



SR 842

## **Resurseffektivisering genom förbättrat utnyttjande av biprodukter och spill från mejeriindustrin**

Rapport från förstudie

*Katarina Lorentzon (SIK), Karin Östergren (SIK), Mikael Hansson (JTI),  
Johanna Berlin (SP, tidigare SIK)*

**Maj 2012**



## **Projektinformation**

### **Projekt påbörjat**

2010-10-01

### **Granskad av**

Barbro Sundström

### **Projektledare**

2010-10-01 - 2011-10-31 Johanna Berlin

2011-11-01 - 2012-05-31 Katarina Lorentzon

### **Projektgrupp**

Katarina Lorentzon, Karin Östergren, Mikael Hansson

### **Distributionslista**

Formas, projektgruppen

### **Nyckelord**

Lean, livscykelanalys, resurseffektivitet, svinn, mejeriproduktion

Formas diarienummer: 222 – 2010 – 415

SIKs projektnummer: PX00467

SR 842

ISBN: 978-91-7290-312-8



## **Förord**

Följande rapport utgör resultatet av en förstudie som finansierats via planeringsanslag inom ramen för det tvärvetenskapliga forskningsprogrammet Tvärlivs, en satsning från Formas, Vinnova och livsmedelsbranschen under 2010-2014 för att stödja svensk livsmedelsforskning.



## Sammanfattning

På en marknad präglad av global konkurrens, där avancerad processteknik finns tillgänglig, är det *hur* olika tekniker används och kombineras med kunskap, handhavande och engagemang för att skapa mervärde av befintliga resurser som kan bli den avgörande faktorn för miljön och för konkurrensen mellan olika aktörer.

Resurseffektiv produktion handlar om att ta tillvara råvarorna på bästa sätt så att så lite svinn och biprodukter som möjligt uppstår. Om dessa uppstår förstå hur man ska utnyttja alla sina flöden på bästa sätt, till exempel för energiändamål eller foder för att uppnå en hållbar produktion totalt sett. Utifrån en litteraturöversikt ger denna förstudie exempel på åtgärder för att förbättra mejerinäringens resurseffektivitet.

Förstudiens slutsats är att för att stödja mejerinäringen i dess strävan mot en effektiv och hållbar produktion finns det behov av att

- undersöka olika sätt att med tekniker, produktionssätt och produktionsflexibilitet i mejerisystemet förebygga uppkomsten av svinn och biprodukter, där även hänsyn tas till påverkan från de olika aktörerna i kedjan
- undersöka de miljömässiga och ekonomiska resultaten av olika sätt att dels förebygga uppkomsten av svinn och/eller biprodukter, dels hantera dessa: som foder, för biogasproduktion, för biogasproduktion i kombination med bränslecell, för etanolproduktion och torkning till laktospulver.
- inkludera relevanta aktiviteter på gårdsnivå och nödvändiga transporter till/från befintliga eller potentiella anläggningar för hanteringen, samt de konsekvenser förändringarna får på produktionen vid andra anläggningar och för produktionen av nyttigheter i så kallade kompletterande system.
- studera konsekvenserna av integrering av biogas-, etanol- eller laktospulvertillverkning
- studera kopplingar till andra produktionsanläggningar i mejerikedjan dvs. inte bara kedjan primärproduktion produkt utan även inkludera t.ex. anläggningar för biogas och biodrivmedel samt anläggningar för vidare förädling av bi-produkter
- konsekvenser av alternativa system för hantering av rest- och biprodukter
- utvärdera konsekvenserna av att inkludera indirekt förändrad markanvändning (relevant aspekt för t ex biodrivmedelsproduktion och foderproduktion) i LCA analysen.





# Resurseffektiva mejeriflöden – behovsanalys och projektskiss

PROJEKTINFORMATION.....	3
FÖRORD .....	5
SAMMANFATTNING.....	7
1 INLEDNING OCH BAKGRUND.....	11
2 MINSKADE SLÖSERIER OCH MILJÖPÅVERKAN GENOM FÖRBÄTTRADE MANAGEMENT STRATEGIER. ....	13
3 RESURSHUSHÅLLNING .....	14
3.1 MINSKAT SVINN .....	14
3.1.1 <i>Faktorer som påverkar uppkomsten av svinn</i> .....	14
3.1.2 <i>Källor till svinn</i> .....	14
3.1.3 <i>Tekniker för minskat svinn vid processning</i> .....	15
3.2 TEKNIKER FÖR FÖRBÄTTRAT RÅVARUTBYTE .....	15
3.3 WATER MANAGEMENT .....	15
3.4 TEKNIKER FÖR MINSKAD ENERGIANVÄNDNING.....	16
3.5 TILLVARATAGANDE OCH UTNYTTJANDE AV RESTPRODUKTER .....	16
4 UTMANINGAR OCH FORSKNINGSBEHOV .....	19
<b>REFERENSER.....</b>	<b>20</b>



# 1 Inledning och bakgrund

Den svenska livsmedelsproduktionen står för 75 % av övergödningen, 20-25 % av klimatpåverkan och 20 % av energikonsumtionen i Sverige. Produktion med mindre miljöpåverkan än dagens och framför allt mer klimatsmart är nödvändig för vår framtida livsmedelsproduktion. Det handlar både om omsorg om vår framtida miljö och i ett längre perspektiv vår tillgång till mat, eftersom livsmedelsförsörjningen/livsmedelsproduktionen också starkt påverkas av miljöförändringarna. I framtiden måste restprodukter än mer än idag utgöra framtidens råvaror. Samtidigt som miljöpåverkan ska minskas måste företagets lönsamhet tas i beaktande, det vill säga en uthållig/hållbar produktion<sup>1</sup>. Genom att angripa problemställningen utifrån ett helhetsperspektiv undviks suboptimeringar av systemet och risken för "inlåsnings effekter" (d.v.s. införandet av förändringar/investeringar som kortsiktigt fungerar men som i längden inte leder till ökad uthållighet).

