

Slam och fosforkretslopp



KUNGL. SKOGS- OCH LANTBRUKSAKADEMIENS
TIDSKRIFT

Nummer 6 • 2013
Årgång 152

Ansvarig utgivare Carl-Anders Helander, akademiens sekreterare och VD, KSLA

Text KSLA:s slamgrupp

Framsidesfoto Dan Karlsson/Azote

Grafisk form Ylva Nordin

Digital publicering år/månad 2013/08

ISSN 0023-5350

ISBN 978-91-86573-38-6

*Samtliga av de senaste årens utgivna nummer finns tillgängliga
som nedladdningsbara filer på akademiens hemsida www.ksla.se.*

Slam och fosforkretslopp

Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens
slamgrupp för återföring av fosfor redovisar
sitt arbete med kunskapsinventering beträffande
användning av slam och fosforkretslopp.



1813–2013

Innehåll

Förord	5
Åke Barklund, tidigare akademisekreterare och gruppens sammankallande	
Slam och kretslopp – slam som produktionsresurs i svenskt jord- och skogsbruk	7
Sammanfattning och slutsatser från KSLA:s slamgrupp	
Slam i jordbruket	14
Göte Bertilsson, AgrD	
Hur kan vi få ett effektivt kretslopp för fosfor, ta vara på energin och skapa en miljöanpassad avloppshantering?	21
Per-Åke Sahlberg, lantmästare	

Förord

Jord- och skogsbrukets markbördighet är mycket central i KSLA:s arbete och har varit så alltsedan ”ängen var åkerns moder” fram till dagens gödslingsoptimering med hjälp av datorer, GIS, NIR, etc, för att ge grödorna den näring de behöver utan att negativt påverka omgivningen.

Som alternativ till gödning med renodlad mineralnäring särskilt designad för växternas behov, framhålls gärna begreppet ”kretslopp” i form av avloppsslam från reningsverken, där många goda näringsämnen hamnar via toaletter och kulvertar; främst fosfor, kväve och mullämnena. Eftersom avloppsslam är hanterings-, lagrings- och transportkostnads känsligt och förutom nyttiga ämnen även innehåller många oönskade ämnen kan ”kretsloppstanken” inte genomföras rakt av. Det blir i stället en fråga om att balansera kostnader mot intäkter och att väga nyttiga ämnen mot oönskade, ibland rent av farliga. Dock, eftersom vi idag kan detektera ämnen på molekylnivå är såväl de oönskade ämnenas toxicitet som halter i slammet viktiga att beakta för att inte försiktighetsprincipen ska lägga hämsko på alla lösningar. Reningsverkens syfte är att lämna efter sig rent vatten till åar, sjöar och hav. Ju effektivare reningsverken är desto innehållsrikare blir slammet.

En mycket central fråga i pågående avloppsslamdiskussion är tillvaratagande av fosfor. Det är ett för allt växande essentiellt grundämne som givetvis aldrig tar slut, men som efterhand blir mer och mer kostsamt att få fram i hanterings- och gödslingsbara former där det ligger koncentrerat och brytvårt eller där det har hamnat, utspätt.

Tekniken i reningsverken förbättras hela tiden liksom processerna för att ta tillvara de nyttiga ämnena och att destruera eller fånga de onyttiga och farliga tungmetallerna, smittämnen och de hormonstörande ämnena m m. Ett samhällsekonomiskt systemtänkande är därför nödvändigt för att inte suboptimera lösningarna. T ex innebär tillsatser av särskilda kemikalier i reningsverken både för att fånga de nyttiga ämnena och för att fälla/destruera avloppsvattnets onyttigheter, ett ytterligare tillskott till slammets innehåll.

I modern tid har KSLA särskilt uppmärksammat dessa frågor i skriften *Kretslopp och återanvändning – vad vill vi och vad kan vi?* år 1994 och fyra år senare ställde akademiens kretsloppskommitté samman rapporten *Kretslopp stad/land*.

År 2011 remissvarade KSLA till regeringen på Naturvårdsverkets fosforrapport. Svaret hade skrivits av arbetsgruppen: Rune Andersson, Lars Törner, Göte Bertilsson, Jan Fimmerstad, Holger Kirchmann, Carl Johan Lidén, Per-Åke Sahlberg, Magnus Stark och Åke Barklund. Där stod bland annat att akademien var beredd att fortsätta ägna slamfrågorna särskild uppmärksamhet. På uppdrag av akademiens kollegium fortsatte därför samma grupp sitt arbete och våren 2012 ordnades fyra workshops under olika teman med 20-talet särskilt inbjudna deltagare var gång. Träffarna dokumenterades av journalisten Monika Kling. Ett sammanfattande öppet slutseminarium hölls i februari 2013, vilket också refererats av Monika Kling. För att inspirera slutseminariets diskussioner sammanställde arbetsgruppen en PM med tre tänkbara framtida vägar att gå för att hantera avloppsslam i Sverige. Den delgavs alla deltagare i förväg.

Den slamgrupp som arrangerat denna serie möten ser inte som sitt uppdrag och ansvar att visa på en enda särskild modell för framtiden och vi tror inte heller att det finns någon "silverkula" som kan lösa allt överallt på samma sätt. Redan gjorda – ofta stora – investeringar, olika storlekar och typer på reningsverk och dessas avstånd till lämpliga marker för spridning av slam, nya tekniker, etc, gör att vi tror att det kommer att se ganska olika ut. Vi har försökt spela akademiens roll som oberoende arena för goda samtal.

Under den tid slamgruppen arbetat har vi tagit del av omfattande kunskaper om såväl den praktiska tillämpningen som regelverket gällande slamspridning, pågående teknikutveckling inom området, erfarenheter från andra länder och den ständigt pågående forskningen om såväl slammets nyttiga ingredienser som dess farliga. Det har gett oss möjligheter att peka på alternativ som har bärkraft i nuet och i den nära framtiden. Samtidigt finns det klara luckor i kunskaperna när det gäller att bedöma slamhanteringen i det långa perspektivet.

I detta KSLAT-nummer redovisas slamgruppens erfarenheter efter två års arbete med frågorna, inklusive detaljavsnitt om dels slammets agrara nytta, dels en ansats till helhetssyn rörande avloppsvattenrening och kretslopp med fokus på energifrågorna. Skriften bygger till stor del på den diskussions-PM som tillställdes deltagarna inför slutseminariet i februari 2013, dokumentationen av detta slutseminarium och dokumentationen av de fyra workshopparna våren 2012. Dessa dokument finns tillgängliga på akademiens hemsida, www.ksla.se.

För egen del vill jag särskilt framhålla några punkter:

- Jord- och skogsbruk strävar efter att på ett lönsamt vis odla grödor och träd med små negativa effekter för omgivningen. Detta innebär att väga av naturvetenskap (biologi/kemi/fysik m m) med ekonomi och i ökande grad även beakta marknadens och ytterst konsumenternas uppfattningar. Några moderna ledord för lantbrukets kunder är "transparens + ärlighet = förtroende", särskilt på livsmedelssidan. När därför lantbruket ser på olika gödselmedels positiva egenskaper för olika grödor vägs näringsämnesinnehåll och kostnader samman med de externa effekterna näringsläckage, markpåverken, konsumentintressen m m. Detta gäller såväl mineralgödsel och stallgödsel som avloppsslam.
- "Sakägarna" när det gäller avloppsslam är de kommunala vatten- och avloppsverken, som i slamfrågan strävar efter ett positivt samarbete med såväl kommunens innevanare och företag i uppströmsarbetet som med omgivande lantbruk för mottagning av slam.
- KSLA är en obunden organisation som tar sig an de frågor den själv finner angelägna och detta görs "till samhällets gagn". En sådan, ovanligt komplicerad, fråga är hanteringen av avloppsslam där vi vill bistå Sverige med det goda samtalet i ett mångfasetterat spörsmål utan enkla svar. Det är ju så, alltsedan Brundtlandrapporten 1987, att sammanvägningen av ekonomi, ekologi och sociala värden till en bärkraftig helhet är ett rörligt mål som hela tiden korrigeras i takt med att nya kunskaper, erfarenheter och inte minst nya värderingar växer fram.
- Honnörlösningen "kretsloppet land → stad → land" bör inte bejakas rakt av, utan utsättas för analys, diskussion och beräkningar. Det är min förhoppning att vi fört slamfrågan något framåt.

*Åke Barklund
Sammankallande i KSLA:s slamgrupp*

Slam och kretslopp – slam som produktionsresurs i svenskt jord- och skogsbruk

SAMMANFATTANDE REDOVISNING FRÅN KSLA:S SLAMGRUPP, GRUNDAD PÅ REDOVISADE FAKTA FRÅN FORSKNING, GENOMFÖRDA WORKSHOPS OCH FRÅN SLUTSEMINARIET DEN 27 FEBRUARI 2013.

Slam, en resurs – men idag utan tillräcklig kontroll

Slamfrågan har återkommande diskuterats och debatterats under de senaste fyrtio åren och då främst när det gäller spridningen av slam i jordbruket. Avsättningen av slam på jordbruksmark motiveras av att jordbruket årligen behöver tillföra växtnäring, bl a fosfor. Slammets innehåll av mullämnen och kväve framförs också som motiv för slamspridning på jordbruksmark. Man ser slamtillförseln som ett sätt att underhålla och förbättra markbördigheten.

Invändningarna mot att använda slam i jordbruket handlar om slammets innehåll av föroreningar som tungmetaller, hormonstörande substanser, smittämnen, resistenta bakterier, nanoprodukter m m. Alla dessa, varav en del lagras i naturen, har negativ inverkan på det ekologiska systemet. Det förväntade positiva kretsloppet har alltså en baksida. Det har gjorts att flera branschföretag och enskilda livsmedelsföretag i vårt land inte accepterar att slam tillförs mark som används för odling av livsmedelsråvara. I många fall är det en begränsning som gäller en enskild gröda eller vid odling av en gröda till den svenska marknaden. Naturskyddsforeningen liksom KRAV avvisar all användning av kommunalt avloppsslam i lantbruket.

Länge har det också funnits ett stort intresse för att utnyttja slam för tillverkning av jordförbättrings- och jordersättningsmedel. Under senare tid har relativt stora volymer använts vid anläggning av exempelvis golfbanor, odling av färdig gräsmatta och som gödsel till salixodlingar.

I takt med en ökad insikt om riskerna med slamspridning och att slamvolymerna ökar, liksom att det blivit svårare att nå jordbruksmarken, har stora volymer placerats i kontrollerade deponier. Detta behöver inte vara fel om det med ny teknik i ett senare skede går att processa detta slam för att ta till vara i första hand innehållet av fosfor. Att placera slam i t ex vägbankar måste däremot anses förkastligt då det bedöms leda till stor miljöbelastning och framför allt omintetgör en återföring av fosforresursen.

