



EXAMENSARBETE

Abstract

Urine and faeces from humans contains a lot of nutrients. If the nutrients from on-site wastewater treatment are recycled, the risk of polluting recipient waters decreases. Recycling nutrients is also a way to contribute towards sustainability. Today the agriculture has a net loss of nutrients that is compensated with mineral fertilizers. This net loss of nutrients can be compensated with nutrients from faeces and urine instead. Sweden has a national environmental objective stating that *“at least 60 % of phosphorus compounds present in wastewater should be recovered for use on productive land by 2015 and at least half of this amount should be returned to arable land”*. Source separated wastewater systems contribute to fulfil the Swedish environmental objective by collecting the nutrients in faeces and urine. These nutrients can be used as fertilizers after appropriate treatment. There is a potential hazard with pathogens, pharmaceuticals and heavy metals contained in these fertilizers. However the concentration of heavy metals and pharmaceuticals is lower in urine and faeces than in animal manure. If appropriate treatment for sanitising is used, the risk for pathogens is reduced. The products from source separated have a high potential to retain available plant nutrient resources and being able to substitute mineral fertilizer and at the same time prevent eutrophication.

Keywords: Nutrients, source separated wastewater treatment, treatment for sanitising, eutrophication and sustainability.

Sammanfattning

Kretsloppsanpassade enskilda avloppsanordningar möjliggör omhändertagandet av växtnäringsämnen från avloppsfraktioner. I avloppsfraktioner finns mer än hälften av växtnäringsämnena från livsmedelskedjan vilket gör det intressant att använda som gödselmedel. I dagsläget kompenseras förlusten av växtnäringsämnen i lantbruket med konstgödsel. Växtnäringsämnen från avloppsfraktioner är för växten ett lättillgängligt gödselmedel som är jämförbart med konstgödsel. Ett hållbart samhälle ska återföra växtnäringsämnen tillbaka till åkermark där de gör nytta. På lång sikt bör växtnäringsämnen från alla enskilda avloppsanordningar återföras till åkermark och bli en förnybar gödselkälla. Samtidigt får kvalitén på åkermarken inte påverkas negativt så att människans hälsa och miljön skadas.

Syftet med projektet var att undersöka vilka förutsättningar som finns i Falkenbergs kommun för att återföra växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar till åkermark. Den övervägande delen av projektet bestod av en litteraturstudie. I den framkom att olika avloppsanordningar ger olika möjligheter till kretslopp. Viktiga kretsloppsanpassade avloppsanordningar är urinsorterande vattentoalett och slutna tank för wc. Avloppsfraktioner innehåller inte bara växtnäringsämnen utan även patogener, tungmetaller och läkemedelsrester. Dessa oönskade ämnen utgör även en risk vid spridning av avloppsfraktioner på åkermark. Patogener reduceras vid hygienisering av avloppsfraktioner, vilket är ett viktigt steg. Fekalier är den avloppsfraktion som innehåller mest patogener. Hygienisering kan ske på flera olika sätt och resultatet varierar i säkerhet.

I Falkenbergs kommun finns det i dagsläget 25 lantbrukare med slamdispens. Som komplement till litteraturstudien skickades en enkät ut till dessa lantbrukare för att utreda hur de ser på att sprida avloppsfraktioner på sin åkermark. Av 25 lantbrukare svarade 16 stycken på enkäten. En person föll ifrån då denna inte använde sin slamdispens. Enkätundersökningen visade att 7 av 15 lantbrukare var positiva till att sprida avloppsfraktioner på åkermark. Undersökningen visade även brist på kunskap om kretsloppsanpassade avloppsanordningar och hygienisering hos flertalet av lantbrukarna, vilket tyder på att mer information ska ges till lantbrukarna för att öka kunskapen om kretsloppsanpassade avloppsanordningar.

Nyckelord: Enskilda avloppsanordningar, avloppsfraktioner, hygienisering, oönskade ämnen och växttillgänglighet.

Förord

Denna C-uppsats har gjorts i samverkan med sektionen för ekonomi och teknik vid Högskolan i Halmstad och miljö- och hälsoskyddskontoret i Falkenbergs kommun.Handledare för examensarbetet har varit Anna Hansson och Kristian Eno från Högskolan i Halmstad. Externa handledare har varit Linda Sivertsson och Johanna Ekelund från miljö- och hälsoskyddskontoret i Falkenbergs kommun. Marie Matsson har varit examinator.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare som har gett oss mycket stöd under arbetet. Vidare vill vi också tacka alla lantbrukare som ställt upp i enkätundersökningen.

Halmstad, maj 2013

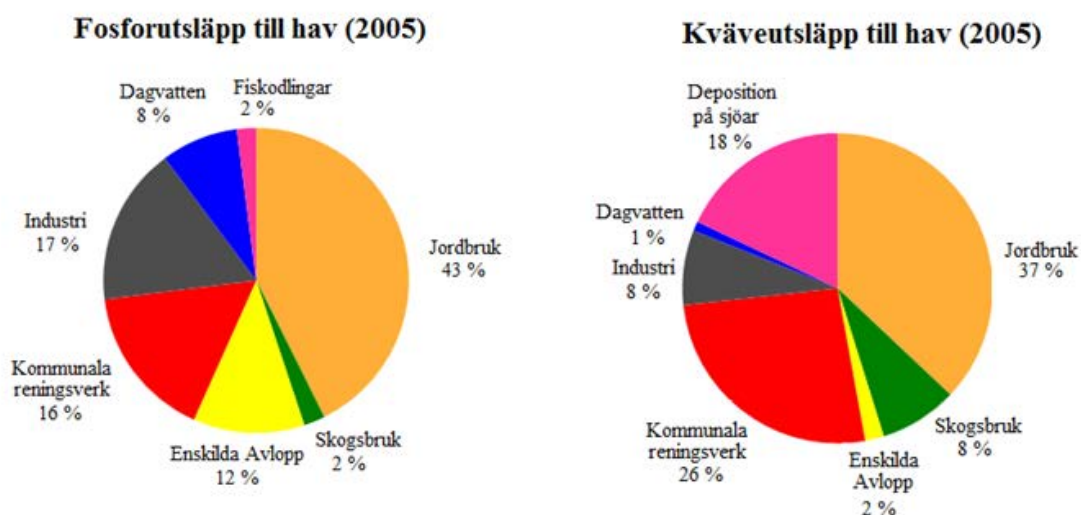
Emilia Hansen och Martina Ståhl

Innehållsförteckning

Inledning.....	1
Syfte	2
Avgränsningar	3
Bakgrund	3
Nulägesbeskrivning.....	3
Krav på kretslopp i lagstiftningen	5
Kopplingen mellan enskilda avloppsanordningar i kretslopp och miljökvalitetsmålen	8
Vad innebär slamdispens.....	10
Material och metod.....	12
Resultat litteraturstudie.....	13
Växtnäringsstillgänglighet i de olika avloppsfraktionerna	13
Önskade ämnen i avloppsfraktioner	14
Kretsloppsanpassade avloppsanordningar	22
Hygienisering	32
Resultat enkätundersökning	44
Avsättning av avloppsfraktioner från kretsloppsanpassade enskilda avloppsanordningar.....	44
Diskussion	48
Slutsatser	55
Referenslista	57
Bilaga 1	61
Bilaga 2	62

Inledning

Sverige har i dagsläget nästan en miljon enskilda avloppsanordningar och ca hälften av dessa är undermåliga. Undermåliga avloppsanordningar bidrar till övergödningssproblem, då växtnäringssämnen kväve och fosfor inte avskiljs i tillräckligt stor utsträckning innan avloppsvatten släpps ut till sjöar, vattendrag och hav (Tidåker et al 2007a). Övergödning är ett miljöproblem som har fått stor uppmärksamhet i Sverige under de senaste årtionden (Tidåker et al 2006). Övergödning uppstår i sjöar, vattendrag och hav om de tillförs mer växtnäringssämnen än de kan ta hand om. Detta kan medföra en kraftig ökning av planktonalger och makroalger. När dessa sedan dör och sjunker till botten förbrukas stora mängder syre under nedbrytningsprocessen, vilket ger upphov till syrefria bottenar. Syrefria bottenar medför i sin tur minskad biologisk mångfald och försämrade levnadsvillkor för bottenlevande organismer och fiskdöd (Arheimer et al 2004). Sveriges kommunala reningsverk håller en hög standard och det sker en stor avskiljning av växtnäringssämnen. Ungefär 90 % av Sveriges befolkning är kopplade till kommunala reningsverk och resterande 10 % av befolkningen har enskilda avloppsanordningar (Weiss et al 2008). Det har inte skett lika stora förbättringar med de enskilda avloppsanordningarna och i dagsläget står enskilda avloppsanordningar för en betydande miljöpåverkan i Sverige, vilket visas i figur 1 (Naturvårdsverket 2008).



Figur 1: Den totala mängden antropogena utsläpp av fosfor (2 200 ton) och kväve (61 300 ton) till Sveriges hav uppdelat på olika utsläppskällor (Naturvårdsverket 2008).

Syftet med att kretsloppsanpassa enskilda avloppsanordningar är att minska miljöproblem och samtidigt bidra till en hållbar utveckling genom ett slutet kretslopp (Niwagaba et al 2009). Från lantbruket tillförs växtnäringsämnen till samhället med bland annat livsmedel. Förlusten av växtnäringsämnen i lantbruket kompenseras med konstgödsel (Vinnerås 2007). Konstgödsel framställs av kalium, kväve samt fosfor och processen är mycket energi- och resurskrävande. Dessutom har fosfor blivit en ändlig resurs, då fosforreserverna blivit färre och begränsade till ett fåtal länder. En ytterligare begränsning av fosfortillgången är att kvalitén på fosfor har blivit försämrad på grund av höga halter av tungmetallen kadmium. Genom att kretsloppsanpassa flera enskilda avloppsanordningar sparas den begränsade fosforresursen samtidigt som övergödningsproblemen i sjöar, vattendrag och hav minskar (Hjelmqvist et al 2012).

Målsättningen med detta projekt är att bidra till en hållbar utveckling för vår livsmedelsproduktion. Ett hållbart samhälle ska återföra växtnäringsämnen tillbaka till åkermark där de gör nytta. På så sätt uppnås kretslopp i livsmedelskedjan. De växtnäringsämnen som inte återförs till åkermark hamnar någon annanstans och ger då ofta miljöproblem som exempelvis övergödning. På lång sikt bör växtnäringsämnen från alla enskilda avloppsanordningar återföras till åkermark och bli en förnybar gödselkälla. Samtidigt får kvalitén på åkermarken inte påverkas negativt så att människans hälsa och miljön skadas (Tidåker et al 2006).

Falkenbergs kommun har ca 4500 enskilda avlopp och ungefär 60 – 70 % av dessa är undermåliga. Falkenbergs kommun är medveten om näringsbelastningen från enskilda avloppsanordningar och har arbetat mycket med inventering av enskilda avloppsanordningar (Sivertsson 2013). Falkenbergs kommuns vision är att ”vi växer för en hållbar framtid”(Falkenbergs kommun 2012b). Ett sätt att bidra till en hållbar framtid är att återföra växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar till åkermark.

Syfte

Syftet med projektet är att undersöka vilka förutsättningar som finns i Falkenbergs kommun för att återföra växtnäringsämnen från enskilda avlopp till åkermark och på så sätt bidra till hållbar utveckling inom vår livsmedelsproduktion.

Förutsättningar som ska undersökas är

- Vad innehåller avloppsfractioner förutom växtnäringsämnen? Kan smittorisker uppstå vid spridning av avloppsfractioner?
- Hur är växttillgängligheten i avloppsfractioner?
- Hur ska hygienisering av avloppsfractioner ske så att människans hälsa och miljön inte påverkas negativt?
- Vilka kretsloppsanpassade avloppsanordningar finns?
- Finns det lantbrukare i Falkenbergs kommun som är villiga att omhänderta och sprida avloppsfractioner på sin åkermark?
- Hur hygieniseras avloppsslam/avloppsfractioner på de fastigheter som idag har slamdispens?
- Vilka avloppsfractioner är lantbrukarna i Falkenbergs kommun mest intresserade av att sprida på sin åkermark?

Avgränsningar

Projektet är inriktat på vilka förutsättningar som finns i Falkenbergs kommun för att återföra växtnäringsämnen från enskilda avlopp till åkermark och därför tas inte den kommunala slambehandlingen upp. I projektet tas den övergripande lagstiftningen upp men det sker ingen fördjupning inom juridiken. Projektet behandlar klosettvattnen och därför är reningen av bad-, disk- och tvättvattnen en ytterligare avgränsning.

Bakgrund

Nulägesbeskrivning

Falkenbergs kommun präglas mycket av vatten. Kommunen ligger på västkusten och har en kuststräcka på ca 30 km. Dessutom har kommunen fler än 250 sjöar och ån Ätran rinnande tvärs genom landskapet. Kustområdet har för närvarande övergödningssproblem och uppnår i dagsläget inte god ekologisk status. Ätran och sjöarna är däremot inte lika påverkade av övergödningssproblem och uppnår i de flesta fall god ekologisk status (Falkenbergs kommun 2011a, Vatten Informations System Sverige 2013). Beroende på bland annat områdets ekologiska status kräver de olika funktionskrav på avloppsanordningen. Funktionskraven bör enligt Naturvårdsverkets allmänna råd (NFS 2006:7) relateras till skyddsåtgärder på den enskilda avloppsanordningen som klarar en normal eller hög skyddsnivå när det gäller hälso- och miljöskydd. Dessutom finns ett antal grundkrav som alla avloppsanordningar bör klara. Det är den kommunala nämnden som bedömer vilken skyddsnivå området kräver. Falkenbergs miljö- och hälsoskyddsnämnd har bedömt att största delen av Falkenbergs

kommun har normal skyddsnivå, vilket motsvarar minimikravet för rening från en enskild avloppsanordning. Undantag från normal skyddsnivå är bland annat områden i Falkenbergs kommun som riskerar att få eller redan har dålig ekologisk status. Dessa områden kräver istället hög skyddsnivå med avseende på miljöskydd och högre avskiljning av kväve och fosfor. Reningskraven vid normal- och hög skyddsnivå visas i tabell 1 (Falkenbergs kommun 2012a).

Tabell 1: Krav på avskiljning av ämnen i områden med normal skyddsnivå eller hög skyddsnivå (Naturvårdsverket 2006).

Reningsgrad för olika ämnen		
Ämne	Normal skyddsnivå	Hög skyddsnivå
BOD₇	90 %	90 %
Fosfor (tot-P)	70 %	90 %
Kväve (tot-N)	Inga krav	50 %

Den vanligaste typen av enskild avloppsanordning i Falkenbergs kommun är infiltrationsanläggningar (Sivertsson 2013). Infiltrationsanläggningar uppnår normal skyddsnivå om de upprättas enligt god praxis. Avloppsvattnen infiltrerar genom markens naturliga jordlager och kommer slutligen till grundvattnet. Växtnäringsämnen som finns i avloppsvatten fastnar i markens naturliga jordlager (Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2008). Förutsättningar för att installera infiltrationsanläggningar är att marklagret är genomsläppligt och men inte för grovt. Om marklagret består av för finkornigt jordmaterial, kan avloppsvatten inte tränga ner genom marken. Om marklagret däremot består av för grovkornigt jordmaterial rinner avloppsvatten alldeles för fort genom marken och växtnäringsämnen binds inte i tillräckligt stor utsträckning. Om marken består av för fin- eller grovkornigt jordmaterial behövs det en förstärkt infiltration. I en förstärkt infiltration förstärks markens naturliga jordlager med en så kallad markbäddsand (Falkenbergs kommun 2010). Markinfiltration och förstärkt infiltration har ingen möjlighet till kretsloppsanpassning, eftersom det inte går att omhänderta växtnäringsämnen från avloppsvatten i dessa anordningar (Avloppsguiden 2013).

