



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Fosforgenvinding ved struvitutfældning

Potentialet ved fosforgenvinding fra
rejektvand på Åby renseanlæg og
muligheder for at øge dette

Program for Grøn Teknologi 2013

MUDP rapport

Titel:

Fosforgenvinding ved struvitudfældningForøget
fosforgenvinding fra spildevand og slam

Redaktion:

Peter Balslev, Louis Landgren

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2014

ISBN nr.

978-87-7038-118-5

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	4
Konklusion og sammenfatning	5
Summary and Conclusion	6
1. Genvinding af fosfor som struvit	7
1.1 Formål	7
1.2 Baggrund	7
1.3 Genvinding af fosfor ved struvitfældning på rejeftvand.....	8
1.3.1 Fuldskalatest på Åby Renseanlæg 30%	8
1.3.2 Fuldskalatest på Åby Renseanlæg 60%	19
1.3.3 Potentialeopgørelse for 1-slam anlæg	20
1.4 Pilottest på Viby Renseanlæg	21
1.4.1 Opstilling og drift af pilotanlæg på Viby renseanlæg.....	23
1.4.2 Tilretninger på pilotanlæg på Viby renseanlæg	23
1.4.3 Potentialeopgørelse for 2-slam anlæg	24
2. Godkendelse af struvit som gødningsmiddel	25
3. Demonstration og formidling af resultater	26
Referencer	28
Bilag 1: Anmeldelse af fosforgødning i gødningsfortegnelsen	29

Forord

Projektet er gennemført med støtte fra Miljøstyrelsen som et led i Program for Grøn teknologi under MUDP. Projektet er udført af Aarhus Vand med teknisk assistance fra Norconsult Danmark A/S, Grundfos A/S og Stjernholm A/S. Desuden har Videncenter for Landbrug bidraget med ansøgning og nødvendig dokumentation og godkendelse af struvit som gødningmiddel og registrering af Aarhus Vand som REACH godkendt producent af PhosphorCare, som er navnet på det udvundne struvitprodukt.

Konklusion og sammenfatning

Der er gennemført forsøg med genvinding af fosfor ved udfældning af struvit fra rejeftvand. Rejeftvandet er produceret ved afvanding af udrådnet slam fra Åby Renseanlæg. Åby Renseanlæg er opbygget med biologisk P-fjernelse og med udrådning af slamproduktionen i en rådnetank. Forsøget er udført i fuldskala og det er dokumenteret at der kan genvindes ca 30 % af spildevandstilløbets indhold af total-fosfor. Der er desuden udført ombygninger af anlægget med det formål at undersøge om det er muligt at øge genvindingsgraden til ca 60% af tilløbsmængden. Det er dokumenteret, at der kan opnås ca. 45% genvinding på Åby renseanlæg, og at det er muligt at komme yderligere op ved at foretage nogle – større ombygninger. Forsøg i pilotskala til dokumentation af tilsvarende genvindingsgrader på renseanlæg med forklaring og biologisk rensning kunne ikke gennemføres pga. driftsmæssige forhold på Viby renseanlæg, der var valgt som renseanlæg til forsyning med rejeftvand til pilotforsøget. Resultaterne fra fuldskala anlægget er præsenteret på konference i Lissabon september 2014, VAMässan i Jönköping i oktober 2014 og Fagtreff i Norsk Vann i oktober 2014. Der udover er der afholdt indlæg ved faglige træf i Danva, Spildevandteknisk forening, Miljøteknologisk forening og ved mere end 20 fremvisning for gæster på Åby renseanlæg.

Summary and Conclusion

Full scale experiment for recovering of phosphorus from reject water has been carried at the Water Utility of Aarhus.

The reject water is produced from digested sludge at Aaby Wastewater treatment plant. The Wastewater treatment plant has a treatment process based on enhanced biological phosphorus removal water (EBPR) and thermophilic digestion of excess sludge.

It has been documented in full scale that a recovery rate of 30% of the total incoming phosphorus is possible.

Furthermore has a number of changes in piping and process been done to increase the recovering rate – if possible to 60 % of the incoming phosphorus.

It has been documented that 45% recovery can be reached and possible higher recovery rates can be reached after some further changes in operation and equipment.

Pilot scale test to documentation of similar recovering rates at a specific different process design in waste water treatment was not possible to perform due to operational problems in the full scale wastewater treatment plant chosen.

The results have been presented at a conference in Lissabon (International Water Association, IWA), VA mässan i Jönköping, Fagtreff i Norsk Vann (Oslo) in September – Oktober 2014.

The plant and the results has been presented at a number of national event in national professional meetings and has been demonstrated for guests at the plant for more than 20 delegations.

1. Genvinding af fosfor som struvit

1.1 Formål

Fosfor kan genvindes fra byspildevand ved at udtage og behandle koncentrerede delstrømme på kommunale renseanlæg. Det er projektets formål at dokumentere en opnået genvindingsgrad på ca. 30% af tilløbets fosfor samt at undersøge og dokumentere muligheden for at genvinding af fosfor fra spildevand og spildevandsslam på renseanlæg svarende til ca. 60 % af fosfor i tilløbet. En høj genvinding af fosfor ved struvitudfældning kombinerer produktion af et rent fosforprodukt med en mulig ressourcemæssig acceptabel håndtering af slam ved forbrænding. Kombinationen forventes at give en teknisk og økonomisk acceptabel håndtering med høj grad af ressource genvinding.

1.2 Baggrund

Struvitudfældning på Åby renseanlæg er etableret i efteråret 2013 og indkøringen af dette startede 1. november 2013. Beslutningen om at etablere et fosforgenvindingsanlæg på Åby renseanlæg blev fra starten taget med udgangspunkt i at løse aktuelle driftsproblemer for fosforudfældning som struvit på kritiske steder i slambehandlingen og for at reducere en væsentlig intern belastning med fosfor fra returførte interne strømme.

Den store interne belastning fra rejktvand er et resultat af procesvalget på Åby renseanlæg som indeholder fosforfjernelse med biologisk P-fjernelse kombineret med slamudrødning med termofil udrødning.

Vand fra afvanding af udrådnet slam indeholder relativt høj koncentration af fosfor (orto-fosfat) og kvælstof (ammonium-kvælstof). Termofil udrødning og biologisk fosforfjernelse øger koncentrationen af ammonium og fosfor yderligere og sammen med spildevandets naturlige indhold af magnesium udfælder fosfor og kvælstof spontant som struvit på flere kritiske steder i rørføringer mv. med tilstopning og driftsafbrydelser til følge.

En kontrolleret struvitudfældning løser de fleste af disse problemer samtidigt med at der produceres et fosfor/kvælstof/magnesium-produkt med en dokumenteret gødningsvirkning. Biologisk slam fra anlæg med bio-P har et forhøjet indhold af "luksusoptaget" fosfor som let frigives under anaerobe betingelser som dem, der forekommer i en rådnetank. Samtidigt med denne frigivelse bliver der frigivet biologisk bundet fosfor ved den mineraliseringsproces som slambehandling i en rådnetank betyder. Det er muligt at reducere frigivelsen af fosfor i rådnetanken og dermed de udfældninger, der sker i tanken ved at behandle slammet i en kortere anaerob proces efterfulgt af en forafvanding før det tilledes rådnetanken og dermed separere slammet fra den frigivne fosfor i en forafvandingsproces. Dette er en velkendt egenskab ved bio-P processen og er udnyttet i processer der optimerer fosforfjernelse på sidestrømme, f.eks. PhoStrip processen som demonstrerede dette så tidligt som 1973 viser at dette er en anvendelig metode til at udtage fosfor fra spildevand på anlæg med biologisk P-fjernelse. (Levin 1994)

Forafvandingsprocessen udføres i forvejen på anlæg af samme type som Åby renseanlæg for at sikre at der er tilstrækkeligt højt tørstof i rådnetanken.

Ved at behandle rejktvand fra forafvanding af bioslam og samtidigt sikre at dette har været behandlet anaerobt kan der opnås at fosfor kan genvindes i højere grad, end hvis der blot behandles på rejktvand fra rådnetankslam.

Tilbageholdelse og produktion af produktet struvit, kræver at der sker en lang række processtyringer og optimeringer, hvis det skal være muligt at lave et struvitprodukt, som kan anvendes direkte til gødningsformål.

1.3 Genvinding af fosfor ved struvitfældning på rejktvand

1.3.1 Fuldskalatest på Åby Renseanlæg 30%

Testen gennemføres på Åby renseanlæg ved anvendelse af et fuldskala struvitanlæg på rejktvandet fra slutfvander (dekanter rejekt).

