

RE: SOURCE

Slutrapport för projekt

Slamproduktifiering – utveckling av ett koncept för uppgradering av rötslam till en kommersiell produkt (SLURP)

Projektperiod: 2016-07-01 – 2019-06-30
Projektnummer: P42479-1

Med stöd från

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

FORMAS 

**Strategiska
innovations-
program**

Slamproduktifiering – utveckling av ett koncept för uppgradering av rötslam till en kommersiell produkt (SLURP)

Sludge commoditisation – development of a concept for refining sludge to a commercial product (SLURP)

Titel på projektet – svenska Slamproduktifiering – utveckling av ett koncept för uppgradering av rötslam till en kommersiell produkt (SLURP)
Titel på projektet – engelska Sludge commoditisation – development of a concept for refining sludge to a commercial product (SLURP)
Universitet/högskola/företag SLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Adress 901 83 Umeå
Namn på projektledare Michael Finell
Namn på ev övriga projektdeltagare Robert Samuelsson (SLU), Torgny Mossing (SLU), Gunnar Kalén (SLU), Markus Segerström (SLU), Ulla-Britt Östman (SLU), Carina Jonsson (SLU), Christian Hagelberg (Norrmejerier ek för), Erik Bäcklund (Airgrinder AB)
Nyckelord: 5-7 st rötrest, slam, torkning, flockningskemikalier, polyakrylamid, tannin

Förord

Detta projekt har genomförts av SLU och var finansierat av Energimyndigheten tillsammans med Airgrinder AB och Norrmejerier ek för. Airgrinder AB har bidragit genom att låna ut en tornadotorkmaskin till SLU under projektperioden och Norrmejerier har bidragit med förstudien, arbetstid och leverans av slam för försöken.

Innehållsförteckning

Genomförande, förstudie hos Norrmejerier	7
Bakgrund.....	7
Syfte	7
Avgränsningar.....	8
Genomförande, Tornadotorkning av slam från Norrmejerier.....	8
Beskrivning av processen	8
Torkförsök 1, flytande slam.....	9
Torkförsök 2, slam blandat med torkad bark.....	9
Torkförsök 3, avvattnat slam blandat med blöt bark	10
Genomförande, karakterisering och nya produkter	10
Karakterisering, N och P.....	10
Komposteringsförsök.....	10
Pelleteringsförsök	12
Genomförande, nya miljövänliga flockningskemikalier	12
Norrmejeriers process	12
Genomförande, ekonomisk utvärdering	13
Resultat och diskussion, förstudie hos Norrmejerier	13
Regler för rötrestanvändning hos mjölkbönder	13
Resultat och diskussion, Tornadotorkning av slam från Norrmejerier.....	15
Torkförsök 1, flytande slam.....	15
Torkförsök 2, slam blandat med torkad bark.....	16
Torkförsök 3, avvattnat slam blandat med blöt bark	17
Resultat och diskussion, karakterisering och nya produkter.....	18
Karakterisering, N och P.....	18
Kompostering.....	19
Pelleteringsförsök	21
Resultat och diskussion, nya miljövänliga flockningskemikalier.....	22
Avlopp från uppsamlingstanken	22
Avlopp från mejeriet.....	25
Resultat och diskussion, ekonomisk utvärdering.....	26
Kostnader för SPCR 120 - certifiering	26
Certifierat biogödsels mervärde hos mjölkbonden	27
Tornadotorkning av slam	27
Tornadotorkning av slam från Norrmejerier.....	28
Karakterisering och nya produkter	28
Nya miljövänliga flockningskemikalier.....	29
Ekonomisk utvärdering.....	30

Sammanfattning

Norrmejerier utvinna sedan år 2005 biogas ur vasslen från sin osttillverkning. På detta sätt är Umeå mejeri till stor del självförsörjande med energi och restprodukterna kan bli en tillgång istället för en miljöbelastning. En kontinuerlig ström av rötrest (slam) tas ut från biogasprocessen. Detta görs genom att tillsätta en polymer i det utgående flödet från biogasreaktorn. Polymeren gör att det bildas partiklar som binder till varandra och skapar större sammanhängande aggregat eller flockar. Rötresten tas nu inte tillvara utan deponeras till en hög kostnad. Målet med detta projekt har varit att ta fram underlag för hur rötresten ska omvandlas till en hanterbar produkt för återcirkulation som t.ex. gödningsmedel.

Vi har undersökt möjligheten att blanda rötresten med bark och därefter använda ny teknik (Tornadotorkning) för att torka slam-/barkblandningen. Ett annat alternativ vi har undersökt är att kompostera slam-/barkblandningen.

Polymeren som används som flockningsmedel, polyakrylamid (PAM), är icke önskvärd i slutprodukten. Vi har därför testat nya miljövänliga tanninbaserade flockningsmedel som ersättning för PAM.

Resultaten visade att Tornadotorkning av rötresten inte är ett ekonomiskt hållbart alternativ. Kapaciteten i torkprocessen är inte tillräckligt hög för detta material, vilket gör att torkningskostnaden blir för hög.

Kompostering av rötslam tillsammans med bark är ett alternativ som kan vara intressant för Norrmejerier. Planer att testa detta i större skala finns.

Att ersätta PAM med tanninbaserade flockningsmedel ser också lovande ut. Våra försök har lett till att flera nya projekt kring användning av tanniner för rening av olika avloppsströmmar har initierats. Tester i större skala med tanninbaserade flockningskemikalier planeras.



Norrmejeriers rötrest på transportband till Tornadotorkningen. Ett mindre lyckat försök där allt material fastnade på transportbandet.

Sludge from Norrmejerier on a conveyor belt to the Tornado dryer. A less successful attempt where all material got stuck on the conveyor belt.

Summary

Since 2005 Norrmejerier has been extracting biogas from the whey from its cheese production. In this way, Umeå dairy is largely self-sufficient with energy and the residual products can become an asset instead of an environmental burden. A continuous stream of residue (sludge) is extracted from the biogas process. This is done by adding a polymer in the outgoing flow from the biogas reactor. The polymer creates particles that bind to each other and create larger cohesive aggregates or flocks. The residue (sludge) is at the moment not used and is deposited at a high cost. The aim of this project has been to produce a basis for how the digestate should be converted into a manageable product for recirculation such as a fertilizer.

We have investigated the possibility of mixing the residue with bark and then using new technology (Tornado drying) to dry the sludge/bark mixture. Another option we have investigated is to compost the sludge/bark mixture.

The polymer used as a flocculant, polyacrylamide (PAM), is undesirable in the final product. We have therefore tested new environmentally friendly tannin-based flocculants as a replacement for PAM.

The results showed that Tornado drying of the residue sludge is not an economically viable alternative. The capacity of the drying process is not high enough for this type of material, which means that the drying cost becomes too high.

Composting of sludge together with bark is an option that may be interesting for Norrmejerier. Plans to test this on a larger scale exist.

Replacing PAM with tannin-based flocculants also looks promising. Our attempts have led to the initiation of several new projects concerning the use of tannins for the purification of various sewage streams. Large-scale tests with tannin-based flocculation chemicals are planned.

Inledning och bakgrund

Norrmejerier utvinna sedan år 2005 biogas ur vasslen från sin osttillverkning. På detta sätt är Umeå mejeri till stor del självförsörjande med energi och restprodukterna blir en tillgång istället för en miljöbelastning. En kontinuerlig ström av rötrest tas ut från biogasprocessen. Detta görs genom att tillsätta en polymer i det utgående flödet från biogasreaktorn. Polymeren gör att det bildas partiklar som binder till varandra och skapar större sammanhängande aggregat eller flockar. Denna rötrest går via en silbandspress som pressar ur vattenfasen och ger den slutliga rötresten en torrsubstanshalt på 15-20 %. Rötresten kräver dock en hygieniseringsprocess för att uppfylla kraven för certifiering av rötslam som ska spridas på jordbruksmark. Ett annat problem är polymeren som används som flockningskemikalie, polyakrylamid, som inte heller är önskvärd i material som ska spridas på åkermark. Rötresten har tidigare används som näringsförstärkare vid rörfbensodling samt vid kompostering. Skärpta miljökrav har dock gjort att det för närvarande är ett problem att bli av med slammet. Slammet karaktäriseras av höga halter av närsalter N, P, låga halter av toxiska tungmetaller och är i övrigt mineralrikt.

Målet är att rötresten ska certifieras, återcirkuleras och användas som gödningsmedel vid t.ex. spannmålsodling och potatisodling eller som skogsgödsling. Norrmejerier kommer att utföra en förstudie som en del av detta projekt som skall svara på certifieringsförutsättningar eller alternativa vägar för kvittblivning av obehandlat avloppsslam.

