
Rapport SGC 221

Biogödsselförädling

- Tekniker och leverantörer

©Svenskt Gastekniskt Center – November 2010



Carl Dahlberg
SWECO Environment AB

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

Denna rapport finns även tillgänglig på Avfall Sveriges hemsida (www.avfallsverige.se).

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller dylikt i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC:s hemsida www.sgc.se.

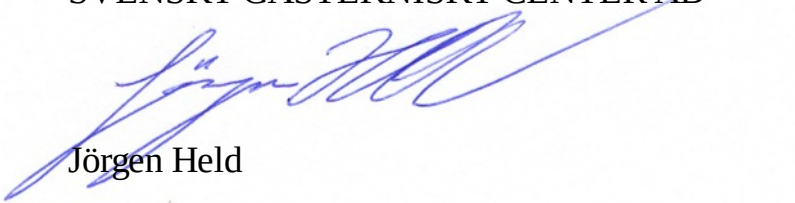
Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD).

SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, E.ON Gas Sverige AB, E.ON Sverige AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energikoncernen AB (publ) och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Avfall Sverige
E.ON Gas Sverige AB
Göteborg Energi AB
Lantmännen
Statens energimyndighet

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Held

SAMMANFATTNING

Idag planeras många biogasanläggningar, en del av dem storskaliga eller i lokaliseringar som innebär ett långt avstånd till odlingsmark. Rötresterna innehåller visserligen fosfor och kväve men framförallt stora mängder vatten, vilket gör det frestande att försöka förädla produkten.

Rötrestens låga koncentration av näringsämnen innebär att det teoretiskt möjliga värdet är lågt vilket sätter höga krav på resurssnålhet på de processer som kan användas. I rapporten har ammoniakstripping, indunstning, ultrafilter + omvänd osmos och struvitfällning tagits med, men det kan även finnas andra metoder. Ingen av de granskade metoderna kommer att kunna generera ett positivt netto, utan är beroende av att alternativet, hantering av oavvattnad rötrest, av någon anledning (t ex transportavstånd) är för dyrt.

Avvattning av rötresten för att sedan rena rejektvattnet genom omvandling till luftburet kväve (kvittblivning) har inte behandlats i den här rapporten.

I projektet har studiebesök skett på tre fullskaleanläggningar och ett pilotförsök. De tekniker för rejektvattenhantering som funnits på anläggningarna har varit ammoniakstripping till ammoniumsulfat, ammoniakstripping till ammoniumnitrat, ultrafilter + omvänd osmos och struvitfällning (pilotkörning). Någon lämplig anläggning där indunstning med utvecklad energiåtervinning används har inte hittats.

Båda stripperanläggningarna fungerar tillfredsställande liksom struvitfällningen. Struvitfällningen skall dock ses som ett sätt att avskilja fosfat från rejektvatten.

Ultrafilter + omvänd osmos är en fungerande teknik, dock var koncentratet för utspätt för att vara fraktbart på den aktuella anläggningen.

ABSTRACT

Today, several biogas plants are planned. Some are large-scale or in localizations that means a long distance to croplands. The digestate indeed contain phosphorus and nitrogen but above all large quantities of water, which makes it tempting to try to refine the product.

Low concentration of nutrients in the digestate means that the theoretically possible value is low which sets high demand on resource consumption of the processes to be used. In this report you can find ammonia stripping, evaporation, ultra filter + reverse osmosis and struvite precipitation, but there might be other methods. None of these methods will generate a profit, but are dependent of that the alternative, handling of not dewatered digestate, for some reason (e.g. transport distance) is too expensive.

Dewatering of digestate followed by reject water treatment with aim to transform the ammonia and organic nitrogen to airborne nitrogen (disposal) has not been discussed in this report.

In this project, visits have been made to three full scale plants and one pilot plant. The techniques on these plants have been ammonia stripping to ammonium sulphate, ammonia stripping to ammonia nitrate, ultra filter + reverse osmosis and struvite precipitation (pilot plant). Any appropriate plant where evaporation with developed energy recovery is used has not been found.

Both plants with ammonia stripping work satisfying as well as the struvite precipitation plant. Struvite precipitation should be seen as a way to separate the phosphate from the reject water.

Ultra filter + Reverse Osmosis are a functioning technique, but the concentrate was too dilute to be possible to transport any longer distance at the current facility.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
2	BAKGRUND	2
3	TÄNKBARA TEKNIKER	5
3.1	AVVATTNING	6
3.2	ULTRAFILTER OCH OMVÄND OSMOS	6
3.3	INDUNSTNING	6
3.4	AMMONIAKSTRIPPING	6
3.5	TORKNING	7
3.6	STRUVIT	7
4	FÖRSLAG PÅ LEVERANTÖRER	8
5	BEHOV AV INSATSVAROR OCH PRODUCERADE FRAKTIONER	10
5.1	PRODUKTLINJER	10
5.2	BERÄKNINGAR	11
6	VAL AV STUDIEBESÖK	17
6.1	ANLÄGGNING MED ULTRAFILTER OCH OMVÄND OSMOS	19
6.2	ANLÄGGNING MED KALKFÄLLNING, AMMONIAKSTRIPPING OCH OMVÄND OSMOS	26
6.3	ANLÄGGNING MED STRIPPING MED KALKFÄLLNING + BIOLOGISK RENING	29
6.4	ANLÄGGNING MED STRUVITFÄLLNING	37
7	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	45
8	REFERENSER	47

Bilagor

Bilaga 1	Produktlinje 1
Bilaga 2	Produktlinje 2
Bilaga 3	Produktlinje 3
Bilaga 4	Produktlinje 4
Bilaga 5	Produktlinje 5
Bilaga 6	Produktlinje 6
Bilaga 7	Produktlinje 7
Bilaga 8	Förslag Leverantörer
Bilaga 9	Budgetoffertförfrågan 2010 med bilagor 1, 2 och 3
Bilaga 10	Antagande resursförbrukning

1 INLEDNING

Idag planeras många biogasanläggningar, en del av dem storskaliga eller i stadsmiljö långt ifrån odlingsmark. Den allmänna metoden att få avsättning för rötresten, genom transport i oavvattnad form direkt till jordbruken blir i de fallen kostsam.

Den här rapporten fokuserar på möjliga tekniker för att förädla rötresten så att den innehåller högre koncentrationer av näring. Rapporten presenterar även leverantörer av utrustning till de möjliga teknikerna. En enklare jämförelse av kostnaderna för insatsvarorna med dessa tekniker samt värdet av de produkter som framställs görs också.

2 BAKGRUND

Rötresten innehåller i oavvattnad form låga koncentrationer av näring, såsom kväve och fosfor, vilket gör att transport-, lagrings- och spridningskostnad snabbt överstiger värdet av produkten. Förutom de rent ekonomiska aspekterna av att näringen blir ett kvittblivningsproblem finns det också en risk att rötresten sprids på ett sådant sätt att den mer än nödvändigt bidrar till övergödning av vattendrag och hav. Så har tidigare varit fallet (är fortfarande?) med stallgödsel, vilket gjort att reglerna för spridning av organiska gödselmedel successivt har skärpts. Omvandling av den utspädda rötresten till en mer koncentrerad fraktion innebär alltså att kostnaderna för distribution av rötresten minskar samtidigt som det specifika värdet av näringen ökar. Detta skall vägas mot kostnaden för uppgradering.

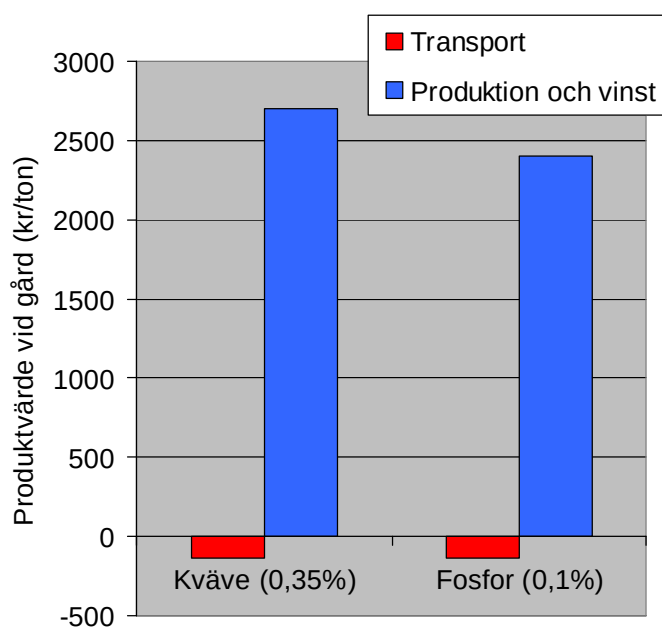
I dagsläget finns tre huvudspår för hantering av rötrest från svenska biogasanläggningar.

1. Ledningssystem för utpumpning och lager för perioder utan spridning.
2. Transport med lastbil/traktor och lager för perioder utan spridning.
3. Avvattnings och lagring av avvattnat slam för perioder utan spridning samt rening av rejektvatten med hjälp av konventionell kväverening (omvandling till fritt luftkväve).

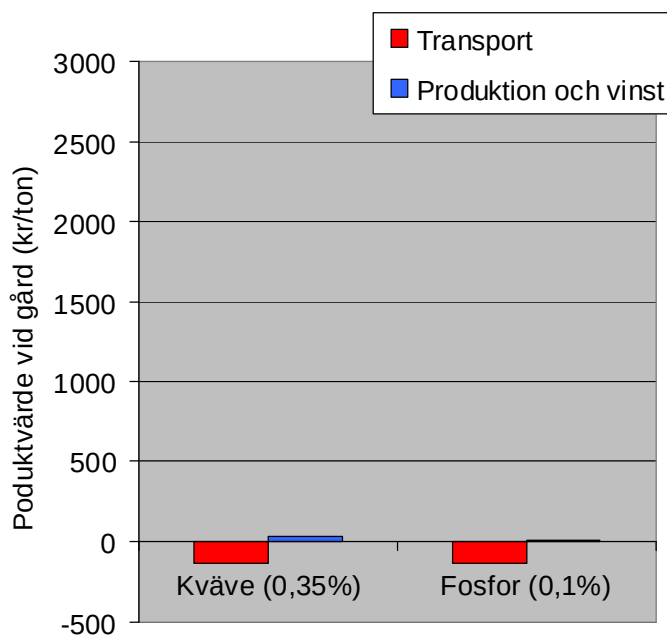
Att transportera rötresten oavvattnad har flera fördelar men också flera nackdelar.

Som fördelar kan nämnas att kostnader för förädling av produkten inte behövs samt att hela rötresten sprids på åkermark vilket innebär att någon återstod som skall behandlas/kvittblivas inte återstår.

En uppenbar nackdel är naturligtvis kostnader för transport, lagring och spridning av stora mängder vatten (90-95 % av innehållet i rötresten). Utifrån lantbrukarens synvinkel är därför näringen värd betydligt mindre än motsvarande mängd i granulad handelsgödsel. Figur 2.1 visar värdet av två stycken konventionella mineralgödselprodukter (27 % kväve respektive 20 % fosfor) medan figur 2.2 visar det teoretiska värdet på oavvattnad rötrest sett som antingen kvävegödsel eller fosforgödsel. Värdet av en gödselprodukt sätts antingen i fosfor eller kväve vilket gör att värdet för en "mixad" produkt inte blir lika hög som fraktionerna var för sig. Priset på mineralgödsel varierar hela tiden och diagrammen utgår från dagspriset 2010-02-19. Diagrammen illustrerar att den låga koncentrationen i rötresten medför problem i hela distributionskedjan, lagring innan försäljning, transport ut till gården, lagring på gård och vid spridningstillfället.



Figur 2.1. Produktvärde för ett ton mineralgödsel



Figur 2.2. Produktvärde för ett ton rötrest

Generellt sett är även relativt lätthanterliga restprodukter med förhållandevis hög koncentration kväve eller fosfor värda ca 50 % av motsvarande ämnen i form av granulerad handelsgödsel. Utifrån figur 2.1 och 2.2 är det fullt förståeligt att lantbrukaren inte är intresserad av att betala mer.

Värdet på gödselprodukter varierar hela tiden och att göra ekonomiska jämförelser mellan olika produkter bör därför göras i förhållande till aktuellt pris för handelsgödsel. Biototal är ett företag som specialiserat sig på att förmedla ”jobbiga” gödselprodukter. Enligt Thomas Källqvist (Biototal) som förmedlar produkten är det främst lantbrukare med behov av fosfor eller åtminstone inte har något överskott av fosfor som tar emot rötresten. Biototal vill inte avslöja vilket pris de får ut för biogödseln men säger att 50 % av näringsvärdet låter som en rimlig tumregel.

Gödsel får idag inte spridas under vintertid och i havspropositionen ”Åtgärder för levande hav” som presenterades i maj 2010 fastslogs att ”För att Östersjön ska kunna nå en god miljöstatus är det bl.a. viktigt att åtgärder som vidtas inom jordbruket fortsätter, förfinas och utvecklas”. Det finns därför inget skäl att tro att reglerna kring spridning av olika gödselprodukter kommer att förmildras i framtiden.

Samtidigt som rötresten idag har ett lågt värde innehåller den en rad ämnen som behövs på åkermarken. Fosfor är en ändlig resurs som inte kan ersättas (i motsats till t ex olja). Kväve i konstgödselform kräver stora mängder energi vid tillverkning (ca 18-19 kwh/kg N). Samtidigt innehåller den oavvattnade rötresten låga koncentrationer av kväve och fosfor, cirka 0,3 och cirka 0,1 viktprocent, vilket skall jämföras med konventionella gödselprodukter som innehåller 20-30 % av önskat näringsämne.

Övriga ämnen som kalium och mullämnen är också nödvändiga att tillföra till jordbruket i många fall, men lantbrukarnas betalningsvilja för dessa ämnen har historiskt sett varit låg eller obefintlig.

Behovet av att koncentrera innehållet av näring och minska mängden vatten i rötresten framstår som uppenbart. Processerna för att göra detta kommer dock att generera kostnader och belasta miljön, både när insatsvaror förbrukas och när anläggningen konstrueras. Om och i så fall vilken metod som skall väljas beror på en rad parametrar, fler av dem platsspecifika.

3 TÄNKBARA TEKNIKER

För att minska kostnaderna för rötresten i samband med transport och lagring under icke-spridningssäsong finns det en rad tänkbara tekniker. En del tekniker innebär kraftig minskning eller kvittblivning av rötresten genom t ex våtoxideration. Dessa metoder är inte redovisade här.

När det gäller kväveavskiljning finns det lång erfarenhet från konventionell avloppsrening från tusentals anläggningar över hela världen. Dessa metoder är biologiska och syftar till att omvandla organiskt eller löst kväve (främst ammonium) till luftburet kväve - kvittblivning. Anledningen till att kvävet i avloppsvatten inte återvinns är att halterna är låga, normalt under 50 mg N/liter vilket i praktiken omöjliggör återvinning annat än genom bevattning i närområdet (förekommer inte i Sverige).

Det kommer att vara svårt att uppnå över 99 % avskiljning av näring ur rejektivattent, vilket kan komma att krävas om gränsvärden hamnar på samma som konventionell avloppsrening 10-15 mg N-tot/l. Det innebär att det är troligt att någon form av biologisk rening kommer att vara nödvändigt på det vattent som skall ledas till recipient. Detta kan göras antingen genom att leda vattent till det kommunala spillvattennätet eller genom behandling i en egen anläggning. Teknik och ekonomi rörande detta kommer inte att behandlas närmare, då det för detta finns hundratals anläggningar som konstruerats av många olika konsulter och entreprenörer bara i Sverige.

Dessutom har det under senare år kommit en rad tekniker för att effektivt behandla koncentrerade rejektivattenströmmar. Dessa tekniker syftar också till att omvandla kvävet till luftburet kväve (kvittblivning) och omöjliggör återvinning av kväve. Även här finns det flera olika företag enbart i Sverige som kan konstruera anläggningar. En av de mest intressanta och, åtminstone teoretiskt sett, minst resurskrävande processerna är Anammox, vilken varken behöver pH-justering eller kolkälla samtidigt som energibehovet i form av luftningen är betydligt lägre än alla andra alternativ. Idag finns flera leverantörer av processen, bl a svenska Purac (DeAmmon®), VA-ingenjörerna (ANITA™Mox) eller holländska Paques (Anammox®). Ur en ekonomisk aspekt bör dessa processer naturligtvis övervägas, men de kommer inte att behandlas närmare i denna rapport då de omöjliggör återvinning.

För att effektivt kunna paketera och distribuera en färdig produkt behövs processutrustning. Eftersom detta moment inte skiljer sig från vad som finns inom en mängd olika industrier, i allt från konstgödning till livsmedel, är dessa metoder inte representerade här.

Nedan beskrivs schematiskt tänkbara tekniker för förädling av rötresten.

3.1 AVVATTNING

För att separera den fasta fasen från vattenfasen behöver slammet avvattnas. Inom avloppsrening har slamavvattning använts på i stort sett alla anläggningar (utom de minsta) sedan 70-talet. Kunskapsnivån är därför mycket god inom området. Idag används framförallt dekantercentrifuger för slamavvattning men det finns även installationer av silbandspressar, skruvar och kammarfilterpressar.

3.2 ULTRAFILTER OCH OMVÄND OSMOS

Olika membrantechniker kan användas för att separera mycket fint material från vatten. Teknikerna är välanvända och etablerade inom vattenrening och process-teknik. Inom avloppsrening används ultrafilter (kallas då membran eller MBR) men det finns idag ingen fullskalanläggning i Sverige. Vid användning av om-vänd osmos är avskiljningsgraden så god att det går att separera joner. För att inte dessa filter skall sätta igen omedelbart måste omvänd osmos föregås av noggrann avskiljning, t ex ultrafilter. Rejektet delas upp i ett koncentrat och ett permeat (filtrat). I en vattenlösning är det en jämvikt (som bland annat är pH-beroende) mellan ammonium och ammoniak. Ammoniak i sin tur är liksom t ex syre och koldioxid i jämvikt mellan löst form och i gasform. Detta innebär att syra måste tillsättas rejektet, dels för att inte ammoniak i gasform skall passera membranen och dels för att koncentratet skall vara stabilt med avseende på ammonium.

3.3 INDUNSTNING

Genom att laborera med lägre tryck och eller högre temperatur drivs vatten av från en lösning. Genom att kondensera de avdunstade ångorna går det att återvinna energin. Andra ämnen i lösningen med låg kokpunkt kommer naturligtvis att följa med. Teoretiskt sett går det att driva indunstningen så långt att salter börjar kristallisera men vanligen drivs processen så att ett koncentrat och ett kondensat erhålls. Koncentratet innehåller då större delen av de lösta produkterna medan kondensatet till allra största delen består av vatten. Eftersom de fysikaliska och kemiska parametrarna ändras genom indunstningen måste syra tillsättas för att hålla koncentratet stabilt utan att få för mycket utfällningar.

3.4 AMMONIAKSTRIPPING

Genom att ändra fysikaliska eller kemiska parametrar så går det att avskilja den lösta ammoniaken från rejektivattnet till en renare, mer koncentrerad lösning. Det finns flera olika varianter och utformningar, två vanliga är luftstripper respektive ångstripper.

I luftstrippern drivs ammoniaken av med hjälp av alkali, t ex lut eller bränd kalk. Ammoniaken fångas upp av svavelsyra eller salpetersyra i nästa steg vilket ger en ammoniumsulfatlösning ($\approx 38-45\%$) eller ammoniumnitratlösning ($\approx 55\%$).

I ångstrippern drivs ammoniaken av med hjälp av het ånga och alkali vilket ger en ammoniumvattenlösning (25%).

3.5 TORKNING

Torkning är en etablerad process med flera olika tekniker. Den bygger på att värme tillförs och det avdunstade vattnet får kondensera för att återvinna så mycket energi som möjligt.

För att minimera energiåtgången är det nödvändigt att ta bort så mycket vatten som möjligt före torkningen, t ex genom avvattning eller indunstning.

3.6 STRUVIT

Struvit är namnet på ett salt, magnesiumammoniumfosfat (MgNH_4PO_4). Saltet har en relativt låg löslighetsprodukt, K_{sp} , vilket gör att det faller ut då produkten av de ingående komponenterna ($K_{\text{sp}} = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{NH}_4^+] \cdot [\text{PO}_4^{3-}]$) överskrider ett visst värde. Eftersom rejektivatten från rötningsprocesser har högt innehåll av ammonium, men även en del fosfat faller saltet vanligen ut vid tillsats av magnesium. Vid ytterligare tillsats av både magnesium, fosforsyra och alkali går det att fälla ut ytterligare ammonium.

4 FÖRSLAG PÅ LEVERANTÖRER

En inventering har gjorts av tänkbara företag för leverans av utrustning eller projektering av hela rötresthanteringen på biogasanläggningar. Inventeringen har gjorts utifrån tidigare utredningar, internetsökningar och tips från projektmedlemmar och övriga kontakter.

Eftersom marknaden är relativt ny innebär det att det finns få företag med många referenser på fullskaleinstallationer. Dessutom är det uppenbart att det är svårt att få god ekonomi i den här typen av anläggningar.

Att skriva en komplett lista med alla tänkbara leverantörer av tänkbara tekniker i Europa är naturligtvis en omöjlighet. För det första kommer det hela tiden till nya aktörer och gamla faller ifrån. För det andra krävs det att man ringer rätt personer och gör rätt sökningar på nätet för att komma i kontakt med befintliga företag. För det tredje är det inte alla företag som är intresserade att medverka i den här typen av rapporter, med hänvisning till att tekniken kan stjälas om den blir offentlig.

Vilka företag som skall finnas med på en sådan här lista kan också diskuteras, marknaden växer ständigt och inte minst finns det ett stort antal konsulter och entreprenörer som arbetar med projektering/byggnation av biogasanläggningar. Till det kommer entreprenörer och utrustningsförsäljare som i princip vidareförmedlar och installerar utrustning. För att inte listan ska bli oändlig har fokus legat på utrustningsleverantörer men också några konsulter som projekterat hela processsteget för förädling av rötresten finns med.

