

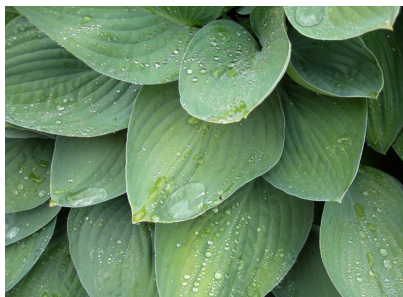
Mot effektivare avfallshantering – vad har vi uppnått?

Verksamhetsrapport 2010-2013

Innehållsförteckning

FÖRORD

VILKA SVAR HAR VI FÅTT?	6
BIOLOGISK BEHANDLING	7
Skräddarsydd insamling för varje kommun	
Plaster i biogasprocessen - ett område att utforska vidare	9
Effektivare produktion genom mätning och bevakning	10
Substrat till alla, nu och i framtiden	11
TERMISK BEHANDLING	13
Små partiklar i rökgaserna	
Slam - ett positivt bidrag i förbränningen	
Bättre bränsle och effektivare processer - helt enkelt	15
Askor - kan vara en värdefull resurs	18
SYSTEMANALYS	20
Förbehandlings effekter på biogasbranschen	
Styrmedel för ökad biogasproduktion	21
Att mäta stegen i avfallstrappan	22
Framtidens avfallsbränsle	
Perspektiv på framtidens avfallshantering	24
TVÄRVETENSKAP	26
Hur utnyttjar vi slammet på bästa sätt?	
Behandling av matavfall - kan vara en aggressiv historia	27
Lukt och brand - stora utmaningar	28
FÖLJANDE PROJEKT HAR UTFÖRTS I ETAPP 2	30
WASTE REFINERY I SIFFROR	32



Förord

Denna rapport syftar till att ge en övergripande bild av de områden som har belysts och utvecklats under kunskapscentret Waste Refinerys andra etapp. Detaljer och djupanalyser inom varje område återfinns i projektrapporterna, som finns att ladda ner kostnadsfritt via vår hemsida www.wasterefinery.se.

Waste Refinerys verksamhet syftar till att möjliggöra en effektivare resurshantering och energianvändning av avfall i samhället. Hanteringen ska både vara långsiktigt bra för miljön och ekonomiskt hållbar.

Författare av denna syntesrapport var Håkan Rosqvist och Anna Gustafson, Rosqvist Resurs. Innehållet är baserat på materialet som återfinns i projektrapporterna.

Waste Refinerys verksamhet har delfinansierats med offentliga medel från Västra Götalandsregionen och Energimyndigheten.

En engagerad och lärande organisation

Waste Refinerys projekt kännetecknas generellt av att vägen från idé till implementering och kommersialisering är kort – det vill säga resultaten kan användas direkt av företagen. Projekten är av varierande karaktär och kan vara såväl långsiktiga som kortsiktiga. Det övergripande målet för Waste Refinery är att bidra till effektivare avfallshantering och gemensamt för samtliga projekt är att de utförs av flera olika aktörer inom branschen och att de härstammar utifrån aktörernas behov, samt att de har uppstått genom dialog och gemensamt arbete mellan parterna.

Sedan starten 2007 har Waste Refinery bidragit till att totalt 64 forsknings- och utvecklingsprojekt har utförts till samlat värde av 90 MSEK. Över 100 organisationer har deltagit i projektverksamheten och ut av dessa har 18 valt att satsa tid och resurser på att delta som parter i Waste Refinerys verksamhet.



Framgångsfaktorer

Dessa glädjande siffror talar till stor del för sig själva. Sedan starten av Waste Refinery 2007, har vi haft möjlighet att ta del av många intressanta frågor och diskussioner. Vissa har antagit fastare form genom att bli ett av Waste Refineries projekt, andra har definierats i nya samverkansformer. Det är tydligt att Waste Refinery har fyllt en viktig uppgift som katalysator för en mängd viktiga resultat.

Att vara centrumledare för Waste Refinery är en av de roligaste och mest lärorika arbetsuppgifter man kan ha. Det finns en stark vilja och ett stort engagemang hos alla parter att driva verksamheten framåt, med en stolthet som är fantastisk att ta del av. Hur har det blivit så? Det finns säkert flera förklaringar – en har att göra med samsyn kring ledning och arbetsprocesser.

Med parternas intresse som nödvändig bas har Waste Refinery satsat på en aktiv centrumledning med delat ledarskap. Dessutom har en tydlig arbetsprocess slagits fast, för att säkerställa att kompletterande kompetenser granskar verksamheten kontinuerligt- innan projekten startar, löpande under projektiden samt vid avrapportering. Dessa strukturer bäddar för kvalitet samtidigt som de också skapar en naturlig delaktighet under hela tiden. Waste Refinery är en lärande och aktiv organisation på alla nivåer från styrelsen, centrumledning, beredningsgruppen till projektgrupper. Det finns ett intresse av att förbättras och att göra skillnad som leder till en ständig utveckling av organisationen. Waste Refinery som helhet tar verkligen ansvar för att skapa effektiva avfallshantering!

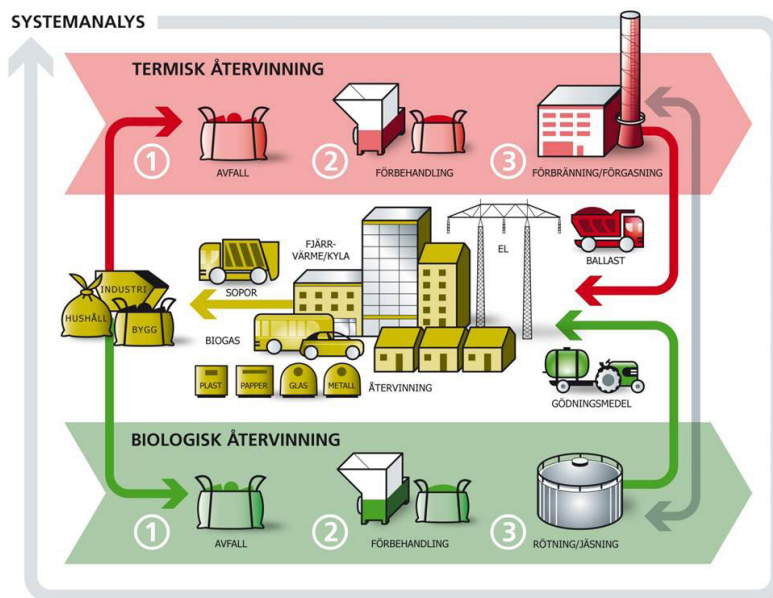


Evalena Blomqvist och Jelena Olsson, Centrumledare för Waste Refinery

Vilka svar har vi fått?

Under Waste Refinerys andra etapp, som löpt under fyra år, har inte mindre än 32 forskningsprojekt genomförts inom de olika programområdena biologisk behandling, termisk behandling, systemanalys och tvärvetenskap. Projekten är av varierande karaktär och omfattning, både långsiktiga och kortsiktiga, och vissa av projekten berör flera av programområdena medan andra är mer specifika. Gemensamt för projekten är att de i stor utsträckning ska vara tillämpade med tydligt uppsatta mål som har relevans för branschen och som bidrar till att uppfylla Waste Refinerys angivna verksamhetsmål och framgångskriterier.

I de kommande avsnitten sammanfattas projektresultaten på ett övergripande sätt och en djupare analys återfinns i varje projektrapport som går att ladda ner kostnadsfritt från Waste Refinerys hemsida (www.wasterefinery.se). En lista över alla projekt hittar du på sidan 30.



Biologisk behandling

Enligt Sveriges miljömål ska minst 50 procent av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger sorteras ut och behandlas biologisk så att växtnäringen tas tillvara, och minst 40 procent av matavfallet ska behandlas så att även energin tas tillvara, senast år 2018. Detta sätter stor press på att både insamlingen fungerar men även på befintliga och framtida verksamhetsutövare att skapa en effektiv behandling som är ekonomiskt hållbar och har så liten miljöpåverkan som möjligt. För att bidra till den processen har Waste Refinery under denna etapp fokuserat på projekt som behandlar råvaruoptimering och ökad flexibilitet, ökat energitnyttjande och anläggningsoptimering, reduktion av livscykelkostnader samt mät- och bevakningstekniker.