Företaget Airgrinder AB har utvecklat en teknik baserad på höghastighetscyklontorkning (Tornado-tork) som har testats bl.a. på olika slammaterial. Förutom att materialet torkas i processen så får man också en malningseffekt och en fraktioneringseffekt där den grövsta fraktionen tas ut i botten av apparaten och den finaste fraktionen går ut i toppen av apparaten och skiljs av på ett filter. I denna process kommer materialet inte i direkt kontakt med värmeöverförande ytor utan följer med och torkas av luftströmmen och problem med igensättningar och dålig värmeöverföring kan undvikas. Preliminära försök med torkning av Norrmejeriers rötslam med Tornadotekniken (mycket låg torrsubstans ca 5 %) visade att det är möjligt att torka detta material. Företaget Airgrinder AB anser att detta projekt är så pass intressant att man ställer en fullskalig Tornadotork till projektets förfogande, placerad hos SLU, Biobränsletekniskt Centrum i Umeå. Torkapparaten är försedd med avancerad mätutrustning och det är möjligt att variera processluft och inmatning mycket noggrant för att möjliggöra optimeringsförsök för olika material.

Polyakrylamid (PAM) är den vanligaste polymerer vid avvattning/förtjockning. Eftersom den är förknippad med restriktioner när det gäller återförsel är det angeläget att använda andra mer miljövänliga polymerer. PAM kan t.ex. ersättas med stärkelse, tanniner eller ligninbaserade polymerer.

Forskargruppen vid SLU, institutionen för skogens biomaterial och teknologi har mycket stor erfarenhet av karakterisering och förädling av olika typer av biomassa.

Vid institutionen har tidigare projekt visat att returfiberslam och mixat bioslam från massa- och pappersindustrin framgångsrikt kan torkas med tornadoteknik i full skala (ca 400 kg slam/h) med en energiåtgång mellan 0,4 och 1,8 kWh/kg avdrivet vatten. Processen är dock beroende av att man har tillgång till spillvärme för att värma processluften till 40-60 °C.

Genomförande

Genomförande, förstudie hos Norrmejerier

Förstudien skall utmynna i ett underlag för beslut med inriktning recirkulation av hygieniserad biomassa till Norrmejeriers ägare. Förstudien skall utreda tillgång och efterfrågan på marknaden och val av hygieniseringsmetod knuten till lagstiftning. Förstudien skall också svara på certifieringsförutsättningar eller alternativa vägar för kvittblivning av obehandlat avloppsslam. Detta arbetspaket utförs av Norrmejerier.

Bakgrund

Norrmejeriers vattenrening, vid mejeriet i Umeå, renar det spillvatten som uppkommer vid produktion av mejerivaror från invägd mjölkråvara. Vattenreningen innefattar, bland annat, en linje där det smutsigaste spillvattnet renas via rötning. I rötningen bildas Biogas som används i mejeriet för generering av 27 bars ånga. Rötningens process genererar också en rötrest. Denna rötrest karaktäriseras idag som ett obehandlat avloppsslam. Karaktäriseringen som obehandlat avloppsslam kommer av att det kommer in spillvatten från en bilvätt, humanavlopp samt att rötresten inte hygieniseras.

Kvittblivningen av denna rötrest sköttes mellan 2012 – 2016 av RagnSells. RagnSells har upplevt stora problem med omhändertagandet och sin kvittblivning av detta. Därför sade de upp avtalet för detta under 2016. Detta ledde till att en ny upphandling kring Norrmejeriers kvittblivning av rötrest sattes igång under 2016. Upphandlingen resulterade i ett avtal med Swoosh i Umeå för kvittblivning av rötresten. Oavsett avtal med RagnSells eller Swoosh så är kvittblivningen av rötresten från vattenreningen vid Umeå mejeri att betrakta som osäker, kortsiktig och kostsam.

Norrmejerier har ett mål att vara ett kretsloppsmejeri. Rötresten, som uppkommer vid vattenreningen på mejeriet i Umeå, ingår i detta kretsloppstänkande. Idén är att denna, förhållandevis växtnäringsrika, rötrest skulle kunna cirkuleras tillbaka till Norrmejeriers ägare och där betinga ett värde som ersättning för konstgödsel. Idag är det mycket oklart kring detta. Denna förstudie startades för att reda ut vad som krävs för att få till denna cirkulation tillbaka till Norrmejeriers ägare och om det finns något mervärde för dem.

Syfte

Denna förstudie syftar till att:

- Reda ut vad som krävs för att kunna cirkulera rötresten från Vattenreningen vid Umeå mejeri tillbaka till Norrmejeriers ägare. Det vill säga vad krävs för att få rötresten att bli en del av kretsloppsmejeriet.
- Utreda nyttan av en cirkulerad rötrest för Norrmejeriers ägare.

Avgränsningar

Denna förstudie ämnar endast utreda vad som krävs för att Norrmejerier ska få en SPCR 120 – certifierad rötrest. Förstudien berör därmed inte vattenreningen och eventuell slamproduktion vid någon annan av Norrmejeriers anläggningar.

Genomförande, Tornadotorkning av slam från Norrmejerier

Slam tas ut efter rötningen, i första hand efter filterpressen men också andra positioner kan bli aktuella. För att höja torrhalten och förbättra ev. efterföljande processbarhet har också slammet blandats med bark, både torkad och fuktig. Torkprocessen har optimerats för varje materialblandning med avseende på energiåtgång och utgående torrhalt. Detta arbetspaket har utförts av SLU i samverkan med Airgrinder AB och Norrmejerier.

Beskrivning av processen

Tornadotorkanläggningen, Figur 1, består av en högtrycksfläkt, som matar in luft med hög hastighet in i en reaktor. Det processade materialet matas in i en gaskanal via en cellmatare och blandas in i gasflödet. I en industriell Tornadoanläggning är gasflödet 30 000 Nm³/h och gashastigheten ca 110 m/s vid inloppet till reaktorn. I cyklonkroppen torkas och krossas materialet. Materialets uppehållstid i tornadoreaktorn är mycket kort, mindre än en sekund. I hela anläggningen är uppehållstiden mindre 10 sekunder.

Det skapas en vortexströmning i reaktorns koniska del varvid en yttre kraftfull luftvirvel följer periferin runt mot botten av reaktorn. När strömningen träffar botten, ändras rotationsriktningen abrupt och i mitten av reaktorn skapas det ett högt vakuum. Stora variationer i rotationshastigheten och tryckgradienten orsakar kraftiga vibrationer i det behandlade materialet, som sönderdelas. Förångade gaser och de finaste partikelfraktionerna sköljs ut från reaktorn genom övre delen av reaktorn. Den utströmmande fina partikelfractionen samlas in i ett filter (rejekt). Det torkade och krossade materialet faller sedan neråt genom utloppet i reaktorns nedre del och förs bort från reaktorn via ett transportband och samlas i en behållare (accept).

Utrustningen som producerar förvärmad processluft består av en fastbränslepanna som kan förvärma luften till ca 90°C.



Figur 1. Schematisk skiss av en Tornadotorkanläggning

Torkförsök 1, flytande slam

De första försöken med cyklontorkning av slam från Norrmejeriers biogasreaktor gjordes på ett slam med en torrsubstanshalt på 5,3%. Slammet levererades med tankbil och förvarades i kylcontainer innan försöket. I detta försök pumpades slammet i flytande form in i tornadotorken.

Torkförsök 2, slam blandat med torkad bark

Slammaterialet till försöket, vilket hade en torrhalt på ca 6 %, levererades av Norrmejerier. Substraten i form av tallbark och restfiber levererades av Rebio AB respektive SCA Obbola AB och torkades till 95 % torrhalt. Barken sönderdelades sedan i en riv (Lindner Micromat 2000) till < 15 mm medan fiberresten maldes i en hammarkvarn (Bühler DFZK 1) med 4 mm såll. Slam och substrat blandades i en blandningsskruv (Figur 2). Slam/substratblandningarna tillverkades genom lämpliga proportioner av slam och fiberrest respektive bark. Inmatningen av blandningarna till cyklontorken gjordes med en bandtransportör och det torkade materialet samlades upp antingen i en tunna under cyclonen eller i rejektfiltret.

Torkförsök 3, avvattnat slam blandat med blöt bark

Slammaterialet i detta försök var avvattnat på Norrmejeriers silbandspress. För att kunna avvattna materialet behandlades det med 25-50 g polyakrylamid/ton TS. Det avvattnade slammets torrhalt hade en torrhalt på ca 13 %. Barken som användes var rå tallbark med en torrhalt på ca 40 %. Barken sönderdelades sedan i en riv (Lindner Micromat 2000) till < 15 mm. Slam och bark blandades i olika proportioner i en blandningsskruv (Figur 2). Inmatningen av blandningarna till cyklontorken gjordes med en bandtransportör och det torkade materialet samlades upp antingen i en tunna under cyclonen eller i rejektfiltret.



Figur 2. Blandningsskruv för blandning av slam och bark/fiberrejekt.

Genomförande, karakterisering och nya produkter

De torkade materialen karakteriseras med avseende på näringsinnehåll (framför allt N och P). För att underlätta lagring och hantering av materialet kan en efterbehandling i form av kompaktering vara nödvändig. Pelletering av det torkade materialet (slam-/barkblandningar) har genomförts och produkternas lagrings- och hanteringssegenskaper (densitet, hållfasthet) kommer att studeras. Detta arbetspaket utförs huvudsakligen av SLU.