Företagen är redovisade i bokstavsordning. Tabell 4.1 visar vad respektive företag är specialiserat på. Notera att särskilt de större företagen kan ta ansvar för hela processdelar och i flera fall hela biogasanläggningar, de är i största möjliga mån redovisade på sitt "specialområde". De utrustningsleverantörer som även agerar konsulter har ett (x) i kolumnen för konsulter. De konsulter som är inriktade på vissa tekniker är på motsvarande sätt redovisade med ett (x) under respektive teknik.

Listan finns i Bilaga 8.

I flera fall har informationen varit knapphändig ifrån företagen. Det kan tyckas att dessa skulle ha strukits ur listan men det finns flera anledningar till att så inte är fallet. Dels eftersom det är betydligt lättare gå vidare för den som är intresserad än att börja "från noll" och dels eftersom att branschen är full av misslyckade och i många fall nedlagda projekt. För den som är mån om att få en väl fungerande anläggning som lever upp till leverantörens utfästelser är det därför viktigt att kunna få så mycket informationsunderlag som möjligt.

Tabell 4.1. Tänkbara leverantörer för biogödselproduktion

Företag	Avvattning	Ultrafilter	Omvänd Osmos	Indunstning	Stripping	Torkning	Struvit	Anammox	Processlösning	Konsult
4.1 Anhydro	X			X		X			X	
4.2 Aquasystems Technol-				(x)						X
4.3 A3 Water solutions		X	X						X	
4.4a Christian Berner - GEA	X			X	X	X			X	
4.4b GEA Wiegand				X						
4.4c GEA Barr-Rosin						X				
4.5 Ecofys										X
4.6 Envimac					X					
4.7 GEA Westfalia	X									
4.8 Green Farm Energy		(x)	(x)		(x)					X
4.9 Haarslev				X		X			X	
4.10 Haase		X	X						X	(x)
4.11 HOH Water Technology		X	X							
4.12a Lesni					X					
4.12b MEC Energy Nordic					X					
4.13 Mercatus Engineering		X								
4.14 Noxon	X									
4.15 Ostara							X			
4.16 Paques								X	X	
4.18 Renew Energy			(x)		(x)					X
4.19 Schmack Biogas										(x)
4.20 Seaborne					X				X	
4.21 Splitvision					X		X		X	
4.21 VEAS					X					
4.22 Watergroup	X				X				X	
4.23 Waterleau										X

5 BEHOV AV INSATSVAROR OCH PRODUCERADE FRAKTIONER

Så snart rötresten inte körs/pumpas direkt till åkermark eller satellitlager kommer det att behövas insatsvaror för att behandla den. Vid behandlingen kommer det att genereras olika fraktioner som var och en måste hanteras. Samtliga insatsvaror kommer att generera en kostnad medan vissa fraktioner kan generera en intäkt.

För att kunna jämföra olika metoder för att hantera rötresten samt få en bild av kritiska parametrar inför studiebesök men också inför framtida pilotkörningar har 7 stycken tänkbara processlinjer satts upp. Dessa tar avstamp i befintliga anläggningar i Europa. För att kunna göra en komplett jämförelse måste samtliga parametrar inkluderas, såväl investering som drift, underhåll och intäkter/utgifter för de olika fraktionerna. Med utgångspunkt från de uppgifter som leverantörer och Lantmännen lämnat så är de största posterna i en tänkbar processlinje kostnader för insatsvaror och hantering av de återstående fraktionerna.

Naturligtvis är investeringen en stor post men i en förstudie är det viktigt att veta hur driftekonomin kommer att se ut eftersom den i de allra flesta fall kommer att vara helt avgörande för om projekten ens är teoretiskt genomförbara. Vi har därför inte efterfrågat eller kunna få tag på bra underlag på investeringskostnader.

Processlinjerna kan jämföras med t ex uttransport av oavvattnad rötrest eller avvattning och kvittblivning av näring. För att det skall bli en ”rättvis” jämförelse skall samma systematik som nedan användas.

5.1 PRODUKTLINJER

Nedanstående diagram utgår ifrån de produktlinjer som redovisas i Bilaga 1 – 7. Produktlinjerna bygger på tänkbara leverantörers produktlinjer:

1. Slamavvattning + indunstning av rejekt
2. Slamavvattning + indunstning rejekt som sedan torkas
3. Slamavvattning + ultrafilter och omvänd osmos på rejektet
4. Slamavvattning med kalk + stripping + omvänd osmos
5. Slamavvattning + struvitfällning + jonbyte
6. Slamavvattning med kalk + ammoniakstripping + reningsverk
7. Slamavvattning + struvitfällning (tillsats fosforsyra) + reningsverk

Nedanstående fiktiva rötrest har använts för beräkningar.

Ursprung	Drank
Kvävehalt, rötrest	3 500 mg N/l
Ammoniumhalt, rejekt	3 000 mg NH ₄ -N/l
Fosfathalt, rejekt	600 mg PO ₄ -P/l

Rötresten kommer att se olika ut beroende på vilket substrat som används samt hur processen drivs. Vid andra substrat än drank (restprodukt från etanoltillverkning), brukar fosfathalten vara betydligt lägre, under 100 mg PO₄-P/l, p.g.a. tillsats av järnklorid till processen. Resterande fosfor är då bunden i slammet. Förutom i alternativet med struvitfällning (5 och 7) då fosfor tas ut i en separat ström är det oklart om det kommer att ha någon praktisk betydelse vid avsättning av produkterna.

5.2 BERÄKNINGAR

En beräkning av vilken lösning som är den bästa ur driftekonomiskt hänseende är svårt på flera sätt. För det första finns det relativt liten erfarenhet av utrustningen på biogasanläggningar, än mindre offentlig data på driften. Flera av de ingående aktörerna agerar som konsulter/entreprenörer med intresse i specifika tekniker, vilket gör att det finns litet eller inget intresse av att sprida en korrekt bild som sedan kan jämföras med andra tekniker. Flera kalkylvärden tar därför avstamp i rena kemiska/fysikaliska förhållanden som går att beräkna eller mäta upp i labbmiljö. Undantag är energiåtgång som härrör från utfrågningar av leverantörer eller erfarenhetsvärden.

Kostnaderna för insatsvaror är svåra att beräkna, inte minst eftersom behovet av insatsvaror kommer att vara mycket stort även på ”halvstora” biogasanläggningar. Priset för en kemikalie går till skillnad från energi inte på ett enkelt sätt att ta reda på förran det är ”skarpt läge” samtidigt som aktuellt marknadsläge kan påverka det verkliga priset väsentligt. Liksom när det gäller resultat och resursförbrukning är det svårt att få ett transparent svar vilket är absolut nödvändigt för att kunna göra en korrekt beräkning av kostnaderna.

Värdet/kostnaden för de slutliga fraktionerna är svår att beräkna. Lägsta och högsta pris på handelsgödsel har bara under de senaste två åren varierat med en faktor 2-3 vilket påverkar värdet på en slutprodukt väsentligt. Dessutom är värdet av produkten platsspecifik beroende på transportavstånd till tänkbara konsumenter/mottagare.

Nedanstående kostnader på insatsvarorna har använts för beräkningar.

Energipris, el	0,60 kr/kwh
Energipris, termisk energi	0,50 kr/kwh
Natriumhydroxid (50 %)	1 650 kr/ton
Svavelsyra (96 %)	750 kr/ton
Magnesiumhydroxid (100 %)	3 500 kr/ton

Bränd kalk	1 300 kr/ton
Rejektvatten (lågt N-innehåll)	10 kr/m ³
Salpetersyra (70 %)	1 530 kr/ton
Fosforsyra (80 %)	4 450 kr/ton

Kostnaden för fosforsyra och salpetersyra har beräknats vara lika stor som motsvarande mängd fosfor respektive kväve som handelsgödsel. Priset för handelsgödsel vid datum för beräkningarna (2010-01-21) var 9,9 kr/kg för kväve respektive 17,6 kr/kg för fosfor.

Intäkterna respektive utgifterna för olika fraktioner har beräknats som 50 % av värdet om det vore handelsgödsel. Anledningen är att restprodukter historiskt sett visat sig ha det värdet ute i handeln. Undantag torkat slam och struvit (båda granuler) har fått 75 % respektive 90 % av värdet av handelsgödsel. Från värdet av produkten har en schablonmässig frakt/hanteringskostnad på 140 kr/ton dragits av. Det motsvarar en genomsnittlig transport på ca 10-15 mil. Metoden kallas senare i rapporten för "Handelsgödselmetoden".

Värt att notera är att lantbruket i dagsläget betalar för det näringsämne som är mest värt i en gödselprodukt. Gödselfraktioner med både 20 % kväve och 2 % fosfor är alltså inte värd mer än en produkt med enbart 20 % kväve.

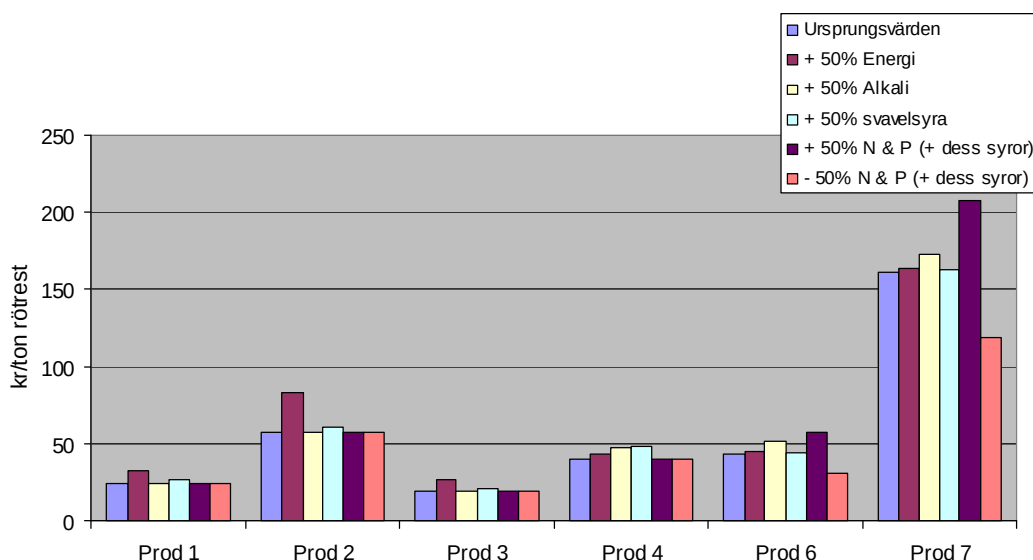
Värdet av det avvattnade slammet har beräknats enligt samma sätt. Notera att mängden slam för alternativ 6 är lägre p.g.a. högre TS-halt (53 %). Mängden kalk utgör dock en signifikant del av TS-halten, ca 25 % (VEAS, Oslo, 2008), vilket gör att mängden inte minskar så mycket som den minskade vattenmängden.

Antagande (resursförbrukning) som använts i beräkningarna är redovisade i Bilaga 10.

Beräkningarna av kostnaderna för insatsvaror är sammanställda i diagram 5.1. Eftersom både kostnaden för inköp av insatsvaror och förbrukningen är behäftade med en stor felmarginal samtidigt som värdet på de utgående produkterna inte är kända idag är beräkningarna redovisade med en känslighetsanalys där liknande parametrar (t ex energi eller alkali) antas följa varandra. Staplarna representerar följande:

1. Antagna värden ovan
2. Ursprungsvärden + 50 % högre energikostnad (el & termisk)
3. Ursprungsvärden + 50 % högre kostnad för alkali (lut/kalk)
4. Ursprungsvärden + 50 % högre kostnad för svavelsyra
5. Ursprungsvärden + 50 % högre kostnad för (N, P + dess syror)
6. Ursprungsvärden + 50 % högre användarvärde som gödsel (d v s 75 % av handelsgödsel på de flesta alternativ)

Notera att produktlinje 5 (som bygger på slamavvattning + struvit + jonbyte) saknas då information om insatsvaror helt saknas från Splitvision.



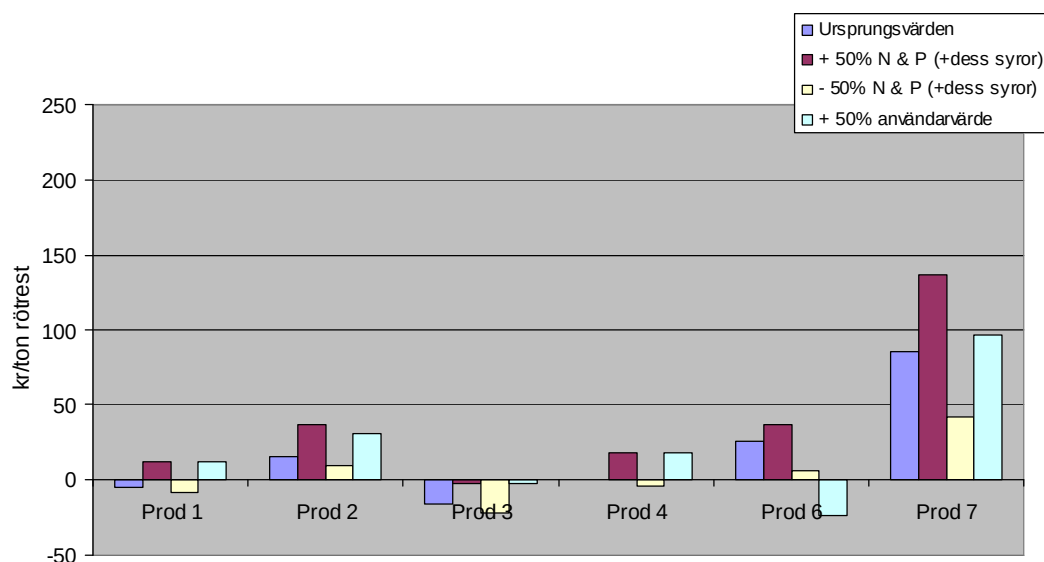
Figur 5.1. Kostnad insatsvaror

Som det går att utläsa i figur 5.1 slår känslighetsanalysen olika hårt beroende på vilka insatsvaror som är de mest dominerande. Vid användning av tekniker som indunstning, torkning och filtrering (1-3) blir energiåtgång och energipriser avgörande. Driftkostnaderna för stripping och struvitfällning (4, 6-7) beror naturligtvis till stor del på kemikalieåtgång och kemikaliepriser.

Kostnaderna för insatsvaror är jämförbara mellan olika anläggningar. Däremot varierar antagligen intäkterna/avyttringskostnaderna för de olika fraktionerna mellan olika regioner på grund av lokala förutsättningar. I tabellen 5.1 "värde produkter" finns ursprungsvärdet för de olika fraktionerna med utgångspunkt att all näring skall ut till lantbruket. Dessutom skall den distribueras med samma ekonomiska förutsättningar som handelsgödsel.

Med "handelsgödselmetoden" kommer vissa av fraktionerna att generera en kostnad. I många fall kan det vara billigare att bli av med fraktionen på något annat sätt eller rena den med någon form av biologisk rening. Eftersom uppdraget med denna rapport är att återvinna näringen har sådana alternativ inte utnyttjats.

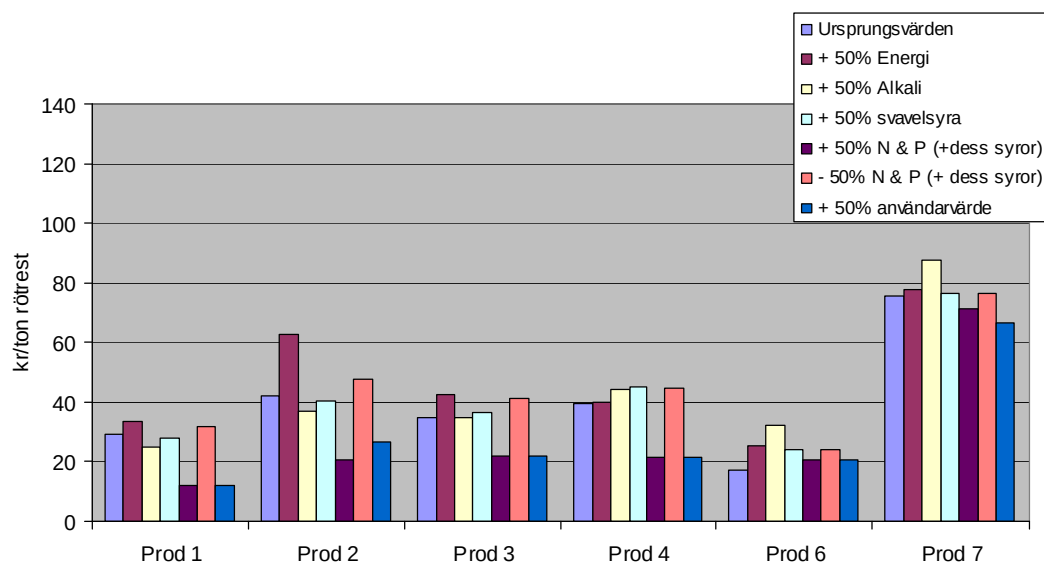
I figur 5.2 är värdet på de olika produktlinjernas fraktioner sammanställda. Värdet är beräknat strikt enligt Handelsgödselmetoden. Undantag är restprodukter med lågt innehåll av näring (kväve < 50 mg/l etc). Dessa har bedömts som avloppsvatten och kostnaden för att behandla dem har fått en schablonkostnad.



Figur 5.2. Värde produkter

Summan i staplarna "Ursprungsvärden" är samma som i tabell 5.1. Om det finns lokala förutsättningar som gör att värdet/kostnaden för avyttringen av en fraktion blir annorlunda skall det värdet användas istället. Notera att en minuspost innebär att fraktionen beräknas ge en kostnad, beräknat enligt ovan.

Om kostnaderna för insatsvarorna läggs ihop med värdet/kostanden för avyttringen av de olika fraktionerna erhålls figur 5.3 där summan av kostnaden för insatsvarorna – värde produkter är sammanställda.



Figur 5.3. Kostnad insatsvaror minus värde produkter

Tabell 5.1. Värde produkter (beräkning 1 600 000 ton rötrest, 2,5 % TS)

	Prod 1	Prod 2	Prod 3	Prod 4	Prod 6	Prod 7
Avvattnad rötrest						
TS-halt (%)	25	25	25	25	53	25
Mängd (ton)	112 000	112 000	112 000	112 000	98 000	112 000
Värde (kr/ton)	36	36	36	36	140	36
Summa (tkr)	4 032	4 032	4 032	4 032	13 720	4 032
Huvudprodukt	Lösning	Granuler	Lösning	Lösning	Lösning	Granuler
TS-halt (%)	15	90				
N-halt (%)	2,2	13,4	1,2	8,3	19	
P-halt (%)						13
Mängd (ton)	199 200	33 200	363 000	51 600	44 500	70 381
Värde (kr/ton)	-29	857	-81	269	812	2 000
Summa (tkr)	-5 777	28 452	-29 403	13 880	36 134	140 762
Rest	Vatten	Vatten	Vatten	Lösning	Vatten	Vatten
TS-halt (%)						
N-halt (%)				0,04		
P-halt (%)						
Mängd (ton)	1 288 800	1 454 800		363 000	1 527 000	1 488 000
Värde (kr/ton)	-5	-5		-50	-5	-5
Summa (tkr)	-6 444	-7 274		-18 150	-7 635	-7 440
Summa ex rest	-1 745	32 484	33 435	17 912	49 854	144 794
Summa ink rest	-8 189	25 210	33 435	36 062	42 219	137 354

I samtliga fall kommer hanteringen av rötresten att generera en rörlig kostnad för varje kubikmeter rötrest som hanteras. Eftersom det teoretiska värdet på den behandlade rötresten maximalt är ca 35 kr (17 kr med handelsgödselmetoden) är det föga förvånande. Det finns knappast något annat sätt heller som ger ett positivt netto.

Beräkningarna är grova men lite generella slutsatser går att dra:

Struvitfällning (7) som avskiljningsmetod för kväve är ingen bra idé, däremot visar figur 5.2 att produkten har högst värde och därmed är ett tänkbart alternativ för fosfatavskiljning i rejektivatten.

Indunstning kombinerat med torkning (2) är för kostsamt relativt produktens värde vilket gör att totalkostnaden blir hög. Om inte transporterna är mycket kostsamma är det alternativet ekonomiskt tveksamt.

Omvänd osmos (3) är visserligen billigast utifrån driftperspektivet men den låga koncentrationen i produkten gör att totalkostnaden blir hög.

Alternativ 4 är liknande alternativ 6. Skillnaden är att kalkfällningen i alternativ 4 sker på rejektivatten vilket gör att den sammanlagda TS-halten på det avvattnade slammet troligtvis blir sämre. Kostnaden för den omvända osmosen motiveras inte av värdet på koncentratet då utgångsvärdet är ett rejektivatten med lågt ammoniuminnehåll. Möjligen kan kostnaderna för syra justeras ned något (0-5 kr) i alternativ 4 då ursprungslösningen visserligen har högt pH (≈ 11), men lösningen kräver antagligen inte samma mängd syra efter strippning.

Det alternativ som ser bäst ut är avvattning med kalk, ammoniakstrippning till ammoniumnitrat (6) och sedan biologisk behandling av återstoden. Kostnaden för insatsvarorna är visserligen högre än för indunstning (1), Omvänd osmos (3) och troligtvis även ammoniakstrippning till ammoniumsulfat följt av omvänd osmos (4) men produkternas värde är högt eftersom de innehåller hög koncentration av kväve. Det som kan göra totalkostnaden högre är hanteringen av den explosiva produkten, antingen som lösning eller granul.