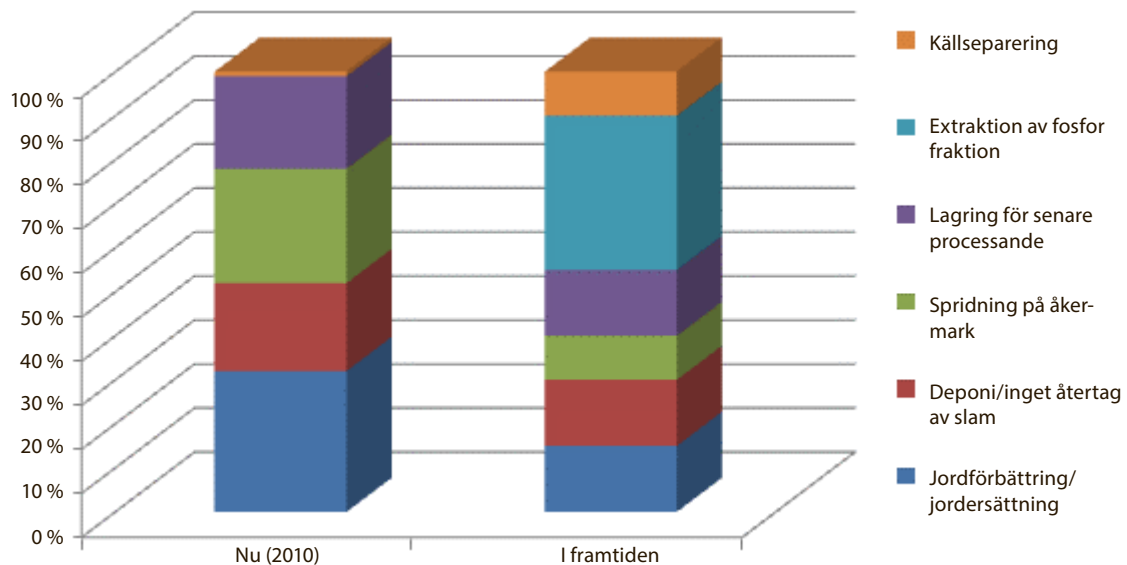
Huvudspåret har under en mycket lång period varit att återföra slammet till jordbruket. Det har genomförts forsknings- och försöksverksamhet för att belysa nyttan av att använda slam inom jord- och skogsbruket. Långliggande ramförsök på Ultuna och en 30 år lång försöksserie med två försök i Skåne har tillfört mycket värdefull kunskap när det gäller utnyttjandet av fosfor och kväve. Ändå är det inte möjligt att entydigt svara på frågan vad en fortsatt till-

försel innebär i ett 50–100-års perspektiv, då önskade ämnens påverkan är dåligt utforskad. Vi vet att halten i mark av flera önskade ämnen stiger vid slamanvändning.

Följande figur visar på huvudsaklig slambehandling idag samt vad som bedöms vara en möjlig utveckling. Det är nödvändigt att fokusera

på teknik som på ett tydligt och konkret sätt innebär återföring av fosfor till odlingsmarken. Lika viktigt är det att skyndsamt utveckla och tillämpa teknik som ger möjlighet att bryta de "negativa flöden" som nu föreligger när det gäller spridning av föroreningar och smittämnen till mark och vatten.

SLAMBEHANDLING IDAG OCH MÖJLIG UTVECKLING.



Reningsverken har sedan länge utfört ett viktigt och framgångsrikt arbete med att förbättra slammets kvalitet. Genom att fosfor i tvättmedel fasats ut har fosforhalten i avloppsvattnet minskat. Genom uppströmsarbete vidtas åtgärder vid källan, vilket leder till minskad belastning i ingående avloppsvatten och därmed förbättrad slamkvalitet. Detta arbete har under senare år stramats upp genom införandet av en formell certifiering benämnd Revaq. Idag

är rekommendationen att enbart sprida certifierat slam. Trots detta sprids icke certifierat slam på åkermark. Certifieringen förväntas ge insyn i vad som gäller för exempelvis tillförsel av växtnäring och olika tungmetaller. Lika fullständig blir inte redovisningen och därmed bedömningen när det gäller exempelvis risker med organiska föroreningar, hormonstörande ämnen och andra medicinrester.

Slamfrågan är lika central internationellt som här i Sverige. Skillnaden är stor i synsättet på att sprida slam på åkermark. I England finns inga större betänkligheter mot att tillföra avloppsslam på åkermark. Schweiz, Österrike, några tyska delstater och Nederländerna är länder där spridning av slam på åkermark inte är tillåten.

En process med fyra workshops och ett öppet seminarium

Syftet med de fyra workshopparna och det avslutande seminariet var att visa på kunskapsläget beträffande nyttan och riskerna med spridning av slam samt att peka på framtida, alternativ teknik.

För planeringsgruppen var det viktigt att utforma ett program som kunde ge en bred genomlysning av ämnet men som samtidigt gav ett djup i viktiga frågeställningar. Respektive workshop gav möjlighet att ta del av kunskapen hos olika intressentgrupper.

Workshop 1 handlade om jordbrukarens nytta av slammet som gödsel- och jordförbättringsmedel.

I avsnittet *Slam i jordbruket* (sid 14) redovisar Göte Bertilsson aktuell kunskap från försök och forskning samt underlag och beräkningsmetoder för de siffror han presenterade.

Vid workshop nr 2 gjordes en genomgång av aktuella lagar och regler som omgärdar nuvarande slamspridning.

Livsmedelsindustrins och konsumenternas syn på riskerna med att använda slam i livsmedelsproduktionen var central när följande workshop, nr 3, behandlade smittrisk och föroreningar.

Den fjärde och avslutande workshoppen var inriktad på att visa på alternativ teknik.

Efteråt har slamgruppen eftersträvat att ta del av andra pågående projekt som syftar till

att urskilja fosfor från slamfasen eller från askfraktionen efter förbränning av slammet enskilt eller i kombination med någon energifraktion. I avsnittet *Hur kan vi få ett effektivt kretslopp för fosfor, ta vara på energin och skapa en miljöanpassad avloppshantering?* (sid 21) redovisar Per-Åke Sablberg aktuell kunskap inom området.

Som underlag för det avslutande öppna seminariet som anordnades utarbetade arbetsgruppen ett scenariodokument med tre alternativa scenarier för framtida slamhantering.

Slam faller ut dagligen och måste tas om hand. Ett av scenarierna fokuserade därför på en vidareutveckling av dagens huvudspår med spridning av Revaq-certifierat slam kombinerat med ett fortsatt uppströmsarbete inom avloppsnätet. Samtidigt finns en betydande osäkerhet rörande de långsiktiga effekterna av en direkt spridning av slam i jordbruket och vilka gränsvärden som ska gälla för slammets alla oönskade ämnen. Med detta perspektiv var det naturligt att också på det avslutande seminariet redovisa och diskutera mer långsiktigt hållbara handlingsalternativ. Såväl system med källsorterat toalettavfall som fosforextraherande system gavs därför stor plats i det summerande seminariet.

Summering

Arbetsgruppen som planerat och genomfört denna kunskapsinventering gör följande summering:

Fosforresurserna i världen är inte akut begränsade, men fosfor bör recirkuleras för att förlänga användandet av de mer lätt åtkomliga tillgångarna och för att inte få en upplagring i biosfären.

Valet av avloppssystem och valet av behandlingsprocess av avskild fast fraktion bör göras med stöd av en helhetsanalys av de

områdesgivna förutsättningarna. Det gäller frågor som typ av föroreningskällor, upptagningsnätets storlek, andelen jordbruksmark i närområdet samt den mottagande recipientens status. För att få en bild av det samhällsekonomiska utfallet av olika återföringsalternativ bör man väga samman hela avloppskedjans totala ekonomi, miljöpåverkan och vilka fördelar och risker som uppstår med respektive hanteringsalternativ i både det korta och riktigt långa perspektivet. Här måste också folkhälsoaspekter, som t ex fertilitetsstörningar, smittorisker och ökade cancerrisker, värderas vid val av alternativ. Det som ger positivt utfall i ett led kan vara en stor nackdel i nästa led, och göra att totalnyttan blir till onyttan.

De lagar och regler som nu omgärdar slammets användning behöver ges en översyn i syfte att mer effektivt dokumentera var slammet sprids, hur det sprids samt det spridda slammets kvalitet.

För att få sprida slam på åkermark får kadmiumhalten i matjorden inte överstiga 0,4 mg Cd/kg jord. För att skydda landets kadmiumfattigaste åkerjordar bör också en nedre haltgräns ansättas varunder slamtillförsel inte heller tillåts. Detta för att trygga den framtida produktionen av högkvalitativ råvara för tillverkning av barnmat. Ett sådant nedre gränsvärde på 0,15 mg Cd/kg jord skulle undanta 25 % av den svenska åkermarken och skulle vi välja 0,20 mg skulle hela 50 % ges detta särskilda skydd.

De utvärderingar som gjorts i gruppen av de sk Skåneförsöken visar att det mesta av kvävet inte kommer grödan tillgodo utan "försvinner" på annat sätt.

Mulltillförseln med slam är av mindre betydelse ställd i relation till halm och rotmassa. Brukningsmetoden har större betydelse för markens mullbalans än slamtillförseln.

Även om man i hittills utförda undersökningar i Skåneförsöken och andra påverkansstudier inte funnit någon mätbar påverkan av gröda, så sker en upplagring av såväl tungmetaller som svårnedbrytbara främmande och oönskade substanser i marken som på sikt leder till mätbara och skadliga nivåer.

Studier vid Umeå universitet, redovisade vid slutseminariet, visar att slammets storlek har i stort sett samma sammansättning oavsett om det kommer från stora eller små orter, då de mesta föroreningarna härrör från hushållen. Industrisamhällets människor har i stort sett samma livsmönster, medicinering och bakterieflora oavsett var de bor. Detta gör att t ex kraven på hygienisering av slam från små orter bör vara jämställda med kraven på slam från större orter.

Effekter och risker med slammets innehåll av smittämnen, hormonliknande ämnen och andra organiska miljögifter är avsevärt mindre utforskade. Det gäller även indikerad resistensbildning mot antibiotika.

I och med att de mesta föroreningarna kommer från hushållen ställs nya krav på den framtida "uppströmsarbetet" för att klara den ökande floran av produkter som tillförs hemmen genom bl a impregnerade kläder, hygienartiklar och hushållskemikalier.