Karakterisering, N och P

Sammanställning av analyser av N- och P-innehåll och askhalt i a) icke avvattnat rötslam, b) silbandspressat rötslam, c) bark, d) accept från tornadotorkad slam-/barkblandning, e) rejekt från tornadotorkad slam-/barkblandning. Förbehandlingen för tot-N är gjord enligt SIS SS-ISO 14255 och analysen är gjord med HACH kyvetttest, LCK338 LATON 20-100. Förbehandlingen för tot-P är gjord enligt SIS SS-ISO 11263 och analysen är gjord med HACH kyvetttest, LCK350 fosforreagens.

Komposteringsförsök

En metod som har prövats i projektet är kompostering av slammets och syftet med försöken var dels varit att hitta ett lämpligt substrat, dels att undersöka effekten av

viktiga experimentella parametrar. Slutmålet var att hitta en metod där komposteringen kan fortgå vid 70 °C under minst en timme, vilket är kravet för hygienisering för att slammet skall kunna användas kommersiellt.

Material

Slammaterialet till försöket, vilket hade en torrhalt på ca 6 %, levererades av Norrmejerier. Substraten i form av tallbark och restfiber levererades av Rebio AB respektive SCA Obbola AB och torkades vid 50 °C till ca 95 % torrhalt. Barken sönderdelades sedan i en riv (Lindner Micromat 2000) till < 15 mm varefter den sållades i 3 olika fraktioner; 10-15 mm, 4-10 mm och < 4 mm. Fiberresten maldes i en hammarkvarn (Bühler DFZK 1) med 4 mm såll.

Försöksupplägg

Slam och substrat blandades i en blandningsskruv (Figur 2).

Slam/substratblandningarna tillverkades genom lämpliga proportioner av slam och fiberrest respektive barkfraktioner så att man erhöll torrhalterna 30, 50 respektive 70 % i slutprodukterna (Tabell 1). I försöket med fiberrest undersöktes även effekten av tillsats av laktos.

Tabell 1. Försöksdesign för kompostering med a) tallbark som substrat och b) fiberrest som substrat.

Experiment a)	Torrhalt (%TS)	Barkfraktion (mm)	Experiment b)	Torrhalt (%TS)	Laktos (%)
BarkKomp 1	30	>10	FiberKomp 1	30	0
BarkKomp 2	50	>10	FiberKomp 2	50	0
BarkKomp 3	70	>10	FiberKomp 3	70	0
BarkKomp 4	30	4-10	FiberKomp 4	30	5
BarkKomp 5	50	4-10	FiberKomp 5	50	5
BarkKomp 6	70	4-10	FiberKomp 6	70	5
BarkKomp 7	30	<4			
BarkKomp 8	50	<4			
BarkKomp 9	70	<4			

Blandningarna med slam/bark beredd utomhus vid ca 0 °C, medan fiberrestblandningarna beredd inomhus vid ca 18 °C. 50 L av respektive slam/substratblandning placerades i var sin plastbalja, som sedan fick stå utan luftning vid 18 °C över ett veckoslut. Baljorna placerades därefter i ett utrymme med temperaturen 30 °C och luftades manuellt ca 2 ggr/dygn. Temperaturen i respektive balja mättes kontinuerligt med en termologger och tiden till maxtemperatur mättes från den första luftningen.

Pelleteringsförsök

Torkade slam-/barkblandningar från torkförsök 3 användes som råvara vid pelleteringsförsök. Accept- och rejektfraktionen från torkförsöken med de olika slam-/barkblandningarna slogs ihop och därefter krävdes ytterligare torkning (torkskåp användes i detta fall) för att uppnå lämplig fukthalt (ca 12 %) för pelletering. Slam-/barkblandningarna pelleterades i en SPC PP150 pelletspress försedd med en 50 mm matris, 8 mm pelletsdiameter. Då endast små mängder material fanns tillgängliga (ca 10 kg/material) handmatades materialet in i pelletspressen och någon systematisk studie av produktionskapacitet var inte möjlig att genomföra.

Genomförande, nya miljövänliga flockningskemikalier

Möjligheten att ersätta polyakrylamid (PAM) som nu används som flockningskemikalie har studerats i laboratorieskala. Mer miljövänliga flockningskemikalier såsom modifierade tanniner har testas. Detta arbetspaket utfördes huvudsakligen av SLU.

Norrmejeriers process

Norrmejerier, ett mejeri som producerar traditionella mejeriprodukter och genererar stora utsläpp med allmänt högt P, N och COD-innehåll. På grund av detta krävde kommunens vattenreningsverk att mejeriet ska bygga en effektiv rengöring av avloppsvattnet, vilket resulterade i en biogasanläggning som omvandlade de inkommande materialen, främst vassle och avloppsvatten från fabriken till biogas. Anläggningen har två huvudfunktioner, att generera biogas för energiproduktion och som avloppsreningsverk för att minimera avloppsvatten (P och COD) till den kommunala anläggningen. Det genomsnittliga flödet av avloppsvatten ut till det kommunala nätet är 50m³/h.



Figur 3. Biogasanläggningen med biogasreaktorer och uppsamlingstank för avloppsvatten (höger) och utrustning för blandning med $FeCl_3$ och PAM (vänster).

Biogasanläggningen behandlar olika typer av flöden från fabriken med en komplex intern recirkulation. Samlingstanken behandlar restflöden från produktion, tvätt, viloprodukter, m.m. Tanken luftas och flödet går till koagulering och flockning med $FeCl_2$ och PAM (Figur 3). Senare separerar en flotation slammet som delvis återvänder till biogasreaktorerna, från det rena avloppsvattnet som går till det kommunala nätet. Den grundläggande frågan här var om modifierade (katjoniserade) tanniner kan ersätta PAM som koagulations-/flockningskemikalier och med motiveringen att det skulle förenkla vidare användning av slammet.

Genomförande, ekonomisk utvärdering

Hela processen, inkluderande en ev. ombyggnad av slamhanteringsprocessen vid Norrmejerier, investering och drift av en Tornadotork samt återcirkulation av den torkade förädlade näringsförstärkaren till Norrmejeriers ägare kommer ekonomiskt att utvärderas och jämföras mot de kostnader som nu uppstår vid slamhanteringen. Detta arbetspaket utförs av SLU och Norrmejerier.

Uppgifter om slamhanteringskostnader har tagits fram av Norrmejerier, kostnader för tornadotorkning och investering har tagits fram av Airgrinder AB och de praktiska detaljerna som torkkapacitet, lämpliga materialblandningar, m.m. har tagits fram av SLU.

Resultat och diskussion

Resultat och diskussion, förstudie hos Norrmejerier

Regler för rötrestanvändning hos mjölkbönder

Användning av slam eller rötrest på en gård med mjölkproduktion regleras i LRF - mjölks policy "Sammanställning mejeribranschens policys 2016-04-20". Nedan ses vad som står i den angående användning av rötrest och slam:

Restprodukter (14 juni 2012)

Restprodukter, som har sitt ursprung i foder- eller livsmedelskedjan, får spridas på mjölkgårdar förutsatt att de är säkra utifrån både smittskyddsperspektiv och med avseende på främmande ämnen. Samma regler gäller vid odling av bete, vall, annat grovfoder eller rotfrukter för utfodring till nötkreatur för mjölkproduktion på andra gårdar än mjölkgården.

- Restprodukter ska hygieniseras enligt Jordbruksverkets rekommendationer.
- Rötrest från biogasanläggning (biogödsel) ska vara certifierad enligt SPCR120 med undantag från gårdsbiogasanläggningar, där dock endast restprodukter i listan över godkända substrat inom SPCR 120 får användas.
- En karenstid om ett år från spridning till skörd gäller vid användning av icke godkänd restprodukt.
- För spridning av aska ska gränsvärden för tillförsel av ämnen till åkermark följas. Aska får inte spridas på vall, bete, annat grovfoder och rotfrukter. Vid spridning av aska gäller ett års karenstid mellan spridning av aska och skörd av ovan nämnda grödor.

Slam (Mjölkgård def 4 juni 2015, 15 juni 2011)

Avloppsslam* ska inte spridas på mjölkgårdar. Avloppsslam ska inte heller spridas på mark där det odlas bete, vall, annat grovfoder eller rotfrukter för utfodring till nötkreatur för mjölkproduktion. För fält som tidigare gödslats med avloppsslam ska en väntetid gälla om minst tre år från spridningstillfället till skörd. I första hand gäller slamförbud även för övriga inköpta inhemska foderråvaror. Alternativt krävs att slammet kommer från REVAQ-certifierad anläggning.

Med mjölkgård avses den gård och de marker som mjölkleverantören brukar.

* Inkluderar även avloppsslam från REVAQ-certifierad anläggning.”

Polycyns regler kring användning av avloppsslam och restprodukter från foder- och livsmedelskedjan på mjölkgårdar medför att:

- Norrmejerier måste få sin rötrest klassificerad som biogödsel och inte som obehandlat avloppsslam.
- Biogödslet måste certifieras enligt SPCR 120. Inom ramen för SPCR 120 - certifieringen, kommer biogödslet att behöva hygieniseras enligt en av Jordbruksverkets godkända hygieniseringsmetoder.