Krav på kretslopp i lagstiftningen

Det finns ett flertal lagar, föreskrifter och råd som berör arbetet med återföring av växtnäringssämnen från enskilda avloppsanordningar. Lagstiftningen är reglerad både inom Europeiska Unionen och på nationell nivå inom Sverige. Medlemsländer i EU kan frivilligt införa strängare krav än de krav som finns i EU-direktiven. Flera av dagens lagkrav gällande återföring av avloppsslam är gamla och det pågår för närvarande mycket revisionsarbete och uppdateringar för att förnya dessa lagar (Kjerstadius et al. 2012).

EU-direktivet 86/278/EEG om slam användning

Syftet med EU:s direktiv 86/278/EEG om slam användning är att reglera användningen av avloppsslam i lantbruket på ett sådant sätt att skadliga effekter på mark, vegetation, djur och människor hindras samtidigt som en riktig användning av sådant avloppsslam uppmuntras. Direktivet reglerar endast avloppsslam dvs. slam från avloppsreningsverk, flerkammarbrunnar eller liknande avloppsanordningar. Någon särskild reglering av avloppsfraktioner från kretsloppsanpassade avloppsanordningar saknas. Direktivet har gränsvärden för halter av tungmetaller i avloppsslam som är avsett att användas i lantbruket men inga gränsvärden för patogener. Kommissionen arbetar sedan 1999 med att revidera det befintliga direktivet. Det nya förslaget har mer skärpta regler angående spridning av avloppsfraktioner och metallhalter i avloppsfraktioner jämfört med det nuvarande direktivet. Dessutom innehåller direktivet nya förslag om gränsvärden för indikatorbakterierna Salmonella och E.coli. Salmonella får inte förekomma i ett prov på 25 – 50 g behandlat avloppsslam och E.coli ska reduceras till under 5×10^5 CFU / g våtvikt behandlade avloppsfraktioner. CFU står för colony forming unit dvs. bakteriekolonier som antas vuxit från en enskild bakterie (Kjerstadius et al. 2012). I det nya förslaget delas hygienisering av avloppsfraktioner upp i två klasser som är följande:

- Avancerad behandling
- Konventionell behandling

Avancerad behandling har striktare krav på hygienisering eftersom avloppsfraktionerna ska användas till flera sorters markanvändning jämfört med konventionell behandling av avloppsslam, detta visas i tabell 2 (Schönning 2003).

Tabell 2: Förslagna restriktioner för avloppsfraktioner som behandlas avancerat eller konventionellt (Schönning 2003).

Förslagna restriktioner för avloppsfraktioner		
Typ av gröda/mark	Avancerad behandling	Konventionell behandling
Betesmark	Ja	Injektering ¹ och 3 v. utan bete
Fodergrödor	Ja	Ingen skörd inom 3 v.
Livsmedelsgröda/odlingsmark	Ja	Injektering ¹
Grönsaker med markkontakt	Ja	Ingen skörd inom 10 mån
Frukt och grönsaker som konsumeras råa	Ja	Ingen skörd inom 30 mån
Fruktträd/vingårdar	Ja	Injektering ¹ och inget tillträde inom 10 mån
Parker och öppna urbana ytor	Ja, om väl stabiliserat och luktfritt	Nej

1. Med injektering menas att avloppsfraktionerna sprids mellan 5 – 20 cm ner i marken.

Miljöbalken (SFS 1998:808)

Miljöbalken (SFS 1998:808) är den övergripande lagstiftningen i arbetet med att återföra växtnäringssämnen från enskilda avloppsanordningar. Kravet på hushållning med naturresurser står tydligt i Miljöbalken (SFS 1998:808). Redan i första kapitlet i Miljöbalken (SFS 1998:808) står det att miljöbalken ska tillämpas för att främja en hållbar utveckling och att återanvändning samt återvinning av naturresurser ska ske så att ett kretslopp uppnås. I de allmänna hänsynsreglerna i andra kapitlet i Miljöbalken (SFS 1998:808) står det att alla som bedriver en verksamhet ska hushålla med naturresurser och utnyttja möjligheterna till återanvändning samt återvinning och i första hand ska förnybara källor användas. Detta betyder att fastighetsägare med enskilda avlopp i Falkenbergs kommun i största möjliga mån ska utnyttja möjligheterna till att återvinna avloppsfraktioner.

Avloppsslam från enskilda avloppsanordningar räknas som avfall och regleras av 15:e kapitlet i Miljöbalken (SFS 1998:808) som i § 8 säger att det är kommunens ansvar att omhänderta hushållsavfall. Det innebär att Falkenbergs kommun ansvarar för att hämta och omhänderta

avloppsslam från enskilda avloppsanordningar, vilket preciseras i kommunens lokala avfallsföreskrifter.

Naturvårdsverkets allmänna råd för enskilda avlopp (NFS 2006:7)

Enligt Naturvårdsverkets allmänna råd för enskilda avlopp (NFS 2006:7) bör kommunerna ställa krav på avloppsanordningens funktion, istället för att kräva en särskild avloppsanordningsteknik. Det vill säga att enligt de allmänna råden kan Falkenbergs kommun inte kräva att fastighetsägare ska installera kretsloppanpassade avloppsanordningar. De kan däremot kräva att avloppsanordningen renar avloppsvattnet tillräckligt bra (Naturvårdsverket 2006).

Naturvårdsverkets kungörelse (SNFS 1994:2) med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket

Den nuvarande föreskriften (SNFS 1994:2) om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket reglerar återföring av avloppsslam till åkermark. Föreskriften reglerar vilka typer av avloppsslam som får användas i lantbruket, vilka kontroller som ska göras och hur spridningen av avloppsslammet ska ske. Föreskriften reglerar endast avloppsslam dvs. slam från avloppsreningsverk, flerkammarbrunnar eller liknande avloppsanordningar. Någon särskild reglering av avloppsfraktioner från kretsloppanpassade avloppsanordningar saknas (Water Revival Systems Uppsala 2012). Enligt föreskriften får avloppsslam inte spridas på:

- Betesmark
- Åkermark som ska användas för bete eller om vallfodergrödor skall skördas inom tio månader, räknat från slamspridningstillfället.
- Mark med odlingar av bär, potatis, rotfrukter, grönsaker eller frukt med undantag för fruktträd.
- Mark avsedd för kommande odling av bär, potatis, rotfrukter eller sådana grönsaker som normalt är i direktkontakt med jorden och normalt konsumeras råa, under tio månader före skörden.

Naturvårdsverkets förslag till förordning 2010

Naturvårdsverket har tagit fram ett förslag till förordning, om användning av avloppsfraktioner på mark. Det nya förslaget inkluderar såväl avloppsslam som källsorterade avloppsfraktioner. Förslaget har varit på en remisrunda och nu arbetar miljödepartementet med att sammanställa remissvaren. I dagsläget vet man inte när förordningen ska träda ikraft.

Syftet med denna förordning är att ”reglera användningen av avloppsfraktioner på ett sådant sätt att skadliga effekter på mark, vatten, vegetation, djur och människor hindras, samtidigt som användningen främjar en hållbar utveckling” (Naturvårdsverket 2010b sid nr 192). Det nya förslaget är mer restrikt än den nuvarande föreskriften och omfattar bland annat reglering av:

- Gränsvärden för vissa metaller
- Gränsvärden på största mängd totalfosfor och ammoniumkväve
- Krav på provtagning- och analyser
- Krav på hygienisering
- Krav på dokumentation

Förslaget har tydliga krav för återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar. Detta innebär mer arbete för lantbrukarna i Falkenbergs kommun men det underlättar samtidigt för lantbrukarna att ha tydliga riktlinjer för hur återföringen av växtnäringsämnen ska gå tillväga. Detta underlättar för både lantbrukare och tillsynsmyndighet.

Kopplingen mellan enskilda avloppsanordningar i kretslopp och miljö kvalitetsmålen

Sverige har 16 miljö kvalitetsmål som ska bidra till en hållbar utveckling. Flera av miljömålen är relevanta för arbetet med att återföra växtnäringsämnen från avloppsfraktioner till åkermark. Falkenbergs kommun har valt att fokusera på 7 av de 16 miljö kvalitetsmålen som de anser ha störst möjlighet att påverka (Falkenbergs kommun 2011b). Av dessa sju miljö kvalitetsmål är hela fyra miljö kvalitetsmål relevanta för arbetet med återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar. De fyra relevanta miljö kvalitetsmålen är:

- Ingen övergödning
- Levande sjöar och vattendrag
- Grundvatten av god kvalitet
- God bebyggd miljö

Ingen övergödning

Definitionen av miljö kvalitetsmålet ingen övergödning är att ”halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människans hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten”

(Falkenbergs kommun 2011b sid nr 21). De gödande ämnena är kväve och fosfor. När dessa

ämnen når sjöar, vattendrag och hav kan övergödning uppstå. De främsta källorna till utsläpp av kväve och fosfor är näringsläckage från jord- och skogsbruk samt enskilda och kommunala avlopp. I Hallands län släpper enskilda avloppsanordningar ut ca 15 ton fosfor per år. Mängden fosfor är troligtvis högre eftersom många enskilda avloppsanordningar är undermåliga (Falkenbergs kommun 2011b). I Falkenbergs kommun är det främst kustområden som har problem med övergödning. Genom att kretsloppsanpassa enskilda avloppsanordningar bidrar det till att minska problemet och uppfylla målet ”ingen övergödning” eftersom växtnäringsämnen då återförs till åkermark istället för att hamna i sjöar, vattendrag och hav.

Levande sjöar och vattendrag

Definitionen av miljö kvalitetsmålet levande sjöar och vattendrag är att *”sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas”* (Falkenbergs kommun 2011b sid nr 25). Genom att kretsloppsanpassa enskilda avloppsanordningar i Falkenbergs kommun bidrar det till att miljö kvalitetsmålet ”levande sjöar och vattendrag” uppfylls eftersom avloppsfraktionerna från wc samlas upp i en sluten tank eller dylikt. På detta sätt förhindras växtnäringsämnen, metaller, läkemedelsrester m.m. att nå sjöar och vattendrag.

Grundvatten av god kvalitet

Definitionen av miljö kvalitetsmålet grundvatten av god kvalitet är att *”grundvatten ska ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag”* (Falkenbergs kommun 2011b sid nr 31). Genom att kretsloppsanpassa fler enskilda avloppsanordningar i Falkenbergs kommun bidrar det till att miljö kvalitetsmålet ”grundvatten av god kvalitet” uppfylls eftersom avloppsfraktionerna från wc samlas upp i en sluten tank eller dylikt. På så sätt förhindras avloppsvatten från att infiltrera och förorena grundvatten.

God bebyggd miljö

Definitionen av miljö kvalitetsmålet god bebyggd miljö är *”städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas tillvara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktig*

god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas” (Falkenbergs kommun 2011b sid nr 37). God bebyggd miljö är det viktigaste miljö kvalitetsmålet i arbetet med återföring av växtnäringsämnen från avloppsfraktioner eftersom ett av delmålen är ”*senast 2015 ska minst 60 % av fosforföreningar i avlopp återföras till produktiv mark, varav minst hälften till åkermark*” (Hjelmqvist et al 2012 sid nr 21).

Miljö kvalitetsmålen är inte juridisk bindande men de har dock rättslig relevans. Detta innebär att Falkenbergs kommun kan använda miljö kvalitetsmålen för att stärka de rättsliga argumenten för att utveckla system för återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar. Miljö kvalitetsmålen ska genomsyra kommunernas arbete för en hållbar utveckling (WRS Uppsala AB 2012).

Vad innebär slamdispens

Slamhanteringen finns reglerad i föreskrifterna för renhållning i Falkenbergs kommun som bland annat beskriver hur ofta slamtömning ska ske för olika typer av avloppsanordningar. I enlighet med dessa föreskrifter finns möjlighet att ansöka om en slamdispens hos miljö- och hälsoskyddsnämnden. En slamdispens innebär att fastighetsägaren har beviljats att tömma och sprida avloppsfraktioner från den egna avloppsanordningen (Falkenbergs kommuns författningssamling 2005). Förutsättningar för att få slamdispens är att:

- Tömning och spridning av avloppsfraktioner ska ske på ett miljö- och hälsoriktigt sätt enligt miljöbalken.
- Fastigheten ska ha lämplig teknisk utrustning för tömning, spridning och nedbrukning av avloppsfraktioner.
- På fastigheten sker hantering av svämgödsel eller fastgödsel från egen djurhållning i tillräcklig omfattning. Inblandning skall kunna ske med minst tredubbla volymen gödsel jämfört med slamavskiljarens våtvolymer.
- Avloppsanordningen och gödselvårdsanläggningen är utförda på ett miljö- och hälsoriktigt sätt enligt miljöbalken.

I dagsläget finns ca 70 fastigheter i Falkenbergs kommun som har slamdispens. Det är dock endast 24 av dessa 70 fastigheter som använder sig av slamdispensen. Villkoren i slamdispenserna skiljer sig åt beroende på vilket årtal de är utfärdade. I de slamdispenser som är utfärdade år 1996, ställs inga krav på hur spridning av avloppsfraktioner ska ske eller vilken utrustning som krävs. Däremot ställs krav på att slamtömning ska ske varje år samt att

all inblandning av avloppsfraktioner ska ske med minst tredubbla volymen gödsel jämfört med slamavskiljarens våtvolum. Dessa krav är återkommande i nästan alla slamdispenser som har utfärdats fram till idag. Gemensamt för de flesta slamdispenser som är utfärdade efter år 1997 är krav på att spridningen av avloppsfraktioner ska ske i samband med vårbruket, nedbrukningen ska ske inom 4 timmar samt att spridning av avloppsfraktioner får inte ge upphov till olägenheter för människans hälsa och närliggande vattendrag. Dessutom framgår det tydligt att det är lantbrukarnas ansvar att ta reda på vilka regler som gäller vid leverens och användandet av produkter som har gödslats med avloppsfraktioner från enskilda avloppsanordningar (Miljö- och hälsoskyddskontoret i Falkenbergs kommun 2013)

Material och metod

Rapporten är en litteraturstudie där informationen har hämtats från böcker, rapporter samt vetenskapliga artiklar. Relevanta hemsidor såsom Falkenbergs kommun, Naturvårdsverket, Jordbruksverket, Läkemedelsverket samt Havs- och vattenmyndigheten har använts.

Rapporten bygger på tio vetenskapliga artiklar som har sökts via ISI WEB of Science och Science direct. Sökorden var On-site wastewater treatment, recycling nutrients, urine and faeces, treatment of wastewater, eutrophication samt plant-availability. I rapporten har informationen hämtats från primära källor i störst möjliga mån. I rapporten ingår även en mindre enkätundersökning där lantbrukare med slamdispens i Falkenbergs kommun fått ge sin åsikt om återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar. Enkäten användes också för att ta reda på hur lantbrukarna hygieniserar avloppsfraktioner innan det sprids på åkermark och om de följer dagens lagkrav. För att få fram slamdispenserna som användes i enkätundersökningen gjordes en slamdispenssökning i Falkenbergs kommuns arkiv. Linda Sivertsson från miljö- och hälsoskyddskontoret tog fram en lista med digitalt sökbara slamdispenser som var utfärdade mellan 1996 – 2012. Dessa slamdispenser söktes sedan fram i arkivet. Slamdispenserna som hittades jämfördes sedan med VIVAB:s slamtömningsregister för att få reda på vilka som utnyttjar sin slamdispens. Enkätundersökningen skickades sedan ut via brev till lantbrukare med slamdispens. Enkätsvaren behandlades anonymt och inga svar kan urskiljas i efterhand. Enkäten och följebrevet finns som bilaga 1 och 2. I enkäten undersöktes det hur lantbrukarna i Falkenbergs kommun ser på att sprida avloppsfraktioner från enskilda avloppsanordningar på deras åkermark. Enkäten skickades ut till 25 lantbrukare med slamdispens i Falkenbergs kommun. Det var 14 lantbrukare som svarade på enkäten. Som påminnelse skedde enkätundersökningen via telefon och ytterligare två lantbrukare valde att svara på enkäten. Totalt svarade 16 lantbrukare på enkäten.