Naturligtvis finns det en lång rad ytterligare aspekter som kan påverka valet av teknik. Dessa är starkt plats- och eller projektberoende och tas inte närmare upp här. Exempelvis kan anläggningar som är placerade nära bebyggelse få svårt med tillstånd för hantering av ammoniumnitrat och anläggningar med extra höga kostnader för transport få dålig ekonomi med lågkoncentrerade restprodukter.

6 VAL AV STUDIEBESÖK

Genomgången av tillgängliga leverantörer och driftekonomin på olika produktlinjer tjänade som underlag vid val av lämpliga studiebesök.

1. Produktlinje 1

Centrifugering (med polymer) – Indunstning

En metod med låg totalkostnad för insatsvaror och avyttring. Viktigt att kontrollera vad den verkliga energikostnaden är och vad koncentrationen på koncentratet blir.

Efter diskussion med flera leverantörer gick inget lämpligt studiebesök gå att få tag i. De anläggningar som finns i t ex Spanien har dåligt utvecklad värmeåtervinning eftersom billig spillvärme funnits tillgänglig. Christian Berner/GEA (4.3) har tänkbara anläggningar i Cargil, Polen. Inga biogas-anläggningar men väl utbyggd teknik med många olika varianter för värmeåtervinning mm. Dessa valdes därför bort.

Det finns en anläggning i Biovakka (Finland) som använder ammoniakstripping (utan tillsats av alkali) och sedan indunstning med värmeåtervinning. Det svåra i anläggningen har varit att filtrera bort partiklar i rejektet vilka kraftigt försvårar möjligheten att koncentrera upp lösningen. Ett stort frågetecken för tekniken är alltså energiåtgång och filtrering av rejekt. Under projektiden var inte indunstningen i drift i Biovakka p g a reparation. Något lämpligt studiebesök har därför inte gått att göra.

2. Produktlinje 2

Centrifugering (med polymer) – Indunstning – Torkning slam + Eventuellt koncentrat

Någon lämplig anläggning har inte gått att finna. Se även Produktlinje 1.

3. Produktlinje 3

Centrifugering (med polymer) – Ultrafiltrering – Omvänd Osmos

Den metod som troligtvis har lägst kostnad för insatsvaror, samtidigt som flera anläggningar finns i drift idag. Viktiga frågor är vad den verkliga energikostnaden blir, vilken livslängd membranerna har och hur koncentrerad lösning som går att uppnå.

Både Haase (4.9) och A3 Water solutions GmbH (4.2) erbjöd studiebesök.

4. Produktlinje 4

Centrifugering (med polymer) – Kalkfällning i rejekt – Lamellsedimentation – centrifugering slamfas – Ammoniakstripping – Omvänd osmos

Flera av de ingående metoderna är väl beprövade men kombinationen kalkfällning och lamellsedimentering kan ifrågasättas med avseende på utfällning av kalk. Avslutningen med omvänd osmos föregås inte av något ultrafilter, driften av osmosfiltret måste därför kontrolleras.

Kurana är en av Europas största bioetanol + rötningsanläggningar och dessutom förädlar den rötresten. Den är designad av Renew Energy och kom i drift början av 2010. Studiebesök på anläggningen var välkommet.

5. Produktlinje 5

Avvattnings (utan polymer) – Struvitfällning – Jonbyte

En metod som säljs av en leverantör (Splitvision). Eftersom leverantören inte vill uppge behovet av insatsvaror av omsorg om sin unika teknik har utvärdering av tekniken varit svår att göra.

Fullskaleanläggning som hanterar rötrest från biogas eller avloppsrening fanns inte under våren 2010.

6. Produktlinje 6

Kammarfilterpress (med kalk) – Ammoniakstripping – Biologisk rening

Den metod som enligt beräkningarna bör ha lägst rörlig kostnad. Frågetecken för hanteringen av produkten som är kraftigt explosiv om den hanteras fel. Viktigt är att reda ut hur kalken påverkar rejektet i form av utfällningar senare i strippningen eftersom kalk är okänt för det i vattenprocesser.

VEAS avloppsreningsverk, utanför Oslo i Norge, har haft denna installation sedan slutet på 90-talet. Erfarenheterna av vad de verkliga kostnaderna och driftproblemen är. Har varit drift länge (runt 10 år) trots att kalk kan ge problem i strippingtorn etc. Inga problem att göra studiebesök och framförallt full transparens när det gäller förbrukning insatsvaror.

7. Produktlinje 7

Centrifugering (med polymer) – Struvitfällning – Biologisk rening

Struvitfällning är en av få metoder som kan omvandla de låga halter av fosfor (fosfat) i rötresten till en kommersialiserbar produkt. Stort frågetecken för hela konceptet med Ostara och hur deras kontrakt med kunden fungerar. Inte heller klarlagt hur pH-justeringen kommer att påverka driftkostnaden då förhållandevis små mängder fosfat ändå finns att tillgå.

Ostaras fullskaleanläggningar ligger idag i Kanada och USA, men under de senaste åren har åtminstone ett par pilotkörningar gjorts i Europa. Under en sådan gick det att göra studiebesök.

Med utgångspunkt från ovanstående gallring kunde studiebesök utföras på produktlinje 3, 4, 6 och 7.

Studiebesöken på produktlinje 3, 4 och 7 utfördes av två stycken medlemmar från projektgruppen tillsammans med en ansvarig leverantör/designer av utrustningen. Produktlinje 6 besöktes av en projektmedlem som guidades av anläggningsägaren. Carl Dahlberg (Sweco) var med på tre besök, Ola Hall (Eon) på två och Tisse Jarlsvik (Göteborgs Energi) och Mikael Runesson (Nordisk Etanol och Biogas AB) ett vardera.

Förutom en översiktlig genomgång av anläggningarna har fokus legat på resursförbrukning, produktkvalité och driftproblem.

6.1 ANLÄGGNING MED ULTRAFILTER OCH OMVÄND OSMOS

A3 Water solutions har designat och levererat utrustning för hantering av rötresten från en biogasanläggning som ligger i Inwil, Schweiz och heter SwissFarmerPower. Anläggningen togs i drift hösten 2008 och är enligt Ulrich Brüß den idag (april 2010) största biogasanläggningen i Schweiz. Den dimensionerande mängden rötrest är vid full drift 53 000 ton/år, men i dagsläget är belastningen på anläggningen något mindre.



Figur 6.1. Biogasanläggningen i Inwil, Schweiz

Anläggningen ägs till 51 % av Energie Wasser Luzern (Luzerns Energi & VAbolag), 13 % av Schweizerischen Agrarwirtschaft (typ Hushållningssällskap/LRF)) och till 36 % av 70 lantbrukare.

Carl Dahlberg (Sweco Environment AB) och Tisse Jarlsvik (Göteborg Energi AB) blev guidade av Ulrich Brüß (A3 Water Solutions GmbH) under studiebesöket som ägde rum 14 april 2010. Som det går att läsa senare i texten var det fortfarande korrigeringar och tillägg av utrustning i anläggningen vid besökstillfället.

Substrat

Substratet som kommer in till anläggningen är en blandning av gödsel från omkringliggande lantbruk, hushållsavfall samt avfall från livsmedelsindustrin (t ex kaffe) och fettavskiljarslam. Även en del svingödsel pumpades in till anläggningen. Totala mottagningskapaciteten är 16 000 ton fast avfall och 48 000 ton flytande. Lantbruken betalade en hög avgift (28 franc/ton) för att bli av med sin gödsel. Förmodligen var området mättat på fosfor och biogasanläggningen gav jordbruken i området en möjlighet att expandera sin djurproduktion, utan större spridningsareal.

Vid besöket framkom att det som vi i svensk mening kallar hushållsavfall, matrester etc, troligen utgör en mycket liten del av det som rötas. Istället består den frak-

tionen främst av trädgårdsavfall som gräs, grenar och löv. Den rötade fraktionen innehåll därför i princip inga oönskade rester, typ bitar av plastpåsar, men däremot stora mängder fibrer.

Man tog också emot fjäderfä gödsel till anläggningen, vilket innehåller kisel. Enligt Ulrich Brüß orsakade detta problem i filtreringen (framförallt i den omvända osmosen).

Beskrivning av förbehandling/rötning

Det fasta materialet rötas i två parallella liggande 22 meter långa torrötningskammare av betong (Kompogas/CTU). Därefter separeras materialet i en skruvpress. Rejektvattenet går efter sandavskiljning vidare till de totalomblandade rötkammarna för rötning tillsammans med bl a gödsel. Den fasta delen efterkomposteras.

Rötningen sker i två parallella linjer. Linjerna består vardera av två rötkammare i serie, där den ena fungerar som efterrötkammare. Slammet släpps sedan till ett rötrestlager.

Hantering av rötrest och rejecktatten

Efter rötrestlagret pumpas slammet till en större skruvpress (0,5 mm), se figur 6.2, efter skruvpressen kommer sedan en mindre skruvpress och efter det ett slags hålsil, se figur 6.3, som skulle avskilja plast. Vätskan som passerade genom dessa maskiner gick sedan till en dekantercentrifug, se figur 6.3.



Figur 6.2. Skruvpress direkt efter rötrestlager



Figur 6.3 Hålsil för avskiljning av plast (t v) och dekantercentrifug (t h)

Vid besökstillfället gick slammet först till skruvpressen och rejektet från den direkt till centrifugen. Slammet för skruvpressen var mycket torrt, uppskattningsvis ca 50 %. Funktionen hos den lilla skruvpressen går inte att bedöma eftersom den var avställd. Funktionen hos det efterföljande filtret för att sortera plast går rimligen inte att bedöma eftersom mängden plast i slammet var nästintill obefintlig.

Innan centrifugen tillsattes polymer och järnklorid, enligt personalen 80 g polymer/m³. Hur hög TS-halten in till centrifugen var är oklart men med utgångspunkt från 4,5 % TS in till skruvpressen och gissningsvis 40-80 % avskiljning i den, motsvarande doseringen ca 3-9 kg/ton TS vilket är normalt. Slammet från centrifugen var > 20 %. Rejektet höll en TS-halt på 1,5 %.

Efter både skruvpress och centrifug fanns bufferttankar (200 m³ före ultrafilter). Troligen beroende det på att det bara fanns en maskin av vardera sorten.

Rejektet från centrifugen gick till ett förfilter (se figur 6.4) innan ultrafiltret (se figur 6.5).



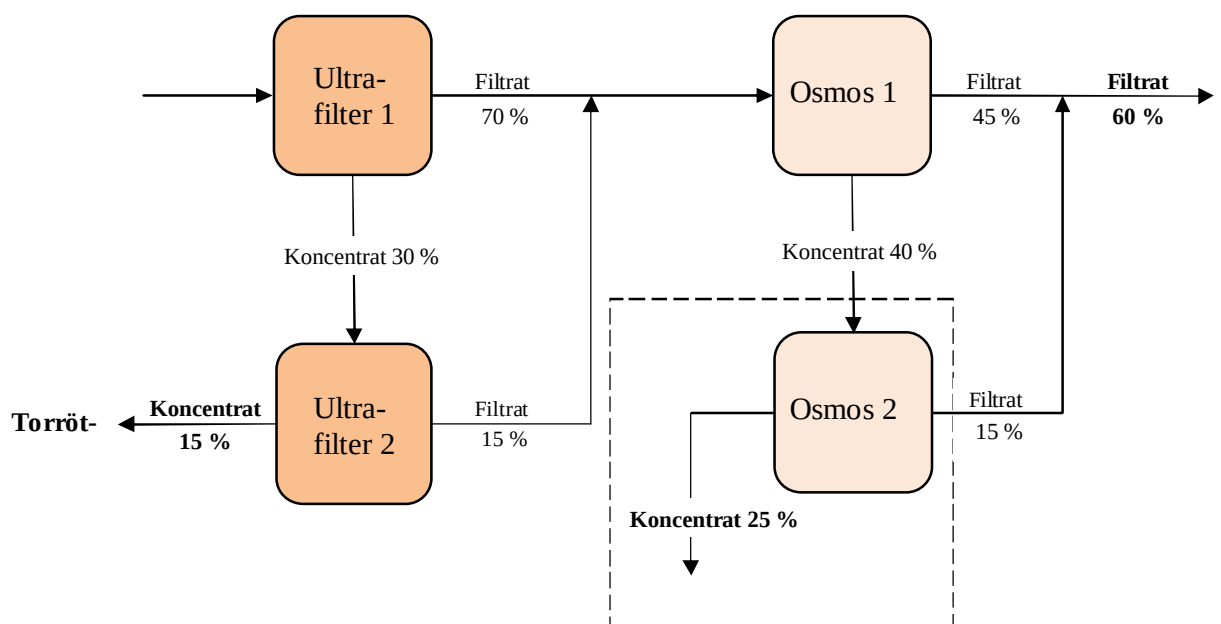
Figur 6.4. Förfilter innan ultrafilter



Figur 6.5. Ultrafilter 1 - huvudström

Ultrafiltren är keramiska (istället för polymera) för att få acceptabel livslängd. Keramiska filter tål 80°C och ett pH 1-14. Ultrafiltret delade upp rejektet i två fraktioner, 70 % till osmos och 30 % som rejekt. Rejektfraktionen gick till ytterligare ett ultrafilter (se figur 6.7) som var mindre. För att förstå samtliga delströmmar se även figur 6.6.

Anledningen till att det andra ultrafiltret är mindre är att tryckfallet är mycket mindre på det första där rejektet är renare. I det andra filtret delades vätskan upp i två fraktioner (50% vardera), ett koncentrat som gick tillbaka till torröttningssteget och ett filtrat som gick vidare till osmos. Sammanlagt passerar alltså ca 85 % av rejektvattnet ultrafiltret och får gå vidare till osmos medan ca 15 % recirkuleras i anläggningen.



Figur 6.6. Delströmmar filtrering

Ultrafiltren behövde rengöras med 2-4 dagars mellanrum. Rengöringen tog ca två timmar. Om man råkade overdosera polymer krävdes mer rengöring. Rengöringen skedde på kemisk väg, med speciellt utprovade kemikalier för just den här biogödseln (citronsyra nämndes). Livslängden på filtren var 2-7 år. En annan anläggning hade gått 2004-2007 utan filterbyte. Driftkostnaden för filtren uppskattades till 10-20 cent/m³. Den livslängd man garanterade var dock 2 år.



Figur 6.7. Ultrafilter 2 - rejektström

Filtratet leds till en bufferttank (100 m³) med kontinuerlig omrörning och pH-mätning. Genom att kontinuerligt mäta pH kan önskad mängd svavelsyra tillsättas lösningen. Svavelsyran är en garanti för att den allra största delen ammonium inte övergår till ammoniak, som lätt skulle kunna passera genom osmosmembranen. Vätskan kylades till 30-35°C på sommaren. Dosering av "antiscaling" skedde för att förhindra kalkbeläggning i RO.

Filtratet trycks genom osmosmembranen i tre steg med hjälp av högt tryck, se figur 6.8. Enligt A3 upp till 65 bar i första steget, vid platsbesöket var dock trycket ca 30 bar. I steg två och tre skulle medeltrycket uppgå till 35 bar. För tillfället reduceras volymen koncentrat till ca 40 % av det ursprungliga vilket innebär att koncentrationen av näringsämnen (särskilt kväve) visserligen är betydligt högre än i det ursprungliga rejektet men fortfarande så låg att transport av vätskan blir dyrt.

Anledningen sägs vara att rejektet innehåller höga halter kisel vilket är problematiskt i kombination med omvänd osmos. Om halterna kisel är högre på Inwil än på andra biogasanläggningar är oklart (se fjäderfätext i inledningen).

En annan förklaring skulle kunna vara att anläggningen kördes på lägre tryck för att skona membranen – en av de få garantiparametrarna fanns var livslängden på membranen. Koncentrationen på koncentratet å andra sidan var inte någon garantiparameter.



Figur 6.8. Omvänd osmos – första steget till höger (6 tuber) och andra till vänster (4 tuber)

Resultat, fraktioner och driftproblem

Målsättningen var att volymen koncentrat skulle reduceras till 25 %, vilket innebär att koncentrationen kväve blir ca 12 000 mg/l eller 1,2 % men i dagsläget uppnås endast reduktion ner till ca 40 %.

För att reducera volymen ytterligare var ännu en uppsättning membran på väg att installeras, se figur 6.8. I dessa filter skulle kisel tas bort på tre sätt: Inledande fällning med efterföljande sedimenteringstank, kemisk rensning under lång tid (>48 tim), byte av filter så ofta som tre gånger per år (till en kostnad av ca 1 euro/ton inkommande rötrest). Då hoppades man på att nå så lågt som reduktion till 15 % filtrat.

A3 kan utlova mindre än 10 mg N-tot/l. I dagsläget innehåller filtratet mindre än 3,5 mg N-tot/l. Vattnet släpps till recipient, vilket innebär diken/bäckar i åkerlandskapet.

Man mätte halten COD i rejektet, inte fettsyror eftersom det i rötresten finns en stor del humussyror som var svåra att mäta. Halten COD låg på 2000 mg COD/l.

Styrningen av anläggningen utgick från förhållandet mellan filtrat/koncentrat samt halten i permeatet som gick till recipient.

Man uppgav att det krävdes 2-3 timmars tillsyn på deras del (A3:s) av anläggningen per dag. Man lastade in kemikalier manuellt, vilket inte såg bra ut arbetsmiljömässigt.

De funktionsgarantier man uppgav att man kunde lämna var:

- Tillgängligheten i anläggningen på 90 %.
- Livstid för membran på 2 år.
- Kvaliteten på permeatet (dvs. utsläppsnivå)

Förutom kisel uppgav man att fluor och barium kunde vara problematiska ämnen. Den producerade gasen uppgraderades till fordonsbränsle med PSA-teknik i en anläggning levererad av Quest Air (Kanada).

Ekonomi

Enligt uppgift skall själva filtersteget (ultrafilter + omvänd osmos) initialt kostat ca 11 mkr, dock har anläggningen byggts om (och kommer att byggas om ytterligare) vilket gör att slutsumman ännu inte är känd.

Driftkostnaderna uppgavs till ca 30-40 kr rötrest, vilket verkar rimligt då kostnaden för insatsvaror borde motsvara ca 20-25 kr/ton rötrest.

Avsättningen av koncentratet var lätt på långt håll, längre bort än 80-120 km, men svårare på närmare håll. Problemet med att få avsättning för gödseln inom närområdet har troligen varit en av drivkrafterna till att anläggningen har blivit byggd där den har. Eftersom transportkostnaderna blir mycket stora (förhållande till mängden växtnäring) hade det i alla fall i Sverige blivit en nettokostnad för att bli av med koncentratet.

Både lantbrukare och andra aktörer som lämnar material till anläggningen betalar en kostnad per ton. Lantbrukarna som är delägare (ca 36 %) betalar i dagsläget 28 schweizerfranc (ca 200 kr), medan övriga betalar 200 – 800 kr/ton för annat substrat.

Allmän uppfattning om anläggning

Att filtrera fram kvävet ur rejektet är uppenbarligen relativt avancerat i förhållande till vad produktens värde är idag. Från rejektvatten till färdig produkt är det ett förfilter, två ultrafilter och två omvänd osmos. Inte ens detta garanterar en produkt som är värd mer än transport av den ut till lantbruket. För själva avvattningen kommer det till skruvpressar, filter för hantering av plast, centrifug och polymerutrustning.

Med dagens kvävepris på handelsgödsel motsvarar vätskans teoretiska värde ca 120 kr/ton (vid reduktion till 25 %) vilket är i samma storleksordning som transportkostnaden för att kunna distribuera det fritt till lantbruken. Rimligen borde det gå att distribuera något billigare, men å andra sidan borde vätskan knappast ha samma värde som granulerad handelsgödsel – tidigare i rapporten är utgångspunkten ca 50 %.

Nästa steg skulle kunna vara att indunsta koncentratet och eventuellt därefter även torka det indunstade koncentratet. A3 har testat indunstning i pilotskala och funktionen uppges vara god vilket låter rimligt eftersom ett av problemen med indunstning just är att partiklar höjer energikostnaderna avsevärt om långtgående indunstning önskas.

6.2 ANLÄGGNING MED KALKFÄLLNING, AMMONIAKSTRIP-PING OCH OMVÄND OSMOS

Kurana, Lettland, är kombinatanläggning för bioetanol och biogas. Ägarbilderna blev inte helt klarlagd men anläggningen ingår i Lukoil, ett oljebolag med ägare från Ryssland. Etanoldelen är levererad av Julius Montz, Tyskland. Biogasdelen

och rötresthanteringen är designad och projekterad av Renew Energy, Danmark. Slamavvattningen, lamellsedimenteringen och stripperanläggningen är levererad av Watergroup, Danmark.

Ola Hall (EON Gas AB) och Mikael Runeson (Nordisk Etanol & Biogas AB) blev guidade av Poul Ejner Rasmussen (Renew Energy) under studiebesöket som ägde rum 3 juni 2010.

Vid studiebesöket var det inte tillåtet att ta bilder vilket gör att dessa helt saknas vid beskrivning av anläggningen.

Substrat

Substratet som rötas i biogasanläggningen består i dagsläget till största delen av drank med en liten tillsats av glycerol. Kogödsel används för att säkra spårämnena i rötningen.

Beskrivning av etanolanläggning

Etanolanläggningen har en kapacitet på $60 \text{ m}^3/\text{dygn}$ eller ca $20\,000 \text{ m}^3/\text{år}$

Spannmål lossas i tippficka inomhus med mottagningskapacitet 100 ton/h . Man har möjlighet att torka och rensa spannmål, dvs. man kan ta emot direkt ifrån skörd. Lagringskapacitet $24\,000 \text{ ton}$ i silo med möjlighet till luftkyllning.

Mekanisk transport till två hammarkvarnar med kapacitet på 8 ton/h .