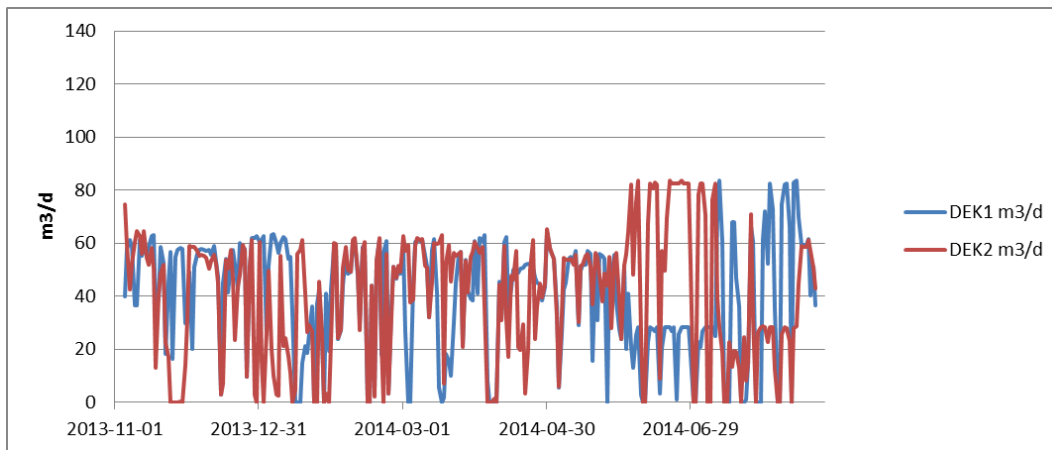
TABEL 1: BELASTNING PÅ STRUVITANLÆG I PERIODEN 1/11 2013 TIL 10/8 2014

	Fase 30 %		Fase 60% a		Fase 60% b		Fase 60% c	
	1/11 -24/4		25/4-1/6		2/6-9/7		10/7-10/8	
	Reak.1	Reak.2	Reak.1	Reak.2	Reak.1	Reak.2	Reak.1	Reak.2
Dekanter rejekt								
Flow* m3/d	59	59	59	59	25	82	82	25
PO ₄ -P, mg/l	300-550		300-400		300-400		250-300	
NH ₄ -N, mg/l	800-1000		Ca. 1100		Ca. 1300		Ca. 1300	
Forafvander rejekt								
Flow*	0	0	180	180	80	280	280	80
PO ₄ -P, mg/l			23-84		36-84		49-78	
NH ₄ -N, mg/l			Ca. 3		Ca. 3		Ca. 5	

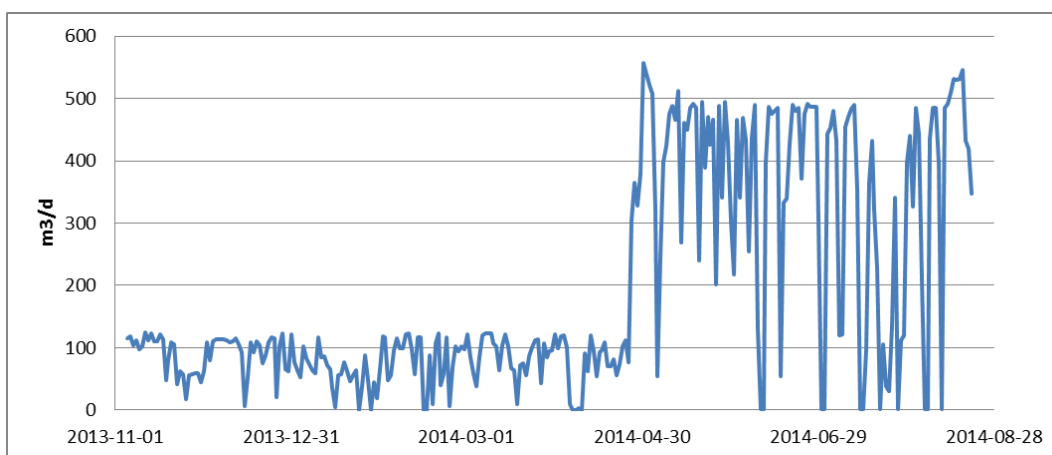
Ad*: Flowværdier er setpunkter ved normal drift. Mange afbrydelser i rejktvandsproduktion og af struvitanlæg har betydet lavere middelflow – se Figur 1.

Rejktvand fra dekanteren til struvitanlægget hentes i en rejktvandstank med et volumen på ca. 120 m³. Tankens volumen svarer til godt et døgn's produktion, og det er dermed muligt at indpumpe rejktvand næsten uafhængigt (konstant flow) af driften af slamafvandingen. Som det ses på Figur 1 er flow dog kraftigt varierende i hele testperioden, hvor et stort antal afbrydelse af anlægget med by-pass af rejktvandet har betydet, at det kun i kortere perioder har været konstant belastet. De i Tabel 1 angivne størrelser svarer til setpunkt ved uforstyrret drift.

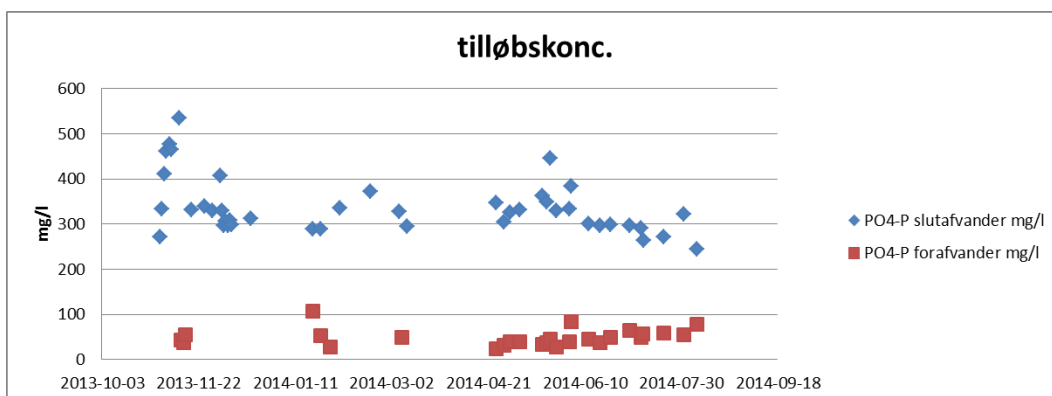
Det betyder, at det ikke er muligt at foretage gennemsnitsbetragtninger for genvindingsgrader i de forskellige testperioder. I stedet er der i det følgende konkluderet på driften af anlægget ud fra forskellige stikprøver og beregnede belastninger på basis heraf.



FIGUR 1: INDPUMPET REJEKTVAND FRA SLUTAFVANDER TIL REAKTOR 1 OG 2



FIGUR 2: SAMLET TILLØB TIL FULDSKALA ANLÆGGET



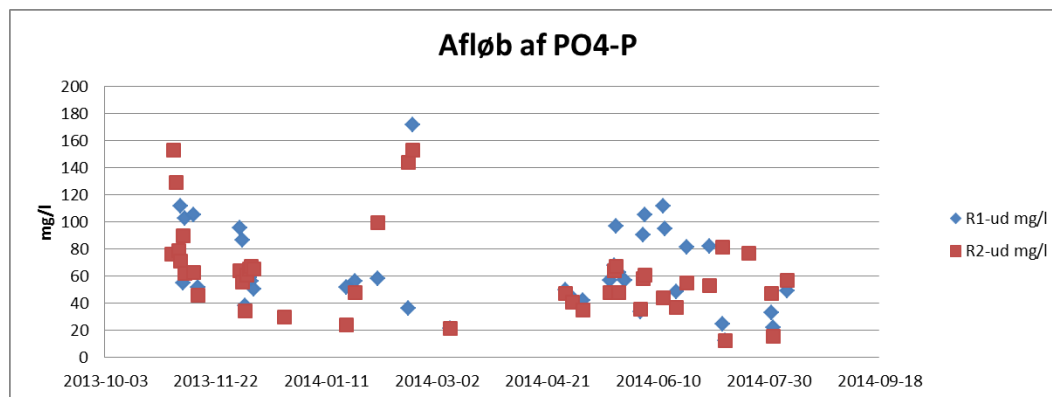
FIGUR 3: TILLØBSKONCENTRATIONER FRA HHV. FORAFVANDER OG SLUTAFVANDER

Resultater:

Afløbsresultater

Afløbskvaliteten er målt ved stikprøver i afløbet fra reaktor 1 og 2, der har kørt i parallel drift med forskellige procesparametre. Afløbsprøverne er målt for PO₄-P ved spektrofotometer (Hach-Lange hurtiganalyse udstyr). Der er ikke foretaget filtrering eller bundfældning før analyse, således at små partikler af udfældet materiale er medtaget i analysen.

Stikprøvevis er analyseret på bundfældede prøver for at undersøge potentialet for at forbedre rensegraden yderligere.



FIGUR 4: AFLØBSKONCENTRATION AF PO₄-P FRA REAKTOR 1 OG REAKTOR 2

Der ses både lave og høje værdier af PO₄-P koncentration på afløbet fra både reaktor 1 og reaktor 2. Værdierne er høje i perioder, hvor pH-styringen og/eller kemikaliedoseringen ikke har fungeret optimalt, samt i perioder, hvor der har været ekstra højt indhold af slam (suspenderet stof) i indkommende rejeaktvand.

pH-styring, luddosering

pH-styring udføres for at styre udfældningen efter forskellige strategier. Der er i første omgang målrettet mod at styringen skal sikre en konstant pH-værdi ved udløbet af reaktoren (i toppen) ved at tilsætte NaOH-opløsning i bund hhv. i top af reaktoren. Ydelsen af doseringspumpen styres med PID-regulering efter pH-måleren i reaktortop. Ludforbruget kan registreres både ved vejecelle på palletank for lud og ved logning af doseringspumpens setpunkt. Der er ikke flowmåler på ydelsen af doseringspumpen. Samtidig registrering af forbruget viste at setpunktet for pumpens ydelse ikke var tilstrækkeligt nøjagtigt til opgørelse af forbruget. Forbruget er derfor korrigeret på basis af registreret forbrug på lagertanken.

Erfaringen viste, at det er muligt at styre pH-værdien ved udløb af reaktoren til et næsten konstant setpunkt. Dette er vigtigt for at kunne styre udfældningen til optimalt pH med lavest muligt forbrug af natriumhydroxid. Samtidigt blev konstateret at doseringspunktet og fortyndingsforholdet omkring dette er altafgørende for, om struvit udfældningen sker som små eller store partikler.

Kemikaliedosering

Tilsætning af magnesiumklorid sker i bunden af reaktoren. Setpunkt for flow af doseringspumpen udregnes i styringen for at ramme et konstant molforhold mellem magnesium og fosfat. Magnesium tilsættes som en opløsning af magnesiumklorid (MgCl₂·6H₂O). Magnesiumklorid modtages i krystallinske flager pakket i bigbags med 1000 kg pr. sæk og opblandes batchvis i en tank med plads til 4000 liter opløsning. Der benyttes teknisk vand til fortynding.