SPCR 120 – certifiering

Biogödslet måste certifieras enligt SPCR 120 för att kunna återföras till mjölkbönder. Certifieringen i sig är inget lagkrav. Den har kommit till i andemeningen att kvalitetssäkra rötresten från anläggningar som inte rötter avloppsslam. Kvalitetssäkringen avser, bland annat, att spårbarhet och smittskydd upprätthålls av producenten.

Grundläggande förutsättningar för att Norrmejerier ska kunna SPCR 120 – certifiera sin rötrest är att humanavlopp från mejeriet och spillvatten från biltvätten inte går in i röttningsdelen av vattenreningen. Dessutom måste rötresten hygieniseras enligt en av Jordbruksverkets godkända metoder. Utöver detta får det inte tillsättas några tillsatser till substratet som inte är godkänt.

Polyakrylamid-baserade förtjockningsmedel får heller inte användas i den slutliga avvattningen av det hygieniserade biogödslet. Detta medför att ett biogödsel med förhållandevis låg torrsustans ska lagras hos, och transporteras från Norrmejerier till dess ägare. Jämfört med dagens kvittblivningssituation blir det inte färre transporter utan snarare mer.

Processlösning för Vattenreningen vid mejeriet i Umeå

För att få bort rötrestens stämpel som obehandlat avloppsslam så måste de humanavlopp, och det spillvatten som kommer från biltvätten, ledas förbi röttningsdelen av vattenreningen vid Umeå mejeri. Helst förbi hela spillvattenreningen. En del i denna förstudie har varit att ta fram en processlösning för detta.

För att få en verifiering på processlösningen som har föreslagits så har det parallellt förts diskussioner med SP (certifieringsorganet).

Slutsatser

Certifieringsorganet SP har gett Norrmejerier positiva förhandsbesked på alla, av de i förstudien framtagna, processlösningarna för att få ett SPCR – 120 – certifierat biogödsel.

Att investera i den processutrustning som behövs och att öka driftskostnaden för vattenreningen med motsvarande den kostnad som behövs för att få biogödslet certifierat enligt SPCR 120 gör inte att kvittblivningen blir långsiktigare och mindre kostsam.

Arbetet med denna förstudie har visat att en hygienisering och volymminskning av den rötrest som genereras ökar möjligheten att få en säker, mindre kostsam och långsiktig kvittblivning. Det vill säga att en SPCR – 120 – certifiering inte är nödvändig så länge som materialet inte ska tillbaka till mjölkgårdar.

Resultat och diskussion, Tornadotorkning av slam från Norrmejerier

Torkförsök 1, flytande slam

Tornadotorkningen genomfördes så att 80 minuter av kontinuerligt steady-state-förhållande uppnåddes. Under denna tid lades två mätperioder om vardera 9 och 10 minuter in. Redovisade resultat utgör medelvärden för erhållna resultat från dessa två mätperioder (Tabell 2). Allt material styrdes till cyklonens filter (rejekt). Det material som togs ut från filtret var i form av ett finfördelat pulver.

Tabell 2. Medelvärden torkförsök med flytande slam i tornadotork.

Matningshastighet (kg/timme)	1,6
Inloppstemperatur fläkt (°C)	85
Ingående luftflöde (Nm ³ /h)	11200
Temperatur efter fläkt (°C)	110
Temperatur efter filter (°C)	74
Relativ luftfuktighet efter filter (%)	4,7
Luftflöde efter filter (Nm ³ /h)	13600
Torrsubstanshalt i processat material (%)	94
Energieffektivitet fläkt (kWh/kg vatten)	1,3
Energieffektivitet totalt (kWh/kg vatten)	4,7

För att uppnå större energieffektivitet bör slammets torrsubstanshalt höjas innan tornadotorkning. Ett annat alternativ, ifall lägre torrsubstanshalt hos processat material tillåts, är att justera inställningarna så att en mindre andel hamnar i filtret och istället faller ut nedtill som accept.

Torkförsök 2, slam blandat med torkad bark

För att torkning av slam från Norrmejerier skall lyckas krävs inblandning av ett ”bärmaterial” som gör att materialet kan matas in till tornadotorken. Dessutom måste torrhalten hos materialet vara tillräckligt hög för att det inte skall fastna på transportören eller i torken. Detta kan åstadkommas genom torkning av bärmaterial/barken och/eller avvattning av slammets.

Tabell 3. Försöksparametrar och resultat vid torkning av slam/torrt substrat med Tornadotork.

Prov	TS prov (%)	Inmatning (kg/min)	Temp fläkt (°C)	Reject filter TS (%)	Andel accept (%)	Accept TS (%)
Slam+fiber 56/44 %	22	1,5	80-90	-	-	-
Slam+bark 63/37 %	27	1,5	80	-	-	-
Slam+bark 50/50 %	31	1,7-2,4	73-84	97	100	81-89

Från tabell 3 kan man utläsa att torkningen av slam/fiberblandningen inte fungerade eftersom materialet fastnade både på transportören och på väggarna i Tornadotorken. Torkningen av slam/barkblandningen med torrhalten 27 % fungerade bra i torken, men däremot fastnade mycket material på transportören. Slam/barkblandningen med

torrhalten 31 % fungerade bra både i torken och på transportbandet. Med denna blandning var det möjligt att uppnå en produktionskapacitet på ca 140 kg/h vilket motsvarar 70 kg slam/h med en torrsbstanshalt på ca 6 %.

Torkförsök 3, avvattnat slam blandat med blöt bark

Tabell 4 visar en sammanställning av försöken med torkning av silbandspressad rötrest blandad med fuktig bark.

Tabell 4. Försöksparametrar och resultat vid torkning av slam/fuktig bark med Tornadotork

Prov	TS prov (%)	Inmatning (kg/min)	Temp fläkt (°C)	Reject filter TS (%)	Andel accept (%)	Accept TS (%)
Slam+bark (20 % slam)	29,0	1,29	40	95,8	15,4	67,1
	29,0	1,34	60	97,5	15,9	70,0
	29,0	1,30	80	98,8	11,7	78,8
Slam+bark (25 % slam)	28,6	1,29	40	94,8	12,9	69,8
	28,6	1,40	60	96,4	13,1	77,4
	28,6	1,40	80	98,1	17,7	81,6
Slam+bark (33 % slam)	28,8	1,43	40	96,3	13,5	70,8
	28,8	1,44	60	97,8	13,3	76,8
	28,8	1,51	80	98,4	12,0	79,9

Alla materialblandningar fungerade bra i både transportör och tornadotork. För att nå upp till en torrhalt på ca 80 % på acceptfraktionen krävdes hög temperatur (80 °C) på ingående luftström. Det är både kostsamt och risk att kväve till stor del försvinner med avdrivet vatten vid denna temperatur. Kapaciteten på torken var maximalt ca 90 kg/h vid den högsta temperaturen, detta motsvarar 30 kg slam/h med en torrsbstanshalt på ca 13 %.

Vid lägre temperaturer (40 – 60°C) kom man upp till en torrhalt på 67 – 77 %. Kapaciteten på torken var i detta fall 77 – 86 kg/h, detta motsvarar omkring 25 kg slam/h med en torrsbstanshalt på ca 13 %.

Andelen slam påverkade inmatningshastighet och torkeffekt ganska lite inom de intervall vi testade. Så hög andel slamblandning som möjligt med bibehållna hanteringsegenskaper på transportör och i tornadotork är önskvärt. I detta fall kunde vi blanda in upp till 33 % slam.

Resultat och diskussion, karakterisering och nya produkter

Karakterisering, N och P

Tabell 5 visar förändringen i askhalt, N- och P-innehåll efter olika processteg. Första raden i tabellen visar N- och P-innehållet i flera prover obehandlat slam som jämförelse. Observera att dessa analyser inte är gjorda på samma material som användes i denna undersökning. N- och P-innehållet kan variera mycket i slammet från Norrmejerier.