Mjöl och vatten blandas i blandningstank $<58^\circ\text{C}$ och enzym tillsätts. Förvätskning sker i 2 steg med 86°C i sista steget. Vatten till blandning är recirkulat från omvänd osmos eller varmt färskvatten. Jästtillsats och propagering av pressjäst i propageringskärl.

Fermenteringen sker i 9 st fermentorer a' 330 m^3 , satsvis, jästid okänd. Före destillation finns en "Beer Well".

Efter fermentering är alkoholhalten ca $9 \text{ vol\%}$, TS-halten i dranken är då ca $9,5 \text{ vikt\%}$ och håller ca 4 i pH.

Destillation sker i mäskkolonn vid ca 80°C . Kolonnen är utförd med spolbara bottenar. Diskning sker med vatten och CIP-lösning.

Rektifieringskolonn arbetar vid 130°C . Dehydrering med molekylsikt till minst $99,5 \text{ vol\%}$. Inga andra kvalitetskrav på etanolen än styrka!! Enligt Fuel Quality Directive finns det detaljerad spec. som standard.

Energiförbrukning i destillation var ca $1,2 \text{ kWh/l EtOH}$. En siffra som nämndes vid studiebesöket var $1,8 \text{ kg ånga}$ med 6 bar vilket motsvarar ca 1 kWh .

Etanol lagras i 4 utlastningstankar a' 30 m^3 . En Off Spec. tank på 20 m^3 .

Finkel och sekunda sprit går till biogasproduktion.

Beskrivning av förbehandling/rötning

Första steget är en mixtank på $3\,000 \text{ m}^3$ där de tänkta råvarorna ska blandas för inpumpning till rötning. Som dranklager räcker detta ca 4 dygn.

Rötningssanläggningen består av fem rötkammare a' $5\,000 \text{ m}^3$. Reaktorerna står i grupper om tre med ett litet hus för pumpar, värmeväxlare mm. Materialet är

emaljerade plattor som är hopskruvade (typ Permastore). Botten är plan med sugrör från mitten av reaktorn. Omrörning med propeller Agrimix 7,5 kW och extern kylning/värmning i spiralvärmväxlare med endast några kW i pumpeffekt.

Rötkammaren har bafflar på insidan för att öka omrörningseffekten.

Designad uppehållstid är ca 30 dygn ($25\,000\text{ m}^3$, ingen utspädning - 9,5 % TS!) Reaktorerna matas sekventiellt med automatik.

Efter rötning avvattnas slammet i två steg. Först går rötresten till två parallella dekantercentrifuger (Noxon, hermetiska), vilket ger en fiberkaka på 28 % TS utan polymertillsats.

Rejektet från den första avvattningen går vidare till kemisk fällning, där kalk doseras till pH 11 i en blandningstank. Efter blandningstanken separeras blandningen i en lamellsedimentering. Vattenfasen går vidare till ammoniakstripping medan slamfasen går till ännu en avvattning (dekantercentrifuger, Noxon). I den andra avvattningen tillsätts polymer och ett kalkslam med en TS-halt på ca 28 % produceras. Rejektet från den andra centrifugeringen går vidare till ammoniakstripping.

De båda vattenfaserna går vidare till stripperkolonnen där temperaturen är 50°C. Luften som blåser underifrån tar med sig ammoniak uppåt och över till absorptionskolonnen där det blåser in underifrån. I absorptionskolonnen löses ammoniak i en svavelsyralösning till ammoniumsulfatlösning (38 %).

Stripper och absorptionstorn är gjorda av glasfiber.

Stripperkolonnen tvättas 1-3 ggr/månad med citronsyra.

Designvärdet för ammoniakstrippern var 100 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ men idag nås ca 15 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ vilket innebär 99 % avskiljning. Utgående pH är ca 9. Utrymme finns för optimering av kalkdosering.

Efter strippning ska vattnet gå till omvänd osmos. pH justeras till 7 – 7,5. Denna har inte körts igång. Man inväntar analys av vattnet och ska byta till annan typ av filter. Start juni 2010 enligt Poul Ejner Rasmussen.

Resultat, fraktioner och driftproblem

Produktionen är designad för 60 m^3 etanol per dygn och $3\,300\text{ m}^3/\text{h}$ gas med en metanhalt om 58-60%. Produktionen idag uppgår till 45 m^3 etanol per dygn med en gasproduktion på $1\,200\text{--}1\,500\text{ m}^3/\text{h}$.

Gasen renas från svavel i ett biologiskt filter från Biogasclean. Svavelkoncentrationen sänks från 2353 till 72 ppm, avläst värde.

Gasen används idag för elproduktion i fyra gasmotorer om vardera 1 000 kW eleffekt varav två är i drift idag samt i ångpannor för internt behov av 6-barsånga.

Anläggningen övervakas från ett centralt kontrollrum. Man arbetar 4 personer per skift. Totalt arbetar 52 personer i anläggningen.

Anläggningen har eget laboratorium.

6.3 ANLÄGGNING MED STRIPPING MED KALKFÄLLNING + BIOLOGISK RENING

Avloppsvattnet från området i och kring Oslo renas i flera avloppsreningsverk. Det största drivs av Vestfjorden Avløpsselskap (VEAS) som upprättades 1976 och ägs av kommunerna Asker (8 %), Bærum (21,5 %) och Oslo (70,5 %). Anläggningen tar emot avloppsvatten från ca 467 000 personer vilket gör avloppsreningsverket till ett av de största i Skandinavien. Anläggningen byggdes 1977 och under åren 1991-97 byggdes anläggningen ut med biologisk rening av kväve, rötning av slam, elproduktion av biogas och stripping av ammoniak från rejektvatten.

Avloppsreningsverket ligger insprängt i berget, liksom Bekkelaget (Oslos andra stora avloppsreningsverk), Henriksdal och Bromma (två av Stockholms tre stora anläggningar). Detta innebär att byggkostnaden för att bygga ytterliggare volymer antagligen var dyrare än om anläggningen legat ovan jord utanför staden.

Ammoniakstrippingen är designad tillsammans med en norsk högskola och byggd av en norsk entreprenör (namn saknas, osäkert om firma existerar längre) enligt vad som i Sverige kallas delad upphandling. Anläggningen är med tanke på avloppsreningsverkets storlek en väl bevarad "hemlighet" som inte är särskilt omskriven i litteratur och på Internet. En anledning torde vara att det inte finns någon aktör som har något att vinna på att sprida information om den.

Carl Dahlberg (Sweco Environment AB) blev guidad av Pia Ryrfors och Ida Skarar (VEAS) under studiebesöket som ägde rum 14 april 2010.

Substrat

Substratet som kommer in till rötningsanläggningen härrör från kommunalt avloppsvatten. Det har under åren varit diskussion om rötning av externt material, men i dagsläget sker inte det.

Beskrivning av förbehandling/rötning

Processen består av förfällning, nitrifikation och efterdenitrifikation med kolkälla. Nitrifikation och denitrifikation sker i filter, vilka spolats var 24:e respektive 36:e timme. Det material (mest bakterieflockar) som rycks med när de spolats leds tillbaka till inloppet och tas ut i försedimenteringarna.

Slammet från försedimenteringarna passerar en "fillepeller" för att sila ut fibrer från slammet. De avskiljda fibrerna skickas till förbränning. Slammet förtjockas sedan i en mekanisk förtjockare med hjälp av polymer innan det leds till rötning.

Rötningen sker i två steg, en hydrolyskammare och en konventionell rötkammare. Uppehållstiden i hydrolyskammaren, där stora delar av det organiska materialet spjälkas till lättnedbrytbara fettsyror (Volatile Fatty Acids), är ca 2 dygn. Uppehållstiden i rötkammaren är ca 20 dygn.

Hantering av rötrest och rejektvatten

Det rötade slammet (3,8-4 % TS) passerar ännu en "fillepeller" innan det passerar en bufferttank innan det leds till en tank där bränd kalk blandas in.

Kalken tillsätts av tre skäl:

1. Bättre avvattningsgrad
2. Öka kvalitén inför avsättning till jordbruk eftersom kalken har ett värde både som pH-höjande medel och som avdödare av mikroorganismer.
3. pH-höjning inför ammoniakstrippningen



Figur 6.9 Kombinerade kammarfilterpressar och vakuumtorkar

Avvattningen sker i fyra steg i kombinerade kammarfilterpressar och termiska vakuumtorkar (se figur 6.9):

1. Mekanisk avvattnings vid pressning
2. Membranpressning
3. Temperaturen i pressarna höjs till 80°C
4. Vakuumpumpar startar på filtratvattensidan av pressarna vilket gör att resterande slamvatten kokas av vid 42°C.

Processen ger ett hygieniserat slam med en torrhalt på ca 53 %. Massan slam årligen (enligt årsrapporten 2008) är 15 188 ton TS/år varav mängden TS utan kalk uppges till 11 405 ton/år vilket innebär att TS-mängden slam utgör ca 40 % av det avvattnade slammet.

Rejektvattnet går efter avvattningen till ett enkelt förfilter (se figur 6.10 och 6.11). Filtret var på 3500 mikron (3,5 mm), och har troligen bara som syfte att vara en extra säkerhet så att inte grövre material som kan fastna inne i stripperkolonnen når dit.



Figur 6.10. Förfilter ammoniakstripping



Figur 6.11. Förfilter ammoniakstripping – insats 3500 mikron

Vid studiebesöket togs ett vattenprov ut mellan förfilter och stripperkolonnen. Provet (se figur 6.12) illustrerar att kvalitén på rektvattnet är mycket högre än från en konventionell avvattning (med dekantercentrifug och rimlig mängd polymer).



Figur 6.12. Inkommande rejektivatten till stripperkolonn

Efter förfiltret leds vattnet till toppen av strippningskolonnen där det sprids över fyllkroppar (se figur 6.13) samtidigt som luft blåser underifrån och tar med sig ammoniak uppåt. Vattnet som kommer in i kolonnen har en temperatur mellan 35 och 40°C (börvärde ca 37°C).

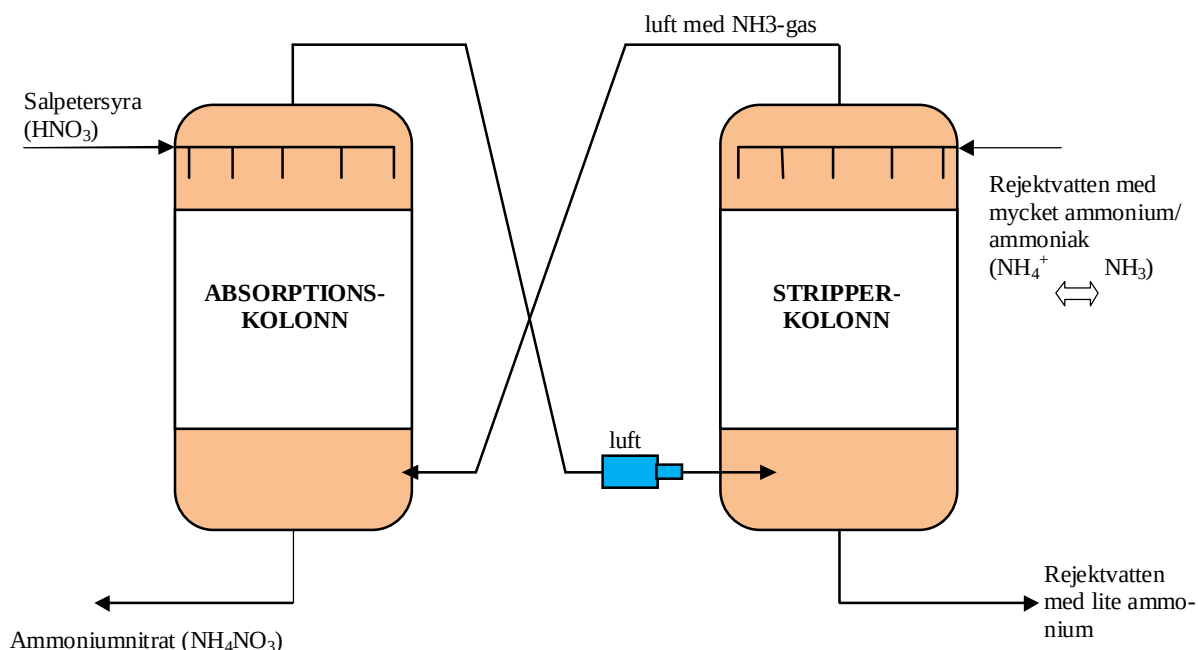
Rejektivattnet som pumpas in i toppen på stripperkolonnen håller 1000 till 1400 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$. När det har passerat igenom fyllkropparna och leds tillbaka till inkommande avloppsvatten i avloppsreningsverket har det reducerats med ca 86-87 % vilket innebär att halten på utgående rejektivatten borde vara ca 130 – 196 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$.



Figur 6.13. Fyllkroppar till kolonnerna

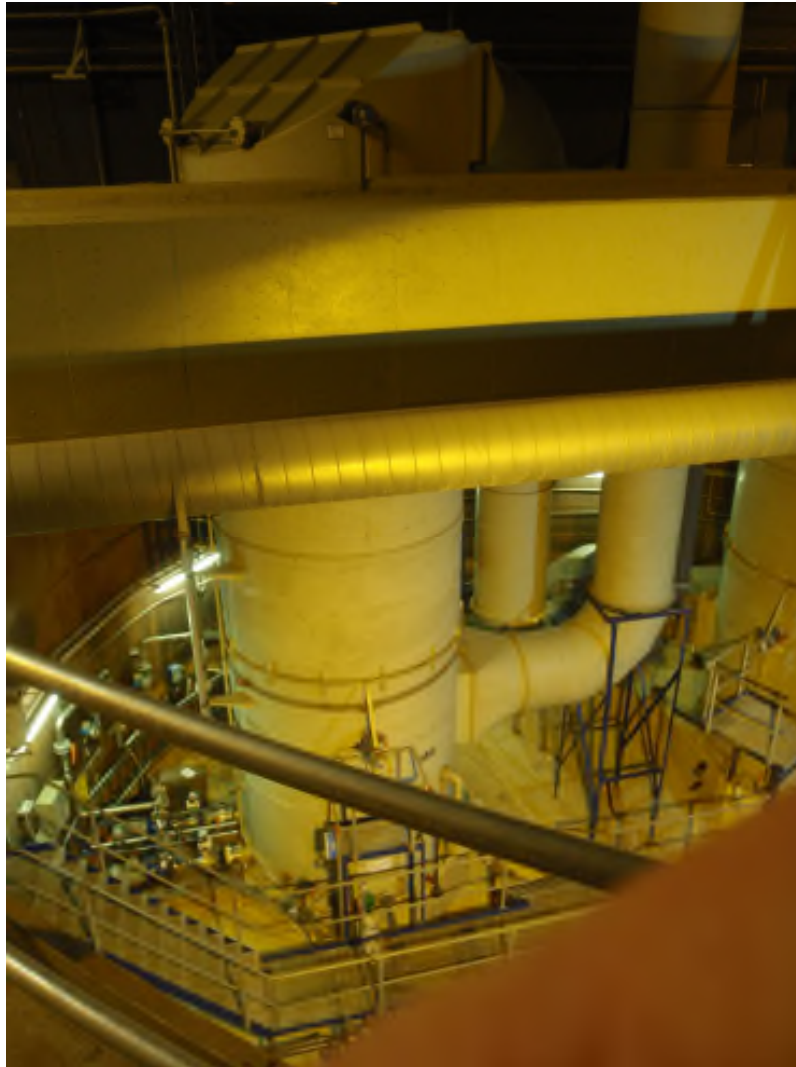
Kalk i basisk lösning innebär att det blir utfällningar på fyllkroppar mm. För att inte riskera total igensättning tvättas stripperkolonnen med saltsyra med 6-8 veckors intervall. Syratvätten startas manuellt men är helt automatisk.

Luftströmmen som passerat genom fyllkropparna får passera en droppfångare för att minimera mängden rejektivatten (med små rester av TOC) som skulle kunna följa med luften till absorptionskolonnen. Luften leds sedan till botten av absorptionskolonn (med samma fyllkroppar som i stripperkolonnen) och tas ut i toppen för att åter gå till botten av stripperkolonnen. Luftflödet drivs av en fläkt. Se figur 6.14.



Figur 6.14. Schematisk bild ammoniakstripping

Absorptionskolonnen tillförs också salpetersyra och rent vatten. En recirkulationsström (ammoniumnitrat, salpetersyra och vatten) sprayas i toppen och tas ut i botten på absorptionskolonnen. På recirkulationsströmmen finns en densitetsmätare som styr tillförseln av mer salpetersyra och styr uttaget av 55 % ammoniumnitrat.



Figur 6.15. Absorptionskolonnen



Figur 6.16. Toppen på absorptionskolonnen

Hela anläggningen är monterad i en gammal bassäng med epoxibehandlade väggar och votad botten (med öppen brunn i mitten). Dessutom är naturligtvis alla instrument som är monterade IP-klassade. Detta gör att det är enkelt att hålla rent från kristallint ammoniumnitrat som gärna bildas i skarvar etc (se figur 6.15). Ammoniumnitrat är explosivt ihop med t ex organiskt material varför kvalitén på rejektivattnet är den främsta säkerheten. Eftersom kraven på produkten är så höga (se Resultat, fraktioner och driftproblem) kommer detta per automatik.



Figur 6.17. Anläggningen måste hållas ren från kristallint ammoniumnitrat



Figur 6.18. Kristallint ammoniumnitrat

Styrning och reglering är i stort sett helt automatiserat och de två kolonnerna har en rad onlinemätare både i kolonnerna och i flöden in och ut som kontinuerligt registrerar information.

Resultat, fraktioner och driftproblem

Årsrapporten säger att den producerade mängden ammoniumnitrat uppgick till 3 920 ton (55%) under 2008, vilket innebär att 377 ton kväve avskiljdes från rejektströmmen medan 59 ton passerade igenom och leddes tillbaka till inkommande. Detta skall jämföras med att avloppsreningsverket tog emot 2 863 ton N och släppte ut 823 ton kväve totalt under 2008, d v s ca 18 % av det som avskiljs på avloppsreningsverket tas i strippern.

Rejektvattnet som kommer från kammarfilterpressarna är mycket rent, sällan över 100 mg TOC/l, oftast mindre än 50 mg TOC/l. Om rejektvattnet innehåller för höga halter TOC finns risk att TOC åker med luften till absorptionstornet och kontaminerar ammoniumnitratlösningen. För bild på inkommande vatten se figur 8.3.

Mycket rent rejektvatten är en förutsättning för att kunna tillverka ammoniumnitrat till den kvalité som köparen, YARA Industrial AS kräver. Tabell 6.1 visar några av de gränsvärden från YARA och de larmgränser som styrsystem/egenkontroll har.

Tabell 6.1 Några av de kvalitetskrav som finns på producerad ammoniumnitrat

Parameter	Garanterade värden	Larmgränser
Densitet vid 20°C	1,22 - 1,26 kg/dm ³	<1,22 eller >1,26 kg/dm ³
TOC	< 100 mg/l	> 50 mg/l
Klorider	< 30 mg/l	> 20 mg/l

Under 2008 förbrukades 3 013 ton kalk på avloppsreningsverket, vilket jämfört med de 377 ton kväve som avskiljdes är 8,0 ton kalk/ton N. Enligt svenska kalkföreningen ger tillverkning av 1 ton bränd kalk upphov till 0,8 – 0,9 ton koldioxid. Omräknat skulle det alltså innebära ett ton fixerat kväve från rejektivattnet ger upphov till 6,4– 7,2 ton koldioxid (enbart för produktion av bränd kalk). Produktion av handelsgödsel görs idag av naturgas, och kräver ca 18 kwh/kg fixerat ammonium, eller ca 3,7 ton/fixerat ammoniumkväve. Jämförelsen är inte helt rättvis eftersom kalken även används i syfte att få bättre avvattning (högre TS) och hygienisering. Processer som annars hade krävt energi i någon annan form. Kalken kommer dessutom till nytta för lantbrukaren, vilket gör att det blir lättare att få avsättning för det avvattnade slammet.

Avloppsreningsverket drivs med nitrifikation och efterdenitrifikation med dosering av kolkälla vilket är samma processer som skulle vara aktuellt om rejektivattnet behandlades i t ex en SBR. Enligt Pia Ryrfors är strippinganläggningen mer ekonomisk (kr/kg red N) än den biologiska reningen. Naturligtvis kan inte strippinganläggningen ersätta den biologiska reningen eftersom det inkommande vattnet i den delen (26 mg N-tot/l) har mycket lägre halter än rejektivattnet (1000 – 1400 mg NH₄-N/l) och en temperatur och pH-justering av den stora delströmmen skulle vara alltför kostsamt.

6.4 ANLÄGGNING MED STRUVITFÄLLNING

Ostara är ett kanadensiskt företag där flera av de anställda har doktorerat på University of British Columbia (UBC). Företaget är uteslutande inriktat på struvitfällning och har levererat flera fullskaleanläggningar, som samtliga finns i Kanada (1 st) och USA (3 st). Under mars 2010 har en pilotkörning skett på Slough avloppsreningsverk (ca 200 000 personekvivalenter), som ligger några km väster om Heathrow, London. Anläggningen ägs och drivs av driftbolaget Thames Water som med svenska mått mätt är gigantiskt (totalt ca 8,7 miljoner abonnenter).

Ola Hall (EON Gas AB) och Carl Dahlberg (Sweco Environment AB) var på ett kort studiebesök den 25 mars 2010, dels för att se pilotanläggningen i drift men också för att diskutera kring applikationen av tekniken på rejektivatten från rötresten. Ostaras representant var Chris Howorth. Eftersom besöket skedde på en pilotkörning saknas stora delar av den information som erhålls vid ett besök på en fullskaleanläggning utan det som skrivs här får ses som mer allmängiltigt.

Värt att notera är att Thames Water ser strikt ekonomiskt på alla investeringar på Slough avloppsreningsverk (se figur 6.19). En eventuell investering i en struvitreaktor sker alltså endast om det visar sig vara ekonomiskt lönsamt.