Molforholdet er i hele testperioden mellem 1,2 og 1,3. Molforholdet sikrer et konstant forhold mellem PO₄-P og magnesium, hvor PO₄-P koncentrationen baseres på stikprøver udtaget 2 gang om ugen.

Udfældningen af struvit styres derudover af den lokale fortynding af tilsat teknisk vand og recirkulation af afløbsvand. Ved hjælp af disse vandflow kan der styres hen mod et optimalt tal for overmætningen og dermed for den hastighed hvormed krystaller dannes. Disse parametre er sammen med pH-værdien afgørende for om der dannes små eller store partikler og afgørende for hårdheden af de dannede partikler.

Lufttilsætning/airlift

En vigtig funktion på reaktoren er at der skal tilsættes luft for at strippe CO₂ ud af rejektvandet. Rejektvandet fra rådnetankslam er overmættet med CO₂, og en stripning af CO₂ sikrer at pH kan øges i retning af optimal pH-værdi. Derved spares en stor del af lufttilsætningen. En beregning viser at mellem 50% og 65% af lufttilsætningen bliver erstattet af CO₂-afstripning.

Udtag af struvit

Udtag af struvit foretages fra bunden af reaktoren. Der er testet forskellige procedurer herfor, og der er fundet en stabil procedure for dette.

Proceduren omfatter en kombination af indstillinger for tilløbsflow, recirkulation og kemikaliedosering.

Derudover stilles et antal ventiler med teknisk vand således at struvit kan ledes til vibrationssigte. Struvithøsten startes af en timer med faste intervaller. Intervallerne stilles manuelt, således at der er en passende mængde struvit i reaktoren. Opholdstiden af struvit i reaktoren bestemmer kornstørrelsen ved en bestemt tilførsel af fosfor.

På vibrationssigten er isat en si med passende hulstørrelse, således at kun struvitkorn over en given størrelse tilbageholdes/udtages. Skylevand og små partikler pumpes retur til reaktoren. Niveaueet for struvit kan overvåges visuelt gennem skueglas på reaktoren og via en pressostat i bunden af reaktoren.

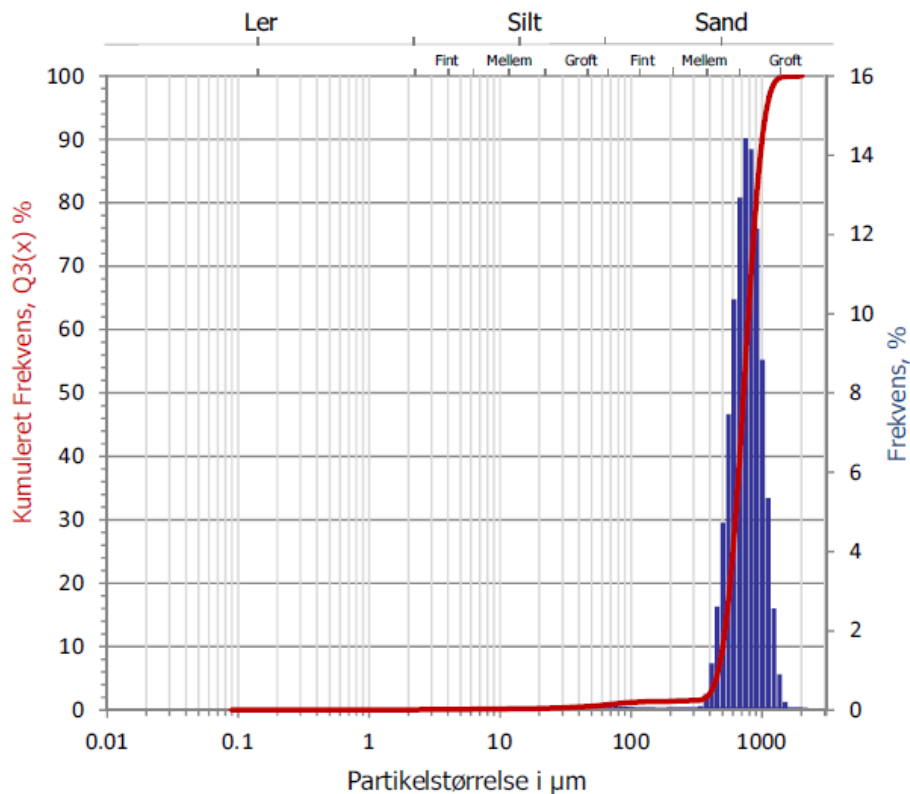
Tørring

Udtaget struvit drænes og tørres på perforerede transportbånd samtidigt med at det føres direkte ned i en bigbag. Tørringen styres til en temperatur på max 50 °C, og relativ fugtighed i afgangsluft måles løbende. Tørreluft opvarmes ved lavtemperatur-spildvarme fra biogaskedel, og den fugtige luft afsuges via en cyklon til rummets ventilationsanlæg.

Struvitkvalitet

Kvaliteten af det udvundne struvit blev vurderet visuelt og ved prøver udtaget til analyse for indhold af N, P og Mg samt tungmetaller. Derudover blev kornstørrelse og indholdet af organisk stof (målt som TOC) målt.

Kornstørrelsen kan reguleres ved valg af maskestørrelse på sigten, der afdræner det høstede struvit. På Figur 5 er vist eksempel på kornstørrelse ved en hulstørrelse i sigte på ca. 2 mm.



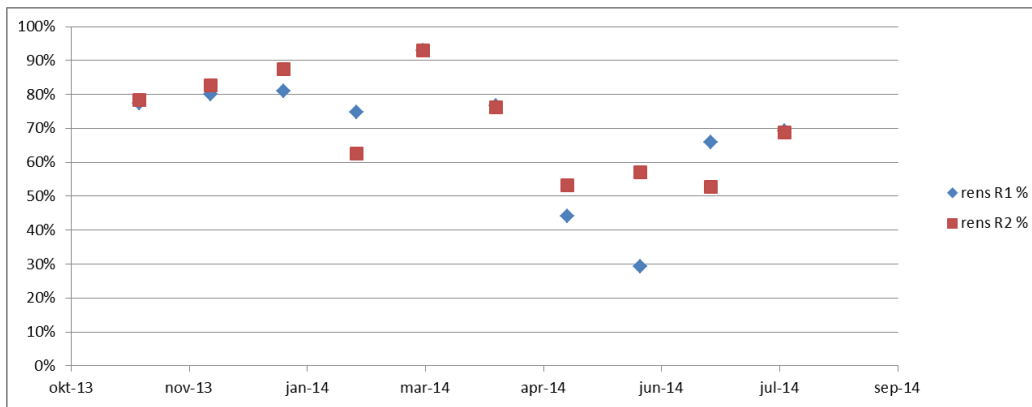
FIGUR 5: KORNSTØRRELSE AF STRUVIT

Rensegrad afløbskvalitet

Afløbskvaliteten begrænser sammen med belastningen den samlede udskilningsgrad af fosfor gennem struvitanlægget. En lang række parametre påvirker afløbskvaliteten og der er optimeret på følgende (kun de vigtigste)

- pH-styring af reaktoren og fysisk placering af lufttilsætning
- pH setpunkt
- NH_4 -koncentration
- luftindblæsning til airlift skaber uro i vandet og forhindrer sedimentation af små partikler
- fortynding af magnesiumklorid til dosering
- drift af recirkulation
- afskærmninger i reaktoren af airlift og afløbsrendens geometri

Afløbskvaliteten kan i perioder, hvor alle ovennævnte parametre er stillet korrekt, give en $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentration på 20 - 30 mg/l ved en opholdstid på 0,5 -1 time mens den falder yderligere ved højere opholdstid. Der er målt en næsten konstant værdi af opløst $\text{PO}_4\text{-P}$ på 15 mg/l, mens større eller mindre indhold af små udfældede krystaller øger afløbskoncentrationen til 30-50 mg/l. I perioder med forstyrrelse af pH-justeringen eller kemikalietilsætningen kan afløbskoncentrationen stige til over 200 mg/l pga. dannelse af store mængder fine krystaller, der ikke når at bundfælde i processen. Rensegraden for fosfor bliver derved ca. 90-95% ved en tilløbskoncentration på 300-400 mg/l men rensesgraden falder til mellem 50% og 70% ved lavere tilløbskoncentration (fase 2 med 60% genvinding).



FIGUR 6: RENSEGRADER FOR FOSFOR, REAKTOR 1 OG REAKTOR 2

Genvindingsgrad for fosfor

Tre masseflow bestemmer genvindingsgraden af fosfor på Åby renseanlæg.

1. Tilløbet af fosfor på renseanlægget – målt som flowvægtede analyser i perioden 2013-2014 på tilløbet til ca. 105 kg/d. $P_{\text{total-ind}}$
2. Tilløbet af fosfor til struvitanlægget. Målt som $\text{PO}_4\text{-P}$ på ufiltrerede stikprøver af rejeftvandet, $P_{\text{rejeft-ind}}$
3. Afløbet af fosfor fra struvitanlægget. Målt som $\text{PO}_4\text{-P}$ på ufiltrerede stikprøver af rejeftvandet, $P_{\text{rejeft-ud}}$

Genvindingsgraden er beregnet som

$$\text{Genvinding} = (P_{\text{rejeft-ind}} - P_{\text{rejeft-ud}}) / P_{\text{total-ind}}$$

Der er ikke beregnet gennemsnitsværdier for produktion af struvit til beregning af mulige genvinding pga. de mange afbrydelse af anlægget.