Det kommer att krävas stora satsningar för att nå miljömålet med 50% insamling av matavfallet till år 2018.



Skräddarsydd insamling för varje kommun

Idag har drygt hälften av Sveriges kommuner någon form av insamling för källsorterat matavfall. Om Sverige ska nå upp till miljömålet om biologisk behandling krävs det dock att fler kommuner inför insamlingssystem, men det är en omfattande process som kräver både tid, resurser och kunskap. Projektet Hjälpmedel för introduktion av insamlingssystem för källsorterat matavfall (WR39) syftar till att underlätta den processen och riktar sig till kommuner och politiker som vill veta mer om olika insamlingssystem. I rapporten beskrivs de insamlingssystem som finns på marknaden idag; vilken utrustning som krävs, vilka kostnader som uppkommer, hur arbetsmiljön ser ut, hur man säkrar kvalitén på den kompost eller biogödsel som produceras och så vidare. Rapporten ger också en guide i vad man ska tänka på vid själva införandet vad gäller bland annat tidsplanering, målsättningar och upphandling med entreprenörer, och man har även genomfört intervjuer med kommuner som redan har fungerande system och låtit dem dela med sig av sina erfarenheter. Projektet visar att det inte finns ett sätt eller ett insamlingssystem som fungerar generellt utan att det viktigaste är att man inför ett system som är väl förankrat och väl anpassat till den aktuella kommunen. Att planera väl, ha tillräckligt med personal, jobba aktivt med uppföljning samt ha en tydlig målsättning med införandet är faktorer som är avgörande för att insamlingen ska fungera.

Vilken typ av insamling man har spelar också sett till miljöpåverkan mindre roll än att systemet faktiskt fungerar för kommunen i fråga, något som även visat sig i projektet Biopåse för matavfall (WR51). I projektet har man gjort ett försök till att ta fram den magiska medelvägen mellan produktionsvänliga pappåsar och användarvänliga plastpåsar – något som efterfrågats länge inom branschen. Målet har varit att ta fram en påse som inte bryts ned i användarledet men i rötningskammaren, ger ett biogödsel som kan godkännas enligt Avfall Sveriges certifieringssystem för biogödsel (SPCR 120), är hanterbar inom befintlig förbehandling och som har en miljöprestanda över hela livscykeln motsvarande eller bättre än den för alternativa produkter. Miljöpåverkansanalysen visar att hur påsen påverkar insamlingssystemet är entydigt viktigare än själva sammansättningen på påsen och att det därför beror på hur insamlingssystemet ser ut om biopåsen är lämplig eller ej.



Ett annat problem med biologiskt avfall som kan skapa stora kostnader för verksamhetsutövare är korrosion, något som tidigare uppmärksammats inom Waste Refinerys projekt WR27 och WR31. Projektet Korrosion i insamlingsfordonsbehållare (WR50) har tittat närmare på korrosionsproblem kopplat till just insamlingen, och det visade sig att valet av material i behållaren men också hur man använder behållaren har stor inverkan på dess livslängd och att man genom att optimera dessa kan göra stora ekonomiska och miljömässiga vinningar. Resultatet visade bland annat att korrosionen ökade markant när fordonet befann sig i rörelse och att, mot förmodan, rengöring med både vatten och avfettningsmedel ökar korrosionen på kort sikt. Av praktiska och hygieniska skäl rekommenderar man däremot inte att av denna anledning låta fordonen stå stilla eller låta bli att tvätta dem men optimeringsmöjligheter finns, till exempel skulle man kunna minska korrosionen genom att låta fordonet stå stilla efter tvätt tills det har torkat. Vad gäller valet av material visar projektet att det på lång sikt kan vara lönsamt för verksamhetsutövare att använda rostfritt stål till bottenplåten i behållaren, något som idag inte är så vanligt på grund av den

höga materialkostnaden. Idag är den vanligaste lösningen på korrosionsproblem att använda tjockare plåt men konsekvenserna av det är att aggregatet blir tyngre och kan lastas mindre. Projektledare Anders Hjörnhede sammanfattar det hela:

“Det är faktiskt så att man kan komma tillrätta med korrosionen om det dyraste materialet, ett rostfritt stål, väljs men matavfallen med avseende på korrosivitet skiljer sig mellan kommunerna och därför kan det vara bortkastade pengar att alltid välja ett rostfritt stål. Det finns alltså inte ett material eller ett sätt som passar för alla utan anpassning måste ske inom varje kommun. Till detta kan vår metod för att mäta olika avfalls korrosivitet vara till hjälp då den ger verksamhetsutövare möjligheten att själva optimera sina lösningar”.

Plaster i biogasprocessen – ett område att utforska vidare

Plaster kommer in i biogasprocessen via framförallt förpackat livsmedelsavfall men även via källsorterat matavfall från hushåll, restauranger och storkök. Certifiering av biogödsel (SPCR 120) säkerställer att halten av större plaster är låg men för mikroplaster, som kan uppkomma vid förbehandlingssteget, finns inga liknande gränsvärden. Projektet *Mikroplaster i biogasprocessen - en förstudie* (WR48) visar att kunskapsnivån om mikroplaster och dess effekter på biogödselns kvalitet idag är mycket låg men att det finns ett ökat intresse från både myndigheter, branschorganisationer och anläggningar. Andra studier har uppmärksammat att mikroplaster kan ha stor påverkan på hav och sediment, men inga utredningar har gjorts på deras påverkan på mark efter spridning med biogödsel. I och med att intresset för att ta emot förpackat avfall har ökat, ökar också behovet av att utreda mikroplasterna men idag saknas helt effektiva metoder för att ens mäta förekomsten av mikroplaster i substrat och biogödsel och enligt förstudien är det mycket viktigt att dessa metoder utvecklas om acceptansen av biogödsel ska bibehållas.



En annan typ av plast som förekommer i biogasprocessen är polymerer som tillsätts för att öka torrsubstansen och därmed effektiviteten på processen. Frågan huruvida detta påverkar kvalitén på biogödseln har tagits upp inom styrgruppen för certifieringssystemet SPCR 120 och projektet *Miljöeffekter av polymerer inom biogasbranschen - förstudie* (WR33) syftar till att utreda detta i två etapper. I första etappen har man konstaterat att kunskapsnivån, liksom för mikropaster, är låg men acceptansen, särskilt på avloppsreningsverk, är relativt hög. Korttidsstudier uppvisar ingen påverkan på mark men långtidsstudier saknas helt. Styrgruppen för certifiering rekommenderas att inte ta några generella beslut i polymerfrågan än, utan hålla den öppen tills ytterligare forskning genomförs. Etapp två av projektet kommer förhoppningsvis att kunna peka ut en eller flera polymerer som är lämpliga att använda inom biogasprocessen; polymerer som är nedbrytbara i naturen, inte ackumulerbara och inte är toxiska för växter eller djur.

Effektivare produktion genom mätning och bevakning

Liksom insamlingen måste anpassas till varje kommuns behov och förutsättningar ser också resten av processen väldigt olika ut på olika anläggningar. För anläggningar med samrötning och förbehandling av matavfall, som är en relativt ny verksamhet i Sverige, är nästan ingen anläggning den andra lik tekniskt, och de visar alla vitt skilda resultat ekonomiskt. Trots skillnaderna finns det dock mycket att vinna på att utbyta erfarenheter med varandra, vilket projektet *Energi- och kostnadseffektiv produktion av biogas och biogödsel* (WR54) visar. Genom att utföra workshops, ta fram nyckeltal för jämförbara delprocesser och benchmarkingmodeller för jämförelse av processers effektivitet har projektet visat på flera intressanta möjligheter för anläggningar att minska sin energianvändning och öka sin kostnadseffektivitet. Gemensamt för alla anläggningar är att förbehandlingen är den mest kostnadskrävande delprocessen, där reservdelskostnader utgör den största posten. Detta har sedan länge varit känt inom branschen men projektet visar att det finns stora förbättringspotentialer i och med att skillnaden mellan den anläggningen med lägst respektive störst förbehandlingskostnad är stor. Samarbetet ledde också till diskussion kring möjligheterna för anläggningar att gemensamt hitta alternativa leverantörer av reservdelar.