I reningsverken används fällningskemikalier för att fälla ut fosfor ur avloppsvattnet samt andra processkemikalier. De hamnar i slammet men kan också belasta utgående "renade" vatten. Typen av fällningskemikalier och dessas renhet påverkar slammets kvalitet och är en viktig del av slammets sammansättning.

För att bryta den cirkulation av kemiska substanser som i dag sker i vårt samhälle krävs ett avbrott i den alltmer accelererande kemikalie- och smittsnurran av gamla och nya substanser. Ett säkert sådant avbrott är för-

bränning av slammet och därefter utvinning av de nyttiga substanserna, främst fosfor, ur askan.

Förbränning av slam, enskilt eller tillsammans med en annan energibärare, kan med modern teknik göras energieffektivt och minska beroendet av fossil energi.

Ragnsells pågående utvecklingsarbete med att blanda slammet med träflis av olika slag och elda detta i vanliga flisvärmeverk visar att en övergång till eldning av slam kan ske utan större nyinvesteringar. Det förkortar övergångstiden till att få en säker hantering av slammet. Askan lagras på ett kontrollerat sätt inför utvinning av fosfor. I Lidköpings kommun blandas slammet med byggflis och eldas i kommunens sopförbränningsanläggning redan i dag, och det kan göras i de flesta sopförbränningsanläggningar.

Livsmedelsbranschens och handelns krav på råvarans renhet kommer att sätta stort tryck på övergång till säkra alternativ.

Det förtjänar att påpekas att nuvarande avloppsnät och reningsverk betingar mycket stora och kostsamma samhällsinvesteringar, vilket bör utgöra en viktig grund för sökandet av framtida mer hållbara avlopps- och kretsloppslösningar.

En titt i kristallkulan

Det kommer under en övergångsperiod att fortsatt spridas avvattnat slam på åkermark. Men nya kemikalier och andra oönskade ämnen gör att det är svårt att se en långsiktig lösning som bygger på direkt användning i jordbruket även med en utvecklad Revaq-certifiering.

Återförande via källsorterande system bedöms vara svårt att tillämpa i stor skala men bör ha potential bl a inom föroreningskänsliga vattenområden.

Tekniken med fosforutvinning utvecklas både i vårt land och internationellt. Denna teknik bedöms utgöra det mest intressanta mer storskaliga alternativet till nuvarande slamspredning när det gäller att utveckla långsiktigt hållbara system för hantering av avloppsslam. Teknik som inkluderar förbränning tar inte vara på kväve och organisk substans (en fråga som berör 3 % av jordbruket) men detta ska vägas mot möjligheten att för stora volymer slam tillämpa en teknik som ger säker återvinning av fosfor och oskadliggör smittor och organiska miljögifter samt avskiljer tungmetaller. I figuren på nästa sida redovisas handlingsalternativ som kan leda fram till en hållbar fosforcirkulation. Tabblån visar på nuvarande förhållanden för slamhanteringen men ger också en vision av vad som kan vara möjlig framtida teknik. Fokus ligger på att presentera koncept som ger möjlighet för återföring av fosfor till olika odlingsystem. Samtidigt ska tekniken tydligt begränsa eller eliminera risken för spridning av smitta och olika föroreningar. Tidsskalan är svår, näst intill omöjlig, att precisera. Detta ska inte uppfattas som begränsande. Det viktiga är att våga satsa på och implementera ny teknik som dels ger möjlighet till bättre kretslopp, dels begränsar nuvarande negativa förhållanden med spridning av smitta och olika föroreningar. Den svåra uppgiften att bedöma risker och fastställa acceptabla gränsvärden för alla oönskade ämnen i slammet bortfaller också om vi väljer extraktionsvägen.

KOMMUNALT AVLOPPSSYSTEM – NUVARANDE OMHÄNDERTAGANDE OCH MÖJLIGA SCENARIER.

	Andelar 2010 på 203 500 ton TS ca %	Bedömning av situationen i tidsperspektivet två till tre växt- följdsomlopp.	Bedömning av situation på längre sikt, ur ett hållbarhetsperspektiv och med en bred tillämpning.
Slam återförs till jordbruket <ul style="list-style-type: none"> • i växtföljden • inför och vid salixodling 	26	Bygger på återföring av Revaq-certifierat slam. Bedöms fortsätta under en <i>begränsad</i> tidsperiod.	Under en övergångsperiod kan det vara aktuellt att sprida Revaq-certifierat slam. Kraven ökar på hygienisering och bl a minskad Cd-förekomst.
Slam för markförbättring utanför jordbruket <ul style="list-style-type: none"> • vid anläggning av golfbanor • täckning av gruvavfall • jordtillverkning 	32	Kan fortsätta i begränsad omfattning om miljöpåverkan och <i>givans storlek</i> kontrolleras.	Slam för markförbättring <i>utanför</i> jordbruket och med utnyttjande av växtnäring/mull vid anläggning av golfbanor, odling av färdiga gräsmattor och deponitäckning. Bedömning att begränsade volymer <i>hygieniserat slam</i> kan användas utan stort risktagande.
Slam deponeras utan möjlighet till återföring <ul style="list-style-type: none"> • i bullervallar • med annat avfall 	20	Kan vara en kontrollerad teknik på en deponi men tydliga exempel på skador kan påvisas i andra fall. Fosfor borta för alltid.	
Slam som behandlas för återvinning av "ren" fosfor <ul style="list-style-type: none"> • enligt struvitfällning • enligt Easy Mining • enligt Ekobalans 	0	Tekniken under utveckling med tydlig potential för fullskaledrift med acceptabel ekonomi.	Slam som behandlas för återvinning av "ren" fosfor bedöms utgöra den <i>dominerande tekniken</i> för framtida resursåtervinning och utfasning av oönskade metaller. Termisk teknik "missar" återföring av kväve och mullämnen men ger en effektiv barriär mot smittor och organiska föroreningar.
Slam deponeras, möjligheter för senare utnyttjande <ul style="list-style-type: none"> • i gruvor i Norrland • i tidigare oljebergtrum 	21	Om "deponerat" under kontrollerade förhållanden finns möjlighet för framtida resursåtervinning.	
Utnyttjande efter källseparering	1	Tekniken behöver utvecklas ytterligare. Viss tveksamhet för storskalig tillämpning.	Metoden ger förutsättningar för en <i>fullständig återföring</i> av resurser men bedöms dock som mycket svår att tillämpa i stor skala och saknar en säker barriär mot oönskade ämnen.

En fortsatt utveckling för ett resurseffektivt slamomhändertagande med kontrollerad miljöpåverkan.

MER INFORMATION

Följande rapporter visar på aktuell information, främst när det gäller att utveckla teknik för en slamhantering som medger effektiv fosforåterföring men som samtidigt ger möjlighet att klart minska risken för fortsatt spridning av olika smittor och föroreningar. Längre fram i denna skrift finns referenser som särskilt belyser nuvarande slamavvändning i jordbruket och framtida teknik för återvinning av fosfor ur slam och askfraktioner.

Formas (2011). Återvinna fosfor – hur bråttom är det? Red. B. Johansson. Formas Fokuserar. Edita AB Tryck, Stockholm.

Malmöhus läns Hushållningssällskap. Slamspridning på åkermark, fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1987–2011. Per Göran Andersson. Hushållningssällskapets rapportserie 16.

Svenskt Vatten (2013). Slamanvändning och strategier för slamavvändning. Meddelande M 137, mars 2013.

VA-Forsk (2003). Förbränning av kommunalt avloppsvattenslam. Christer Östlund. Rapport nr B 2003-102.

ARBETSGRUPPEN

Rune Andersson, SLU; Åke Barklund, KSLA; Göte Bertilsson, GreenGard; Jan Fimmerstad, Taxinge Gods; Holger Kirchmann, SLU; Carl-Johan Lidén, Vara; Per-Åke Sahlberg, Tagelberg; Magnus Stark, KSLA och Lars Törner, Vallåkra.

Nedan ges dels en redovisning av hur uppgifter om den agrara nyttan beräknats, dels en kompletterad helhetssyn på slamfrågan.

Slam i jordbruket

AGR D GÖTE BERTILSSON, BERTILSSON@GREENGARD.SE

Här redovisar jag mer fullödigt de beräkningar som låg till grund för mina presentationer vid workshop 1 och vid slutseminariet den 27 februari 2013 hos KSLA. Inledningsvis väver jag in perspektiv från helhetsarbetet.

Kretsloppets förutsättningar

Huvudbakgrunden till att nyttja slam i jordbruket är en önskan om kretslopp. Kretslopp måste ses som en nödvändig del av vårt framtida samhälle. Men det är faktiskt nödvändigt att kritiskt granska kretsloppen för att få en bra utveckling. Kanske måste vi göra prioriteringar.

Låt oss se på en enskild person som exempel. Näringsämnen i hans/hennes mat hamnar så småningom i toalettavfall (vi ska inte glömma hushållsavfallet men det är en mindre del och lämnas utanför här). Per person och år får reningsverken ta emot ca 0,7 kg fosfor och 4 kg kväve.

Fosfor fångas upp effektivt och hamnar i slam. I Sverige blir det ca 5 300 ton fosfor per år i slam. Kvävet fångas inte upp lika lätt. Bara en fjärdedel, eller ca 8 000 ton, av det kväve som kommer in till reningsverket hamnar i slammet, resten denitrifieras (oskadliggörs) eller avgår med utflödande vatten (Linderholm 2013).

Idag används årligen ca 10 000 ton fosfor i form av mineralgödsel i det svenska jordbruket. Vi ser direkt att totalmängden i slam är ungefär hälften av detta (Linderholm 2013). Men av olika skäl tillförs bara 1 300 ton fosfor i slam till jordbruket. Riktgivan är 22 kg P/ha, vil-

ket innebär att ca 60 000 hektar får slam, d v s knappt 3 % av jordbruksarealen. Om allt producerat slam återgick till jordbruket enligt dagens system skulle det täcka fosforbehovet på ca 10 % av arealen. Emellertid, om fosfor i slam tas fram som en ren och styrbar produkt skulle slamfosfor kunna tillgodose 50 % av mineralgödselbehovet. Detta bör vara mål för utvecklingen.

För kväve går nästan tre fjärdedelar förlorade i reningsverken, en fjärdedel finns kvar i slam. Rent kvantitativt är kretsloppsmöjligheterna avsevärt sämre än för fosfor. Jordbruket använder årligen ca 160 000 ton kväve i form av mineralgödsel. Totalinnehållet av kväve i slammet (8 000 ton) är alltså 5 % av detta. Det som faktiskt sprids i jordbruket (2 000 ton) blir endast ca 1 % och ser vi till vad som är den förväntade växtnyttan blir det knappt hälften av detta.