Fra de perioder, hvor anlægget har kørt stabilt, ses at der kan tilføres mellem 30 og 40 kg fosfor fra dekanter rejeftvand pr. dag. Afløbskvaliteten har varieret voldsom gennem testperioden pga. de mange ombygninger, som beskrevet i det foregående. I perioder uden forstyrrelser er det muligt at holde en afløbskvalitet med et $\text{PO}_4\text{-P}$ indhold på ned til 15-20 mg/l. I forhold til tilløbets 300-500 mg/l svarer det til en rensegrad på 95%. En afløbskoncentration på 40 – 50 mg/l er dog mere normal og svarer til en rensegrad på 89%.

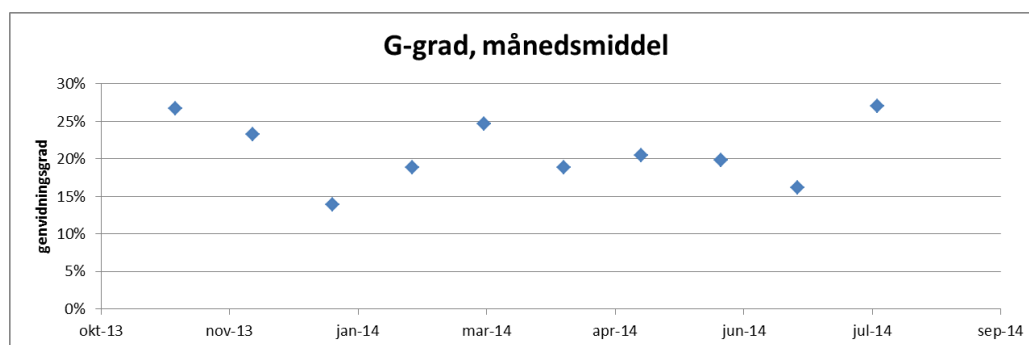
Genvindingen af fosfor i denne drift med dekanter rejeftvand alene svarer derfor til mellem 25% og 36% af tilløbet til Åby renseanlæg.

TABEL 2: RENSEGRADER OG GENVINDINGSGRADER PÅ STRUVITANLÆG I TESTPERIODEN

	1/11 -24/4		25/4-1/6		2/6-9/7		10/7-10/8	
Tilløb til struvitanlæg								
	Reak.1	Reak.2	Reak.1	Reak.2	Reak.1	Reak.2	Reak.1	Reak.2
Flow* m3/d	59	59	249	249	105	362	362	105
PO4-P, kg/d	18-32	18-32	22-39	22-39	13-15	Ca. 47	Ca. 47	13-15
NH4-N, kg/d	47-59	47-59	Ca. 65	Ca. 65	Ca. 77	Ca. 77	Ca. 77	Ca. 77
Afløb fra struvitanlæg								
	Reak.1	Reak.2	Reak.1	Reak.2	Reak.1	Reak.2	Reak.1	Reak.2
PO4-P, mg/l	40-110	20-140	40-100	40-70	40-80	20-40	40-80	20-40
PO4-P, kg/d	2,4-6,5	1,2-8,3	10-25	10-17	Ca. 6	Ca. 11	6-11	1-5
Genvinding*, % af tilløb på Renseanlæg	Ca. 38		30-40		Ca. 42		44 - 50	

*: Genvinding beregnet ud fra stikprøver af tilløb og afløb.

Der er registreret en høj men svingende genvindingsgrad over forsøgsperioden. De mange afbrydelser for ombygning har betydet at rejektvandet er blevet ledt urensset retur til renselanlægget i kortere eller længere perioder. I testperioden er der beregnet en mulig genvindingsgrad ud fra de enkelte prøvetagninger. Disse er vist i Tabel 2. De månedlige indvindinger af fosfor er sammenholdt med en gennemsnitlig tilførsel på 105 kgP/dag – svarende til middelværdi for tilløbet i perioden sept 2013 – juli 2014. I Figur 7 er vist genvindingsgrader som månedsgennemsnit inklusive alle driftsforstyrrelserne.



FIGUR 7: MÅNEDSMIDDEL AF GENVINDINGSGRAD FOR FOSFOR

Slamindhold fosfor, tungmetaller, TS

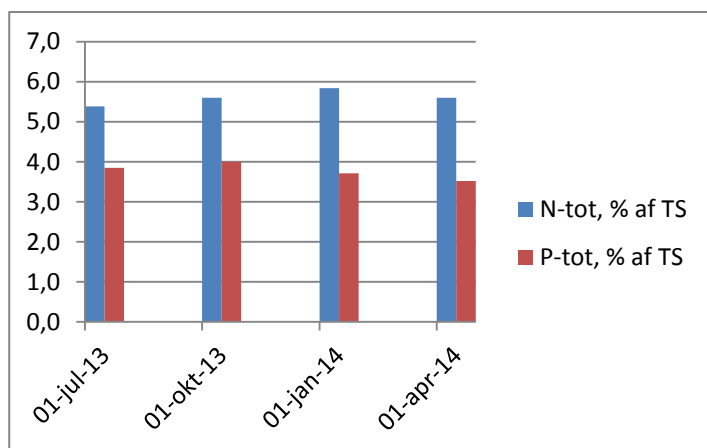
Der er målt på både slam og struvit for tungmetaller, fosfor og kvælstof. For slammets vedkommende både før og efter idriftsættelse af struvitanlægget.

Analyserne viser at indholdet af fosfor i slammene falder, mens øvrige parametre ikke ændres målbar (inden for usikkerhederne). Forholdet mellem fosfor og tungmetal øges som resultat af det lavere fosforindhold. Samtidig med denne ændring sker der også en reduktion i slammængden. Det er dog ikke klarlagt at denne reduktion i tørstof-produktion er direkte relateret til struvitproduktionen, og dermed til en mindre produktion af kemisk slam på renselanlægget. Pga.

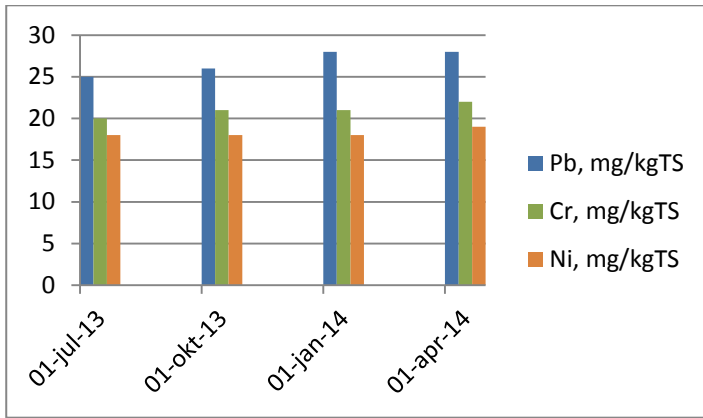
forsøgsdrift, der ikke har kørt helt kontinuert er fosforindholdet i perioden ikke faldet med forventeligt ca. 30%, men kun med ca. 10 %.

TABEL 3: INDHOLD AF NÆRINGSTOFFER OG TUNGMETALLER SLAM FRA ÅBY RENSEANLÆG

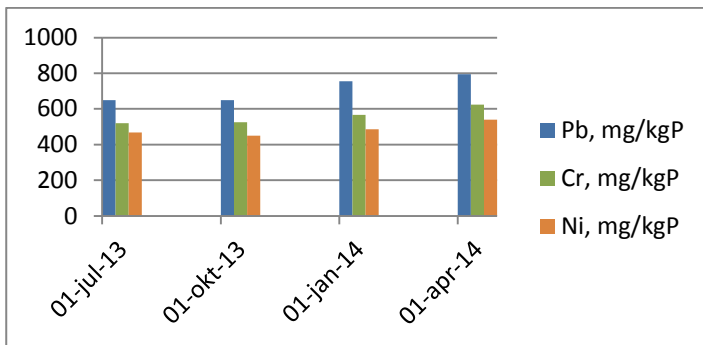
Slamprøve Udtag-periode	1/7 -23/9 2013	2/10 2013	3/1 - 24/3 2014	1/4 - 23/6 2014
TS,%	26	25	24	25
N-tot, mg/kg	14000	14000	14000	14000
N-tot, mg/kgTS	53846	56000	58333	56000
N-tot, % af TS	5,4	5,6	5,8	5,6
P-tot, mg/kg	10000	10000	8900	8800
P-tot, mg/kgTS	38462	40000	37083	35200
P-tot, % af TS	3,8	4,0	3,7	3,5
Pb, mg/kgTS	25	26	28	28
Cd, mg/kgTS	0,98	0,9	1	0,99
Cr, mg/kgTS	20	21	21	22
Cu, mg/kgTS	280	270	290	310
Hg, mg/kgTS	1,5	0,96	0,95	1,1
Ni, mg/kgTS	18	18	18	19
Zn, mg/kgTS	710	730	830	820
Pb, mg/kgP	650	650	755	795
Cd, mg/kgP	25,5	22,5	27,0	28,1
Cr, mg/kgP	520	525	566	625
Cu, mg/kgP	7280	6750	7820	8807
Hg, mg/kgP	39	24	25,6	31,25
Ni, mg/kgP	468	450	485	540
Zn, mg/kgP	18460	18250	22382	23295