Ett resultat av projektet har också varit att flera av de deltagande anläggningarna har uppmärksammat behovet de har av att kartlägga sina anläggningar, till exempel är det få anläggningar som mäter planerade och oplanerade stopp på sin utrustning. Gjorde de det skulle det kunna ge dem möjlighet att förbättra sin drift och underhållsplanering, vilket i sin tur förbättrar tillgängligheten och tillförlitligheten av anläggningen. Detta är också viktigt för att framtida benchmarking av driftstopp ska gå att genomföra, för vilken man även skulle behöva införa en gemensam definition av driftstopp vilket saknas idag. De modeller som har tagits fram inom projektet har blivit väl mottagna och kan både användas av enskilda anläggningar och av branschen för att i framtiden kunna ta fram BAT, Best Available Technology, för produktion av biogas



från matavfall. Detta projekt var ett pilotprojekt inom benchmarkingmetodiken för biogasbranschen, innan projektstart fanns det en del tveksamheter från aktörer om att det skulle vara möjligt att hitta och överföra generell kunskap mellan olika anläggningar. Men projektet bevisade att så var inte fallet. Projektledaren Johan Yngvesson säger:

“Benchmarking är en väl fungerande metod även för biogasbranschen. I dialog med ett större antal anläggningar planerar vi en fortsättning under en längre projektperiod över två år. Jag tror att det arbetet kommer att leda till stora utvecklingsmöjligheter”.

Benchmarking och samverkan mellan anläggningsägare är ett effektivt sätt att driva utveckling framåt.

Substrat till alla, nu och i framtiden

En anläggnings lönsamhet är starkt sammankopplad med en kostnadseffektiv avsättning av biogödsel och en hög biogasproduktion vilket i sin tur är starkt sammankopplat med tillgången till och utnyttjandet av det inkommande substratet. Liksom för allt annat använder olika anläggningar sig av olika kombinationer av substrat, allt från djurfoderrester till nöt- och svinflytgödsel, som är sammankopplade med olika potential och svårigheter. I projektet *Ökad metanproduktion genom nya substrat och processutveckling* (WR62) gör man en utvärdering av de substrat som idag är vanliga samt identifierar potentiella framtida substrat och deras för- och nackdelar. Projektet visar att det främst är de administrativa kostnaderna som konkurrens och transportavstånd, som är avgörande för ett substrats lönsamhet, därefter kommer biologiska och mekaniska faktorer som svårnedbrytbarhet, slitage på utrustning och så vidare. För de potentiella substrat man tittat närmare på inom projektet, bland annat textilavfall och pappersbruksslam, är de största problemen att många av dem kräver förbehandling vilket är kostsamt, och dessutom finns det en osäkerhet kring möjligheten till certifiering (SPCR 120) för den avsatta biogödseln.

Ett möjligt substrat som pekats ut inom tidigare projekt (WR12) är lignocellulosa. Det utgör en stor del av samhällets avfallsströmmar och har stor potential att utnyttjas till biogasproduktion, problemet är att det är svårnedbrytbart och därför kräver förbehandling. I projektet *Biogas från lignocellulosa – tekno ekonomisk utvärdering av förbehandling med NMMO* (WR45) har man utvärderat de tekniska och ekonomiska möjligheterna att använda NMMO, ett miljövänligt organiskt lösningsmedel som även det pekats ut i det tidigare projektet på grund av sina goda egenskaper, som förbehandlingsmetod. Det kritiska steget, både tekniskt och ekonomiskt, visade sig vara att recirkulera lösningsmedlet så att det inte stör rötningsprocessen och återanvänds till att behandla nya råvaror. Kontakt med leverantörer visade att utrustningsalternativen för den processen är små på stor skala vilket betyder att det är en bit kvar tills man kan lyfta ut förbehandlingssteget från laboratoriet. I övrigt visade utvärderingen stor potential då behandlingen ökade metanutbytet redan vid lägre temperaturer, återvunnen NMMO gav lika stor effekt som färsk NMMO och rötrestkvalitén verkar inte påverkas negativt vid välfungerande tvättning. Vidare visade studien att skogsavfall (GROT) och halm som är rika på lignocellulosa tillsammans med hushållsavfall i en samrötningsprocess kan fungera både tekniskt och ekonomiskt.

Ett annat sätt att stimulera en rötningsprocess som är hämmad av den långsamma nedbrytningen av lignocellulosa är att påverka själva rötningen. I projektet *Strategier för att effektivisera rötning av substrat med högt innehåll av lignocellulosa och kväve* (WR61) har man testat tre metoder: tillsats av järnklorid, tillsats av spårmetaller och värmebehandling. Det visade sig att tillsats av järnklorid var mest effektivt för att öka metanutbytet, och dessutom sjönk biogasens innehåll av svavelväte. Som alltid beror det på anläggningen i övrigt vad som fungerar bäst men projektet har genom sin metod visat att det finns lättillgängliga sätt att ta reda på om ens bortfall av gasproduktion beror på begränsningar kopplat till hydrolysens.

Termisk behandling

För att ur miljömässiga, tekniska och ekonomiska perspektiv uppnå en effektivare avfallsförbränning har Waste Refinery prioriterat områden inom termisk behandling som rör bränsleoptimering, ökad energieffektivitet, anläggningsoptimering och reduktion av livscykelkostnad (LCC) samt mät- och bevakningstekniker. De projekt som har prioriterats under etapp 2 har därför berört områden som till exempel effektivare rening av rökgasrening, förbränning av slam, samt olika aspekter på bränsle- och processoptimering och hur askor kan hanteras i framtiden.

Små partiklar i rökgaserna

Utveckling av förbättrad stoftavskiljning efter förbränningsanläggningar är en viktig fråga för framtidens hållbara energisystem. Projektet *Utveckling av en ny våt rökgasreningsteknik för stoftavskiljning "WESP"* (WR36) har syftat till att vidareutveckla våt elfilterteknologi för att enklare och mer kostnadseffektivt möta framtidens hårdare utsläppskrav. Fina partiklar (även kallade PM_{2,5}, dvs partiklar < 2,5 µm) är mycket hälsofarliga eftersom de kan tränga djupt ner i lungorna och föra med sig skadliga ämnen. För att minska på utsläppen av dessa partiklar från förbränningsanläggningar har ett vått skrubberintegrerat elektrofilter (WESP, Wet ElectroStatic Precipitator) tagits fram och framgångsrikt testats vid Renovas avfallsförbränningsanläggning. Det unika med piloten är en kombination av en konstruktion av korrosionsbeständig plast, integrerad i en våt fyllkroppsskrubber, och en snabb spänningsreglering. Enligt projektledare Sven Andersson konstaterade man att:

"Pilotanläggningen fungerade mycket bra och WESP visade sig vara en väl fungerande metod för stoftavskiljning av stoft med hög avskiljningsgrad och låg specifik energiförbrukning jämfört med andra rökgasreningstekniker".

Slam – ett positivt bidrag i förbränningen

Kan rötat avloppsslam vara positivt ur belägnings- och korrosionssynpunkt vid samförbränning av avfall på roster på samma sätt som i en fluidbädd? Den frågan har man sökt svaret på i en litteraturstudie genomförd i projektet *Samförbränning av slam och avfall på roster* (WR37). Rosten skiljer sig från fluidbädden i flera avseenden, bland annat med att det inte finns någon kvartsbaserad bädd, förbränningstemperaturen är mer varierande och att omblandningen av bränslet är mindre omfattande på en rost. Syftet med litteraturstudien var att inhämta kunskap för att planera ett samförbränningsförsök med rötslam och klorinnehållande avfall med högt värmevärde, så kallat SLF (shredder light fraction). Litteraturstudien visade att det finns få vetenskapliga studier rapporterade och att det även är sparsamt med andra källor. Litteraturstudien kunde därför inte svara på hur beläggning och korrosion kan undvikas genom tillsats av slam i bränslet. Eftersom tre fjärdedelar av avfallsanläggningarna i Sverige är av rostertyp så konstaterade man att det finns all anledningen att utföra praktiska försök med sameldning av avloppsslam och avfall på roster.

Waste Refinery har möjliggjort att nya tekniker har tagits fram och utvärderats i testbäddar i verkliga miljöer av oberoende parter. Ett arbetsätt som främjar innovationer och Svenskt näringsliv!