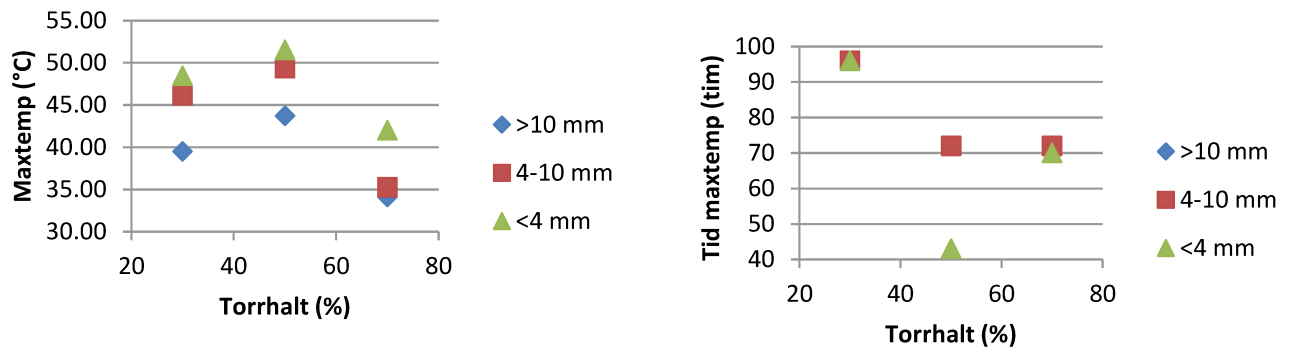
Det silbandspressade slammet som vi har analyserat hade en askhalt på ca 23 % och barken som används hade en askhalt på ca 4 %. Analyserna på torkat material är gjorda för den högsta andelen slaminblandning (33 %) och för slam-/barkblandningar torkade vid 40 och 60 °C (medelvärde). Andelen aska i rejeftfraktionen efter torkningen är betydligt högre än i acceptfraktionen. Detta gäller också för N- och P-innehållet. Man kan anta att tornadotorkningen också ger en separation av materialet så att huvuddelen av slammet hamnar i rejeftfraktionen och huvuddelen av barken hamnar i acceptfraktionen. Både N- och P-halten i torkat material är lägre än i materialet som matades in i tornadotorken, detta innebär att en del av kvävet och fosfor försvinner med avdrivet vatten.

Tabell 5. Aska, N och P efter olika behandlingssteg.

Prov	Askhalt (%)	Tot-N, mg/kg TS	Tot-P, mg/kg TS
Slam, ej pressat (3-6 % TS), <i>OBS! ej samma material som användes i våra försök</i>	-	58 000	29 000
	-	73 000	45 000
	-	87 000	500
Slam, silbandspressat (ca 13 % TS)	23,4	78 750	25 500
Bark	3,9	780	1 100
33 % slam/bark torkrejekt	19,3	12 680	14 920
33 % slam/bark torkaccept	6,4	9 720	4 080

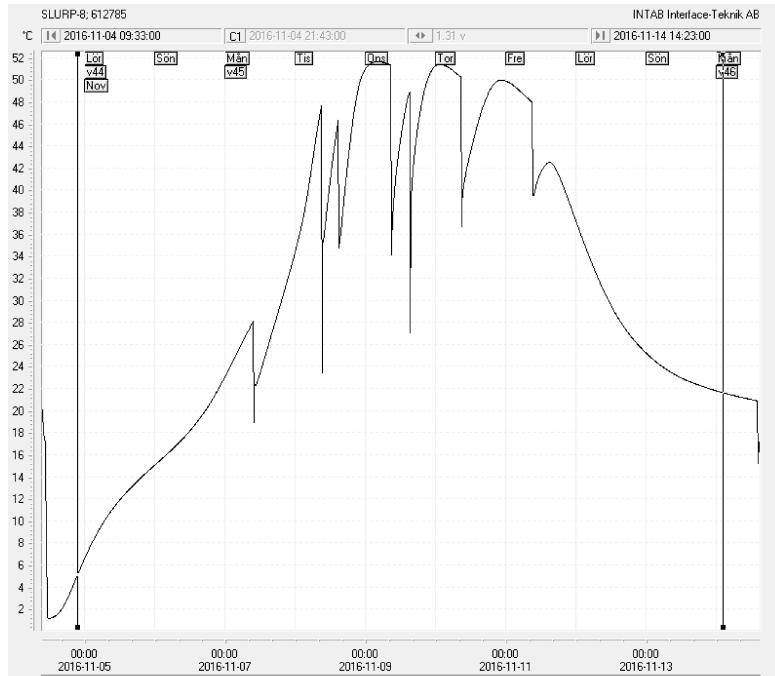
Kompostering

Figur 4 visar resultatet från komposteringsförsöket med olika barkfraktioner.



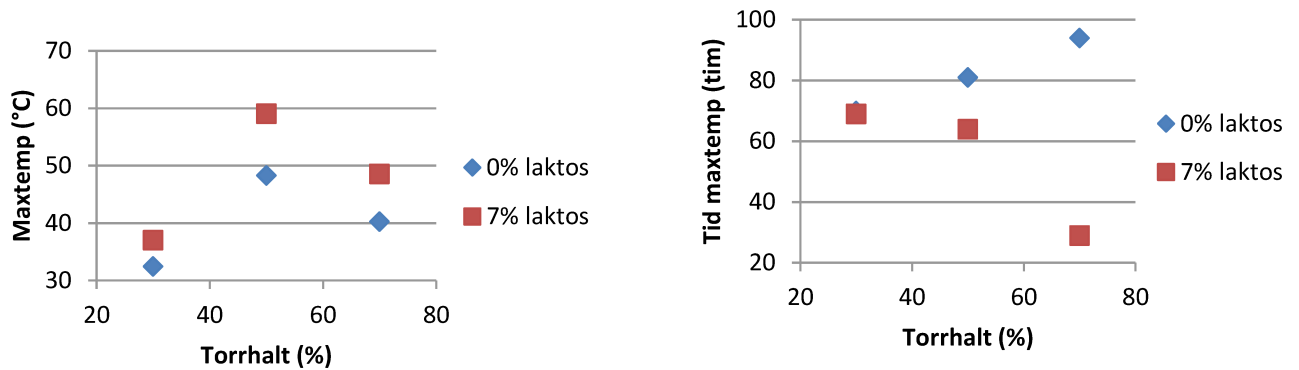
Figur 4. Resultat från komposteringsförsök med slam och olika barkfraktioner, a) uppnådd maxtemperatur, b) tid vid uppnådd maxtemperatur.

Figuren visar att det bästa resultatet erhöles med barkfraktionen <4 mm och torrhalten 50 %, vilket gav en maxtemperatur på 52 °C efter drygt 40 timmar. Figur 5 visar temperaturkurvan för detta försök. Att den optimala torrhalten ligger vid 50 % stämmer väl med tidigare rapporterade försök och att den optimala fraktionsstorleken är <4 mm tyder på att energin är mer lättåtkomlig i denna fraktion.



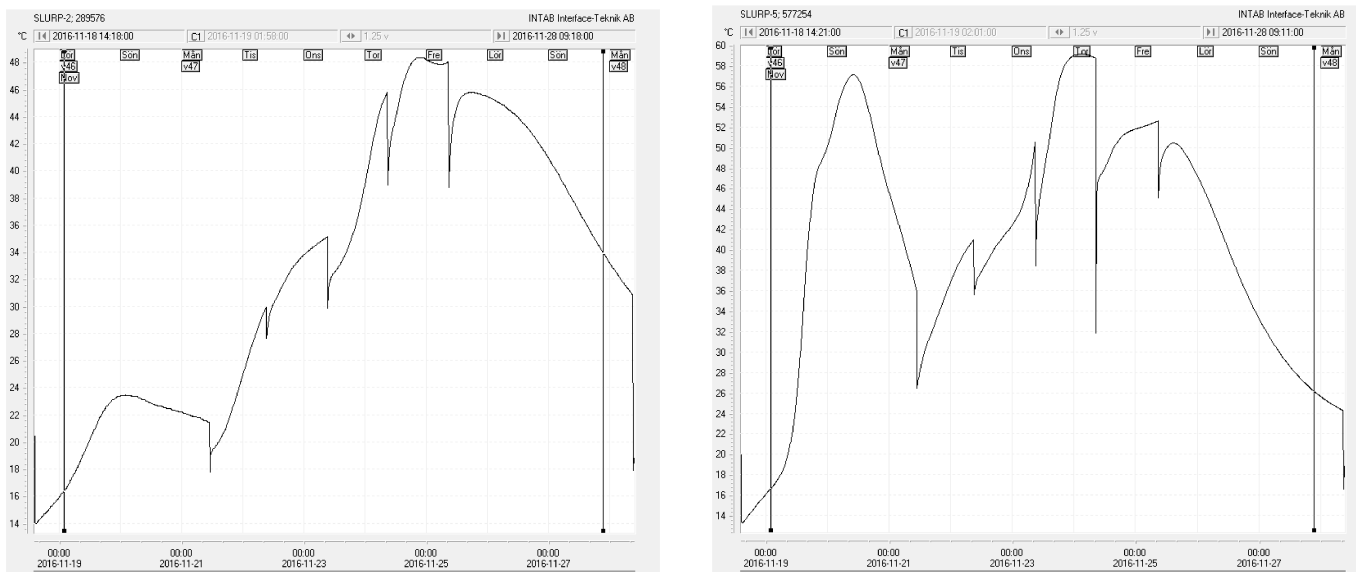
Figur 5. Temperaturkurva vid kompostering av slam och bark < 4mm. Blandningens torrhalt var 50 %.

Figur 6 sammanfattar resultatet från kompostering av slam/fiberrest.



Figur 6. Resultat från komposteringsförsök med slam och fiberrest med och utan laktostillsats, a) uppnådd maxtemperatur, b) tid vid uppnådd maxtemperatur.

Figur 6 visar att i detta försök erhöles den högsta temperaturen, 59 °C, vid 50 % torrhalt och 7 % laktostillsats. Dessutom ser man att tillsatsen av laktos kraftigt påverkar tiden för uppnådd maxtemperatur. Figur 7 visar temperaturkurvor utan och med laktostillsats.