Resultat litteraturstudie

Växtnäringstillgänglighet i de olika avloppsfraktionerna

Människan utsöndrar 4,6 kg kväve och 0,6 kg fosfor per år och eftersom kväve och fosfor är livsviktiga näringsämnen för växter bör dessa återföras till mark. Växten har dock ingen möjlighet att ta upp kväve och fosfor i deras grundform utan det måste göras om till en växttillgänglig form. Växter har olika svårt att ta upp olika växtnäringsämnena. En viktig förutsättning för återföring av växtnäringsämnena från enskilda avloppsanordningar är att växter kan tillgodogöra sig dessa (Jönsson et al 2005).

Kväve

Kväve är ett viktigt näringsämne för växten. Vid kvävebrist får växten en försämrad tillväxt och dessutom avstannar syntesen av klorofyll, vilket ger en gulnande växt. Växter kan ta upp kväve i flera olika former, men framförallt i de oorganiska formerna ammonium (NH_4^+) och nitrat (NO_3^-) (Båth & Winter 2008). Av den totala mängd urin och fekalier människan utsöndrar per dag kommer 85 % av kvävet från urin och 15 % av kvävet från fekalier. Den största mängden, 75 – 90 % av kvävet utsöndras i form av urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Resterande del förekommer som ammonium, ammoniak (NH_3) och kreatinin ($\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}$). När urin lagras bryts urea ned till ammoniumkarbonat ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) med hjälp av enzymet ureas. När mängden ammonium ökar så stiger även pH till ca 9. När ammonium bildas sker också en viss bildning av ammoniak, detta sker i en jämviktsreaktion. Jämvikten är pH-beroende och mängden ammoniak ökar vid högre pH, det vill säga att vid pH 9 består den lagrade urinen främst av ammonium. Av den totala mängden kväve föreligger 85 – 100 % som ammonium, vilket också är den formen av kväve som växten kan tillgodogöra sig (Richert Stinzing et al 2001).

Fosfor

Fosfor är ett ämne som är viktigt för både djur och växter. Fosfor behövs i fotosyntesen hos växter och dessutom behövs fosfor för att växten ska kunna blomma. Brist på fosfor kan leda till att tillväxten avstannar, proteinbildningen minskar samt att sockerinnehållet i bladen ökar vilket leder till röd- och blåfärgade blad (Johnson 1997). Växtens upptag av fosfor är komplicerat. Marken innehåller ofta stora mängder fosfor som växten inte kan tillgodogöra sig. Växter kan endast ta upp oorganiskt fosfor som ofta är bundet till olika föreningar som järn, aluminium och kalcium (Linderholm 2011). Dessutom kan växten endast ta upp löst

fosfor i form av fosfatjoner. De fosfatjoner växter kan tillgodose sig är divätefosfat (H_2PO_4^-) och vätefosfat (HPO_4^{2-}). Vilken av dessa fosfatjoner som dominerar beror på markens pH, vid pH över 7 dominerar vätefosfat och vid pH under 7 dominerar divätefosfat. Fosfatjoner tas upp via växters rötter. Fosfatjoner är relativt lättlösliga i växten och kan därmed fördelas dit de behövs (Johnson 1997). Det är endast en liten del av den totala mängden fosfor som finns löst som fosfatjoner i markvätskan. Hur stor del fosfatjoner som finns beror på mängden fosfor i marken och markens förmåga att leverera fosfat till markvatten. Fosfor är alltså bara växttillgänglig i den stund som det löses upp till fosfatjoner. Växter måste därför vara snabba på att ta upp fosfor via sina rötter (Linderholm 2011). Av den totala mängd fosfor som utsöndras med urin och fekalier beräknas 100 % vara växttillgängligt, men som tidigare nämnt är det endast en liten del av den växttillgängliga fosfor som övergår till fosfatjoner. (Balmér et al 2002). Om fosfor är hårt kemiskt bunden i till exempel aluminium- eller järnföreningar är växttillgängligheten för fosfor lägre än vid ren urin eller fekalier. Fosfor kommer då inte lösa sig i markvätskan och växter kan inte längre tillgodose sig fosfatjonerna. Detta scenario skulle kunna tänka stämma överens med återföring av avloppsslam från kemisk fällning. Det finns dessutom risk för att avloppsslam från kemisk fällning överskrider de rekommendationer som Jordbruksverket har satt angående mängden fosfor som får tillsättas till en gröda. Avloppsslam från kemisk fällning kan därför endast ersätta en liten del av konstgödsel (Tidåker & Jönsson 2006). Fosfor bundet till kalk från fosforfällor är växttillgängligt, men hur stor del av fosfor som växter kan ta upp är inte helt kartlagt utan vidare undersökningar behövs (Avfall Sverige 2012).

Oönskade ämnen i avloppsfraktioner

Det finns inte bara positiva aspekter vid spridning av avloppsfraktioner. Avloppsfraktioner innehåller inte bara växtnäringsämnen utan även dessa oönskade ämnen:

- Patogener
- Tungmetaller
- Läkemedelsrester

Om dessa oönskade ämnen inte avskiljs i tillräcklig stor utsträckning kommer de att följa med avloppsfraktioner till miljön. Spridning av avloppsfraktioner kan därför påverka människor, djur och miljö på ett negativt sätt och måste beaktas (Hjelmqvist et al 2012).

Patogener

Vid återföring av växtnäringsämnen från avloppsfraktioner måste risken för spridning av smitta beaktas. Fekalier är den avloppsfraktion som innehåller störst mängd patogener (sjukdomsframkallande mikroorganismer). Fekalier innehåller runt 10^{11} - 10^{13} mikroorganismer per gram men det är dock bara en liten del av dessa som är patogener. Urin är däremot en relativt ren avloppsfraktion. Antalet mikroorganismer är 10^3 mikroorganismer per milliliter och liksom i fekalierna är de flesta mikroorganismerna inte patogener. Urin är sterilt i urinblåsan men under transporten genom urinledaren för urinen med sig mikroorganismer. Innehållet av mikroorganismer i urin är dock så lågt att de inte kan åstadkomma infektion. Det finns trots allt en risk att fekalier kontaminerar urin i toalettanordningen och därför ska även urin ska hygieniseras (Schönning & Stenström 2004).

De patogena riskerna för spridning av avloppsfraktioner är dåligt utredda och det saknas för närvarande dokumenterade sjukdomsutbrott orsakade av spridning av avloppsfraktioner. Naturvårdsverket anser att avsaknaden av sjukdomsutbrott orsakade av spridning av avloppsfraktioner inte behöver betyda att det är en riskfri verksamhet. Epidemiologiska verktyg har ofta en begränsad detektionsnivå. Människor kan vara bärare av patogener utan att det upptäcks. Risken för smittspridning kan alltså vara för låg för att upptäckas men ändå inte försumbar (Schönning 2003).

I en undersökning under en treårsperiod Ohio jämfördes 47 gårdar där man årligen spred hygieniserade avloppsfraktioner med 46 gårdar där avloppsfraktioner inte används. Undersökningen visade att det inte var någon signifikant skillnad i hälsostatus hos personer från respektive typ av gård. Det fanns heller ingen skillnad av sjukdom hos djuren på de olika gårdarna. Författarna påpekade dock att avloppsfraktionerna spreds i låga mängder och att slutsatser om risker med spridning av avloppsfraktioner inte skulle dras från denna undersökning (Schönning 2003).

National Research Council har gjort en sammanställning av ett antal studier där människor har blivit exponerade av avloppsfraktioner. Sammanställningen konstaterade att det varken finns bevis för att avloppsfraktioner orsakat sjukdom eller att spridning av avloppsfraktioner är en riskfri verksamhet. Deras slutsats av sammanställningen är att det behövs fler epidemiologiska studier och fler avancerade riskvärderingar för att kunna veta säkert om återföring av avloppsfraktioner innebär en risk för människans hälsa och miljön (National Research Council 2002).

Infektioner orsakade av mag- och tarmbakterier är relativt vanligt förekommande. Dessa bakterier kan följa med avloppsfraktionerna. Det är inte alla smittade människor som uppvisar symptom utan många är symptomfria. Oavsett om människan uppvisar symptom eller inte, följer mag- och tarmbakterier med avloppsfraktionerna. Förekomsten av bakterier i obehandlade avloppsfraktioner motsvarar den inkommande halten av bakterier från avloppsfraktionerna. När avloppsfraktionerna hygieniserats ska mängden bakterier vara så liten att det kan anses riskfritt att sprida avloppsfraktioner på åkermark. Vissa bakterietyper är bra att använda som indikatororganismer. Indikatororganismer används för att påvisa en fekal förorening och att hygieniseringen inte varit tillräckligt hög. Det är inte alla indikatororganismer som är patogena, utan vissa typer av indikatorbakterier påvisar bara att det kan finnas fler patogena bakterier närvarande (Schönning 2003).

Koliforma bakterier

Koliforma bakterier är ett samlingsnamn för de bakteriesläkten som tillhör familjen Enterobacteriaceae och kan fermentera laktos. Dessa bakterier är laktospositiva. Den naturliga miljön för alla släkten i familjen Enterobacteriaceae är tarmkanalen hos varmblodiga djur, men de kan även finnas i jord, vatten och på växter m.m. De flesta koliforma bakterier kan växa i temperaturer upp till 37°C. Det finns dock en del koliforma bakterier som klarar att växa i temperaturer upp till 44°C och dessa kallas för termostabila koliformer. Då det endast är termostabila koliformer som påvisar fekal förorening så kallas dessa även för fekala koliformer. För att undersöka om det förekommer koliforma bakterier i livsmedel och vatten är det vanligt att undersöka om de är förorenade av avloppsfraktioner. Koliforma bakterier är välkända och lätta att odla på laboratorium. Även om de flesta koliforma bakterier är ofarliga så används de som indikatorer (Svensk mjölk 2012). Ett släkte som tillhör fekala koliformer är *Escherichia* som innehåller den välkända bakterien *Escherichia coli*, även kallad *E. coli*. Bakterien *E. coli* förekommer normalt i tarmfloran och framförallt i tjocktarmen. *E. coli* är en vanlig anledning till urinvägsinfektion och kan därför utsöndras med både urin och fekalier. *E. coli* används som indikatororganism för fekala föroreningar. Detta beror på att den förekommer rikligt i tarmen men även för att det finns varianter av *E. coli* som endast kan växa i tarmkanalen hos människor och djur. Även om *E. coli* vanligtvis inte är patogen så kan den indikera att andra patogena tarmbakterier som till exempel *Salmonella* kan finnas närvarande (Thougaard et al 2007). Det finns dock vissa varianter av *E. coli* som är patogena

till exempel enteroinvasiva *E. coli* (EIEC), enteropatogena *E. coli* (EPEC) och enterohemorrhagiska *E. coli* (EHEC) (Smittskyddsinstitutet 2010a).

Salmonella

Släktet *Salmonella* tillhör liksom koliforma bakterier familjen Enterobacteriaceae. Även *Salmonella* är vanligt förekommande i tarmkanalen. Till skillnad från koliforma bakterier är *Salmonella* laktosnegativa och kan inte fermentera laktos. Alla bakterier i släktet *Salmonella* är patogena och kan orsaka allvarliga sjukdomar i tarmkanalen (Thougaard et al 2007).

Salmonella är en bakterie som har fått mycket uppmärksamhet i diskussionerna om hygienisering av avloppsfraktioner, då även låga halter av *Salmonella* i avloppsfraktioner kan innebära en betydande risk då dessa kan föröka sig i avloppsfraktioner (Schönning 2003).

Enterococcus

Enterococcus är vanligt förekommande släkte av bakterier som även kallas för Enterokocker. Enterokocker finns i tarmfloran hos människor och djur. Livsmedel och vatten som innehåller Enterokocker tyder därför på en fekal förorening av till exempel avloppsfraktioner.

Enterokocker är inte en lika tydlig indikatororganism som *E. coli* eftersom de kan föröka sig även utanför tarmkanalen. Däremot kan Enterokocker överleva längre i vatten och i lägre temperaturer än *E. coli* och är därför ändå en viktig indikatororganism. I släktet *Enterococcus* ingår bland annat *Enterococcus faecalis*. *Enterococcus faecalis* är en vanlig orsak till urinvägsinfektion och kan därmed utsöndras även via urin (Thougaard et al 2007).

Clostridium

Clostridium är ett släkte sporbildande bakterier. *Clostridium* förekommer framförallt i tarmkanalen hos människa och djur men även i jord. Deras sporbildande förmåga gör att de överlever i extrema förhållanden som till exempel hög värme och torka. Vid optimala förhållanden kan *Clostridium* föröka sig väldigt fort. Vid spridning av avloppsfraktioner är det framförallt *Clostridium perfringens* som är av betydelse, då den kan orsaka matförgiftning (Smittskyddsinstitutet 2010b).

Spridningsvägar för patogener

Spridning av patogener från avloppsfraktioner kan ske på flera olika sätt enligt figur 2. Patogener kan spridas via direkt- eller indirekt kontakt. Direkt kontakt innebär att smittan sprids direkt från källan eller att individer smittar varandra. Indirekt smitta innebär att patogenen transporteras via ett föremål eller medium. Indirekt smitta kan vara vektorspridning, via grund- och ytvatten, åkermark samt gröda. Vektorspridning innebär att

smittämnet bärs av en vektor som till exempel insekter eller fåglar och förs över till en mottaglig värd. Smittämnet kan transporteras på vektorns yttre delar eller inuti vektorn. När vektorn smittas behöver den inte själv få sjukdomssymptom. Vektorn kan sedan utsöndra smittämnet vidare till andra organismer. Vektorer kan komma i kontakt med avloppsfraktioner efter spridning på åkermark men även under lagring om det sker öppet. Patogener kan även spridas genom ett medium som vatten, jord och grödor. Vid spridning av avloppsfraktioner finns det en risk att patogener transporteras till grund- samt ytvatten och smittar djur och människor via dricks- eller badvatten. Risken för vattenburen smitta är större vid kraftig nederbörd. Direkt kontakt med avloppsfraktioner anses vara den största risken för smittspridning. Den största riskgruppen för att bli smittad av avloppsfraktioner är de personer som hanterar avloppsfraktioner. Smittspridning kan ske genom stänk eller förorenade händer. Risken för smittspridning kan reduceras om man använder en marknära spridningsmetod eftersom exponeringen då minskar. Ett annat sätt för att reducera smittspridning via mark är nedmyllning eller injektering av avloppsslam. (Schönning 2003)



Figur 2: Möjliga spridningsvägar för patogener vid användning av avloppsslam på åkermark (Schönning 2003).