För fosfor finns förutsättningar för ett effektivt kretslopp via slam som processats. För kväve har det mesta redan försvunnit på vägen. Dock finns vissa utvinningsmöjligheter i reningsverksprocessen. I ett källsorterande system, med särskilt omhändertagande av toalettavfallet, är potentialen för att recirkulera kvävet bättre, även om den faktiska växtnäringsnyttan

också där kan reduceras avsevärt genom kväveförluster vid hygienisering och vid spridning.

Det kan inte nog betonas att när vi jämför kretsloppssystem och deras samhällsnytta måste vi se på helheten i kedjan från hushållet till grödan på marken.

Jordbruksnytta

Här tas inte hänsyn till möjliga marknadsbegränsningar på grund av slam användning.

I slamförsöken i Skåne (Andersson 2012) har slam gett en skördeökning om 4 % (skörden på 5 700 kg har ökat till 5 900 kg) i praktiskt jordbruk med normal skördenivå. Där har 1 ton slam (torrsubstans, TS) per år getts utöver normal gödsling med mineralgödsel. Utan mineralgödsel har slam ökat skörden från 2 900 kg till 3 200 kg – alltså en bättre skördeökning för just slam, men på en ekonomiskt och produktionsmässigt omöjligt låg skördenivå. Detta är resultatet efter 30 års drift och inkluderar långtidseffekter av kväve, mullämnen, mikroelement m m, men inte fosfor (se nedan). Värdet av skördeökningen blir med dagens priser ca 400 kr per hektar (eller ton slam-TS). För normal jordbruksanvändning bör vi lägga till ett fosforvärde på ca 300 kr (totalt tillfört 30 kg P, nyttoeffekt 50 % enligt nedan, pris 20 kr per kg fosfor i mineralgödsel). Summa: ca 700 kr.

Skördeökningarna i Skåneförsöken ligger i nivå med erfarenheter på andra håll (Goldbach 2011).

Fosfor

Detta är det centrala näringsämnet i slam, men frustrerande nog går det inte att hitta relevanta data för hur fosfor i slam fungerar i det sammanhang som är aktuellt för oss. Linderholm (2011) gjorde en grundlig litteraturstudie och kom också till denna konklusion. Det som är

intressant för svenskt jordbruk är frågan om slamfosfor är lika effektivt som normal mineralgödsel för att upprätthålla en lagom långsiktig fosforstatus i åkermarken. Det är en svår fråga att utreda. Startar vi försök nu får vi kanske preliminära svar om 20 år. Fosfor var ingen huvudfråga när de skånska slamförsöken planerades för mer än 30 år sedan. Fosforgödsling har också skett där och det dränker slammets fosforeffekt.

För att göra en kommersiell värdering räknar man i England med att 50 % av fosfor i slam ersätter mineralgödsel. Både svensk (Jordbruksverket) och engelsk (Defra) officiell rådgivning säger att metallfällt slam har osäkrare fosforverkan. Goldbach rapporterar tyska försök med olika resultat; vissa slamtyper fungerar väl, andra sämre.

Linderholm (2013) är i sin avhandling optimistisk om slammets långsiktiga fosforeffekt, och antar 100 % jämfört med mineralgödsel. Jag har här i bakgrundsarbetena antagit 70 % långsiktig fosforeffekt av slam fällt med järn eller aluminium.

Det är också en fråga om hur slammet nyttjas i jordbruket. Dagens användning av mineralgödsel fosfor är precis och riktad. Placering av fosfor, kombisädd, ger ökad effekt. Styrning till de mest krävande grödorna i växtföljden är viktig. Slam kan dock inte användas på detta sätt, här blir det en stor klumpgiva ungefär vart femte år. Även om slamfosfor långsiktigt skulle omsättas i marken mister man grödeffekten.

Vidare är det fråga om behov och dosering. Det finns många praktiska exempel på slam användare som gödlat upp till mycket höga fosfortillstånd. Det är emellertid inget fördelaktigt kretslopp utan tvärtom en miljörisk. Det finns regler och anvisningar som är mer restriktiva i dag, men de tillåter ändå både uppbyggnad och vidmakthållande av onödigt höga fosfortillstånd i marken (Jordbruksverket 2013). Också

i detta avseende mister man i effekt. Mitt antagande är att högst 70 % blir rätt spritt till mark och gröda som behöver det.

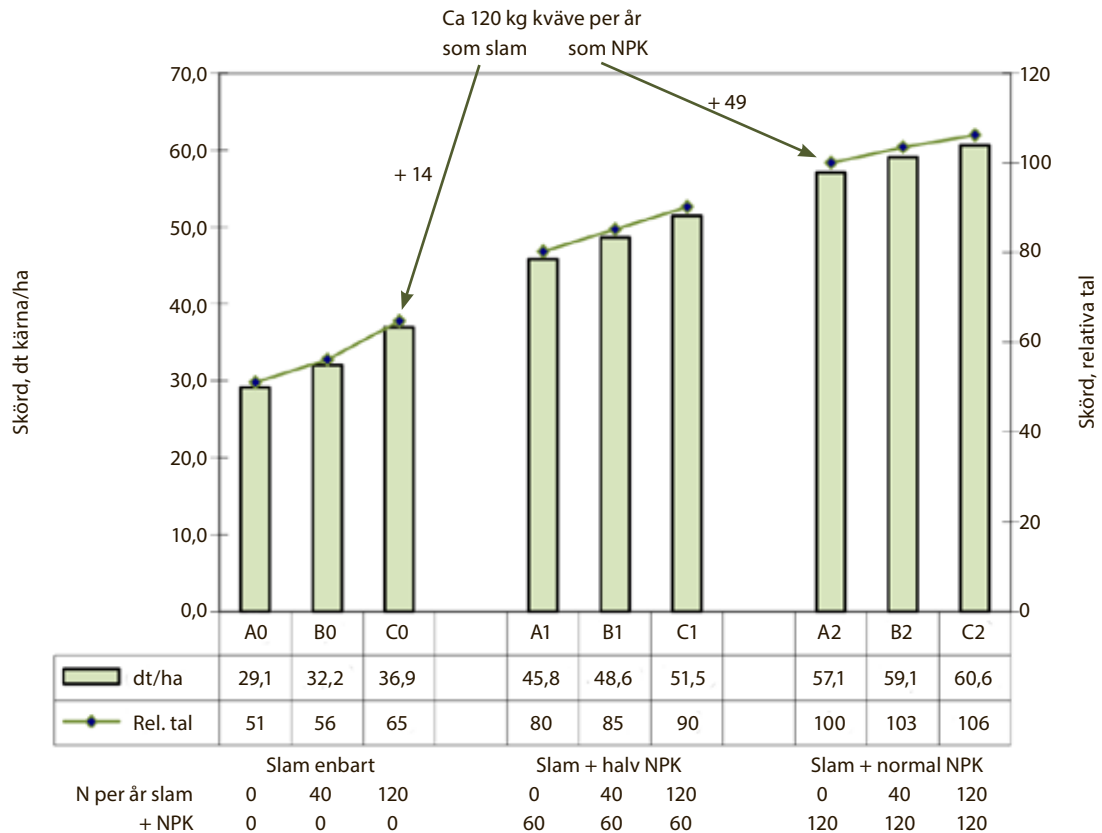
Har man 70 % i grödeffekt och 70 % i distributionseffekt blir resultatet ca 50 % effekt av fosfor i slam jämfört med fosfor i mineralgödsel i praktiskt jordbruk.

Kväve

Om vi lägger ut fyra ton slam TS vart fjärde år sprids vid det tillfället ut ca 100 kg fosfor och 150 kg kväve, varav ca 50 kg är direkt tillgängligt ammoniumkväve. Vilken nytta gör detta kväve? Linderholm (som refererar till Greppa Näringen) använder siffran 40 % jämfört med mineralgödselkväve.

Försöken i Skåne ger följande bild.

SLAMFÖRSÖKEN I SKÅNE. MEDELTAL 30 ÅR, VÅRSÄD.



Ur: Rapporten Slamspridning på åkermark 2012.

120 kg slamkväve i medeltal per år har gett 800 kg skördeökning medan 120 kg kväve i NPK gett 2 800 kg. Det blir ca 30 % verkan jämfört med mineralgödsel.

Detta är inget generellt tal utan hänför sig till slamanvändningen i Skåneförsöken: spridning på hösten, ibland till höstsådda grödor men oftast inte. Det skulle kunna bli bättre om man spred på våren till vårgrödor och anpassade givan efter kvävebehovet. I Workshop 1 redogjorde Börje Lindén för försök med värspridning i Mellansverige och han kunde redovisa 50 % av tillfört kväve i grödan. Att sprida anpassat på våren har dock ett pris; dels i läglighetskostnader, dels i mycket större risk för packningsskador på marken. Dessa kan ge stor skillnad i en annars för slamanvändaren gynnsam slamkalkyl. Packning är troligen vårt största bördighetsproblem.

Miljöfrågor

En viktig bakgrund är miljöprogrammet för svenskt jordbruk. Vi har skarpa krav på minskning av utflödena av kväve och fosfor till omgivande hav. Här har vi en skillnad i förhållande till t ex England.

I olika miljöprogram betalar samhället som minst ca 50 kr för att minska kväveutflödet med ett kg. Det gäller också ammoniakprogram. Det finns ett kalkningsprogram för att minska fosforutflödet, där en kostnad på mer än 200 kr per kg minskning av fosforutflöde har nämnts.

Slam till jordbruket bör åtminstone vara föremål för en diskussion i dessa avseenden när man jämför olika kretsloppssystem. Ökar slam till jordbruket kväveförlusterna till miljön? Svaret är obetingat *ja*. Slam är inte bättre och kanske inte sämre än stallgödsel i detta avseende. Men ska det ge en sorts frisedel? Slam skulle närmast kunna liknas vid fastgödsel, vilket man gärna vill komma ifrån av miljöskäl. Det finns

anledning att diskutera alternativ till nuvarande hantering.

Vad vet vi?

I försökens kvävebalans leder slam till en oförklarad post på ca 15 kg kväve per år, efter att hänsyn till kväveinlagring som mull har tagits. Det föreligger potentiella förluster. Säkert finns en hel del ammoniakavdunstning på hösten. Nitrat i marken har mätts och där ger slam en förhöjning, vilket visar på en förhöjd risk för nitratutlakning. Vi ser i skördarna att slammet ger en efterverkan i minst tre år, vilket visar att slammet är en aktiv kvävekälla under denna tid – därmed ökar risken för utlakning när ingen gröda är där och marken är obevuxen.