Figur 7. Temperaturkurvor vid kompostering av slam och fiberrest utan och med laktostillsats. Torrhalten var 50 %. a) 0 % laktos, b) 7 % laktos

Från Figur 7 ser man att med laktostillsats får man en kraftig temperaturhöjning redan i början av försöket. En liknande tendens syns även för blandningen utan laktos. Denna temperaturhöjning erhålls inte för barkblandningarna, eftersom dessa tillverkades vid en låg temperatur (ca 0 °C) och det tog flera dagar innan temperaturen kommit upp till starttemperaturen för fiberrestblandningarna.

Aktiviteten hos barkblandningarna blev därigenom låg fram tills luftningen påbörjades.

Ett annat faktum som kan ha påverkat resultatet är att det är olika proportioner slam/substrat för de olika torrhalterna vilket kan ha medfört icke jämförbara resultat mellan torrhalterna vad gäller maxtemperatur och tid vid maxtemperatur.

Slutmålet att utveckla en komposteringsmetod som hygieniserar slammet vid 70 °C under minst en timme har inte kunnat uppnås, troligtvis på grund av de små mängder som komposterats vilket medför stor avkylning. Dessutom har plastbaljorna inte varit isolerade. Resultaten har emellertid varit så lovande att det finns planer att göra om försöken i stor skala med en kommersiell kompostreaktor.

Pelleteringsförsök

Tabell 6 visar en sammanställning av egenskaperna för pellets producerade av torkat material av olika slam-/barkblandningar. Vi hade för lite material för att optimera pelletsegenskaperna men alla materialblandningar gav i detta fall hållbara pellets. Man kan eventuellt dra slutsatsen att materialet med högsta slamblandningen (33 %) binder mer vatten än materialen med lägre andel slam. Detta kan också medföra att hållfastheten blir något lägre.

Tabell 6. egenskaper hos pellets producerade av olika materialblandningar

	Bulkdensitet (kg/m ³)	Mekanisk hållfasthet (%)	Fukthalt pellets (%)
20 % slam	751	93,1	9,9
25 % slam	738	93,9	10,2
33 % slam	709	88,7	11,0

Figur 8 visar de producerade pelletarna. Barken gör att materialet har en mörk färg.



Figur 8. pellets producerade av torkade slam-/barkblandningar

Resultat och diskussion, nya miljövänliga flockningskemikalier

Avlopp från uppsamlingstanken

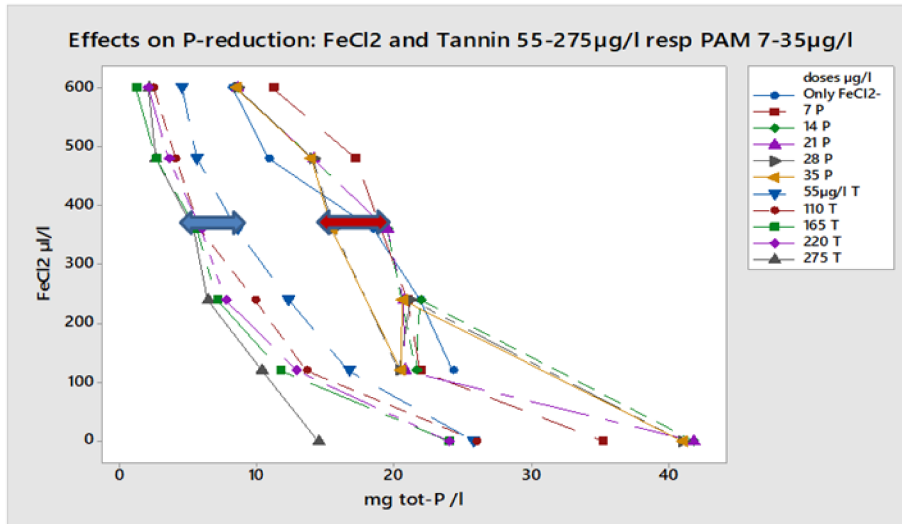
De rekommenderade doserna (av kemikalieleverantören) beräknas till $360 \mu\text{l/l}$ FeCl_3 och 10 ml $0,4 \%$ PAM-lösning/l avloppsvatten. PAM är tillsatt på två ställen, 1-till floppen från uppsamlingstanken och 2- för flockning av flödet från reaktorerna. Prover togs från samlingstanken, dvs före kemikaliebehandling av avloppsvattnet. En experimentell design gjordes för att jämföra de kombinerade effekterna av FeCl_2 , katjoniserade tanniner resp. FeCl_2 och katjoniserad PAM (Figur 9). Doserna av tannin respektive PAM har beräknats som $\mu\text{g/l}$ ut från den information som: PAM administrerades som $7\text{-}35 \text{ pl/l}$ av $0,35 \%$ PAM-lösning. Den rekommenderade dosen från leverantören beräknades till $21 \mu\text{g/l}$ och antogs att materialet bestod av 100% aktiv substans. Doserna av tanniner koncentrerades på $165 \mu\text{g/l}$ tanninlösning. Tanninlösningen administrerades som 10% TS-lösning. Substans (katjoniserade tanniner) är inte känd, men det är rimligt att anta att det innehåller en väsentlig del av andra föreningar än tanniner. Denna dos var ett antagande från erfarenheter från många tidigare test.

Effects on tot.P of FeCl₂/T - FeCl₂/PAM

Tannin (55-275µg DS/l)/ FeCl₂ 0-600µg/l

PAM (7-35µg/l) + FeCl₂ -"-

(Collecting tank, NM)



Figur 9. Effekten på tot-P av tillsatt katjoniserat tannin och katjoniserat PAM i kombination med olika doser FeCl₂. Doserna beräknas som µg substans, DM/l avloppsvatten och T = µg tillsatt tanniner och P = µg tillsatt PAM. Röd pil (vänster) är värden från Fe-Tannin och blå (höger) från Fe-PAM mätningar.

Figur 10 visar den kombinerade effekten av doser av FeCl₂ och katjoniserade tanniner resp. katjoniserad PAM på tot-P i den övre klara fasen och efter 30 min av sedimentering. Resultaten kan också beskrivas som retention av tot-P från avloppsvattnet. Utvärderingen av dessa resultat visar med de använda doserna att kombinationen av Fe-T har en bättre effekt på retentionen av P jämfört med Fe-PAM. Det bör noteras att dessa resultat ligger under de experimentella förhållanden som anges här och Information från fabriken. För att slutföra dessa resultat använde vi en annan experimentell metod (flocculator BrickJar), för att bekräfta data.

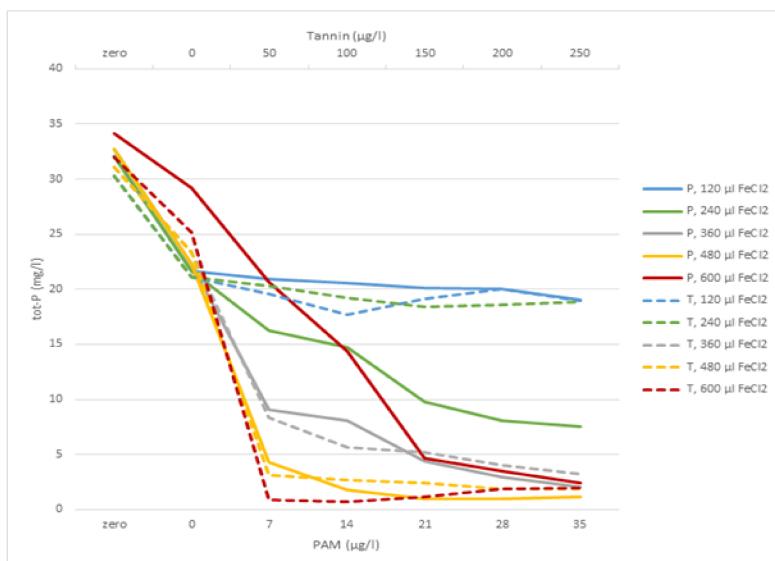
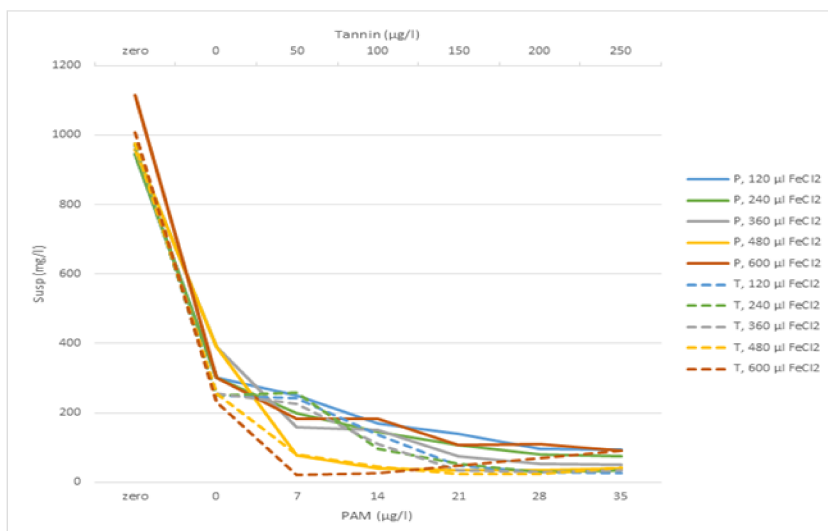


Fig 10. Effekt på tot-P i uppsamlingsbunken, av kombinationer av olika doser av $FeCl_2$ och katjonerad tannin. P = doser av PAM som $\mu\text{g/l}$ (lägre skala) och T = doser av tannin som $\mu\text{g DM/l}$ (övre skala. Doser är $\mu\text{g/l}$ avloppsvatten och värden är medelvärdena $n = 2$. Noll betyder tot-P före testerna och 0 = ingen tillsats av polymerer och efter 30 min sedimentering och utan tillsats av flockningsmedel.