Tungmetaller

Generellt sett innehåller urin mycket låga koncentrationer av tungmetaller. Under transporten genom mag- tarmkanalen absorberas 10 % av tungmetallerna och utsöndras sedan genom urin. Resterande 90 % av tungmetallerna absorberas inte mag- tarmkanalen och utsöndras direkt genom fekalier. Koncentrationen av tungmetaller i avloppsfraktioner beror på vilka livsmedel som konsumeras (Naturvårdsverket 1995). Undersökningar har visat att tungmetallskoncentrationer i humanurin uppfyller de svenska gränsvärden med goda marginaler. Undersökningar visar också att koncentrationen av tungmetaller i humanurin är 10 gånger lägre jämfört med djurgödsel förutom för krom och koppar där tungmetall halten är 100 gånger lägre i humanurin jämfört med djurgödsel (Winker et al 2009). Detta visas i tabell 3.

Tabell 3: Tungmetallhalter i olika gödselmedel jämfört med de Svenska gränsvärdena, enligt SNFS 1994:2. Halterna mäts i gram per hektar och år (SNFS 1994:2, Winker et al 2009)

Tungmetallhalter i olika gödselmedel jämfört med de svenska gränsvärdena				
Tungmetall	Svenska Gränsvärden (g/ha, år)	Grisgödsel (g/ha, år)	Kogödsel (g/ha, år)	Humanurin (g/ha, år)
Zink	600	1100	500	3
Koppar	300	400	100	1
Krom	40	10,01	10,03	0,9
Nickel	25	15	16	0,15
Bly	25	8	15	0,2
Kadmium	0,75	0,5	0,6	0,009
Kvicksilver	1,5	0,02	0,15	0,01

Läkemedelsrester

Kunskapen om miljö- och hälsoeffekter av läkemedelsrester i enskilda avloppsanordningar är mycket begränsade. De studier som har gjorts om spridning av läkemedelsrester är utförda på industrier och kommunala reningsverk och därför kan resultaten inte jämföras med enskilda avloppsanordningar. Generellt sett kan dagens reningsverk inte bryta ned alla läkemedelsrester utan många läkemedelssubstanser transporteras ut i miljön mer eller mindre opåverkade.

Läkemedelsrester är ofta långlivade, vattenlösliga och kan bioackumuleras vilket gör att det finns en risk för att organismer och miljön påverkas på ett negativt sätt. I Sverige har läkemedelsverket fått ett uppdrag av regeringen att utreda miljöpåverkan från läkemedel. I uppdraget ingick följande moment:

- Göra en riskbedömning för miljöpåverkan av läkemedel utifrån förekomst i miljön relaterad till aktuell försäljningsvolym.
- Lämna förslag till åtgärder för att minska miljöpåverkan från läkemedel.
- Utreda hur information om kvantiteter och innehåll av ämnen i läkemedel kan förbättras och göras mer lättillgänglig.
- Utreda möjligheten att införa miljöklassificering av dessa läkemedel.

År 2004 färdigställdes rapporten och det kunde konstateras att det fanns cirka 1200 aktiva läkemedelssubstanser och cirka 1300 hjälpämnen i drygt 7600 olika läkemedel på den svenska marknaden. Av dessa läkemedel var cirka 7200 humanläkemedel och cirka 400 veterinärmedicinska läkemedel. Resultaten från utredningen pekade på att läkemedelsanvändningen inte orsakade några akuta miljörisker men däremot kunde långsiktiga miljörisker inte uteslutas. Läkemedel kan inte nekas till godkännande på grund av risk för miljöpåverkan. Dock rekommenderar Läkemedelsverket att miljöpåverkan ska införas som en bedömningsgrund vid godkännande av läkemedel i framtiden (Petersson 2011).

Idag finns fler än 150 olika läkemedelsrester i ytvatten och i renat kommunalt avloppsvatten i Sverige. Troligtvis är den största källan till läkemedelsrester i miljön konsumtionen av läkemedel. De flesta läkemedelssubstanserna genomgår en omfattande nedbrytning i kroppen men en del transporteras ändå ut med urin och fekalier till miljön. Den största delen av läkemedelsrester som inte tas upp i kroppen utsöndras med urinen (Petersson 2011).

Undersökningar har visat att det finns högre koncentrationer av läkemedelsrester i djurgödsel jämfört med humanurin. Undersökningar har visat att humanurin innehåller 100 gånger mindre antibiotika jämfört med djurgödsel (Winker et al 2009). Detta visas i tabell 4.

Tabell 4: Antibiotika halt i olika gödselmedel i gram per hektar (Winker et al 2009).

Antibiotikahalt i olika gödselmedel			
Antibiotika	Grisgödsel (g/ha, år)	Kogödsel (g/ha, år)	Humanurin (g/ha, år)
Tetracyklin	180	900	0,035
Oxytetracyklin	150	10	0,11
Klortetracyklin	150	20	0,02
Sulfamethazine	100	30	-

Undersökningar gällande hormoner visat att humanurin innehåller lägre halter av hormoner jämfört med djurgödsel. Detta gäller inte hormonet 17 β -Estradiol som finns i högre halter i humanurin än i kogödsel (Winker et al 2009). Detta visas i tabell 5.

Tabell 5: Hormonhalt i olika gödselmedel i gram per hektar (Winker et al 2009).

Hormonhalt i olika gödselmedel			
Hormoner	Grisgödsel (g/ha, år)	Kogödsel (g/ha, år)	Humanurin (g/ha, år)
Estrone	5,5	1,1	0,1
17a-ethinylestradiol	1	0,7	-
17 β -Estradiol	1,5	0,4	0,9

Människor använder däremot ett bredare sortiment av läkemedelssubstanser och därför finns en högre diversitet av läkemedelsrester i urin och fekalier från människor jämfört med djur. Detta måste beaktas om spridning av avloppsfraktioner ska ske i en större omfattning (Winker et al 2009).

Det är svårt att ange en läkemedelssubstans specifika miljöeffekter. Ett exempel på miljöpåverkan av läkemedelsrester är den kraftiga nedgången av gampopulationen i Indien och Pakistan. Gamarna har fått njursvikt efter att ha ätit döda kor som behandlats med diklorfenak (Pettersson 2011). De största riskerna med läkemedelsrester i enskilda avloppsanordningar är negativa effekter på markbiologin och upptag i växtmaterial. Påverkan på reproduktionsförmåga och ökad antibiotikaresistens har påvisats för djur i vattenmiljöer som är ett resultat av utsläpp av avloppsvatten innehållande läkemedelsrester. Även

feminiseringseffekter har rapporterats i fisk som troligtvis orsakats av hormonet etinylöstradiol som finns i P-piller. Dagen kunskap visar att läkemedelsrester bryts ned lättare i mark än i vatten. Riskerna anses därför vara mindre när avloppsfraktioner sprids på åkermark istället för att släppas ut i en vattenrecipient. En kubikmeter jord innehåller ungefär samma mängd mikroorganismer som en kubikkilometer vatten vilket talar för att de flesta ämnen bryts ner betydligt bättre i mark än i vatten. Om avloppsfraktioner plogas ned i åkermark påverkas avloppsfraktionerna av de intensiva nedbrytningsprocesser som pågår i marken vilket innebär att eventuella läkemedelsrester kan brytas ned. Därför är det miljömässigt bättre att tillföra avloppsfraktioner med eventuella läkemedelsrester till åkermark än till vattenrecipient. Risken för att läkemedelsrester påverkar grödor är liten vid spridning av avloppsfraktioner (Hjelmqvist et al 2012).

Kretsloppsanpassade avloppsanordningar

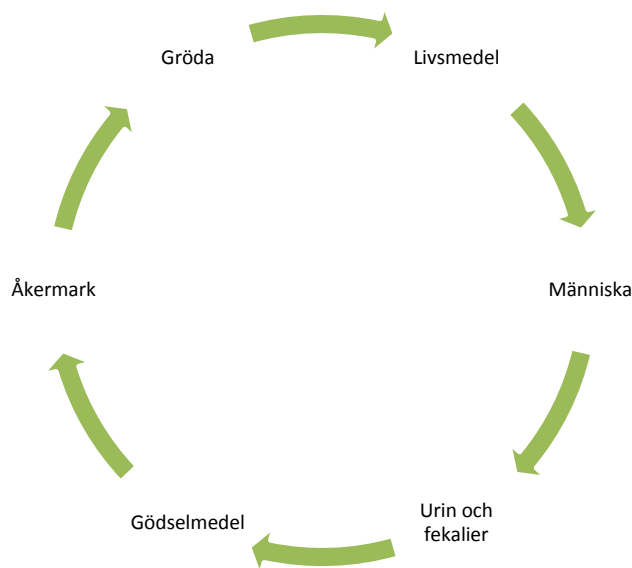
Olika avloppsanordningar ger olika möjligheter till kretslopp. Kretsloppsanpassade avloppsanordningar möjliggör omhändertagandet av växtnäringsämnen från avloppsfraktioner. Växtnäringsämnen finns i både urin och fekalier. Fördelningen av växtnäringsämnen i urin och fekalier är olika beroende på vilka livsmedel som konsumeras. Ju mer lättnedbrytbara livsmedel som konsumeras, desto större del av växtnäringsämnena finns i urinen. Det är urin som innehåller den största delen av växtnäringsämnen jämfört med fekalier vilket visas i tabell 6. Urin från 50 personer motsvarar gödselmedel till ungefär en hektar åkermark (Länsstyrelsen i Västra Götalands län 2011).

Tabell 6: Mängden växtnäringsämnen i avloppsvatten uppdelat mellan urin och fekalier. Mängden anges i g/dag och person (Länsstyrelsen i Västra Götalands län 2011).

Växtnäringsämnen i avloppsvatten (g/dag och person)		
Ämne	Urin	Fekalier
Kväve (tot-N)	11	1,5
Fosfor (tot-P)	0,9	0,5
Kalium (tot-K)	2,4	0,9

I kretsloppsanpassade avloppsanordningar samlas avloppsfraktionerna urin och fekalier upp med dess innehåll av växtnäringsämnen upp i en tank eller dylikt, för att sedan kunna användas som gödselmedel på åkermark (Hjelmqvist et al 2012). Växtnäringsämnen som

finns i avloppsfraktionerna är ett lättillgängligt gödselmedel som är jämförbart med konstgödsel. I avloppsfraktionerna finns mer än hälften av växtnäringsämnen från livsmedelskedjan. För att bibehålla åkermarkens produktionsförmåga måste de bortförda växtnäringsämnena ersättas, antingen med organiskt avfall från livsmedelskedjan eller med fosfor från jordskorpan och kväve från luften. Den långsiktiga strategin är att återföra växtnäringsämnen från matrester, livsmedelsindustri och avloppsfraktioner tillbaka till åkermark utan oönskade ämnen. Ambitionen är att uppnå kretslopp i livsmedelskedjan. Ett förenklat kretslopp i livsmedelskedjan visas i figur 3 (Lantbrukarnas Riksförbund 2010).



Figur 3: Kretslopp i livsmedelskedjan (Schönning & Stenström 2004)

För att uppnå en lönsam återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar bör kretsloppanpassade avloppsanordningar väljas. Kretsloppanpassade avloppsanordningar avskiljer en större mängd växtnäringsämnen jämfört med konventionella avloppsanordningar. Vaxtnäringsämnena som finns i urin och fekalier avskiljs direkt vid källan och är därmed enkla att tillvarata (Richert Stinzing & Palm 2009). De enskilda avloppsanordningar som ger störst möjligheter till kretslopp är:

- Sluten tank
- Urinsorterande vattentoaletter
- Torrtoaletter

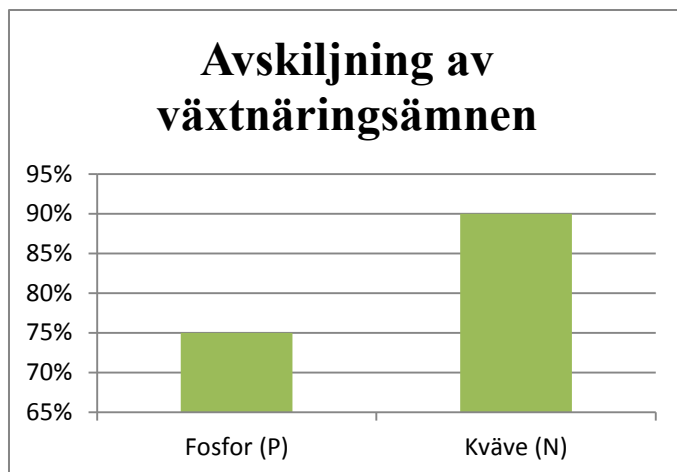
De två kretsloppanpassade enskilda avloppsanordningar som är vanligast i Sverige i dagsläget är sluten tank och urinsorterande vattentoaletter. Det är även möjligt att tillvarata

växtnäringsämnen från de flesta enskilda avloppsanordningar men dock inte i lika stor omfattning (Hjelmqvist et al 2012). De flesta konventionella enskilda avloppsanordningar består av en slamavskiljare med ett efterföljande reningssteg, till vilket både wc- och BDT-vatten leds. Enligt förordningen (1998:988) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd § 12 bör alla enskilda avloppsanordningar ha längre gående rening än slamavskiljning. Slamavskiljaren är en förbehandlingsmetod för rening av avloppsvatten. I slamavskiljaren avskiljs de grövsta partiklarna från avloppsvatten så att de efterföljande reningsstegen inte täpps igen. Eftersom det mesta av växtnäringsämnena är suspenderade i avloppsvatten innebär slamavskiljningen att endast en liten del av växtnäringsämnena avskiljs (Tidåker et al 2006). Återföring av avloppsslam från slamavskiljare till åkermark ger inget större kretslopp av växtnäringsämnen eftersom avloppsslammet endast innehåller 5-20 % av växtnäringsämnena kväve och fosfor, resterande växtnäringsämnen går förlorade under reningsstegen (Naturvårdsverket 2008). Det är möjligt att förbättra reningsgraden av fosfor i konventionella avloppsanordningar. På detta sätt avskiljs en större mängd växtnäringsämnen och möjligheterna till kretslopp ökar (Länsstyrelsen i Västra Götalands län 2011). De två metoder som används för att förbättra reningen av fosfor är:

- Kemisk fällning
- Fosforfällor

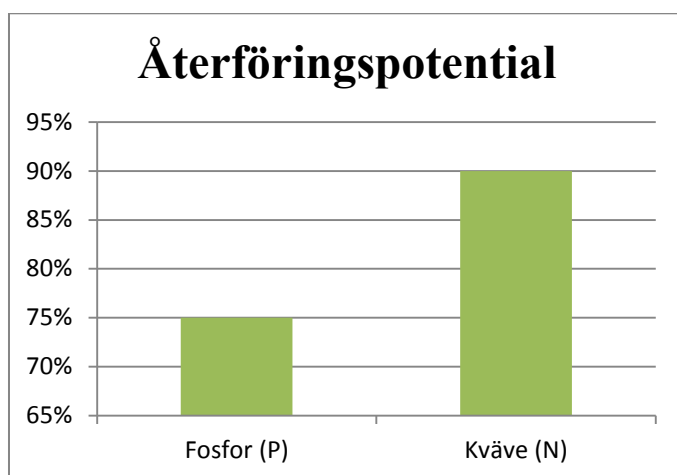
Sluten tank

I en sluten tank samlas avloppsfraktionerna från wc med dess innehåll av växtnäringsämnen upp. En sluten tank innehåller urin, fekalier, toalettpapper och spolvatten. En förutsättning för att ha en sluten tank är att toaletten är extremt snål- eller vakuumpolande. En extremt snål- eller vakuumpolande toalett använder mindre än 2 liter spolvatten per spolning. Det är viktigt att toaletten använder lite vatten, dels för att tanken inte ska behöva tömmas så ofta men även för att växtnäringsämnena och patogener ska vara så koncentrerade som möjligt (Naturvårdsverket 2008). Eftersom alla växtnäringsämnen samlas upp klarar en sluten tank kraven för hög skyddsnivå. En sluten tank är ett intressant kretsloppsalternativ om man vill tillvarata och sprida en så stor mängd växtnäringsämnen som möjligt (Tidåker et al 2007a). Hur stor del av växtnäringsämnena som samlas upp visas i figur 4.



