpet til et blandedanlæg, hvor det blev tilsat et aluminiumbaseret fældningsmiddel og polymer. Efter blanding og et ophold i et flokkuleringsbasin, blev de udfældede flokke separeret fra vandfasen med et sibånd. Forsøget blev gennemført ved hjælp af et pilotanlæg fra AL2, som er opbygget som det kommercielle anlæg vist i fig. 5.

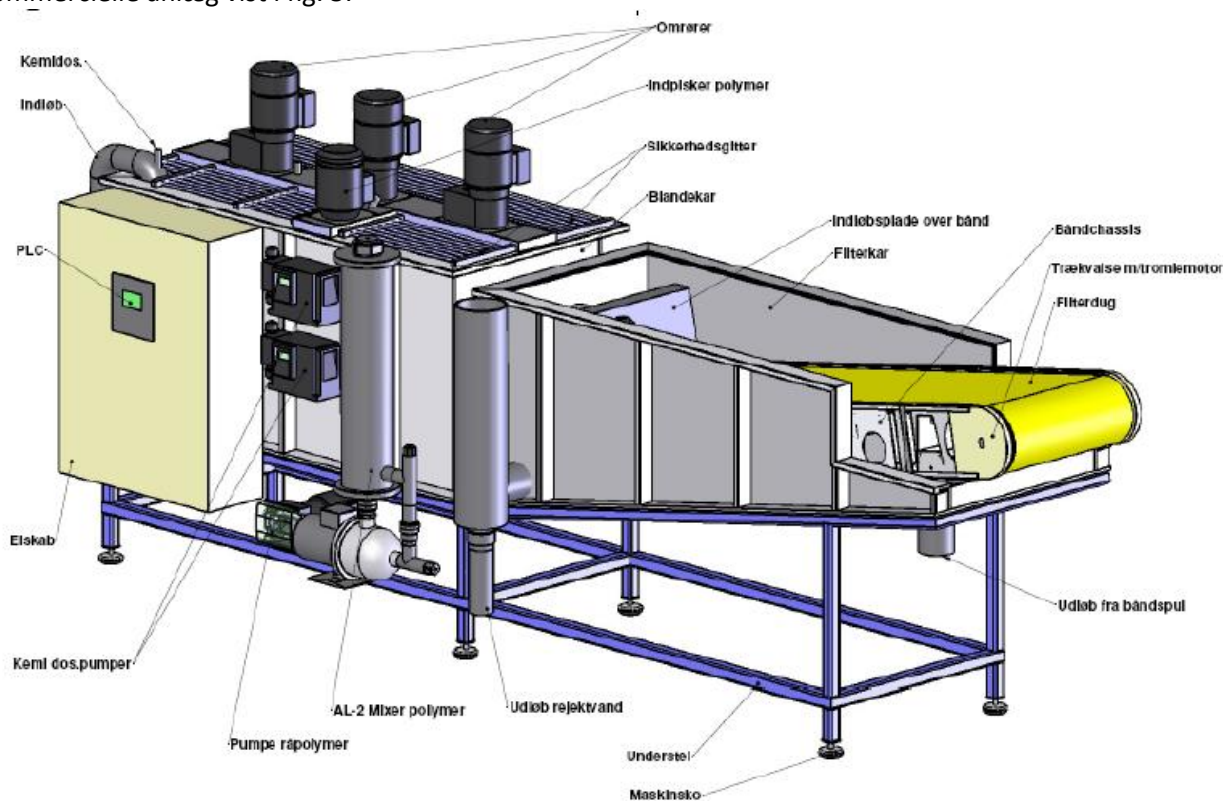


Fig. 5: Opbygning af blandedanlæg og båndfilter fra AL2

Ved forsøget blev stoftilbageholdelsen i slamfraktionen målt som vist i tabel 3. Tørstofindholdet i slamvandet blev øget fra ca. 0,3 % til ca. 8 %. Det opkoncentrerede slam kan f.eks. pumpes til en container med henblik på levering til biogasanlæg.