Figur 6.19. Slough avloppsreningsverk, rötkammare

Avskiljning av löst fosfat genom kemisk fällning är mycket enkelt på ett avloppsreningsverk. De främsta kostnaderna för detta varierar dock från land till land (men även från ort till ort). I Sverige är hanterings- och avyttringskostnader för kemiskt slam och för fällningskemikalier de stora posterna. Vilka kostnader som är de största i Slough är oklart, men slamkvittblivning är troligen en mycket stor post.

Substrat

Enligt de uppgifter som framkommit utgörs substratet av kommunalt avloppsslam på Slough. Det överensstämmer med samtliga anläggningar som utrustningen siter på. Ostara har tittat på anläggningar för rötning av drank.

Beskrivning av förbehandling/rötning

Någon närmare beskrivning av Slough avloppsreningsverk har inte erhållits. Såsom Chris beskriver det är det ett konventionellt avloppsreningsverk med krav på bl.a. fosfor- och kväverening. Det som gör det lämpat för struvitfällning är att det drivs med biologisk fosforavskiljning vilket ger löst fosfat i rötkammaren. Detta är den gemensamma nämnaren för alla anläggningar där Ostaras utrustning idag är installerad. Då de flesta avloppsreningsverk (inklusive Slough) inte drivs med fullständig biologisk fosforavskiljning utan har en kombinerad kemisk/biologisk rening binds ändå stora delar av löst fosfat kemiskt vilket gör att det inte är tillgängligt för struvitfällning. Aluminium och järn är de vanligaste (billigaste) joner som används.

I Slough används järnklorid för att fälla delar av fosfor (i avloppsvattnet) vilket gör att rektvatten från slamavvattningen innehåller måttliga 60- 80 mg PO₄-P/l. Enligt Chris är också detta den nedre gränsen för att Ostaras process skall vara lönsam. En annan tumregel är att rektvatten som skall behandlas skall innehålla minst 60 kg PO₄-P/dygn.

Notera att järnklorid ofta används i biogasanläggningar för att bekämpa svavelväte, vilket gör att mängden löst fosfat i många fall är låg och omöjliggör struvitfällning. Undantag är rejektivatten från rötning av drank som ofta innehåller över 500 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$.

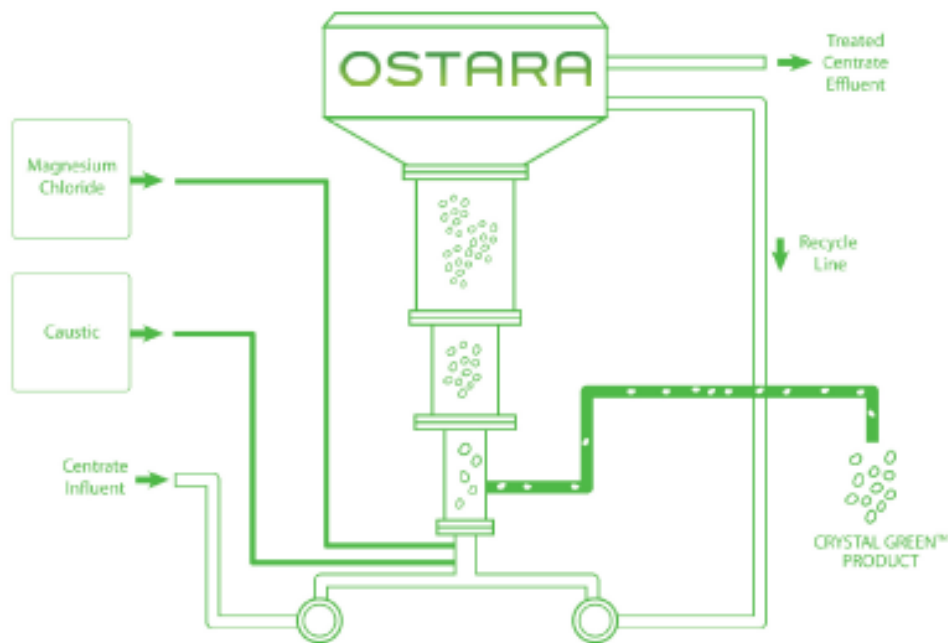
Hantering av rötrest och rejektivatten

Rötresten avvattnas i en konventionell dekantercentrifug med hjälp av polymer. Rejektivattnet var inte av särskilt god kvalitet vid studiebesöket (se figur 6.20). Kravet på mängden suspenderat material är max 1000 mg SS/l.



Figur 6.20. Bufferttank för interncirkulation. Notera rejektivattnets kvalitet

Från avvattningen leds vattnet direkt till struvitreaktorn (se figur 6.21) eller via en bufferttank.



Figur 6.21 Schematisk bild över struvitreaktorn

Ostaras process bygger på samma teknik som används i en fluidiserad bädd och kallas krystallaktor. Genom att hålla en lämplig hastighet på vattnet som passerar genom den fluidiserade bädden går det att få granulerna att sväva. Lättare partiklar följer med och cirkuleras medan den behandlade vattenvolymen rinner ut i toppen. Den breda toppen ovanför recirkulationen gör att partiklar som kan sedimentera har svårt att följa med utloppet. Då struvit fälls ut växer kristallerna och blir successivt större.

Rejektvattnets genomsnittliga uppehållstid är ca 5-10 recirkulationer, där vattnets hastighet beror på hur stora granuler som önskas. Ju större granuler som önskas desto högre hastighet måste vattnet i kolonnen ha för att de inte ska sedimentera. Enligt Chris går det att göra granulerna 0 – 1 cm men de vanligaste storlekarna är 0,8 – 2,4 mm vilka i så fall passar för den kanadensiska/amerikanska marknaden för handelsgödsel.

Genom att hålla ett förvånansvärt lågt pH 8-8,5 växer granulerna långsamt och vid studiebesöket var den genomsnittliga uppehållstiden i reaktorn ca 2 veckor (se figur 6.22)



Figur 6.22. Bild på struvireaktor (pilot) med granuler

Den långsamma tillväxten vid relativt lågt pH-värde har flera fördelar. För det första är det kostsamt att höja pH-värdet i den kraftigt buffrande vätskan. En viktig anledning till att det är svårt att få ekonomi i att avskilja ammonium med denna metod (med hjälp av fosforsyra och magnesiumklorid) är just kostnaden för tillsats av alkali. Mängden lut som måste tillsättas blir alltså låg, ofta ingen alls.

Mängden magnesium som tillsätts är också mycket låg 1,05-1,1 i molförhållande till $\text{PO}_4\text{-P}$.

En annan, minst lika viktig anledning till det här driftsättet är att struvit (liksom alla salter) faller ut spontant vid tillräckligt höga halter (över K_{sp} - löslighetsprodukten). Vid ett högt pH skulle struvit falla spontant överallt i kolonnen och efteråt i rejektströmmen ut från reaktorn. Det har i flera årtionden och finns också idag (se bl a VA-tidskriften Cirkulation april 2010) många företag och anläggningar som arbetat med struvitfällning. Förutom problemen med struvit som faller överallt, har produkten bestått av en pulverliknande fraktion (troligen stora delar s k fines) som kräver vidare processning för att vara en kommersiell produkt med samma funktion som handelsgödsel. Den långsamma tillväxten gör att Ostaras granuler blir mycket hårda och nästan ser polerade ut (se figur 6.23). Syftet är att de skall gå att använda direkt i en gödselspridare som med ganska omild behandling kastar iväg gödselgranulerna 10-20 m. Dessutom innebär den hårda ytan att struvitgranulerna kan konkurrera på marknaden för "coated fertilizer" som används i trädgårdar och golfbanor (och troligtvis har ett högre fosforpris).



Figur 6.23 Bild på struvitgranuler som togs ut i Slough under pilotkörning

För att kunna ha en vettig styrning av processen finns pH-mätare online samt varvtalsstyrda pumpar och flödesmätare på flera av delströmmarna. Chris Howorth uppgav även att så gott som daglig mätning av fosfat i rejektet också är nödvändig. I en större anläggning borde detta även gå att mäta online (författarens anmärkning). Till pilotanläggningen var utrustning och doseringskärl av förklarliga skäl betydligt mindre och enklare (se figur 6.24)



Figur 6.24. Bild på pumpar etc pilotanläggning

Nackdelen med detta driftsätt är det krävs stora volymer fluidiserad bädd och att en del fosfat går tillbaka med rejektet ut från reaktorn (20-50 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$ beroende på inkommande halt). Som exempel kan visas struvitreaktorerna ifrån Portland, USA, som tar hand om rejektet från 500 000 abonnenter (se figur 6.25).



Figur 6.25. Bild på struvitreaktorer Portland

Efter reaktorn leds vattnet tillbaka till inkommande avloppsvatten för vidare behandling.

Struvitgranulerna som tagits ut torkas normalt i en luftström som håller ca 40°C. Luftströmmen får inte vara för varm, då avgår ammoniak från granulerna.

Resultat, fraktioner och driftproblem

Ostara beskriver sig själva som en gödningsproducent och jämför sig själva med t ex Yara. Den produkt de marknadsför är Crystal Green®. Produkten består av granuler innehållande magnesiumammoniumfosfat ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \times 6 \text{ H}_2\text{O}$) men kallas oftast för struvit eller MAP. Notera att monoammoniumfosfat (MAP) respektive diammoniumfosfat (DAP) är två andra ämnen som figurerar i gödselbranschen, vilket gör att MAP är ett dåligt namn. Struvit är ett av få salter med kväveföreningar som är svårslösligt vid pH 7,5 -8,5.

Ur Ostaras synvinkel är produktionsmetoden, fosforavskiljning från rejektvatten inte det primära. Deras affärer skiljer sig därför avsevärt ifrån hur vanliga utrustningsleverantörer brukar agera. Normalt projekterar och designar Ostara utrustningen som kunden betalar för. Sedan betalar kunden en avgift för att Ostara sköter driften av anläggningen. I praktiken lär stora delar av driften köpas från beställaren. Inköp av kemikalier etc står alltså Ostara för. De tar även hand om produkten vilken de säljer. Beställaren får en del av intäkten, vilket gör att det finns ett incitament att leverera så mycket fosfat som möjligt till Ostaras process.

Enligt Chris Howorth täcker vinsten vid försäljningen av granulerna hela driftkostnaden (om metoden används för fosfatavskiljning). Hela investeringen täcks dock inte av intäkterna, utan 10-20 % av investeringen måste täckas på annat sätt. I fallet med anläggningar för biologisk fosforrening har de att välja på kemisk rening av vattnet eller hantera de driftproblem som höga halter fosfat i rejektvattnet medför. När det gäller rötningsanläggningar för drank kan det finnas ett incitament att avskilja så mycket fosfor som möjligt från slamfasen för att få så kort transportavstånd som möjligt till lantbruken (oftast är spridningen fosforbegränsad).

7 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Under förstudien för att hitta tänkbara leverantörer framkom att det finns flera tänkbara alternativ på anläggningar som klarar av att förädla rötresten. Däremot är det betydligt svårare att hitta leverantörer som är villiga att lämna uppgifter på komplett resursförbrukning av olika insatsvaror. Leverantörerna hänvisar till att de är oroliga för att bli av med sin "know-how".

Vid de studiebesök som genomförts framkommer att samtliga tekniker är så pass avancerade att de kräver en rad olika givare, regulatorer och inställningar för att de skall fungera tillfredsställande. Samtliga tre fullskaleanläggningar har uppenbarligen haft behov av att komplettera eller helt enkelt byta ut vitala komponenter för att få processen att fungera tillfredsställande. Till det kommer intrimning och justering, ofta i flera år. En nyckeltalssiffra som rycks ur sitt sammanhang kan knappast användas för att konstruera en motsvarande utrustning. Däremot är kostnaden för insatsvarorna helt fundamentala för att bedöma om tekniken är ekonomiskt rimlig. Naturligtvis skall man som beställare se till att ta fram underlag för investeringen och ta in priser för denna, men sett över hela livscykeln är investeringen (i alla de fall vi tittat på) mindre än kostnaderna för insatsvarorna. Som beställare bör man därför vara mycket skeptisk till leverantörer som ogärna delar med sig av de driftresultat och resursbehov som man uppnått på tidigare installationer. Likaså bör man vara medveten att investeringar i tekniker som leverantören inte kan visa upp någon väl fungerande referensanläggning på innebär en mycket stor risk.

Vid en enklare lönsamhetskalkyl framkommer att ingen teknik är såpass billig i form av insatsvaror att något positivt netto går att uppnå – ens om bara insatsvarorna tas med. Till detta kommer både investering och drift av anläggningar till samtliga tekniker (som är dyrare än att lagra oavvattnat slam till spridningssäsongs). Finns det möjligheter att avyttra oavvattnat slam i närområdet utan att betala lantbruket för att ta emot det är det svårt att se att det kan vara lönsamt att processa rötresten. Detta har också visats i flera studier, t ex i Waste Refinerys rapport (Förädling av rötrest från storskaliga biogasanläggningar, WR-20, 2010).

För att i varje enskilt projekt kunna utvärdera alternativet att processa rötresten har ett förslag på en budgetoffertförfrågan tagits fram (bilaga 9). En av de viktigaste slutsatserna i den här rapporten är just vikten av att i ett tidigt skede ta reda på mängden insatsvaror och kvalitén (näringskoncentrationen) på de fraktioner som erhålls. I den föreslagna budgetoffertförfrågan ligger därför tyngdpunkten just på dessa uppgifter.

Vid studiebesöket på Inwil (ultrafilter och omvänd osmos) framkom att de haft svårt att få upp en rimlig koncentration på koncentratet. Med en koncentration på ca 25-40% av inkommande volym framstår ultrafilter och omvänd osmos snarast som ett försteg till indunstning. I Kurana skall det finnas ett osmossteg efter ammoniakstrippern. Detta har dock inte kommit i drift, varför det inte går att uttala sig om några driftresultat ännu (aug 2010).

Struvitfällning är en fungerande alternativ för avskiljning av fosfat från rötchamrarna på avloppsreningsverk med Bio-P eller rötresten från drank. Fördelen med

att utvinna struvit (jämfört med kalkfällning) är att den avvattnade rötresten efter en struvitutvinning kommer att innehålla låga halter av fosfor och därmed vara lättare att få avsättning för. Nackdelen är att avskiljningen av kväve (ammonium) i rejektvattnet kommer att kräva annan teknik om det ska vara ekonomiskt gångbart.

Ostara är en leverantör som enbart sysslar med struvitfällning. I gengäld är deras affärsmetod uppbyggd på ett helt annat sätt än konventionella utrustningsleverantörer. De säljer inte bara en struvitreaktor utan vill även ta ansvar för drift, underhåll och försäljning av de färdiga granulera säljs under varunamnet Crystal Green®. Kundens insats (både ekonomiskt och riskmässigt) blir mycket lägre, samtidigt som de löpande driftkostnaderna blir högre. Hela uppgörelsen (drift, investering etc) görs upp i ett kontrakt innan anläggningen säljs till kunden. Kontrakten ser naturligtvis olika ut för olika kunder, men innehåller normalt incitament där anläggningsägaren tjänar på att rejektvattenströmmen innehåller så mycket fosfat som möjligt samtidigt som Ostara åtar sig att avskilja ned till en viss halt. Anledningen är att Ostaras affärsidé främst är att sälja struvitgranuler, inte göra ”struvitmaskiner”. Förutom de rent ekonomiska aspekterna finns det även ett trygghetsmoment som inte skall underskattas. Ostara går naturligtvis bara in i projekt om de är fast övertygade om att det kommer att utvinnas struvit nog för att generera en vinst, d v s processen kommer högst troligt att fungera. När det gäller andra tekniker finns det en lång rad exempel på anläggningar med dålig funktion och eller dålig driftekonomi. I dessa fall sitter naturligtvis anläggningsägaren med både investerings- och driftkostnader själv den dag garantitiden gått ut.

Två av anläggningarna har haft kalkfällning som teknik för att få bra avvattning och högt pH-värde på rejektet. Därefter har rejektet kunnat strippas på ammonium. Båda fungerar även om den i Kurana (kap 6.2) visar upp ett rejekt med betydligt lägre halter ammonium än på VEAS (kap 6.3). Anläggningen i Kurana drivs med betydligt lägre belastning än designat, vilket troligen är den viktigaste förklaringen till det. Genom att designa konstruktion och drift av en stripper rätt är det alltså möjligt att gå betydligt lägre än 100 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ i utgående rejekt. Syftet skulle vara att minimera kostnaderna för efterbehandling av rejektet eller överhaltsavgifterna till det kommunala avloppsreningsverket.

Produkterna efter stripperprocesserna har varit ammoniumsulfat respektive ammoniumnitrat. Båda är koncentrerade kväveprodukter (ca 8,3 respektive ca 19,3%) som kan användas direkt som gödselmedel eller granuleras. Vid VEAS såldes ammoniumnitraten till YARA för processning till konstgödning. Ammoniumsulfat har även en marknad som processkemikalie på andra marknader, t ex rökgasrening vid förbränningsanläggningar.

Sammantaget får ammoniumstripping ses som den mest etablerade av de tekniker som studerats och det finns betydligt fler teknikleverantörer än de som finns i den här rapporten som skulle kunna designa utrustningen. Riskmässigt bedöms denna teknik som gångbar, samtidigt som det går att få en konkurrens mellan olika leverantörer/konsulter. Dessutom bedöms värdet på produkten så pass stort att den går att transportera.

8 REFERENSER

- A3 Water solutions GmbH, 2010, Företagsuppgifter från websida www.a3-gmbh.com
Brüß, Ulrich, 2010, Personlig kommunikation
Richter, Steffen, 2010, Personlig kommunikation
- Alfalaval, 2010, Företagsuppgifter från websida www.alfalaval.se
Renlund, Magnus, Alfalaval, 2010, Personlig kommunikation
- Anhydro, 2010, Företagsuppgifter från websida www.anhydrogroup.com
Frank, Anne-Grethe, 2010, Personlig kommunikation
- Aqua Systems Technology Oy, 2010, Företagsuppgifter från websida www.aquasystems-tech.de
Högström, Caj, 2010, Personlig kommunikation
- Biototal, 2010, Företagsuppgifter från websida www.biototal.se
Källqvist, Tobias, 2010, Personlig kommunikation
- NSR, 2010, Företagsuppgifter från websida www.nsr.se
Bohn, Irene, 2010, Personlig kommunikation
- Chematur, 2010, Företagsuppgifter från websida www.chematur.se
Stenmark, Lars, Chematur, 2009, Personlig kommunikation
- Christian Berner, 2009, Företagsuppgifter från websida www.cbab.se
Frosterud, Daniel, 2009, Personlig kommunikation
- Ecofys, 2010, Företagsuppgifter från websida www.ecofys.com
Cohen, Tico, 2010, Personlig kommunikation
- Envimac, 2009, Företagsuppgifter från websida www.envimac.de
Mackowiak, Jerzy, 2010, Personlig kommunikation
- Evans T. D., 2007, Recovering ammonium and struvite fertilisers from digested sludge dewatering liquors, Tim Evans Environment
- Feralco, 2009, Företagsuppgifter från websida www.feralco.com
Stendahl, Kjell, 2009, Personlig kommunikation
- Fransson Liisa, Löwgren Sofia Thelin, 2010, Återvinning av näringsämnen från rötrest genom struvitfällning, Rapport SGC 218
- GEA Barr-Rosin, 2009, Företagsuppgifter från websida www.bar-rosin.com

- GEA Wiegand GmbH, 2009, Företagsuppgifter från websida www.gea-wiegand.com
Carlsson, Michael (GEA-group), 2010, Personlig kommunikation
- Green Farm Energy, 2009, Företagsuppgifter från websida www.greefarmenergy.dk
Jørgensen, Jens Overgaard, 2009, Personlig kommunikation
- Greppa näringen, 2010, Uppgifter från websida www.greppa.nu
- Haarslev, 2010, Företagsuppgifter från websida www.haarslev.com
Fosbøl, Peder, 2010, Personlig kommunikation
Preis, Torben, 2010, Personlig kommunikation
- Haase, 2010, Företagsuppgifter från websida www.haase-energiethnik.de
Kehring, Reinhard, 2010, Personlig kommunikation
Steffens, Katrin, 2010, Personlig kommunikation
- HOH vandteknik, 2010, Företagsuppgifter från www.hoh.dk
Rasmussen, Poul, 2010, Personlig kommunikation
Svane, Kenneth, 2010, Personlig kommunikation
- Hushållningssällskapet, 2009-2010, Företagsuppgifter från websida www.hush.se
Andersson, Karin, 2009, Personlig kommunikation
Dahlberg, John, 2009, Personlig kommunikation
Storm, Jan-Olof, 2009, Personlig kommunikation
- Lesni, 2010, Företagsuppgifter från websida www.lesni.dk
Haahr, Andreas, 2010, Personlig kommunikation
Jense, Henning, 2010, Personlig kommunikation
- Läckeby Water, 2010, Företagsuppgifter från websida www.lackebywater.se
Ling, Daniel, 2010, Personlig kommunikation
- Making Energy, 2009, Företagsuppgifter från websida www.makingenergy.com
- MEC Energy Nordic, 2010, Företagsuppgifter från websida www.mecenergy.dk
Pedersen, Gert, 2010, Personlig kommunikation
- Mellgård & Naij
Naij, Stefan, 2010, Personlig kommunikation
- Mercatus Engineering, 2009, Företagsuppgifter från websida www.mercatus.se
Adolfsén, Anders, 2009, Personlig kommunikation
- Miles A. and Ellis T.G., 2001, Struvite precipitation for nutrient recovery from anaerobically treated wastes, Water Science and Technology, Vol 43, No 11, 259-266
- Nawaro BioEnergi AG, 2010, Företagsuppgifter från websida www.nawaro.ag