Efter den genomförda litteraturstudien om samförbränning av slam och avfall i rostpanna (WR37) valde Waste Refinery att gå vidare med projektet *Additiv för att minska driftsproblem vid rostförbränning av avfall* (WR47) med syftet att undersöka om samförbränning med rötslam kan reducera problem med beläggningar och korrosion även i en rostpanna, liksom tidigare visats i fluidbäddpannor. Målet var att bestämma och jämföra mängden beläggning, sammansättningen av beläggningar och de initiala korrosionsangreppen. Resultaten visar att det kan vara en stor fördel att kombinera inblandning av SLF i bränsleblandningen med tillförsel av rötslam även i en avfallseldad rostpanna och genom att tillsätta rötslam eller svavelgranuler kunde den initiala korrosionen minskas.



Utöver att avloppsslam har mycket positiva egenskaper vid samförbränning med andra avfallsbränslen så kan flygaskan utgöra en stor yta för alkaliklorid att kondensera på, dessutom har askan en eroderande effekt som därmed blåstrar bort beläggningar. Projektet *Inerta partiklars betydelse för rötslams goda samförbränningsegenskaper* (WR38) syftade till att pröva hypotesen att slamaskans stora yta motverkar beläggningsbildningen. Försök genomfördes med syntetiskt avfallsbränsle varav en del dopats med inerta partiklar i form av aluminiumoxid. Resultatet visar att de inerta partiklarna inte har någon effekt på mängden hårt sittande beläggning. Sammantaget kan slammets innehåll av inerta partiklar inte förklara slammets positiva egenskaper annat än i mycket ringa omfattning. Försök gjorda med avfallspelletts dopade med torakat avloppsslam visade slammets väldigt positiva egenskaper genom att beläggningen minskade drastiskt och likaså dess klorinnehåll. Projektledare Kent Davidsson säger:

“Projektet visar att man inte skall välja avloppsslam för förbränning efter hur mycket aska de innehåller utan snarare göra bedömningen baserad på innehållet av svavel, fosfor och aluminium”.

Återföring av fosfor till åkermark är en viktig del i hållbar hantering av avloppsslam, men allt slam lämpar sig inte för spridning på åkermark, ofta på grund av de höga halterna av tungmetaller (WR41). För att nå ett ökat tillvaratagande av fosfor i avloppsslam behöver alternativa metoder utvecklas.

Fosfor, svavel och aluminium i smutsigt slam ger goda miljöeffekter genom sin positiva påverkan på förbränningsprocessen.

Projektet *Slambränsleblandningar - Förbränning och fosforutvinning* (WR59) syftade till att undersöka möjligheter att samförbränna slam med returträflis (RT-flis) i befintliga pannor för att sedan processa askan för att utvinna fosfor. Ett ytterligare syfte var att ta fram ny kunskap kring förbränning med hög inblandning av slam till RT-flis på rosterpanna, vilket inte studerats vid fullskalig förbränning tidigare. Resultaten visade att returträflis kan förbrännas i befintliga samförbränningsanläggningar med upp till 45 procent slam i en befintlig rosterpanna och att askan uppvisade ett fosforinnehåll motsvarande 3-4 procent. Ett högre fosforinnehåll kan dock åstadkommas genom att variera inblandningen av olika avfall. Resultaten visade att det i första hand är bottenaska som lämpar sig för fosforutvinning, för flygaskan krävs en optimering av upplösningsförhållandena.

Bättre bränsle och effektivare processer – helt enkelt

Biomal består av den avfallsfraktion som utgörs av restprodukter från slakterier med egenskaper som gör att de kan vara källor till olika smittor och därför inte lämpar sig för användning i biologiska processer. Ett projekt med syftet att undersöka hur en avfallsförbränningsprocess påverkas av att samförbränna Biomal med vanligt avfallsbränsle initierades av Waste Refinery i projektet *Förbränning av en bränslemix bestående av animaliskt avfall (Biomal), industri- och hushållsavfall i Fluidiserande bädd panna* (WR40). Projektet baserades på resultat som tagits fram inom tidigare Waste Refinery-projekt (WR19) och utvärderade hur driftbetingelserna och förbränningskemin förändras i en Bubblande Fluidiserad Bäddpanna vid inblandning av ca 20 viktsprocent Biomal. Försöken genomfördes hos Borås Energi och Miljö där frågeställningarna som undersöktes bland annat gällde hur den nya kemiska sammansättningen till följd av inblandning av Biomal påverkar förbränningsprocessen. Projektet visade på goda erfarenheter från samförbränning med Biomal; minskad belägningsbildning och NOx emissioner samt minskat behov av tillsatser är några exempel på noterade förbättringar. Det som tydligt visades i försöken var att inblandning av Biomal gav en ökad fukthalt, sänkt värmevärde, ökad halt av kväve, kalcium och fosfor samt minskad halt av bly.

Höga halter av alkalimetaller, i kombination med höga halter av klor, är en erkänt utmanande kombination vid avfallsförbränning som bland annat kan orsaka beläggningar och korrosion. Ett sätt att minska alkalirelaterade problem under termisk omvandlingen av bränsle är att termiskt dela bränslet i en relativt alkalifattig gas och relativt alkalirik koks. Projektet *Tvåstegsförbränning – ett nytt koncept för att minska alkalirelaterad driftsproblem* (WR44) syftade till att utveckla och demonstrera en så

kallad tvåstegsomvandling. Med praktiska försök i lab- och pilotskala undersökte man om denna typ av tvåstegsförbränning är värmeeconomiskt motiverat. I försöken undersökte man vilka bränslen, temperaturer och uppehållstider som är lämpliga för att få en rökgas med väsentligt lägre halter av alkaliklorider jämfört med enstegsförbränning/förgasning. Resultaten från försök genomförda på Chalmers visade att de undersökta trädbränslena (bark och träpellets) inte verkar lämpa sig för tvåstegsförbränning då de avger alkali endast i samband med flyktavgång, alltså motsatt önskad effekt. Däremot skulle halm kunna användas för tvåstegsförbränning, eftersom halm ger upphov till alkaliavgång under både flyktavgång och koksförbränning.

I förbränningsanläggningar kan oönskade beståndsdelar i bränslet orsaka korrosiva beläggningar, sintringar i bottenbädden, ökade askflöden, slitage samt ge upphov till emissioner av föroreningar. För att undvika eller minska sådana problem tvingas anläggningar ofta till kostsamma motåtgärder. Det har visat sig i tidigare studier att många av de bränslerelaterade problemen kan minimeras genom att finfraktionen från avfallet siktas bort innan det matas in i anläggningen. I en tidigare Waste Refinery-rapport (WR06) påvisades driftfördelar i förbränningsanläggningen och en grov ekonomisk kalkyl indikerade avsevärda besparingar. Nackdelen med förbehandlingen var att siktresten hade för hög TOC-halt (Total Organic Carbon), för att kunna deponeras. Hög TOC-halt är också en begränsande faktor för användning i anläggningsarbeten.



För att förbehandlingen ska vara praktiskt användbar är det nödvändigt att finna avsättning för siktresten, vilket projektet *Avsättning av siktrest från förbehandling av avfall* (WR42) tittat närmare på. Projektet har på en övergripande nivå identifierat möjligheterna för avsättningen, identifierat praktiska och miljömässiga för- och nackdelar med olika alternativ, tittat på möjligheten att påverka siktrestens kvalitet samt genomfört en ekonomisk utvärdering. Resultatet visade att det är svårt att finna en förmånligare avsättning för siktresten än att förbränna den, förutsatt att den har samma egenskaper som i tidigare projekt WR06. Projektledare Fredrik Niklasson påpekar att:

“Ett möjligt sätt att lösa detta på är att siktningen utökas med ett eller två steg för att avskilja renare fraktioner. Man skapar då en finfraktion med så pass liten del organiskt kol att materialet kan användas som konstruktionsmaterial på deponi och en brännbar finfraktion med förbättrade egenskaper”.

Vidare studier är nödvändiga för att testa teorin i praktiken.

Fluidbäddtekniken (FB) kräver en väldefinierad bränslefraktion, framförallt med avseende på storleksfördelning. Bränsleberedningen utgör en betydande del av den totala driftskostnaden. Kvarnar och krossar förbrukar betydande mängder el och måste servas och repareras med jämna mellanrum. Därför pågår en ständig strävan efter att förbättra och effektivisera förbehandling av avfallsbränslen. Två projekt med syfte att effektivisera förbehandling av avfallsbränslen har genomförts; WR52 och WR63.