Det finns åtgärder mot detta. Anpassad värspridning har nämnts. Fånggröda ett år eller två efter slamspridning skulle kunna anbefallas, miljöersättningen (=kostnad?) är för närvarande 700 kr, ungefär som slammets hela värde på åkernivå.

Slam och kväveförluster har sällan tagits upp i diskussionen tidigare. Men vi har inte heller haft detta miljötryck. Frågorna behöver både utredas bättre och diskuteras mer – de hör definitivt hemma i en kretsloppsdiskussion och bör åsättas ett värde när man jämför kostnader för alternativa kretsloppslösningar.

Ökar slam i jordbruket fosforförluster till miljön? Det skulle faktiskt kännas oärligt att svara *nej* på den frågan. Men inte heller här kan vi kvantifiera. Några faktorer:

- Slamspridning innebär en stor engångsgiva och oftast över 100 kg fosfor. Man avråder i dag från förrädsgödsling och höga givor av miljöskäl.
- Även om man brukar ned efter höstspridning är det troligt att det förekommer yt-koncentrationer som ger ökat utflöde t ex

vid snösmältning och det är känt att fosfor till en del transporteras genom markprofilen organiskt komplexbundet, vilket slammets organiska material skulle kunna främja. Frågan blir mer "får jag lov att sprida mer fosfor här (den är ju nästan gratis)" än "behöver jag sprida fosfor här". Det befördrar inte det kritiska hushållningstänkande vi behöver när vi pläderar för kretslopp. (Jordbruksverket 2013, Gödsling och Kalkning).

Mull och kolsänka

Slammet innehåller organisk substans och är i sig en bra mullbildare. Det är positivt för den som använder slam. Detta är dock redan in-tecknat i den skördeökning som mäts i de skånska försöken, de har såpass låga mullhalter att en ökning bör vara positiv.

Men är mullfaktorn något att väga in när vi jämför alternativa system? Vi behöver perspektiv:

- Slam: 1 ton ger efter omsättning 120 kg kol i mull. Användningen är i dag ca 46 000 ton, som ger 5 500 ton mullkol. På 1 miljon ha blir det 5,5 kg kol per hektar.
- Halm: 1 ton ger efter omsättning 80 kg kol i mull. En normal skörd på 3 ton per hektar ger 240 kg mullkol per hektar.

Sett i stort för lantbruket bidrar slammet marginellt i humusfrågan och slammet kan således inte anses väga tungt i denna del när alternativ jämförs, så inte heller när det gäller att binda mer kol i marken för klimatets skull.

Metaller

Skåneförsöken ger mycket bra perspektiv på denna fråga.

Metallhalter i mark och gröda har noggrant följts under hela försöksperioden. Den har ju varit såpass lång att det framgångsrika arbetet med att få ett renare slam kan ses i slamanalyserna.

Kadmium i gröda

I grödan märks ingen påverkan av slamgödsling efter 30 år, och det är inte anmärkningsvärt. Matjorden innehåller ca 1 kg kadmium per hektar, det är höga bakgrundsvärden på försöksjordarna. Ett extra tillskott av 2 g kadmium per år i 30 år skulle öka mängden med 60 g till 1,06 kg. Även om grödorna reagerar proportionellt på detta kan skillnaden inte spåras med den variation som finns.

Metallanrikning är en långsiktig fråga. På jordar där kadmiumhalten naturligt är låg borde haltökning i såväl mark som gröda lättare kunna avläsas.

Kadmium i jord

Halten i slam på 1980- och 1990-talen skulle efterhand ha gett en tydlig ökning av kadmium i jorden. För de 30 år som gått är det bara en tendens men värdena utesluter inte att det mesta ackumuleras i marken (se ovan om kadmium i gröda). Men de praktiska halterna i slam på 2000-talet är så mycket lägre att man knappast har möjlighet att spåra en påverkan på hundratal år. Kadmiumtillförseln har avsevärt minskats. Det gränsvärde som Naturvårdsverket senast fört fram ligger på denna låga nivå.

Kvicksilver i jord

Här märks i försöken en tydlig trend. Drygt hälften av tillfört kvicksilver hittas i jordanalyser. De nuvarande lägre halterna i slam skulle ge en fördubbling av kvicksilverhalten på 200 år om allt stannar kvar. Samma gäller med det nya riktvärde som förts fram.

Föga kvicksilver tas upp i grödan och är mera en miljöfråga än en hälsofråga.

Koppar

Kopparhalterna har tydligt ökat. Det är mer ett miljö- och markproblem än ett hälsoproblem, men den ackumulation som finns är ohållbar.

Silver

Detta är en ny aspekt som inte har följts i försöken. Enligt det riktvärde som nu förts fram skulle silver i marken öka från 0,4 till 0,7 kg per hektar på 50 år. Normal slam användning åstadkommer nästan en fördubbling under överblickbar tid.

Det finns en diskussion om riskerna med tillförsel av silver till odlingsmarken. Silvret kan bindas som olöslig silversulfid. Det kan också bilda nanopartiklar som kan förgifta marklivet enligt en annan forskningsrapport.

Andra kemiska ämnen

Analys har gjorts i Skåne försöken, men inget anmärkningsvärt har hittats.

Om miljö- och riskbedömningar

Det förtjänar att betonas att riktigt hygieniserat slam inte är någon farlig produkt i sig. Tillförsel vid enstaka tillfällen märks inte i mark- och

växtanalyser. Frågan är huruvida slam till åkermarken är en hållbar och fördelaktig metod på lång sikt och i stor skala.

På problemsidan finns en stor och allvarstygnd katalog, alltifrån cancer till hormonstörande ämnen, smittor och antibiotikaresistens. Men något konkret har inte registrerats. Vidare diskuteras långsiktig markförorening, och början till detta ses i analyser.

De mer konkreta kväveläckageriskerna som nämns ovan bör heller inte glömmas.

På plussidan finns den ekonomiska fördelen för de 3 % av jordbrukarna som använder slam och att avloppssektorn inte behöver befara ökade kostnader för en ny processteknik.

Det ska poängteras att alternativa metoder som innebär sämre fosforkretslopp än dagens slam inte ska accepteras. Det finns förutsättningar för att utveckla ett väsentligt förbättrat fosforkretslopp.

Under seminariet gjorde vi ett försök att kvantifiera nyttan och kostnader för dels slam till jordbruket, dels en antagen process, med slamförbränning och extraktion, som tar fram ren fosfor ur slam för 50 kr per kg fosfor.

I de ekonomiska jämförelserna nedan används "personequivärent" som gemensam bas. Det är ju den enskilda personen som dels släpper ut, dels utsätts för de ökade risker som nämns ovan.

- Jordbruksnytta av slam användning (grund 700 kr/ton): 16 kr per person och år.
- Samhällsnytta av slam i jordbruket (ovanstående reducerat med kostnader för transport och spridning): 5 kr per person och år. (Dessutom borde det reduceras för kväveutsläpp).
- Kostnad för den antagna extraeringsprocessen: 18 kr per person och år.

Det ligger som nämnts en del antaganden bakom och det finns skäl att se på känsligheten för andra förutsättningar. Vi jämför med nettovärdet ur ett samhällsperspektiv (5 kr per person och år) som nämns ovan:

1. Fosforeffekten för slamavvättning är totalt 70 % (100 % är omöjligt med det system som används). Då ökar slamvärdet från 700 kr till 850 kr, och i stället för 5 kr blir värdet 6 kr per person och år.
2. Transportkostnaden är bara hälften så stor, 225 kr/ton i stället för 450 kr/ton. Då blir värdet 6,60 kr per person och år.
3. Slamspridningen åstadkommer en packningsskada värd 200 kr och ökar kväveutlakningen med 2 kg. Värdet sjunker från 5 kr till 2,80 kr per person och år.
4. Den alternativa metoden kostar 100 kr per kg fosfor i stället för 50 kr/kg P. Då blir nettokostnaden 56 kr, inte 18 kr.
5. Den alternativa metoden kostar 50 kr/kg P men ger dubbelt så mycket effektiv fosfor. Då blir nettokostnaden inte 18 kr utan 7 kr per person och år.

Hur vi än räknar är det ingen stor ekonomisk fråga som diskuteras, det rör sig om något tiotal kr per person och år för att bli av med alla risker. Inte nog med det – vi kan införa ett reningssteg i samhällets flöden där organiska föroreningar elimineras och oönskade metaller separeras bort. Det öppnar dessutom möjligheter för ett bättre fosforkretslopp. Vi ska inte heller underskatta den utvecklingspotential som ligger i arbete i denna riktning.

Ändå kan det bli en ekonomisk fråga om vi ser det per kg fosfor. Den antagna tekniken skulle kosta ca 50 kr/kg P jämfört med dagens pris för mineralgödsel, ca 20 kr/kg. Denna prisökning kan inte tas av jordbruket. Det ska dock observeras att detta exempel är ett antagande. Det finns konkreta förhoppningar om åtskilligt lägre kostnad.

Men en fråga kvarstår: Är kretslopp en samhällsangelägenhet eller en jordbruksfråga? Det borde självklart vara en samhällsangelägenhet, liksom dagens slamhantering.

REFERENSER

- Defra (UK). Fertiliser Manual, RB209.
- Goldbach, H., A. Clemens, H. Scherer. Nährstoffgehalte und -wirkungen verschiedener Klärschlämme. Universität Bonn. Sammanfattande presentation 2011.
- Jordbruksverket (2013). Riktlinjer för Gödsling och Kalkning.
- Malmöhus läns Hushållningssällskap. Slamspridning på åkermark, fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1987–2011. Per Göran Andersson. Hushållningssällskapens rapportserie 16.
- SLU (2013). Phosphorus. Kersti Linderholm. Doctoral Thesis 2012:84
- Svenskt Vatten (2011). Fosfor och dess tillgänglighet i slam, en litteraturstudie. Kersti Linderholm. Rapport 2011:16.

Hur kan vi få ett effektivt kretslopp för fosfor, ta vara på energin och skapa en miljöanpassad avloppshantering?