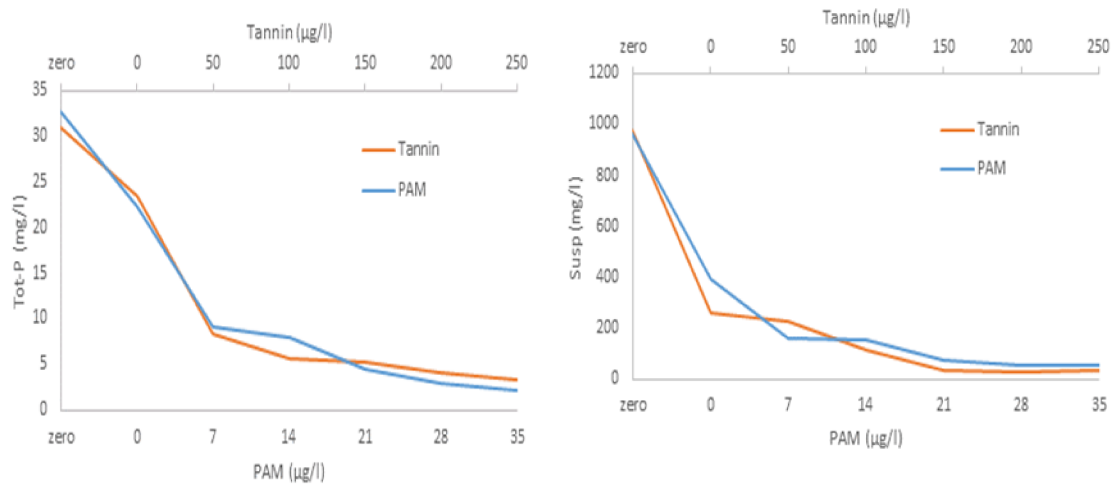
Figur 11. Effekt av suspensioner av kombinationer av olika doser av $FeCl_3$ och PAM resp. $FeCl_2$ och katjonerad tannin. Doser är $\mu\text{g/l}$ avloppsvatten.

Resultaten enligt denna metod och presentation av data (Figur 11) visar att $FeCl_3$ har stor inverkan på P-reduktion, delvis oberoende av tillsats av polymerer och att doser av $> 360 \mu\text{g/l}$ är nödvändiga för en acceptabel utfällning av fosfor.

Samma allmänna slutsats kan göras om effekten på reduktion av suspenderat material (Figur12). Återigen ska resultaten tolkas i förhållande till den använda metoden och

kan inte överföras direkt till pilot eller operativ skala. Målet var att jämföra effekterna av PAM och Tanniner i kombination med FeCl_3 -doser

I Figur 12 överfördes data för att möjliggöra en jämförelse mellan effekterna av tanniner och PAM. Data som extraheras från fig 10 och 11 ovan visar effekterna med dosen $360 \mu\text{l FeCl}_2/\text{l}$ avloppsvatten (den rekommenderade dosen av den kemiska leverantören).



Figur 12. Jämförelse mellan doser tannin och PAM ($\mu\text{g/l}$) på effekten på reduktionen av tot-P och suspenderat material. Förklaringar som i Figur 15.

Omvandlingen av data på detta sätt visar att en 90 % reduktion (från 0-prov, inte från z-prov) till tot-P med PAM tagen ca. 14-21 $\mu\text{g PAM/l}$ och med tanniner ca. 100-150 $\mu\text{g/l}$. Samma beräkningar för susp ger doser av liknande värden. 90 % reduktion är vanligtvis ett målvärde för minskning av P och susp i avloppsvatten.

Avlopp från mejeriet

Efter koagulering, flockning och efter en flotationsprocess går utflödet till det kommunala nätverket. Kostnaden för mejeriet baseras på kg P och COD/dag och det finns ett intresse att minska dessa kostnader. Därför testades effekten av tillsatta tanniner (som ppm tanninlösning) vid sedimenteringen av P och COD i utflödet. (Figur 13). Det organiska materialet i utflödet består huvudsakligen av lösligt och litet suspenderat material

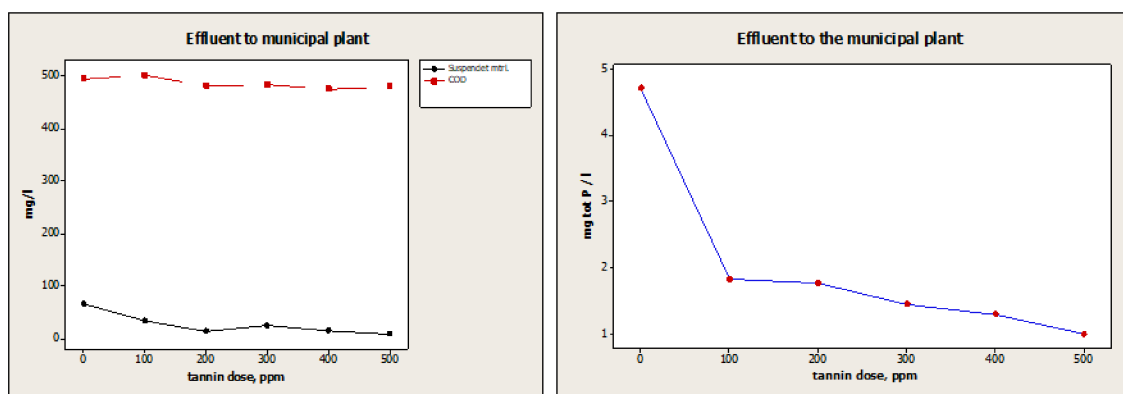


Fig 13. COD och Susp mtrl och reduktion av tot-P i utflödet från biogasanläggningen. Värden baserade på medelvärden

Mätningarna visar att katjoniserad tannin redan vid låga doser (100 ppm) har en bra effekt på P-utfällning. Det verkar sålunda möjligt att väsentligt minska P-utflödet genom att tillsätta relativt små mängder tannin (eller andra polymerer). Men eftersom flödet är ca 50m³/h krävs ytterligare teknisk utrustning. Det mesta av det organiska materialet i urladdat vatten består av upplöst organiskt material och påverkas mindre av tillsatta polymerer.

Resultat och diskussion, ekonomisk utvärdering

Kostnader för SPCR 120 - certifiering

För att erhålla och upprätthålla en SPCR – certifiering av sin biogödsel tillkommer vissa specifika kostnader. Dessa ses i Tabell 7, nedan. Dessa kostnader ska betraktas som typiska snarare än specifika för Normmejerier.

Tabell 7: Kostnader kopplade till erhållande och upprätthållande av SPCR 120 – certifiering för biogödselproducenter.

Typ av kostnad	Specifik kostnad (kr/tillfälle)
Certifiering av en produkt/anläggning hos en biogödselproducent, exklusive besiktningsrapport	19 682
Omcertifiering (vart 5:e år)	10 598
Årlig kostnad per certifikat, från och med år 2, för upprätthållande av certifikat.	6056
Dagspris för besiktning, inklusive förberedelser och efterarbete (besiktning 1 gång per år)	18 168

Eftersom reglerna i SPCR – 120 – certifiering säger att en omcertifiering ska ske var 5:e så beräknas den årliga kostnaden för att få och upprätthålla certifiering som ett medelvärde över 5 år. Enligt Tabell 7 blir den kostnaden ca 29 000 kr/år.

Norrmejerier behöver ha en dedikerad person som är insatt i arbetet och sköter det. Bedömningen är att det går åt en halv tjänst för detta.

Certifierat biogödsels mervärde hos mjölkbonden

LRF konsult fick i uppdrag utreda rötrestens nytta hos Norrmejeriers ägare. Här framkom, bland annat, att om en mjölkbonde sprider 10 ton/hektar av rötresten så sparar den motsvarande 690 kr (där fosforinnehållet i rötresten är begränsande).

Efter diskussioner med några av Norrmejeriers ägare har det framkommit att spridning av rötrest kommer innebära mer transporter och logistiska bekymmer. Mjölkbönder har redan flytgödsel som de sprider och de ser hellre en torkad produkt för att underlätta hanteringen. Eftersom att ett SPCR – 120 - certifierat biogödsel ej får avvattnas med polymer i sista avvattningssteget så blir det svårt att få till en torrare produkt.