Mejeriprodukter utgör en stor del av svenskarnas livsmedelskonsumtion samtidigt som mejeriprodukter påverkar miljön relativt mycket eftersom det är en animalisk råvara (Sonesson et al., 2009). Mejeriindustrin har därför en stor utmaning framför sig genom att reducera sin miljöpåverkan och samtidigt vara kostnadseffektiv. Enskilda mejeriföretag har satt upp mål för att minska sin miljöpåverkan (exv. Arla Foods 2010, Milko 2009 och Skånemejerier 2009). Dessutom har varje enskilt mejeri inom Arla Foods-koncernen mål för att minska sitt svinn av mjölkråvara (Arla Foods 2010). Även på en global nivå har mejerisektorn uppmärksammat sitt ansvar för att minska sin miljöpåverkan bl.a. genom lansering av The Global Dairy Agenda on Climate Change (2009) som är ett samarbete mellan ett stort antal internationella branschorganisationer. För att finna förbättringspotential vad gäller miljöpåverkan och andra uthållighetsaspekter är det viktigt att använda sig av ett systemperspektiv. Förändringar i utformningen av produktionen får konsekvenser inte bara i direkt anslutning till produktionsanläggningen utan även uppströms och nedströms i produktens livscykel. Inom livscykelanalysmetodiken (LCA) studeras miljökonsekvenser av förändringar i en eller flera delar av livsmedelskedjan (jordbruket, industrin, affären, hushållet, avfallshanteringen och alla inkluderade transporter) genom att ta hänsyn till produktflöden och miljöpåverkan utmed hela kedjan. Flertal livscykelanalysstudier för livsmedel har visat att primärproduktionen är den del av kedjan som påverkar miljön mest. Jordbrukets stora inverkan på miljön syns tydligast i studier av animaliska produkter som kött och mejerivaror men studier av odlade produkter visar samma tendens (Berlin 2002, Cederberg & Mattsson 2000, Hospido et al. 2003 och LRF 2002). Vid en livscykelanalys av hushållsost visade sig jordbruket stå för över 90 % av kedjans bidrag till växthuseffekten, försurningen och övergödningen (Berlin 2002) .

Förutom att det finns förbättringsmöjligheter av miljöpåverkan från jordbruket är det också viktigt att utnyttja råvaran och minimera svinnet i resten av kedjan så att miljöpåverkan som redan skett i primärproduktionen inte har skett i onödan, dvs. arbeta *resurseffektiv* utifrån ett miljösystemperspektiv<sup>2</sup> . Som exempel kan nämnas att vid studier av åtgärder för minskning av svinn av mjölk och mjölkprodukt i ett mejeri visade att inte bara mejeriet förbättrades ur miljösynpunkt utan att den största miljöförbättringen inträffade i jordbruket; svinminimering

---

<sup>1</sup> Hållbarhetsbegreppet innefattar även sociala/etiska dimensioner, men dessa kommer inte att beaktas explicit här eftersom vi inte kunnat förutse några effekter i dessa dimensioner i relation till detta projekt men i fall där dessa dimensioner blir relevanta kommer de att inkluderas i bakgrunden .

<sup>2</sup> Termen resurseffektivitet definieras i denna rapport utifrån ett miljösystemperspektiv

i yoghurtproduktion minskade de övergödande utsläppen i livscykeln med drygt tre gånger mejeriets eget utsläpp (Berlin & Sonesson, 2008).

För att en produktion ska vara hållbar innebär det inte bara att produktionen sker med så låg miljöpåverkan som möjligt - den måste vara kostnadseffektiv och produkterna måste efterfrågas på marknaden. För att finna förbättringsåtgärder vad gäller kostnader är Lean en framkomlig väg (Svenska plattformen för ETP – Food for Life, 2007). Lean bygger på ett antal principer där ständiga förbättringar och helhetsperspektiv är viktiga beståndsdelar. Genom att öka flödeseffektiviteten och samtidigt resurseffektiviteten har företag som arbetar enligt dessa principer uppnått en hög kostnadseffektivitet (Modig och Åhlström 2011). Metodikutveckling för att föra samman Lean och livscykelanalys har diskuterats i teorin relativt länge men är i praktiken i sin linda. Pilotstudier för att kombinera leanverktyg med miljöanalys har utförts bl.a. av Chen & Qiu (2009) och Fern (2009). SIK har arbetat med att föra samman ämnesområdena Lean och miljösystemanalys sedan 2005, både teoretiskt och i praktiska tillämpningar ute hos livsmedelsföretag med lyckat resultat (Sundström, 2010). Med denna kombination av ämnesområden blir det möjligt att studera hur en uthållig produktion kan nås genom resurshushållning.

Ett mejerisystem, som här omfattar både mejeri och lagerterminaler, använder sig resurser i form av inkommande råvaror, ingredienser, material och energi. En del av dessa resurser utnyttjas inte helt till huvudprodukterna utan bildar biprodukter, produktionssvinn, datumkassationer i lagerterminaler och avfall. Om utnyttjandet av såväl inkommande råvaror och resurser i restproduktflöden skulle kunna göras på bättre sätt än idag skulle det både ge en stor miljöfördel i ett livscykelperspektiv och även minska kostnaderna för mejeriet, och därmed bidra till en mer hållbar mejeriproduktion. Produktionssystemets uppbyggnad i förhållande till den produktflora som ska produceras är väsentliga egenskaper för att förhindra uppkomsten av svinn. Produktfloras variant- och volymsvariationer är avgörande för behovet av flexibilitet. För att undgå suboptimering är det också viktigt att titta i ett tillräckligt stort system – att ha ett helhetsperspektiv och inte enbart titta på mejeriproduktionen (se exempelvis Östergren (2012)). Slutligen är det också av största vikt att ta hand om restprodukterna på ett hållbart sätt. Olika fraktioner passar bra till olika ändamål såsom ingrediensprodukter, foder eller energiändamål.