Projektet *Förbehandling av avfallsbränsle för fluidbäddpannor med långsamtgående kross och siktning* (WR52) analyserade frågan om valskross i kombination med säkerhetssiktning, kan fungera även för mindre FB-anläggningar med en enda inmatningslinje. Målet med projektet var att genom praktiska försök och ekonomiska kalkyler ge underlag till anläggningstillverkare och anläggningsägare att självständigt kunna jämföra de olika metoderna. Idékonceptet med valskrossning och säkerhetssiktning jämfördes ekonomiskt med ett traditionellt hammarkvarnsystem samt ett valskrosssystem i fullskaliga förbränningsförsök. Den ekonomiska utvärderingen av valskrossning i kombination med säkerhetssiktning, visar på en möjlig besparingspotential på cirka 30 procent. Förbränningstesten gav samma stabila resultat från de båda metoderna och resultaten har därmed stor potential att medverka till att livscykelkostnaden för anläggningar minskas, i och med att förbehandlingen kan effektiviseras.

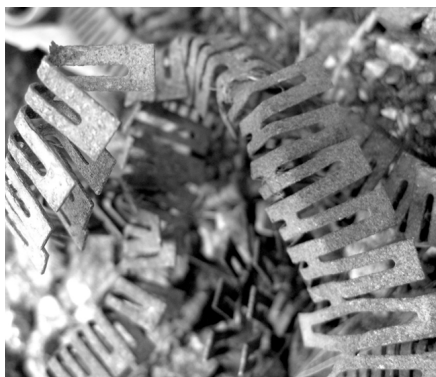
Syftet med projektet *Optimerad bränsleberedning genom siktning* (WR63) var att med olika tillämpningar av siktningsteknik optimera bränsleberedningen med avseende på förbehandlingskostnad och bränslekvalitet. Målet med projektet var att kvantifiera energibesparingar som kan göras i krossnings- och siktningssprocesserna, samt att utvärdera energiåtgång och slitage. Ett mål var också att utvärdera teknik för att separera ut oorganiskt innehåll. Projektet har genomförts i form av praktiska försök med grovsiktning och vindsiktning av avfall vid två positioner i bränsleförbehandlingen i EON:s anläggning på Händelö, Norrköping. Resultaten visar bland annat att 50 procent av bränsleströmmen efter primärkrossning kan direkt by-passas som färdigt bränsle till FB-förbränning. Investeringskostnader för behövlig grovsiktning bedöms vägas upp av minskade kostnader i drift och underhåll. Ett intressant resultat från projektet är att det visar att ett system för grovsortering av bränslefraktioner för vidare förädling av fraktionerna, inte torde vara dyrare än ett traditionellt system.

Utveckling av förbehandlingstekniker är en nyckel till hållbarare processer både inom den termiska och biologiska behandlingen.

Askor – kan vara en värdefull resurs

EU-kommissionen har i en rapport från 2010 pekat ut 14 kritiska metaller och metallgrupper som bedöms som vitala för utvecklingen inom exempelvis datorer, elektronik och elbilar och där användningen väntas öka markant inom de närmaste decennierna.

Ofta är de kända tillgångarna av flera av dessa ämnen koncentrerade till enskilda länder utanför EU. I projektet *Kritiska metaller i svenska anfallsaskor* (WR56) var huvudsyfte att undersöka hur mycket kritiska metaller som finns i askor från svenska avfallsförbränningsanläggningar. Målet var att identifiera och kvantifiera de kritiska metallerna och skal upp analyserna till en nationell nivå för att se vilka mängder och vilka ekonomiska värden metallerna representerar.



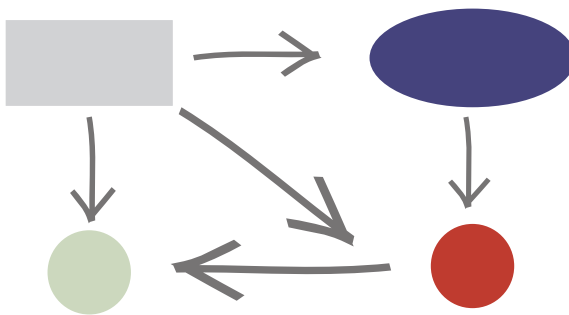
I projektet har flyg och bottenaskor från 10 svenska förbränningsanläggningar analyserats. Resultaten visar att trots de generellt låga halterna representerar de kritiska metallerna totalt ett värde i askor från förbränningsanläggningar i Sverige på cirka 1,3 miljarder kronor årligen. Projektet har gett en överblick över de kritiska metallerna i askorna från ett stort antal svenska anläggningar och analyserna visade att halterna av de flesta kritiska metallerna är under den genomsnittliga bakgrundshalten i jordskorpan. Projektledare Inge Johansson konstaterar att:

“I dagsläget finns det inga motsvarande undersökningar publicerade i den vetenskapliga litteraturen, projektet har därför tillfört ny kunskap och gett en bra överblick över vilka metaller som eventuellt kan vara värda att arbeta vidare med och därmed en grund för prioritering av utvecklingsresurser”.

I Sverige, och i andra delar av världen, genereras årligen stora mängder flygaska från avfallsförbränning. Bara i Sverige uppgick år 2012 mängden flygaska till över 200 000 ton. Flygaskan innehåller höga halter metaller och lösliga klorider, därför klassas den vanligen som farligt avfall, vilket medför stränga krav på hanteringen. Oftast innebär det deponering på farligt avfall deponi eller behandling utanför Sveriges gränser. Beräkningar visar att antalet deponier kommer att minska inom en relativt snar framtid och därför kommer det att bli både dyrare och svårare att hantera askan och därför behöver alternativa behandlingsmetoder utvecklas. Om metaller och klorider kan extraheras från askan, erhålls en renare askrest som är lättare att hantera. Dessutom skulle värdefulla metaller som koppar och zink kunna utvinnas och återinföras i samhällets kretslopp. Målet med projektet *Metallutvinning med fokus på Zn från avfallsflygaska med hjälp av sura processvatten* (WR58) var att bidra till att utveckla en metod för att återvinna zink från svenska avfallsflygaskor, där slutprodukten är en metallprodukt som är möjlig att avyttra med förtjänst. Askprover från olika svenska avfallsförbränningsanläggningar studerades i labbskala med avseende på metallakning, och ekonomiska och klimatmässiga för- och nackdelar har utvärderats. Resultaten visar att genom att laka askan med surt processvatten, som genereras i rökgasreningen, kan maximalt 85 procent av det totala zinkinnehållet lakas ut och återvinnas genom hydroxidutfällning. Utvärderingen av de ekonomiska och klimatmässiga effekterna av implementering av metoden i fullskala visade på minskade kostnader jämfört med dagens askhantering.

Systemanalys

Avfallshanteringsystemet är ett komplext system där tekniska lösningar måste anpassas efter de sociala och miljömässiga ramar som finns. Genom att titta på avfallshanteringsystemet ur ett systemanalysperspektiv kan man få en bättre överblick av systemet som helhet och därmed avgöra vilka risker som finns med systemet, vilka flaskhalsar som skulle kunna vidgas, hur effektivt systemet är, hur tillämpbart och kommersiellt hållbart systemet är, och så vidare. Inom projektområdet *Systemanalys* har ekonomisk och miljömässig utvärdering av behandlingstekniker, analys av dagens och framtidens marknader och energiprodukters nytta prioriterats under denna verksamhetsperiod.



Förbehandlingens effekter på biogasbranschen

Liksom har påpekats inom projektområdet *Biologisk behandling* utgör förbehandlingen av biogassubstrat den enskilt största kostnaden för många anläggningar, men det är också den enskilt viktigaste åtgärden för att öka utbytet och processstabiliteten i biogasprocessen, särskilt som vi går mot en tid av mer varierande och svårhanterliga substrat. De totala effekterna av förbehandlingen är dock dåligt beskrivna idag, vilket projektet *Förbehandling av biogassubstrat i systemanalys* (WR49) uppmärksammat. Att befintlig dokumentation är bristfällig har även det uppmärksammats inom flera projekt och detta leder enligt systemanalysen till att anläggningarna blir beroende av leverantörernas bedömningar och information, och man menar också att ett ökat informationsutbyte mellan anläggningar är essentiellt för att öka lönsamheten. I projektet tar man fram en metod för hur man kan applicera en systemanalys på förbehandlingsmetoder för att utvärdera energieffekter, sidoeffekter, ekonomiska effekter samt miljö- och klimatpåverkan, vilket förhoppningsvis kan hjälpa anläggningar att själva genomföra systemanalyser.