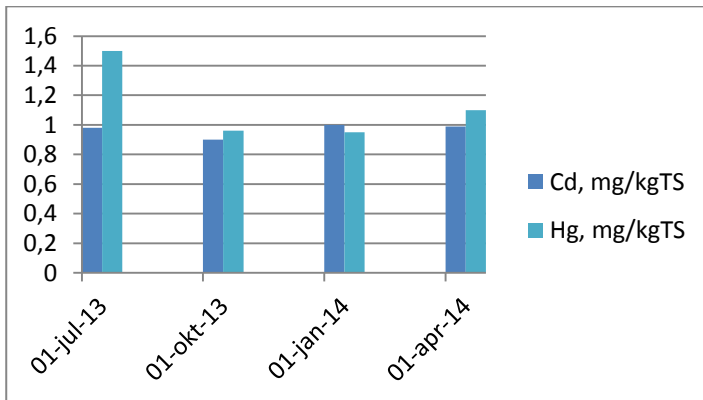
FIGUR 8: N OG P INDHOLD I SLAM FRA ÅBY RENSEANLÆG



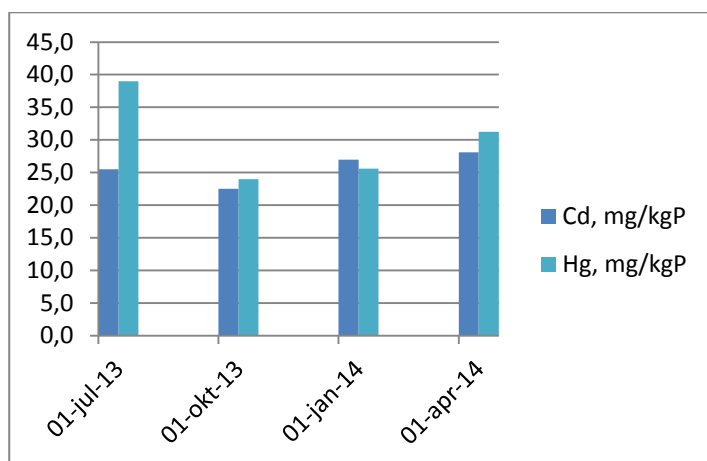
FIGUR 9: TUNGMETALLER I FORHOLD TIL TØRSTOF I SLAM



FIGUR 10: TUNGMETALLER I FORHOLD TIL FOSFOR I SLAM



FIGUR 11: TUNGMETALLER I FORHOLD TIL TØRSTOF I SLAM



FIGUR 12: TUNGMETALLER I FORHOLD TIL FOSFOR I SLAM

Ud fra slamanalyserne på slammet kan ses at:

- tungmetal/TS (ligger højt for Cd's vedkommende)
- tungmetal/P (er alle stadig ok i slammet)

Struvitanalyser blev udført på struvit produceret i perioden november 2013 – juni 2014.

Resultaterne er vist i Tabel 4.

Der er et meget lavt indhold af tungmetaller i struvit produceret på Åby Renseanlæg.

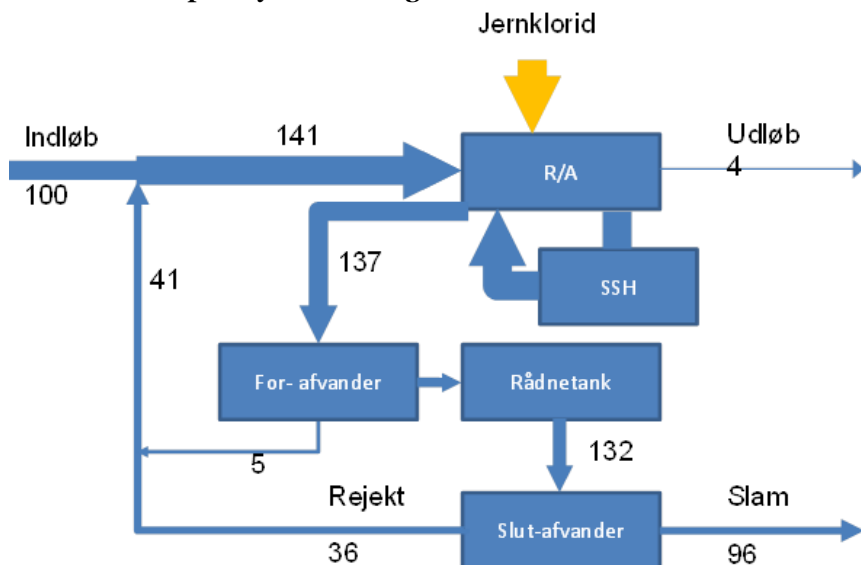
Selv om der fjernes en del fosfor fra slammet bliver TM/P forholdet ikke kritisk.

Der ikke udført tungmetalanalyser på indkommende spildevand eller på fældningskemikalier anvendt på Åby renseanlægget.

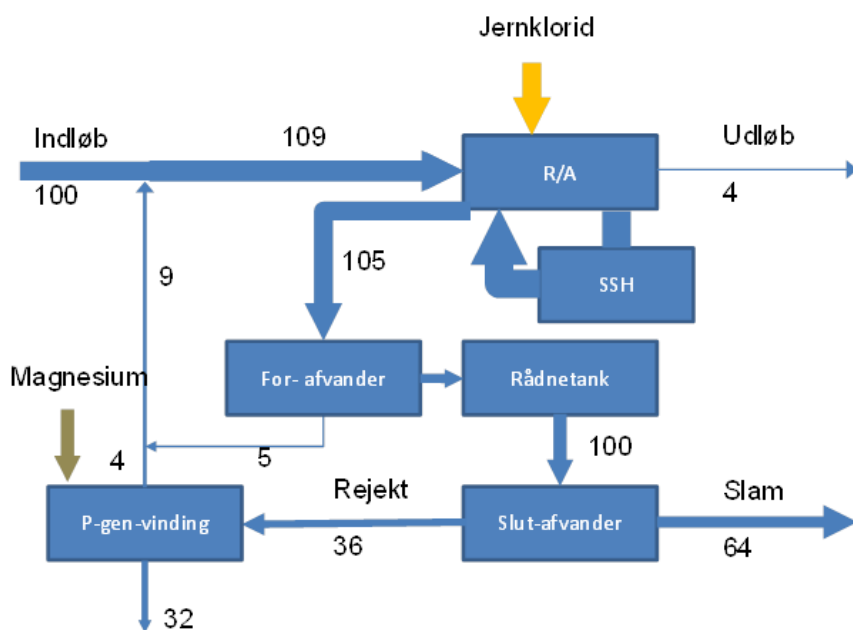
TABEL 4: NÆRINGSSTOFFER OG TUNGMETALLER I STRUVIT FRA FULDSKALAANLÆG

Parameter		1. prøve	2. prøve	3. prøve	middel
		Nov. 2013	12/12-13	3/6-14	
As	mg/kg	0	0	1,2	0,4
bly	mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cd	mg/kg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cr	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cu	mg/kg	0,8	0,8	0,5	0,7
Hg	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ni	mg/kg	0,2	0	0,8	0,33
Zi	mg/kg	3,2	2,5	2,5	2,73
P	%	12,2	12,4	12,4	12,33 %
N	%	5,8	5,8	5,85	5,82 %
Mg	%	10,4	10	10,4	10,27 %
TOC	mg/kg	1430	1300	1130	1287
50% fraktil	mm	0,755	0,745	0,808	0,77
enskorninghed	10%/90%	0,63	0,63	0,53	0,60
Cd	mg/kg P			<	0,16
Hg	mg/kg P			<	0,81
Pb	mg/kg P			<	1,62
Ni	mg/kg P			~	2,70

Massebalance på Åby renselanlæg



FIGUR 13: SIMPLIFICERET MASSEBALANCE FØR P-GENVINDING



FIGUR 14: EFTER P-GENVINDING CA. 30%

Massebalancer på Åby renselanlæg med og uden genvindingsanlægget viser, at den interne belastning med fosfor reduceres fra ca. 40% af tilløbet til ca. 4%. Dette har betydning for driften på renselanlægget og letter fosforfjernelsen i hovedstrømmen betydeligt. Det tilføres væsentligt mindre fosfor til rådnetanken (fra ca. 139 kg/d til ca. 105 kg/d) hvilket til en hvis grad reducerer driftsproblemer med struvitudfældning i rådnetank, varmevekslere og slamafvanding. Slammet indeholder mindre fosfor, og ved en konstant drift af P-genvindingen vil mængden af fosfor blive mindsket. Fosfor indholdet blev registreret til at falde med ca. 10% i april-juni 2014 og forventes at falde yderligere efter konstant drift er indført.

1.3.2 Fuldskalatest på Åby Renseanlæg 60%

Med henblik på at øge genvindingsgraden for fosfor på Åby renselanlæg er der gennemført en række ændringer af tilførslen til struvitanlægget.

Fosfor fjernes fra spildevandet via en kombineret kemisk/biologisk fosforfjernelse og udtages sammen med overskudslam. Dette overskudslam føres via en forafvander til en rådnetank. I rådnetanken sker der en delvis mineralisering af slammet med en samtidig frigivelse af en del af den optagne fosfor. Hovedparten af fosformængden fastholdes dog i slammet og afvandes i slutafvanderen. Det aktive slam på Åby renselanlæg gennemgår som et led i renseprocessen en hydrolyse for at frigive en mængde letomsætteligt kulstof til N-fjernelsen, men dette procestrin kan også udnyttes til at frigøre fosfor til genvinding via struvit-udfældningen.

For at gøre dette muligt er der gennemført nogle ombygninger:

- Omstilling af slamudtag til forafvander fra returslam til hydrolyseslam er gennemført uden problemer. Ny slamledning fra hydrolysetank er ført til forafvander gennem eksisterende ingeniørgang.
- Styling af forafvander med konstant flow i stedet for stop/start - er gennemført uden problemer. Struvitanlægget skal modtage et konstant flow og der er ingen buffertank til rejektivand fra forafvander.
- Omstilling af forafvander til at spule med rejektivand øger rejektivandskoncentration til 100-120 mg/l og reducerer flow med ca. 40%. Til gengæld opstår problemer med tilstopning af dyser til skyllevand, øget polymerforbrug, og lavere koncentration af det forafvandede slam (3% TS mod tidligere 5-6% TS). På struvitanlægget er tilførslen nu i en højere koncentration, men afløbskoncentrationen er væsentlig højere. Dette skyldes en række ændrede driftsbetingelser, der medriver små struvitpartikler i afløbet. Der skal arbejdes med alle disse driftsbetingelser hver især, før stabil drift kan opnås.
- Ekstra skummekant i reaktor for at dæmpe tendens til mange små partikler i afløbet ved højt flow.