Samlede resultater for slamforsøgene udført på Ejstrupholm Dambrug	Total-N	Ammonium	Total-P	Ortofosfat	COD	SS
Renseeffekt i %	80	37	99	99	95	93

Tabel 3: Stoftilbageholdelse fra slamvand

Erstatter et anlæg af denne type dambrugets nuværende slamsedimentationsanlæg vil tilløbet af klaringsvand fra dette blive erstattet af rejektvandet fra fældningsanlægget. Stoffiledningen til lagunen fra det eksisterende anlæg fremgår af tabel 4 med data fra forsøgsprojektet for modeldambrug.

Massebalance i kg (nuværende)	Total-N	Total-P	COD	Reference
Tilført slambassin, kg	3.838	2.111	81.655	<i>Svendsen et. al., 2008</i>
Klaringsvand fra slambassin til plantelagune, kg	3.329	646	41.305	<i>Svendsen et. al., 2008</i>
Direkte udløb fra produktionsenhed til plantelagune, kg	17.054	383	29.456	<i>Svendsen et. al., 2008</i>
Tilført plantelagune i alt, kg	20.383	1029	70.761	
Udløb fra dambrug år 2, kg	12.604	347	27.725	<i>Svendsen et. al., 2008</i>
Lagunens renseseffekt, %	38	66	61	

Tabel 4: Lagunens renseseffekt på Ejstrupholm Dambrug - 2. år under forsøgsordningen for modeldambrug

Ud fra tabel 4 kan der laves et estimat for slamfældningens betydning for dambrugets udledning. Dette er vist i tabel 5, hvor der er taget udgangspunkt i den samme procentvise rensning i lagunen, som blev registreret under forsøgsprojektet i andet driftsår på Ejstrupholm Dambrug. Med forbehold for forudsætningen om en procentvis uændret rensning betyder overgang til en daglig slamfældning, at udledningen af kvælstof reduceres med 12 %, fosfor med 61 % og COD med 53 %. Ved en regulering af foderforbruget på baggrund af udledningen, vil der være basis for en foderopskrivning på 12 % svarende til den forøgede kvælstofrensning samtidig med at belastningen af recipienten med fosfor og organisk stof reduceres. For dambrug med ledig produktionskapacitet vil indtjeningen på de sidst producerede fisk i det konkrete tilfælde overstige omkostningerne til drift og afskrivning på fældningsanlægget. Herudover kan der være besparelser på transportomkostningerne. Dette vil dog være meget afhængig af de lokale muligheder for at afsætte slammet fra de eksisterende anlæg.

Massebalance i kg ved fældning	Total-N	Total-P	COD	Reference
Baseret på forsøgene udført på Ejstrupholm dambrug er der mulighed for at fjerne, %	80	99	95	Tabel 3
Vand fra slambehandling til plantelagune, kg	768	21	4.083	tabel 3 og 4
Direkte udløb fra produktionsenhed til plantelagune, kg	17.054	383	29.456	<i>Svendsen et. al., 2008</i>
Tilført plantelagune i alt efter rensning, kg	17.822	404	33.359	
Lagunens renseseffekt bibeholdes, %	38	66	61	Tabel43
Udløb fra dambrug efter rensning, kg	11.050	137	13.010	
Mindre udledning efter rensning, kg	1.554	210	14.715	
Mindre udledning efter rensning, %	12	61	53	

Tabel 5: Effekt af slambehandling

Fig. 6 og 7 viser billeder fra forsøget på Ejstrupholm Dambrug



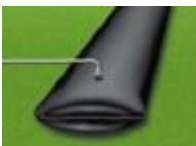
Fig. 6: Til venstre ses slamdelen ved korrekt dosering af fældningsmiddel ( $AlCl_3$ ) og polymer. Til højre ses tyndt slam som følge af ufuldstændig flokkulering.



Fig. 7: I midten slamvand før fældning. Til venstre slam og til højre rejktvand.

### Geotubes

Der tegner sig en mulighed for, at den relativt høje investering i et kommercielt fældningsanlæg kan undgås og ændres til en driftsudgift ved at udskifte sibåndsanlægget med såkaldte geotubes, der her i landet forhandles af firmaet EnviDan. Der er tale om store vandpermeable polyethylensække med en omkreds på henholdsvis 13,7 og 18,3 m. Sækkene fås i længder op til 60 m. Virkemåden er beskrevet af EnviDan som anført efterfølgende:



1. *Fyldning af Geotuben:* Slam tilsat polymer pumpes ind i Geotuben. Polymeren sikrer en god flok dannelse og en separering af slam og rejktvand.