LANTMÄSTARE PER-ÅKE SAHLBERG, PER.AKE@TAGELBERG.SE

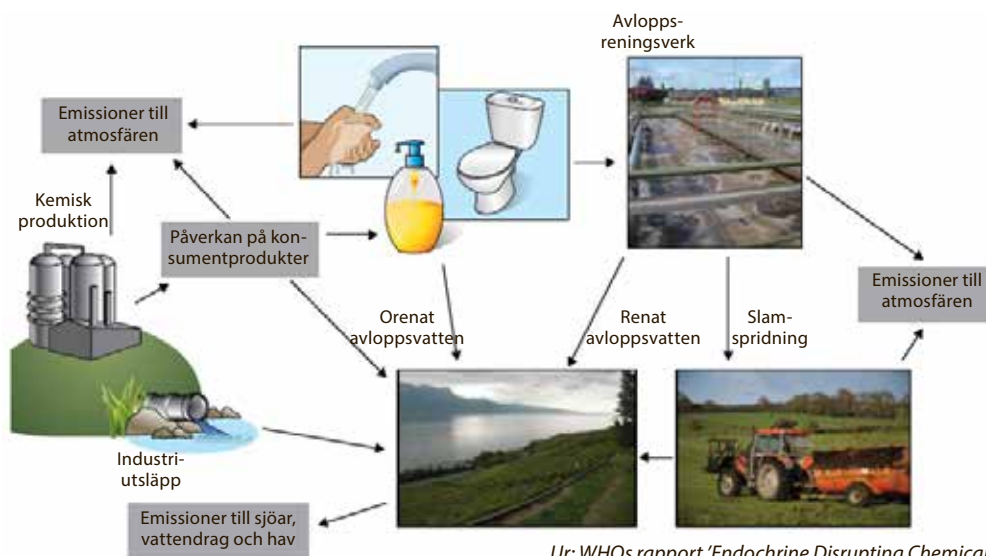
”Vi lever i dag i en omvärld där av människan tillverkade kemikalier har blivit en del av vårt dagliga liv. Det är tydligt att dessa kemiska föroreningar kan påverka vårt hormonella system, och det är säkert att dessa hormonstörande substanser också kan påverka utvecklingsprocessen av både människor och djurarter ” står det i inledningen till WHO-rapporten *Endocrine Disrupting Chemicals* 2012.

Rapporten konstaterar att exponeringen av hormonstörande substanser, även i mycket små mängder och i kombination med varandra – s k kemikaliecocktails – under vår livscykel utgör ett allt större hot mot vår fortplantning och bidrar till utveckling av sjukdomar.

I dag finns över 140 000 olika kemiska substanser registrerade som hamnar i naturen och som kan ha denna påverkan. Under nedbrytningen bildas nya substanser och i kombination

med varandra bildar de nya ämnen som vi har svag kontroll över; vilka de är och deras påverkan i miljön.

I dagens samhälle hamnar dessa kemiska substanser, tillsammans med smittämnen och resistenta bakterier som vi människor bär på ute i våra avloppssystem eller i naturen på andra sätt. Det illustreras av nedanstående bild ur den WHO-rapport som nämns ovan.



Ur: WHO:s rapport 'Endocrine Disrupting Chemicals' 2012.

Avloppssystemen och deras funktion

Idén med ett avloppsreningsverk är att avloppsvattnet renas så väl att det vatten som går ut i floder och sjöar är så rent att naturen inte tar skada. Tyvärr är avloppsnätet inte dimensionerat för att ta emot allt det avloppsvatten som kommer, utan man har byggt in så kallade bräddningsstationer där avloppsvattnet rinner över vid häftiga regn, rakt ut i floder och sjöar. I Göteborg bräddades 4 % av det orenade vattnet rakt ut i Göta Älv år 2005, ett år med normalnederbörd. Det motsvarar avloppet för 30 000 personekvivalenter.

Reningsverken är byggda för att avskilja suspenderade ämnen, biologiskt nedbrytbara organiska ämnen, fosfor och kväve från utgående avloppsvatten.

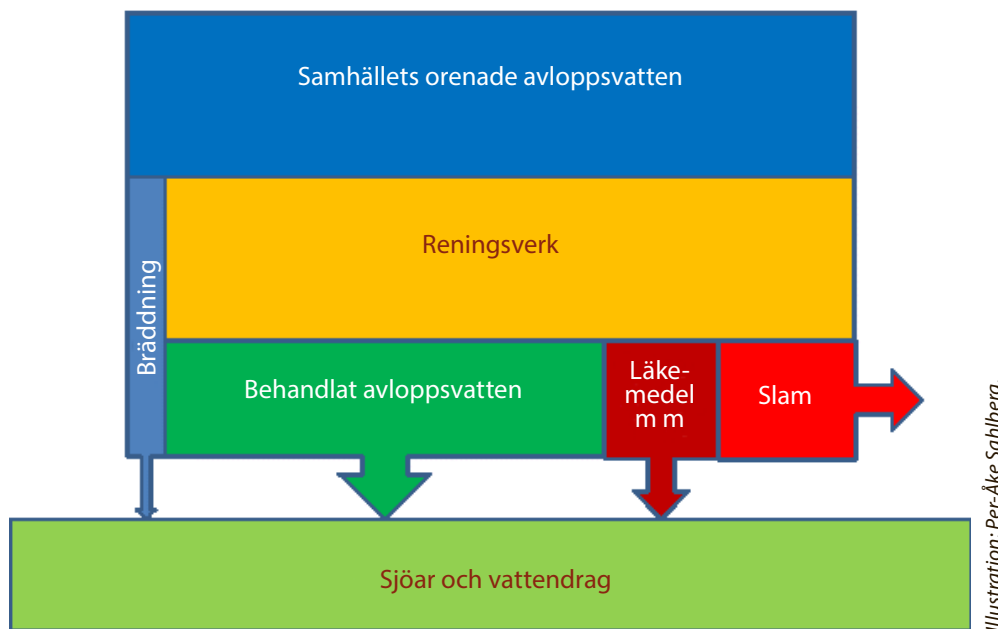
Andra grundämnen och kemiska föreningar avskiljs i den utsträckning de är bundna till suspenderade ämnen.

Detta innebär att flertalet metaller avskiljs väl liksom en del miljöfrämmande organiska ämnen. Dessa avskilda ämnen samlas upp i slammet.

Vattenlösliga svårnedbrytbara organiska ämnen, exempelvis många läkemedel och deras nedbrytningsprodukter, avskiljs därmed endast i begränsad utsträckning och följer med det behandlade vattnet ut i recipienten.

Detta medför att en stor mängd hormonstörande substanser, läkemedel och bakterier passerar reningsverken och hamnar i våra vattendrag där de påverkar vattenorganismerna. Riskerna med att de hamnar i våra dricksvattenreservoarer är betydande. Andra hormonstörande ämnen, smittämnen samt läkemedel och deras nedbrytningsprodukter hamnar främst i slammet. Vissa substanser återfinns i både utgående avloppsvatten och slam.

KEMIKALIERNAS VÄG GENOM AVLOPPSSYSTEMEN.



Restprodukten slam

I Sverige producerar våra reningsverk årligen 1 miljon ton slam som måste tas om hand. Huvudspåret har hittills varit att sprida det på våra åkrar som gödningsmedel. Men då hamnar de ämnen som vi vill rena vattnet ifrån på åkrar där vår mat odlas.

Man brukar hävda att läkemedel och andra substanser som vi inte lyckas fälla ut i reningsverket inte hamnar i slammet utan går ut med det behandlade avloppsvattnet till sjöar och vattendrag.

Slammet innehåller ca 80 % avloppsvatten. Detta betyder att slammet också innehåller samma typ av restprodukter som det utgående avloppsvattnet innehåller. Därför hamnar läkemedel och övriga skadliga vattenlösliga substanser även på åkern.

Resultatet blir att vi får en ökande mängd av kemiska substanser som tillförs och lagras i vår åkermark och i våra vattendrag och sjöar. Kontinuerligt utvecklas också nya substanser som förs in i våra konsumtionskedjor utan att man säkert vet deras effekter på människor och miljö. Vi hamnar i en loop där använda kemikalier återförs i kretsloppet, ökande mängder förs in och nya produkter förs till. Man kan likna det vid en ”kemikaliesnurra” som roterar allt fortare och fortare.

Vi kan fråga oss: *Hur länge ska vi fortsätta med att utsätta våra vatten och marker, som är vår bas för överlevnad, för dessa oönskade substanser som hotar fortplantningen hos både djur och människor? De stör våra hormonsystem. Cancer, resistenta smittor, benskörhet o s v utvecklas med både stort lidande och stora ekonomiska kostnader för sjukvård som följd.*

Behov av förändrad reningsverksstrategi

Nya forskningsrön, rapporter och en intellektuell analys visar att den nuvarande avloppsreningen har stora brister. Den avskiljer inte de farliga substanser som vi måste få bort. Tekniken att återföra dem genom att sprida slam på åkermark innebär stora risker utan att vara till samhällsekonomisk nytta.

Denna visshet borde resultera i en helt ny strategi om vi menar allvar med vårt miljömedvetande. Vi måste inse att kommande generationer också har rätt till ett liv utan miljörelaterade sjukdomar – med rätten att dricka rent vatten och äta hälsosamma livsmedel.

En sådan strategi bör utgå från

- Att fosfor och andra nyttiga substanser som finns i våra avloppsvatten tas tillvara.
- Att återföringen av fosfor sker på ett resurseffektivt, miljö- och hälsvänligt sätt.
- Ett uppströmsarbete för att få bort onödiga substanser. Det sker kontinuerligt en riklig tillförsel av nya substanser. De flesta av substanserna kommer från hushållen som använder mediciner, kosmetika, tvättmedel, elektronikapparater, plastföremål, tvättar de impregnerade kläder vi använder o s v. Produkterna och deras verkan är diffusa och försvårar därmed ett framgångsrikt uppströmsarbete som ger tillräcklig effekt. Därför krävs nya arbetssätt. Det kan handla om att påverka produkttillverkarna, som kan finnas i andra länder med andra lagar och regler. Det kan ytterst innebära att vi måste påverka människors livsstil. Det finns undantag för substanser, t ex läkemedel som har så stor betydelse för sjukvården, att man får acceptera att de finns i avloppssystemet. De får i stället fångas upp i reningssteget och tas om hand på annat sätt eller hamna i slammet.

- Krav på skärpt kontroll av vilka nya substanser som tillförs och kontroll av vilken effekt dessa har på ekosystem.
- Krav på en effektivare avskiljning av farliga substanser, liksom smittor och läkemedelsrester, i reningsverken i syfte av att få ett renare utgående vatten. Detta är nödvändigt för att skydda våra vattenreserver och därmed levande organismer och fiskar. Här krävs utveckling av ny teknik och speciella forsknings- och utvecklingsresurser erfordras.
- Att skräpbrändning helt byggs bort så att vi slipper orenat avloppsvatten som går direkt ut i våra vattendrag och sjöar.
- En behandlingsteknik av slammet som oskadliggör farliga substanser och smittor.
- Att den rundgång av farliga ämnen i kretsloppet som slamspridning orsakar bryts.