Mejeriindustrin präglas av ett brett produktsortiment. Vid produktutvecklingsarbete är hanteringen av biprodukter sällan en faktor som tas med i kostnads- och intäktskalkyler. Detta ger en felaktig bild av den faktiska ekonomin för en viss produkt. Ett exempel är att vissa nya produkter har förtjockningsmedel uteslutits och produkten förtjockas istället genom filtrering varvid ett permeat erhålls innehållande vatten, salter och andra mindre molekyler som inte hålls tillbaka av membranet.. Hur ska detta permeat hanteras och till vilka kostnader och/eller intäkter samt vilket råvaruutnyttjande/energiutnyttjande innebär förändringen för mejeriet respektive produktionssystemet i sin helhet? Frågor som dessa utreds ofta inte. En uppgift för mejeriindustrin är att i framtiden ta hänsyn till resursanvändningen som helhet, inklusive hantering och användning av biprodukter, som svar på egna och omvärldens krav på resurshushållning i mejerikedjor.

För att nå framgång och skapa lösningar som totalt sett leder till resurseffektiva mejerikedjor måste dessa frågor in på strategiska beslutsnivåer i mejerikoncernerna, så att enskilda bolag i gruppen styrs, mäts och premieras med mått som är rätt för helheten. Detta fordrar i sin tur lednings- och rapporteringssystem som tar fram sådana mått: affärs- och

produktutvecklingsplaner, miljömålsarbete, investeringsplaner men också löpande i affärssystem, produktionskostnads- och -intäktskalkyler, produktionsplanerings- och uppföljningssystem m m. Det kräver också en ny typ av kund-leverantörs-samverkan som karaktäriserat av ett ökat informationsutbyte och av modeller för hur en gemensam vinst eller sluppen kostnad ska fördelas i de fall det kostnader och vinster för en förändring inte kan räknas hem hos en enskild aktör i kedjan. Det fordrar också en annan samverkan med utrustningsleverantören som idag ställs mot varandra och utvärderas med kriterier som inte alltid tar hänsyn till vad som är miljömässigt den mest resurseffektiva helhetslösningen - att arbeta i konsortier leverantörer och mejeri är ett annat sätt att arbeta.

Utrustningsleverantörerna kan också utveckla affärsmodeller som bygger på att det blir billigare att samverka. Vid sökning på utrustningsleverantörernas hemsidor förekommer få exempel på helhetslösningar där råvarueffektivitet lyfts fram som mervärde, men det förekommer många exempel på enskilda tekniker för minskning av svinn.

En nödvändig förutsättning för denna utveckling av marknaden är policies och styrmedel som internaliserar miljökostnader och främjar utnyttjande av råvaror – detta är också något som lyfts fram i till exempel i EUs ”Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy (SCP/SIP) Action Plan” (European Commission, 2012) och i Roadmap to a Resource Efficient Europe (European Commission, 2011). Med målsättningar om mindre svinn och effektivare produktion för att nå klimat- och energimål, så kommer olika typer av incitament dyka upp i lagstiftningsform, antingen tvingande eller frivilliga. För att ställa rätt krav behövs mer kunskap om hur systemen fungerar, så att det inte uppstår suboptimeringar. Mejerisystem inklusive produktionssystem är komplexa och det är inte självklart vad som är optimalt ur miljö- och effektivitetssynpunkt.

Det kan då också vara fördelaktigt att göra insatser som är produktionsneutrala (alltså inte nödvändigt ökar/förbättrar produktionen/effektiviteten) men som möjliggör smärtfria övergångar till nya krav. Av denna anledning är det betydelsefullt att arbeta med produktionsflexibilitet och resurshushållning, både den som är lönsam under dagens förhållanden och den som blir lönsam under andra förutsättningar.

## **2 Minskade slöserier och miljöpåverkan genom förbättrade management strategier.**

Ur ett resursperspektiv handlar Supply Chain Management om att hantera produktflödet och informationsflödet så effektivt som möjligt. I vissa fall handlar det om grundläggande hushållning med resurser som är enkla att åtgärda när problemet väl är identifierat. I andra fall kan flödena vara mycket komplexa och kräva avancerade analyser. För att kunna bedriva ett metodiskt förbättringsarbete krävs kunskap om informationsflöden och materialflöden i hela kedjan för att kunna ta fram funktionella mätetal/nyckeltal/indikatorer för uppföljning. Dessa är inte alltid triviala att identifiera. Inom detta område pågår för närvarande mycket forskning utifrån såväl effektivitetsperspektivet som utifrån ett miljöperspektiv.

Det är också viktigt att hålla i minnet att vad som är rätt och fel inte alltid är självklart. Oftast innebär ett beslut att olika aspekter måste vägas samman och företagets affärsmodell spelar här en viktig roll.

Nedan ges exempel på studier som utvärderat mejeriproduktionen utifrån ett system perspektiv som demonstrera möjliga angreppssätt för att förbättra mejerikedjans framtida resurseffektivitet och konkurrenskraft:

Alvemark and Persson (2007) och Östergren et al (2012) som studerade produktionen av syrade mejeriprodukter med hjälp av Diskret Händelsestyd Simulering utvidgat med miljöparametrar utifrån ett Lean perspektiv.

Demeter et al (2009) beskriver tre distinkta scenarier för framtidens mejeriproduktion som vart och ett har sina speciella utmaningar när det gäller resurseffektiv produktion:

- Differentierade råvaror med avseende på hälsobefrämjande egenskaper och/eller tekniska egenskaper i relation till det industriella förädlingssteget.
- Individuellt anpassade färska produkter, med förlängd hållbarhet.
- Uthålligt producerade mejeriprodukter

Möjligheten att förbättra mejerikedjan belyses också i den engelska rapporten av Food Chain Centres (2007) kring de potentiella vinsterna av Lean management av mejerikedjan.

När det gäller klimatpåverkan av mjölkproduktion beskriver Flysjö (2012) i sin avhandling såväl utmaningar när det gäller metodik som potentiella förbättringsmöjligheter för hela kedjan ur ett LCA-perspektiv.