2. *Afvanding:* Rejktvandet, siver gennem Geotuben, og ledes tilbage til renseanlægget eller anden behandling. Mere end 99 % af TS indholdet i slammet tilbageholdes i Geotuben.



3. *Opkoncentrering*: Det afvandede slam forbliver i Geotuben, og når Geotuben er fuld og afvandingen over tid færdig, har man et højt tørstofindhold på mere end 25 %. Herefter kan slammets deponeres på losseplads eller landbrugsjord.

Ved fældning i geotubes kan der ud over polymertilsætningen suppleres med et fosforfældningsmiddel således, at stoftilbageholdelsen med rimelighed kan sidestilles med det der opnås i sibåndsanlægget. Holder det annoncerede tørstofindhold, er der tale om en langt mere fremskreden opkoncentrering, end den der opnås i sibåndsanlægget. Ved behandling af slam fra rensningsanlæg er det anførte tørstofindhold opnåeligt, hvilket umiddelbart giver grund til at forvente et tilsvarende tørstofindhold i dambrugsslam.

Brug af geotubes vil i lighed med sibåndsanlægget forde en fortank med en kapacitet, der mindst svarer til døgnproduktionen af slamvand. Selve opblandingen af fældnings- og flokkuleringsmiddel kan ske ved tilsætning af disse i transportsystemet fra fortank til geotube. Dette begrænser anlægsomkostningerne.

#### [Tingkærvad special](#)

Under projektet har der været aflagt besøg på Tingkærvad Dambrug, hvor ejeren Jens Grøn demonstrerede et selvkonstrueret sibåndsanlæg. Anlægget er interessant, idet der er tale om en meget enkel løsning.

I lighed med de tidligere omtalte fældningsanlæg er der en fortank. Fra denne pumpes slamvandet til et kar, hvor der tilsættes polymeropløsning. Polymeropløsningen tilberedes manuelt i en palletank, hvor dette sker automatisk i AL2 anlægget. Løsningen er billig og arbejdsindsatsen minimal.

Efter karret, hvor der tilsættes polymer går slamvandet til et sibånd. Rejektvand ledes til plantelagunen og slam ledes via en sliske til et plastforet bassin. I bassinet dannes et flydelag og en underliggende vandfase. Vandfasen pumpes retur til fortanken og efter en periode opgraves flydelaget. Tørstofprocenten i flydelaget ligger i niveauet 30 %.

Det høje tørstofindhold indikerer gode afvandingsegenskaber for dambrugsslam og aktuelt en stærk begrænsning af den slammængde, som skal borttransporteres fra dambruget.

Da vandet under flydelaget returneres til fortanken, burde stoftilbageholdelsen i anlægget være sammenlignelig med det opnåede i AL2 anlægget.

#### [Slammineraliseringsanlæg](#)

Firmaet Orbicon A/S leverer anlæg til slambehandling baseret på rodzoneanlægsprincippet, som blev udviklet i Tyskland i 1970'erne og i Danmark især blev bygget i 1980'erne i forbindelse med mindre bebyggelser og isolerede landsbyer.

I Orbicon anlæggene pumpes slammets ud i tagrørsbeplantede bassiner. Anlæggets hovedfunktion er at reducere slammængden. Ved langtidsbehandlingen forløber slamreduktionen i bassinerne delvist ved afvanding og delvist ved omsætning (mineralisering) af det organiske materiale i slammets. Afvandingen resulterer i at slammets indhold af suspenderet materiale filtreres fra på overfladen, mens hovedparten af

vandfasen afdrænes lodret igennem slamrest og filter. Endelig bliver slamresten yderligere reduceret ved fordampningen. Der tilsættes ikke hjælpestoffer i den biologiske slambehandling til afvanding og mineralisering af slammet.