Resultaterne viser at det er forbundet med en række vanskeligheder og omkostninger at øge genvindingsgraden fra ca. 30% til ca. 60%. Status i august 2014 viser, at det er muligt at øge tilførslen af opløst fosfor til struvitanlægget fra ca. 35% til ca. 60% af tilløbets P-mængde. Denne mængde kan herefter opsamles i struvitanlægget med en effektivitet på 70%-90%. Desværre opnås den laveste effektivitet, når der tilføres meget fosfor. Ved at øge pH-værdien ved ludtilsætning kan der opnås en større genvindingsgrad. Men den højeste genvinding ligger på ca. 45%, og det koster store mængder lud til pH-regulering. Det må forventes at et større anlæg end det aktuelle fuldskala-anlæg på Åby renselanlæg kan opnå bedre resultater.

Tilpasninger

Efter ombygning og igangsætning af drift med forhøjet P-genvinding opstod hurtigt behov for en række tilpasninger på anlægget. Dette gælder både tilpasninger af driften og tilpasninger på anlægget.

Behov for tilpasning skyldes ændrede procesbetingelser:

1. Større flow betyder mindre opholdstid i reaktorer fra ca. 2 timer til ca. 0,5 time Dette gør anlægget mere følsom for SS i tilløbet og betyder flere små partikler i afløbet (= fosfor udfældet som struvit kan tabes i udløbet)
2. Lavere pH i forafvander-rejekt (ca. 6,9 i hydrolysevand og 7,5 i dekanter rejejt) betyder mere ludforbrug.
3. Lavere temperatur
4. Lavere koncentration i tilløbet
5. Andre forhold som påvirker struvitkvaliteten og drift af anlæg

- Ad 1. Tester forskellige hydrauliske opholdstider (simulering af reaktor design-størrelser) ved at benytte forskelligt flow gennem reaktoren. Tester forskellige styrestrategier for pH-regulering, der kan fungere ved mindre hydraulisk opholdstid og højere ludforbrug. En pH-styring til højt flow blev fastlagt. Højere flow betyder større krav til separation af små partikler i reaktor-toppen, og der blev foretaget flere ombygninger for at tilgodese dette.
- Ad 2. Tester forskellige pH-setpunkter -> bedre rensegrad ved højere pH-værdi + markant mere ludforbrug. Styringen af setpunktet skal ændres ved mindre opholdstid i reaktoren. Svingninger i pH-værdi giver mange små partikler som tabes i afløbet og som øger risiko for struvit i rør på tilløb ved tilslutningen af magnesiumklorid. Ludforbrug stiger fra ca. 40 l/d til ca. 240 l/d.
- Ad 3. Lavere temperatur betyder mindre CO₂-stipning og dermed større ludforbrug. Dette skal kompenseres med en ændret pH-styring for at stabilisere udfældningen
- Ad 4. Lavere koncentration i tilløbet betyder lavere rensegrad ved samme afløbskoncentration (rensegraden falder fra ca. 90% til ca. 50%). Dette skyldes også at der er målt væsentlig lavere PO₄-koncentration i hydrolyse-vandet end målt ved tidligere analyser (40-50 mg/l mod typisk 90-100 mg/l tidligere). NH₄-koncentrationen falder med en faktor 10 (reduceret fra ca. 1100 mg N/l til ca. 115 mg N/l), hvilket fuldstændigt ændrer fældningsbetingelserne. Højere pH-værdi er nødvendig og forøget lufttilsætning forsøges idriftsat.
- Ad 5. Tester forskellige mængder struvit i reaktor (højder). Ikke synlig effekt på afløbet. Produktion af større granuler kræver tydeligvis en højere opholdstid for struvit-perlerne. Tester forskellige recirkulationsgrader - Under test – muligvis kan resultatet ses ud fra gennemførte driftssituationer. Det ser ud til at have betydning for korn-størrelse og hårdhed (slid på granuler). En fornuftig recirkulationsgrad og et niveau for struvit-korn i reaktoren er fundet. En metode til online-registrering af struvitniveau ved en trykmåling er etableret.

Der er i august 2014 testet forskellige ændringer i skyllevandsflow på forafvanderen, der skal reducere denne effekt. Resultaterne herfra viser at koncentrationen kan øges med 60-80%, og at flow er reduceret med ca. 30%. Ændringen af skyllevandsflow på tromlesigter reducerer afvandings effektiviteten negativt, og kræver meget manuel renholdelse af diverse dyser, og blev derfor kun fastholdt i september måned.

1.3.3 Potentialeopgørelse for 1-slam anlæg

Hvis man isolerer de perioder, hvor der har været stabil tilførsel af rejktvand til struvitanlægget og ikke nogen afbrydelser på selve anlægget er der opnået følgende værdier:

Tilførsel 100 -120 kg P/d

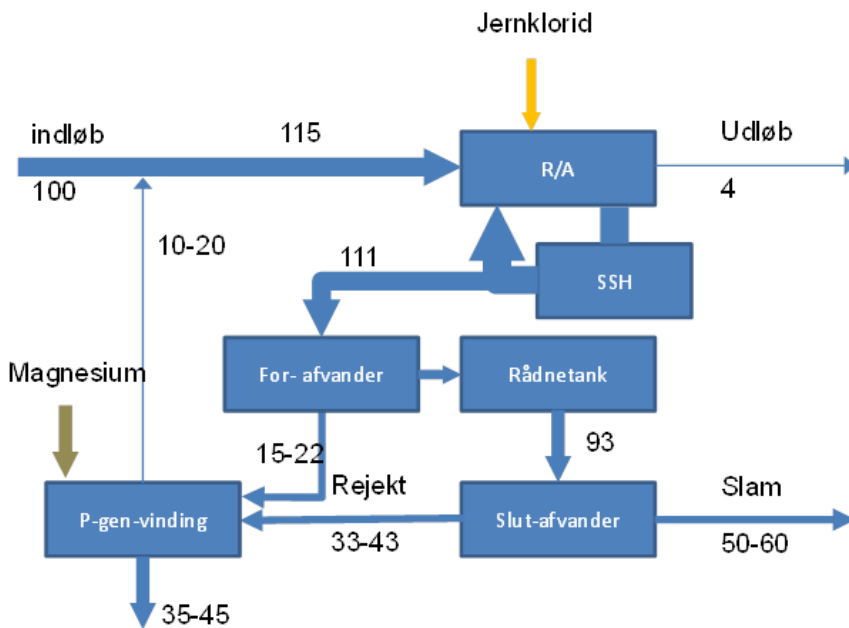
Rejekt forafvander 30-80 mg/l, ca. 380 m³/d, 11-30 kg/d.

Rejekt slutafvander 300-400mg/l , 100-120 m³/d ~30-48 kgP/d

Den samlede tilførsel af fosfor er registreret til 45-62 kg/d

Afløbskoncentration reaktor 1 reaktor 2 er målt til mellem 20 og 80 mg/l og med det tilførte flow svarer det det en afledt mængde fosfor på 9-29 kg/d

Den udvundne mængde fosfor blev i starten udtaget meget uregelmæssigt, indtil der blev fundet en pålidelig procedure for udtaget. Udtaget er derfor beregnet som en difference af ovenstående og ligger således på 36-50 kg/d. med en forudsætning om indkommende fosfor på 100 -120 kg/d giver det en genvinding på 30-50 %.



FIGUR 15: MASSEBALANCE EFTER FORBEDRET P-GENVINDING CA.45 %

Erfaringerne fra "30%-drift" og "60%-drift" viser, at det er relativt nemt at opnå en 30% genvinding ved udfældning på slutafvanderrejekt alene, mens en forøget genvinding af struvit ved inddragelse af forafvanderrejekt er noget vanskeligere. Fysiske begrænsninger på det aktuelle afvandingsudstyr for biologisk slam (tromlesi til forafvanding) betyder at rejeckt vandet bliver meget tyndt, koldt og med lav pH-værdi. Disse egenskaber for forafvanderrejekt betyder, at der skal bruges forholdsvis meget lud for at optimere pH-værdien, og at den hydrauliske kapacitet på anlægget bliver udfordret. Det er muligt at opsamle og tilføre hvad der svarer til 60% af P-mængden til struvitanlægget, men rensegraden gennem dette falder fra over 90% til mellem 60% og 75%. Genvindingen bliver derved kun 35%-45%.

En væsentlig forøget vandmængde til spuling af tromlerne er nødvendig. En mulig forbedring kan opnås ved skift til en anden type afvandingsudstyr, der ikke kræver konstant spuling – alternativt en buffertank til rejeckt vand, så driften af forvanderen kan køres batch-vis.

Det vurderes at Åby renseanlæg kan fungere med ca. 45% genvinding med et væsentligt forøget ludforbrug (øget fra 50.000 kr/år til 250.000 kr/år) og et væsentligt forøget behov for manuel rensning af forafvanderens spuledyser.

En stabil drift med høj genvinding på ca. 45% vil kunne opnås ved:

- Etablering af buffertank til forafvander-rejekt.
- Etablering af automatisk dyserens på tromlesigte så rejeckt vand kan anvendes til spuling

For at sikre en genvinding højere end 45% skal der ske

- Skift fra tromlesigte til centrifuge som forafvanding
- Fjernelse af nuværende støttedosering med jernklorid, som tjener til at begrænse luftgener på tilløbet.