Figur 4: Avskiljning av växtnäringsämnen i en sluten tank (Naturvårdsverket 2008).

Innehållet i den slutna tanken har också en stor återföringspotential. Återföringspotentialen beskriver hur stor del av de avskilda växtnäringsämnena som kan återföras till åkermark, vilket visas i figur 5 (Naturvårdsverket 2008).



Figur 5: Återföringspotentialen av de avskilda växtnäringsämnena i en sluten tank (Naturvårdsverket 2008).

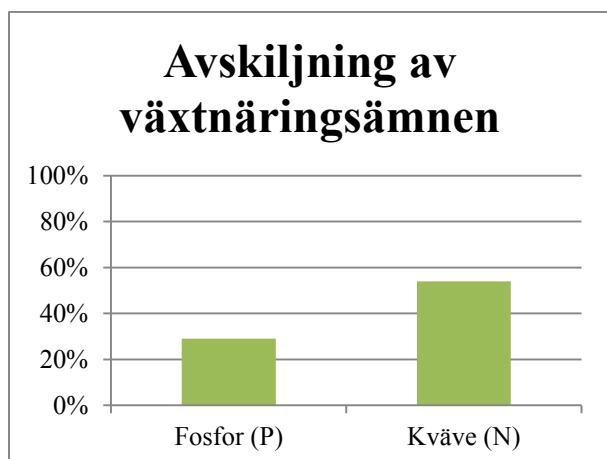
Möjligheterna att återföra växtnäringsämnen från sluten tank till åkermark är mycket stora. En förutsättning är dock att innehållet i den slutna tanken transporteras och hygieniseras på ett sätt som inte medför några utsläpp av växtnäringsämnen. Då fekalier är den avloppsfraktion som innehåller mest patogener ställs det även höga krav på hygienisering (Hjelmqvist et al 2012).

Falkenbergs kommun har ca 200 fastigheter som har sluten tank. Tömningen av sluten tank sker vanligtvis kommunalt en gång om året. För närvarande finns ingen naturlig koppling för avsättning av avloppsfraktioner i lantbruket. I Falkenbergs kommun är det företaget Vatten

och Miljö i Väst AB (VIVAB) som ansvarar för slamhanteringen. Avloppsslam från enskilda avloppsanordningar transporteras till Smedjeholms reningsverk i Falkenbergs kommun där det genomgår rening tillsammans med kommunens övriga avloppsvatten. I reningsprocessen går mycket av växtnäringsämnen förlorade, eftersom växtnäringsämnena avskiljs innan det reade avloppsvattnet släpps ut till recipient. Efter reningen komposteras avloppsslam i Halmstads komposteringsanläggning Kuskatorpet. Den färdiga komposten transporteras tillbaka till Falkenbergs kommun och används till kompost- och jordtillverkning (Falkenbergs kommun 2004). Därför blir kretsloppsmöjligheterna för avloppsfraktioner som behandlats i kommunala reningsverk små. För att kunna kretsloppsanpassa slutna tankar måste avloppsfraktionerna avsättas hos en lantbrukare. Om korrekt hygienisering sker hos lantbrukaren är potentialen att återföra växtnäringsämnen från slutna tankar mycket stora (Hjelmqvist et al 2012).

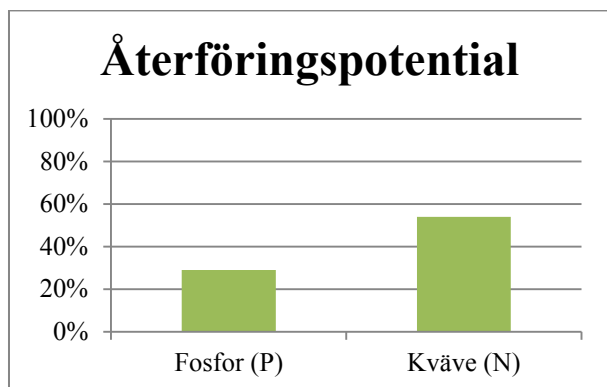
Urinsorterande vattentoaletter

Urinsorterande vattentoaletter består av två olika fack. Det främre facket är för urin medan det bakre facket är för fekalier och toalettpapper. När avloppsfraktionerna separeras leds urin till en uppsamlingstank medan fekalierna och toalettpappret vanligtvis renas tillsammans med BDT-vattnet (Länsstyrelsen i Västra Götalands län 2011). Nedspolning av urin sker med en mycket liten mängd spolvatten, 0,1 – 0,3 liter vatten är tillräckligt. Urinsorterande vattentoaletter är lämpliga i områden med sämre vattenresurser. Ett problem som kan uppstå med urinsorterande toaletter är att det blir stopp i urinlåset, men då detta är ett vanligt problem finns väl utvecklade lösningar och förebyggande åtgärder (Naturvårdsverket 2008). Urin är en relativt ren avloppsfraktion men kontaminering av patogener från fekalier kan förekomma i toalettstolen eller uppsamlingstanken. Därför kräver även urin hygienisering innan det kan spridas på åkermark (Hjelmqvist et al 2012). Toalettens uppbyggnad med två fack gör att ca 15 – 25 % av urinen kommer sorteras felaktigt, vilket ger en liten förlust av växtnäringsämnen (Tidåker et al 2007a). Urin är den avloppsfraktion som innehåller störst mängd växtnäringsämnen, i genomsnitt innehåller urin 64 % av fosfor och 88 % av kvävet av den totala mängden avloppsvatten (Jönsson et al 2005). Mängden växtnäringsämnen som avskiljs vid urinsortering ligger mellan 23 – 36 % för fosfor och 46 – 61 % för kväve. Mängden växtnäringsämnen som avskiljs är uträknat ur den totala mängden avloppsvatten, det vill säga att mängden kväve och fosfor som avskiljs vid rening av resterande avloppsvatten inte är medräknat. Ett medelvärde av mängden växtnäringsämnen som avskiljs vid urinsortering visas i figur 6 (Naturvårdsverket 2008).



Figur 6: Medelvärde på avskiljningen av växtnäringsämnen vid enbart urinsortering (Naturvårdsverket 2008).

Även återföringspotentialen varierar mellan 23 – 36 % för fosfor och 46 – 61 % för kväve, ett medelvärde visas i figur 7 (Naturvårdsverket 2008).



Figur 7: Medelvärden på återföringspotentialen av de avskilda växtnäringsämnena vid enbart urinsortering (Naturvårdsverket 2008).

Urin är ett intressant alternativ för återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar till åkermark, då det är det bäst utforskade och beprövade systemet i dagsläget (Palm et al 2003). Största delen av kväve och fosfor är direkt tillgängliga för växterna, vilket gör urin jämförbart med konstgödsel (Tidåker et al 2007b). Halterna av patogener och tungmetaller i urin är låga vilket underlättar hygieniseringen och gör det enklare för lantbrukare som vill sprida avloppsfraktioner på åkermark (Palm et al 2003).

Tömning av uppsamlingstanken för urin bör ske en till två gånger om året. Om fordonet tidigare använts till att tömma andra avloppsfraktioner är det viktigt att den är ordentligt rengjord och desinficerad innan tömning av uppsamlingstanken sker. Annars kan urin

kontamineras av patogener från fekalier och högre krav på hygieniseringsmetod kommer då krävas (Hjelmqvist et al 2012).

Torrtoaletter

Torrtoaletter har funnits länge, men minskade i antal när vattentoaletterna utvecklades. I fritidsfastigheter är det dock relativt vanligt med torrtoaletter. Det finns flera olika typer av torrtoaletter och de vanligaste är:

- Urinsorterade torrtoaletter
- Multrum
- Mulltoaletter.

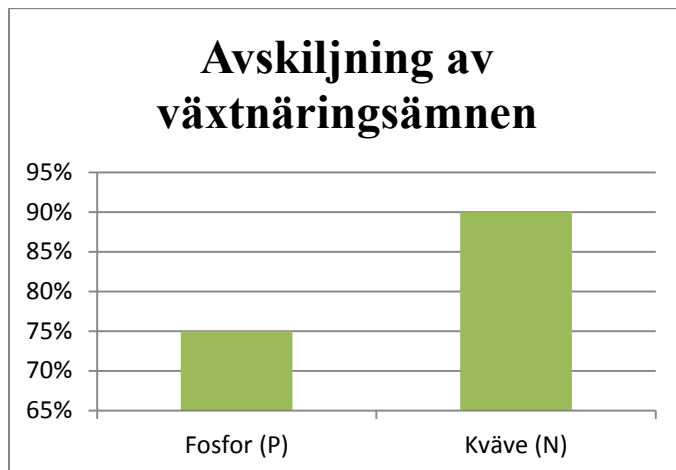
Dessutom finns det varianter där avloppsfraktioner förbränns eller fryses direkt vid källan men dessa är ovanliga då de förbrukar stora mängder energi (Naturvårdsverket 2008).

Urinsorterande torrtoaletter har precis som de urinsorterande vattentoaletterna två fack. Det främre facket är för urin och det bakre facket är för fekalier och toalettpapper. Skillnaden mellan torr- och vattentoaletterna är att inget eller endast lite spolvatten används för att spola ner urin och inget spolvatten används till fekalierna och toalettpappret. Fördelen med urinsorterande torrtoaletter är att mängden spolvatten blir extremt liten och därmed späds varken växtnärsämnen eller patogener ut. Dessutom gör avskiljningen av urin från fekalier att kraven hygieniseringen blir lägre (Naturvårdsverket 2008).

Multrum och mulltoaletter påminner om varandra. Skillnaden ligger i storleken på avloppsanordningarna. I båda avloppsanordningarna samlas urin, fekalier och toalettpapper upp tillsammans och inget spolvatten används. I ett multrum samlas avloppsfraktionerna upp i en stor behållare under toaletten. Behållaren är så stor att den vanligtvis är placerad i källaren eller i husgrunden. I multrummet kan man också tillsätta komposterbart hushållsavfall. Avloppsfraktionerna genomgår biologisk nedbrytning och kräver syre, fukt samt värme. Multrummet bör därför vara isolerat och ha möjlighet till uppvärmning, framförallt under vintern. Då alla avloppsfraktioner samlas upp tillsammans blöts fekalierna ner av urinen vilket kan leda till problem med till exempel flugor och dålig lukt och därför kan tillsats av strömedel behövas (Palm et al 2003). Mulltoaletten består av en mindre behållare som är placerad i direkt anslutning till toaletten. Även här bryts avloppsfraktionerna ned biologiskt. För att påskynda den biologiska nedbrytningen sker mekanisk eller manuell omrörning i

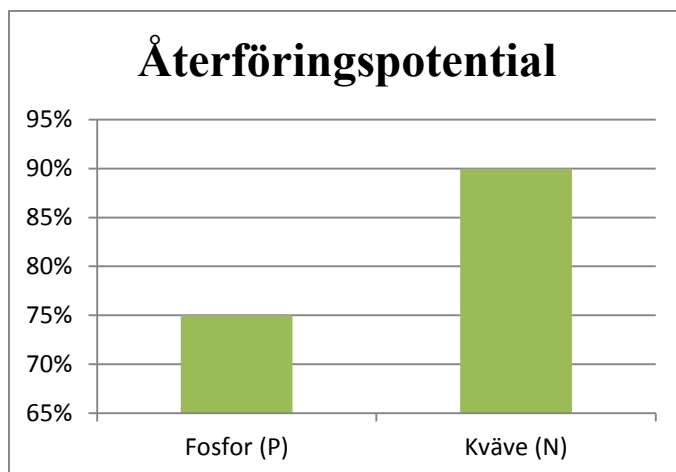
behållaren. Dessutom bör tillsats av strömedel och värme ske om mulltoan ska fungera väl (Naturvårdsverket 2008).

I torrtoaletter samlas både urin och fekalier upp och avskiljningen av växtnäringsämnen är därför väldigt stor, vilket visas i figur 8.



Figur 8: Avskiljningen av växtnäringsämnen i torrtoaletter (Naturvårdsverket 2008).

Potentialen för återföring av växtnäringsämnen är också stor och visas i figur 9. En viss mängd kväve kan dock antas gå förlorad och därmed kan återföringspotentialen för kväve hamna under 90 % (Naturvårdsverket 2008)



Figur 9: Återföringspotentialen av de avskilda växtnäringsämnena i torrtoaletter. En viss förlust av kväve kan ske under lagringen (Naturvårdsverket 2008).

Torrtoaletter är positivt ur resurssynpunkt. Avloppsfraktionerna från torrtoaletter kan komposteras på den egna tomten och sedan användas som gödselmedel i till exempel trädgården eller på åkermark. Komposteringen kräver dock engagemang från fastighetsägaren

som ska se till att avloppsfraktionerna hygieniseras korrekt innan de sprids. Eftersom torrtoaletterna inte använder något vatten är hygieniseringen lättare än för avloppsfraktioner blandade med vatten. Många upplever dock problem med sina torrtoaletter och de vanligaste klagomålen är problem med flugor, dålig lukt, ofullständig förmultning samt tung skötsel (Palm et al 2003).

Avloppsfraktionerna från torrtoaletten kan även hämtas kommunalt. Tömning av torrtoaletter är besvärligt vilket har medfört att VIVAB tar en hög taxa för att tömma denna avloppsfraktion (Sivertsson 2013). Hur ofta tömningen ska ske beror på om fastigheten används för permanent- eller fritidsboende samt på vilken typ av torrtoalett som används. Vanligtvis sker tömningen några gånger per säsong. (Avloppsguiden 2013).

Kemisk fällning

Kemisk fällning i slamavskiljare är ett sätt att förbättra befintliga avloppsanordningars förmåga att avskilja växtnäringssämnen, framförallt fosfor. Den kemiska fällningen i slamavskiljaren sker genom att kemikalier tillsätts till ledningsnätet (Weiss et al 2008). För att doseringen av kemikalier ska vara korrekt och inte ge upphov till problem bör ett serviceavtal med leverantören göras (Naturvårdsverket 2008). Kemikalierna är vanligtvis aluminium- eller järnbaserade och fällningsprincipen är den samma som i kommunala reningsverk (Palm et al 2003). Fällningskemikalierna reagerar med fosfor och bildar flockar som sedan avskiljs i slamavskiljaren. För att flockarna ska kunna sedimentera behöver slamavskiljarens storlek vara större än i normalfallet (Weiss et al 2008). En normal slamavskiljare behöver vara minst 2m³ medan en slamavskiljare som används vid kemisk fällning behöver vara minst 3m³ (Avloppsguiden 2012). Kemisk fällning är ett relativt enkelt sätt att förbättra konventionella avloppsanordningars reningsgrad av fosfor. Det finns dock en viss risk att efterföljande reningssteg sätts igen om flockarna följer med avloppsvattnet från slamavskiljaren. Mängden fosfor som avskiljs vid kemisk fällning ligger mellan 50 – 90 % och klarar därför kraven för normal skyddsnivå gällande fosfor. Återföringspotentialen för fosfor ligger mellan 50 – 90 % men då fosfor är bunden till utfällningskemikalien blir fosfor betydligt mer svårtillgänglig för växter jämfört med vad växtnäringssämnen från urin och fekalier är (Naturvårdsverket 2008).