Anlæggenes umiddelbare styrke er den enkle opbygning og de potentielt lave driftsudgifter. Anlægsudgiften ved anvendelse på dambrug er ikke kendt for nuværende. Umiddelbart vil den drifts- og miljømæssigt bedste anvendelse være, hvis slamvand kan ledes direkte til anlæggene. Dette kan dog indebære hydrauliske problemer eller urealistisk store anlæg. En forkoncentrering af slammet før tilledning til slammineraliseringsanlægget vil indebære en slamvandsrest, der kan være miljømæssigt belastende. Anlæggenes driftstid mellem oprensninger anføres til ca. 10 år. Her kan der opstå problemer med deponering af store mængder fosforholdigt slam. Da fosfor er en begrænset ressource kan det gå lige modsat.

Der er planlagt en afprøvning med henblik på at afklare de økonomiske samt drifts- og miljømæssige forhold ved anvendelsen af disse anlæg på dambrug.

### Økonomi

Økonomien i gyllesepareringsanlægget fra Staring Maskinfabrik er uinteressant, da anlægget ikke har vist sig anvendeligt såvel kapacitetsmæssigt som miljømæssigt. Der er for nuværende heller ingen baggrund for at vurdere økonomien i slammineraliseringsanlæg af rodzonetypen.

For de øvrige omtalte anlæg kan der med baggrund i forsøgene på Ejstrupholm Dambrug og komponentpriser estimeres en økonomi som vist i tabel 8.

Anlægstype	AL2 Anlæg (8 % tørstof)	Geotube (25 % tørstof)	Tingkærvad løsning (30 % Tørstof)
Ca. slammængde i m <sup>3</sup> pr. år	500	160	135
Ca. investering i kr.	850.000	150.000	250.000
Fældningsmiddel i kr./år	6.700	6.700	6.700
Polymer i kr./år	14.700	14.700	14.700
El i kr./År	6.700	6.700	6.700
Geotubes i kr./år	-	35.000	-
Forrentning/afskriv i kr./år	140.000	24.000	40.000
Drift/kapitalomkost. i Kr./år	168.100	87.100	68.100

Tabel 8: Estimat af økonomien ved 3 typer slambehandling ved 40 ton slam-tørstof årligt (400 ton produktion).

### Vedligehold

Der foreligger ingen lagtidstests af de omtalte anlæg. AL2 anlægget er det mest komplicerede med en fortankomrører, en slamvandspumpe, tre omrører i anlægget, en automatisk polymerenhet og 2 doseringspumper samt et sibåndanlæg. Der er generelt tale om robuste enheder, men der er en del, som kan gå i stykker og sibåndet vil have en begrænset levetid.

Geotube anlægget er det simpleste med en tankomrører, en slamvandspumpe, en polymeromrører/automatisk polymerenhed og to doseringspumper. Til gengæld er der en løbende udgift til geotubes, som ikke er i de øvrige anlæg.

Anlægget på Tingkærvad Dambrug har i forhold til geotube anlægget et sibånd. Vedligeholdelsesomkostningerne til sibåndet må forventes at være betydeligt lavere end udgiften til geotubes.

## Konklusion

Gyllesepareringsanlægget fra Staring Maskinfabrik har ved denne undersøgelse vist sig uanvendeligt til den påtænkte anvendelse som et transportabelt slamafvandingsanlæg. Kapaciteten er for lav med den slamkvalitet der forefindes på dambrug og stofindholdet i rejektvandet ikke miljømæssig acceptabel.

Direkte fældning af slamvand fra dambrugsproduktion ser ud til at kunne gennemføres med en realistisk økonomi. Et anlæg som det der anvendes på Tingkærvad Dambrug ser ud til at kunne indrettes og drives med de laveste omkostninger. Anlæg med geotubes kan også være aktuelle. I forhold til AL2 anlægget vil geotubes være mindre fordelagtige ved behandling af store slammængder, idet udgiften til geotubes er proportional med slammængden, mens AL2 anlægget ved mindre mængder slamtørstof belastes af anlæggets relativt høje forrentning og afskrivning.

Der er planlagt en undersøgelse af slammineraliseringsanlæg til afklaring af disse anlægs egnethed og økonomi.