- Nordic Water, 2010, Företagsuppgifter från websida www.nordicwater.se
Eklund, Kristian, 2010, Personlig kommunikation
- Norin, Erik, 2007, Alternativa hygieniseringsmetoder, Rapport B2007:01, Avfall Sverige
- Norin, Erik, 2008, Översikt över metoder för biogödselhantering, Rapport B2008:02, Avfall Sverige
- Noxon, 2009, Företagsuppgifter från websida www.noxon.se
Rydberg, Christina, 2010, Personlig kommunikation
- Ostara, 2009-2010, Företagsuppgifter från websida www.ostara.com
Howorth, Chris, 2009-2010, Personlig kommunikation
- Paques, 2010, Företagsuppgifter från websida www.paques.nl
Driessen, Willie, Paques, 2010, Personlig kommunikation
- Paulsson Per, 2007, Energianalys av etanolproduktionen; En fallstudie av Lantmännen Agroetanols produktionssystem i Norrköping, Examensarbete 2007:03, SLU Institutionen för biometri och teknik
- Renew Energy, 2009, Företagsuppgifter från websida www.renewenergy.dk
Holm, Lars, 2010, Personlig kommunikation
Rasmussen, Poul Ejner, 2009-2010, Personlig kommunikation
- Schmack biogas GmbH, 2010, Företagsuppgifter från websida www.schmack-biogas.com
Müller, Nadine, 2010, Personlig kommunikation
- Seaborne ERL, 2009, Företagsuppgifter från websida www.seaborne-erl.de
Rehm, Clemens, 2009, Personlig kommunikation
- Siegrist H., 1996, Nitrogen removal from digester supernatant – comparison of chemical and biological methods, Water Science and Technology, Vol 34, No 1-2, 399-406
- Sistemas de Transferencia de Calor, 2009, Företagsuppgifter från websida www.stcsa.es
- Splitvision, 2010, Företagsuppgifter från websida www.splitvision.se
Broberg, Jan, 2010, Personlig kommunikation
- Storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall RVF Utveckling 2005:06, BUS-projektet, 2005
- Torkapparater AB, 2010, Företagsuppgifter från websida www.torkapparater.se
Alsén, Lennart, Personlig kommunikation 2010

Tysk-svenska handelskammaren

Geitmann, Anne, 2010, Personlig kommunikation

UFI-TEC, 2010, Företagsuppgifter från websida www.ufi-tec.de

Unitika, 2009, Företagsuppgifter från websida www.unitika.co.jp

VEAS, 2010, 2009, Uppgifter från websida www.veas.nu

Ryrfors, Pia, 2009-2010, Personlig kommunikation

Waste Refinery, 2010, Företagsuppgifter från websida www.wasterefinery.se

Waste Refinery, 2010, Förädling av rötrest från storskaliga biogasanläggningar,
Projektnummer WR-20

Waterleau, 2009, Företagsuppgifter från websida www.water-leau.com

Parduyens, Robin, 2009, Personlig kommunikation

Roothoof, Sophie, 2010, Personlig kommunikation

Watergroup, 2010, Företagsuppgifter från websida www.watergroup.dk

Christiansen, Erik Mørkøv, 2010, Personlig kommunikation

Yara, 2009, Företagsuppgifter från websida www.yara.se

Eriksson, Yvonne, 2009, Personlig kommunikation

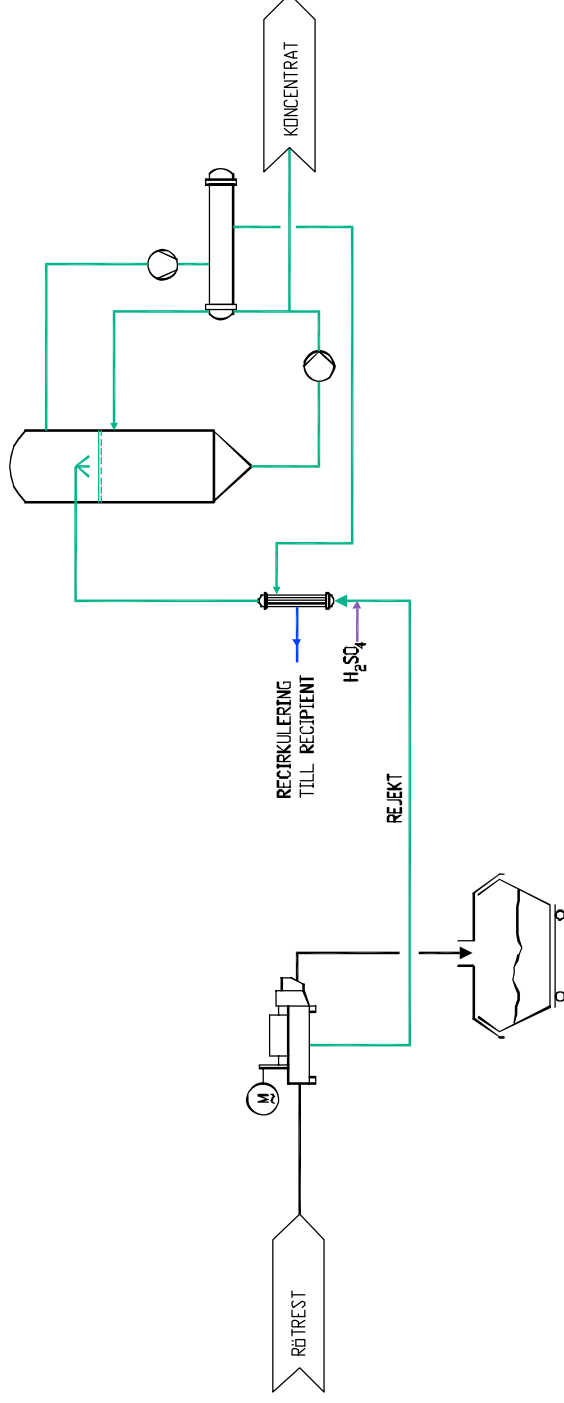
Bilaga 1 – Bilaga 7

PRODUKTLINJE 1

GEA

CENTRIFUG
GEA Westralia Dekantercentrifug

NDUNSTARE
GEA Wiegand

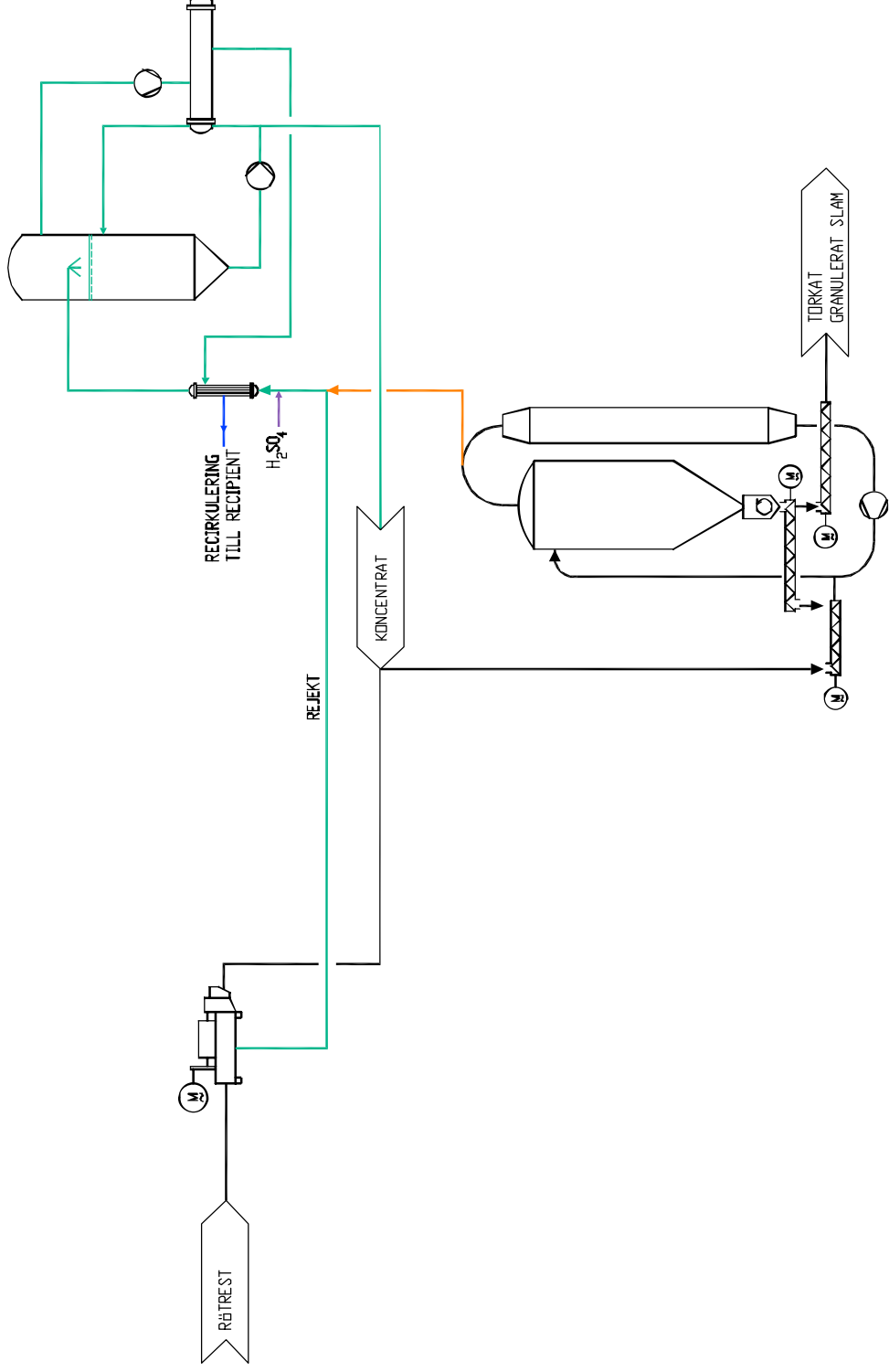


PRODUKTLINJE 2

GEA

CENTRIFUG
GEA Westfalia Dekantercentrifug

KOLNISTARE
GEA Wiegand



SLAMTORK
GEA Rosin

PRODUKTLINJE 3

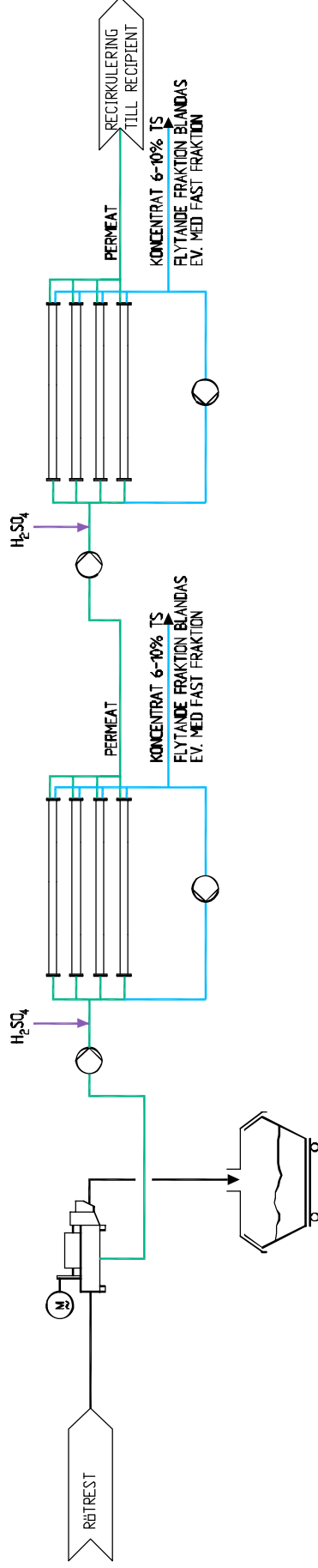
A3 Water Solutions GmbH

CENTRIFUG

ULTRAFILTER
A3 Water Solutions

NANOMEMBRAN
A3 Water Solutions

Referenser:	Biogas	23500 ton/år
	Winsum (Holland)	45500 ton/år
	Inwil (Schweiz)	64000 ton/år
	Brensbaeth (Tyskland)	80000 ton/år
	Lüneburg (Tyskland)	



PRODUKTLINJE 4

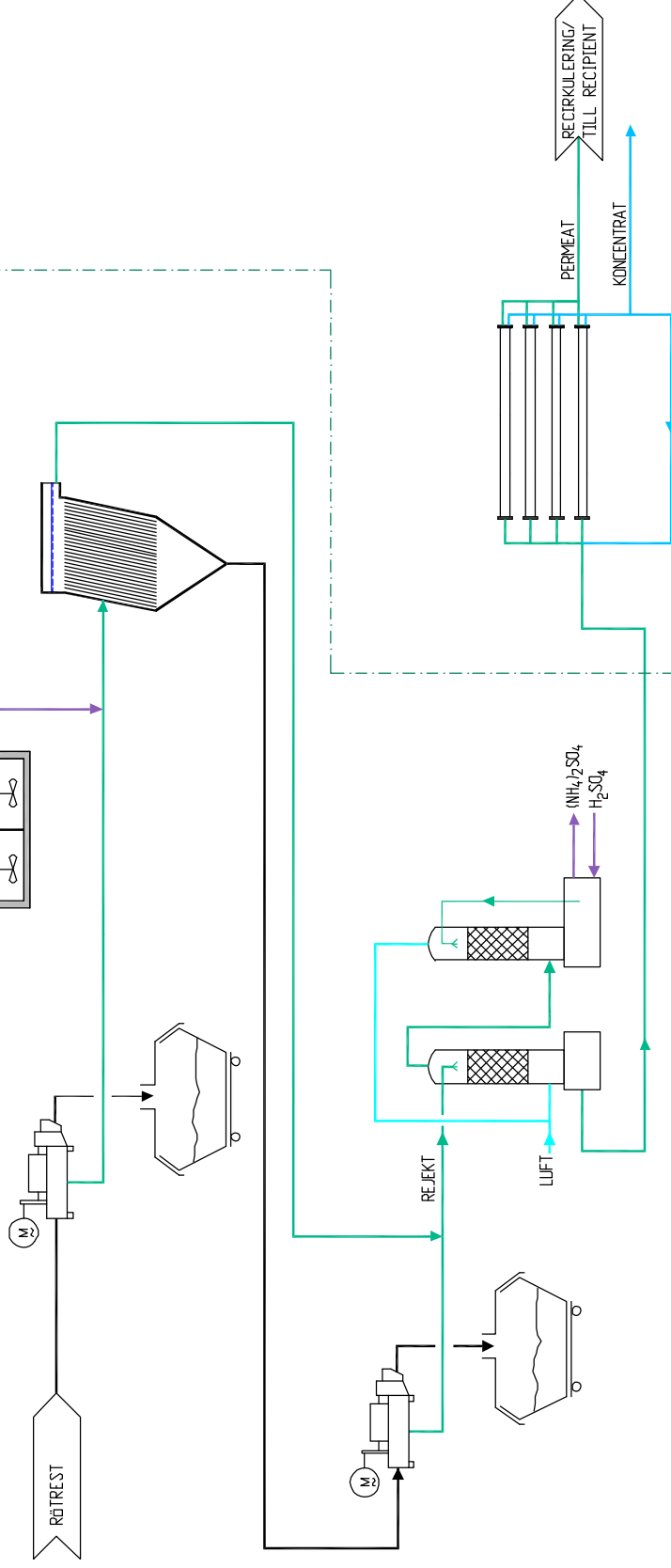
Renew Energy

Referenser:
Kurana (Litauen) 300000 ton/år

LAMELLEDIMENTERING
Nordic Water

KALKUPPLÖSARE

CENTRIFUG
Naxos



OSMOS
HGH Water Technology

STRIPPINGTORN
Water Group

CENTRIFUG
Naxos

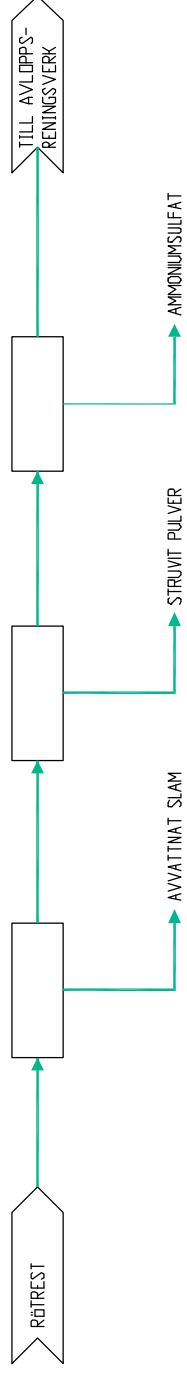
PRODUKTLINJE 5

Splitvision

AVVATTNARE

STRUJIT

ZEOLIT



PRODUKTTLINJE 6

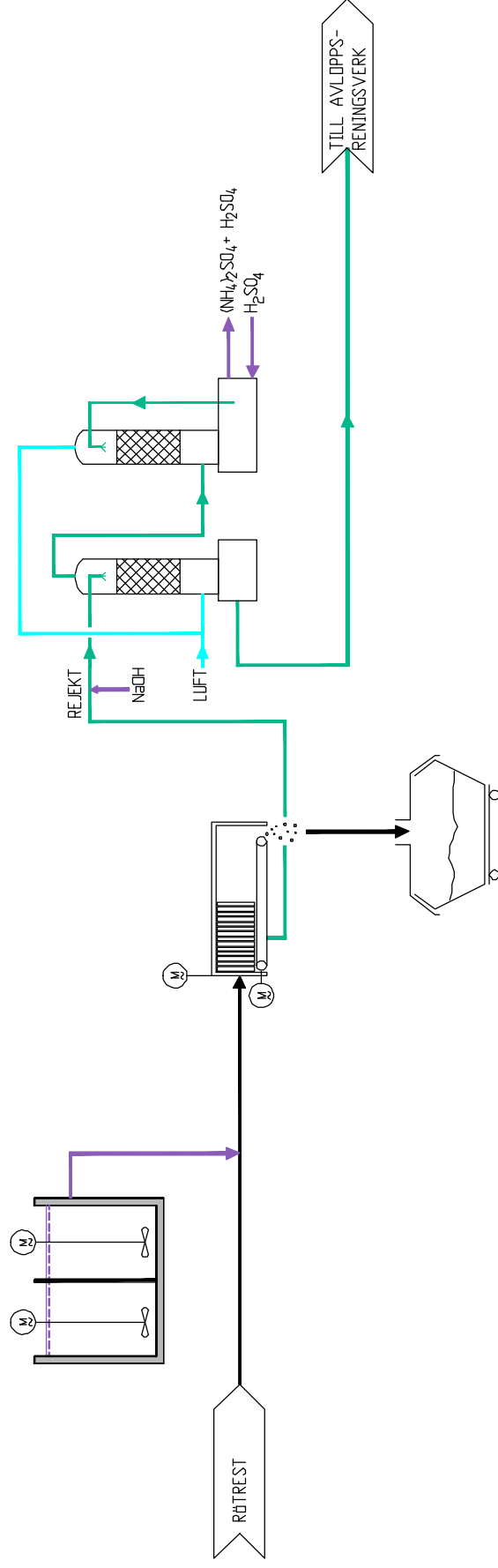
VEAS avloppsreningsverk

KALKUPPLÖSARE

KAMMARFILTERPRESS

STRIPPINGTORN

Referenser:
Avloppsreningsverk



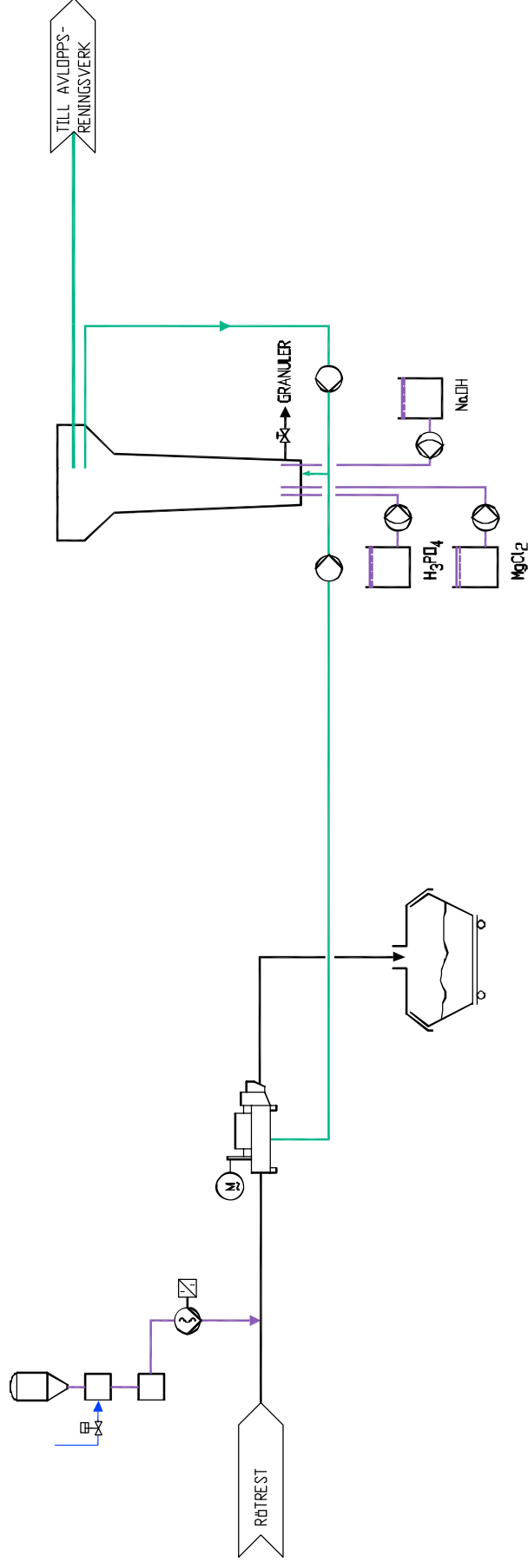
PRODUKTLINJE 7

Ostara

POLYMER

CENTRIFUG

STRUMITREKTOR



Bilaga 8 Förslag leverantörer

ANHYDRO

Typ av företag:	Utrustningsleverantör
Typ av utrustning:	Indunstning och torkning
Adress:	Søborg, Danmark
Hemsida:	www.anhydro.com
Antal anställda:	150 personer
Grundat:	1948
Ingår i koncern/grupp:	Anhydro Group Denmark
Omsättning:	80 m€ (2008)
Kontakt/uppgifter:	Anne-Grethe Frank/Lars Lycke Gad
Referenser (biogas):	–
Referenser (övriga):	Indunstare för ”salt and black liquor”, kristallaktorer och fluidiserade bäddtorkar.
Kommentar:	–

AQUASYSTEMS TECHNOLOGY OY

Typ av företag:	Konsult
Typ av utrustning:	Indunstning
Adress:	Pori, Finland
Hemsida:	www.aquasystems-tech.de
Antal anställda:	3 – 6 personer (samarbete med andra småföretag)
Grundat:	1992
Ingår i koncern/grupp:	–
Omsättning:	Varierar beroende på leveranser 150.000 – 850.000€/år
Kontakt/uppgifter:	Caj Högström
Referenser (biogas):	Deltog i planeringen av en 120.000t/a biogasanläggning i Finland 2002/2003 Designkontrakt för biogasanläggning, råvara 18.000t/år, 2010 (planeringen har börjat för någon tid sedan)
Referenser (övriga):	Provanläggning, Lüchow, Tyskland, 18 m³/h, 2003 Indunstning, Kaarssen, Tyskland, 12,5 m³/h, 2005 Indunstning, Penkun, Tyskland, 350.00t/a = 42,5t/h, 3-linjer, 2006/2007 Indunstning, Vehmaa, Finland ombyggnad av ej fungerande MVR-indunstare, 13m³/h, på kundens bekostnad till pålitlig processapparat.
Kommentar:	AquaSystems (Caj Högström) har erfarenhet av indunstning av rejektivatten från biogasanläggningar sedan 2002. De har oftast gått in i projekt tillsammans med större aktör som Alfa Laval eller BioConstruct och i det fallet som designer, konstruktör och del leverantör av nyckelkomponenter.