Tömning av slamavskiljaren sker på samma sätt som en slamavskiljare utan kemisk fällning, eventuellt kan tömningsintervallet ökas till två gånger per år. Det är dock viktigt att uppehållstiden i slamavskiljaren inte blir för kort, för då hinner flockarna inte sedimenteras i

slamavskiljaren. Detta är en anledning till att slamavskiljarens storlek inte kan kompenseras med oftare tömningsintervall (Naturvårdsverket 2008).

Fosforfälla

En fosforfälla är ett reaktivt filtermaterial som absorberar fosfor som finns i avloppsvatten. Fosforfällan består av ett kalkbaserat material med högt pH. En förutsättning för att fosforfällan ska fungera optimalt och inte sättas igen är att avloppsvattnet genomgått rening i slamavskiljare och biologiskt reningssteg innan det når fosforfällan. När avloppsvatten strömmar igenom fosforfällan binds fosfor upp i det reaktiva filtermaterialet. Filtermaterialet som är utbytbar kan vara i lösvikt eller format som en filterkasset. Gemensamt för de olika filtermaterialen är att de består av kalkbaserade granuler och kräver högt pH för att fungera. Fosforfällan ska ha ett pH på 12 för att fosfor ska bindas upp i kalken (Avfall Sverige 2012). Fosforfällor har en mycket hög avskiljning av fosfor, över 95 % av fosfor avskiljs. Återföringspotentialen för fosfor ligger på ca 70 % (Naturvårdsverket 2008). Utöver fosfor innehåller filtermaterialet kalcium, kalium och kisel som alla är bra växtnäringsämnen att återföra till åkermark (Avfall Sverige 2012). Halten tungmetaller i filtermaterialet ligger under de lagkrav Sverige har för användning av avloppslam på åkermark (Kvarnström et al 2004). Då filtermaterialet har högt pH anses risken för smittspridning vara låg och hygienisering inte nödvändig i normalfallet. Det saknas dock undersökningar om detta i Sverige och rekommendationer samt krav behöver tas fram innan det kan anses som säkert ur miljö- och hälsoskyddsperspektiv (Avfall Sverige 2012).

Så småningom kommer fosforfiltret att ha bundit så mycket fosfor som det har kapacitet för och förlora sin förmåga att rena avloppsvatten från fosfor. Dessutom kommer pH att sjunka från 12 ner mot 9 vilket gör så att fosforfiltret börjar släppa ifrån sig fosfor istället för att binda upp det. Filtret i fosforfällan måste därför bytas kontinuerligt så att fosforeringen inte minskar till en icke godtagbar nivå. Det vanligaste är att bytet av fosforfiltret sker vartannat år men intervallet kan variera mellan ett och tre år. Kommunen ansvarar för hämtning av filtermaterialet och hämtningen sker lite olika beroende på vilket filtermaterial som använts. Består fosforfällan av ett filtermaterial i lösvikt töms fosforfällan med en slamsugningsbil. Ska fosfor återföras till åkermark bör slamsugningsbilen vara ordentligt rengjord innan filtermaterialet töms, annars finns det risk för kontaminering av patogener från andra avloppsfraktioner. Används istället en filterkasset i fosforfällan lyfts denna ut med en kranbil. Här är riskerna för kontaminering små eftersom materialet inte kommer i kontakt med andra avloppsfraktioner. Påfyllning bör ske i samband med tömning för att avloppsanordningen inte

ska förlora sin förmåga att rena fosfor. Påfyllning av filtermaterial i lös-vikt sker med hjälp av en truck eller en traktor. Påfyllning av filterkassetter kan ske med hjälp av samma kranbil som tömde fosforfällan. Det är fastighetsägarens ansvar att påfyllningen sker på ett korrekt sätt (Avfall Sverige 2012).

Hygienisering

Den största utmaningen med återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar är att avloppsfraktioner måste hygieniseras så att tillräckligt smittskydd uppnås. Hygienisering innebär att avloppsfraktioner behandlas eller lagras så att patogener avdödas/inaktiveras. Hygienisering är dock inte enbart för att eliminera patogener utan även för att stabilisera avloppsfraktioner dvs. nedbrytning av organiskt material och luktreduktion (Hjelmqvist et al 2012).

Hygienisering av avloppsfraktioner är ett ämne som har fått stor uppmärksamhet i Sverige och många anser att hygieniseringskraven bör skärpas. För att allmänheten ska acceptera återföringen av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar, är det viktigt att pålitliga och väl beprövade hygieniseringsmetoder används för att hygienisera avloppsfraktioner. Det finns flera olika metoder för att reducera antalet patogener i avloppsfraktioner och valet av hygieniseringsmetod beror på vilken avloppsfraktion som ska återföras. Hygienisering kan delas upp i två metoder; lagring och aktiv behandling. Urin innehåller en relativt liten mängd patogener och kan därför enkelt hygieniseras genom lagring. De flesta patogener finns i fekalier och kräver därför aktiv behandling innan växtnäringsämnen kan återföras till åkermark (Hjelmqvist et al 2012). I dagsläget finns flera olika metoder för att hygienisera avloppsfraktioner och de vanligaste metoderna är:

- Lagring
- Tillsats av kalk
- Tillsats av urea
- Våtkompostering
- Rötning
- Pastörisering

Naturvårdsverkets nya förslag till förordning om användning av avloppsfraktioner på mark baseras på hygieniseringskrav i kombination med användningsrestriktioner.

Hygieniseringsmetoderna delas upp i klasserna A, B och C vilket kan ses i tabell 7. De olika klasserna kan uppnå lika stor reduktion av patogener med eventuellt undantag för parasiter.

Däremot skiljer klasserna sig åt i säkerhet och möjlighet till kontroll. Klass A är den högsta klassen och innehåller de hygieniseringsmetoder som ger säkrast resultat. Avloppsfraktioner som har blivit hygieniserat enligt klass A får användas på all mark och grödor. Undantagen är betesmark och i direkt anslutning till odling av grönsaker, bär, frukter, rotfrukter och potatis. Klass B och C är kopplade till ytterligare användningsrestriktioner, då dessa klasser kan ha mindre avdödande effekt på parasiter (Naturvårdsverket 2010b).

Tabell 7: Parametrar som ska uppfyllas i hygieniseringsklasserna A, B och C (Naturvårdsverket 2010b)

Hygieniseringsmetoderna klass A, B och C			
Klass	Hygieniseringsmetod	Parametrar som ska uppfyllas	Förutsättningar
A	Pastörisering	70 °C i 60 minuter	Allt material ska uppnå angiven temperatur
A	Termofil rötning	55 °C i 6 timmar	Allt material ska uppnå angiven temperatur, medeluppehållstid 7 dygn i 55 °C
A	Våtkompostering	55 °C i 6 timmar	Allt material ska uppnå angiven temperatur, medeluppehållstid 7 dygn i 55 °C
A	Kalkbehandling (CaO)	55 °C i 2 timmar, pH 12	Allt material ska uppnå angiven temperatur och pH
B	Kalkbehandling (Ca(OH) ₂)	3 månader, pH 12	Allt material ska uppnå angivet pH
C	Lagring	1 år utan tillförsel av nya avloppsfraktioner	

Lagring

Lagring anses som en osäker metod för att hygiensera både urin och fekalier. Enligt det nya förslaget från Naturvårdsverket indelas lagring i klass C, under förutsättning att inga nya avloppsfraktioner tillförs under ett år. De flesta patogener finns i fekalier medan urin anses som en relativt ren avloppsfraktion. Patogener har olika överlevnadsegenskaper beroende på typ av patogen och rådande miljöförhållanden (Hjelmqvist et al 2012). Lagring av avloppsfraktioner i 20 °C under 50 dagar har visat att det sker en viss inaktivering/avdödning av patogener. Fekala koliformer eliminerades helt efter 50 dagars lagring däremot kunde Clostridium, Salmonella och Enterokocker fortfarande påvisas i avloppslammet efter 50 dagar (Vinnerås 2007). Resultatet visas i tabell 8.

Tabell 8: Visar efter hur många dagar patogener reduceras till D_r -värde genom lagring. D_r -värde är tiden det tar innan patogener genomgått 90 % reduktion (Vinnerås 2006).

Reduktion av patogener genom lagring		
Patogen	Temperatur (°C)	D_r -värde (dagar)
Fekala koliformer	20	< 9
Enterokocker	20	50
Clostridium	20	Ingen reduktion under 50 dagar
Salmonella	20	17

Då urin är en relativt ren avloppsfraktion anses lagring som en fullgod hygieniseringsmetod. Urin innehåller höga koncentrationer av ammonium som omvandlas till ammoniak under lagring. Höga koncentrationer av ammoniak ger upphov till att pH höjs vilket leder till att patogener i urinen inaktiveras efter några månader. Den rekommenderade lagringstiden för urin varierar beroende på lagringstemperatur och vilken typ av mark det ska spridas på. I Naturvårdsverkets nya förslag till förordning för reglering av avloppsfraktioner, rekommenderas lagring från en månad upp till ett år beroende på temperatur och på vilken åkermark det ska spridas på. Naturvårdsverkets nya förslag till lagringsbestämmelserna sammanfattas i tabell 9 (Hjelmqvist et al 2012). Förutsättningarna för de rekommenderade lagringstiderna är att kvävehalten minst ska vara 1 gram kväve per liter urin, ingen ny urin får tillföras under lagringstiden samt att pH ska vara minst 8,8. Hygienisering av urin gynnas vid hög temperatur, hög koncentration urin och ett högt pH. Om lagringsrekommendationerna följs anses smittoriskerna vara låga vid återföring av växtnäringsämnen från urin (Naturvårdsverket 2010b).

Tabell 9: Rekommenderade lagringsbestämmelser för urin enligt Naturvårdsverkets nya förslag till förordning (Naturvårdsverket 2010b)

Rekommenderade lagringsbestämmelser för urin			
Lagrings-temperatur (°C)	Lagringstid (månader)	Eventuella kvarvarande patogener	Tillåtna användningsområden
4	1	Virus och protozoer	Foder- och livsmedelsgrödor som ska processas
4	6	Virus	Livsmedelsgrödor som processas, fodergrödor
20	1	Virus	Livsmedelsgrödor som processas, fodergrödor
20	6	Troligen inga	Samtliga

Lagringen av urin kan ske i en vanlig flytgödselbehållare som är gjort av betong. Det är viktigt att behållaren är övertäckt, dels för att reducera ammoniakförlusten och oönskade lukter, men även för att fåglar och andra djur inte ska bidra till en ökad tillväxt av patogener på grund av vektorspridning (Schönning 2003).

Hygienisering med kalk

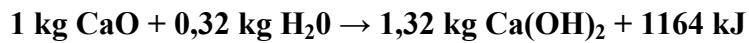
Hygienisering av avloppsfraktioner kan ske med tillsats av kalk. Det är en gammal och beprövad metod som har använts mycket i kommunala reningsverk. Även inom lantbruket har kalk används för hygienisering av djurgödsel. Denna användning var dock begränsad och användes endast vid tillfälliga sjukdomsutbrott på gårdar. Användning av kalk för att hygienisering av avloppsfraktioner har blivit allt mer ovanligt i Sverige (Inger et al 1997).

Det finns två sorters kalk som används för att hygienisera avloppsfraktioner:

- Kalciumoxid (CaO), även benämnd osläckt kalk
- Kalciumhydroxid (Ca(OH)₂), även benämnd släckt kalk

Båda kalksorterna ger upphov till en pH-höjning i avloppsfraktioner. Kalciumhydroxid ger upphov till en pH-höjning när det löser sig i avloppsfraktionerna, eftersom hydroxidjoner frigörs. Samtidigt bildar kalciumjonerna svårslösliga föreningar. Kalciumoxid måste däremot först omvandlas till kalciumhydroxid för att nå en pH-höjande effekt (Inger et al 1997).

Reaktionen som sker är följande:



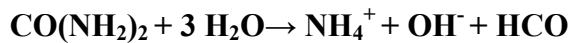
Under reaktionen sker en kraftig värmeutveckling, vilket leder till att temperaturen på avloppslammet höjs till 55-77°C. Temperaturhöjningen bidrar till att fler patogener avdödas/inaktiveras jämfört med behandling med kalciumhydroxid (Schönning 2003). Tillsats av kalciumoxid har visat sig hygienisera avloppsfraktioner väsentligt och hygieniseringen uppnår därför klass A enligt Naturvårdverkets nya förslag till förordning. Kalciumhydroxid reducerar de flesta patogener med undantag för parasitägg och uppnår därför klass B enligt Naturvårdverkets nya förslag till förordning. Ett pH runt 12 innebär en omfattande hygienisering med avseende på de flesta patogener. Överlevnadsgraden hos patogener minskar med ökande pH och ökande exponeringstid (Schönning 2003).

Undersökningar har visat att vid pH 12,8 reduceras Koliforma bakterier till icke detekterbara nivåer efter en timmes hygienisering och Salmonella reduceras till icke detekterbara nivåer efter tre timmars hygienisering. Clostridium reduceras inte i lika stor utsträckning som icke sporbildande bakterier. De flesta virus avdödas snabbt när pH stiger över 11. En kritisk punkt med kalkhygienisering är inblandningsprocessen. Det är viktigt att uppnå en god homogenisering så man får verkan i all avloppsfraktioner. Annars finns det en risk att de obehandlade avloppsfraktionerna bildar klumpar och att patogener avskärmas från hygieniseringen. Homogenisering av kalk och avloppsfraktionerna är ett svårt steg, då det är en liten mängd kalk som ska blandas i en stor mängd avloppsfraktionerna. Homogenisering anses därför vara det största problemet med kalkhygienisering. En annan nackdel med kalkhygienisering är att slammängderna ökar jämfört med andra hygieniseringsmetoder (Schönning 2003).

Hygienisering med urea

Hygienisering av avloppsfraktioner kan ske med tillsats av urea. Det är en relativ ny metod och än så länge är endast litet antal storskaliga försök med ureahygienisering gjorda. Det har dock visat sig vara en användbar metod för hygienisering av avloppsfraktioner. Ammoniak är giftigt för patogener och pH-höjning har också en avdödande effekt. Urea är ett vanligt

kvävegödselmedel och mer än 90 % av all urea används som gödselmedel i lantbruket. Vid tillsats av urea i avloppsfraktioner sker följande reaktion:



Urea hydrolyseras till hydroxidjoner och ammonium under katalys av enzymet ureas. Så småningom bryts det ned till ammoniak och koldioxid. Koncentrationen av ammoniak som bildas i avloppsfraktionerna beror på dels temperatur och pH. Det är ammoniakbildningen som ger en pH-höjande effekt i avloppsfraktioner. I nuläget är det ännu inte klarlagt varför ammoniak är giftigt för de flesta patogener. En teori är att ammoniakmolekylens lilla storlek och dess höga löslighet i vatten och lipider kan göra att ammoniak lätt transporteras genom cellmembran och andra cellulära barriärer via diffusion. I kontakt med bakterieceller denaturerar ammoniak cellmembran samt cellproteiner och förstör bakteriecellens membranpotential. När ammoniakgas kommer in i bakteriecellen sker det en snabb pH-höjning i cytoplasman. Bakteriecellen blir då tvungen att ta upp protoner (H^+) utifrån för att bevara cellens optimala pH-nivå. För att kunna tillgodose sig med protoner utifrån måste bakteriecellen offra essentiella kalium joner (K^+), vilket tillslut leder till att bakteriecellen dör. I kontakt med virus förstör ammoniak virusets RNA-strängar, vilket medför att viruset inaktiveras. Sammanfattningsvis kan man säga att syftet med ureabehandling är inaktivering av protein eller inaktivering av RNA/DNA-strängar men hur processen fungerar är inte helt fastlagd ännu (Nordin 2010).