### **3 Resurshushållning**

För industriell produktion av livsmedel handlar resurshushållning framförallt om att

- Minska svinn
- Öka råvaruutbytet genom effektivare processer och produktionsmetoder
- Minska energianvändningen
- Minska vattenanvändningen
- Ökad utnyttjandegraden av råvaran t.ex. genom vidareförädling av biprodukter och svinn

#### **3.1 Minskat svinn**

##### **3.1.1 Faktorer som påverkar uppkomsten av svinn**

Av erfarenhet kan vi konstatera att följande faktorer, särskilt i vissa kombinationer, påverkar uppkomsten av svinn: (t.ex Östergren et al 2012)

- Kapacitet och flexibilitet hos process- och produktionssystem
- Batchstorlek/ Produktionsfrekvens i förhållande till efterfrågan och hållbarhetstid på produkten
- Skillnaden mellan prognos och faktisk försäljning
- Rutiner för orderläggning och lagerhållning
- Kompetens, handhavande och engagemang
- Samverkan och kommunikation inom och mellan företag

##### **3.1.2 Källor till svinn**

De huvudsakliga källorna till råvarusvinn i mejerisystem kan sammanfattas enligt följande:

- Blandfaser i samband med produktbyten, uppstart och rengöring.
- Datumkassation av färdig produkt på lagerterminal.

- Felaktig produktkvalitet. Kassation av mjölk kan uppkomma på grund av kvalitetsbrister i inkommande råvara, till exempel spår av antibiotika, felkörningar i processen, felaktigheter vid förpackning (fel på utrustning, fel på materialet).
- Kross av förpackning och produkt.
- Ej sålda produkter från butik /returer.

Orsaker till och åtgärder mot produktförluster i samband med produktbyten är det som är mest studerat i den tekniska litteraturen (Hogaas E. 2002, Schnappauf, S. et al.2005; Henningsson, 2005; Henningson et al, 2006, Henningsson et al 2007, Berlin J 2005, Quarini J and Shire S. 2007 m fl). Östergren (2012) beskriver hur livscykelanalys, processutveckling och produktionsutveckling kombineras och studeras med hjälp av diskret händelsestyrd simulering i tre fallstudier, varav ett handlar om mejeriproduktion (återges i sin helhet av Alvemark and Persson (2007)).

### **3.1.3 Tekniker för minskat svinn vid processing**

När det gäller ren teknologitveckling inom mejerisektorn är de vanligaste åtgärderna som studerats följande.

- Bättre styrning vid produktväxlingar (e.g Henningsson et al 2007)
- Produktförträngare, så kallade pigs (Quarini and Shire, 2007)
- Design av utrustning (yt/or/utrustning som har är lätta att rengöra/har liten benägenhet för fouling, optimal design av rör och tankar, optimal flödes hastighet i relation till utrustning och produkt (Schnappauf, S. et al.2005,Henningsson et al 2007 Skoglund, 2007,mfl)
- Sensorer (konduktivtetsmätare (eg Henningsson M. et al, 2005), grumlighetsmätare (Henningsson M. et al. 2006), elektronisk tunga (Winquist F. et al. 2005), UVP-DP ( Wiklund 2007 , Regner et al 2007, ERT, Henningsson et al 2007,m fl))

### **3.2 Tekniker för förbättrat råvarutbyte**

Utbytet kan förbättras genom att recirkulera och ta till vara på restprodukter, vilket diskuteras i ett separat avsnitt nedan. En annan strategi är att processa produkten på ett sådant sätt att utbytet blir bättre i första steget. Ett sätt är att använda sig av membranteknik, då utbytet vid osttillverkning kan förbättras (e.g Mistry V.V, 2011). Ett annat sätt är att styra produktkvalitet, och potentiellt även produktutbytet, är styra mjölk kvaliteten in till mejeriet genom val av foder (e.g Lindmark Månsson et. al (2006) och avel (e.g Glanz 2011).

### **3.3 Water management**

Även om vi i Sverige har god tillgång på vatten så är vatten en kritisk resurs i stora delar av världen. En effektiv vattenanvändning ger också en förbättrad kostnadseffektivitet.

Förutom att välja rätt utrustning, använda den på ett optimalt sätt kan vatten renas och användas i olika delar av produktionen. I det sistnämna fallet är det viktigt att beakta de mikrobiologiska aspekterna (Casani and Knochel, 2002 och Casani et al 2005) . Membranteknik är en väl beprövad teknik i detta sammanhang (t.ex. Balannec B et al 2002, Trägårdh G and Johansson D 1998, Hellström 2005). Water pinch analysis och matematisk modellering är två verktyg som kan användas för att optimera vattenanvändningen i en industri (Klemes J and Food D.C.Y. 2010)

### 3.4 Tekniker för minskad energianvändning

Inom mejeriindustrin är koncentration och torkning av mejeriprodukter de mest energikrävande stegen (Ramirez et al. 2006). Koncentration sker genom indunstning alt. membranteknik i kombination med indunstare. Membrantekniken kräver mindre energi, typiskt 0,014–0,036 MJ/kg avdunstat vatten jämfört med indunstning (0,04-1 MJ/kg) men kan bara användas till torrhalter upp till 12-20 % (Ramirez et al. 2006). Torkning sker ofta genom spraytorkning. Spraytorkning kräver typiskt 10-20 gånger mer energi än indunstning. Därför är det viktigt att effektivisera torksteget så mycket som möjligt genom val av utrustning. Ett annat sätt är att koncentrera sina lösningar så mycket som möjligt.

Ett ytterligare område där det finns stor potential för energibesparingar är rengöringen som sker genom så kallad "Cleaning In Place", (CIP). CIP:en står typisk för i storleks ordningen 10-20 % av den totala processenergin i ett mejeri (Ramirez et al. 2006).

På produktbasis är de mest energikrävande stegen för konsumtionsmjölk mjölkbehandlingen (centrifugering, separering och pastörisering; 38 % av den totala energiförbrukningen); för ost lagring (24 %); för smör kylning (66 %); för mjölkpulver torkning(51 %) och koncentration (45 %) (Ramirez et al. 2006)

Värt att notera är att vid smörframställning är det kylningen som kräver mest energi. En översikt kring kyltekniker och energi besparingspotentialen inom livsmedelsproduktion har sammanställts av J. Evans (2009) .