Eldning av slam

Eldning av slam minskar behovet av fossila bränslen, minskar utsläpp av växthusgaser och möjliggör effektiv fosforåtervinning.

När det gäller omhändertagande av slammet är eldning en väl fungerande metod enligt rapporter utgivna av Svenskt Vatten och Värmeforsk.

Genom förbränningen destrueras de brännbara substanserna och askan kan med ny och existerande teknik processas för att ta vara på främst fosfor. Även andra nyttiga näringsämnen liksom tungmetaller kan utvinnas och användas i nya produkter.

I dag finns teknik för att utvinna fosfor ur askan. Restprodukten kan lagras på ett säkert sätt i avvaktan på att teknik och lönsamhet utvecklas för att ta vara på andra nyttiga substanser.

Eldning av slam ger energi som kan minska förbrukningen av fossila bränslen och reducerar därmed utsläpp av växthusgaser.

En ytterligare fördel med eldnings- och utvinningsalternativet jämfört med direktspridning av slam är att inga gränsvärden för tillförsel av oönskade ämnen behöver utarbetas och kontrolleras. Miljökontrollen blir enklare och säkrare.

En övergång till att elda slammet är en effektiv metod som snabbt kan bryta den miljöbelastning som nuvarande slamhantering utgör.

I flera kommuner blandas slammet i dag med E2 (bygg-)flis och eldas i sopförbränningspannor. Slam kan också blandas med vanlig bränsleflis och eldas i existerande biobränslepannor i fjärrvärmesystemen. Utvinning av biogas reducerar värmeverdets vid en efterföljande eldning, men ger fördel i att ett fordonsbränsle genereras.

I vanliga sopförbränningspannor kan man med fördel också elda slam tillsammans med sopor. I Holland eldar man slam i cementugnar där askan hamnar i cementen och gjuts så småningom in i betongkonstruktionerna. Då kan man inte ta vara på fosfor.

Pyrolys av slam

Pyrolys av slam för produktion av biokol och energi är en annan metod under utveckling för att bryta looperna av farliga substanser och återföra fosfor.

Peak Eco Energy testar en anläggning för pyrolys i Lidköping från och med hösten 2013. Anläggningen för Lidköpings behov rymmer i en ordinär container.

EkoBalans testkör metoder för struvit- och ammoniumsulfatfällning vid reningsverket i Helsingborg och utvecklar en pyrolys av restprodukten.

En osäkerhet i dessa metoder är fosfors tillgänglighet eftersom den fälls ut i reningsverken med järn- respektive aluminiumföreningar, vilket binder fosfor så hårt att den till cirka

hälften inte är vattenlöslig och därmed inte tillgänglig för växterna. Här behövs forskning för att analysera fosforns tillgänglighet i biokolet.

En annan osäkerhet är var tungmetallerna hamnar och vad som händer med de organiska föreningarna. Man anser att de förbränns eller förgasas och hamnar i pyrolysoljan genom upphettning till 700 grader C. Här behövs också ytterligare forskning.

Separerade avloppssystem

Separerade avloppssystem framförs som en framtidslösning, men leder till större miljöbelastning. Systemen medför att stora volymer ska hanteras, lagras, transporteras och spridas. Investeringsbehovet blir mycket stort i dubbla ledningssystem, stora lagringstankar, hygienisering och transportsystem.

De ger heller inte en nödvändig destruktion av önskade substanser, medicinrester, smittor och resistenta bakterier och kräver att produkten först passerar en hygieniseringsanläggning.

Eldning eller spridning på åker?

Jämförelse mellan eldning av slam och spridning på åker:

- Eldning möjliggör att 80–95 % av fosfor utvinns som ren och vattenlöslig ammoniumfosfat av teknisk kvalitet ur askan med Easy Mining Clean Map-metod.
- Slam med 25 % torrsubstans (TS) ger vid eldning ett värmetilskott av ca 1,25 MJ/kg som ersätter fossilbränslen i fjärrvärmesystemen. Det innebär att slameldning bidrar till att minska den globala uppvärmningen.
- Om slammet har en torrhalt över 35 % kan eldning ske i monoförbränning. Slammet innehåller i vanliga fall 20–25 % TS, men kan med avdunstning eller skruvkompressor avvattnas till 35 % TS. För avdunstning kan biogasen som uppstår vid hygieniseringen användas som bränsle. Slammet har ändå kvar ett positivt värmevärde.
- I VA-Forsks rapport nr B 2003-102 återges tabellen på nästa sida, avseende slammängd och värmevärde vid respektive TS-halt.
- Eldning av slam bidrar till minskning av växthusgaser då det ersätter fossil energi i fjärrvärmesystemen eller omvandlas till elenergi. Enligt det monoförbränningsalternativ som VA-Forsk utrett enligt ovan tillförs 779 GWH/år, vilket motsvarar 80 000 kubikmeter råolja – jämförbart med hela Jämtlands fjärrvärmeproduktion.
- Värmeekonomin och slammets ersättning av fossila bränslen kan förbättras om man hanterar slammet som riskavfall och har ett slutet transportsystem mellan reningsverk och panna eftersom upphettning för hygienisering kan reduceras. Om man avstår från biogasrötning spar man både energi och investeringar i rötningsanläggningar.
- Den energi i form av biogas, som frigörs vid rötningen får man i stället ut som värmeenergi vid eldning av icke rötat slam. Därmed spar man ytterligare fossila energislag i fjärrvärmenäten.
- Metoden att elda slammet i monoförbränningsanläggningar eller tillsammans med olika sorters biobränsle innebär att askan kan användas som råvara för utvinning av fosfor och andra intressanta ämnen. Lovande metoder är under utveckling och patenterade av svenska företag, exempelvis Clean Map.
- Verkningsgraden för att återföra fosfor förbättras markant om man eldar i stället för att sprida slam.
- Om man sprider rötat slam blir knappt 50 % av fosfor tillgänglig för växterna.

ÅRLIGA SLAMMÄNGDER VID OLIKA TS-HALTER – ORÖTAT SLAM.

Typ av slam, ej rötat	TS-halt %	Specifik slam- mängd vid aktuell TS-halt kg/pers, år	Slammängd i riket ton/år	Askhalt av TS %	Värmevärde slam MJ/kg
Slam – dagens avvattning	25	108	1 000 000	35	1,6
Slam – förbättrad avvattning	33	81	730 000	35	2,8
Slam efter torkning	60	44	400 000	35	7
Torrsubstans (TS)	100	27	240 000	35	20

Ur: Svenskt Vatten, rapport nr B 2003-102.

- Sättet att hantera slam i öppna system och sprida på åkermark kommer att ställa stora krav på hygienisering genom upphettning till minst 70 grader. Detta kräver mycket energi och kostsamma investeringar.
- Vid spridning av slam på åker intensifieras den biologiska processen av silvernanopartiklar och växthusgasproduktionen ökar markant – 4,5 gånger – enligt försök gjorda vid University of Kansas, USA.
- Eldning av slam destruerar farliga och brännbara substanser och bryter därmed ”kemikalie- och smittsnurran”.
- Kvävet försvinner vid eldning, men den analys som gjorts av Skåneförsöken visar att utnyttjandet av kvävet vid slamspridning är mycket lågt. Det har dessutom en negativ miljöpåverkan genom läckage.
- Mullämnena i slammet förstörs vid eldning, men mullinnehållet i slammet och dess verkan är mycket liten i förhållande till grödans rotmassa och halm. Brukningsmetoden har större påverkan på markens mullhalt än slammet.
- Slammets värde i ökad skörd är beräknat till 400 kr per hektar och ersättningsvärdet för den fosfor som tillförs är 300 kr för lantbrukaren. Från detta ska borträknas kostnaden för den markpackning som uppstår vid spridningen. Man bör också beakta den marknadsrisk som uppstår vid användandet. Flertalet av de företag som köper produkterna tar inte emot spannmål och andra grödor som odlats på slambehandlad areal.
- Produktansvaret och det juridiska ansvaret för risker med slammet och dess eventuella följdverkningar övergår på lantbrukaren vid spridningstillfället.
- Kostnaden för transport och spridning betalas av slamleverantören och uppgår beroende av avståndet till belopp som närmar sig och i de flesta fall överstiger bondens nettoersättning för ökad skörd. Det leder till att slamspridning blir ett samhällsekonomiskt nollsummespel eller till och med en kostnad.
- Enligt studier som gjorts i Göteborgsregionen av ”Framtida hållbara system för behandling av avlopp och bioavfall”, som värderar totalkostnaden inklusive miljökostnader, framstår slameldning som den ekonomiskt och miljömässigt mest hållbara

metoden trots att man inte har räknat med den positiva effekt som utvinningen av fosfor ur askan får.

- Eldning av slam tillsammans med sopor eller biobränsle ger en positiv effekt på förbränningsprocessen, askans sintring och slitaget av pannorna, vilket ger markant lägre service- och underhållskostnader.
- Askans ska inte spridas på odlingsmark.

Teknik för systembyte

Teknik finns för att snabbt och ekonomiskt byta slamhanteringssystem och därmed minska miljöbelastningen

I Österrika och vissa delstater i Tyskland är slamförbränning obligatorisk och man har anläggningar som eldar slam med monoförbränning. De levererar både fjärrvärme och elström som ersätter kol och olja i fjärrvärmesystemen och minskar därmed utsläppen av växthusgas, som exempelvis TBU Stubenvoll GmgH, www.tbu.at.

Existerande sopförbränningsanläggningar i Sverige kan redan i dag ta emot slam, t ex eldar man idag slam blandat med flisat byggavfall i Lidköping.

I Sverige har vi ett väl utbyggt fjärrvärmesät som eldas med bioenergi i form av träflis. I dessa anläggningar kan man blanda in slammet och får då ett markant positivt energitillskott och en förbättrad eldningsprocess. Askans kan utnyttjas för utvinning av ren fosfor.

Detta innebär att vi har redan en teknik som möjliggör en snabb och relativt billig övergång från slamspridning på åkrar och annan deponering av slam till en mera miljövänlig teknik.

Avskiljningsteknik är ett krav

Teknik för att avskilja medicinrester, smittbärrare och resistenta bakterier i våra reningsverk är ett absolut krav och behöver utvecklas

Vattenlösliga svårnedbrytbara organiska ämnen, exempelvis många läkemedel och deras nedbrytningsprodukter, avskiljs endast i begränsad utsträckning i reningsverken och går således rakt igenom reningsverken och ut våra sjöar och vattendrag eller sprids genom slammet till våra åkrar.

Här behöver ny teknik utvecklas och Sverige kan bli ett föregångsland.

Regeringen har redan formulerat en innovationsstrategi som också anger att Sverige ska satsa på utveckling av miljöteknik för att uppfylla miljömålen, skapa export och sysselsättning i Sverige.

En satsning på säkra och miljövänliga system för avloppshantering, återföring av fosfor och andra nyttiga substanser utgör en viktig del i en global utmaning för renare miljö och folkhälsa.

För att sätta fart på utvecklingen behövs inte bara stimulanser, utan också tydliga krav på branschen att utveckla och snabbt gå över till en säker teknik. Tvingande lagstiftning kan t o m bli nödvändig

Miljöanpassade avloppssystem

EN PRINCIP FÖR MILJÖANPASSADE AVLOPPSSYSTEM.

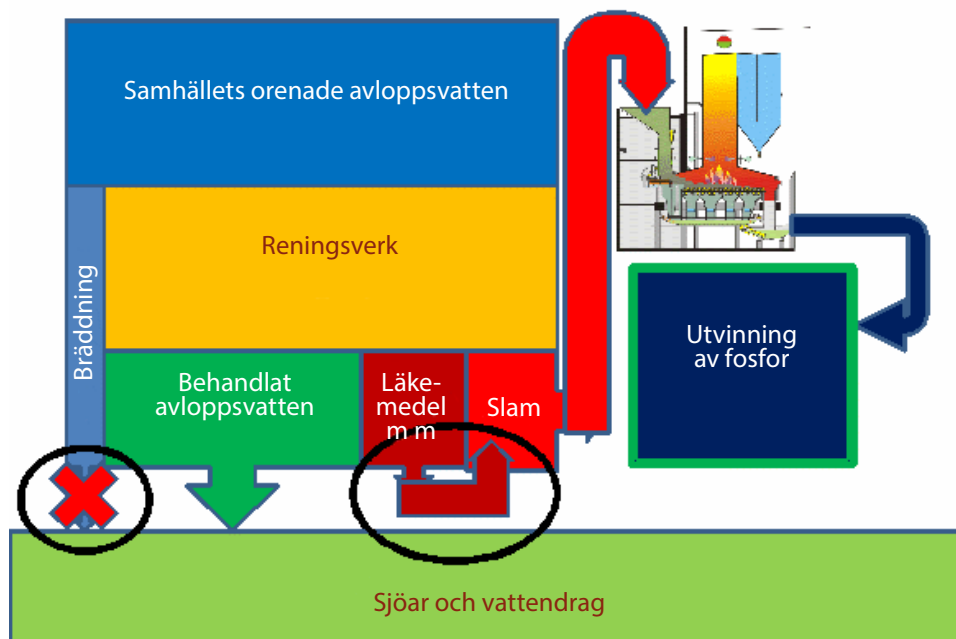


Illustration: Per-Ake Sahlberg.

NÖDVÄNDIGA ÅTGÄRDER FÖR ATT FÅ ETT MILJÖANPASSAT SYSTEM

1. Arbeta med uppströms teknik för att reducera tillförelse av oönskade substanser
2. Bygg bort "bräddningen" så att orenat avloppsvatten inte når vattendragen
3. Utveckla teknik för att rena avloppsvattnet från medicinrester, smittor o s v.
4. Behandla slammet så att skadliga substanser, smittor och resistenta bakterier destrueras
5. Utvinna fosfor och andra nyttigheter.

REFERENSER

- Department of Biology, Duke University, Durham, USA, and Center for the Environmental Implications of Nanotechnology (CEINT), Duke University, Durham, USA (2013). Low Concentrations of Silver Nanoparticles in Biosolids Cause Adverse Ecosystem Responses under Realistic Field Scenario. Red. Stephen J. Johnson, University of Kansas, USA. Rapport publicerad i PLOS ONE 2013-02-27.
- Gyllenhammar, Marianne. Slamförbränning av slam och avfall på roster-etapp 1. En litteraturstudie.
- Intervju med Gunnar Lindgren, civilingenjör RenÅkerRenMat.
- Intervju med Patrik Enfält, agronom, VD Easy Mining.
- Kretsloppskontoret Göteborgs Stad (2007). Systemstudie Avlopp, December 2007.
- Kungl. Tekniska Högskolan (2013). Behovet av en ny avloppsstrategi – forskning från enskilda avlopp. Prof. Gunno Renman (gunno@kth.se). Presentation: Uppströms teknik i kretslopp, Stockholm 2013-03-20.
- Miljödepartementet (2012). Miljöministern vill se ny EU-gemensam kadmiumstrategi. Pressmeddelande 2012-06-08.
- Naturskyddsföreningen (2012). Avlopp på våra åkrar – en rapport om miljögifter i slam. Rapport.
- Naturvårdsverket. Återanvändning av växtnäring från avlopp – aktörernas värderingar, ställningstaganden och agerande. Boel Carlsson, Hushållningssällskapet. Rapport 5223 PDF.
- Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Att motverka beläggingsproblem vid energiåtervinning ur avfall. Kent Davidsson, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- TBU Stubenvoll GmbH, www.tbu.at. Klärschlammverbrennung.
- Thyréns (2013). Behandlingsmetoder för hållbar återvinning av fosfor ur avlopp och avfall. Slutrapport 2013-02-15.
- UNEP (2012). State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals 2012, Summary for Decision-Makers. (Denna sammanfattande rapport [UNEP nr DTI/1554/GE] baseras på huvudrapporten State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals – 2012, ISBN 978-92-807-3274-0 [UNEP] och 978-92-4-150503-1 [WHO]. [NLM classification: WK 102]).
- VA-Forsk (2003). Förbränning av kommunalt avloppsvattenslam. Christer Östlund. Rapport nr B 2003-102.
- VA-Forsk (2005). Problem och lösningar vid processoptimering av röt-kammardriften vid avloppsreningsverk. Katarina Starberg, Bernt Karlsson, Jan-Erik Larsson, Peter Moraeus, Anna Lindberg. Rapport nr 2005-10.
- Värmeforsk (2012). Bränslehandboken 2012. Birgitta Strömberg och Solvie Herstad Svärd. A08-819, sid 203-218.
- www.kommunalverlag.de/downloads/pdf/2007/Innen-KoWi_09-2007.pdf. 30 Jahre Schlammverbrennungsanlage Buchenhofen Umweltfreundliche Entsorgung von Klärschlamm – Stromerzeugung durch Prozessdampf. Artikel i Kommunalwirtschaft.

Utgivna nummer av Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens TIDSKRIFT (KSLAT)

(Titlar markerade med * publiceras endast elektroniskt på KSLAs hemsida www.ksla.se. Där finns även tidigare utgåvor.)

2009

- Nr 1 Does forestry contribute to mercury in Swedish fish?*
- Nr 2 Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens verksamhetsberättelse 2008
- Nr 3 Klassificering av sjöar och vattendrag – nordisk jämförelse utifrån svenska bedömningsgrunder
- Nr 4 Return to Eden – future paths to sustainable, natural resources management
- Nr 5 Landet utanför – landskapsestetikens betydelse för den urbana människan

2010

- Nr 1 Växtskyddsmedlens miljöpåverkan – idag och i morgon
- Nr 2 Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens verksamhetsberättelse 2009
- Nr 3 Vindkraft, javisst! Men inte alltid och inte överallt
- Nr 4 Skogsbrukets bidrag till ett bättre klimat
- Nr 5 Internationell skogspolicy – en översikt
- Nr 6 International forest policy – an overview

2011

- Nr 1 Food security and the futures of farms: 2020 and toward 2050
- Nr 2 Swedish-African forest relations
- Nr 3 Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens verksamhetsberättelse 2010
- Nr 4 Landskapsperspektiv – hur gör det skillnad?

2012

- Nr 1 Forskning och innovation för produktiv och skonsam skogsteknik
- Nr 2 Inte av bröd och bräddor allena – en skrift om skönheten i naturen
- Nr 3 Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens verksamhetsberättelse 2011
- Nr 4 The global need for food, fibre and fuel
- Nr 5 Hästen i centrum – hästens roll och möjligheter som samhällsresurs
- Nr 6 Jorden vi ärvde – den svenska åkermarken i ett hållbarhetsperspektiv
- Nr 7 Export av skogligt kunnande från Finland och Sverige
- Nr 8 Dags att utvärdera den svenska modellen för brukande av skog

2013

- Nr 1 Säl, skarv och fiske – om sälars och skarvars inverkan på fiskbestånden i Östersjön*
- Nr 2 Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens verksamhetsberättelse 2012
- Nr 3 Framtidsprojektet. En vision om naturresursbruket 2063
- Nr 4 Matens kvaliteter
- Nr 5 Global Outlook – future competition for land and water
- Nr 6 Slam och fosforkretslopp*

Jord- och skogsbrukets markbördighet är central i KSLA:s arbete och har varit så alltsedan "ängen var åkers moder" fram till dagens gödslingsoptimering.

Som alternativ till gödning med renodlad mineralnäring framhålls gärna begreppet "kretslopp" i form av avloppsslam från reningsverken. Men avloppsslam är hanterings-, lagrings- och transportkostnads känsligt och innehåller många oönskade ämnen. Kretsloppstanken kan inte genomföras rakt av, det blir i stället en fråga om att balansera kostnader mot intäkter och att väga nyttiga ämnen mot oönskade, ibland rent av farliga. En mycket central fråga i pågående avloppsslamsdiskussion är också tillvaratagande av det essentiella grundämnet fosfor.

Akademien har ägnat slamfrågorna särskild uppmärksamhet genom sin slamgrupp, som har arrangerat en serie möten där vi tagit del av omfattande kunskaper om såväl den praktiska tillämpningen som regelverket gällande slamspridning, pågående teknikutveckling inom området, erfarenheter från andra länder och forskningen om såväl slammets nyttiga ingredienser som dess farliga. Det har gett oss möjligheter att peka på alternativ som har bärkraft i nuet och i den nära framtiden. Samtidigt finns det klara luckor i kunskaperna när det gäller att bedöma slamhanteringen i det långa perspektivet.

I denna skrift redovisas slamgruppens erfarenheter.



1813–2013

Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien
Drottninggatan 95 B
Box 6806, 113 86 Stockholm
tel 08-54 54 77 00, fax 08-54 54 77 10
www.ksla.se, akademien@ksla.se

Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien (KSLA) är en mötesplats för den gröna sektorn. Akademien är en fri och oberoende nätverksorganisation som arbetar med frågor om jordbruk, trädgårdsbruk, livsmedel, skog och skogsprodukter, fiske, jakt och vattenbruk, miljö och naturresurser samt skogs- och lantbrukshistoria. Vi arbetar med frågor som berör alla och som intresserar många!