Undersökningar har visat att tillsats av 6 % urea resulterar i en pH-höjning till 9,2 inom en timme och efter ytterligare några timmar till skedde en pH-höjning till 9,5. Efter 5 dagars urea hygienisering kunde inga Fekala koliformer eller Salmonella påvisas i avloppsfraktionerna och efter 20 dagars behandling kunde inte heller Enterokocker påvisas i avloppsfraktionerna. Efter 50 dagars hygienisering med 6 % urea kunde endast den sporbildande Clostridium påvisas. Ureabehandlingen hade ingen effekt på Clostridium. Resultatet av undersökningen visas i tabell 10 (Vinnerås 2007).

Tabell 10: Visar efter hur många dagar patogener reduceras till D_r -värde (tiden för 90 % reduktion) genom tillsats av urea (Vinnerås 2006).

Reduktion av patogener genom tillsats av urea				
Patogen	Urea (%)	pH	Temperatur (°C)	Dr-värde (dagar)
Fekala koliformer	6	9,5	20	< 0,7
Enterokocker	6	9,5	20	< 5
Clostridium	6	9,5	20	Ingen reduktion under 50 dagar
Salmonella	6	9,5	20	< 0,7

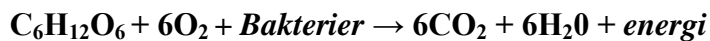
Undersökningar som har använt 2 % urea för att hygienisera avloppsfraktioner har visat god reduktion av Salmonella vid temperaturer mellan 4- 35°C. Då har det tagit mellan 3 timmar till 7 dagar att reducera Salmonella till under detektionsnivån i avloppsfraktionerna (Vinnerås 2007).

Liksom vid kalkbehandling ställer metoden krav på god homogenisering av urea och avloppsfraktioner, så att man får verkan i allt material (Inger et al 1997). Ammoniak förbrukas inte under behandlingen av avloppsfraktioner. Detta medför att desinfekteringseffekten inte reduceras under ureabehandlingen förutsatt att behandlingen sker i en sluten behållare, så det inte sker någon ammoniakavgång. Så länge det finns ammoniak kvar i behållaren, kan det inte ske återväxt av patogener i redan behandlat avloppsfraktioner. Efter hygieniseringen kan både ammoniak och de behandlade avloppsfraktionerna återföras till åkermark som växtnäringsämne. På detta sätt utnyttjas ammoniak två gånger, först för hygienisering och sedan för gödsling. Detta gör hygienisering med tillsats av urea till både ett miljö- och kostnadsvänligt alternativ (Vinnerås 2007).

Våtkompostering

Våtkompostering är en biologisk behandlingsmetod för avloppsfraktioner som är baserad på hög temperatur. Värmen som produceras kan användas för att avdöda/inaktivera patogener som finns i avloppsfraktionerna. Värmen bildas när komposteringsbakterier bryter ner det organiska materialet som finns i avloppsfraktionerna under aeroba förhållanden.

Reaktionen är följande:



I detta exempel är socker ett organiskt material som bryts ner till koldioxid och vatten.

Energien som utvecklas omsätts till värme (Eveborn et al 2007). Förutsättningar som krävs för att avloppsfraktionerna ska nå tillräcklig hög temperatur är att:

- Avloppsfraktionerna ska vara tillräckligt energirika, dvs. ha tillräckligt högt kolinnehåll.
- Komposteringen ska ske i en väl isolerad sluten reaktor så att ingen värme avgår.
- Komposteringsbakterierna ska ha god tillgång till syre

Energiinnehållet kan bli för lågt i avloppsfraktioner om konventionella toaletter används. Det är nödvändigt att använda snål- eller vakuumpolande toaletter för att få en tillräckligt hög energikoncentration i avloppsfraktioner. Även om sådana toaletter används kan energikoncentration fortfarande vara för låg för att kunna våtkomposteras. Därför är det vanligt att det tillsätts tilläggssubstrat för att få upp energiinnehållet i avloppsfraktionerna. Tilläggssubstrat kan till exempel vara livsmedelsavfall, latrin eller stallgödsel (Länsstyrelsen i Västra Götalands län 2011). Det är relativt enkelt att få en jämn temperaturfördelning i allt material, då avloppsfraktionerna är i flytande form. Detta gör att hygieniseringen blir lätt att genomföra och kontrollera. Enligt naturvårdsverket ska avloppsfraktioner utsättas för en temperatur över 55 °C i minst 10 timmar för att betraktas hygieniserat. Under våtkomposteringen sker även en pH-höjning till pH över 9. Denna pH-höjning hjälper också till att reducera patogener i avloppsfraktionerna (Malmén & Palm 2003).

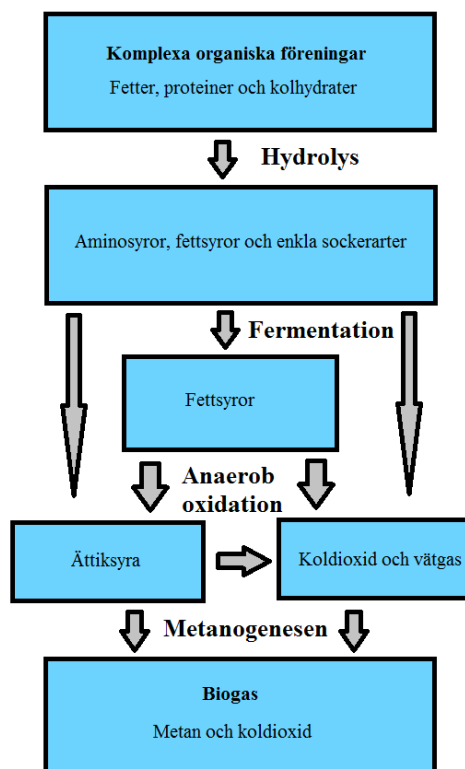
Undersökningar har visat att Salmonella, Koliforma bakterier och Enterokocker reducerades väsentligt under våtkompostering i temperaturer över 55 °C i minst 10 timmar. Däremot reducerades inte den sporbildande bakterien Clostridium i tillräckligt stor omfattning. Våtkompostering klassificeras som klass A enligt naturvårdsverkets nya förslag till förordning, under förutsättning att allt material ska uppnå 55 °C och medeluppehållstiden är 7 dygn (Malmén & Palm 2003).

Rötning

Hygienisering av avloppsfraktioner kan ske genom rötning. Rötning är en biologisk process där bakterier bryter ner organiskt material till biogas (metan, koldioxid och ammoniak) under anaeroba förhållanden. Processen passar bäst för fuktiga och blöta material varför processen

är bra för att röta avloppsfraktioner. Efter rötningen återstår en restprodukt som kallas för biogödsel. Biogödseln kan spridas på åkermark som gödselmedel. Fördelen med att sprida biogödsel jämfört med obehandlad gödsel är att biogödseln blir mer homogen efter rötningen och därför lättare att sprida. Biogödseln har även mindre oönskade lukter och bättre växttillgänglighet. Rötning är en naturlig process som förekommer i bottenslammet i sjöar och andra stillastående vatten. Där blir resultatet sumpgas vilket är detsamma som biogas. Rötningprocessen kan antingen vara termofil eller mesofil. Den termofila processen innebär att temperaturen är runt 55°C och den mesofila processen runt 37°C (Welin 2011). Generellt sett avdödas/inaktiveras ett större antal patogener vid termofil rötning än vid mesofil rötning. Detta är på grund av att den mikrobiella aktiviteten ökar vid högre temperaturen. Den mikrobiella aktiviteten kan vara 25–50 % högre vid termofil rötning jämfört med mesofiltrötning. Vid ökad processtemperatur bildas biogas snabbare och därmed behövs mindre reaktorvolym (Kjerstadius 2012).

Rötningprocessen kan uppdelas i fyra steg som är hydrolysis, fermentation, anaerob oxidation och metanogenes. Dessa fyra stegen visas i figur 10.



Figur 10. De fyra olika stegen i rötningprocessen (Welin 2011).

Hydrolysis

I hydrolysen bryter enzymer ner komplexa organiska föreningar (kolhydrater, proteiner och

fetter) till enkla sockerarter, aminosyror, fettsyror och alkoholer. Hastigheten i hydrolysen beror på ingående substrat, pH och temperatur (Welin 2011).

Fermentering

Under fermenteringsprocessen omvandlas enkla sockerarter och aminosyror till olika organiska syror såsom ättiksyra, propionsyra och smörsyra (flyktiga fettsyror), vätgas och koldioxid. Precis som hydrolysen kräver fermentationen vatten i reaktionen. De syrabildande bakterierna växer fort eftersom processen genererar mycket energi, vilket gör detta steg till det snabbaste i rötningsprocessen (Welin 2011).

Anaerob oxidation

Under den anaeroba oxidationen omvandlas långa fettsyror och alkoholer till ättiksyra, vätgas och koldioxid av Acetogener bakterier. Processen hämmas av höga koncentrationer väte. Acetogenerna har ett nära samarbete med metanogenerna som hela tiden konsumerar överskottet av vätgas och därmed hålls vätekoncentrationen på en låg nivå (Welin 2011).

Metanogenes

I metanogenesen använder metanogener ättiksyra eller vätgas och koldioxid för att bilda metan. Metanogener är inte bakterier utan arkéer. De flesta metanogener är mesofila och kräver syrefria miljöer för att kunna överleva. Metanogenerna behöver ett neutralt pH (pH 7-8) för att vara aktiva och är därför är metanogenesen känslig för pH-förändringar (Welin 2011).

Rötningsprocessens hygieniserande effekt är beror främst på temperatur och exponeringstid. Desto högre temperatur och desto exponeringstid ju mer hygieniserat blir avloppsfraktionerna. Andra faktorer som påverkar reduktionen av patogener är pH, fettsyra koncentrationen och tillgången till näringsämnen. För att termofil rötning ska uppfylla kraven för klass A enligt naturvårdverkets nya föreslag till förordning ska parametrarna i tabell 11 uppfyllas (Kjerstadius 2012).

Tabell 11: Parametrar som skall uppfyllas för att producera Klass A gödsel vid behandling genom termofil rötning.

Parametrar som ska vara uppfyllda för klass A	
Temperatur (C°)	Exponeringstid (h)
52	10
55	6
60	2,5

Hygieniseringseffekten skiljer sig mellan mesofil- och termofilrötning. Undersökningar har visat att rötning vid mesofil temperatur med exponeringstid på 10–30 dygn inte gav någon markant reduktion av Koliforma bakterier, Enterokocker eller Salmonella. Den enda patogen som reduceras i stor utsträckning vid mesofil rötning var E.coli. Den reducerades med 98 % och var långt under det gränsvärde som anges i föreslaget till EU:s nya slamdirektiv. Salmonella påvisades i samtliga prov. Salmonella behöver generellt veckor eller upp till månader för att inaktiveras/avdödad vid mesofil rötning. Sammanfattningsvis kan man säga att mesofil rötning inte klarar av de föreslagna gränsvärdena i naturvårdsverkets förordningsförslag eller i föreslaget till EU:s nya slamdirektiv (Kjerstadius 2012).

Undersökningar har visat att rötning vid termofil temperatur ger en kraftig reduktion av patogener. Vid rötning i 55 °C under 10 dygn kunde Salmonella inte påvisas i ett enda av de 32 provsvar, vilket tyder på att Salmonella är mycket känslig för termofil behandling. Undersökningen visade att termofil rötning vid 55 och 60 °C ger en mycket bättre hygienisering av avloppsfraktioner jämfört med mesofil rötning med avseende på Salmonella, Enterokocker och E.coli. Clostridium reducerades inte alls vid mesofil- eller termofil rötning, vilket beror på att Clostridium sporformande förmåga som gör den extremt tålig och mycket svår att reducera (Kjerstadius 2012).

Pastörisering

Pastörisering innebär en hög upphettning av ett material under en kort tid. Enligt

naturvårdsverkets förslag till förordning definieras pastörisering som klass A behandling om temperaturen i allt material överstiger 70°C i 60 minuter. För att nå upp i 70°C krävs det att pastöriseringen sker i en sluten reaktor. Direkt efter pastöriseringen är materialet känsligt för återinfektion och därför krävs en sekundär process för att stabilisera avloppsfraktionerna. Denna process kan till exempel vara mesofil rötning. I Sverige förekommer i dagsläget inte pastörisering av avloppsfraktioner. Däremot tillämpas hygienisering vid 70 °C under 60 minuter i större biogasanläggningar i Sverige, där animaliskt avfall rötas(Schönning 2003).

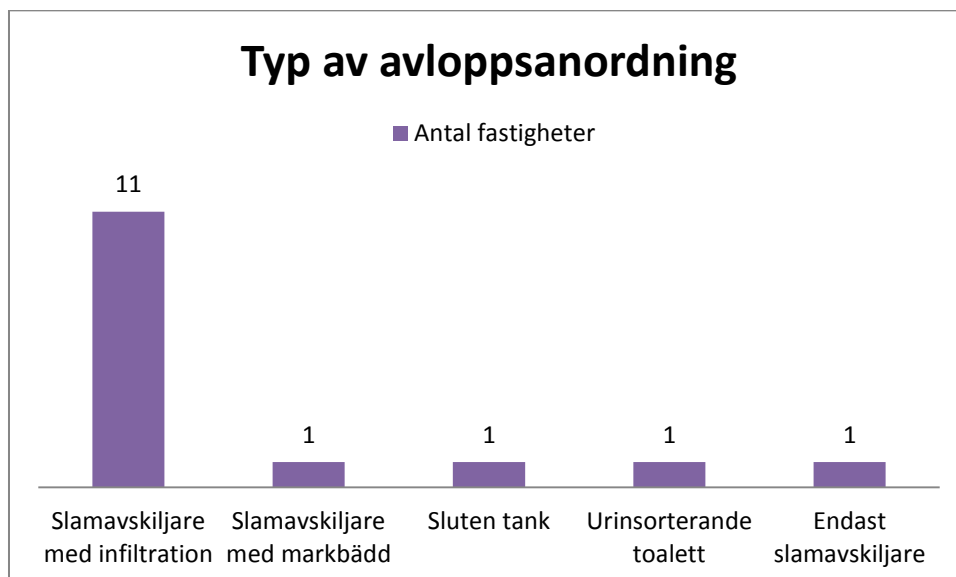
Undersökningar har visat att Enterokocker, Koliforma bakterier och E.coli inte kunde påvisas efter pastörisering vid 70 °C varken vid 30 eller 60 minuters exponeringstid. Det skedde ingen reduktion av Clostridium vid 70 °C oavsett exponeringstid (Kjerstadius 2012).

Resultat enkätundersökning

Avsättning av avloppsfraktioner från kretsloppsanpassade enskilda avloppsanordningar

För att få reda på lantbrukarnas syn på återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar gjordes en enkätundersökning. Enkäter skickades ut till lantbrukare med slamdispens utfärdade mellan 1996 - 2012. Sammanlagt var det 25 lantbrukare i Falkenbergs kommun som har slamdispens och av dessa var det 16 som svarade. En person föll ifrån undersökningen, då personen inte utnyttjade slamdispensen.