Energianvändningen i ett mejeri kan således minskas genom val av teknologi och genom en att optimera energiflödena i anläggningen. Pinchanlays är härvid ett kraftfullt verktyg för energioptimering av processflöden. (e.g. Nyström et al, 2002).

Genom återvinning av avfall/svinn på ett effektivt sätt kan energi återvinnas. Genom samverkan med andra företag och omkringliggande samhälle skulle energianvändningen ytterligare effektiviseras ur ett *systemperspektiv* (e g Lorentzon et al, 2007). Ett annat exempel på detta angreppssätt som utreds i relation till mejeriindustrin är ett projekt i Götene (<http://biogasregionen.se/index.php?page=goetene-kombinerar-mat-och-biogas>) där mejeriets avfall är tänkt att gå till biogas tillsammans med andra restprodukter från andra industrier och visionen är att generera el, högvärdig värme, biodrivmedel och lågvärdig värme till t.ex. lokala växthus och livsmedelsproducenter.

Som en indikation på vad som kan anses vara realistiskt och vad som sannolikt krävs för att vara konkurrenskraftig i Europa kan utläsas från mejeriernas miljömål. Med holländska Sustainable Dairy Chain (<http://www.duurzamezuivelketen.nl/eng/content/objectives>) och Arla Foods som exempel (<http://www.arla.com/sustainability/environment/>) kan utläsas att man har som mål att reducera klimatavtrycket med 25 % (relativt 2005) respektive 30 % relativt 1990, energieffektivisera med 2-3 % per år och minska svinn till 0 % svinn (Arla Foods)

### 3.5 Tillvaratagande och utnyttjande av restprodukter

Det finns ett stort antal kommersiellt tillgängliga tekniker för tillvaratagande och utnyttjande av restprodukter. Restströmmar kan uppgraderas genom koncentration av strömmar via membran (används exempelvis vid koncentration av gränsmjölk (Hellborg 2005, Davies et al, 2007)) för att sedan återföras till processen för att höja torrsustanshalten i fermenterade



produkter. Indunstning är ytterligare ett sätt att koncentrera strömmar. Torkning av mjölk och vassle till pulver är ett sätt att hantera överskottsmjölk och vassle från osttillverkning. Att ta tillvara bioaktiva komponenter (se t.ex Fonterra 2004, [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m3301/is\\_11\\_105/ai\\_n7577129/](http://findarticles.com/p/articles/mi_m3301/is_11_105/ai_n7577129/)) som exempelvis laktoferrin (e.g Morinaga, Campina, Friesland, Murray Goulburn and Westland) ) och laktoperoxidas är ytterligare möjligheter. Andra kommersiella produkter som kan erhållas genom uppgradering fraktioner av restströmmar i ett mejeri är laktos och vassleproteiner .

Att använda restprodukter som substrat är vanligt. Vassle har rapporterats som substrat i en mängd applikationer inom vitt skilda områden såsom bioteknikindustrin (till exempel RNA, Hugaro et al (2011)), för framställning av bioetanol (Sansone et al , 2011) eller single cell proteiner (Singh, 2004). Även sedimentet vid smörtillverkning har använts som substrat (Poopathi and Abidha, 2012). Att använda biprodukter till exempel vassle för direkt spridning som gödsel på produktiv mark (dock endast från värmebehandlad mjölkråvara på grund av hygienkrav) är ytterligare en möjlighet men salthalten kan vid viss typ av produktion utgöra ett problem (Venkatraman et.al. 2004). Blandfaser (t.ex. Davies et al 2007) och vassle, men även lagersvinn och retur, används till stor del som foder. Många typer av avfall/restprodukter förekommer som biogassubstrat, gärna i kombination med andra avfall/biprodukter (Biogasportalen, 2012). Även slam från mejerier avsetts lämpligen som biogassubstrat. För att öka utbytet av de mindre lösliga fraktionerna kan avfallsströmmen förbehandlas. Genom exempelvis ultraljudsbehandling av slammet kan biotillgängligheten ökas (Palmowski et al, 2006). I Sverige är diskussionerna om regional samverkan inom biogasområdet aktuella och omfattande. Biogasen används ofta som bränsle till fasta anläggningar eller, efter uppgradering, till fordonsbränsle, men en intressant tillämpning är att kombinera produktionen av biogas med en bränslecell och använda restvärmets i processen (elen säljs till nätet). I litteraturen finns det exempel på elproduktion genom mikrobiologisk bränslecell baserad på avfall från yoghurtproduktion) (Cercado Quenzada, 2010).

Ost är en produkt som till sin natur leder till stora mängder biprodukt i form av vassle; tillverkning av 1 kg ost genererar ca 10 kg vassle. Vassle (TS ca 5 %) innehåller proteiner (ca 12 % på TS) och laktos (ca 78 % på TS). Proteinerna har ett högt marknadsvärde, så vanligtvis filtreras vasslen i ett ultrafilter, varefter retentatet indunstas och torkas till vasslepulver. Vasslepermeatet (ca 5 % TS), som innehåller laktos (ca 88 % på TS), används till stor del som foder, men måste då filtreras i ett omvänd osmos-filter för att höja TS-halten före transport. Vasslepermeatets sammansättning och fodervärde för svin beskrivs av produktblad på Arla Foods hemsidor. Jordbruksverkets föreskrifter anger också fodervärdet för såväl nöt, svin och fjäderfä. Vasslepermeatet kan emellertid utgöra råvara för såväl biogas- som etanolproduktion. Exempelvis motsvarar vasslepermeatet från svensk ostproduktion uppskattningsvis 200 GWh etanol eller 100 GWh biogas. Beräkningarna baseras på olika källor och bör inte betraktas som absoluta potentialbedömningar. Vasslepermeatet kan också torkas också till laktospulver och säljas som ingrediens till bland annat bageriindustrin. För närvarande torkas laktospulver inte vid någon av Arla Foods anläggningar i Sverige, utan endast i Danmark, men på grund av höga nitrit- och nitrathalter hos vasslepermeatet i Danmark överväger Arla Foods att producera laktospulver från svenskt vasslepermeat i stället. Var detta skulle ske är emellertid inte fastställt.