A3 WATER SOLUTIONS GMBH

Typ av företag: Utrustningsleverantör och konsult
Typ av utrustning: Ultrafilter och Omvänd osmos
Adress: Gelsenkirchen, Tyskland
Hemsida: www.a3-gmbh.com
Antal anställda: 25 personer (A3 + MMF)
Grundat: 2000
Ingår i koncern/grupp: EnviTec Biogas AG (70 % aktieägare)
Omsättning: –
Kontakt: Steffen Richter

Referenser (biogas): Vinsum, Holland, 23 500 ton/år, 2008
Inwil, Schweiz, 45 500 ton/år, 2007
Brensbach, Tyskland, 64 000 ton/år
Lueneburg, Tyskland, 80 000 ton/år
Leipzig, Tyskland, – ton/år

Referenser (övrigt): Troligtvis många, dock ej frågat efter

Kommentar: Anläggningen i Leipzig heter 'Klarsee' Bionergy Park in Penkun och beställaren är NAWARO Engineering GmbH, Leipzig. Enligt A3:s hemsida används deras utrustning till att förse anläggningen med renvatten genom filtrering av kondensatet efter indunstning.

CHRISTIAN BERNER/GEA

Typ av företag:	Teknikhandel, representant för GEA GEA Utrustningsleverantör
Typ av utrustning:	GEA Wiegand; Indunstning, destillation, strippning GEA Barr-Rosin; Torkar
Adress:	Mölnlycke, Sverige GEA Wiegand; Ettlingen, Tyskland GEA Barr-Rosin; Maidenhead, Storbritannien
Hemsida:	www.cbab.se www.gea-wiegand.com www.barr-rosin.com
Antal anställda:	Christian Berner; 120 personer GEA Wiegand; 150 personer GEA Barr-Rosin; 100 personer GEA Koncernen totalt ca 20 000 personer
Grundat:	Christian Berner; 1897 GEA Wiegand; 1908 GEA Barr-Rosin; 1959
Ingår i koncern/grupp:	Christian Berner Tech Trade AB, Sverige GEA group AG, Tyskland
Omsättning:	–
Kontakt/uppgifter:	Daniel Frosterud, Christian Berner
Referenser (biogas):	Lorca, Spanien, Sinae Energia Y Medio Ambiente SA, 200 000 ton/år, 2001, biogasrester från svingödsel Guardo, Spanien, Sinae Energia Y Medio Ambiente SA, 200 000 ton/år, 2000, biogasrester från svingödsel Soria, Spanien, Sinae Energia Y Medio Ambiente SA ?? ton/år, 1999, biogasrester från svingödsel
Referenser (övrigt):	Cargil, Polen, mer än 10 olika indunstare (termisk ångkompression – TVR, mekanisk ångkompression – MVR, torr ångvärmning?). Två stycken indunstare efterföljs av Barr-Rosin torkar.

Kommentar:

De spanska anläggningarna ligger i anslutning till kraftvärmeverk. Med tanke på det spanska klimatet är antagligen spillvärmen billig (nästan gratis) eftersom energibalansen för anläggningarna är mycket ogynnsam och återvinningen av värmen inte alls är utnyttjad.

GEA har även levererat utrustning till flera anläggningar i Cargil (nära Wrocław). Utrustningen används inte på biogasanläggningar men i gengäld är energiåtervinning etc väl utvecklad vilket gör anläggningarna intressanta ur ett ingenjörsperspektiv.

ECOFYS

Typ av företag:	Konsult projektering/process biogas Anaerob nedbrytning, process och teknik
Typ av utrustning:	-
Adress:	Utrecht, Holland
Hemsida:	www.ecofys.com
Antal anställda:	200 personer
Grundat:	1984
Tillhör grupp etc:	Helägt av Eneco (Holländsk ”produkt”-bolag inom energi) men uppträder som en oberoende konsultfirma.
Omsättning:	–
Kontakt/uppgifter:	Tico Cohen, Team Leader Biogas Expert Group
Referenser (biogas):	Siyuan Biogas Plant, Wuxuan (China), 200,000 m ³ biogas/dygn på etanolfabrik, 2010 Harapan Sawit Lestari (Cargill) Biogas plant (West Kalimantan, Indonesia) 17,000 – 20,000 m ³ biogas/dygn, 2010
Kommentar:	Anläggningen i Kina var fortfarande under konstruktion (2010-02-08). Ecofys har bland annat levererat skrubbers som används för att rena rökgas. Samma teknik kan användas för ammoniakstripping enligt Tico Cohen. Lyckade tester är gjorda men ingen utrustning i fullskaledrift.

ENVIMAC

Typ av företag:	Konsult, processlinje, utrustningsleverantör
Typ av utrustning:	Biogasanläggningar, Stripping
Adress:	Oberhausen, Tyskland
Hemsida:	www.envimac.com
Antal anställda:	> 50 personer
Grundat:	1989 (ENVICON) namnet ändrat 2005 till ENVIMAC
Tillhör grupp etc:	Fristående bolag
Omsättning:	–
Kontakt/uppgifter:	Jerzy Maćkowiak
Referenser (biogas):	Straubing, Germany, kapacitet 105 000 ton/år, 1999 Lathen, Germany, kapacitet 29 000 ton/år, 1999, Hashimoto farm, Japan, kapacitet 35 000 ton/år, 2000 ???, Holland, kapacitet 26 000 ton/år, 2001 Nära Antwerpen, Belgien, kapacitet 61 000 ton/år, 2004 Trattnachtal, Österrike, kapacitet 88 000 ton/år, 2008
Referenser (övrigt):	Många anläggningar för ammoniakstripping de senaste 20 åren. Kapacitet 1 - 80 m ³ /h (9 000 – 701 000 ton/år)
Kommentar:	Företaget arbetar dels med kemisk stripping vilket ger produkten ammoniumsulfat (36-38 % ammoniumsulfat) och dels med ångstripping vilket ger ammoniumvatten (25 % NH ₃ lösning). Arbetar även med ett antal andra ”kolumnbaserade” tekniker som absorption, destillation och extraktion för att hantera ammoniak, vätesulfid, svaveldioxid, organiskt material och lukt.

GEA WESTFALIA SEPARATOR SWEDEN AB

Typ av företag:	Utrustningsleverantör
Typ av utrustning:	Dekantercentrifuger 1 – 300 m ³ /h, separatorer, polymerblandare och keramiska membranfilter
Adress:	Göteborg Sverige Oelde, Tyskland
Hemsida:	www.geaequipment.com
Antal anställda:	4 personer 20 000 personer (koncernen)
Grundat:	1893
Ingår i koncern/grupp:	GEA AG, Bochum, Tyskland
Kontakt/uppgifter:	Michael Carlsson
Referenser (biogas):	Borås, Sverige, 35 000 ton/år, 2003 Västerås, Sverige, 26 000 ton/år, 2004 Jaen, Spanien, – ton/år, 2004 Tudela, Spanien, – ton/år, 2005 Wels, Österrike, – ton/år, 2006 Brensbach, Tyskland, – ton/år, 2006 Boden, Tyskland, – ton/år, 2008 Wogan, Holland, – ton/år, 2008 Münster, Tyskland, 66 000 ton/år, 2009 Umeå, Sverige, 70 000 ton/år, 2009 Åland, Finland, 5 000 ton/år, 2010
Referenser (biogas):	Ett stort antal världen över.
Kommentar:	Mycket stort företag inom slamavvattning (avlopp). Finns med på flera av referensanläggningarna som nämns i detta PM, bl a A3:s (4.3).

GREEN FARM ENERGY

Typ av företag:	Konsult
Typ av utrustning:	Biogasanläggningar (separation med stripping)
Adress:	Langå, Danmark
Hemsida:	www.greenfarmenergy.dk
Antal anställda:	–
Grundat:	–
Tillhör grupp etc:	–
Kontakt/uppgifter:	Jens Overgaard Jørgensen
Referenser (biogas):	Over Løjstrup, Danmark, 20xx Ytterligare två st anläggningar
Referenser (övrigt):	–
Kommentar:	Levererar en ”totallösning” som innehåller hygienisering, rötning, ultrafiltrering, ammoniakstripping och omvänd osmos.

HAARSLEV

Typ av företag:	Leverantör av utrustning och processlösningar
Typ av utrustning:	Torkar, Indunstare, pressar, mm
Adress:	Søndersø, Danmark
Hemsida:	www.haarslev.com
Antal anställda:	275 personer (Danmark)
Omsättning:	100 m€
Grundat:	1900, 1970
Tillhör grupp etc:	Haarslev Industries A/S
Kontakt/uppgifter:	Peder Fosbøl, Torben Preisz
Referenser (biogas):	–
Referenser (övrigt):	Mycket stort antal referenser på allt från läkemedel till kommunalt avloppsslam.
Kommentar:	–

HAASE

Typ av företag: Leverantör av utrustning och processlösningar
Typ av utrustning: Ultrafilter och Omvänd osmos
Adress: Neumuenster, Tyskland
Hemsida: www.haase-energiertechnik.de
Antal anställda: 240 personer
Grundat: 1981
Tillhör grupp etc: HAASE Energiertechnik Group
Omsättning: 50 m€ (2008)
Kontakt/uppgifter: Reinhard Kehring

Referenser (biogas): Altenholz, Tyskland, 16 425 ton/år, 2005
Schwarze Elster, Tyskland, 18 250 ton/år, 2006
Dankers, Holland, 31 025 ton/år, 2008
Wogan, Holland, 36 500 ton/år, 2007
Valletta, Malta, 43 800 ton/år, 2008
Köthen, Tyskland, 66 800 ton/år, 2008
Referenser (övrigt): Troligtvis många, dock ej frågat efter
Kommentar: —

HOH WATER TECHNOLOGY

Typ av företag:	Utrustningsleverantör
Typ av utrustning:	Ultrafilter och Omvänd osmos
Adress:	Greve, Danmark
Hemsida:	www.hohwatertechnology.com
Antal anställda:	135 personer (i Danmark)
Grundat:	1975
Tillhör grupp etc:	BWT, Østrig
Omsättning:	19 m€ (i Danmark)
Kontakt/uppgifter:	Poul Rasmussen
Referenser (biogas):	Kurana, Litauen, 292 000 ton/år, 2010
Referenser (övrigt):	Stort antal rörande dricksvatten, mejerier, bryggerier etc
Kommentar:	–

LESNI (+MEC ENERGY NORDIC)

Typ av företag:	Utrustningsleverantör och konsult Utrustningsleverantör
Typ av utrustning:	Stripping
Adress:	Billund, Danmark Haarby, Danmark
Antal anställda:	23 personer – personer
Hemsida:	www.lesni.dk www.mecenergy.dk
Grundat:	1987
Tillhör grupp etc:	Privatägt
Omsättning:	8,5 m€ (2009)
Kontakt/uppgifter:	Andreas Haahr (LESNI) Gert Petersen (MEC Energy Nordic)
Referenser (biogas):	Med avseende på luftrening en lång rad, dock ingen med hantering av rejektvatten.
Referenser (övriga):	Drammen Kommune, Norway, 7 700 m ³ /h, Skrubber Paris, Frankrike, 2 000 m ³ /h, Stripping/Skrubbning Toro Food, Bergen Norway, 2 500 m ³ /h, Skrubber North Ryde, Australien, 10 000 m ³ /h, Stripping/Skrubbning Grinsted, Danmark, 400 m ³ /h, Stripping
Kommentar:	–

mercatus engineering

Typ av företag:	Utrustningsleverantör
Typ av utrustning:	Membranteknik (MF, UF, NF och RO)
Adress:	Vimmerby, Sverige
Hemsida	www.mercatus.se
Antal anställda:	15 personer
Grundat:	1973
Tillhör grupp etc:	–
Omsättning:	3,6 m€
Kontakt/uppgifter:	Anders Adolfsén
Referenser (biogas):	Mercatus har tagit fram en patenterad utrustning för avvattnings av slam från rötresterna med ultrafilter (keramiska membran). Omfattande försök är gjorda på Ragnsells i Heljestorp samt Växtkraft Västerås. Ingen leverans av utrustning ännu.
Referenser (övrigt):	Över 300 installationer på anläggningar med membranteknik inom främst området industriella processvätskor.
Kommentar:	–

Noxon

Typ av företag:	Utrustningsleverantör
Typ av utrustning:	Dekantercentrifuger 1 – 75 m ³ /h, polymerblandare
Adress:	Fjärås, Sverige
Hemsida:	www.noxon.se
Antal anställda:	35 personer
Grundat:	1987
Tillhör grupp etc:	–
Omsättning:	–
Kontakt/uppgifter:	Claes Gustafsson
Referenser (biogas):	Kurana, Litauen, 292 000 ton/år, 2010 Testanläggning, Scandinavian biogas
Referenser (övriga):	En stor mängd installationer för avvattning av rötat slam på avloppsreningsverk.
Kommentar:	–

Ostara

Typ av företag:	Leverantör av utrustning
Typ av utrustning:	Struvitutfällning i fluidiserad bädd (krystallaktor)
Adress:	Vancouver, Canada
Hemsida:	www.ostara.com
Antal anställda:	> 20 personer
Grundat:	2005
Tillhör grupp etc:	Privatägt
Omsättning:	–
Kontakt/uppgifter:	Chris Howorth
Referenser (biogas):	Pilotförsök
Referenser (övrigt):	Edmonton, Kanada, ca 50 000 ton/år, 2009 Rejektvatten rötslam avloppsreningsverk Portland, Kanada, ca 176 000 ton/år, 2007 Rejektvatten rötslam avloppsreningsverk
Kommentar:	Ostara vill först och främst sälja ett koncept där de tar betalt för utrustning och drift i utbyte mot att de tar hand om fosfat (och lite ammonium) – och sedan säljer granulerna som Crystal Green™. Affärsidén skulle kunna sägas vara att de bryter fosfat i ”rejektgruvan” och låter kunden betala för att de gör jobbet.

paques

Typ av företag:	Leverantör av utrustning och processlösningar
Typ av utrustning:	Anaerob, anammox och struvit
Adress:	El Balk, Holland
Hemsida:	www.paques.nl
Antal anställda:	350 personer
Grundat:	1960
Tillhör grupp etc:	Privatägt
Omsättning:	Ordervärde ca 50 m€
Kontakt/uppgifter:	Willie Driessen
Referenser (biogas):	Olburgen, Holland, – ton/år, 2006 Lomm, Holland, – ton/år, 2006
Referenser (övrigt):	100 biogasanläggningar 7 Anammoxanläggningar 2 Struvitanläggningar
Kommentar:	Stort företag inriktat på avloppsrening och biogas. Stort antal varuregistrerade processer.

Renew Energy

Typ av företag:	Konsult
Typ av utrustning:	Biogas- och separationsanläggningar
Adress:	Svendborg, Danmark
Hemsida:	www.renewenergy.dk
Antal anställda:	9 personer
Grundat:	2007
Tillhör grupp etc:	Ägs av 3 investerare
Omsättning:	–
Kontakt/uppgifter:	Poul Ejner Rasmussen
Referenser (biogas):	Michigan, USA, 127 750 ton/år, 2010 New Jersey, USA, <182 500 ton/år, 2011 Kurana, Litauen, 292 000 ton/år, 2010 Indiana, USA, (gödsel 30 000 kor) ? ton/år, 2010
Referenser (övrigt):	Rötprocesser på reningsverk
Kommentar:	Renew Energy är uppstartat av Poul Ejner Rasmussen som tidigare drev Biorek. Biorek projekterade en anläggning med liknande tekniker som Kurana (avvattning – stripping – omvänd osmos) som ligger på Bornholm. Anläggningen var också försedd med ultrafilter. Osäkert om anläggningen på Bornholm fortfarande är i drift.

Schmack Biogas

Typ av företag:	Totalentreprenör (konsult)
Typ av utrustning:	Biogasanläggningar
Adress:	Schwandorf, Tyskland
Hemsida:	www.schmack-biogas.com
Antal anställda:	– personer
Grundat:	1995
Tillhör grupp etc:	Viessmann group
Omsättning:	–
Kontakt/uppgifter:	Nadine Müller
Referenser (biogas):	–
Referenser (övrigt):	–
Kommentar:	Inblandad byggnationen av anläggningar som Nawaro biogas äger och driver. Oklart hur driften fungerar idag, men februari 2010 var inte indunstningsdelen i drift såsom önskat.

SEABORNE

Typ av företag:	Konsult
Typ av utrustning:	Biogas- och separationsanläggningar
Adress:	Owschlag, Tyskland
Hemsida:	www.seaborne-erl.de
Antal anställda:	5 personer
Grundat:	1996
Tillhör grupp etc:	Medea Handels AG, Switzerland
Omsättning:	–
Kontakt/uppgifter:	Clemens Rehm
Referenser (biogas):	–
Referenser (övrigt):	Gifhorn, Tyskland, kapacitet 51 100 m ³ slam/år (slam från avloppsreningsverk), med återvinning av ammonium och fosfat. Byggt 2004-2005, fullständig design och konstruktion av Seaborne.
Kommentar:	Har två st tekniker, en för avskiljning av tungmetaller och en för avskiljning av fosfat och ammonium. Tekniken som används för avskiljningen av struvit bygger på struvitfällning men fosfat och magnesium återanvänds på ett sådant sätt att produkten inte enbart består av struvit. Tack vare det blir resursåtgången av fosforsyra inte lika stor.

Splitvision

Typ av företag: Leverantör av utrustning och processlösningar

Typ av utrustning: Separationsanläggningar

Adress: Ängelholm, Sverige

Hemsida: www.splitvision.se

Antal anställda: 4 personer

Grundat: 1996

Tillhör grupp etc: Privatägt

Omsättning: –

Kontakt/uppgifter: Jan Broberg

Referenser (biogas): –

Referenser (övrigt): Har en pilotanläggning "Splitbox-Agri" på en gård i Skottorp. I samarbete med Ekobalans skall en pilotkörning genomföras Helsingborg ARV. Helsingborg är idag det enda (?) större avloppsreningsverk i Sverige som drivs utan fällningskemikalie vilket leder till höga fosfathalter i rejektet.

Kommentar: Splitvision är ett företag som är i utvecklingsskedet. På grund av rädsla för att andra ska stjäla teknik säger man sig inte vilja ge några närmare detaljer om hur teknikerna fungerar. Enligt egna uppgifter är processen uppbyggd med avvattning (>40%), struvitfällning för fosfatavskiljning och sedan jonbyte för ammoniumavskiljning. Ammoniaken strippas sedan över till ammoniumsulfat. Referenser från fullskala eller information om insatsvaror saknas därför.

VEAS Avloppsreningsverk

Typ av företag: Anläggningsägare
Typ av utrustning: Ammoniakstripping
Adress: Oslo, Norge
Hemsida: www.veas.nu
Antal anställda: 40 personer
Grundat: 1976
Tillhör grupp etc: Kommunal anläggning
Omsättning: –
Kontakt/uppgifter: Pia Ryrfors

Referenser (biogas): –

Referenser (övrigt): –

Kommentar: Rejektvattenrening genom kalkfällning av slam efterföljt av slamavvattning och ammoniakstripping. Ammoniaken löses i salpetersyra som levereras vidare till Yaras gödsel­fabrik (en av världens största).

Ingen leverantör av utrustningen. Designen i samarbete med norsk högskola och anläggningen byggd av lokal mindre firma.

Eftersom ammoniumnitrat i kombination med organiska ämnen är ett mycket potent sprängämne är hygien­en god på anläggningen. Yara ställer krav på minimal förekomst av organiska ämnen i sin produktion för att ta emot produkten.