1.4 Pilottest på Viby Renseanlæg

Pilotforsøg på Viby Renseanlæg udføres på rejeckt vand fra et renseanlæg, hvor slammet er en blanding af primærslam og biologisk slam. Til sammenligning er slammet på Åby renseanlæg kun såkaldt bio-slam. Dette betyder en anderledes sammensætning af rejeckt vandet og andre muligheder for at frigøre fosfor fra slammet før det tilledes rådneprocessen. Der opsættes et pilotanlæg med

mulighed for at udtage forskellige slamstrømme og afvandingsstrømme. Det er meningen at slamstrømmene skal blandes i forhold, der svarer til driften i fuldskala af slambehandlingen. Ved planlægningen af pilottesten blev det besluttet i stedet at tilrette rejktvandsudtaget på Viby renseanlæg, så det blev muligt at udtage rejktvand direkte til pilotanlægget, med forskellige bagvedliggende strategier for slamudtag til afvanding for derved at simulere fuldskala-drift bedst muligt og for at undgå en pilot-skala slamafvanding.

Der er 2 typer rejktvand på Viby renseanlæg:

Forafvanderrejekt, der er vand fra en blandet afvanding af primærslam og bioslam og slutaftvander rejekt, der er vand fra afvanding af udrådnat slam.

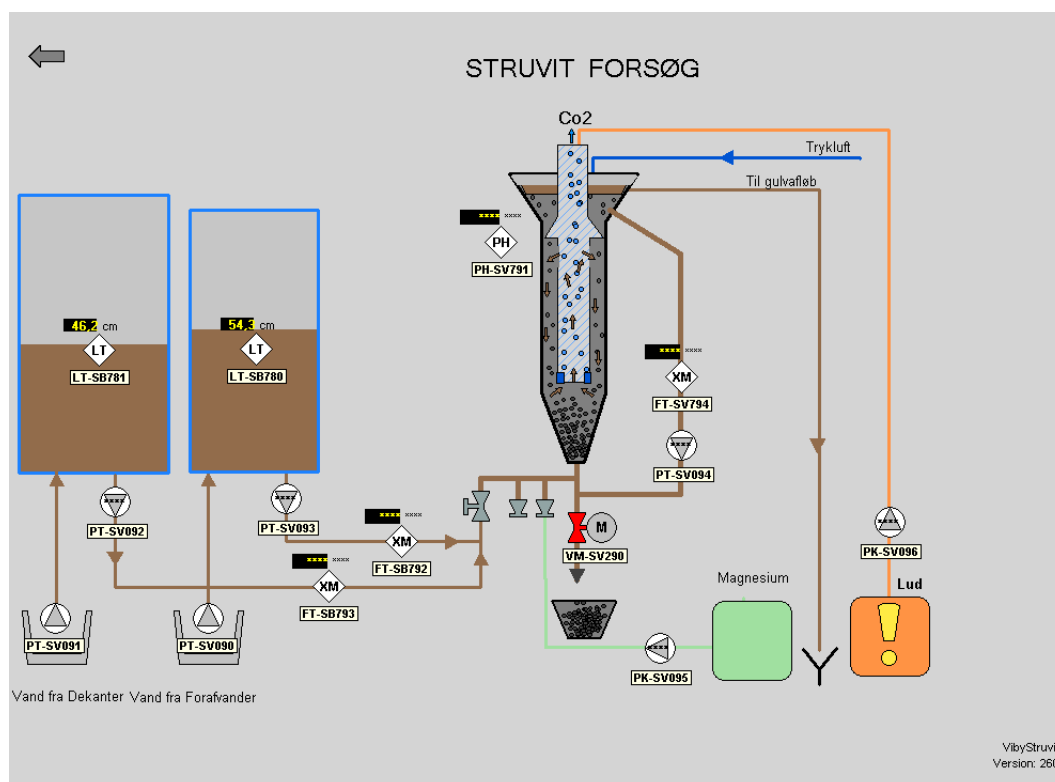
Rejktvandet fra de 2 slamstrømme ledes via hver sin pumpeinstallation til en struvit-reaktor i pilotskala, for at teste genvindingen af fosfor.

Ombygning af pilotanlæg

Pilotanlægget udsyres med recirkulationsfunktion svarende til fuldskalaanlægget på Åby renseanlæg. Pilotanlægget er derefter en scala-model af en reaktor i anlægget på Åby i 1:25 (200 liter i forhold til 5000 liter).

Tilkobling af pilotanlæg

Anlægget placeres i slamafvandingsbygningen på Viby renseanlæg med mulighed for opsamling og tilpumpning af de rigtige typer rejktvand. Anlægget tilkobles eksisterende styretavle med mulighed for PID-kontrol af pumper og for fjernstyring af disse og opsamling af flowdata. Luft til CO₂-stripping kobles til eksisterende tryklufsinstallation og afløb af rejktvand til internt kloaksystem. Analyser på rejktvand og indsamling af information om drift af Viby renseanlæg udføres i samme periode som forberedelse af proceskontrol og planlægning af forsøgsdrift.



FIGUR 16: SRO-BILLEDE AF PILOTANLÆG PÅ VIBY RENSEANLÆG MED TILKOBLINGER

1.4.1 Opstilling og drift af pilotanlæg på Viby renseanlæg

Indkøring og drift af pilotanlæg svarende til genvinding af 30-60% af fosformængden fra samlet rejektivandsstrøm. Indkøring af pilotanlægget til start af drift opnået i løbet af maj 2014

Det er ikke lykkedes at få en tilfredsstillende drift af pilotanlægget pga. meget lavt indhold af fosfor i rejektivand. Højt indhold af SS gav startvanskeligheder, men blev løst ved ombygning af buffertank til indløbspumpe og optimering af slamafvandingen.

Drift af pilotanlæg blev forberedt ud fra tidligere indhentede analyser af fosfor (PO₄-P) på rejektivand fra slutfavanderrejekt. Dritsdata for pilotanlæg og rejektivand på Viby renseanlæg ses i Tabel 5.

TABEL 5: DRIFTSPARAMETRE FOR PILOTANLÆG OG VIBY RENSEANLÆG

	Flow fuldskala	Flow på pilotanlæg	Koncentration af PO ₄ -P	Koncentration af NH ₄ -N
Forafvander rejekt	Ca. 250 m ³ /d	0-300 l/h	20 mg/l	
Slutfavander rejekt	Ca. 150 m ³ /d	0-200 l/h	57 mgP/l	
Dosering af lud, 5,5 % NaOH		0-300 ml/h		
Dosering af magnesiumklorid, 250 g/l		0-1000 ml/h		
Recirkulering		500-2000 l/h		

Efter installation og teknisk indkøring af pilotanlægget opstår der en række forhold på Viby renseanlæg, der ændrer driftsforholdene markant. Der sker en række nedbrud på slamafvandingen, og der skal ske en ombygning af luftningsudstyret til bundbeluftning af aktiv slamanlægget. For at sikre en acceptabel afløbskvalitet af spildevandsudløbet fra Viby renseanlæg er det nødvendigt at:

- Sænke tilløbet ved omdirigering af en del til Åby renseanlæg.
- Øgning af kemikalietilførslen pga. mindre procestid i tilbageværende luftningstanke.

I denne periode modtages der desuden stigende mængder af ekstern slam fra flere mindre renseanlæg i forsyningen. Dette slam indeholder relativt mere fældningskemikalie og skal behandles med udrådning på Viby renseanlæg. Dette resulterede i et molforhold på over 1,5 på den samlede spildevandtilløbning på Viby renseanlæg.

Som resultat af dette er der en meget lav koncentration af opløst fosfor i rejektivandet og både slutfavander og forafvander rejekt indeholder nu under 20 mg/l P, og muligheden for at udvinde fosfor fra rejektivand på Viby renseanlæg blev derved ødelagt.

Driftsforstyrrelserne og ændringen i belastningen skete begge i december 2013 – april 2014, og gav således ikke mulighed for en tilfredsstillende indkøring af pilotanlægget inden for projektets tidsramme, og det blev besluttet at stoppe forsøget.

1.4.2 Tilretninger på pilotanlæg på Viby renseanlæg

Pilotforsøg på Viby Renseanlæg med test af 60% genvinding

Forsøget skulle omfatte udfældning af fosfor med magnesium til struvit på en blanding af forafvander- og slutfavanderrejekt fra anlæg med primærfældning og biologisk rensning, men blev ikke gennemført.

Tilpasningen af pilotanlægget blev udført umiddelbart efter opførelsen i et forsøg på at klargøre pilotanlægget til modtagelse af rejektivand fra Viby renseanlæg når P-indholdet kom højere op som forventet. P-indholdet kom imidlertid ikke op inden for projektperioden, og forsøget blev stoppet.

1.4.3 Potentialeopgørelse for 2-slam anlæg

Det vurderes at være muligt i anlæg med moderat kemikalieanvendelse at opnå en delvis genvinding af fosfor ved struvitudfældning på rejektivand. Anlæg med delvis bio-P fjernelse kan erstatte en del af kemikaliedoseringen og opnå en mindre intern P-belastning, det er herefter muligt at øge andelen af bio-P, og dermed potentialet for P-genvinding. Dette er ikke eftervist, men det skønnes at det samlede resultat svarer til eller er en smule ringere sammenlignet med forsøget med 1-slams anlæg. Erfaringer med pilotskala-anlæg på Herning renseanlæg udført af Norconsult har vist, at det var muligt at opnå en rejektivandskvalitet, der er et tilstrækkeligt udgangspunkt for en P-genvinding. Herning renseanlæg er et 2-slams anlæg med ca. samme opbygning som Viby renseanlæg. Det samlede molforhold for alt slam tilført rådnetanken er afgørende for den mulige genvindingsgrad. På Herning Renseanlæg er det samlede molforhold ca. 0,8.