Förutom vassleretentat och –permeat uppstår också andra restprodukter vid ost- och smörproduktion (restproduktmix, slamost m m). Mejerierna brukar få en viss intäkt för

foderprodukter av bra kvalitet t ex gränsmjölk eftersom den innehåller proteiner. Vasslepermeat, som inte innehåller något protein, är inte lika bra som foder men ger ändå en viss intäkt , men den täcker inte kostnaden för indunstningen. Produkter med sämre fodervärde brukar lantbruket kunna hämta gratis. I vissa fall kan det vara omöjligt att få avsättning för restprodukterna vilka då går till gödselbrunnar hos lantbrukare mot viss ersättning.

På Norrmejeriers mejeri i Umeå saknas möjligheter till avsättning av restprodukter som foder. Där används vasslepermeat, gränsprodukter (vattenblandad mjölk eller blandprodukt som uppkommer vid produktbyten och disk) och processavlopp (2 450 ton TS, 35 000 ton oavvattnat) för att producera biogas motsvarande ca 10 000 MWh. Dessutom erhålls ca 7 000 MWh via värmepumpning av utflödet från biogasanläggningen. Med hjälp av projektmedel från Energimyndighetens processintegrationsprogram gjordes 2002 – 2005 en studie av olika processlösningar vid mejeriet som en del i förprojekteringen av anläggningen. Projektet beskrivs som ett av 12 goda exempel som presenteras i rapporten ”Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter” (Biogasportalen, 2012).

Etanoltillverkning från vasslepermeat tillverkas av Fonterra i Nya Zeeland under varumärket Anchor Ethanol. Lönsamhetskalkyler för etanolproduktion från vassle i USA förutsätter relativt stora anläggningar (motsvarande ca 3 ggr Arla Foods anläggning i Götene), men kalkylen bör göras för svenska förhållanden också.

Marknaden för vassleproteinpulver växer, vilket också leder till ett ökat behov av hantering av vasslepermeat. En av Arla Foods koncernstrategier är att affärsområdet Arla Foods Ingredients ska ha fördubblat försäljningen av vassleproteiner i pulverform och vara en global marknadsledare till 2015, en position som för närvarande innehas av nyzeeländska Fonterra. Livsmedelsindustrins efterfrågan på vassleproteiner fortsätter att öka och deras många positiva egenskaper gör dem användbara som ingredienser till glass, yoghurt, modersmjölksersättning, kosttillskott för idrottare eller sjuka, bakverk, snacks m m. Arla Foods Ingredients har inlett samarbeten med andra europeiska företag om produktion och försäljning av vassleproteinpulver. Ett nödvändigt villkor är att få större tillgång till vassle. Arla Foods Ingredients riktar i första hand blicken mot USA, världens största marknad för vassleproteiner, men även i Europa vill Arla Foods Ingredients komma över mer vassle, och därför förväntas samarbetena i Norge och Frankrike följas av fler.

Ett växande antal anläggningar för produktion av biodrivmedel och flytande biobränslen har lett till nya förutsättningar på marknaden för restprodukter från mejeriindustrin. Betalningsviljan för biogassubstrat är numera i paritet med den för foder. Hur foderfunktionen ska ersättas och med vilka konsekvenser för resursanvändning och miljöpåverkan i andra delar av livsmedelssystemet, här i Sverige och på annat håll, är en fråga som inte finns med i ”kalkylen” än så länge.

Hållbarhetskriterierna för biodrivmedel och flytande biobränslen (Lag 2010:598) ställer krav på minskning av växthusgasutsläpp i förhållande till fossila motsvarigheter för att ge skattebefrielse. Detta gäller även biodrivmedel och flytande biobränslen från avfall och restprodukter, t ex restprodukter från mejeriindustrin. Enligt hållbarhetsdirektivet för biodrivmedel (inkl biogas till fordonsgas) ska ett biodrivmedels totala växthusgasutsläpp vara 35 % lägre än fossila bränslen för att uppfylla kraven (n.b. gränsen kommer att skärpas till 50 % från 2017). Denna gräns kan vara/bli problematisk för fodermjölk. Kännedom om så

kallade hållbarhetsegenskaper hos biogas eller etanol från restprodukter från mejeriindustri torde vara värdefullt för utvecklingen av marknaden för biodrivmedel och flytande biobränslen.

## 4 Utmaningar och forskningsbehov

I en värld präglad av global konkurrens, där avancerad processteknik finns tillgänglig, är det *hur* olika tekniker används och kombineras med kunskap, handhavande och engagemang för att skapa mervärde som blir den avgörande faktorn. Resurseffektiv produktion handlar också om att förstå hur man ska utnyttja alla sina flöden på bästa sätt, till exempel för energiändamål eller foder för att uppnå en hållbar produktion totalt sett.

Genom ökade kunskaper kring olika dimensioner av resurseffektivitet och hållbar produktion kan livsmedelsindustrin få ett vidare perspektiv i sin strävan mot en effektiv och hållbar produktion.

För att stödja mejerinäringen finns det behov av att

- undersöka de miljömässiga och ekonomiska resultaten av olika sätt att dels förebygga uppkomsten av svinn och/eller biprodukter, dels hantera dessa: som foder, för biogasproduktion, för biogasproduktion i kombination med bränslecell, för etanolproduktion och torkning till laktospulver.
- inkludera relevanta aktiviteter på gårdsnivå och nödvändiga transporter till/från befintliga eller potentiella anläggningar för hanteringen, samt de konsekvenser förändringarna får på produktionen vid andra anläggningar och för produktionen av nyttigheter i så kallade kompletterande system.
- undersöka olika sätt att med tekniker, produktionsätt och produktionsflexibilitet i mejerisystemet förebygga uppkomsten av svinn och biprodukter, där även hänsyn tas till påverkan från de olika aktörerna i kedjan
- studera konsekvenserna av integrering av biogas-, etanol- eller laktospulvertillverkning
- studera kopplingar till andra produktionsanläggningar i mejerikedjan dvs. inte bara kedjan primärproduktion produkt utan även inkludera t.ex. anläggningar för biogas och biodrivmedel samt anläggningar för vidare förädling av bi-produkter
- konsekvenser av alternativa system för hantering av rest- och biprodukter
- utvärdera konsekvenserna av att inkludera indirekt förändrad markanvändning (relevant aspekt för t ex biodrivmedelsproduktion och foderproduktion) i LCA analysen.

Ökade kostnader eller myndighetskrav är naturligtvis absoluta drivkrafter för förändring men utmaningen är att få till det goda exemplet i industriell skala. Här gäller det att identifiera "front runners" och att jobba med benchmarking med utgångspunkt i "best available technology". Det behövs också demonstrationsanläggningar med "hög resursutnyttjandegrad" som är framtagna baserade på mejeriindustrins förutsättningar idag och utifrån ett framtidsperspektiv. Det är också angeläget att visa på de eventuella vinster som ett starkare varumärke ger; hypotesen är att företag som arbetar uthålligt får ett starkare varumärke.

## Referenser

- Alvemark O. and Persson F (2007). Flödessimulering av livsmedelsproduktion: Syrade mejeriprodukter – en studie inom forskningsprojektet Reeliv. Examensarbete, Institutionen för produkt- och produktionsutveckling, Produktionssystem, Chalmers, Göteborg, Sweden
- Arla Foods (2010).
- Balannec B, Gésan-Guiziu G, Chaufer B, Rabiller-Baudry M. and Daufin G (2002) 'Treatment of dairy process water by membrane operations for water reuse and milk constituents concentration', *Desalination* 147, 89–94
- Baumann & Tillman (2004) *The Hitch Hiker's Guide to LCA*. Studentlitteratur, Lund, Sweden.
- Berlin J. (2002) Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese. *International Dairy Journal*, 12: 939-53.
- Berlin J. (2003) Life cycle assessment (LCA): an introduction. In *Environmentally-friendly food processing* edited by Mattsson B. and Sonesson U. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- Berlin J (2005), *Environmental Improvements of the Post-Farm Dairy Chain: Production Management by Systems Analysis Methods*. PhD thesis, Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology, Sweden
- Berlin J. & Sonesson U. (2008) Minimising environmental impact by sequencing cultured dairy products: two case studies. *Journal of Cleaner Production* 16 (2008) 483-498.
- Biogasportalen (2012),  
<http://www.biogasportalen.se/BiogasI Sverige Och Varlden/Goda Exempel/Industri>, hämtad april 2012.
- Casani S and Knochel S (2002). 'Application of HACCP to water reuse in food industry', *Food Control*, 13, 315-327.
- Casani S, Rouhany M, Knochel S.(2005). 'A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry' *Water Research*, 39 (6), 1134-1146.
- Cederberg C. & Mattsson B. (2000) Life cycle of milk production – a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production*, 8:49-60.
- Cercado-Quezada B. Delia M-L and Bergel A ( 2010). Testing various food industry wastes for electricity production in microbial fuel cell. *Bioresource Technology*, 101 (8) pp 2748-2754
- Chen, X. and Qiu, X., (2009) Evaluate the environmental impacts of implementing lean in production process of manufacturing industry, MSc thesis at Chalmers, Gothenburg, Sweden.
- Davies J, Sonesson U and Östergren K (2007), 'Development of an LCA methodology to assess the environmental impacts of process changes: two case studies in Sweden', *Food Manufacturing Efficiency*, 1(2), 1-13.

Demeter, R.M. , Meuwissen, M.P.M. , Lansink, A.G.J.M.Ob , Van Rendonk, J.A.M.( 2009). Scenarios for a future dairy chain in the Netherlands, NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 56 (4), pp. 301-323.

European Commission (2011).

<http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/11/st14/st14632.en11.pdf>

European Commission (2012). [http://ec.europa.eu/environment/eussd/escp\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/eussd/escp_en.htm)

Evans J.(2009), Technologies to reduce refrigeration energy consumption in the food industry in Handbook of waste management and co-product recovery in food processing ed. K. Waldron, CRC Press, Woodhead Publishing Limited , Cambridge, pp 196-220

Fearn Andrew, (2009) Sustainable Food Chains: A value chain perspective, Total Food 2009, 22-24 April, 2009, Norwich, UK.

Flysjö Anna (2012). Greenhouse gas emissions in milk and dairy product chains Improving the carbon footprint of dairy products PhD Thesis, Aarhus University, Department of Agroecology, and ArlaFoods

Food Chain Centre ( 2007). Applying Lean thinking in the dairy industry, [www.foodchaincentre.com/](http://www.foodchaincentre.com/), accessed March 2012

Glanz Maria (2011). Milk Genomics – Impact of Genetic Polymorphism on Bovine Milk Composition and Processability (Doctoral Thesis) Department of Food Technology, Engineering and Nutrition, Lund University

Hellborg D. (2005). ‘Concentration of rinse water from dairy processing by nanofiltration’. MSc thesis, Department of Food Technology, Engineering and Nutrition, Lund Institute of Technology, Sweden.

Henningsson M, Östergren K and Dejmek P. (2005). The Electrical conductivity of milk –the effect of dilution and temperature Int. J. of Food properties 8 pp 15-22

Henningsson M, Östergren K, Sundberg R and Dejmek P (2006) ‘Sensor fusion as a tool to monitor dynamic dairy processes’, *Journal of Food Engineering*, 76(2),154-162.

Henningsson M (2005), *Loss Minimisation in Dynamic Food Processes*, Doctoral Thesis, Lund University, Sweden.

Henningsson M, Regner M, Östergren K and Dejmek P (2007), ‘CFD simulation and ERT visualization of the displacement of yoghurt by water on industrial scale’, *Journal of Food Engineering*, 80(1), 166-175.

Hogaas Eide m (2002), *Life Cycle assessment of industrial milk production*, Gothenburg, Sweden, Chalmers Reproservice.

Hospido A., Moreira MT. & Feijoo G. (2003) Simplified Life Cycle Assessment of Galician Milk Production. *International Dairy Journal*, 13: 783-796.

Húngaro, H.M. , Calil, N.O. , Ferreira, A.S. , Chandel, A.K. , da Silva, S.S.(2011). Fermentative production of ribonucleotides from whey by *Kluyveromyces marxianus*: effect of temperature and pH

Journal of Food Science and Technology, pp. 1-7.

Klemes J. and Foo D.C.Y. (2010). Water recycling and recovery in Food and drink Processing in Total Food Sustainability in the Agri-Food Chain, eds Waldron K.W. Moates G.K. and Faulds C.B, RSC Publishing Cambridge, pp 186-195

LRF (2002). Maten och miljön -Livscykelanalys av sju livsmedel. LRF, Stockholm.

Lindmark Månsson H., Svensson E, Swensson C. (2006). Vallfodrets inverkan på mjölkens sammansättning och teknologiska kvalitet, Svensk Mjölks rapportserie Rapport nr 7066-P

Lorentzon, K., Östergren, K., Andersson, E. och Ågren, A. (2010). Att kombinera processintegration och miljösystemanalys för totalt minskad energiförbrukning (PIMSA). SIK-rapport 806. Göteborg, SIK Institutet för Livsmedel och Bioteknik.

Modig, N. Åhlström, P. Vad är Lean (2011). Stockholm School of Economics Institute for Research.

Milko (2009). Miljöredovisning 2008. Milko Östersund, Box 362 831 25 Östersund.

Mistry V.V.,(2011). Cheese | Membrane Processing in Cheese Manufacture, Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition), Pages 618–624

Nyström, I., Franck, P-Å. (2002). Energikartläggning och pinchanalys av Ersboda mejeri I Umeå. Göteborg, CIT Industriell Energianalys.

Palmowski L, Simons L. and Brook R.( 2006). Ultrasonic treatment to improve anaerobic digestibility and dairy waste streams, water science and technology 53(8) pp 281-288

Poopathi S. and Abidha S (2012). The use of butter sediment from dairy industries for the production of mosquitocidal bacteria. Int. J. dairy technology 65(1) 152-157)

Quarini J and Shire S (2007). 'A review of fluid driven pipe-line pigs and their applications' *J. Process Mechanical Engineering, Proc. IMechE 221 Part E*, 1-10

Ramirez C.A. and Patel M, Blok K. (2006). From fluid milk to milk powder: Energy use and energy efficiency in the European dairy industry, *Energy* 31, 1984–2004

Regner, M., Henningsson, M., Wiklund, J., Östergren, K., & Trägårdh, C. (2007). Predicting the displacement of yoghurt by water in a pipe using CFD. *Chemical Engineering Technology*, 30(7), 1-11.

Sansonetti, S. , Curcio, Sc , Calabrò, V. , Sin, G. , Iorio, G. ( 2010)., Feasibility of the batch fermentation process of Ricotta Cheese Whey (RCW) *Chemical Engineering Transactions*, 20, pp. 79-84.

Schnappauf, S., Weidendorfer, K., Hinrichs, J. (2005). Product losses in dairy processing - Newtonian and non-newtonian milk products *Milchwissenschaft*, 60 (2), pp. 122-126.

Sigh K (2004), Biotechnological approaches on conversion of agrocellulosic residues and dairy wast into useful end products. *Indian Journal of animal science* 74(4) pp 414-423.

Skoglund T (2007). *Dynamic Modelling and Simulation of Liquid Food Process Lines*, Doctoral Thesis, Lund University, Sweden

Skånemejerier (2009). Miljöredovisning 2008, Skånemejerier von Troils väg 1 205 03 Malmö.

Sonesson U., Davies J. & Ziegler F. (2009.) Food Production and Emissions of Greenhouse Gases. A report to the Conference Climate Smart Food held in Lund 23-24 Nov 2009 organised by the Swedish Ministry of Agriculture.

Sundström B. (2010.) Samordnare för området Green Lean, Personlig kontakt, SIK Box 5401 402 29 Göteborg.

Svensk Mjök (2009). Kärnfullt nr 23. 11 december. [www.svenskmjolk.se](http://www.svenskmjolk.se)

Svenska plattformen för ETP – Food for Life (2007) Nationell strategisk forskningsagenda för livsmedel.

The Global Dairy Agenda on Climate Change (2009).  
<http://www.dairysustainabilityinitiative.org>, 2010/04/09

Venkatraman, K. , Achi, M. (2004). To eliminate the disposal of salty whey from a dairy industry into the sewer in an environmental, social and economical way - A case study from dairy farmers, Toowoomba, Queensland, Australia, *International Journal of Environmental Technology and Management*, 4 (4), pp. 365-374.

Wiklund J.(2007). Ultrasound Doppler Based In-Line Rheometry Development, Validation and Application Doctoral thesis, Department of Food technology, Engineering and Nutrition, Lund University

Winqvist F., R. Bjorklund, C. Krantz-Rülcker, I. Lundström, K. Östergren, T. Skoglund (2005). An electronic tongue in the dairy industry; *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volumes 111–112, Pages 299–304

Östergren K., Sundström, B., Johanna Berlin J., Lorentzon, K och Johansson B. (2012) REELIV-Redskap för effektiv och resurssnål livsmedelsproduktion, SR 843



**Huvudkontor/Head Office:**

SIK, Box 5401, SE-402 29 Göteborg, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00, fax: +46 (0)31 83 37 82.

**Regionkontor/Regional Offices:**

SIK, Ideon, SE-223 70 Lund, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, Forslunda 1, SE-905 91 Umeå, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, c/o Almi, Box 1224, SE-581 12 Linköping, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

[www.sik.se](http://www.sik.se)