WATERGROUP

Typ av företag:	Leverantör av utrustning och processlösningar
Typ av utrustning:	Processteknik, bl a stripping, avvattnings
Adress:	Birkerød, Danmark
Hemsida:	www.watergroup.dk
Antal anställda:	– personer
Grundat:	–
Tillhör grupp etc:	Är en grupp av skandinaviska företag
Omsättning:	Säljer t ex Noxon i sina projekt
Kontakt/uppgifter:	Erik Mørkøv Christiansen
Referenser (biogas):	Kurana, Litauen, 292 000 ton/år, 2010
Referenser (övrigt):	–
Kommentar:	Är en grupp av företag som kan leverera kompletta delar till en anläggning.

WATERleau

Typ av företag:	Konsult
Typ av utrustning:	Biogas- och separationsanläggningar
Adress:	Herent, Belgien
Hemsida:	www.water-leau.com
Antal anställda:	225 personer
Grundat:	2000
Tillhör grupp etc:	Biotim® Industrial tillhör Waterleau Group.
Omsättning:	55 m€
Kontakt/uppgifter:	–
Referenser (biogas):	Valmass, Belgien, 80 000 ton/år, 2008 Binergy, Belgien, 120 000 ton/år, 2009
Referenser (övrigt):	Många olika applikationer, från destillerier till avloppsrening.
Kommentar:	Svårt att komma i kontakt med företaget. Huruvida ovanstående referenser utgör återvinning/förädling av näring i rötrest är oklart

Bilaga 9

Leverantörer biogödsel­förädling

BUDGETOFFERTFÖRFRÅGAN

SWECO Environment AB

Uppdragsnummer 1834320000

1	INTRODUKTION	2
2	PROCESSALTERNATIV	3
2.1	Processbeskrivning	3
2.1.1	Bilaga 4 Produktlinje 1	3
2.1.2	Bilaga 5 Produktlinje 2	4
2.1.3	Bilaga 6 Produktlinje 3	4
2.1.4	Bilaga 7 Produktlinje 4	4
2.1.5	Bilaga 8 Produktlinje 5	4
2.1.6	Bilaga 9 Produktlinje 6	5
2.1.7	Bilaga 10 Produktlinje 7	5
3	MATERIALVAL OCH LEVERANSGRÄNSER	6
3.1	I offerten skall anges	6
3.2	Leveransgränser	6
3.3	Mekanisk installation	6
3.4	Elektrisk installation	7
3.5	Anslutningar	7
3.6	Krav på utrustning gällande EG-standard	7

Bilaga 1 Formulär utrustning

Bilaga 2 Insatsvaror/produkter för process

Bilaga 3 Inkommande fraktioner (uppgifter från beställaren)

1 INTRODUKTION

Rötrester från biogasanläggningar avvattnas generellt inte. Istället sprids de direkt på åkermark eller motsvarande. Förutom transporter av stora mängder vatten behöver rötresten lagras vid de tidpunkter då det inte är aktuellt (eller tillåtet) att sprida rötresten.

Flera anläggningar som planeras i södra Sverige idag kommer att vara placerade på ett sådant sätt eller vara stora att det är svårare att få avsättning för rötresten på nära håll. Det kan också finnas ett syfte att fraktionera upp rötresten eftersom den fosforfattiga fraktion kan spridas inom en mindre radie (normalt är fosfor begränsande när det gäller spridning på svensk jordbruksmark).

Svenskt Gastekniskt Center har tillsammans med EON Gas, Nordisk Etanol & Biogas AB, Göteborgs Energi, Lantmännen och Avfall Sverige drivit ett projekt i syfte att få fram tänkbara leverantörer av utrustning för att förädla rötresten (särskilt rejektivattnet). Nästa steg för att gå vidare är att få in budgetpriser på utrustning och eventuellt även köra pilotförsök med de mest intressanta alternativen.

Den anläggning som budgetofferten avser kommer att producera ca **xxx xxx** ton rötrest. Med avseende på ursprung och sammansättning, se bilaga 3.

2 PROCESSALTERNATIV

Budgetoffertförfrågan är främst gjord för att få en bild av vilka insatsvaror som krävs och vilka produkter som man kommer att få ut från processen. Utgångspunkten är att frågorna i bilaga 1 och 3 (se även bilaga 2) skall besvaras.

I de fall då information saknas eller då pilotkörning är nödvändig för att få fram uppgifter, ange detta i offerten.

2.1 Processbeskrivning

För att minska kostnaderna för rötresten i samband med transport och lagring under icke-spridningssäsong finns det en rad tänkbara tekniker. Budgetofferten efterfrågar utrustning/system som gör att större delen av rötrestens näringsämnen kan utnyttjas. Främst då fosfor och kväve.

För att den som skall utvärdera utrustningen lättare skall kunna jämföra olika förslag föreslås att utrustningen beskrivs utifrån de produktlinjer som bifogas (bilaga 4-10). Processen behöver då inte närmare beskrivas. Observera att utrustningen inte behöver vara en komplett produktlinje utan kan vara ett delsteg, t ex ”Indunstning av rejektvatten, produktlinje 1”

Om processen däremot i väsentligt avviker från alla de alternativ som finns angivna i de olika produktlinjerna måste processen beskrivas översiktligt så att den som läser offerten kan skaffa sig en bild av vad som händer i processteget. Detta gäller även eventuellt patenterade eller varumärkesskyddade processer.

Nedan beskrivs de olika tänkbara produktlinjerna.

2.1.1 Bilaga 4 Produktlinje 1

Slamavvattning – Indunstning

Slamavvattning skall ske utan polymer för att slammet skall ha maximal potential för att få spridas på all åkermark.

Indunstningen skall ske till den nivå som är ekonomiskt försvarbar. Mindre volym (transportkostnader) får vägas mot högre energikostnad/driftproblem.

2.1.2 Bilaga 5 Produktlinje 2

Slamavvattning – Indunstning – Torkning

Slamavvattning skall ske utan polymer för att slammet skall ha maximal potential för att få spridas på all åkermark.

Indunstningen skall ske till den nivå som är ekonomiskt försvarbar. Mindre volym (transportkostnader) får vägas mot högre energikostnad/driftproblem.

Torkning av den indunstade vätskan, antingen separat eller tillsammans med det avvattnade slammet.

2.1.3 Bilaga 6 Produktlinje 3

Slamavvattning – Ultrafilter – Omvänd osmos

Slamavvattning skall ske utan polymer för att slammet skall ha maximal potential för att få spridas på all åkermark.

Ultrafilter och omvänd osmos skall ske till den nivå som är ekonomiskt försvarbar. Mindre volym (transportkostnader) får vägas mot högre energikostnad/driftproblem.

2.1.4 Bilaga 7 Produktlinje 4

Slamavvattning (Kalk) – Ammoniakstripping – Omvänd osmos

Slamavvattning. Tillsatts kalk i rejektivattnet för att få högt pH, och sedan ytterligare slamavvattning.

Stripping som metod för att avskilja löst ammoniumkväve.

Omvänd osmos som metod för att reducera mängden rejektivatten som skall behandlas med biologisk rening eller återanvändas i processen.

2.1.5 Bilaga 8 Produktlinje 5

Slamavvattning – Struvitfällning – Jonbytare

Slamavvattning skall ske utan polymer för att slammet skall ha maximal potential för att få spridas på all åkermark.

Struvitfällning för att avskilja fosfor.

Jonbytare för att avskilja ammoniumkväve.

2.1.6 Bilaga 9 Produktlinje 6

Slamavvattning (kalk) – Ammoniakstripping – Avloppsrening

Slamavvattning med kalk för att få god avskiljningsgrad och för att få högt pH i rejektivattnet.

Stripping som metod för att avskilja löst ammoniumkväve.

Avloppsrening av återstoden.

2.1.7 Bilaga 10 Produktlinje 7

Slamavvattning (kalk) – Ammoniakstripping – Avloppsrening

Slamavvattning skall helst ske utan polymer. Anledning är att slammet skall vara fritt från polymer för att det skall ha maximal potential för att få spridas på all åkermark.

Struvitfällning för att avskilja fosfor.

Fortsatt hantering av återstoden.

3 MATERIALVAL OCH LEVERANSGRÄNSER

För att det ska vara möjligt att jämföra olika tekniker och leverantörer måste vissa krav ställas på offerterna som lämnas.

De material som skall användas till utrustningen måste anges. Föreslagna material antas vara de bäst lämpade för den föreslagna processen.

Frågorna skall ses som totalåtagande, om inget annat anges förväntas all nödvändig utrustning vara inkluderad. Vid nödvändig, tillkommande utrustning kommer beställaren själv att göra antagande om kostnad.

3.1 I offerten skall anges

Investeringskostnad.

Underhållskostnad, t ex specificerat eventuellt byte av filter.

Garantier.

Specifikation av utrustning, installerad effekt och insatsvaror enligt bilaga 1.

Specifikation av produkt och rejekt enligt bilaga 3.

3.2 Leveransgränser

Beställaren leder fram oavvattnad rötrest från biogasanläggningen till en leveranspunkt. Rötresten har specifikation enligt bilaga 3.

Beställaren leder fram el, vatten, avlopp och värme till en anslutningspunkt för processen.

Förutsättningen för offerten är att mark- och byggarbeten utförs av beställaren. Förfrågan gäller enbart processutrustning och dess montage/installation.

3.3 Mekanisk installation

Samtliga installationer förutsätts vara utförda inklusive erforderliga ventiler, filter, pumpar etc.

Materialval mediaberörda delar skall anges på offerten (bilaga 1).

Pumpar och ventiler skall vara anpassade till de aktuella tryck och media som kan förekomma i varje anläggningsdel.

3.4 Elektrisk installation

Leverans av samtliga mätgivare, gränslägen m.m. som inkopplas på respektive objekt ingår. Motorer för styrning och reglering, elektriska och pneumatiska ställdon för, skruvar m.m., magnetventiler, pilot-alternativt huvudventiler för styrning av olika utrustningar.

Erforderliga frekvensomformare anpassade till aktuell motordrift skall ingå i offerten

Kompleta automatikskåp samt komplett installation av el- och styr skall vara inkluderad.

3.5 Anslutningar

Offerten skall innehålla en lista där krav på anslutningar finns.

- Matningsspänning (V, A)
- Ånga (bar, Q_{max})
- Spolvatten (tryck, Q_{max})
- Hetvatten (°C, Q_{max})

3.6 Krav på utrustning gällande EG-standard

All utrustning (inkl sammansatta system) skall vara märkt med EG-symbolen CE.

Intyg om överensstämmelse med maskin-, lågspännings- och EMC-direktiv.

Bilaga 1

Formulär utrustning

1 Bilaga 1 Formulär utrustning

1.1 Utrustning

Maskin:

Fabrikat/typ:

Kapacitet (m³ rötrest/år):

Material:

Funktion (produktlinje):

Kringutrustning:

Leveransgräns (om avvikande):

Styrning och övervakning (system, modell):

Märkeffekt (kW):

Ljudnivå (dBA):

1.2 Insatsvaror

Kemikalie 1 (kg/d, %, p):

Kemikalie 2 (kg/d, %, p):

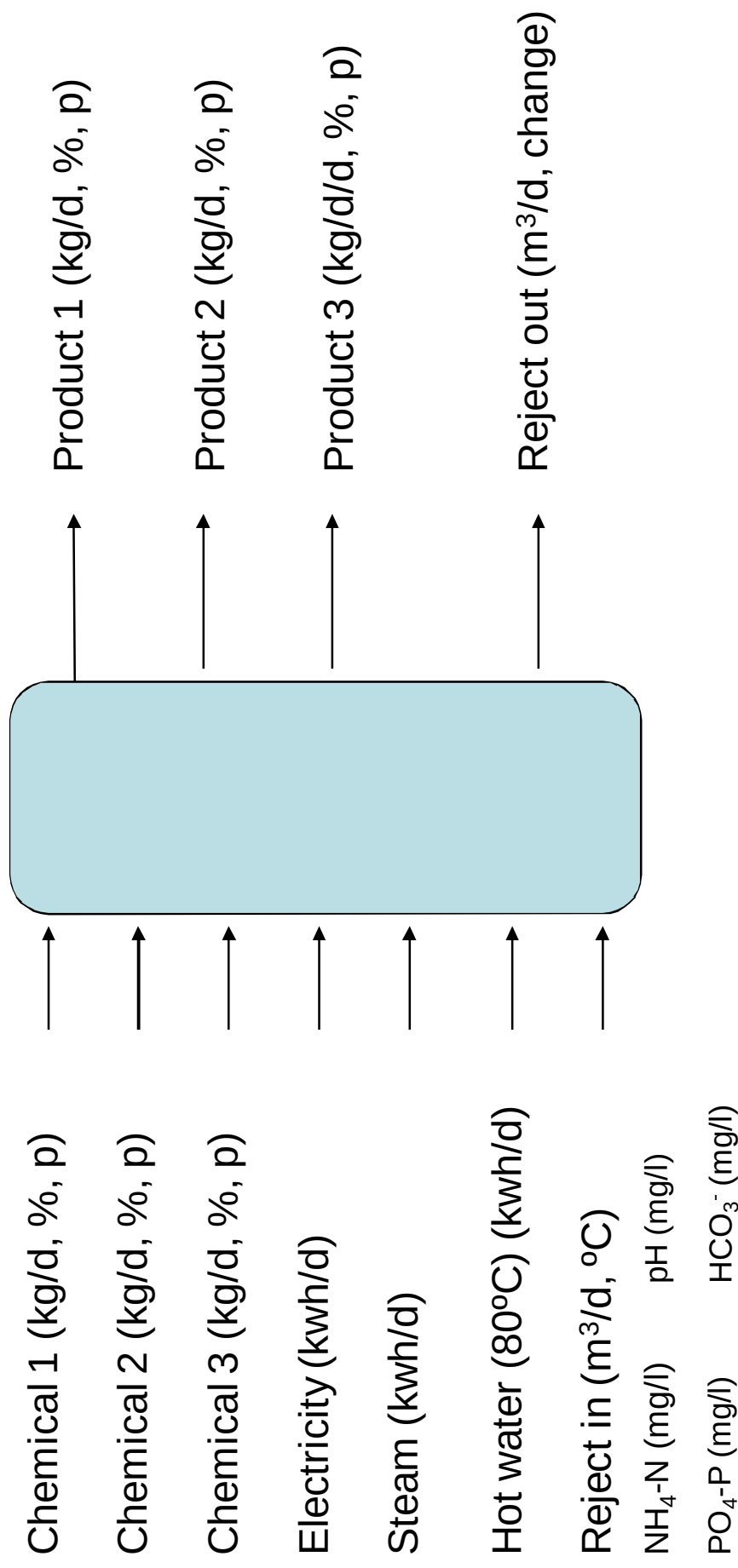
Kemikalie 3 (kg/d, %, p):

Elenergiåtgång (kWh/d):

Ånga (kWh/d, flöde, tryck):

Hetvatten (80°C) (kWh/d):

Bilaga 2 – Insatsvaror/produkter för process



Chemicals and products should be specified with respect to Name (NaOH, H₂SO₄ etc), Amount (kg/d), Concentration (%) and Phase (liquid, solid etc). If there is no further explanation – water solution.

Reject in – according to excel file

Reject out – changes in composition

Bilaga 3

Inkommande fraktioner

Utgående fraktioner

1.1 Inkommande fraktioner – fylls i av beställaren

Typ av produkt: Oavvattnad rötrest

Typ av använt substrat:

Mängd	ton/år
Max mängd	ton/dygn
Min mängd	ton/dygn
Medeltemperatur	°C
Max temp	°C
Min temp	°C
TS-halt	%
Kväve	mg N-tot/l
Ammonium	mg NH ₄ -N/l
Fosfor	mg P-tot/l
Fosfat	mg PO ₄ -P/l
Kalium	mg K/l
Kalcium	mg Ca/l
Magnesium	mg Mg/l
Alkalinitet	mg HCO ₃ /l
pH	

Typ av produkt: Avvattnad rötrest

Typ av använt substrat:

Använd koagulant vid avvattning:

Mängd	ton/år
Max mängd	ton/dygn
Min mängd	ton/dygn
Medeltemperatur	°C
Max temp	°C
Min temp	°C
TS-halt	%
Kväve	mg N-tot/l
Ammonium	mg NH ₄ -N/l
Fosfor	mg P-tot/l
Fosfat	mg PO ₄ -P/l
Kalium	mg K/l
Kalcium	mg Ca/l
Magnesium	mg Mg/l
Alkalinitet	mg HCO ₃ /l
pH	

Typ av produkt: Rejektvatten avvattning

Typ av använt substrat:

Använd koagulant vid avvattning:

Mängd	ton/år
Max mängd	ton/dygn
Min mängd	ton/dygn
Medeltemperatur	°C
Max temp	°C
Min temp	°C
TS-halt	%
Kväve	mg N-tot/l
Ammonium	mg NH ₄ -N/l
Fosfor	mg P-tot/l
Fosfat	mg PO ₄ -P/l
Kalium	mg K/l
Kalcium	mg Ca/l
Magnesium	mg Mg/l
Alkalinitet	mg HCO ₃ /l
pH	

1.2 Utgående fraktioner – fylls i av leverantören

Produkt 1

Typ av produkt:

Mängd	ton/år
Max mängd	ton/dygn
Min mängd	ton/dygn
Medeltemperatur	°C
Max temp	°C
Min temp	°C
TS-halt	%
Kväve	mg N-tot/l
Ammonium	mg NH ₄ -N/l
Fosfor	mg P-tot/l
Fosfat	mg PO ₄ -P/l
Kalium	mg K/l
Kalcium	mg Ca/l
Magnesium	mg Mg/l
Alkalinitet	mg HCO ₃ /l
pH	

Produkt 2

Typ av produkt:

Mängd	ton/år
Max mängd	ton/dygn
Min mängd	ton/dygn
Medeltemperatur	°C
Max temp	°C
Min temp	°C
TS-halt	%
Kväve	mg N-tot/l
Ammonium	mg NH ₄ -N/l
Fosfor	mg P-tot/l
Fosfat	mg PO ₄ -P/l
Kalium	mg K/l
Kalcium	mg Ca/l
Magnesium	mg Mg/l
Alkalinitet	mg HCO ₃ /l
pH	

Produkt 3

Typ av produkt:

Mängd	ton/år
Max mängd	ton/dygn
Min mängd	ton/dygn
Medeltemperatur	°C
Max temp	°C
Min temp	°C
TS-halt	%
Kväve	mg N-tot/l
Ammonium	mg NH ₄ -N/l
Fosfor	mg P-tot/l
Fosfat	mg PO ₄ -P/l
Kalium	mg K/l
Kalcium	mg Ca/l
Magnesium	mg Mg/l
Alkalinitet	mg HCO ₃ /l
pH	

Rejektvatten

Mängd	ton/år
Max mängd	ton/dygn
Min mängd	ton/dygn
Medeltemperatur	°C
Max temp	°C
Min temp	°C
TS-halt	%
Kväve	mg N-tot/l
Ammonium	mg NH ₄ -N/l
Fosfor	mg P-tot/l
Fosfat	mg PO ₄ -P/l
Kalium	mg K/l
Kalcium	mg Ca/l
Magnesium	mg Mg/l
Alkalinitet	mg HCO ₃ /l
pH	
BOD ₇	mg/l
COD _{Cr}	mg/l
SS	mg/l

Bilaga 10 Antagande resursförbrukning

För att kunna jämföra de olika processlinjerna utifrån resursförbrukning och värde produkter har schablonmässiga beräkningar utförts.

Samtliga resursbehov utgår ifrån samma fiktiva rötrest (se kap 5 Behov av insatsvaror och producerade fraktioner).

Beräkningarna bygger på en rad antagande, både specifika kostnader och förbrukningar.

Uppgifterna kommer bland annat från projektmedlemmar, leverantörer, rapporter eller analysresultat. Beräkningarna av detta slag kan anses vanskliga, men som känslighetsanalysen i kapitel 5 visar behövs det mycket stora fel i antagande rörande en viss insatsvara för att det skall bli stora fel i slutresultatet. Anledningen är att samtliga de tekniker som granskats har behov av en rad olika insatsvaror.

MASKINELLA INSTALLATIONER

TS-halt avvattnat slam (centrifug + polymer)	25 %
TS-halt avvattnat slam (kammarfilterpress + kalk)	53 %
Energiförbrukning centrifug	1,7 kwh/m ³
Energiförbrukning kammarfilterpress	1,5 kwh/m ³
Avskiljningsgrad centrifug (med polymer)	98 %
Avskiljningsgrad centrifug (utan polymer)	70 %
Avskiljningsgrad kammarfilterpress (med polymer)	97 %
Energiförbrukning (el) indunstning	18 kwh/ton
Energiförbrukning (termisk) indunstning	12 kwh/ton
Energiförbrukning (el) slamtorkning	23 kwh/ton
Energiförbrukning (termisk) slamtorkning	40 kwh/ton
Energiförbrukning (el) Ultrafilter + Omvänd osmos	25 kwh/ton
Energiförbrukning (el) stripping	0,5 kwh/ton
Energiförbrukning (el) Omvänd osmos	10 kwh/ton

PH-JUSTERING

Beräknad tillsats för att justera pH i rejektvatten med 3000 mg NH₄-N/l.

Tillsats bränd kalk slam, start till pH 11	12,7 kg/m ³
Tillsats H ₂ SO ₄ , start till 6,5	3,3 kg/m ³
Tillsats H ₂ SO ₄ , start till 5	9,0 kg/m ³

Tillsats H_2SO_4 , start till 2	13,6 kg/m ³
Tillsats H_2SO_4 , 11 till 6,5	12,6 kg/m ³
Tillsats H_2SO_4 , 11 till 5	15,1 kg/m ³

ANTAGANDE PRODUKTINNEHÅLL

Koncentration $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (linje 4)	47 vikt%
Koncentration NH_4NO_3 (linje 6)	55 vikt%



Scheelegatan 3, 212 28 Malmö • Tel 040-680 07 60 • Fax 040-680 07 69
www.sgc.se • info@sgc.se