Tornadotorkning av slam

Våra försök visar att det behövs ett bärmaterial att blanda slammet med för att det ska gå att mata in materialet i tornadotorken. Bark verkar fungera bra som bärmaterial och i detta fall krävs ingen ren bark utan s.k. städbark, kontaminerad med sand, lera och jord fungerar bra. Städbark har ett lågt värde som bränsle pga kontaminationen och används ofta som täckbark eller barkmull vilket gör att materialet kunde vara lämpligt att blanda med en mer näringsrik biprodukt (röttslam) för användning som jordförbättrings- och gödningsmedel. Torkad bark fungerar också mycket bra som bärmaterial men kostnaden för torkad bark är naturligtvis mycket högre än för fuktig bark.

Norrmejerier producerar ca 3 000 ton rötrest/år med en TS-halt på i bästa fall ca 6 %. Alternativt kan man avvattna materialet på en silbandspress till en TS-halt på ca 15 % vilket ger 1 200 ton rötrest/år. Använder man silbandspressningsalternativet så är man i nuläget tvungen att använda stora mängder polyakrylamid (PAM) som flockningsmedel. Våra försök med att ersätta PAM med katjoniserade tanniner verkar lovande men inga försök har ännu gjorts i full skala.

Deponikostnader

Nuvarande kvittblivningskostnad för Norrmejerier är ca 250 kr/ton för att deponera materialet. Avvattning är ett effektivt sätt att minska deponikostnaden men hanteringskostnaden ökar om materialet är så mycket avvattnat att det inte längre inte är pumpbart. Silbandspressning kräver dessutom extra arbetskraft då processen kräver en hel del tillsyn.

En grov uppskattning av torkkapacitet

Om man antar att mejeriet är i drift 300 dagar/år produceras 10 ton slam/dygn med en TS-halt på 6 % eller 4 ton slam/dygn med en TS-halt på 15 %. Enligt våra tester med tornadotorkning kan man räkna med en kapacitet på 70 kg slam (6 %)/h vilket motsvarar 1 680 kg slam per dygn. Använder man sig av avvattnat slam ligger kapaciteten på 25 kg slam (15 %)/h vilket motsvarar 600 kg per dygn. Detta innebär att det behövs 6 st tornadotorkenheter för att hantera slam med en TS-halt på 6 % och 7 st tornadotorkenheter för att hantera slam med en TS-halt på 15 %. Stora mängder bark behöver också hanteras i anslutning till tornadotorkarna.

Då varje tornadotorkenhet dessutom förbrukar el till en kostnad av ca 130 kr/h inser man att detta inte är ett ekonomiskt hållbart alternativ.

Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

Tornadotorkning av slam från Norrmejerier

De försök som vi har utfört med Tornadotorktekniken visar att flytande slam (TS-halt ca 5 %) går att pumpa in och torka med Tornadotorktekniken. Torkeffektiviteten för detta material är dock mycket låg och kostnaderna för att torka flytande slam kommer att bli orimligt höga.

Genom att blanda slammet med ett ”bärmaterial” som t.ex. bark gör att man kan hantera större mängder slam med Tornadotorktekniken. Torr bark fungerar bäst som bärmaterial men då tillkommer en kostnad för torkning av bark eller inköp av torr bark. Fuktig bark i kombination med avvattnat slam (TS-halt ca 15 %) kan vara en möjlig lösning. I våra försök kunde vi blanda in upp till 33 % avvattnat slam med fuktig bark, denna blandning fungerade både på bandtransportören till Tornadotorken och inne i Tornadotorken. Avvattnat slam kräver stora mängder polyakrylamid och ett extra processteg, silbandspressning, vilket fördyrar hanteringen.

Kapaciteten för bark-/slamblandningar är dock för låg för att processen ska vara intressant för behandling av Norrmejeriers rötslam. Dessutom krävs hantering av stora mängder bark vilket också bidrar till att göra processen mindre intressant.

Karakterisering och nya produkter

Karakterisering, N och P

Våra analyser av tot-N och tot-P i materialen innan och efter Tornadotorkning visar att tot-N minskar med ca 72 % och tot-P med ca 28 % efter torkning. Detta tyder på att största delen av kvävet och en betydande del av fosfor försvinner med det avdrivna vattnet. Detta medför att den torkade produkten är ganska näringsfattig.

Komposteringsförsök

Våra försök med att utveckla en komposteringsmetod som hygieniserar slammet vid 70 °C under minst en timme har inte kunnat uppnås med de små mängder som komposterats i denna undersökning, troligtvis p.g.a. stor avkylning. Detta kan bl.a. bero på att plastbaljorna som användes i försöken inte varit isolerade. Resultaten har emellertid varit så lovande att det finns planer att göra om försöken i stor skala med en kommersiell kompostreaktor. Från våra försök kan följande slutsatser dras:

- Torkad bark + rötslam fungerar bra för kompostering
- Små barkpartiklar är fördelaktigt för processen
- 50 % torrhalt på slam-/barkblandningen är optimalt för komposteringsprocessen.
- Tillförsel av laktos ökar temperaturen och minskar processtiden, troligtvis på grund av lättillgänglig energi.

Pelleteringsförsök

Våra försök att pelletera torkade slam-/barkblandningar fungerade bra. I försöken blandades accept- och rejektfraktionerna från Tornadotorkningen till ett material. Materialblandningarna krävde dock ytterligare torkning för att uppnå rätt fukthalt för pelletering. Alla slam-/barkblandningar (20 %, 25 % och 33 % slam) gav bra pellets som är hållbara och lätta att hantera (t.ex. lagra, transportera och sprida på åker).

Nya miljövänliga flockningskemikalier

Tanniner och mer specifikt modifierade katjoniska tanniner har utvärderats som koaguleringsmedel/flockningsmedel i avloppsrening under många år och för många ändamål. De flesta studier har gjorts i laboratorieskala och endast exceptionellt i större pilotskala och i praktiska tillämpningar. Studierna har gjorts på kommunalt avloppsvatten, dricksvatten, avvattning av slam och mer.

Experimenten på avloppsvattnet från mejeriets biogasanläggning visar att katjoniserade (akacia) tanniner är effektiva för flockning och minskning av fosfor i avloppsflöden, vilket bekräftas i andra pågående studier på avloppsvatten, både kommunala och industriella

Även om tanniner har visat sig vara effektiva som flockningsmedel och med effekt jämförbar med konventionella kemikalier, är ingen storskalig applikation, t.ex. ett kommunalt eller industriellt avloppsreningsverk enligt vår kunskap i drift. En orsak till detta kan vara den ekonomiska aspekten eftersom i de flesta fall tanniner har utvärderats kostnaden för behandling, dvs kostnad/m³ avloppsvatten är högre jämfört med konventionella kemikalier. En viktig aspekt eller förutsättning är därför att ett tanninbaserat slam bör ha en fördel. Detta kan vara att t.ex. sänka kostnaderna för deponeringen eller att ett organiskt tanninbaserat (inte PAM/kemiskt) slam kan användas som gödningsmedel.

En annan aspekt är att dessa studier har gjorts under laboratorieförhållanden och bör inte direkt överföras till pilot- eller operationsskala. Därför ska vi i samarbete med Norrmejerier konstruera en pilotinstallation baserad på betydligt större volym och kontinuerligt flöde genom systemet för att utvärdera en mer realistisk situation.

Ekonomisk utvärdering

Våra analyser visar att Tornadotorkning av Norrmejeriers rötrest (slam) som flytande material eller som fast material, blandat med torr eller fuktig bark i olika proportioner inte är kapacitetsmässigt möjligt (kräver 6-7 Tornadotorkreaktorer med den kapacitet som vi har använt i denna undersökning). Ekonomiskt fungerar konceptet inte heller då en Tornadoreaktor förbrukar el till en kostnad av ca 130 kr/h. dessutom tillkommer kostnader för stora mängder bark, silbandspressning, hantering och blandning av material till tornadotorkningen. Investeringskostnaden för en Tornadotorkreaktor ligger på ca 2 mnkr.

Kompostering av Norrmejeriers rötrest blandat med bark kan vara ett mer tilltalande alternativ. Processen bör dock utvärderas i större skala för att kunna göra en riktig ekonomisk utvärdering av detta alternativ.

Att använda tanniner eller modifierade (katjoniserade) tanniner som ersättning för polyakrylamid (PAM) vid flockning/förtjockning av Norrmejeriers rötrest verkar fungera i laboratorieskala. Försök i större skala och kostnader för inköp av tanniner i större kvantitet saknas dock för att kunna ekonomiskt utvärdera detta alternativ.

Projektkommunikation

Resultaten från projektet har i första hand kommunicerats med Norrmejerier och Airgrinder AB. Projektet och en del av resultaten presenterades också på ett seminarium 2017 i Alnarp inom Urban Magma, fokusgrupp "Borden till jorden". Resultaten kommer också delvis att redovisas inom nya initierade projekt, t.ex. EU-projektet Tannins for waste water treatment (TanWat).

Bilagor

- Administrativ bilaga