Generella slutsatser är att det viktigaste för en anläggnings ekonomi är att så lite rötbart material som möjligt försvinner i förbehandlingen utan att kvalitén på bio-

gödseln äventyras. Ur ett systemperspektiv finns störst potential till detta för behandling av matavfall, som i projektet identifierats som ett högprioriterat substrat. Sett till klimatpåverkan har åtgärderna en liten total förändring för systemet, men sett ur ett större perspektiv gör mer fordonsgas att mer fossila drivmedel kan ersättas. Vad gäller elanvändningen har åtgärderna en liten påverkan på ekonomin men en stor inverkan på klimatpåverkan.

Inom projektet har man även identifierat och utvärderat två lovande förbehandlingsmetoder: extrusion och ångexplosion. Dessa har ur ett systemperspektiv visat sig kunna ge positiva effekter på både energibalans och klimatpåverkan, men vidare utredningar krävs då dokumentationen är liten och det finns flera faktorer, bland annat energiåtgång, att beakta.

Styrmedel för ökad biogasproduktion

Idag är det få biogasanläggningar som är ekonomiskt lönsamma vilket riskerar att både existerande anläggningar läggs ned och att planerade investeringar inte blir av. Detta motverkar i sin tur målet Sverige har om ökad biologisk behandling samt visionen om en fossil-oberoende fordonsflotta. I framtiden kommer det enligt WR35+46 vara gynnsamt för både miljö och ekonomi att gå från förbränning till biogasanläggningar men så ser det inte ut idag, utan för det krävs det styrmedel. I projektet *Styrmedel för ökad biogasproduktion* (WR64) har man studerat ekonomiska flaskhalsar som finns på anläggningar idag samt vilka styrmedel som skulle kunna råda bot på dessa och öka lönsamheten. Av de sju olika styrmedel som studerats kom man fram till att krav på obligatorisk matavfallsinsamling och klimatcertifikat är de som har störst potential. Obligatorisk matavfallsinsamling löser främst problemet med tillgången på ekonomiskt lönsamma substrat medan klimatcertifikat till viss del löser problemet med de osäkerheter och kostnader som finns vid produktion av biogas, det är dessutom det styrmedel som visar störst potential för reduktion av utsläpp av växthusgaser. I ett nationalekonomiskt perspektiv innebär heller inget av dessa styrmedel någon belastning av stadsbudgeten då de finansieras av avfallstaxan respektive drivmedelskunderna. För utformningen av klimatcertifikat krävs det dock fortsatt utredningsarbete, men metoden som använts i projektet för hur man kan genomföra analysen är då tillämplig.

I projektet *Utvärdering av framtida styrmedel* (WR35, delprojekt 2) poängterar man vikten av att myndigheter, kommuner, avfallsbolag och energibolag faktiskt studerar de effekter ett styrmedel har innan det införs då projektet visat att det finns en stor variation ur ett systemperspektiv i hur ett styrmedel påverkar fördelningen av avfallsbehandling, utsläppen av växthusgaser och ekonomin och att hänsyn måste tas till att ett styrmedel inte endast påverkar det som det är avsett att påverka utan hela avfallssystemet.

Rätt indikatorer är viktiga för att vi ska ta rätt utvecklingssatsningar och kunna mäta effekten av det vi gör.

Att mäta stegen i avfallstrappan

Sverige jobbar sig succesivt uppåt i avfallstrappan, något som har synts tydligt på de siffror Avfall Sverige tar fram varje år. Men längre upp i avfallshierarkin, där vi mer och mer rör oss, är det svårt att med siffror visa måluppfyllelsen, något som projektet *Indikatorer för en resurseffektiv avfallshantering* (WR53) vill råda bot på. Projektet har tagit fram, analyserat och testat olika indikatorer som avser att ge beslutsfattare, kommuner och kommunala avfallsbolag stöd i sin planering och uppföljning av den kommunala avfallshanteringen. Målet har varit att ta fram indikatorer som är objektiva, möjliga att använda på kommunal, regional och nationell nivå, utformade för att kunna mäta förändringar över tid, heltäckande och övergripande.



Tre olika typer av indikatorer har utformats: förflyttningsindikatorer som ska spegla avfallshanteringssystemets nivå och utveckling i sin helhet genom att till exempel vikta värden utifrån den mängd avfall som hanteras på de olika nivåerna i avfallstrappan med och utan hänsyn till ökade mängden avfall; trappstegsindikatorer som beskriver och mäter utvecklingen på varje enskilt trappsteg genom att på exempelvis högsta trappsteget mäta mängden avfall i förhållande till BNP och disponibel inkomst i hushållen; bakgrundsindikatorer som tar hänsyn till allt avfall som uppkommer och hur det slutligen behandlas på respektive trappsteg, inkluderat att avfall flyttas mellan trappsteg under processen som när till exempel rejekt från den biologiska behandlingen hamnar i förbränningen. Eftersom det ofta saknas mätdata har man baserat indikatorerna på enkla sådana och även tagit fram schablonvärden för att göra det möjligt för alla att använda sig av mallen. Mottagandet av projektet har varit positivt och projektledare Åsa Stenmarck berättar att:

“Glädjande nog så är det stort intresse både från Avfall Sverige och från Naturvårdsverket för att fortsatt arbeta med att implementera indikatorsystemet”.

Framtidens avfallsbränsle

Svensk avfallsförbränning förväntas gå igenom flera stora förändringar de kommande åren. En strävan uppåt i avfallshierarkin med höjda mål för materialåtervinning och biologisk behandling förväntas minska mängderna avfall till energiåtervinning med 10 procent till år 2020 och ändra sammansättningen som den ser ut idag. Samtidigt förväntas kapaciteten utökas ytterligare genom nybyggnation vilket gör att behovet av att hitta alternativa bränslen ökar. För att underlätta för verksamhetssutövare och myndigheter att planera långsiktigt och anpassa sig efter förändringarna har projektet *Bränsle kvalitet- Sammansättning och egenskaper för avfallsbränsle till energiåtervinning* (WR57) titta på hur vårt avfallsbränsle kan komma att se ut i framtiden. Huvudalternativen idag är att importera avfall och att ta in förbränningstekniskt svårare bränslen. I projektet har man tittat närmare på några av dessa alternativ och bedömt bland annat möjliga mängder, värmevärde, fukt, aska och innehåll av icke brännbart material. Vidare har man studerat möjligheterna och problemfaktorerna ur ett systemanalysperspektiv och bland annat kommit fram till att många anläggningar förväntas få ta emot större variationer på bränsle än idag, t.ex. stora monofraktioner, vilket gör att omblandning blir viktigare. Detta gör också att det kommer att bli viktigare att kommunikationen mellan teknik och inköp på anläggningarna fungerar så att man effektivt kan styra leveranserna till att passa varje anläggning.

Avfall finns globalt men hanteras lokalt. Energiutvinning har en roll i framtiden hållbara avfallshantering, men den måste utvecklas för att möta framtidens behov.



Vid import av avfall är en stor fråga hur man säkerställer kvalitén på bränslet, och det finns ett behov av att ytterligare utveckla de certifieringssystem som finns idag. En annan viktig förutsättning för importerat avfall är att alternativkostnaden i avsändarlandet är tillräckligt hög för att täcka de merkostnader som uppkommer i samband med transport, något som även poängteras i projektet *Import av avfall till energiutvinning i Sverige* (WR35, delprojekt 1). Här estimerar man transportkostnaderna till 500 kr/ton beroende på hur komplex logistikkedjan är, och man menar att en bra logistiklösning kan vara avgörande för möjligheten till import.

Intresset för dessa projektet har varit stort både nationellt och internationellt och resultaten har fått god spridning. Jenny Sahlin, som medverkade i båda projekten, berättar:

“Reaktionerna på resultaten har varit att exportörer från Storbritannien fått bekräftat att import av avfallsbränsle till Sverige är något som kan väntas fortgå, samt att man har kontaktat oss (Profu, red. anm.) för att förmedla kontakt med svenska importörer. En annan reaktion har varit att importörer av avfallsbränsle i Nederländerna och Tyskland har varit överraskade över den höga kvalitén på avfallsbränslet från Storbritannien, som projektet uppvisade”.