2. Godkendelse af struvit som gødningsmiddel.

Der er kort efter projektstart i marts 2014 indgivet ansøgning ved Miljøstyrelsen om fjernelse af rejektivandsproduceret struvit fra slambekendtgørelsen og reglerne i affaldsdirektivet. Den 4. juni 2014 har Miljøstyrelsen meddelt Naturerhvervsstyrelsen at dette er i orden og at struvit skal opføres i gødningsfortegnelsen under plantedirektoratet. Dette skete medio august. Se Bilag 1: Anmeldelse til gødningsfortegnelsen.

PhosphorCare® varemærke er registreret ved mærkevarestyrelsen.

SDS sikkerhedsdatablad udført for PhosphorCare.

Aarhus Vand har efterfølgende valgt at søge REACH-registrering med henblik på frit at kunne sælge struvit som selvstændig producent. Det udnyttes i den forbindelse at Berlins Vandselskab " Berliner Wasserbetriebe" har gennemført en fuld undersøgelse og dokumentation af struvit fra spildevand, og at man kan tilkøbe sig registrering via et Letter of Acces (LoA) til deres registrering og dermed udgå udgifter til en fornyet fuld dokumentation. LoA er modtaget fra Berlin Wasserbetriebe og registreringen er dermed aktiv, således at Aarhus Vand frit kan sælge struvit som producent i EU. Aarhus Vand har lavet en "late-preregistration" af Struvite til ECHA.

Den gennemførte gødningsgodkendelse har gjort det muligt for Aarhus Vand at opnå fordelagtige aftaler med flere gødningsdistributører, og hele produktionen af struvit er allerede solgt. Der er opstået stor interesse for at aftage den producerede struvit, og prisen er forløbigt sat til 2500 kr/ton struvit svarende til 20 kr/kg P. Hele næste års produktion er ligeledes afhændet til en fordelagtig pris.

3. Demonstration og formidling af resultater.

3.1 Præsentation ved konference og seminarer.

Der er udarbejdet et paper til præsentation af arbejdet med etablering af struvitanlægget på Åby renseanlæg på den internationale konference i IWA som afholdes 22-26. september 2014 i Lissabon. Paper blev accepteret til præsentation og er udarbejdet i samarbejde mellem Aarhus Vand, Norconsult og Grundfos. Både Aarhus Vand, Grundfos og Norconsult deltog ved præsentationen, der blev udført af Grundfos og placeret under temaet "Optimising Water-Energy-Food Interactions".

10. marts 2014: Præsentation og Indlæg Danva forsyningstræf Comwell Roskilde

12. marts 2014: Præsentation og Indlæg Danva forsyningstræf Danva Skanderborg

13/6 2014: Anlægget og det udvundne produkt PhosphorCare er præsenteret på Spildevandsteknisk Forenings årsmøde i Frederikshavn ved Stjernholm A/S, der har opført anlægget.

17. september 2014: Præsentation, fremvisning og indlæg for deltagerne i Nordisk samarbejdskonference i Århus. Drifts – og Vedligeholdelsesgruppe for store renseanlæg i Danmark, Norge, Sverige og Finland.

1. oktober 2014: Præsentation af projektet og anlægget på VA-mässan i Jönköping

22. oktober 2014: Præsentation på Norsk Vann fagtreff

3.2 Artikler

Der har været bragt rigtig mange artikler om projektet efter indvielsen af anlægget i diverse tidsskrifter og aviser og efterfølgende er anlægget blevet præsenteret ved en del besøg af delegationer på anlægget.

Spildevandsteknisk tidsskrift, November 2013 nummeret.

Artikel i bladet "Dansk miljøteknologi" Januar 2014

august 2014: Maskinbladet side 44-45, <http://www.e-pages.dk/maskinbladet/930/>

Artikel bragt i "moMentum+" fagligt tidsskrift for JA (Danmarks Jordbrugsvidenskabelige Kandidatforbund).

2. september 2014: Annonceartikel om PhosphorCare samt interview med Louis, som blev bragt i den landsdækkende temaavis "Genbrug og Affald", som udkom med Jyllands-Posten d. 2.

september i et oplag på 89.500 eksemplarer. Avisen er også distribueret til landets teknik- og miljøforvaltninger. Artiklen har QR-kode der leder videre til artikel på nettet: "Fosfor i spildevand har stort potentiale", hvor Louis og Claus Homann uddyber og perspektiverer.

2. oktober 2014:

Mads Bayer er blevet interviewet til temaavisen "Vækst i Aarhus", som udkommer landsdækkende med Jyllandsposten. Denne gang i 123.000 trykte eksemplarer. Det er også en annonceartikel "Vand kan blive det nye vind-eventyr", som desuden eksponeres på www.epn.dk med 500.000 besøgende pr. uge.

3.3 Præsentationer

En løbet af projektperioden har struvitanlægget været præsenteret for flere delegationer og potentielle fremtidige brugere af teknologien.

2013:

8/11 Besøg fra Otakava Japan, industridelegation fra Daiki Ataka Engineering Co., Ltd.

11/11 Officiel indvielse Miljøministeren

14/11 Besøg fra Brasilien inviteret af Danish Water Technology Group.

19/12 Besøg fra Lynetten (store driftsproblemer med struvit dannelser, og ved at projektere ny slambehandling)

2014:

12/2 Besøg fra Chicago deltager Ambassadør Peter Taxsø og General konsul Jakob Andersen.

6/3 Gå hjem møde i IDA på Åby Renseanlæg

13/3 Besøg fra DONG

10/4 Besøg Grundfos med kunder

21/5 Besøg Helsingør Forsyning

19/6 Besøg Grundfos med kunder

8/7 Besøg fra Grundfos og Degremont på struvitanlæg

8/8 Interview til Mediaplanet PhosphorCare

12/8 Møde DLG for evt. afsætning PhosphorCare

19/8 Møde Bayer for evt. afsætning PhosphorCare

3/9 Møde Kongerslev Kalk afsætning PhosphorCare

18/9 Besøg fra Grundfos

10/10 Interview om struvit produktion - et år er gået, hvad nu? Aarhus kommune

21/10 Besøg på struvit anlæg fra Horsens Vand

Projektet er blevet præsenteret (powerpoint) i en række sammenhænge:

- Temadag om recirkulering i Økologisk landsforbund d. 9/4 2014
- Temadag " Fra affald til ressource" i Keramisk selskab d. 12/6 2014
- IDA-møde Nyttiggørelse af værdistoffer i fremtidens renselanlæg 14/6 2014
- Temadag i "Fletværk Vandbehandling" på Åby renselanlæg, d. 26/6 2014
- Ingeniørhøjskolen i Aarhus, Randers Vand, Vejle Vand, Helsingør forsyning, Lynetten, DONG

Andre projekter, hvor information er udvekslet: GØDP under GUDP-programmet (Natur og Erhvervsstyrelsen), Nutrec (EU-projekt)

Nyhedsbrev for European sustainable phosphorous platform ScopeNewsletter102 marts 2014.

<http://www.phosphorusplatform.org/images/download/ScopeNewsletter102.pdf>

Referencer

[Tekst]

Pilotforsøg på Åby renselanlæg præsenteret ved NWC i Helsinki 2011

P. Balslev og L. Landgren. Reduction and recovery of phosphorous from digester centrate. Paper til Nordisk spildevands- og vandkonferende Helsinki 2011.

Paper til IWA-konference:

P. K Kristensen, P. Balslev og L. Landgreen Background for decision of full scale P-recovering in Aarhus Water. Paper til IWA-konference I Lissabon September 2014.

PhoStrip artikel i Water Science and Technology

G. V. Levin * and B. Elster (1984), Recent PhoStrip® process results in USA and Europe Wat. Sci. Tech. Vol. 17, Paris, pp. 283-284

Bilag 1: Anmeldelse af fosforgødning i gødningsfortegnelsen

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

NaturErhvervstyrelsen



Aarhus Vand A/S
Bautavej 1
Hasle
8210 Århus V

Den 11. august 2014
Sagsnr.: 14-41805-000028
LEBEAN - MILJOKO

KOPI

Anmeldelse af fosforgødning

Videncenter for Landbrug v/ Sussi Lyngholm, har på vegne af Aarhus Vand A/S, anmodet om anmeldelse af Struvit som handelsgødning til salg på det danske marked.

Gødningen er hermed anmeldt med følgende deklaration:

Magnesium ammoniumfosfat, Struvit, 6-13-0 m. Mg
(EF29)

Handelsnavn: PhosphorCare[®]

Totalkvælstof (N)	5,6 %
Ammoniumkvælstof (N)	5,6 %
Total fosfor (P)	12,6 %
Citrat- og vandopløseligt fosfor (P)	0,7 %
Totalmagnesium (Mg)	10,0 %

Vi sender hurtigst muligt en faktura på anmeldelsesgebyret.

Anmeldelsen vil fremgå af Gødningsfortegnelsen over deklARATIONER, producenter og importører, som bliver opdateret på internettet.

Med venlig hilsen

Lea Hallin
Miljø- & Økologikontrol
Tlf. 2523 8522
lebean@naturerhverv.dk

Fosfor genvinding ved struvitutfældning på Åby renselanlæg

Aarhus Vand har udført forsøg i fuldskala for at dokumentere genvindingen af fosfor via struvitutfældning på rejeftvand. En genvindingsgrad på ca. 30% er dokumenteret og genvindingsgraden kan forøges til ca. 45% ved indkobling af flere interne processtrømme. Det udvundne struvit er godkendt som fosfor gødning og er optaget i Plantedirektoratet gødningsfortegnelse.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk