



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Kretslopp från bord till jord

Studie av metoder som återför mest näring och
minst skadliga ämnen till åkrarna

David Nyberg

Göteborgs Universitet, Institutionen för Globala Studier och Handelshögskolan i Göteborg

Examensarbete i Humanekologi inom Samhällsvetenskapliga miljövetarprogrammet

Bachelor thesis in Human Ecology

Handledare: Tom Böhler

Vårterminen 2012, 15 hp

Sammanfattning

För att återföra växtnäringen i det avloppsslam som produceras på de svenska avloppsreningsverken sprider man sedan länge en del av slammet på åkermark. Sedan mitten av åttiotalet har slamspridningen i omgångar ifrågasatts, med motiveringen att slammet förutom växtnäringsämnen från fekalier och urin även innehåller ämnen som inte borde spridas i naturen. Trots att debatten om slamspridning har pågått länge är den fortfarande aktuell. Regeringen har på nytt givit Naturvårdsverket i uppdrag att utreda hur näring kan återföras med så små risker som möjligt. Regeringen har även tagit bort miljömålet om fosforåterföring utan att ersätta det med något nytt i väntan resultatet av Naturvårdsverkets uppdrag. Naturskyddsföreningen har presenterat en rapport där de hävdar att all slamspridning måste upphöra.

I denna uppsats undersöker jag hur bråttom det är att återföra de olika näringsämnena för att på så sätt få bättre förståelse för vilket sätt att återföra näring som är det mest optimala ur näringssynpunkt. Jag tittar också närmare på hur stora de olika riskerna med slamspridning är. Därefter undersöker jag, med utgångspunkt i svaren på ovanstående frågor, olika metoder för återföring av näring till åkermark som skulle kunna fungera i Göteborg. Slutligen tittar jag kort på fördelar och nackdelar med de olika alternativen som finns att ta hand om slammet om det inte sprids på åkermarker.

För att svara på ovanstående frågor har jag dels använt mig av existerande datamaterial från tidigare forskning, rapporter och utredningar. Dels har jag gjort 15 intervjuer med experter inom olika områden som berör det jag ville undersöka med denna uppsats. Genom intervjuerna fick jag svar på många av de frågor som jag inte lyckades få svar på på annat sätt. Jag fick också många väl insatta personers och institutioners syn på de frågor som jag undersökte.

Genom detta arbete har jag kommit fram till att det är viktigt att återföra alla näringsämnen i avloppet till åkermarken, inte bara fosfor, utan bland annat och i ännu högre grad, kväve. Eftersom slamspridning endast återför en mycket liten del av allt kväve i avloppet menar jag att slamspridning inte är ultimata ur kretsloppssynpunkt. Även med tanke på riskerna med de oönskade ämnena i slammet är slamspridning inte någon lyckad lösning. Den metod som återför så mycket näring som möjligt med så små risker som möjligt verkar vara sorterande toalettlösningar, framför allt urinsortering. För att bli av med avloppsslammet utan slamspridning på kort sikt är antagligen förbränning och deponering av askan den bästa lösningen.

Nyckelord: avloppsslam, slamspridning, kretslopp, näringsåterföring, fosfor, kväve

Innehåll

Sammanfattning	1
1. Inledning	4
1.1 Problemformulering	5
1.2 Syfte	5
1.3 Frågeställningar och motivering	5
1.4 Närliggande arbeten	7
2. Humanekologiska utgångspunkter	9
2.1 Hållbar utveckling	9
2.2 Jordbruksmarkens betydelse	10
2.3 Kretsloppstänkande	10
3. Bakgrund	11
3.1 De svenska miljö kvalitetsmålen	11
3.2 Försiktighetsprincipen	12
3.3 Slamregler och REVAQ	12
3.4 Korta fakta om avloppsslam och om Ryaverket	13
4. Metod	14
4.1 Intervjuer	14
4.2 Formulering av frågeställningarna	16
5. Resultatredovisning	16
5.1 Hur bråttom är det att återföra näringen i urin och fekalier till åkermarken?	16
5.1.1 Fosfor	18
5.1.2 Kväve	19
5.1.3 Kalium	20
5.1.4 Svavel	20
5.1.5 Mullämnen	20
5.1.6 Kalcium, magnesium och mikronäringsämnen	21
5.2 Hur stora är riskerna med slamspridning på åkermark så som det sker idag?	21
5.2.1 Metaller	21
5.2.2 Organiska miljögifter	25
5.2.3 Läkemedelsrester	26
5.2.4 Smittämnen	27
5.2.5 Nanomaterial	28

5.3 Vad kan göras i Göteborg för att minska risken att åkermark förorenas i försöket att sluta näringskretsloppet mellan stad och land?	28
5.3.1 Slamspridning på bättre sätt	28
5.3.2 Utvinning av näring ur avloppsvatten	30
5.3.3 Utvinning av fosfor ur aska.....	31
5.3.4 Källsortering	31
5.4 Vad bör vi göra med slammet om vi inte vill sprida det på åkermark?.....	34
5.4.1 Anläggningsjord.....	34
5.4.2 Gödsling av skog.....	34
5.4.3 Deponering av avloppsslammet.....	35
5.4.4 Förbränning och deponering av askan.....	35
6 Diskussion	36
6.1 Hur bråttom är det att återföra näringen i urin och fekalier till åkermarken?	36
6.2 Hur stora är riskerna med slamspridning på åkermark så som det sker idag?	37
6.3 Vad kan göras i Göteborg för att minska risken att åkermark förorenas i försöket att sluta näringskretsloppet mellan stad och land?	38
6.4 Vad bör vi göra med slammet om vi inte vill sprida det på åkermark?.....	39
7. Slutsats	39
Källförteckning.....	41
Personlig kommentar	45
Bilaga 1	46
Informanter	46

1. Inledning

I dagens konventionella jordbruk¹ tillförs kontinuerligt olika näringsämnen i form av konstgödsel² för att kompensera för den förlust av näring som sker vid skörd av det man odlar och genom urlakning via regnvattnet. Om detta inte gjordes skulle skördarna bli lägre. (Cunningham & Cunningham 2008 s. 195) Det finns dock bra anledningar till att arbeta för att istället skapa ett kretslopp, där näringsämnena i fekalier och urin kan cirkulera tillbaka till åkermarken igen. Att skapa näringskretslopp är viktigt för att undvika de miljöproblem som uppstår vid gruvbrytningen av mineral som används i konstgödsel, och vid gödselmedelstillverkningen. På längre sikt är det även viktigt att skapa detta kretslopp med motiveringen att mängden brytbar mineral för gödselmedelstillverkning som finns i världen är begränsad. (Naturvårdsverket 2010 s. 7) Fram tills våren 2012 fanns det ett delmål under det nationella miljömålet *God bebyggd miljö* som sa att minst 30 procent av fosfor i avlopp ska återföras till åkermark senast 2015 (Berglund 2012; Naturvårdsverket 2012a; Miljödepartementet 2012a).

Ett sätt att skapa detta kretslopp som många kommuner tillämpar är att sprida slam från reningsverken på åkermark. I slammet samlas nämligen en stor del av den fosfor från fekalier och urin som når reningsverket (Johansson 2011). 2010 spreds ungefär 20 procent³ av allt slam som producerades vid de svenska reningsverken på åkermarker (Svenskt Vatten 2011b s. 9).

Arbetet med att skapa detta kretslopp har dock på många håll i landet gått långsamt. Från Göteborgs avloppsreningsverk Ryaverket spreds exempelvis endast knappt två procent av avloppsslammet på jordbruksmark år 2011 (Gryaab 2012a bilaga 5). En anledning till att det går trögt är att många jordbrukare inte vill sprida avloppsslam på sina åkrar med motiveringen att slammet även innehåller ämnen som är miljö- och hälsofarliga. De ämnen som de är oroliga för är bland annat tungmetaller, medicinrester, nanomaterial och andra miljögifter. Om dessa ämnen sprids på åkermark finns risk att de skadar de mikroorganismer som finns i jorden. En del av ämnena riskerar även att tas upp av de växter som odlas på åkermarken och därefter föras vidare till oss människor genom att vi äter dessa växter eller äter djuren som ätit dessa växter. (Naturskyddsföreningen 2012)

Debatten om slamspridning har pågått under lång tid och det har gjorts många utredningar om vilket som är bästa sättet att återföra näring från avlopp till åkermarker. Trots detta är ämnet fortfarande mycket aktuellt. Miljömålet om fosforåterföring som många av förespråkarna för slamspridning byggt mycket av motiveringen för spridningen på, har nyligen tagits bort av regeringen i väntan på nya utredningar från Naturvårdsverket.

Ett antal forskare har i en debattartikel krävt att det måste bli ett bredare miljömål som stadgar att fler ämnen än fosfor, exempelvis också kväve, skall återföras till jordbruksmarken. En av

¹ Den viktigaste skillnaden mellan konventionellt och ekologiskt jordbruk är att det i det ekologiska jordbruket inte är tillåtet att använda konstgödsel och kemiska bekämpningsmedel (Naturskyddsföreningen 2010).

² Syntetiskt framställda gödselmedel. Kallas även för handelsgödsel (Nationalencyklopedin 2012).

³ Av den totala slamproduktionen på ungefär 214 000 ton TS spreds 2010 ungefär 42 000 ton TS slam på åkermarker (Svenskt Vatten 2011b s. 9).

forskarna, professor Johan Rockström, har i en radiointervju framfört meningen att källsorterande toaletter är det som långsiktigt krävs för att skapa ovanstående kretslopp. (Jönsson et al. 2012; Hedfors 2012)

Naturskyddsföreningen har nyligen publicerat en rapport där de bestämt hävdar att slamspridningen snarast bör upphöra.

1.1 Problemformulering

Om det är så som många slamkritiker menar, att slamspridningen riskerar att succesivt bygga upp halterna av skadliga ämnen i åkermarken, är det viktigt att det snarast görs något för att detta upphör. För att även kommande generationer ska kunna leva ett gott liv är det mycket viktigt att vi som lever idag inte förstör de resurser som man även långt in i framtiden kommer vara beroende av.

Samtidigt är det ur ett hållbarhetsperspektiv lika viktigt att vi lyckas skapa kretslopp där näringen från urin och fekalier återförs till de marker där maten produceras. Detta dels för att produktionen och användningen av den konstgödsel som används i jordbruket idag bidrar till både lokala och globala miljöproblem. Dels för att minska miljöbelastningen som sker genom reningsverkens utsläpp av näringsämnen. Dels för att de mineral som används för produktionen av konstgödseln inte räcker hur länge som helst. Om nyttan med återföringen av näringen i slammet är större än riskerna med spridningen av de oönskade ämnena i slammet borde däremot slamspridningen på åkermark öka.

1.2 Syfte

Med detta arbete hoppas jag kunna bidra till en bättre helhetsförståelse för ovan beskrivna dilemma. Det vill säga syftet med denna uppsats är att lägga fram och göra en värdering av olika argument och fakta i debatten om näringsåterföring från urin och fekalier till åkermark.

1.3 Frågeställningar och motivering

Den fråga som jag huvudsakligen vill svara på med detta arbete är följande:

Hur stora är riskerna med slamspridning på åkermarker så som det sker idag och vad skulle kunna göras för att minska dessa risker?

För att på ett så smidigt sätt som möjligt svara på ovanstående fråga har jag valt att dela in uppsatsen i fyra frågeställningar:

1. *Hur bråttom är det att återföra näringen i urin och fekalier till åkermarken?*

2. Hur stora är riskerna med slamspridning på åkermark så som det sker idag?

3. Vad kan göras i Göteborg för att minska risken att åkermark förorenas i försöket att sluta näringskretsloppet mellan stad och land?

4. Vad bör vi göra med slammet om vi inte vill sprida det på åkermark?

Under den första frågeställningen undersöker jag bland annat hur länge dagens kända reserver av de ämnen som används för produktion av den konstgödning som används i jordbruket skulle räcka med dagens förbrukningstakt. De växtnäringsämnen vars reserver beräknas räcka kortast tid tänker jag mig att det ur knapphetssynpunkt är mest brådskande att återföra från urin och fekalier till åkermark. Genom att minska behovet av att via konstgödning tillsätta dessa näringsämnen tänker jag mig att även risken att det blir brist på dessa specifika ämnen inom en nära framtid borde minska.

Med den första och andra frågeställningen hoppas jag kunna komma närmare ett svar på frågan om det är värt att sprida slam av dagens kvalitet på åkermark eller inte. Om nyttan med återföringen av näringen är större än riskerna med spridningen av de oönskade ämnena som finns i slammet bör det innebära att slamspridningen är bra. Men om nyttan med näringsåterföringen däremot är mindre än riskerna bör det i stället innebära att slamspridning inte är bra, och att man borde försöka hitta andra bättre lösningar.

I den tredje frågeställningen undersöker jag de metoder för återföring av näring från avlopp till åkermarker som jag har stött på under detta arbete och som jag anser vara mest intressanta för Göteborg. Här tar jag reda på hur väl dessa metoder återför olika näringsämnen till jordbruksmarken och hur mycket oönskade ämnen som samtidigt sprids i naturen. Jag tar även med andra aspekter som kan vara relevanta för att kunna bedöma hur bra respektive metod kan vara för att återföra näring till åkermarken. Anledningen till att jag valde att fokusera på Göteborg är framför allt att det skulle bli smidigast så eftersom jag själv bor i Göteborg. Just Göteborgs situation tyckte jag även verkade extra intressant med tanke på att andelen av slammet från stadens reningsverk Ryaverket som spreds på åkermarker 2010 endast var sju promille. Enligt stadens egen årliga miljörapport för 2010 hade staden som målsättning att öka andelen av avloppsslammet som återförs till jordbruket från dessa 7 promille till hela 50 procent. (Göteborgs Stad 2011 s. 187) År 2011 hade man ökat andelen som spreds på åkermark till knappt 2 procent (Gryaab 2012a bilaga 5). Under en av intervjuerna som jag gjorde längre fram i arbetet fick jag dock reda på att kommunen i dagsläget inte längre har något mål om att sprida en viss mängd slam på åkermark. Enligt Ronnie Ljungh, som är ordförande i kretsloppsnämnden i Göteborg, har man nu istället enbart målsättningen att höja kvaliteten på slammet så pass mycket att det blir möjligt att sprida det på åkermark. (Ljungh) Globalt sett är det dessutom väldigt intressant att undersöka möjligheterna att skapa näringskretslopp i just städer. Redan idag bor mer än hälften av världens befolkning i städer och andelen som bor i städer ökar kontinuerligt. (Sida 2010)

Även om näringen från urin och fekalier återförs till jordbruksmarken på något annat sätt än med slamspridning kommer det i många av alternativen ändå bildas stora mängder slam i det

kommunala avloppsreningsverket. I fjärde frågeställningen undersöker jag vilka alternativ det finns för att bli av med avloppsslammet om vi inte vill sprida slammet på åkermarker.

Sammantaget vill jag med detta arbete ge läsaren en aktuell och så bra helhetsbild som möjligt över de frågor som uppsatsen undersöker. Med detta hoppas jag kunna bidra till ökad kunskap hos intresserade lekmän och beslutsfattare och därmed även bidra till så kloka beslut som möjligt inom detta viktiga område.

1.4 Närliggande arbeten

De arbeten som känns mest relevanta för mitt ämnesval är Naturvårdsverkets rapporter *Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp* (2002) och *Uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp"* (2010). Dessa rapporter är redovisningar av regeringsuppdrag om att bland annat ta fram strategier för hur återföringen av fosfor ur avlopp kan öka. Även de olika remissinstansernas remissvar angående den senaste rapporten utgör ett intressant material till denna uppsats (Miljödepartementet 2011a).

I båda rapporterna framförde Naturvårdsverket slutsatsen att det förutom återföringen av fosfor även är viktigt att återföra andra näringsämnen ur urin och fekalier till åkermark. Även slutsatsen att återföring av näring i form av avloppsslam kan vara en lämplig lösning inklusive förslag på strategier för hur detta kan åstadkommas med minsta möjliga risker för miljö och människors hälsa finns med i både den gamla och den nya rapporten. I den senaste rapporten föreslog Naturvårdsverket skärpta gränsvärden för vissa oönskade ämnen i avloppsslam för att slammet ska få spridas på åkermark. Precis som i den första rapporten gav Naturvårdsverket även i rapporten från 2010 förslag på hur näring skulle kunna återföras till åkermarker på andra sätt förutom slamspridning. En metod som Naturvårdsverket enligt rapporten såg som ett möjligt sätt att återföra näringsämnen på var sorterande avloppssystem som fångar upp avsevärt mycket mindre föroreningar än dagens system. En annan metod var förbränning av avloppsslammet följt av en process där fosfor utvinns ur slamaskan. (Naturvårdsverket 2010)

Många olika instanser framförde kritik mot olika delar av Naturvårdsverkets uppdaterade aktionsplan från 2010. Kemikalieinspektionen var en av dem och framförde i sitt yttrande över aktionsplanen att Naturvårdsverkets strategi för återföring av fosfor inte är långsiktigt hållbar med avseende på spridning av farliga ämnen till miljön. Kemikalieinspektionen ansåg att den skulle innebära en konflikt mot bland annat miljömålet Giftfri miljö, eftersom återföringen av slam enligt Kemikalieinspektionen *"[...] under överskådlig tid kommer att medföra en nettoackumulering av metaller och långlivade organiska ämnen i miljön."* (Kemikalieinspektionen 2010 s. 2-5)

Livsmedelsverket skrev i sitt yttrande bland annat att det inte är önskvärt att tillföra mer kadmium till åkermarken, vilket sker vid nuvarande slamspridning, och att kunskapsläget i dagsläget är väldigt dåligt angående riskerna med olika kemikaliers samlade effekter. (Miljödepartementet 2011a s. 11)

Delvis utifrån de synpunkter som kom in från de olika remissinstanserna fick Naturvårdsverket i februari 2012 ett nytt uppdrag om hållbar återföring av fosfor av regeringen. Enligt detta uppdrag ska de återigen ge förslag på vilka krav som ska gälla för spridning av bland annat avloppsslam till olika markområden, som exempelvis åkermarker, med syftet att återföra fosfor. I uppdraget ingår även att Naturvårdsverket ska göra en kartläggning av olika fosforresurser i samhället och utreda eventuella behov för investeringsstöd för utveckling av tekniker för utvinning av fosfor ur olika resurser. Utifrån denna kartläggning ska Naturvårdsverket även föreslå ett nytt etappmål för återföring av fosfor med utgångspunkten att det ska ske på ett resurseffektivt sätt och i enlighet med miljö kvalitetsmålet *Giftfri miljö* (se avsnitt 3.1). Regeringen påpekar särskilt att uppdraget i sin helhet ska genomföras i samråd med andra berörda myndigheter som bland annat Kemikalieinspektionen, Jordbruksverket och Smittskyddsinstitutet. De skriver även att det ska redovisas i uppdraget om myndigheterna har olika uppfattningar. Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet senast 12 augusti 2013. (Miljödepartementet 2012b)

Antagligen på grund av uppdragets utformning är det i Naturvårdsverkets uppdaterade aktionsplan stort fokus på återföring av just näringsämnet fosfor. I min uppsats vill jag ta ett större grepp och istället från början fokusera på all näring i urin och fekalier. En anledning till att jag anser att det är intressant att ytterligare undersöka riskerna med slamspridning i förhållande till nyttan med näringsåterföringen är att så pass många tunga remissinstanser varit kritiska till flera av Naturvårdsverkets slutsatser.

Även innehållet i Naturskyddsföreningens rapport *Avlopp på våra åkrar – en rapport om miljögifter i slam* (2012) ligger mycket nära det jag vill göra med denna uppsats. I rapporten presenteras dels vikten av att ta tillvara de olika näringsämnena som finns i avloppsslam, dels redogörs för de risker som spridning av avloppsslam kan innebära. I slutet av rapporten ger Naturskyddsföreningen förslag på olika alternativa metoder för återföring av växtnäring från stad till land. Rapportens starkaste slutsats är att riskerna med spridningen av avloppsslam, på grund av halterna av oönskade ämnen i slammet, är så pass höga att all slamspridning måste upphöra. Eftersom Naturskyddsföreningens slutsats skiljer sig så radikalt från Naturvårdsverkets tycker jag att det känns väldigt intressant att undersöka vidare om det är värt risken att sprida avloppsslam eller inte. I min uppsats vill jag även fokusera mer på vilka alternativ det finns till slamspridning och även med utgångspunkt i de lokala förutsättningarna i Göteborg.

På många sätt ligger även Forskningsrådet Formas bok *Återvinna fosfor – hur bråttom är det?* (Johansson 2011) nära det jag vill åstadkomma med detta arbete. I boken får ett antal väl utvalda personer redogöra för deras syn på bland annat hur bråttom det är att återföra näringsämnet fosfor till åkermarker. Andra personer ger sina perspektiv på hur stora riskerna med slamspridning är och ytterligare andra kapitel handlar om hur man skulle kunna återföra fosfor med mindre risker än med dagens slamspridning. Den största skillnaden mellan denna bok och min uppsats är att jag vill lägga större fokus på även andra näringsämnen än fosfor.

Göteborgsregionens studie av vilka framtida avloppssystem som är mest långsiktigt hållbara ligger även den nära syftet med denna uppsats. Framför allt har *Systemstudie Avlopp*

(Göteborgs Stad 2007), som den heter, mycket gemensamt med tredje frågeställningen i detta arbete.

Av de doktorsavhandlingar, magisteruppsatser och kandidatuppsatser som jag hittat är det Maria Cassels (2012) kandidatuppsats om styrkor och svagheter hos gällande styrmedel för avloppsslam som känns mest relevant för mitt syfte och frågeställningar. I hennes uppsats i miljövetenskap undersöker hon effekten av gällande styrmedel utifrån de två i slam oönskade ämnena kadmium och nonylfenol. Utifrån detta kommer hon bland annat fram till att slamspridning i förhållande till användning av andra gödselmedel ökar risken för att negativa effekter på samhälle och miljö uppkommer.

2. Humanekologiska utgångspunkter

2.1 Hållbar utveckling

Begreppet hållbar utveckling etablerades globalt i och med FN-rapporten Vår Gemensamma Framtid från 1987 som leddes av Norges dåvarande statsminister Gro Harlem Brundtland. Hennes definition av begreppet var följande:

Hållbar utveckling är en utveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov. (Cunningham & Cunningham 2008 s. 27)

Det speciella med lanseringen av hållbarhetsbegreppet var att man började integrera miljö- och utvecklingsfrågor med varandra. Innan hade man ofta behandlat frågor som rör naturen och frågor som rör hur vi hanterar varandra som två separata områden. Nu började man istället prata om samspelet mellan sociala, ekonomiska och ekologiska processer och att man kan få en hållbar utveckling först när alla dessa tre aspekter inte hotar varandra.

Hållbarhetsbegreppet kan tolkas på väldigt många olika sätt beroende på i hur hög grad man betonar de tre olika dimensionernas betydelse för naturen och för mänsklighetens utveckling. Kronlid (2005 s. 24-25) delar in dessa tolkningar i fyra olika perspektiv.

Tillväxtperspektivet innebär att man fokuserar på den ekonomiska dimensionen och att miljöhänsyn inte bör stå i vägen för ekonomisk tillväxt eller hållbar tillväxt som man ser som synonymt med hållbar utveckling. Miljöarbetet får här inte ställa till problem för företag och stater så att de får försämrade konkurrenskraft. Även med det andra perspektivet som Kronlid kallar för svag hållbar utveckling prioriterar man ekonomisk tillväxt. Men man strävar efter att ge naturresurserna ekonomiska värden för att kunna integrera miljökostnader i exempelvis kalkylerna för en nations utveckling. Perspektivet stark hållbar utveckling som är det tredje perspektivet fokuserar på de ekologiska och sociala dimensionerna. Enligt detta perspektiv är miljöskydd en förutsättning för ekonomisk- och social utveckling. Exploateringen av naturresurser bör därför ske på ett sådant sätt att resurser som vi värdesätter inte går förlorade. Det fjärde och sista perspektivet kallar Kronlid för det ekologiska perspektivet. Med detta

perspektiv anses den ekologiska dimensionen utgöra basen för samhällets alla verksamheter. Därför måste all ekonomisk och social utveckling ske på ett sådant sätt att det inte hotar jordens ekologiska bärkraft. (Kronlid 2005 s. 24-25)

Av dessa fyra olika sätt att se på hållbar utveckling ligger min personliga syn närmast perspektiven stark hållbar utveckling och det ekologiska perspektivet. Det är även denna syn som utgjort grunden till strukturen på denna uppsats. Jag anser alltså att vi bör vara mycket rädda om alla de ekologiska resurser som mänskligheten är beroende av för att kunna leva goda liv. Men jag anser dessutom att vi bör ta hand om de naturliga ekosystemen med de växter och djur som lever där även för deras egen skull.

2.2 Jordbruksmarkens betydelse

Jordbruksmark är en resurs som i dagens marknadsekonomi, där det mesta anses vara utbytbar och värderas efter hur mycket pengar det genererar, tycks ha fått en mycket lägre status än vad den måste anses förtjäna. Spridning av avloppsslam på åkermark, trots de risker detta innebär, kan vara ett tecken på låg status. Att man tillåter igenplantering av skog och byggande av vägar, köpcentra och industriområden på åkermark kan ses som andra sådana tecken. (Den goda jorden 2012)

Men faktum är att även om vi i Sverige kanske skulle klara oss utan vår jordbruksmark idag, genom att importera mat från andra länder, vet vi inte hur situationen kommer se ut i framtiden. Vi bör inte räkna med att vi för alltid kommer kunna fortsätta importera hälsosam mat från andra länder. Utan ren jordbruksmark minskar möjligheterna att producera hälsosam mat och utan hälsosam mat överlever vi inte. Om vi dessutom lyfter blicken och har en önskan om att så snart som möjligt kunna mätta jordens växande befolkning är det inte svårt att inse att vi bör vara mycket rädda om jordbruksmarken (Den goda jorden 2012)

2.3 Kretsloppstänkande

Kretsloppstänkande är en viktig aspekt för att förklara varför avloppsslam sprids på åkermarker. Utgångspunkten i kretsloppstänkande är att många ämnen under historiens gång kontinuerligt har cirkulerat från en del av naturen till en annan med människokroppen som en del i detta kretslopp. Vattnets och kolets kretslopp är två exempel på viktiga kretslopp för att livet på jorden ska fungera. Men det som är mest intressant för den här uppsatsen är naturligtvis de olika näringsämnenas kretslopp. (Cunningham & Cunningham 2008 s. 72)

När vi odlar grödor som vi sedan skördar och transporterar till städerna för vi successivt bort näringsämnen från åkermarken. Historiskt har näringsämnena i form av mänskligt urin och fekalier transporterats tillbaks till åkern igen från städerna och samhällena. Detta gjordes dels för att man behövde bli av med detta från städerna och dels för att bönderna behövde näring för att deras åkrar skulle vara så produktiva som möjligt. (Linderson, Schönbeck, Westberg 1998 s. 10)

När vattentoaletter infördes byggde man upp ett avloppsledningsnät och ledde ut allt avloppsvatten till närmaste vattendrag eller direkt ut i havet. Till det här nätet kopplade man även avloppsvatten från industrier och från städernas hustak och vägar. Så småningom byggdes reningsverk för att samla upp näringsämnen och miljögifter för att dessa inte skulle övergöda och förgifta vattendrag eller hav. (Linderson, Schönbeck, Westberg 1998 s. 11)

Det man gör nu och vill göra i ännu större utsträckning är att sprida ut slammet som produceras på reningsverken för att den näring som finns i slammet ska kunna återgå till åkermarken igen och att man på så sätt återigen kan få ett kretslopp av dessa näringsämnen. De näringsämnen som återfinns i högst koncentrationer i avloppsslammet är fosfor och kväve⁴ och det är även de ämnen som man pratar mest om. Men i slammet finns även kalium och många andra ämnen som också är viktiga för att näringsrika grödor ska kunna produceras på åkermarken. (Naturvårdsverket 2002; Naturvårdsverket 2010)

Motsatsen till kretslopp kan i det här fallet sägas vara linjära flöden. Det innebär att man istället för att låta näringsämnena cirkulera, hela tiden fyller på jordbruksmarken med nya näringsämnen från annat håll. I det konventionella jordbruket använder man sig av mineralgödsel som består av bland annat kväve, som tas från luften i energikrävande processer, och fosfor som bryts i gruvor. (Sjöqvist 1998 s. 13, 18) Problemet med dessa linjära flöden är dels att man inte kan bryta hur mycket fosfor och andra växtnärsämnen som helst i gruvor, innan de tar slut. Dels att denna kontinuerliga tillförsel av näring leder till en ackumulering av exempelvis fosfor och kväve i naturen vilket i många fall leder till övergödning. Dessutom finns ytterligare miljö- och resursproblem kopplade till själva gruvbrytningen och gödselmedelstillverkningen. (Naturvårdsverket 2010)

3. Bakgrund

3.1 De svenska miljö kvalitetsmålen

Tidigare fanns under det svenska miljömålet *God bebyggd miljö* ett delmål om att minst 60 procent av fosfor i avlopp skulle återföras till produktiv mark, varav minst hälften till åkermark (Naturvårdsverket 2012a). Även om det inte var någon bindande lagstiftning var det ändå en tydlig formulering som många kommuner gjorde sitt bästa för att följa. Den 26 april 2012 tog regeringen dock beslut om att slopa alla tidigare delmål inklusive detta för att ersätta delmålen med så kallade preciseringar och etappmål. Än så länge finns det inget etappmål gällande återföring av näring ur avlopp. Ett sådant eventuellt etappmål kommer antagligen som tidigast någon gång efter att Naturvårdsverket inkommit med sitt förslag på nytt etappmål senast i augusti 2013. Den formulering i miljömålen som i nuläget är mest relevant angående återföring av näring ur avlopp är kanske den nya preciseringen av miljömålet *God bebyggd miljö* under rubriken *Hållbar avfallshantering*: (Miljödepartementet 2012a; Berglund 2012)

⁴ Av den totala mängden kväve som finns i avloppet hamnar dock endast ungefär sju procent i slammet. (se avsnitt 5.3.1 under rubriken *Näringsåterföringen*)

"[...] Avfall kan vara både en resurs och ett miljöproblem. Utgångspunkten är att avfallshanteringen ska ske i enlighet med avfallshierarkin. Målet är att i så hög grad som möjligt förebygga avfallet och ta tillvara de resurser som finns i avfall. Samtidigt är det viktigt att minska negativa effekter i form av utsläpp av metangas från deponering och koldioxid från förbränning samt utsläpp av tungmetaller och organiska ämnen. Det är också viktigt att återvinningen inte sker på ett sådant sätt att avfall som innehåller farliga ämnen sprids okontrollerat i nya produkter. Som ett led i arbetet med att nå en giftfri vardag eftersträvas att uppnå kretslopp som är resurseffektiva och så långt som möjligt fria från farliga ämnen, vilket också är en del av generationsmålet." (Miljödepartementet 2012a s. 109)

Även riksdagens definition av miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö är mycket relevant i samband med de frågor som diskuteras i denna uppsats:

"Förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället ska inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Halterna av naturfrämmande ämnen är nära noll och deras påverkan på människors hälsa och ekosystemen är försumbar. Halterna av naturligt förekommande ämnen är nära bakgrundsnivåerna." (Naturvårdsverket 2012b)

3.2 Försiktighetsprincipen

Försiktighetsprincipen kan sägas handla om sunt förnuft och om att man ska ta det säkra före det osäkra. Det gäller exempelvis vid introduktion av nya teknologier eller kemiska ämnen eller om det dyker upp ny information som gör att man kan misstänka att något som redan introducerats innebär högre risker för människors hälsa eller för miljön än vad man från början trodde. (Raven 2005 s. 162-164) I Sverige och i resten av EU är försiktighetsprincipen inskriven i lagen. I Sverige finns den i andra kapitlet och tredje paragrafen i miljöbalken:

"Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. I samma syfte skall vid yrkesmässig verksamhet användas bästa möjliga teknik. Dessa försiktighetsmått skall vidtas så snart det finns skäl att anta att en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön." (Notisums Lagbok 2012)

3.3 Slamregler och REVAQ

I slamföreskrifterna i Naturvårdsverkets författningssamling finns gränsvärden för hur höga halter av vissa oönskade metaller som maximalt får finnas i avloppsslam som sprids på åkermark. (Naturvårdsverket 1994)

Av det slam som spreds på svenska åkermarker 2010 kom ungefär 65 procent från REVAQ-certifierade reningsverk (Svenskt Vatten 2011b s. 8). Att ett reningsverk är REVAQ-certifierat innebär bland annat att de arbetar med så kallat uppströmsarbete. Uppströmsarbetet går framför allt ut på att minska mängden oönskade ämnen som spolas ned i avloppssystemet redan vid källan. Ett annat syfte med certifieringssystemet är att garantera att slam som används som växtnäring uppfyller vissa fastställda kvalitetskrav. Ett tredje syfte som REVAQ har är att se till att alla aktörer ska kunna få tillgång till information om slammets sammansättning. (Svenskt Vatten 2011a s. 5) Certifieringssystemet REVAQ ägs av vattentjänstföretagens branschorganisation Svenskt Vatten (Svenskt Vatten 2012a; Svenskt Vatten 2012b)

3.4 Korta fakta om avloppsslam och om Ryaverket

Under 1970-talet förbättrades reningsteknikerna i många svenska reningsverk för att minska övergödningen. I och med detta kom slammets innehåll av betydande mängder fosfor som man ville återföra till åkermark. I mitten av åttiotalet användes därför 40 procent av slammets som växtnäring i jordbruket. Från 1986 började slammets ifrågasättas vilket gjorde att användningen av slam inom jordbruket minskade. (Johansson 2011 s. 176-177) År 2010 spreds ungefär 20 procent⁵ allt slam som producerades vid de svenska reningsverken på åkermark (Svenskt Vatten 2011b s. 9). Det slam som inte spreds på åkermark används i huvudsak oreglerat på annan mark som jordförbättringsmedel, exempelvis som sluttäckning på deponier och dagbrott, bullervallar och övriga grönytor (Naturvårdsverket 2010 s. 51).

De jordbrukare som använder avloppsslam gödslar ofta med slam var sjunde år (Gruffman Rönnlund 2003 s. 18). Däremellan tilläggsgödslar man med kväve. Eftersom effekten av kväve i slammets gödslar är så låg gödslar man nästan alltid med kväve redan samma år som slammets läggs på. Oftast tilläggsgödslar man även med kalium, och på vissa grödor även med fosfor. (pers. kom. Jönsson)

Göteborgs avloppsreningsverk heter Ryaverket och ligger väster om Älvsborgsbronns norra fäste. Dit leds via ett tunnelsystem avloppsvattnet från tätorterna i kommunerna Göteborg, Kungälv, Ale, Lerum, Partille, Härryda och Mölndal. I reningsverket renas vattnet och leds sedan via en tunnel ut till Göta älvs mynning. (Gryaab 2012b s. 5)

År 2011 producerades vid Ryaverket 49 545 ton avloppsslam. Mängden TS, torrs substans, dvs. den totala vikten av slammets minus vikten av vattnet i slammets, var 14 170 ton. Samma år spreds 264 ton TS slam från Ryaverket på åkermark, alltså knappt två procent. Inget slam användes som gödning av energiskog eller energigröda. Det slam som inte användes som gödning av åkermarker, alltså drygt 98 procent av slammets, gick till täckning av deponier och till övrig markanvändning. (Gryaab 2012a bilaga 5)

⁵ Av den totala slamproduktionen på ungefär 214 000 ton TS spreds 2010 ungefär 42 000 ton TS slam på åkermarker. (Svenskt Vatten 2011b s. 9)

4. Metod

Materialet till uppsatsen bygger dels på existerande datamaterial i form av tidigare forskning, rapporter och utredningar från statliga institutioner och från andra organisationer och på övrig litteratur. Dels bygger det på de intervjuer som jag själv gjort med experter inom området.

Mitt första steg i uppsatsskrivandet var att läsa på inom ämnet och formulera syfte och frågeställningar. Jag letade information på nätet och skaffade bland annat boken *Återvinna fosfor – hur bråttom är det?* Jag var även på konferensen *Vatten Avlopp Kretslopp* i Uppsala 22 mars 2012. Där lyssnade jag på många intressanta föredrag av experter under bland annat rubriken *Avloppets växtnäring är en resurs – Varför kommer vi inte loss?*

Att jag lade relativt mycket tid på researcharbete innan jag gjorde intervjuerna var bra för att jag då hade bättre förutsättningar att välja ut vilka personer som det skulle vara mest intressant att göra intervjuer med. Dessutom kunde jag tack vare detta ställa så relevanta frågor som möjligt under själva intervjuerna.

4.1 Intervjuer

I intervjuerna gick jag vidare med de frågor som dykt upp under researcharbetet och som jag inte lyckades få tillfredsställande svar på genom det material som jag dittills hade fått tag på. Genom intervjuerna fick jag dels det muntliga material som utgjordes av referaten av intervjuerna, dels fick jag många tips på fortsatt litteratur och rapporter inom de aktuella frågeställningarna.

Vid valet av informanter, alltså de personer som jag gjorde intervjuerna med, utgick jag naturligtvis i första hand ifrån vad det var för information jag ville få tag på. Utifrån detta identifierade jag vilka personer som genom sina positioner och bedrifter kunde tänkas ha så mycket relevant kunskap som möjligt för att jag skulle kunna komma närmare svaren på uppsatsens syfte och frågeställningar. Var och en av de personer som jag valde att göra intervjuer med hade alla därmed någon specifik kunskap eller infallsvinkel som jag var intresserad av som ingen av de andra informanterna hade. (Esaiasson, Gilljam, Oscarsson, Wängnerud 2012 s. 260-262). I bilaga 1 som är inkluderad i slutet av uppsatsen finns en kort presentation av de 15 olika personerna som jag gjort intervjuer med där jag förklarar varför jag ville intervjuas respektive person.

Före varje intervju förberedde jag en lista med de frågor som jag ville få svar på av just den specifika informanten. Under intervjuerna fokuserade jag främst på att få svar på just dessa frågor. Men jag lät ändå informanterna styra samtalet i viss mån själva så att de även fick möjlighet att uttrycka och fördjupa sina åsikter där det var lämpligt. I de fall där det visade sig att informanten hade kunskaper och åsikter inom områden som jag inte hade räknat med men som jag ändå sökte svar på med de olika frågeställningarna passade jag på att ställa följdfrågor även om detta.

De allra flesta intervjuerna spelade jag in digitalt med inspelningsfunktionen på telefonen för att därefter transkribera intervjuerna. Att jag spelade in intervjuerna gjorde att jag kunde koncentrera mig på själva intervjun och ställa rätt följdfrågor, istället för att lägga tid och energi på att försöka få ner allt intressant som informanten sa på papper. Det möjliggjorde dessutom att jag kunde få med en så stor del av intervjuerna som möjligt i sin helhet och därmed minska risken för feltolkningar av mina egna anteckningar. (Esaiasson, Gilljam, Oscarsson, Wängnerud 2012 s. 268) Efterföljande transkribering av intervjuerna gjorde jag för att få en enkel tillgång till intervjumaterialet vid skrivandet av resultatdelen i uppsatsen. Innan jag startade inspelningen av någon av intervjuerna frågade jag alltid informanten om hen tyckte att det var okej att jag spelade in samtalet. En av de femton intervjuerna lät jag bli att spela in eftersom jag inte kände mig bekväm med att fråga om denne tyckte att det var okej att bli inspelad. Vid denna intervju tog jag istället extra utförliga anteckningar.

Fem av intervjuerna gjorde jag öga mot öga med den som jag intervjuade, oftast på informantens arbetsplats. De andra tio intervjuerna gjorde jag per telefon. Telefonintervjuer gjorde jag framför allt för att dessa informanter inte befann sig i Göteborg och annars för att det av andra anledningar var det smidigaste sättet. Telefonintervjuerna var naturligtvis det mest tidseffektiva sättet att få in relevant information vilket var ett stort plus. De största fördelarna med att träffa informanten på riktigt var dels att det var roligare då det kändes som en mer personlig kontakt. Dels att jag överlag fick ut mer information från dessa intervjuer då de i regel varade något längre än telefonintervjuerna. Längden på de 15 olika intervjuerna varierade kraftigt även beroende på att antalet frågor som jag hade till de olika informanterna var väldigt olika. I snitt varade varje intervju i ungefär 40 minuter.

Innan varje intervju informerade jag informanterna om syftet med uppsatsen. Jag frågade även om jag fick lov att använda materialet som jag fick i och med intervjun som en del i uppsatsen. Efter intervjuerna frågade jag om de ville att jag skulle skicka den färdiga uppsatsen till dem via e-post. (Vetenskapsrådet 1990)

När jag var klar med intervjuerna och transkriberingarna satte jag igång att svara på de olika frågeställningarna i resultatdelen av uppsatsen. Här använde jag mig bland annat av det material som jag samlat in under researcharbetet innan jag gjorde intervjuerna. Men jag använde mig naturligtvis även av transkriberingarna från intervjuerna och den litteratur som informanterna tipsat mig om.

För att arbetet skulle bli så enkelt som möjligt att läsa har jag inte delat upp arbetet utifrån på vilket sätt jag samlat in den aktuella informationen. Istället har jag under respektive frågeställning lagt fram all den information som bäst och mest heltäckande kan svara på den aktuella frågan. Efter all information som jag fått in genom intervjuerna och som finns med i uppsatsen har jag inom parentes skrivit efternamnet på den aktuella informanten. Information som jag fått in genom personlig kommentar refererar jag till genom att skriva pers. kom. och efternamnet på personen i fråga. Information om dessa finns i källförteckningen under rubriken *Personlig kommentar*. Alla andra källor refererar jag till genom att förutom efternamn även ange årtal.

4.2 Formulering av frågeställningarna

Från början kände jag mig väldigt säker på att spridning av avloppsslam på åkermarker var något som till varje pris borde stoppas så snart som möjligt. Därför var min tanke att ha detta som utgångspunkt och istället i uppsatsen undersöka hur man skulle kunna få ett stopp spridningen av avloppsslam så snart som möjligt.

Både av handledaren och av personer som jag tog kontakt med för att boka in intervjuer fick jag råd om att inte ta det för självklart att slamspridning är fel väg att gå. Det här gjorde att jag blev mer osäker på min ursprungliga tanke om att slamspridningen måste stoppas. Jag blev samtidigt mer nyfiken på att undersöka hur det verkligen ligger till med detta. Det här ledde fram till frågeställningen *Hur stora är riskerna med slamspridning på åkermark så som det sker idag?*

Frågeställningen *Hur bråttom är det att återföra näringen i urin och fekalier till åkermark?* kom även den till efter tips från personer som var insatta i frågan. Först var min tanke att endast skriva om vikten av näringsåterföring i bakgrundskapitlet. Men eftersom jag under intervjuerna fick in mycket intressant information om detta som jag gärna ville ha med i uppsatsen valde jag att flytta hela detta avsnitt till resultatdelen av arbetet.

Den fjärde och sista frågeställningen *Vad bör vi göra med slammet om vi inte vill sprida det på åkermark?* fick nuvarande formulering väldigt sent. Nämligen först efter att jag hade gjort intervjuerna. En nackdel med detta är att jag inte ställde denna fråga rakt ut till personer som jag i efterhand känner att det skulle ha varit intressant att ställa den till. På grund av detta finns det tyvärr i kapitel 5.4 som behandlar denna frågeställning väldigt få argument från personer som förespråkar alternativen anläggningsjord respektive gödsling av andra marker än åkermarker.

5. Resultatredovisning

5.1 Hur bråttom är det att återföra näringen i urin och fekalier till åkermarken?

I detta avsnitt tittar jag närmare på hur bråttom det är att återföra näring från avloppet till åkermarken. Den aspekt som jag fokuserar mest på är hur knappa resurserna är och hur viktigt det är att vi tar vara på respektive ämne på bästa sätt för att inte riskera att inom en snar framtid stå utan dessa resurser. Andra aspekter som jag tyvärr inte haft möjlighet att gå in på i någon större utsträckning i detta avsnitt är hur bråttom det är att återföra de olika näringsämnen med avseende på vilka andra negativa effekter som ett system där näringsämnen inte återförs kan leda till. Exempel på sådana effekter är utsläpp av växthusgaser vid produktion av konstgödsel som till viss del skulle kunna ersättas av återförd näring från urin och fekalier. Andra effekter som skulle kunna undvikas om fler näringsämnen

återfördes är andra miljöproblem som uppkommer vid produktion och användning av konstgödsel.

Några av de viktigaste växtnäringsämnen som finns i fekalier och urin är fosfor, kväve, kalium, svavel och mullämnen. För att skördarna ska bli så stora som möjligt är det viktigt att det i jorden finns tillräckliga mängder av alla viktiga växtnäringsämnen. (Naturvårdsverket 2002)

En stor del av näringen inom det svenska jordbruket ingår i interna kretslopp där näring från djurfoder som odlas på svenska åkermarker återförs till åkermarken via djurgödseln. Stora mängder växtnäring tillförs även kontinuerligt till de flesta konventionella gårdar genom det foder som köps in från andra länder. En annan stor del av näringsbehovet täcks av konstgödning (Tidåker 2011 s. 166-167). Gårdar som är specialiserade på växtodling och inte har lika god tillgång till gödsel tvingas ofta täcka nästan hela näringsbehovet med konstgödning.

Om man skulle återföra all näring från avloppet skulle man kunna minska jordbrukets behov av tillförd konstgödsel. Med dagens odlingstekniker skulle det här dock inte täcka hela näringsbehovet eftersom man alltid har ett visst näringsläckage till sjöar och hav. (pers. kom. Olrog)

Minst lika viktigt som att återföra näringen från staden är att se till att näringen från Sveriges djurbesättningar tas tillvara på ett bättre sätt. I dagsläget är djurbesättningar ofta koncentrerade till vissa delar av Sverige och växtproduktion koncentrerad till andra delar. Det här är möjligt genom att man importerar foder till djuren från platser långt ifrån den egna gården. Bland annat sojafoder från Brasilien. Det här leder till att det produceras mer gödsel runt de områden med mycket djur än vad som behövs på markerna i dessa områden. På grund av att det är dyrt och energikrävande att transportera djurgödsel långa sträckor leder det här till att markerna runt gårdarna i vissa fall gödslas mer än vad som egentligen behövs, och extra mycket näring därmed läcker ut och bidrar till övergödning. (pers. kom. Olrog)

Enligt Ronnie Ljungh i kretsloppsnämnden i Göteborg är huvudskälet till att man vill sprida slammet på åkermark att man vill komma bort från dagens ohållbara linjära flöden som gör slut på jordens resurser och istället skapa ett kretsloppssamhälle (se avsnitt 2.3). Och om vi lyckas väl i arbetet med att få ett rent slam menar han att detta kan vara till nytta även för många fattiga länder i andra delar av världen. Dels genom att de kan ta efter vår metod, dels genom att priserna på fosforgödselmedel med låga kadmiumhalter blir lägre då vi i Sverige genom slamspridningen kan minska vår användning av dessa resurser (se avsnitt 5.1.1 under rubriken Kadmium). (pers. kom. Ljungh)

De informanter som var mer kritiskt inställda till slamspridning ansåg även de att det är viktigt att vi så snart som möjligt kan få till ett kretslopp där näring från fekalier och urin återförs till jordbruksmarken. Men de ansåg i regel inte att det var lika bråttom att få till ett system för återföring av näringen. Däremot föreslog de allra flesta av dessa att det borde satsas mer resurser på utvecklingen av alternativa metoder för återföring av näring till

jordbruksmark. På så sätt hoppades de att näringsämnen skulle kunna återföras så snart som möjligt fast utan risk att åkermarken förorenades till följd av slamspridning.

5.1.1 Fosfor

Fosfor är det näringsämne som det hittills fokuserats mest på i debatten om näringsåterföring från avlopp. Under gödselåret 2010/2011 tillfördes 10 300 ton fosfor i form av konstgödsel på den svenska åkermarken (Jordbruksverket 2012 s. 8). Mängden tillförd konstgödsel har dock varit mycket högre tidigare år. Det är i början av 1970-talet då fosforgödslingen var som högst i Sveriges historia tillfördes hela 70 000 ton konstgödsel fosfor till åkermarken. (Bertilsson 2011 s. 89) Förutom via konstgödsel tillförs även fosfor till det svenska jordbruket via importerat djurfoder. 2009 tillfördes 9 000 ton fosfor på detta sätt. En stor del av detta tillfördes därefter åkermark via djurgödseln. (Tidåker 2011 s. 167)

Fyra länder och regioner står för hela 80 procent av världens totala fosforproduktion. Dessa är Kina, USA, Mellanöstern och Nordafrika. (Selinus 2011 s. 44) Tills för bara något år sedan, innan man uppvärderade fyndigheterna i Marocko/Västsahara med en faktor 10, skulle de då kända fosforreserverna med dåvarande årsanvändning teoretiskt sett räcka i 80-90 år (Kirchmann, Cohen 2011 s. 322). De fosforreserver man känner till idag motsvarar med dagens förbrukningstakt 372 årsanvändningar (pers. kom. Jönsson). Om man även räknar många fler potentiella tillgångar skulle fosforreserverna motsvara kanske 1 000 årsanvändningar. Skulle vi dessutom lyckas ta vara på fosfor som finns i havsbottenarnas sediment blir möjligheterna till fosforproduktion ännu mycket större. (Selinus 2011 s. 49-50)

All fosformalm innehåller oönskade ämnen som exempelvis tungmetaller och radioaktiva ämnen. Vilka ämnen och vilka halter som det rör sig om varierar dock kraftigt mellan olika fyndigheter. (Selinus 2011 s. 47-49) Det finns misstankar om att svenska marker är extra känsliga för kadmium. Därför gödslar svenska jordbrukare åkermarken med fosforgödsel med ovanligt låga halter av kadmium (se avsnitt 5.2.1).

Flera personer som jag har intervjuat har påpekat att det inte är moraliskt försvarbart att vi i Sverige använder dessa reserver av ren fosformalm och på så sätt lämnar resten av världen till att använda de mer förorenade resurser som blir över. Andra personer som jag intervjuat menar att risken att vi kommer stå utan ren fosforgödsel inom en någorlunda nära framtid om vi använder de rena resurserna idag är väldigt liten. En av dem var Göte Bertilsson som har varit forskningsagronom inom gödselmedelsindustrin och arbetat med utveckling av system för återvinning av växtnäring. Enligt honom finns det bra metoder för att framställa rent fosforgödselmedel ur förorenad fosfatmalm. Anledningen till att dessa metoder inte används i dagsläget menar han är att det är en så liten del av alla världens jordbrukare som efterfrågar så rent fosforgödselmedel. Det gör att den rena malm som bryts i bland annat Finland räcker till att producera denna renare konstgödsel. (Bertilsson s. 6)

Några av informanterna menade att det går åt mycket kemikalier och energi för att rena fosfor. Enligt Bertilsson går det dock inte alls åt särskilt mycket kemikalier och energi för att

göra detta. Han förklarade att det går åt lite svavel och en del energi, men inga stora mängder. En nackdel är dock enligt Bertilsson att man måste gå fosforsyravägen och att det därmed inte går att tillverka alla typer av fosforgödselmedel. Men han menar att när efterfrågan på renad fosforgödsel stiger kommer metoderna som behövs komma fram. (Bertilsson s. 6)

I Sverige produceras i dagsläget ingen konstgödsel fosfor. I den fosforhaltiga järnmalm som bryts för järn- och stålproduktion i Norrland finns dock stora volymer av fosfor som skulle kunna användas för produktion av fosforgödsel. (Selinus 2011 s. 44) Anrikningssanden från LKAB:s gruva i Kiruna innehåller 50 000 ton fosfor per år (Göteborgs Stad 2007 s. 97). Alltså fem gånger så mycket fosfor som i dagsläget tillförs det svenska jordbruket via konstgödsel fosfor. Göran Petersson, som är professor i kemisk miljövetenskap på Chalmers, menar att det är fullt möjligt att producera ren konstgödsel fosfor av detta avfall⁶. Enligt honom är kalciumfosfat, som är den form som fosfor i avfallet från de svenska malmfälten förekommer i, dessutom den bästa råvaran för produktion av fosforgödselmedel. I anrikningssanden finns det enligt Petersson ett fåtal föroreningar, framför allt arsenik, som måste tas bort. Enligt Göran Petersson är det här mycket enklare än att exempelvis utvinna ren fosfor ur slamaska som enligt Petersson är betydligt mer förorenad (se avsnitt 5.3.2). (Petersson s. 3)

Som jag nämnde i avsnitt 2.3 om kretsloppstänkande finns det även andra anledningar till att återföra fosfor än att fosfor i slutändan är en ändlig resurs. Dessa är framförallt risken för ackumulering av näring i miljön som kan bidra till övergödning och miljöproblem kopplade till själva gruvbrytningen.

2008 fanns det drygt 6 400 ton fosfor per år i avloppsvattnet. Sedan dess har ett förbud mot fosfor i tvätt- och rengöringsmedel för konsumentprodukter införts, vilket antagligen kommer leda till att mängden fosfor i avloppsvatten minskar till under 6000 ton (Balmér 2011 s. 212).

5.1.2 Kväve

Under gödselåret 2010/2011 använde de svenska jordbrukarna 170 000 ton kväve vilket är drygt 16 gånger mer än mängden fosfor som användes samma år. (Jordbruksverket 2012 s. 8). Håkan Jönsson, som är professor i kretsloppsteknik vid SLU i Uppsala, menar att det är minst lika viktigt att återvinna kväve som fosfor. Det är visserligen sant att det finns praktiskt taget obegränsade resurser av kväve i luften som kan användas vid framställning av den kvävegödsel som används i det konventionella jordbruket, säger Jönsson. Men han påpekar att resurserna av den fossilgas som används vid framställningen av kvävegödsel beräknas räcka betydligt kortare tid än exempelvis fosforreserverna. (Jönsson) Vid nuvarande utvinningstakt skulle de kända reserverna av naturgas räcka i ungefär 60 år (Jönsson 2011 s. 344-345) När naturgasreserverna är slut eller gasen för dyr kan man dock framställa kvävegödsel med hjälp av biomassa eller kol (Fredrikson 2011 s. 394), eller med vilket annat tillgängligt energislag som helst, exempelvis el. (Anderson 2006)

⁶ Anrikningssanden

Lars Olrog, som är rådgivare för ekologisk odling på Hushållningssällskapet, menar däremot att det inte är lika viktigt att återföra kväve som att återföra fosfor från avloppet till åkermarken. Han menar att man kan göra som ekologiska jordbrukare gör och tillgodose kvävebehovet genom att odla kvävefixerande baljväxter. (Olrog s. 3) En nackdel med att producera kväve på gården är dock att en betydande del av kvävet urlakas varje gång man plöjer ner baljväxterna och kan bidra till ökad övergödning (Jönsson s. 8).

Genom de svenska toaletterna passerar varje år ungefär 37 000 ton kväve (Jönsson 2011 s. 342). Eftersom dagens reningsverk inte renar fullt ut fortsätter en del av kvävet, och även andra näringsämnen, ut med det renade avloppsvattnet och bidrar till övergödning. Om man istället skulle återföra all näring inklusive allt kväve från urin och fekalier skulle man kunna minska övergödningen. (pers. kom Olrog)

Produktionen och användningen av konstgödselkväve leder även till en hög klimatpåverkan. Den kommer dels av att gödselproduktionen är energikrävande, dels av att den starka växthusgasen lustgas bildas i kvävetets kretslopp. (Naturskyddsföreningen 2012)

5.1.3 Kalium

Ungefär 23 000 ton kalium tillfördes åkermarken via konstgödsel gödselåret 2010/2011. Alltså mer än dubbelt så mycket i förhållande till mängden tillförd fosforgödsel. (Jordbruksverket 2012 s. 8) De idag kända tillgångarna av ekonomiskt brytvärda kaliumfyndigheter motsvarar 288 årsanvändningar med dagens förbrukningstakt. Ungefär 11 600 ton kalium spolats årligen ner i svenska toaletter. (Jönsson 2011 s. 345)

5.1.4 Svavel

Det totala årsbehovet av svavel till den svenska åkermarken är något lägre än behovet av kalium. Gödselåret 2010/2011 tillfördes ungefär 21 000 ton svavel via konstgödsel. (Jordbruksverket 2012 s. 8) Nästan allt svavel som används till konstgödning inom jordbruket idag fås som en biprodukt vid svavelrening vid förbränning av fossila bränslen, och som en biprodukt från utvinning av metaller av sulfidmalmer. Den ekonomiska reserven av svavel motsvarar mindre än 74 årsanvändningar med dagens förbrukningstakt. Mängden svavel som årligen skulle kunna återföras via toalettavlopp i Sverige är ungefär 3 000 ton. (Jönsson 2011 s. 342-345) Utifrån ovanstående siffror blir det tydligt att endast en liten del, närmare bestämt ungefär 14 procent, av allt svavel som används i jordbruket skulle kunna täckas av svavel från urin och fekalier.

5.1.5 Mullämnena

Flera av de personer som jag intervjuat och som var positiva till slamspridning framhöll vikten av att återföra de mullämnena som finns i avloppet till jordbruksmarken. Mullbildande

ämnen är organiska ämnen som behövs för att jorden ska ha en bra struktur och ge så bra avkastning som möjligt (Naturskyddsföreningen 2012 s. 8).

Lars Olrog som var kritisk till slamspridning ansåg även han att det är viktigt att tillföra tillräckligt mycket mullbildande ämnen till jordbruksmarken. Men han menade att mullbildande ämnen framför allt fås genom en omväxlande växtföljd och genom skörderester. Antingen genom att plöja ner halm eller genom att köra ut skörderesterna som halm via djuren och tillbaka med stallgödseln. (Olrog s. 5)

5.1.6 Kalcium, magnesium och mikronäringsämnen

Andra ämnen som är viktiga för de växter som odlas på åkermarken är kalcium, magnesium och mikronäringsämnen. Mikronäringsämnen är ämnen som endast behövs i mycket små mängder. Exempel på mikronäringsämnen är koppar, järn, zink och klor.

(Naturskyddsföreningen 2012 s. 8) Under de intervjuer som jag gjort har väldigt få personer sagt något om vikten av återföring av kalcium, magnesium och mikronäringsämnen till jordbruksmarken. Lars Olrog var den som sa mest om detta och han sa inte mycket mer än att det skulle vara bra om man kunde återföra mikronäringsämnena till jordbruket, men att det inte är någon brådska eftersom de finns att få tag på på annat håll. (Olrog s. 3)

5.2 Hur stora är riskerna med slamspridning på åkermark så som det sker idag?

Den risk med slamspridning som jag uppfattar som mest diskuterad är kadmium. Jag har i princip inte gjort en enda intervju där kadmium inte kommit på tal. Andra metaller, långlivade organiska ämnen, läkemedelsrester och smittämnen är andra exempel på risker som framförts i debatten om slamspridning. I det här avsnittet presenterar jag information som jag fått in angående dessa olika risker.

5.2.1 Metaller

Många av metallerna som finns i avloppsslam kan ställa till skada om de hamnar på åkermarken i för höga halter. Bland annat kan metallerna skada olika processer i jorden, och tas upp av växterna som odlas på åkrarna och på så sätt föras vidare till oss människor.

För sju olika metaller finns i slamföreskriften maxgränser för hur stora mängder som får tillföras åkermarken vid användning av avloppsslam. Dessa sju olika metaller är bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink. (Naturvårdsverket 1994).

Halterna av de flesta av dessa metaller i avloppsslam har minskat kraftigt sedan de började mätas. Det här beror bland annat på att kraven på industrier som är anslutna till de kommunala reningsverken har skärpts, att förbud införts mot bly i bensin och mot användning av

kvicksilver. Även förbättrad luftkvalitet har lett till att mindre mängder än tidigare av dessa metaller når reningsverken via det kommunala dagvattnet. (Balmér 2011)

Linda Gårdstam är handläggare på Naturvårdsverket med ansvar för stora avloppsreningsverk och återföring av fosfor. Hon menar att metaller i dagsläget inte utgör någon större risk eftersom de har bra koll på dem och för att de inte är så svåra att analysera. Men i det förslag till slamförordning som Naturvårdsverket lämnade in till regeringen, och som regeringen valde att inte ta beslut om, föreslog Naturvårdsverket ändå en skärpning av dagens gränsvärden för kadmium och kvicksilver för att det skulle vara hållbart även på längre sikt. (Gårdstam s. 1)

En av de sju metaller som finns med i slamföreskriften men som i dagsläget inte minskar är koppar (Balmér 2011 s. 218). Gunnar Lindgren, som är aktiv i initiativet Ren Åker Ren Mat, menar att de höga kopparhalterna i avloppsslammet framför allt är ett problem för att koppar är väldigt toxiskt för markfloran (Lindgren s. 1).

Lindgren anser att det inte räcker att ha gränsvärden för bara dessa sju metaller. Han menar att dessa sju metaller togs med i lagstiftningen eftersom de var lätta att analysera och för att stora mängder av dessa ämnen släpptes ut vid den tidpunkt då denna lagstiftning infördes. Men idag menar han att det finns mycket bättre analysmetoder och att många nya metaller har börjat användas i samhället som kan ställa till problem. (Lindgren s. 2)

Guld och silver är de ämnen som har snabbast ökningstakt i jordbruksmarker som gödslas med avloppsslam. Silver kan ställa till stora problem för åkermarken eftersom det redan vid låga halter kan påverka viktiga processer i marken. (Naturskyddsföreningen 2012a s. 13)

Kadmium

Eftersom en så pass stor del av slamdebatten handlar om kadmium får kadmium även en extra stor plats även i detta arbete.

Ett för högt intag av kadmium kan bland annat leda till skador på njurarna. Kadmium påverkar även kroppens omsättning av kalcium vilket kan leda till benvävsuppmjukning och benskörhet med ökad risk för frakturer som följd. Studier indikerar även att kadmium kan öka risken för cancer i lungor, urinblåsa, prostata, bröstkörtel och livmoderhalsen. Det har även gjorts experimentella studier som talar för att kadmium kan ha östrogen-liknande effekter. (Kemikalieinspektionen 2011 s. 21-29) Med dagens kadmiumintag är marginalerna till de nivåer som kan ge exempelvis nedsatt njurfunktion och benskörhet i riskgrupper mycket små eller obefintliga. Enligt Naturvårdsverket motiverar detta till att tillförseln av kadmium till mark för livsmedelsproduktion snabbt bör minska. (Naturvårdsverket 2010 s. 24) Grupper som har större känslighet för den höga kadmiumexponeringen är äldre människor på grund av ökad risk för benskörhet och personer med diabetes och andra njursjukdomar. Men även personer med järnbrist, vilket är vanligt bland unga personer och fertila kvinnor, utgör en riskgrupp eftersom järnbristen gör att de tar upp kadmium i kosten i högre utsträckning än andra. Även småbarn är en riskgrupp med dagens kadmiumexponering. (Kemikalieinspektionen 2011 s. 32)

Generellt gäller att ju högre halter av kadmium som åkermarken innehåller, ju högre blir halterna i de växter som odlas på åkermarken och som vi sedan får i oss genom dessa livsmedel. Olika växter tar även upp olika stora mängder av kadmium.

(Kemikalieinspektionen 2011 s. 48-49) Det tycks dessutom vara så att kadmium tas upp lättare av växter ju surare jorden är. Svenska jordar är ungefär en pH-enhet surare än jordarna i Centraleuropa. (Kemikalieinspektionen 2011 s. 48-49) Med detta som utgångspunkt menar bland andra Gunnar Lindgren att vi i Sverige bör vara extra försiktiga med tillförsel av kadmium till markerna. (Lindgren s. 10-11)

För att göra åkermarken mindre sur kalkar svenska bönder åkrarna. Om det stämmer att sura marker ger ifrån sig mer kadmium borde kalkningen leda till att det som odlas på markerna får lägre halter av kadmium än vad de skulle ha haft utan kalkning. De höga halter av kadmium som finns i dagens svenska spannmål skulle alltså kunna antas bli ännu högre om man i framtiden av någon anledning inte har samma möjligheter som vi har idag att kalka markerna. (Lindgren s. 11)

Källor av kadmium till åkermark i Sverige

Värdena är ungefärliga eller grova uppskattningar. Värdena för Gryaab-slam och REVAQ-slam har jag räknat ut utifrån värden från Gryaab och Svenskt Vatten (se fotnoter). Övriga värden har jag hämtat från Kemikalieinspektionens rapport *Kadmiumhalten måste minska – för folkhälsans skull* (Kemikalieinspektionen 2011 s. 33-45).

	Tillförd mängd kadmium i gram per hektar (ha) och år	Kommentar
Våtdeposition	0,2	För alla marker
Torrdeposition	<0,2	För alla marker
	Tillförd mängd kadmium i gram per hektar och år där produkten används	Kommentar
Gryaab-slam	0,66 ⁷	Från Ryaverket i Göteborg
REVAQ-slam	0,55 ⁸	Från REVAQ-certifierade reningsverk
Stallgödsel	0,17-0,34	med en giva på 22 kg P/ha och år
Konstgödsel	0,02-0,14	med en giva på 3,8-23 kg P/ha och år
Kalk	0,02	med en giva på 50 kg kalk/ha och år

Källa: Kemikalieinspektionen 2011 s. 33-45

⁷ 2011 var medelkadmiumhalten för avloppsslam från Ryaverket 30 mg Cd/kg P (Gryaab 2012a bilaga 5; Se uträkning i fotnot 11 på nästa sida) Om den maximala fosforgivan som är 22 kg P/ha och år (Svenskt Vatten 2011a s.15) alltid användes skulle det betyda att det genomsnittliga tillskottet av kadmium till åkermark via det REVAQ-certifierade slammet från Ryaverket var 0,66 g Cd/ ha år 2011. Om lägre fosforgivor användes var mängden Cd/ha mindre än ovanstående värde.

⁸ 2011 var medelkadmiumhalten för avloppsslam från REVAQ-certifierade reningsverk 25 mg Cd/kg P (Svenskt Vatten 2011b s. 4). Med samma resonemang som ovan skulle det innebära att REVAQ slam år 2011 i snitt tillförde 0,55 g Cd/ha och år till svensk åkermark.

Kadmium tillförs svenska åkermarker på flera olika sätt. En stor källa till kadmium i jordbruket är utsläpp till luft och efterföljande våt- och torrdeposition. Andra stora källor är stallgödsel, konstgödsel, kalk och avloppsslam. (Kemikalieinspektionen 2011) För att minska kadmiumhalten i åkermarken är det viktigt att minska all typ av tillförsel av kadmium. Ett sätt att göra det är att införa bättre rökgasrening i kraftvärmeverken i Mellaneuropa (Gårdstam s. 4). Ett annat sätt är att gödsla åkermarker med gödselmedel med så låga kadmiumhalter som möjligt. I Sverige är det förbjudet att sälja mineralgödsel med kadmiumhalter över 100 mg/kg P⁹. Det fanns även tidigare en skatt på mineralgödsel med kadmiumhalter över 5 mg Cd¹⁰/kg P. Denna skatt togs dock bort 2010 vilket kan göra att dagens låga halter av kadmium i konstgödsel i framtiden kommer att öka. (Naturskyddsföreningen 2012)

Halterna av kadmium i avloppsslam har minskat under senare år och 2010 var medelhalten på det REVAQ-certifierade slammet 25 mg Cd/kg P. (Svenskt Vatten 2011b s. 4) Samma år var medelhalten på slammet som producerades vid Ryaverket i Göteborg 30 mg Cd/kg P¹¹ (Gryaab 2012a Bilaga 5).

Många av de jag intervjuat har påpekat att kadmiumhalterna stiger mycket långsamt på de marker där man gödslar med avloppsslam. Göte Bertilsson menar att om vi gör som idag, och lägger på i snitt ungefär 0,5 gram kadmium per hektar och år på marker som redan nu innehåller 500 g Cd/ha, så är det så lite att det knappt märks. *"Håller vi på i 20 år har de där 500 blivit 510 och det ska vara väldigt skarp provtagning och analys om man ska hitta den skillnaden signifikant."* (Bertilsson s. 8) Många av informanterna har även påpekat att halterna i de fosforgödselmedel som används i andra delar av Europa ofta har mycket högre kadmiumhalter än vad som finns i det svenska avloppsslammet. Medelhalten på de fosforgödselmedel som används i olika länder i Västeuropa är 92 mg Cd/kg fosfor (Eriksson 2011 s. 233), alltså mer än tre gånger så hög som halten i REVAQ-certifierat slam.

För att undersöka hur slamspridning påverkar åkermarken och grödorna som odlas där startades fältförsöket *Slamspridning på åkermark* i Skåne 1981 (Andersson 2011 s. 289). Där har man sedan dess kontinuerligt gödlat med avloppsslam och tagit prover för att undersöka förekomsten av växtnäringsämnen och tungmetaller. Projektet drivs i dagsläget i samarbete mellan åtta kommuner i södra Skåne i samverkan med Sysav Utveckling AB¹². I broschyren *Slamspridning på åkermark – ett hållbart kretslopp* (Sysav Utveckling 2012 s. 3) står det bland annat att *"Den metall som diskuteras mest är kadmium. I försöken har inte koncentrationen i grödan ökat vid slamtilförsel."*

Enligt Emelie Hansson som jobbar med mat- och jordbruksfrågor på Naturskyddsföreningen är det här dock inte så bra som det låter. Hon menar att resultatet av slamförsöken endast kan

⁹ P=fosfor

¹⁰ Cd=kadmium

¹¹ $(0,9 \text{ mg Cd/kg TS}) / (0,0303 \text{ kg P/kg TS}) = 29,70297 \text{ mg Cd/kg TS}$. Värdena till uträkningen är hämtade ur *Miljörapport Ryaverket 2011* (Gryaab 2012a Bilaga 5)

¹² Sysav Utveckling AB är ett dotterbolag till Sysav. Sysav står för Sydskanes avfallsaktiebolag och ägs av 14 kommuner i södra Skåne (Sysav 2012).

kopplas till de försök som kalkats vilket minskar biotillgängligheten i kadmium. Enligt Hansson är det tydligt att Sysav med den här broschyren vill sprida en bild av att slamspridning är bättre än vad det egentligen är. (Hansson) I boken *Återföra fosfor – Hur bråttom är det?* skriver Per-Göran Andersson, som sedan 1988 varit projektledare för fältförsöket, bland annat följande om försöksresultaten: *”För kadmium finns det inga statistiskt säkerställda skillnader, men det finns en tendens till ökning i marken vid slamtillförsel.”* (Andersson 2011 s. 291-292) Om Sysav skulle ha velat ge en korrekt bild av resultaten av slamförsöken skulle de även ha nämnt detta i broschyren, menar Emelie Hansson.

Flera av de jag intervjuat som varit kritiska till slamspridning har påpekat att även om halterna av kadmium i marken stiger långsamt och även om det också finns andra metoder att minska mängden kadmium i åkermarken som inte utnyttjas fullt ut idag motiverar det ändå inte en fortsatt spridning av avloppsslam på åkermarker. Dessa slutsatser framförs även av Kemikalieinspektionen som skriver:

”... Att det finns andra effektiva åtgärder motiverar inte en fortsatt tillförsel via avloppsslam. Enligt ett forskarseminarium som KemI genomfört tyder aktuella resultat/bedömningar på att kadmiumexponeringen redan idag överskrider säkra nivåer för riskgrupper. Utifrån dessa omständigheter och bedömningar är det enligt KemI extra angeläget att tillförseln av kadmium till jordbruksmark inte leder till någon ackumulering av ämnet utan att halterna istället minskar.” (Kemikalieinspektionen 2010 s. 7)

5.2.2 Organiska miljögifter

Det finns över 100 000 organiska ämnen som framställts av människan, i kommersiellt bruk globalt, och det tillkommer kontinuerligt nya ämnen. För de flesta av dessa ämnen saknas grundläggande kunskaper om miljö- och hälsoeffekter. En betydande del av de ämnen som används i samhället hamnar i avloppsvattnet och i varierande utsträckning även i avloppsslam. Källorna är bland annat livsmedel, rengöringsmedel, färger, bekämpningsmedel, kosmetika, byggmaterial, textilier, elektronik, fordon och luftföroreningar. De ämnen som är svårnedbrytbara kommer enligt Kemikalieinspektionen att ackumuleras i markerna där slam sprids. På grund av den stora kunskapsbristen menar de att det är svårt eller omöjligt att fastställa samband mellan eventuella miljö- och hälsoeffekter och exponeringen för sådana ämnen via slam. Riskbedömningar försvåras ytterligare av att exempelvis hormonstörande ämnen ger effekter redan i mycket små mängder. Även cocktaileffekter, som innebär att ämnen kan samverka och förstärka varandras effekter, gör det svårt att bedöma riskerna med organiska miljögifter i slam. (Kemikalieinspektionen 2010 s. 8)

Under intervjun med Gunnar Lindgren berättade han att man i en publikation från Naturvårdsverket kan läsa att morötter är väldigt bra på att ta upp miljögifter. Han berättade även att det kommit en ny rapport som visar att det finns sojaplantor som tar upp miljögifter. (Lindgren s. 3) Förutom risken att miljögifter tas upp i växter och genom födan förs vidare till oss människor och påverkar vår hälsa menar Chalmersprofessorn Göran Petersson att det

finns en annan risk som antagligen är ännu större. Enligt honom stannar den största delen av miljögifterna nämligen kvar i marken där de ger toxiska effekter på marklevande organismer och på så sätt påverkar hela det ekosystemet. (Petersson s. 7)

Kemikalieinspektionen skriver att *"En slutsats är att det kan finnas betydande miljö- och hälsorisker förknippade med spridning av naturfrämmande organiska ämnen via avloppsslam. Exakt hur stora dessa risker är går inte att fastställa. Över tiden ökar dock sannolikheten för att ämnen som skadar miljö och hälsa sprids med en fortsatt spridning av slam."* (Kemikalieinspektionen 2010 s. 8-9)

I slamföreskriften finns inga gränsvärden för organiska miljögifter i slam (Sternbeck 2011 s. 247). Däremot har Naturvårdsverket enligt Linda Gårdstam ett miljöövervakningsprogram där man följer organiska miljögifter i slam. Hittills har man via detta program inte upptäckt några så stora risker med något ämne att det borde begränsas. (Gårdstam s. 1-2)

Det frivilliga slamcertifieringssystemet REVAQ har inte heller några gränsvärden för organiska föroreningar i slam (Sternbeck 2011 s. 247). Däremot står det i REVAQ-reglerna att *"Innehållet av oönskade organiska ämnen i slammet skall minimeras. Detta sker genom uppströmsarbete där anslutna verksamheters användning av organiska ämnen, produktion och utsläpp kartläggs och åtgärder vidtas, [...]"* (Svenskt Vatten 2011a s. 16).

5.2.3 Läkemedelsrester

I en undersökning av svenskt avloppsslam där 101 olika läkemedel analyserades hittades kvantifierbara halter av 54 av dessa läkemedel i avloppsslammet. Läkemedel sprids till avloppsslammet via urin och avföring. Trots läkemedels förmåga att påverka biologiska processer bedöms läkemedel sällan på ett adekvat sätt ur ett miljöperspektiv. Experiment har visat att sojväxter kan ta upp läkemedelssubstanser. Det här bevisar enligt Naturskyddsföreningen inte att växter alltid tar upp läkemedelsrester, men det visar att det kan finnas risker som behöver studeras vidare. (Naturskyddsföreningen 2012 s. 16)

Över hälften av patienters intag av antibiotika passerar oförändrat genom kroppen och vidare till reningsverket. Eftersom antibiotika är avsedda att döda mikroorganismer kan de påverka mikroorganismer i marken där slam med antibiotikarester sprids. Den antibiotika som kommer till reningsverken kan även leda till att antibiotikaresistenta bakteriestammar utvecklas som därefter riskerar att sprids till övriga delar av naturen via slamgödsling av åkermark. (Naturskyddsföreningen 2012 s. 16-17) Spridning av antibiotikaresistenta bakterier ökar risken för att vi snart kan stå utan alternativ att behandla vissa sjukdomar (Ottoson 2011 s. 258).

Lars Olrog på Hushållningssällskapet menar att riskerna med läkemedel antagligen inte är lika stora som riskerna med många av de andra miljögifterna som finns i avloppsslam. Han tror att risken att läkemedelsrester sprids på åkermarker via till exempel humanurin kan vara en risk som är värd att ta för att få till ett kretslopp. Enligt Olrog har vi bättre koll på läkemedel än på miljögifterna och dessutom har läkemedlen gått genom kroppen. Under intervjun förklarade

han även att mikrofloran troligen har en hög kapacitet att bryta ner de ämnen som finns i läkemedel eftersom de ofta liknar naturliga ämnen som exempelvis hormoner. Han menar att ytterligare forskning om detta är angeläget. (Olrog s. 6)

Göran Petersson däremot menar att det är helt oacceptabelt att sprida läkemedel på åkermarker genom slamspridning. Eftersom läkemedel är väldigt biologiskt aktiva är det enligt Petersson särskilt riskabelt att utsätta markkosystemen för sådana ämnen. Som exempel nämner han att statiner, som 800 000 svenskar använder för att sänka sina kolesterolnivåer, har så generella effekter att de även påverkar marklevande organismer. (Petersson s. 6, 9)

5.2.4 Smittämnen

I avloppsslam finns det virus, parasiter och bakterier. Smittämnen, som når reningsverket genom smittade personers avföring, anrikas i det sedimenterade materialet i reningsverket. För att minska risken att människor blir sjuka på grund av mat som gödslats med slam med dessa smittämnen i finns det regler för att förhindra detta. Det måste gå minst tio månader mellan det att slam sprids på åkermarken tills skörden sker av foder, bär, frukt, rotfrukter, potatis och grönsaker som äts råa, eller tills djur släpps ut på bete. Under denna period dör en stor del av smittämnen på grund av temperatur, ultraviolett ljus och konkurrerande mikroflora. (Ottoson 2011 s. 258-262)

Man kan även minska risken för smittspridning redan innan slammet spridits på åkermarken. Under den behandling av slammet som sker i de flesta svenska reningsverk för att utvinna gas och stabilisera slammet sker redan i dagsläget en viss minskning av smittämnen. För REVAQ-certifierat slam krävs att det lagras i minst sex månader för att minska mängden smittämnen i slammet innan det sprids på åkermarker. Man kan även sänka smittrycket på avloppsslammet genom pH-justeringar och strängkompostering under två år och lagring under tre år. (Ottoson 2011 s. 259-266)

Jakob Ottoson på Sveriges Lantbruksuniversitet känner inte till några sjukdomsutbrott som förknippats med slamanvändning hittills i Sverige, men han ger exempel på olika trender som tillsammans bidrar till att sannolikheten att smittas från slam kommer att öka i framtiden. Därför menar han att det är viktigt att något görs för att minska halterna av smittämnen innan de sprids i miljön. (Ottoson 2011 s. 261-267)

I Naturvårdsverkets slambeförordningsförslag föreslogs strängare krav på smittoämnesreducering av avloppsslam. Om regeringen väljer att följa Naturvårdsverkets förslag, som de fått hjälp att utforma av smittskyddsinstitutet, menar Linda Gårdstam att man på detta sätt kommer begränsa riskerna för smittspridning i väldigt stor utsträckning. (Gårdstam s. 2)

Göran Petersson tycker att det är bra att Naturvårdsverket föreslagit strängare regler för smittämnen i avloppsslam, men han menar att det ändå inte är tillräckligt. Enligt honom finns

även om deras förslag går igenom exempelvis risken med prioner som ligger bakom bland annat galna kosjukan fortfarande kvar. (Petersson s. 8)

5.2.5 Nanomaterial

Nanomaterial är mycket små partiklar som designas på molekylnivå och har samma storleksordning som organellerna i levande celler. På grund av att de är mycket kemiskt reaktiva och kan ta sig igenom cellmembran och andra biologiska barriärer utgör de enligt Naturskyddsföreningen potentiella hälso- och miljögifter. (Friström 2012)

Nanomaterial från exempelvis textil, elektronik, kosmetiska och hygieniska produkter kan spridas via avloppsslam. Enligt Naturskyddsföreningen finns det allvarliga brister i kunskapen om hur nanomaterial och små rörliga nanopartiklar kan påverka människan och miljön. (Naturskyddsföreningen 2012 s. 17)

5.3 Vad kan göras i Göteborg för att minska risken att åkermark förorenas i försöket att sluta näringskretsloppet mellan stad och land?

5.3.1 Slamspridning på bättre sätt

Näringsåterföringen

Avloppsslam återför en stor del av all fosfor som finns i det sammanlagda toalettavloppet (Jönsson 2011 s. 341). Enligt Ann Mattsson, som är avdelningschef för utveckling, kvalitet och miljö på Gryaab¹³, avlägsnas en stor del av fosfor från avloppsvattnet genom sedimentering eller biologiskt upptag. För att få bort även den fosfor som är löst i vattnet kan man använda sig av kemikalier eller av specifik biologisk fosforrening. (pers. kom. Mattsson) De flesta stora svenska avloppsreningsverk använder kemikalier för att rena bort den sista fosfor ur avloppsvattnet. Det innebär att en del av den fosfor som återfinns i avloppsslammet är bunden till antingen järn eller aluminium beroende på vilken fällningskemikalie som används. I Ryaverket använder man sig av järnsulfat. Den del av fosfor som fällts ut på kemisk väg binds så pass hårt till fällningskemikalien att det tar flera år innan den kan göra nytta i marken och tas upp av växterna. Exakt hur stor del av den tillförda mängden fosfor som kan komma grödorna till nytta och hur lång tid detta tar finns det än så länge olika åsikter om. Göte Bertilsson menar att en bra utgångspunkt att ha i väntan på säkrare forskningsresultat är att slamfosfor har en effektivitet på ungefär 70 procent jämfört med mineralgödsel fosfor. Det här betyder att, trots att nästan all fosfor från fekalier och urin kan återföras till jordbruksmarken via slamspridningen är det bara ungefär 70 procent av fosfor i slammet som gör nytta på åkermarken. (Bertilsson s. 1)

Endast ungefär 7 procent av kvävet från toalettavloppet hamnar i avloppsslammet. Resten omvandlas framför allt till kvävgas och går upp i luften under reningsprocessen i

¹³ Gryaab är det kommunägda företag som driver Göteborgsregionens reningsverk Ryaverket (Gryaab 2012a).

reningsverket. Kanske hälften av dessa 7 procent kväve kommer sedan grödorna till nytta. Det beror enligt Bertilsson bland annat på att slammet ofta läggs på under hösten då näringen inte behövs. Innan växten hinner ta upp det kväve den behöver har en stor del av kvävet redan avdunstat till luften eller läckt ut till vattendrag i närheten och bidragit till övergödning. (Bertilsson s. 1)

Av kaliumet i toalettavloppet kan ungefär 9 procent¹⁴ återföras till jordbruksmarken via slamspridning. Motsvarande siffra för svavel är ungefär 70 procent¹⁵. (Jönsson 2011 s. 342) Mullämnena i avloppsslam skulle kunna ersätta en fyrtiondedel¹⁶ av det organiska material som tillförs åkermarken med skörderester varje år (Kirchmann, Cohen 2011 s. 335).

Uppströmsarbete

Uppströmsarbetet (se avsnitt 3.3) används ibland som ett argument för att slamspridning kan vara okej trots att det innehåller ämnen som helst inte bör sprida på åkermarker. En del menar att slamspridningen tack vare uppströmsarbetet kan bidra till att miljömålet om en giftfri miljö (se avsnitt 3.1) uppnås snabbare än vad som skulle skett utan slamspridningen. (Sternbeck 2011 s. 256)

Genom de intervjuer jag gjort har jag fått många exempel på möjligt uppströmsarbete. Ann Mattsson berättade bland annat att man kan byta ut kopparledningar i byggnader mot andra material för att minska mängden koppar i avloppsslammet (Mattsson s. 11). Och Linda Gårdstam på Naturvårdsverket menade att vi borde förbjuda konstnärsfärg med kadmium i (Gårdstam s. 3). Våldigt mycket uppströmsarbete görs dessutom redan idag och har pågått länge.

Många av informanterna menar dock att även ett uppströmsarbete som görs på ett mycket bra sätt inte kommer räcka för att få slammet tillräckligt fritt från oönskade ämnen. Exempel på grupper av ämnen som är i princip omöjligt att åtgärda med uppströmsarbete är enligt Göran Petersson läkemedel och organiska miljögifter (Se avsnitt 5.2) (Petersson s. 8).

Bortkoppling

Ett sätt att få ett renare slam är att koppla bort källor som i särskilt hög grad bidrar till att öka mängden oönskade ämnen i avloppsvattnet och i slammet. I Göteborg har de största utsläppskällorna redan försvunnit, som exempelvis metallurgisk industri. (Lindgren s. 7) Men det finns fortfarande mycket arbete kvar. Exempelvis går avrinningsvattnet från tre avfallsdeponier enligt Ann Mattsson fortfarande till Ryaverket (Mattsson s. 11). Av dessa kommer dock Tagene och Brudaremossens avfallsdeponier att kopplas bort senast år 2015 (pers. kom. Mattsson).

I dagvattnet, som är avrinningsvatten från vägar, andra markytor, och hustak, finns föroreningar som kommer från bland annat luftföroreningar, däck och asfaltsytor (Lindgren). Dagvattnet tillsammans med dräneringsvatten och grundvatten som läcker in i avloppsledningarna utgör sammanlagt drygt hälften av allt avloppsvatten som kommer in till

¹⁴ $1\ 000/11\ 600=0,08621$ (Jönsson 2011 s. 342)

¹⁵ $2\ 000/3\ 000=0,6667$ (Jönsson 2011 s. 342)

¹⁶ $(48\ \text{kg/ha})/(2\ 000\ \text{kg/ha})=0,024$ (Kirchmann, Cohen 2011 s. 335)

Ryaverket (pers. kom. Mattsson). Även om detta tillskottsvatten skulle ha haft helt naturliga halter av olika ämnen skulle det ändå ha bidragit till att höja halten av oönskade ämnen i avloppsslammet. Det beror på att även många av de ämnen som förekommer naturligt i låga halter i regnvatten och kranvatten, som exempelvis magnesium, koppar och nickel till viss del avskiljs från avloppsvattnet i reningsverket och hamnar i slammet. På så sätt blir slammet ett koncentrat av både naturliga och kemiskt framställda ämnen som när de sprids på åkermarken kan ställa till skada just på grund av de höga halterna. (Lindgren s. 7) För att minska mängden vatten som når Ryaverket har man sedan 1960-talet vid nybyggnationer byggt separata avloppssystem där endast spillvattnet¹⁷ går till reningsverket. Resten av vattnet måste om det är förorenat renas innan det släpps ut lokalt eller till dagvattennätet. Om detta inte är möjligt renas det enligt Ann Mattsson till en sådan nivå att det inte skiljer sig väsentligt från hushållspillvatten och leds därefter via avloppsledningsnätet till Ryaverket. (pers. kom. Mattsson).

5.3.2 Utvinning av näring ur avloppsvatten

För utvinning av rena fosforfraktioner ur avloppsvatten finns det flera olika metoder. Enligt Göteborgsregionens studie av möjliga framtida avloppssystem kan man på detta sätt, beroende på vilken metod man använder sig av, utvinna ungefär 20-70 procent av fosfor i avloppet vid Ryaverket. Om fosforutvinning ur avloppsvatten skulle bli aktuellt för Göteborgsregionen bör man enligt författarna till *Systemstudie Avlopp* först göra en noggrann utvärdering av vilken metod som är lämplig. Framför allt med avseende på utvinningsgrad, resursförbrukning och ekonomi. För den metod som det räknades på i systemstudien skulle det kunna kosta ungefär 6-8 gånger mer att utvinna fosfor ur avloppsvattnet jämfört med priset för mineralgödsel. (Göteborgs Stad 2007 s. 141-147)

Enligt systemstudien skulle det på grund av den låga koncentrationen kväve i det inkommande avloppsvatten till Ryaverket gå åt mer energi att utvinna kväve därifrån än vad som går åt för att producera samma mängd kvävegödsel från luftkväve. I rejektivattnet, alltså det vatten som man får när slammet avvattnas, är koncentrationen kväve däremot hög vilket ökar möjligheterna till effektiv kväveutvinning. Om man även räknar in den energi som går åt för att framställa de ämnen som krävs i processen är det dock enligt systemstudien tveksamt om ens denna metod är vettig ur ett resursperspektiv. Vid Ryaverket skulle man antagligen kunna få ut ungefär 18 procent av avloppets kväve på detta sätt. (Göteborgs Stad 2007 s. 141-147)

Håkan Jönsson tror dock att man snart kommer lyckas ta vara på näringen på ett effektivt sätt då det på senare år satsats mycket på utveckling av bland annat olika membrantekniker. Med dessa tekniker kan det bli möjligt att koncentrera olika sorters näringsfraktioner som exempelvis rejektivattnet från slamavvattningen. Dessutom har kvävehalten i rejektivattnet i många reningsverk enligt Jönsson ökat kraftigt eftersom de tar in allt mer externt kväverikt material som de samrötar med slammet. (Jönsson s. 6) Ann Mattsson vid Ryaverket har dock

¹⁷ Avloppsvatten från hushåll eller industrier (Andersson 2011)

uppfattningen att det i dagsläget inte finns några lösningar där membranteknik kan användas för att utvinna kväve ur rejektvatten med en positiv energibalans i sikte. (pers. kom. Mattsson)

5.3.3 Utvinning av fosfor ur aska

Om man eldar upp avloppsslammet finns det flera olika metoder för utvinning av fosfor ur den aska som då blir kvar. Här presenterar jag kort några av dessa.

En metod är att laka ut fosfor med en syra och fälla ut den som järn- eller aluminiumsulfat. Nackdelen är att dessa produkter har relativt låg effektivitet som gödselmedel. Om man istället lakar ut fosfor med basiska lösningar och fäller ut den som kalcium- eller natriumfosfat får man ett effektivare gödselmedel. Med denna metod kan man dock endast utvinna hälften av fosfor ur askan. En tredje metod går ut på att hetta upp askan så mycket att fosfor förångas och vid behandling med vatten bildar fosforsyra. Effektiviteten hos denna metod är dock låg. Med Ash Dec-processen, som även den bygger på upphettning av slamaskan, stannar fosfor kvar i askan medan en stor del av metallerna förångas och förs bort. Båda upphettning metoderna kräver stora mängder energi. En femte metod är EasyMining Swedens teknik CleanMAP som bygger på att man löser upp askan med svavelsyra. Med denna metod kan man framställa vattenlösliga gödselprodukter med mycket låg föroreningshalt. (Kirchmann, Cohen 2011 s. 333-334)

5.3.4 Källsortering

Källsortering av avlopp går ut på att överhuvudtaget inte blanda det som kommer från toaletten med andra avloppsfractioner, helst inte ens med vatten (Linderson, Schönbeck, Westberg 1998 s. 22). Eftersom den källsorterade fraktionen utöver spolvattnet framför allt innehåller sådant som passerat kroppen är halterna av de flesta oönskade ämnen låga (Jönsson). Ewa Björnberg som är miljöinspektör i Lunds kommun tror dock att det kan vara svårt att få källsorterande toalettsystem att fungera i praktiken. Hon förklarade under intervjun att hon tror att det blir svårt att lära användarna att inte spola ned annat än toalettpapper och sådant som gått genom kroppen i toaletten. (Björnberg s. 4)

Toalettvattnensortering

I ett toalettvattnensorteringssystem avskiljer man redan i fastigheten toalettfraktionen från resten av avloppet. Det övriga avloppsvattnet kan då gå till det ordinarie reningsverket, medan toalettvattnenfraktionen kan gå till en separat anläggning. I Svartvattenalternativet¹⁸ i Göteborgsregionens systemstudie tänker man sig att man bygger flera nya avloppsreningsverk på strategiskt utvalda platser. Via ett nytt ledningsnät enbart avsett för vatten från toaletter och köksavfallskvarnar leds detta från anslutna hushåll till de lokala reningsverken. Där avskiljs ett avloppsslam för spridning på åkermark efter termofil rötning. Även näringsämnen i vätskefasen tas tillvara genom att vattnet avskiljs och koncentreras med hjälp av

¹⁸ Svartvatten är ett annat ord för toalettvatten.

membranteknik (se avsnitt 5.3.2 ovan) varefter det sprids på åkermark. Eftersom endast avlopp från toaletter och avfallskvarnar hamnar i dessa lokala reningsverk blir mängderna av många oönskade ämnen i dessa näringsfraktioner lägre än i dagens avloppsslam. Jag har tyvärr inte hittat någon information om huruvida den största delen av läkemedelsresterna med denna metod fortsätter ut i naturen med det utgående avloppsvattnet eller om de fastnar i näringsfraktionerna. Enligt planen i systemstudien tänker man sig att det nya systemet byggs ut successivt i samband med stamreoveringar av befintliga bostäder och när nya bostadsområden byggs. Övergångsperioden till det nya systemet kommer att bli mycket lång. Systemet kommer inte vara fullt utbyggt ens till år 2050. Allt avloppsvatten från de hushåll där toalettvattnetsortering inte byggts ut ännu kommer fortsätta att gå till Ryaverket. Slammet från Ryaverket kommer i detta scenario inte att spridas på produktiv mark. En nackdel med toalettvattnetsorteringsalternativet är det är ett dyrt alternativ. Årskostnaden per person för att ta hand om allt avloppsvatten skulle bli ungefär 1450 kronor. Det kan jämföras med en kostnad på ungefär 850 kronor om man istället skulle behålla dagens avloppsledningsstruktur och därefter elda upp avloppsslammet och deponera askan. (Göteborgs Stad 2007) De största nackdelarna med detta system var dock enligt Ann Mattsson dels att resurserna som skulle gå åt för att bygga ut och driva systemet skulle bli större än de resurser man sparade genom återförd växtnäring. Dels att det skulle ta så lång tid att införa systemet att det skulle bli svårt att uppnå de mål man hade ställt upp med avseende på fosforåterföring. (pers. kom. Mattsson)

Urinsortering

För att sortera ut urin krävs en urinsorterande toalett som har två olika skålar. En där fram som samlar upp urinen, och en där bak som samlar upp fekalierna. Om det gäller ett hyreshus kan urinen exempelvis ledas till ett uppsamlingskärl i källaren. Fekalierna kan antingen tas tillvara lokalt (se avsnitt Fekaliesortering nedan) eller spolats iväg i det ordinarie avloppsnätet till det kommunala reningsverket.

Genom att på detta sätt sortera ut urinen redan i toalettstolen kan man enligt Håkan Jönsson få en mer koncentrerad näringslösning än vad man får med klosettvattnetsortering. Anledningen är att det krävs väldigt lite vatten för att spola ner urinen. (Jönsson s. 3) Dessutom återfinns den största delen av näringen i urinen och fekalierna i just urinen. Ungefär 65 procent av fosfor, 90 procent av kvävet, 70 procent av kaliumet och 80 procent av svavlet återfinns i urinen och kan återföras via urinsortering (Jönsson 2011 s. 342; pers. kom. Jönsson). Inga mullämnen återförs via urinsortering, om det inte kombineras med fekaliesortering. (Se avsnitt Fekaliesortering nedan)

Den koncentration som urinfraktionen får passar bra till att spridas i lantbruket, och i och med att det inte blir några stora mängder blir det enligt Håkan Jönsson hanterbart att transportera. (Jönsson s. 3) Men självklart blir det mindre hållbart ju längre urinen måste fraktas.

En fördel med urinsortering är att urinen innehåller betydligt lägre halter av metaller jämfört med fekalierna (Palmquist 2004). Ytterligare en fördel med urinsortering är att urinfraktionen endast innehåller mycket låga halter av smittämnen (Roos s. 1).

Många hävdar att läkemedelsrester i urinen kan innebära ett problem för jordbruksmark vid gödsling med urin (Pettersson). För att lösa detta har företaget Teknikmarknad i samarbete

med forskare på KTH tagit fram en metod för rening av läkemedel från humanurin. Metoden sägs vara billig och relativt enkel och kunna fungera i fastigheter med urinsorterande toaletter. (Karlsson-Ottosson 2011)

Andreas Roos, som tidigare arbetat med avloppsfrågor i Tanums kommun, berättade att man där länge jobbat med urinsorterande system. Enligt honom hade man i början problem med att det blev stopp i urinledningar, men att man nu löst det problemet genom att man bland annat använder sig av tjockare ledningar och har större lutning på ledningarna. (Roos s. 2)

Ronnie Ljungh (mp), som är ordförande i kretsloppsnämnden i Göteborg menar att det innan man sätter igång något sådant stort projekt är viktigt att ha alla kort på bordet. För både toalettvattnensortering och urinsortering krävs stora investeringar med nya rör, nya toaletter och uppsamlingstankar. Om dessa investeringar görs och det sedan visar sig att man ändå inte kan sprida näringen på åkermarker på grund av exempelvis läkemedelsrester skulle det vara slöseri med både arbete och pengar. (Ljungh)

Tack vare att näringen i urinfractionen är så pass koncentrerad är det möjligt att utvinna en stor del av både kvävet och fosfor som finns i urinen och istället få ett näringsrikt pulver med en bråkdel av vikten och volymen av urinfractionen. Genom att göra detta menar Johan Erlandsson på Again Nutrient Recovery AB att man skulle kunna minska behovet av transporter kraftigt. Kvävet kan man enligt Erlandsson fånga upp med hjälp av mineralen zeolit och fosfor kan fällas ut med magnesium till struvit¹⁹. Enligt Johan Erlandsson är zeolit ett billigt mineral som finns i oerhörda mängder i princip över hela jorden förutom i Skandinavien. Att få tag på tillräckligt med magnesium ser han inte heller som något problem då det enligt honom bara går åt små mängder och dessutom är en metall som det finns gott om. Några risker med att sprida zeolit och magnesium ser han inte då han menar att det redan finns stora mängder av dessa ämnen i jorden naturligt. (Erlandsson)

Fekalisortering

Eftersom den delen av näringen från toaletten som inte kommer från urinen kommer från fekalierna kan man utifrån procentsiffrorna i föregående avsnitt enkelt räkna ut hur stor andel av näringen som kommer från fekalierna. Då får man fram att 35 procent av fosfor, 10 procent av kvävet, 30 procent av kaliumet och 20 procent av svavlet återfinns i fekalierna. Utöver detta tillkommer även mullbildande ämnen. Eftersom största delen av näringen finns i urinen är det den som det är viktigast ur resurshänsyn att ta vara på. Ett inte helt orimligt sätt att hantera fekalierna är därmed att spola ned dem på vanligt sätt i toaletten så att de får behandlas i det kommunala reningsverket.

Om man ändå vill ta vara på näringen och mullämnena i fekalierna kan man använda sig av en förmultningsprocess eller en förtorkningsprocess som man kontinuerligt ventilerar genom toaletten för att förhindra luktproblem (Linderson, Schönbeck, Westberg 1998 s. 27). Torr fekaliehantering framhålls ofta som det miljömässigt bästa systemet, men på grund av bland annat risken för lukt och att det krävs en hanteringskedja för att frakta bort fekalierna menar Håkan Jönsson att de sociala utmaningarna med detta system är stora. (Jönsson s. 6) För att

¹⁹ Magnesiumammoniumfosfat

minska risken för lukt och samtidigt förenkla hanteringskedjan kan man istället spola ner fekalierna med vatten och separera ut fekalierna från vattnet med hjälp av en cyklon (Linderson, Schönbeck, Westberg 1998 s. 27). Lindome Brandstation har i ungefär tio år använt sig av systemet Aquatron för att göra detta. Där har man ett uppsamlingskärl i källaren där fekalierna från stationens samtliga toaletter hamnar. Ungefär två hinkar näringsrik mull produceras på detta sätt varje år på brandstationen som är bemannad med ungefär sex personer dygnet runt. (pers. kom. Bratt) På detta sätt kan man alltså få en koncentrerad näringsfraktion som skulle kunna fraktas till jordbruksmarker utan särskilt mycket transporter. Under förmultnings- och förtorkningsprocesserna av fekalierna reduceras smittämnen på bara några månader till låga nivåer (Linderson, Schönbeck, Westberg 1998 s. 27). Som nämntes i avsnittet om urinsortering ovan är innehållet av metaller större i fekalierna jämfört med i urinen. En annan nackdel med fekaliesortering är att det i dagsläget antagligen inte finns något bra sätt att få bort medicinrester från fekalierna (pers. kom. Bratt).

5.4 Vad bör vi göra med slammet om vi inte vill sprida det på åkermark?

5.4.1 Anläggningsjord

Ett sätt att skydda åkermarker från att förorenas till följd av slamspridning är att sprida slammet på andra platser istället. I dagsläget används den största delen av det svenska avloppsslammet som jordförbättringsmedel, exempelvis som sluttäckning på deponier och dagbrott, bullervallar och andra grönytor (Naturvårdsverket 2010 s. 51). I Göteborgs Miljörapport för 2010 står det att *”Det avvattnade slammet från Ryaverket komposteras efter rötningen med bark, flis, sand med mera och används därefter som anläggningsjord.”* (Göteborgs Stad 2011). En liten del av slammet sprids dessutom på åkermark (se avsnitt 3.4). Naturskyddsföreningen anser att riskerna med de miljöfarliga ämnen som finns i avloppsslam är så pass stora att slammet inte bör användas till anläggningsjord. (Naturskyddsföreningen 2012 s. 3, 21)

5.4.2 Gödsling av skog

Ett annat sätt att se till att näringen kommer till nytta än slamspridning på åkermark är att istället sprida slammet som gödningsmedel på skogsmark. Ingen av de som jag intervjuat som varit negativa till slamspridning på åkermark har föreslagit att vi ska gödsla skog. De flesta av dessa har föreslagit att slammet borde eldas upp (se avsnitt 5.4.4). Naturskyddsföreningen anser att all slamspridning av avloppsslam bör stoppas, inklusive spridning av avloppsslam i skogsmark. (Naturskyddsföreningen 2012 s. 3)

5.4.3 Deponering av avloppsslammet

För att bli av med avloppsslammet har det hänt att avloppsslam från Ryaverket deponerats i ett av de stora bergrum som finns i Göteborg, som en gång i tiden var beredskapslager för olja. Enligt Ronnie Ljungh har det här handlat om slam som varit extra förorenat, bland annat en gång av ett utsläpp från Eka Chemicals. (Ljungh s. 5)

En nackdel med deponering av avloppsslam är att näringsämnena i slammet då naturligtvis inte kommer till nytta vilket strider mot miljömålen om kretslopp. (se avsnitt 3.1) I Sverige är det dessutom förbjudet att deponera avloppsslam om slammet inte genomgått viss förbehandling såsom kompostering (Naturvårdsverket 2012c). Ingen av de jag intervjuat har föreslagit deponering av avloppsslam som ett lämpligt sätt att bli av med avloppsslammet.

5.4.4 Förbränning och deponering av askan

Av de som jag intervjuat som ansåg att slamspridning inte är en bra lösning har de flesta föreslagit förbränning av slammet som den i dagsläget bästa lösningen. Många har föreslagit att på olika sätt utvinna näringsämnen ur askan och därefter deponera det som blir över. De flesta av förespråkarna för förbränning anser dock att förbränning av slammet och deponering av askan är bättre än att sprida slammet på åkermarker även om ingen näring utvinns ur askan innan den deponeras.

I dagsläget förbränns i Sverige endast marginella mängder avloppsslam (Naturvårdsverket 2010 s. 41). Det finns två förbränningsanläggningar i Sverige som har tillstånd att elda avloppsslam. Det är dels Hembyleverket i Norrköping, dels Syvabs anläggning i Malmö. I dessa verk eldar man huvudsakligen sopor. Naturvårdsverket tycker inte att det är någon bra idé att elda slam eftersom mullämnena, fosfor och andra näringsämnen i slammet då går till spillo. (Gårdstam s. 7)

I Göteborgsregionens studie av vilket avloppssystem som man borde satsa på för framtiden jämförde man åtta olika systemalternativ. Ett av dessa var förbränning av slammet med deponering av askan. En nackdel med detta alternativ är att ingen växtnäring återförs och en fördel är att föroreningarna i slammet avlägsnas från kretsloppet. Man tänker sig att förbränningen av slammet skulle ske tillsammans med annat avfall i avfallskraftvärmeverket i Sävenäs. De skriver även att tekniken som krävs för denna lösning inte bedöms vara något problem, och att förbränning av avloppsslam med deponering av askan redan har implementerats i stora delar av Europa. (Göteborgs Stad, 2007 s. 115, 150)

En nackdel med förbränning av avloppsslammet är att det bildas aska. Redan i dagsläget produceras kontinuerligt stora mängder aska vid sopförbränningsanläggningen i Sävenäs. Om man även skulle elda avloppsslam där skulle det bildas ännu mer avfall där som måste deponeras. (Ljungh s. 11) I EU bränns 30 procent av avloppsslammet. Eftersom askan efter förbränningen har höga halter av tungmetaller och den fosfor som finns i askan inte är växttillgänglig deponeras i regel askan. (Kirchmann, Cohen 2011 s. 325-326)

Göran Petersson menar att förbränning av avloppsslam och deponering av askan är det alternativ som i dagsläget är bäst. När jag intervjuade honom sa han bland annat *”... det som är lite unikt med miljögiftsproblemet med slamspridning är att det är förbluffande enkelt att bli av med det problemet. Man förbjuder helt enkelt slamspridning och övergår till förbränning och andra metoder. På det enkla sättet kan man inte lösa några andra kemiska miljögiftsproblem.”* Om varför han inte anser att vi måste utvinna fosfor ur askan innan den deponeras sa han följande: *”... har vi jättemängder av fosforresurser i malmfälten som man kan ta ut till en ganska rimlig kostnad så är det ju fullständigt orimligt att ställa krav på att man istället ska ta fosfor från sämre källa där det är mycket dyrare att utvinna fosfor.”* (Petersson s. 4, 7)

6 Diskussion

6.1 Hur bråttom är det att återföra näringen i urin och fekalier till åkermarken?

I likhet med de allra flesta som jag intervjuat till det här arbetet anser även jag att det är viktigt att vi skapar näringskretslopp mellan stad och land så snart som möjligt. En viktig anledning att göra det är att på det sättet minska de stora utsläpp av växthusgaserna koldioxid och lustgas som produktionen och användningen av konstgödselkväve bidrar till. En annan anledning att skapa kretslopp är för att minska övergödningen. Det skulle vi kunna göra om det kväve och den fosfor som de svenska avloppsreningsverken i dagsläget släpper ut med utgående vatten till sjöar och hav, istället skulle återföras till jordbruket. Genom att återföra mer näring från urin och fekalier och på så sätt ersätta en del av den konstgödsel som används i dagsläget skulle även de miljöproblem som uppkommer i de gruvor där mineraler som används för produktion av konstgödsel bryts även kunna minska.

Den aspekt som jag i första hand tänkte på när jag formulerade denna frågeställning var hur bråttom det är att återföra näringen med tanke på de olika växtnäringsämnenas knapphet. Alltså vilka av växtnäringsämnena som det ser ut att bli brist på först med utgångspunkt i hur stora resurser av de mineral som krävs för tillverkning av de olika växtnäringsämnena som man i dagsläget känner till.

Enligt professorn i kretsloppsteknik, Håkan Jönsson, motsvarar bara de fosforreserver som man känner till idag hela 372 årsanvändningar med dagens förbrukningstakt. Ur knapphetssynpunkt verkar det i mina ögon därför i dagsläget inte vara särskilt brådskande att återföra näringsämnet fosfor ur urin och fekalier. Utvinning av fosfor ur slagg från svenska järnmalmgruvor skulle kunna vara ett sätt att få fosforreserverna att räcka ännu längre.

För att producera kvävegödsel krävs stora mängder energi. Om vi ska lyckas bromsa klimatförändringarna måste vi i framtiden begränsa användningen av fossila bränslen. De förnybara resurser som kommer vara tillgängliga i det framtida fossilsnåla samhället kommer

antagligen inte att finnas i överflöd. Därmed menar jag att det är brådskande att på ett effektivt sätt återföra kväve ur urin och fekalier till åkermarken.

Då de idag kända kaliumfyndigheterna motsvarar nästan 300 årsanvändningar menar jag att återföring av kalium inte är särskilt brådskande. Den ekonomiska reserven av svavel motsvarar däremot bara 74 årsanvändningar vilket skulle göra återföring av svavel mer brådskande. Om allt svavel i avloppet återfördes till jordbruket skulle det dock ändå endast motsvara ungefär 14 procent av jordbrukets nuvarande årliga tillförsel av svavel i form av konstgödsel.

6.2 Hur stora är riskerna med slamspridning på åkermark så som det sker idag?

Om Naturvårdsverkets förslag om strängare krav på att slam ska genomgå någon typ av kraftigt smittoreducerande behandling innan det sprids, går igenom, kan man nog anta att riskerna med smittämnen inte längre blir särskilt höga. Riskerna med spridning av kadmium på åkermark menar jag i likhet med kemikalieinspektionen är en risk som bör undvikas. REVAQ:s förbättringsarbete och utfasningen av kadmium i samhället har dock minskat halterna av kadmium i det certifierade slammet vilket gör att riskerna minskar.

Läkemedelsresters påverkan av mikroorganismer som lever i marken där slammet sprids och läkemedels möjligheter att tas upp av växter och återförs till människor menar jag att det behöver forskas mer på innan man kan säga att slamspridning inte innebär för stora risker. Vad gäller organiska miljögifter menar jag att det inte känns tryggt att sprida avloppsslam när kemikalieinspektionen slår fast att det kan finnas betydande hälsorisker förknippade med spridning av sådana ämnen i avloppsslam.

Med ovanstående i beaktande tycker jag i likhet med bland andra Naturskyddsföreningen att riskerna med slamspridning på åkermarker så som det sker idag, i förhållande till nyttan, är för stora för att det ska vara värt att sprida slammet. Jag tycker inte heller att det verkar troligt att vi inom den närmaste tiden kommer att lyckas få slammet tillräckligt rent för att det ska vara lämpligt att sprida det. Eftersom vi inte vet vilka marker som kommer behöva användas för matproduktion i framtiden, och med tanke på risken att miljögifter och annat i slammet även kan ställa till skada på andra sätt, anser jag dessutom att även slamspridningen på andra marker bör upphöra.

Att man överger ambitionen att sprida slammet på åkermarker får naturligtvis inte leda till att arbetet med att få bort miljöskadliga ämnen från samhället avstannar. Snarare bör det arbetet intensifieras.

6.3 Vad kan göras i Göteborg för att minska risken att åkermark förorenas i försöket att sluta näringskretsloppet mellan stad och land?

Även om vi skulle lyckas få ner mängden miljöfarliga ämnen i samhället till tillräckligt låga nivåer tror jag inte att det är någon särskilt smart idé att ha kvar det avloppssystem och den typ av slamspridning som vi har idag. Det beror på att dagens system bara kan återföra en del av all viktig växtnäring i avloppet.

Enligt gödselexperten Göte Bertilsson kan ungefär 70 procent av fosfor i urin och fekalier komma grödorna på åkrarna till nytta via slamspridning. Av kvävet i avloppet menar han att ungefär 7 procent hamnar i avloppsslammet, varav endast ungefär hälften sedan kommer grödorna till nytta. Ungefär 9 procent av kaliumet och 70 procent av svavlet kan återföras via slamspridning. Om alla mullämnena i avloppsslam skulle återföras till åkermarken skulle de ändå endast vara ett mycket litet tillskott i jämförelse med de mullämnena som återförs via exempelvis skörderester.

I och med att kväve verkar vara det näringsämne som det är mest brådskande att återföra till åkermarken menar jag att det är en stor nackdel att slamspridning endast återför en mycket liten del av allt kväve i avloppet.

För att uppnå det eftersträvade kretsloppet utan slamspridning menar jag att arbetet med att undersöka möjligheterna för att återföra näring till åkermarken på andra sätt snarast bör intensifieras. Dels kan man ytterligare undersöka möjligheterna att utvinna kväve och fosfor ur avloppsvattnet vid reningsverket. Även möjligheterna att utvinna fosfor ur slamaska och införande av toalettavfallssortering skulle kunna undersökas vidare. Den senaste studien som Göteborgsregionen gjorde av dessa system visade ju dock att det var tveksamt om miljövinsten av de återvunna näringsfraktionerna skulle bli större än miljöskadan av de resurser som förbrukas i processen.

Urin- och fekaliesortering verkar däremot mer lovande. Genom att aldrig blanda näringsfraktionerna med varken förorenade fraktioner eller med vatten slipper man därmed de resurskrävande separationsprocesserna. Därför tycker jag att man borde satsa mycket på att utveckla smarta metoder för urin- och fekaliesortering och undersöka möjligheterna för att successivt införa dessa system i Göteborg. Framför allt urinsortering är en lösning som skulle kunna börja införas inom en snar framtid.

Jag tänker mig att kommunen, vid sidan av det nuvarande avloppssystemet, även skulle kunna tillhandahålla ett system för hämtning av i ett första steg urin, så att de som vill får möjlighet att ha urinsortering. Kommunen skulle då även ansvara för eventuell behandling av urinen för att få bort medicinrester och även för lagring av urinen innan den transporterades ut till lämpligt ställe utanför staden där den kunde hämtas av intresserade jordbrukare. På detta sätt skulle kommunen kunna göra det möjligt för exempelvis villaägare i Göteborg att installera urinsortering. Byggherrar som vill sälja lägenheter till miljömedvetna göteborgare skulle också på detta sätt kunna erbjuda lägenheter med urinsortering. Med den här strategin skulle det naturligtvis ta väldigt många år innan den största delen av växtnäringen i alla göteborgares

urin- och fekalier skulle återföras till åkermarken. Trots det tror jag att det skulle kunna vara ett litet, men ändå ett viktigt steg mot ett mer hållbart Göteborg.

6.4 Vad bör vi göra med slammet om vi inte vill sprida det på åkermark?

Den bästa lösningen för Göteborg för att bli av med slammet är antagligen att bränna det. Detta skulle kunna ske tillsammans med annat avfall i kraftvärmeverket i Sävenäs på det sätt som redogörs för i Göteborgsregionens studie av möjliga framtida avloppssystem. De stora mängder aska som redan idag produceras i Sävenäs och går till deponi blir då ännu större.

Ur kretsloppssynpunkt är detta naturligtvis en mycket dålig idé. Alternativet att riskera att föra in nya föroreningar i kretsloppen är emellertid troligtvis en ännu sämre idé. För att även kommande generationer ska kunna försörjas med hälsosam mat är det viktigt att vi tar väl hand om den åkermark som även de med största sannolikhet kommer vara beroende av. Göran Petersson sa under intervjun att om försiktighetsprincipen ska användas någon gång så är det i det här fallet, och det tycker jag inte är en orimlig ståndpunkt.

Om fler och fler göteborgare börjar använda urin- och fekaliesortering, kommer allt mindre näring att föras via det ordinarie avloppssystemet till Ryaverket. På så sätt blir även mängden näring som går till spillo vid förbränningen av avloppsslammet i Sävenäs successivt allt mindre.

7. Slutsats

I första kapitlet skrev jag att jag i detta arbete ville se närmare på olika argument för respektive emot slamspridning. Jag skrev även att jag ville undersöka möjligheterna att skapa kretslopp av näring från stad till land med mindre risker än vad dagens slamspridning innebär.

Min utgångspunkt var att jag skulle jobba brett för att få en överblick och en bättre helhetsförståelse inom detta område. På grund av arbetets begränsade omfattning har jag, precis som jag var inställd på från början, endast haft möjlighet att skrapa på ytan av denna stora fråga.

När jag tänker tillbaks på de femton intervjuer som jag gjort med experter inom olika områden med koppling till slamspridning är det några saker som jag tycker är speciellt viktigt att lyfta fram.

De flesta av de som varit kritiskt inställda till att gödsla åkermarker med avloppsslam har föreslagit att slammet istället borde eldas upp. Det kan därmed tyckas att dessa personer inte tycker att det är särskilt viktigt att skapa kretslopp av näringen från stad till land. Jag har dock uppfattat det så att många av de som är kritiska till slamspridning ändå sätter stor vikt vid att ta tillvara på näringen i fekalier och urin. Nästan alla informanter som velat få ett stopp på

slamspridningen har förslagit att man borde intensifiera arbetet med att utveckla och implementera andra metoder för återföring av näring. Exempelvis utvinning av rena näringsfraktioner ur avloppsvatten eller ur slamaska eller att införa urinsortering.

Jag har även uppfattat det så att en del slamkritiker har haft uppfattningen att de som förespår slamspridning inte tar problemet med miljögifter på tillräckligt stort allvar. Att slamförespråkarna inte skulle förstå att det i slammet finns ämnen som skulle kunna ställa till skada om de hamnar på åkermarken. Jag tycker dock att det verkar som att de flesta slamförespråkare visst ser riskerna som slamspridning kan innebära. Däremot anser de att nackdelarna med att inte sprida slammet är större. Flera av de informanter som förespråkar slamspridning menar till och med att slamspridningen genom uppströmsarbetet kan leda till att mängden miljögifter i samhället minskar. I det här fallet kan det tyckas att slamförespråkarna har ett större helhetstänk än slamkritikerna som bara verkar bry sig om att skydda åkermarken. I själva verket kan det dock vara så att alla tycker att det är lika viktigt att få bort de ohälsosamma ämnena från hela samhället. Skillnaden kanske ligger i hur snabbt de tror att det är möjligt att åstadkomma detta. Medan slamkritikerna tror att det kommer ta lång tid innan vi kan få ner nivåerna till tillräckligt låga nivåer verkar slamförespråkarna ha en mer optimistisk syn på hur snabbt detta kan ske.

Under intervjun med Göteborgs kretsloppsnämnds ordförande Ronnie Ljungh sa han att de vill att *”REVAQ-systemet²⁰ inte skall ses som hugget i sten, utan att Svenskt Vatten²¹ för en dialog med Naturskyddsföreningen, lyssnar på deras kritik och hittar lösningar.”* Strategin att genom den här typen av diskussioner mellan olika aktörer med intresse i hur vi ska kunna återföra näring med så små risker som möjligt, tror även jag är en bra väg för att hitta konstruktiva lösningar.

På det sättet bör man kunna ta tillvara det bästa från slamförespråkarnas och slamkritikernas erfarenheter och synpunkter. Slamförespråkarnas uppströmsarbete är ett viktigt bidrag i arbetet med att få bort så mycket som möjligt av skadliga ämnen från samhället. Slamkritikernas önskemål om att återföra en så ren växtnäring som möjligt i kretsloppet genom exempelvis att sortera ut toalettavfallet redan vid källan kan säkert alla acceptera som ur renhetssynpunkt det mest optimala.

Med denna redovisning är det min förhoppning att alla goda krafter hjälps åt för att åstadkomma de lösningar som kan skapa ett fungerande kretslopp grundat på de förutsättningar jag här har arbetat utifrån. På det viset kan vi både slå vakt om en fortsatt hållbar livsmedelsproduktion på våra åkrar och en minskad spridning av miljögifter i miljön.

²⁰ Certifieringssystemet för avloppsslam.

²¹ Vattentjänstföretagens branschorganisation som äger REVAQ-systemet.

Källförteckning

Anderson, Anders (2006) *Mineralgödsel – energimässigt uthålligt?* Serie: Växtpressen, nr: 2, Yara AB, http://www.vaxteko.nu/html/sll/hydro_agri/vaxtpressen/VPN06-2/VPN06-2C.PDF, hämtad 2012-09-01

Andersson, Per-Göran (2011) *Slamgödsling i Skåne – fältförsök under 30 år* i Johansson, Birgitta (red.) Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Stockholm: Forskningsrådet Formas

Balmér, Peter (2011) *Svenskt avloppsslam – något för åkermarken?* i Johansson, Birgitta (red.) Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Stockholm: Forskningsrådet Formas

Berglund, Göran (2012) *Miljömål för fosfor slopas*, Land, <http://www.lantbruk.com/lantbruk/miljomal-fosfor-slopas>, hämtad 2012-08-24

Bertilsson, Göte (2011) *Fosforresurser finns – men flödena måste ändå minskas*, i Johansson, Birgitta (red.) Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Stockholm: Forskningsrådet Formas

Cassel, Maria (2012) *Styrkor och svagheter hos gällande styrmedel för avloppsslam* Kandidatuppsats, Lunds Universitet, <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=2462753&fileOid=2462754>, hämtad 2012-08-24

Cunningham, William P; Cunningham, Mary Ann (2008) *Environmental Science - A Global Concern*, tenth edition

Den goda jorden, *Verksamhetsplan för Den Goda Jorden*, <http://www2.dengodajorden.se/wp-content/uploads/2008/09/verksamhetsplan-den-goda-jorden.pdf>, hämtad 2012-08-24

Eriksson, Jan (2011) *Se upp med spårelementen – i alla gödselmedel* i Johansson, Birgitta (red.) Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Stockholm: Forskningsrådet Formas

Esaiasson, Peter; Gilljam, Mikael; Oscarsson, Henrik; Wängnerud, Lena (2012) *Metodpraktikan*, Stockholm: Nordstedts Juridik AB

Fredrikson, Fredrik (2011) *Investeringar för återvinning – klargör motiven!* i Johansson, Birgitta (red.) Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Stockholm: Forskningsrådet Formas

Friström, Anders, *Nanopartiklar*, 2012-05-17, <http://www.naturskyddsforeningen.se/natur-och-miljo/miljogifter/om-kemikalier/nanopartiklar/>, hämtad 2012-08-27

Gruffman Rönnlund, Lina (2003) *Framtida hantering av kommunalt avloppsslam – En studie av och för små Norrlandskommuner*, Examensarbete, 20 poäng, Umeå Universitet, <http://www.acc.umu.se/~ha-grahn/Lina/exjobb/exjobb.pdf>, hämtad 2012-08-24

Gryaab (2012a) *Miljörapport Ryaverket 2011*, Version: 1, http://www.gryaab.se/admin/bildbank/uploads/Dokument/Miljorapporter/Miljorapport_2011_Ryaverket_Gryaab_rapport.pdf, hämtad 2012-08-24

Gryaab (2012b) *Gryaab verksamhet 2011*,
http://www.gryaab.se/admin/bildbank/uploads/Dokument/Arsredovisningar/Gryaab_arsred_2011_till_hemsidan.pdf, hämtad 2012-08-24

Göteborgs Stad (2007) *Systemstudie Avlopp – En studie av framtida hållbara system för hantering av avlopp och bioavfall i Göteborgsregionen*,
<http://www17.goteborg.se/kretslopp/BinaryLoader.aspx?ObjectID=578&PropertyName=FileList&PropertyValueIndex=3&CollID=File>, hämtad 2012-08-24

Göteborgs Stad (2011) *Miljörapport 2010 – En beskrivning av miljötilståndet i Göteborg*,
[http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/N800_R_2011_14.pdf/\\$file/N800_R_2011_14.pdf](http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/N800_R_2011_14.pdf/$file/N800_R_2011_14.pdf), hämtad 2012-08-24

Hedfors, Andreas, 2012-07-28, *Forskare: Torrtoa skulle minska kväveutsläpp*, Sveriges Radio, Nyheter/Ekot,
<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=5210647>, hämtad 2012-08-27

Johansson, Birgitta (Red.) (2011) *Återvinna fosfor – hur bråttom är det?* Stockholm: Forskningsrådet Formas

Jordbruksverket, *Försäljning av mineralgödsel 2010/11*, Statistik från Jordbruksverket, Statistikrapport 2012:02,
http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik%20fakta/Annan%20statistik/Statistikrapport/Statistikrapport2012_2/201202..pdf, hämtad 2012-08-25

Jönsson, Håkan (2011) *Återvinn all näring ur avloppet – inte bara fosfor!* i Johansson, Birgitta (red.) *Återvinna Fosfor – hur bråttom är det?* Stockholm: Forskningsrådet Formas

Jönsson, Håkan et al. *Återvinn fler näringsämnen än fosfor i avloppsvattnet*, Dagens Nyheter, Debattartikel: 2012-07-28, <http://www.dn.se/debatt/atervinn-fler-naringsamnen-an-fosfor-i-avloppsvattnet>, hämtad 2012-08-27

Karlsson-Ottosson (2011) *Så skapar du gödsel av kisset*, Ny Teknik,
<http://www.nyteknik.se/nyheter/innovation/article3127343.ece>, hämtad 2012-08-24

Kemikalieinspektionen (2010) *Yttrande över Naturvårdsverkets uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp"*, <http://www.renakerrenmat.se/motioner-brev/kmi-remiss.pdf>, hämtad 2012-08-24

Kemikalieinspektionen (2011) *Kadmiumhalten måste minska – för folkhälsans skull*, Rapport Nr 1/11, http://www2.kemi.se/upload/trycksaker/pdf/rapporter/kemi_rapport_1_11.pdf, hämtad 2012-08-24

Kirchmann, Holger; Cohen, Yariv (2011) *Fosforåtervinning ur avloppsvatten – rena och växttillgängliga produkter* i Johansson, Birgitta (red.) *Återvinna Fosfor – hur bråttom är det?* Stockholm: Forskningsrådet Formas

Kronlid, David (2005) *Miljöetik i praktiken*, Lund: Studentlitteratur

Linderson, Torbjörn; Schönbeck, Anders; Westberg, Lotten (1998) *Övergödda vatten – undernärda åkrar*, Göteborg: Bokskogen

Miljödepartementet (2011a) *Sammanställning av remissyttranden över Naturvårdsverkets uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp"* Promemoria 2011-02-08, M2009/4218/Kk

Miljödepartementet (2011b) *Fosfatförbud i tvättmedel och maskindiskmedel*
<http://www.sweden.gov.se/sb/d/2486/a/99335>, hämtad 2012-08-24

Miljödepartementet (2012a) *Svenska miljömål – preciseringar av miljö kvalitetsmålen och en första uppsättning etappmål*, <http://www.regeringen.se/content/1/c6/19/64/69/db3699d7.pdf>, hämtad 2012-08-24

Miljödepartementet (2012b) *Uppdrag om hållbar återföring av fosfor*,
<http://www.regeringen.se/content/1/c6/18/56/88/5f08af9e.pdf>, hämtad 2012-08-24

Nationalencyklopedin (2012) *Handelsgödsel*,
<http://www.ne.se/sok?q=handelsg%C3%B6dsel>, hämtad 2012-08-25

Naturskyddsföreningen (2010) *Ekologisk produktion*,
<http://www.naturskyddsforeningen.se/natur-och-miljo/jordbruk--mat/ekologisk-produktion/>, hämtad 2012-08-25

Naturskyddsföreningen (2012) *Avlopp på våra åkrar – en rapport om miljögifter i slam*,
http://www.naturskyddsforeningen.se/upload/Foreningsdokument/Rapporter/jordbruk/Rapport_t_om_milj%C3%B6gifter_i_slam.pdf, hämtad 2012-08-24

Naturvårdsverket (1994) *Kungörelse med föreskrifter för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket*, Statens naturvårdsverks författningssamling, Miljöskydd, SNFS 1994:2 MS: 72,
http://www.naturvardsverket.se/Documents/foreskrifter/nfs1994/SNFS1994_02k.pdf, hämtad 2012-08-24

Naturvårdsverket (2002) *Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp*,
<http://www.naturvardsverket.se/Start/Om-Naturvardsverket/Vara-publikationer/ISBN1/5200/91-620-5214-4/>, hämtad 2012-08-24

Naturvårdsverket (2010) *Uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp"*,
http://www.naturvardsverket.se/upload/30_global_meny/02_aktuellt/yttranden/Sa_har_vill_vi_aterfora_mer_fosfor_till_kretsloppet/Uppdatering_av_Aktionsplan_for_aterforing_av_fosfor_ur_avlopp.pdf, hämtad 2012-08-10

Naturvårdsverket (2012a) *Miljö kvalitetsmål för avloppsslam*,
<http://www.naturvardsverket.se/Start/Verksamheter-med-miljopaverkan/Avlopp/Avloppsslam/Miljokvalitetsmal-for-avloppsslam/>, hämtad 2012-08-24

- Naturvårdsverket (2012b) *Giftfri Miljö*, Miljömålsportalen, Stockholm, <http://www.miljomal.nu/sv/Miljomalen/4-Giftfri-miljo/>, hämtad 2012-08-24
- Naturvårdsverket (2012c) *Användningsmöjligheter för avloppsslam*, 2012-03-12, <http://www.naturvardsverket.se/Start/Verksamheter-med-miljopaverkan/Avlopp/Avloppsslam/Anvandningsmojligheter-for-avloppsslam/>, hämtad 2012-08-24
- Notisums Lagbok, Miljöbalk 1998:808, <http://www2.notisum.com/Pub/Doc.aspx?url=/rnp/sls/lag/19980808.htm>, hämtad 2012-08-28
- Ottoson, Jakob (2011) *Smittämnen i avloppsslam kan bli ett problem* i Johansson, Birgitta (red.) Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Stockholm: Forskningsrådet Formas
- Palmquist, Helena (2004) *Hazardous Substances in Wastewater Management*, Luleå University of Technology, doktorsavhandling, <http://epubl.luth.se/1402-1544/2004/47/LTU-DT-0447-SE.pdf>, hämtad 2012-08-28
- Raven, Peter H; Berg, Linda R (2005) *Environment* (femte upplagan), USA: Wiley
- Selinus, Olle (2011) *Teknik och ekonomi avgör fosfortillgångarnas livslängd* i Johansson, Birgitta (red.) Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Stockholm: Forskningsrådet Formas
- Sida (2010) *Visste du detta om urbanisering?* Bistånd och utveckling – Globala utmaningar, <http://www.sida.se/Svenska/Bistand--utveckling/Globala-utmaningar/Visste-du-detta-om-urbanisering/>, hämtad 2012-08-28
- Sjöqvist, Tore (1998) *Tre år på ön – Lärarhandledning*, LRF, http://www.lrf.se/PageFiles/4872/3arPaOn_Lararhandledning.pdf, hämtad 2012-08-28
- Sternbeck, John (2011) *Organiska föreningar i slam ingen akut fara* i Johansson, Birgitta (red.) Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Stockholm: Forskningsrådet Formas
- Svenskt Vatten (2011a) *Regler för certifieringssystemet*, utgåva 2.2, 2012-01-01, http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/Avlopp%20och%20milj%C3%B6/REVAQ/REVAQ-regler_2012%20version%2020120101.pdf, hämtad 2012-08-26
- Svenskt Vatten (2011b) *Årsrapport 2010 REVAQ*, <http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/Avlopp%20och%20milj%C3%B6/REVAQ/%C3%85rsrapport%20Revaq%202010.pdf>, hämtad 2012-08-26
- Svenskt Vatten (2012a) *Vad är REVAQ?* <http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Avlopp-och-Miljo/REVAQ/om-REVAQ/>, hämtad 2012-08-24
- Svenskt Vatten (2012b) *Om Svenskt Vatten*, <http://www.svensktvatten.se/Om-Svenskt-Vatten/>, hämtad 2012-08-13
- Sysav (2012) *Om Sysav*, <http://www.sysav.se/Templates/Page.aspx?id=116>, hämtad 2012-08-21

Sysav Utveckling (2012) *Slamspridning på åkermark – ett hållbart kretslopp*, http://www.sysav.se/upload/ovrigt/Slamspridning_pa_akermark.pdf, hämtad 2012-08-21

Tidåker, Pernilla (2011) *Kretsloppet i jordbruket kan förbättras* i Johansson, Birgitta (red.) Återvinna Fosfor – hur bråttom är det? Stockholm: Forskningsrådet Formas

Vetenskapsrådet (1990) *Forskningsetiska principer i humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning*, <http://www.codex.vr.se/texts/HSFR.pdf>, hämtad 2012-08-28

Personlig kommentar

Bratt, Sven, Aquatron International AB, 2012-07-20

Jönsson, Håkan, professor i kretsloppsteknik vid SLU i Uppsala, 2012-08-24

Ljungh, Ronnie, ordförande i kretslopps nämnden i Göteborg (mp), 2012-08-24

Mattsson, Ann, Gryaab, avdelningschef Utveckling, kvalitet och miljö, 2012-08-27

Olrog, Lars, lärare på Naturbruksgymnasiet i Dingle och rådgivare för ekologisk odling på Hushållningssällskapet, 2012-08-27

Bilaga 1

Informanter

Bertilsson, Göte. Konsult inom odlingssystem och miljö. Intervjudatum: 2012-05-24

Göte har varit forskningsagronom inom svensk gödselmedelsindustri och arbetat med bland annat utveckling av system för återvinning av växtnäring. Framför allt kontaktade jag honom för att få hans syn på hur växttillgänglig fosfor i slam är. Men han berättade även om bland annat möjligheterna att producera ren fosforgödsel ur förorenad fosfatmalm.

Björnberg, Ewa. Miljöinspektör, Lunds kommun. Intervjudatum: 2012-05-02

Lunds kommun är en av få svenska kommuner som säger nej till jordbrukare som vill sprida slam, och de anser att slamspridning på alla marker måste upphöra. Denna intervju ville jag göra för att få en slamkritisk kommuns syn på slamspridning. Jag var även nyfiken på vad Ewa ansåg att man borde göra med slammet istället för att sprida det på åkermarker.

Blom, Lena. Kretsloppskontoret, Göteborg. Intervjudatum: 2012-05-11

Denna intervju gjorde jag för att få en kommunanställd fackpersons syn på slamfrågan. Jag fick genom intervjun bättre förståelse för varför de vill sprida avloppsslammet på åkermarker och hur man ser på riskerna. Dessutom fick jag information om vad Göteborgs Stad gör för att minska riskerna och vad man ser för möjligheter att återföra näring på andra sätt än via slamspridning. Även Sara Malmroth som även hon arbetar på kretsloppskontoret deltog i intervjun.

Erlandsson, Johan. Again Nutrient Recovery AB. Intervjudatum: 2012-05-19

Det nystartade Göteborgsbaserade företaget Again Nutrient Recovery AB har utvecklat en metod för utvinning av koncentrerad kväve- och fosfor i pulverform ur toalettfraktioner. Denna intervju gjorde jag för att få reda på mer om hur dessa processer fungerar och vad det finns för möjligheter att implementera dessa system i en stad som Göteborg.

Gårdstam, Linda. Handläggare på Naturvårdsverket med ansvar för stora avloppsreningsverk och fosforåterföring. Intervjudatum: 2012-05-03

Linda intervjuade jag framför allt för att få en bättre förståelse för Naturvårdsverkets syn på riskerna med slamspridning och hur dessa skulle kunna minskas. Under intervjun fick jag även svar på frågor angående Naturvårdsverkets regeringsuppdrag om fosforåterföring, och om lagar och regler kring slamspridning.

Hallgren, Sunita. Expert på växtskydd, kretslopp och avfall, Lantbrukarnas Riksförbund. Intervjudatum: 2012-05-02

Intervjun med Sunita Hallgren på Lantbrukarnas Riksförbund, LRF, gjorde bland annat för att få mer information om deras syn på slamspridning. Hon berättade bland annat att LRF tycker att det är viktigt att näringen från avloppet återförs till jordbruket. LRF:s framtidsvision är sorterande avloppslösningar där det näringsrika toalettavloppet inte blandas med övrigt avloppsvatten.

Hansson, Emelie. Sakkunnig, mat och jordbruk, Naturskyddsföreningen. Intervjudatum: 2012-06-04

Som en av författarna till Naturskyddsföreningens rapport *Avlopp på våra åkrar – en rapport om miljögifter i slam* är Emelie väl insatt i de risker som slamspridning skulle kunna innebära. Under intervjun med henne fick jag bland annat chansen att ställa frågor om saker i rapporten som jag ville veta mer om.

Jönsson, Håkan. Professor i kretsloppsteknik vid SLU i Uppsala. Intervjudatum: 2012-05-14

Håkan Jönsson forskar på system och teknik för återföring av växtnäring från stad till land. Han har arbetat mycket med bland annat avloppsslam, källsorterande avloppssystem och miljösystemanalys. Intervjun med Håkan ville jag framför allt göra för att få mer kunskap om möjligheterna att införa olika typer av sorterande avloppssystem i Göteborg.

Lennartsson, Maria. Miljösakkunnig, Stockholms Stad. Intervjudatum: 2012-05-15

Maria arbetar med att ta fram kretsloppsanpassade avloppslösningar för den nya stadsdelen Norra Djurgårdsstaden i Stockholm. Under intervjun berättade hon bland annat att de har riktat in sig på klosettavloppsortering, men att de inte har kommit fram till exakt hur systemet ska utformas än.

Lindgren, Gunnar. Civilingenjör, Ren Åker Ren Mat. Intervjudatum: 2012-05-04

Gunnar Lindgren är aktiv i initiativet Ren Åker Ren Mat som arbetar för att stoppa spridning av avloppsslam på åkermark, skogsmark, eller på stadsjord. Syftet med denna intervju var framför allt att få mer information om vilka risker som slamspridning skulle kunna innebära med fokus på Göteborg och slam från Ryaverket.

Ljungh, Ronnie. Ordförande i kretsloppsnämnden i Göteborg (mp). Intervjudatum: 2012-05-08

För att få reda på vad Göteborgs beslutsfattare har för tankar om slamspridning ville jag göra en intervju med en politiker som var väl insatt inom detta område. Under intervjun med Ronnie fick jag förutom detta även svar på frågor om möjligheterna att införa alternativa metoder för näringsåterföring i Göteborg.

Mattsson, Ann. Avdelningschef Utveckling, kvalitet och miljö, Gryaab. Intervjudatum: 2012-05-09

Gryaab är det kommunägda företag som driver Göteborgsregionens reningsverk Ryaverket. Genom intervjun med Ann Mattsson fick framför allt svar på frågor som jag hade om de oönskade ämnen som slammet som produceras vid Ryaverket innehåller. Men vi hann även med att diskutera möjliga åtgärder för att förbättra slammets kvalitet som en del av REVAQ-arbetet.

Olrog, Lars. Lärare på Naturbruksgymnasiet i Dingle och rådgivare för ekologisk odling på Hushållningssällskapet. Intervjudatum: 2012-05-04

Lars Olrog ville jag intervjua dels för att få svar på frågor kring vilka näringsämnen i avloppet som är viktigast att återföra till åkermarken. Dels för att få reda på vilka metoder som han ansåg vara de bästa för att återföra dessa näringsämnen.

Petersson, Göran. Professor i kemisk miljövetenskap på Chalmers, medlem i Ren Åker Ren Mats vetenskapliga råd. Intervjudatum: 2012-05-30

Genom intervjun med Göran Petersson fick jag reda på vilka han ser som de största riskerna med slamspridning och varför. Jag fick även svar på många specifika frågor om oönskade ämnen i avloppsslam som jag inte hade lyckats hitta svaret på någon annan stans.

Roos, Andreas. Projektledare för Projekt Näringsrik, Uddevalla kommun. Intervjudatum: 2012-05-25

Andreas Roos arbetar i ett projekt för Uddevalla kommun där de undersöker möjligheterna att återföra näring från toalettavattenfraktioner till åkermarker. Tidigare har han även jobbat med kretsloppsfrågor i Tanums kommun där man sedan länge har system där jordbrukare hämtar och sprider urin från hushåll med urinsorterande toaletter.