## Referencer

*Mogensen G.L.; Michelsen K.; Mortensen P.V.; ( 2010), Slamafvanding og håndtering af afløbsvand på dambrug. Teknologi til reduktion af udledning fra dambrug og opkoncentrering af slam på dambrug, Miljøstyrelsens Miljøprojekt Nr. 1346 2011.*

*Pedersen, P.B. Grønborg, O., & Svendsen, L.M. (red.) (2003). Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra faglig arbejdsgruppe.82 s. - Arbejdsrapport fra DMU, nr. 183*

*Svendsen, L.M.; Sortkjær, O.; Ovesen, N.B.; Skriver, J.; Larsen, S.E.; Pedersen, P.B.; Rasmussen, R.S.; Dalsgaard, A.J.T. (2008). Ejstrupholm Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for 2. måleår af monitoringsprojektet med væsentlige resultater fra første måleår. DTU Aqua-rapport nr.: 188-08*

EnviDan Service A/S, Vejløvej 23, DK- 8600 Silkeborg

Bilag 1 kemiske analyser										
38723-X1-4										
HEP										
Dato	Kar	Ammonium-N mgN/l		Nitrit-N mgN/l		Nitrat-N mgN/l		Ortho-phosphat mgP/l		
1/10-10	Råslam	80,7	80,7	0,09	0,09	1,55	1,50	35,2	35,3	
		80,7		0,09		1,44		35,4		
	Slam 1	0,74	0,73	0,49	0,49	5,28	5,32	1048	1064	
		0,73		0,48		5,36		1079		
	Slam 2	0,42	0,43	0,74	0,73	6,84	6,70	1158	1152	
		0,43		0,73		6,56		1147		
	Rejektvand 1	61,3	61,2	0,07	0,07	1,12	1,13	26,7	26,6	
		61,1		0,07		1,14		26,5		
	Rejektvand 2	58,3	58,6	0,08	0,08	1,22	1,20	27,5	27,5	
		59,0		0,08		1,18		27,4		
	Dato	Kar	VFA mg/l	Opløst COD mg/l	COD mg/l		Tørstof %			
	1/10-10	Råslam	907	3276	3275	26000	26100	1,72	1,72	1,72
			3274		26200		1,72			
Slam 1		1771	9830	9965	88050	92400	6,40	6,40		
			10100		96750		6,40		7,12	
Slam 2		2086	11900	12000	107100	104775	7,83	7,83		
			12100		102450		7,84			
Rejektvand 1		520	2354	2384	11300	11550	0,71	0,70		
			2414		11800		0,70		0,76	
Rejektvand 2		642	2410	2347	13900	13700	0,82	0,82		
			2284		13500		0,82			
Dato		Kar	Aske %		Kjeldahl-N mgN/kg	Fosfor %		Olie g/kg		
1/10-10		Råslam	0,36	0,36	1064	1063	0,033	0,033	3,83	3,82
	0,36			1063		0,033		3,80		
	Slam 1	1,26	1,26	4138	4156	0,124	0,125	12,3	12,2	
		1,25		4174		0,126		12,1		
	Slam 2	1,61	1,61	5085	5079	0,161	0,162	13,1	13,1	
		1,62		5072		0,162		13,0		
	Rejektvand 1	0,16	0,17	416	417	0,013	0,013	2,14	2,13	
		0,17		417		0,013		2,12		
	Rejektvand 2	0,18	0,19	465	462	0,016	0,016	2,70	2,69	
		0,19		461		0,016		2,68		
					461					
		17,2 = 71,2 X + 7,6 (1 - X)								
	X = 9,6/63,6 = 0,1509									
	15 % slam									
	85 % rejevtvand									



## Bilag 2 Energiindhold i slam

**DATO : 07-12-2010**

PRØVE	BAKKE NR	VÆGT BAKKE	VÆGT BAKKE+ VÅD-PRØVE	VÅD PRØVE	VÆGT BAKKE+ TØR-PRØVE	TØR PRØVE	%TS	GN %TS	J/g tørvægt	GN	kJ/g vådvægt
Slam	1	0,8443	17,3840	16,5397	2,2959	1,4516	8,78		19425,8		
-	2	0,8451	15,3252	14,4801	2,1156	1,2705	8,77	8,8	19321,2	19373,5	1,70

Bemærkninger: meget udsprøjt i begge afbrændinger