Perspektiv på framtidens avfallshantering

Ett av Waste Refinerys största projekt under denna verksamhetsperiod har varit *Perspektiv på framtida avfallsbehandling* (WR 35+46) som löpt under två år och bestått av fem delprojekt som mynnat ut i en rapport vilken ger oss 10 perspektiv på hur avfallshanteringen i Sverige kan komma att se ut om 10-20 år.

En imponerande slutsats som kommit fram är att sett till mängden behandlat avfall och klimatpåverkan är Sverige bäst i världen på avfallshantering. Vi har kommit långt i vårt omställningsarbete från deponering till energi- och materialåtervinning och återvinningen är mycket effektiv. Detta gör att vi i framtiden har möjlighet att exportera kunskap, teknik och systemlösningar till andra länder men även återvinningstjänster för avfall som annars skulle deponeras, något som skulle kunna bidra till att Europa klättrar i avfallstrappan och totalt sett minskar sina utsläpp av växthusgaser. Sett till mängden avfall per person är Sverige däremot långt ifrån bäst och arbetet med att ta oss upp till de högre nivåerna i avfallstrappan och minska vår klimatpåverkan fortsätter. Den nationella avfallsplanen, miljömål och styrmedel på nationell och europeisk nivå kommer att styra hur den utvecklingen fortlöper. Som exempel kan nämnas att målet om 50 procent utsortering av matavfall visar sig på systemnivå ge en minskning av växthusgasutsläpp med 500 kg CO₂-ekvivalenter per ton matavfall som överförs från energiåtervinning till biologisk behandling. Att utsorteringen ökar är också viktigt för att planerna på att utöka antalet biogasanläggningar ska fungera, men troligen kommer man i framtiden även att vara tvungen att ta in fler substrat för att anläggningarnas kapacitet ska fyllas, något som flera projekt inom programområdet Biologisk behandling behandlar. Här framhålls i delprojektet *Framtida marknaden för biogas från avfall* (WR35, delprojekt 3) gödsel och restprodukter från livsmedelsindustrin som särskilt intressanta. Gödsel är på grund av höga transportkostnader idag inte ekonomiskt lönsamt men ett metanreduceringsstöd som föreslagits av Energimyndigheten skulle kunna ändra på det. För restprodukter från livsmedelsindustrin beror de tillgängliga mängderna på vem som har störst betalningsvilja, vilken idag är störst för restprodukter som avsätts som djurfoder. Dessa är svåra att

konkurrera med och kanske är det heller inte önskvärt sett ur ett klimatperspektiv då man i så fall måste odla fodret istället.

Liksom har diskuterats ovan kommer svensk avfallsförbränning att gå igenom stora förändringar de kommande åren. Sett till de ökade priserna på biobränslen är det till exempel troligt att avfallsbränslen i framtiden kan spela en lika viktig roll som biobränslen för fjärrvärmeproduktionen, vilket enligt beräkningar skulle kunna minska utsläppen av koldioxid från fjärrvärmeproduktionen med 550 000 ton per år genom att ersätta befintliga bränslen med högre utsläpp. I och med att svensk energiåtervinning numera ingår i EU:s handelssystem för utsläppsrätter kan också avfallsförbränningens rörliga kostnader komma att öka med 10-200 kr/ton avfall. Detta tros inte ge några effekter på mängden avfall som går till förbränning men det kan göra att importen av avfall minskar och att utsorteringen av plast, som utgör största bidraget till fossila utsläpp, ökar. Man bör dock komma ihåg att det finns många faktorer som påverkar de framtida fossila CO₂-utsläppen från svensk avfallsförbränning, någonting som poängteras i delprojektet *CO₂-utsläpp från framtida avfallsförbränning* (WR35, delprojekt 5). Dessa är bland annat den framtida tillväxten av plaster baserade på förnyelsebara råvaror, konsumtionsmönster, avfallsförebyggande åtgärder, marknadsförutsättningar för ökad materialåtervinning av plast och, som diskuterats ovan, typ och mängd importerat avfallsbränsle.

Sverige är en av de bästa i världen på avfallsbehandling, men för att nå en hållbar resurs- och materialanvändning kvarstår många stora utmaningar!



Fotomontaget nedan är framtaget av Göteborgsstad för att åskådliggöra både mängder och ökning av hushållssopor från Göteborgarna under tre år.

Tvärvetenskap

För att uppnå ett effektivt avfalls- och energisystem måste processer och kunskap integreras så att inte suboptimering sker. Inom det tvärvetenskapliga programområdet har projekt som omfattar problemställningar inom Waste Refinerys huvudområden uppmuntrats. Inom tvärvetenskapen har därför optimerad råvaruanvändning, processintegration, samt risk och acceptansfrågor prioriterats och under etapp 2 har projekt som rör slamhantering, vittring och korrosion, samt luktproblematik och brandrisk initierats.

Hur utnyttjar vi slammet på bästa sätt?

Idag diskuteras slammets roll och användningsområden på olika håll i samhället, och allt som oftast framkommer det motstridiga åsikter mellan uppsatta miljömål och hur slammet används. En av orsaker till detta är att slam och dess egenskaper och innehåll varierar. Begreppet slam täcker in en mängd material med sinsemellan mycket olika egenskaper. Att hitta lämpliga användningsområde för ett slam är således inte alltid en självklarhet.



"Genom att styra rätt slam till rätt plats blir användningen effektivare, ger mindre miljöbelastning, lägre kostnader samtidigt som slammets inneboende resurser nyttjas", säger projektledare Gunilla Henriksson.

Projektet *Rätt slam på rätt plats* (WR41) har tagit fram kunskap och verktyg så att avsättning av olika sorters slam med näringsinnehåll kan ske på ett för samhället mer hållbart och effektivt sätt med avseende på miljö, ekonomi och resursanvändning. Det är stor skillnad på sammansättningen mellan olika slamsorter både vad gäller innehåll av organiskt material, vattenhalt, växtnäringsinnehåll, metallhalter med mera. Därför måste varje enskilt slam analyseras för att kunna avgöra hur det kan användas. De slamsorter som behandlas i rapporten är slam från avloppsreningsverk, slam från pappers- och massaindustrin och biogödsel från samrötningsanläggningar. Målet med projektet var att ge vägledning till slamproducenter, slamanvändare och myndigheter så att ett visst slam används på rätt plats utifrån slammets innehåll och

vilka krav som ställs för respektive användningsområde. För detta ändamål togs ett bedömningsverktyg fram. Lagstiftning saknas helt eller varierar mycket mellan olika slamsorter och användningsområden, något som denna sammanställning tillsammans med bedömningsverktyget tydligt visar på. En nationell gödselmedelslagstiftning skulle behövas som ett komplement eftersom slamregelverket inte är anpassat till alla de övriga produkter som det används för.

Behandling av matavfall – kan vara en aggressiv historia

I takt med att insamlingsvolymerna av matavfall ökar runt om i landet har också problem uppstått med att lakvatten i biogas- och komposteringsanläggningar fräter sönder betongytor och orsakar korrosion av armeringen. Vittrings- och korrosionsskador och deras orsak, har kartlagts inom ett tidigare Waste Refinery projekt (WR27) där det konstaterades att någon form av tätskikt behövs för att säkerställa betongkonstruktionernas funktion. Tätskiktet måste tåla både den aggressiva miljön som lakvatten ger upphov till och slitaget från trafik som förekommer på plats. Waste Refinery prioriterade två projekt inom området. Syftet med det första projektet, *Vittring och korrosionsproblem vid hantering av matavfall, etapp 2 Tätskikt på betong* (WR34) var att ta fram kravspecifikationer för tätskikt på betong i aggressiv matavfallsmiljö och olika typer av tätskikt och skyddsbeläggningar för skydd av betong i biologiska behandlingsanläggningar utvärderades. Kraven på materialen var bland annat att de måste tåla det aggressiva lakvattnet från matavfall vid temperaturer upp till 70 °C, men också en viss nötning från fordon. En del olika system jämfördes med avseende på materialtekniska egenskaper enligt redovisad provning från tillverkare. Det visar sig att olika provningsmetoder använts av tillverkaren för de respektive systemen, och att provningsresultaten därmed som regel inte är direkt jämförbara. Resultaten från projektet visar att ett fungerande provningsprogram och därmed också fungerande tätskikt leder till sänkta kostnader genom att anläggningarnas livslängd ökar avsevärt.



Syftet med det andra projektet *Vitrings- och korrosionsproblem vid hantering av matavfall, etapp 3 Verifiering av metodik* (WR43) var att utvärdera och verifiera föreslagen provningsmetodik genom laboratorieprovning på utvalda produkter och system. Metoderna avser resistens mot lakvatten i kombination med hög temperatur respektive slitage. Provningsmetoden genomförs i samarbete med tillverkare och entreprenörer. Innan den egentliga provningen genomfördes modifierades metodiken att anpassas till applikationen biologiska behandlingsanläggningar. Målet med laboratoriestudien var att kunna leverera metodbeskrivningar för provning av tätskiktbeläggningars resistens mot lakvatten samt beständighet mot nötning i biologiska behandlingsanläggningar. Vidare togs en specifikation som skall kunna gälla specifikt för tätskikt på betong i biologiska behandlingsanläggningar fram. Projektet anslöt till ett SBUF-projekt (Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond) som startats upp av gjutasfaltbranschen för genomförandet av provningar och för mer ingående studier av ingående komponenter (stenmaterial och bindemedel) i utvalda gjutasfaltprodukter speciellt lämpade för biologiska behandlingsanläggningar.

Lukt och brand – stora utmaningar

Vid hantering av organiskt avfall finns ett flertal aktiviteter som ger upphov till lukt. Många biogasanläggningar och komposteringsanläggningar har haft problem med lukt med bland annat klagomål från grannar som en konsekvens. Detta har orsakat problem både för befintliga anläggningar och för planering av nya verksamheter. Således är risken stor att acceptansen för denna typ av verksamhet minskar och alltmer ifrågasatts av kringboende om dessa anläggningar fortsättningsvis orsakar störande lukt. Projektet *Utvärdering och rekommendationer för reningsteknik avseende på lukt vid anläggningar för återvinning av organiskt avfall* (WR55) har utvärderat de idag installerade teknikerna för luktreduktion med sensorisk analys (mätning med det mänskliga luktsinnet). Inom projektet har man också sett över ny teknik, och med det som utgångspunkt sammanställt en vägledning vid val av teknik för luktreduktion för tillämpningar inom biologiskt avfall. Resultaten från de luktmätningar som genomförts visar att den genomsnittliga avskiljningen av lukttämen från dessa anläggningar är oacceptabelt låg (ca 55 procent) och det konstaterades att det är svårt att finna andra områden där installerad reningsteknik fungerar sämre. Orsaken till detta förhållande är både tekniska och strukturella. Bland de tekniska orsakerna har konstaterats att tekniken ofta inte är anpassad för att lösa det aktuella problemet.

Enligt projektledare Sten-Åke Barr är:

“Den kanske viktigaste orsaken att kunskapen är för låg hos anläggningsägarna vilket gör att billiga lösningar prioriteras framför teknikval som faktiskt löser problemet. En kortfattad handbok har tagits fram som stöd till anläggningsägarna vid upphandling av luktreduceringsteknik”

Tekniken finns att lösa luktproblem från biologiska behandlingsprocesser.

En vanlig brandorsak i stora bulklager är självantändning och för avfall saknas i många fall verifierade riktlinjer för säker lagring. En av de stora utmaningarna är att avfall i många fall kan vara mycket heterogent vad gäller sammansättning och storleksfördelning av ingående material och det är därför svårt att förutsäga när självantändning kan komma att ske.

Okontrollerade bränder av avfallsupplag är en stor förslut både med avseende på resurser och miljö



Projektet *Karaktärisering av självuppvärmning i löslagrat avfall* (WR60) syftade till att skapa ett generellt provningsförfarande och en utvärderingsmetodik för att ta fram relevanta riskparametrar för olika typer av avfall med avseende på självuppvärmningsegenskaper och därmed risken för självantändning. En fraktion från bilfragmentering, Shredder Light Fraction (SLF), användes som ett pilotavfall eftersom det har heterogena egenskaper. Karaktäriseringen av självuppvärmningen utfördes med småskaliga laboriemetoder samt genom en relativt storskalig metod (1 m³) som utvecklades för projektet. Bulkmaterialens värmeledningsförmåga kunde bestämmas genom en kombination av mätningar på ett representativt prov och beräkningar av den effektiva värmeledningen i ett storskaligt försök. Information om värmeproduktion från självuppvärmningen samt bulkens värmeledningsförmåga är nyckelparametrar för en beräkning av kritiska lagringsstorlekar. Projektets ambition att ta fram en generell metodik för att karaktärisera självuppvärmning i ett heterogent avfall uppfylldes medan ambitionen att ta fram detaljerade lagringsrekommendationer för pilotavfallet SLF inte kunde uppfyllas fullt ut. I rapporten föreslås ett kompletterande arbete för att nå fram till det målet.

Följande projekt har utförts under Etapp 2

WR33	Miljöeffekt av polymerer inom biogasbranschen - förstudie
WR34	Tätskikt på betong för minskning av vittrings- och korrosionsproblem vid hantering av matavfall
WR35 + 46	Perspektiv på framtida avfallsbehandling
WR36	Våt stoftavskiljning WESP
WR37	Samförbränning av slam och avfall i roster - Etapp 1
WR38	Inerta partiklars betydelse för rötslams goda samförbrännings-egenskaper
WR39	Hjälpmiddel för introduktion av system för insamling av källsorterat matavfall
WR40	Förbränning av en bränslemix bestående av animaliskt avfall, industri- och hushållsavfall i FB-pannor
WR41	Rätt slam på rätt plats
WR42	Avsättning av siktrest från förbehandling av avfall
WR43	Vittrings- och korrosionsproblem vid hantering av matavfall, Etapp III Verifiering av metodik
WR44	Tvåstegsförbränning – ett nytt koncept för att minska alkalirelaterad driftsproblem
WR45	Biogas från lignocellulosarika avfallsfraktioner – optimering och teknisk ekonomisk utvärdering av en ny förbehandlingsteknik
WR47	Additiv för att minska driftproblem vid rostförbränning av avfall
WR48	Mikroplaster i biogasprocessen - förstudie

WR49	Förbehandling av biogassubstrat i systemanalys
WR50	Korrosion i insamlingsfordons behållare
WR51	Biopåse för matavfall
WR52	Förbehandling av avfall till fluidbäddpannor
WR53	Indikatorer för en resurseffektiv avfallshantering
WR54	Energi- och kostnadseffektiv produktion av biogas och biogödsel
WR55	Utvärdering och rekommendationer för reningsteknik avseende på lukt vid anläggningar för återvinning av organiskt avfall
WR56	Kritiska metaller i svenska avfallsaskor
WR57	Bränslekvalitet - sammansättning och egenskaper för avfall till energiutvinning
WR58	Zinkutvinning från flygaska med hjälp av sura processvatten
WR59	Slambränsleblandningar - förbränning och fosforutvinning
WR60	Självuppvärmning i löslagrat avfall
WR61	Rötning av substratblandningar med högt kväveinnehåll - metoder för att höja gasutbytet
WR62	Förbättrad metanproduktion genom nya substrat och processutveckling
WR63	Optimerad bränsleberedning genom sållning
WR64	Styrmedel för ökad biogasproduktion

Waste Refinery i siffror

- 64 000 000 SEK har omsatts under 4 år
- 2 000 e-post adresser finns anmälda till sändlista för att ta del av resultat och information från verksamheten
- 150 presentation vid möten och konferenser
- 100 publiceringar via rapporter, tidningar och tidskrifter
- 85% av parterna uppger att de redan har implementerat forskningsresultat i sin verksamhet eller att de så kommer att göra inom en femårsperiod
- 101 organisationer har deltagit aktivt i projektgrupper
- 32 forsknings- och utvecklingsprojekt
- 21 styrelsemöten
- 20 styrelseledamöter
- 18 Waste Refinery partners
- 14 beredningsgruppsmöten
- 8 nyhetsbrev
- 5 seminarium har arrangerats inom ramen för verksamheten
- 4 strategimöten
- 4 partstämor
- 4 forskarstuderande har tagit doktors och/eller licentiatexamen
- 2 nationella konferenser



Waste Refinery

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 BORÅS

E-post: wasterefinery@sp.se
www.wasterefinery.se