Enkätundersökningen visade att endast 2 av 15 lantbrukare med slamdispens hade kretsloppsanpassade avloppsanordningar, vilket var slutna tank och urinsorterande toalett, detta visas i figur 11. Resterande slamdispenser hade konventionella avloppsanordningar, där infiltration var den dominerande anläggningen. En lantbrukare hade endast slamavskiljare. Enligt miljöbalken (1998:808) kapitel 9, § 7 bör allt avloppsvatten avledas och renas så att människors hälsa och miljön skyddas. Vidare står det i förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd § 12 att avloppsvatten bör genomgå längre rening än slamavskiljare. Ingen av fastigheterna hade extra fosforavskiljning i form av kemiskfällning och fosforfälla.

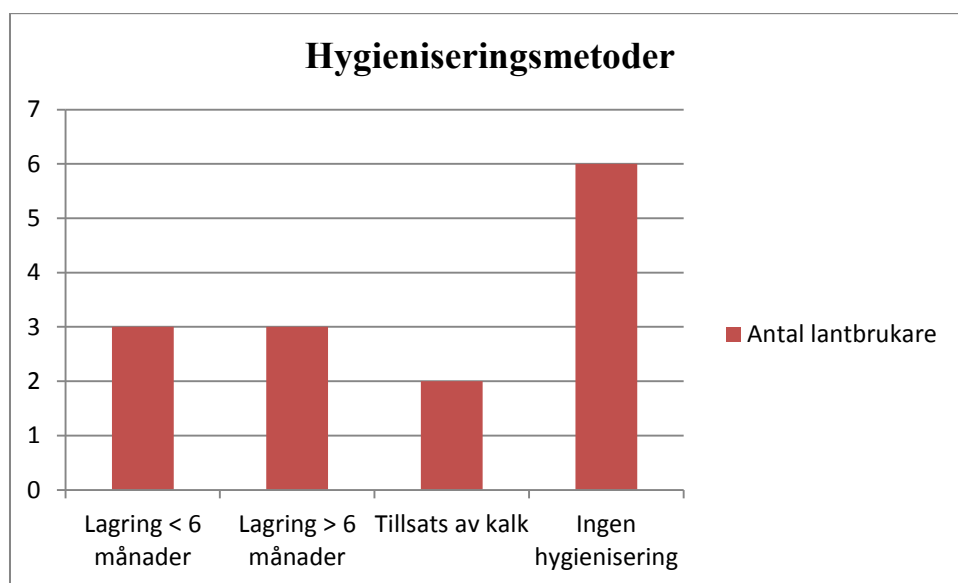


Figur 11: Fördelningen av avloppsanordningar på de fastigheter som har slamdispens.

Anledningen till att lantbrukarna ansökte om slamdispens, var för att använda avloppsfraktionerna som gödselmedel eller för att slippa kommunal tömning. Anledningar för

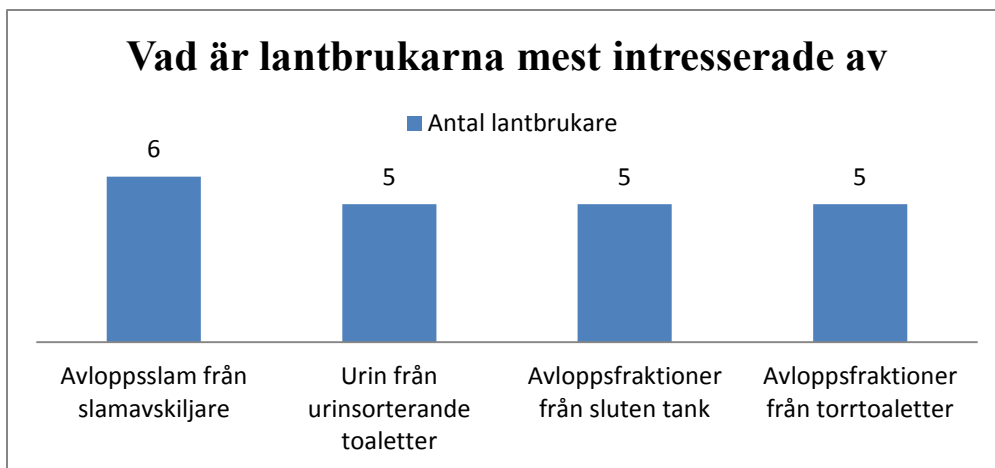
att slippa kommunal tömning kan vara för att undvika tömningskostnaden eller att det är svårt för slamsugningsbilen att ta sig fram till fastigheten. Tio av femton lantbrukare uppgav att de sökte slamdispens för att använda avloppsfraktioner som gödselmedel. De resterande fyra lantbrukare sökte slamdispens för att slippa kommunal tömning.

Enkätundersökningen visade att 6 lantbrukare inte hygieniserar avloppsfraktionerna innan det sprids på åkermark. Tre lantbrukare hygieniserar avloppsfraktionerna genom lagring i mindre än 6 månader innan spridning på åkermark. Dessa metoder ger inte ett tillfredsställande skydd mot smittspridning enligt Naturvårdsverkets rekommendationer. Två lantbrukare hygieniserade avloppsfraktionerna med tillsats av kalk, vilket ger en tillfredsställande hygienisering enligt Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2010b). Fördelningen mellan hygieniseringsmetoderna visas i figur 12. Sju lantbrukare lagrar avloppsfraktionerna tillsammans med djurgödsel medan tre lantbrukare lagrar avloppsfraktionerna i en enskild brunn.



Figur 12: Fördelningen mellan de olika hygieniseringsmetoderna

Enkätundersökningen visade att 7 av 15 lantbrukare var positiva till att använda avloppsfraktioner som gödselmedel. De avloppsfraktioner lantbrukarna i Falkenbergs kommun var mest intresserade av visas i figur 13. Lantbrukarna kunde välja en eller flera av dessa avloppsfraktioner. Undersökningen visade ett relativt jämt intresse för samtliga avloppsfraktioner men störst intresse var det för avloppsslam från slamavskiljare.



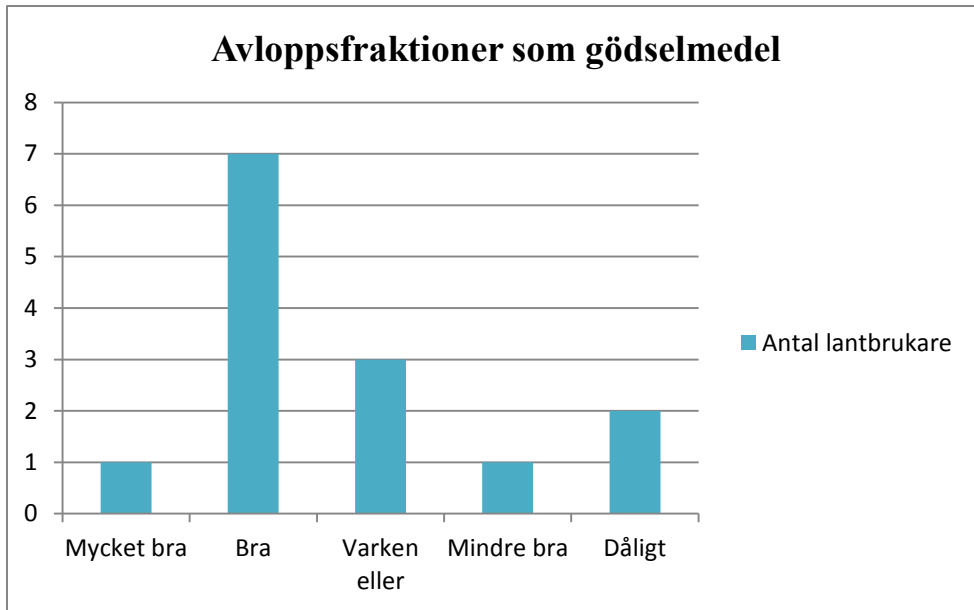
Figur 13: De avloppsfraktioner lantbrukarna i Falkenbergs kommun är mest intresserade av.

Enkätundersökningen visade väldigt varierande resultat gällande risken för oönskade ämnen i avloppsfraktioner. Lantbrukarna ansåg att den största risken för spridning av avloppsfraktioner är halten av tungmetaller. De ansåg även att det finns stor risk gällande läkemedelsrester vid spridning av avloppsfraktioner. Det var inga lantbrukare som ansåg att det fanns en mycket stor risk för patogener vid spridning av avloppsfraktioner. Hur svaren fördelades visas i figur 14.

Tabell 14: Fördelning en mellan svaren gällande risker för oönskade ämnen vid spridning av avloppsfraktioner.

Risk för oönskade ämnen					
Oönskade ämnen	Ingen risk	Mycket liten risk	Liten risk	Stor risk	Mycket stor risk
Läkemedelsrester i livsmedel	3 st	3 st	3 st	5 st	1 st
Tungmetaller i livsmedel	2 st	3 st	3 st	4 st	3 st
Patogener i livsmedel	2 st	5 st	4 st	4 st	0 st

Det var flera lantbrukare som påpekade att det var viktigt att återföra växtnäringssämnen från enskilda avloppsanordningar tillbaka till kretslopp men att det är viktigt att kunna garantera att innehållet inte är miljö- och hälsoskadligt. Överlag var lantbrukarna positivt inställda till att använda avloppsfraktioner som gödselmedel, vilket visas i figur 15.



Figur 15: Vad lantbrukarna anser om att använda avloppsfraktioner som gödselmedel.

Diskussion

Frågan om huruvida avloppsfraktioner främst ska ses som en resurs eller ett avfall har länge varit källan till diskussion. Även om råvarorna till växtnäringen i avloppsfraktioner är desamma som i konstgödsel, så är alternativet konstgödning betydligt mindre kontroversiellt jämfört med växtnäring från avloppsfraktioner. Växttillgängligheten i avloppsfraktioner är likvärdig med konstgödsel. Vid försök med spridning av humanurin i spannmål låg skördarna på mellan 70-100 % jämfört med spridning av konstgödsel (Stinzing et al 2001).

Växtnäringen i humanurin tillgodoser spannmålens näringsbehov och därför kan humanurin ersätta konstgödsel. Humanurinens innehåll av växtnäringsämnen är mycket lättillgängliga och kan vara intressant i ekologisk produktion, där konstgödsel inte får användas.

Avloppsfraktioner från slutna tankar för wc kan jämföras med urin, då den största mängden växtnäringsämnen finns i urinen (Stinzing et al 2001). Innehållet av patogener, tungmetaller och läkemedelsrester i avloppsfraktioner har gett upphov till rädsla hos allmänheten. Detta har bidragit till att återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar har ifrågasatts. Dock är de flesta eniga om att växtnäringsämnen från avloppsfraktioner måste återföras till kretslopp, för att uppnå en hållbar utveckling. Meningarna om hur återföringen av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar ska gå tillväga skiljer sig mycket åt (Augustinsson 2003). Det är viktigt att det tas fram tydliga riktlinjer för hur återföringen av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar ska gå till. I januari 2013 bildades ett certifieringssystem för källsorterande avloppsfraktioner som heter SPCR 178. Källsorterade avloppsfraktioner är fraktioner från slutna tankar för wc, urinsorterande toaletter, torrtoaletter, slam från kemisk fällning och fosforfällor. Gemensamt för dessa avloppsfraktioner är att vid användningen i lantbruket ska de vara hygieniskt säkra och intressanta som gödselmedel. Certifieringssystemet REVAQ för kommunala reningsverk har varit en förebild för SPCR 178 men är dock inte lika omfattande karaktär som REVAQ. Avloppsfraktioner från enskilda avloppsanordningar innehåller en mindre mängd oönskade ämnen jämfört med avloppsslam från kommunala reningsverk. Certifiering innebär att ett oberoende certifieringsorgan bestyrkar att avloppsfraktioner uppfyller de ställda kraven, detta bekräftas sedan i ett certifikat. Certifieringssystemet SPCR 178 bildades eftersom det fanns tydliga signaler från kommuner, Lantbrukarnas riksförbund och livsmedelsindustrin om behovet av kvalitetssäkring av avloppsfraktioner från små avloppssystem och större sorterande avloppssystem för återföring till åkermark. Certifiering av källsorterade avloppsfraktioner är särskilt betydelsefulla för livsmedelsindustrin, så att de kan bibehålla kundernas förtroende

(Richert Stinzing & Palm 2009). Idag har livsmedelsverket åberopat försiktighetsprincipen gällande spridning av avloppsslam på åkermark, då de anser att kunskapsluckan är för stor och att det saknas tydliga riktlinjer. Som en följd av detta har aktörer såsom ARLA, Lantmännen, Svenskt Sigill och KRAV inte tillåtit spridning av avloppsslam (Petersson 2011). Hur livsmedelsindustrin ställer sig till källsorterade avloppsfraktioner är idag oklart, då dessa avloppsfraktioner är ovanliga och inte diskuterats närmare bland aktörerna. För att livsmedelsindustrin ska få möjlighet att kontrollera avloppsfraktioners innehåll av oönskade ämnen är certifieringen offentlig. Grundförutsättningar för att avloppsfraktioner ska kunna certifieras är att de ska vara intressanta som gödselmedel samt vara hygieniskt säkra (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut 2012). För att uppnå dessa grundförutsättningar ska bland annat följande krav uppfyllas:

- Arbetet ska genomföras på ett strukturerat och systematiskt sätt
- Hämtningsstället och mängden avloppsfraktioner ska dokumenteras
- Avloppsfraktionernas kvalitet får inte försämrats under transporten
- Innehållsdeklarationen ska innehålla information om ursprung, hygienisering och sammansättning
- Ställda hygieniseringskrav ska uppfyllas
- Användningen av avloppsfraktioner inom jordbruket ska dokumenteras på karta
- Lantbrukaren ska ha en fortlöpande egenkontroll

För att få ett certifikat enligt SPCR 178 ska avloppsfraktionerna hygieniseras genom termisk torkning, pastörisering, våtkompostering, termofil rötning eller med tillsats av kalciumoxid. Andra hygieniseringmetoder kan accepteras men lantbrukaren måste först ansöka om det (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut 2012). Certifiering av källsorterade avloppsfraktioner är ett bra sätt att öka förtroendet för återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar hos livsmedelsindustrin men kraven är väldigt tuffa för den enskilda lantbrukaren. Det är till exempelvis inte rimligt för den enskilda lantbrukaren att hygienisera avloppsfraktioner genom pastörisering, våtkompostering eller rötning eftersom det ställer höga krav på tekniska metoder. För enskilda lantbrukare som endast återför egna eller grannarnas avloppsfraktioner skulle det räcka med egenkontroll, lämpliga hygieniseringskrav och regelbundna provtagningar av både avloppsfraktioner och åkermark. Om återföringen av avloppsfraktioner sker i en större omfattning eller kommunalt är certifiering lämpligt.

En viktig förutsättning för att kretsloppsanpassa enskilda avloppsanordningar är att det finns lantbrukare som är villiga att ta emot avloppsfraktioner. Ur avsättningsperspektivet har Falkenbergs kommun stor potential för att återföra växtnäringsämnen till åkermark. Falkenbergs kommun är den största kommunen i Halland sett till ytan och lantbruket är en betydande näringsgren i kommunen (Falkenbergs kommun 2010b). Enkätundersökningen som gjordes visade att den största anledningen till att lantbrukarna hade slamdispens var för att kunna använda avloppsfraktioner som gödselmedel, 10 lantbrukare uppgav att det var för att kunna använda avloppsfraktionerna som gödselmedel. Det var bara 4 av 14 lantbrukare vars anledning var att slippa kommunal tömning. Detta är positivt för att kunna återföra växtnäringsämnen från avloppsfraktioner tillbaka till kretslopp. På frågan om lantbrukarna kunde tänka sig att använda avloppsslam som gödselmedel var det endast 7 av 15 lantbrukare i Falkenbergs kommun som svarade ja. Anledningen till detta kan dels bero på att många lantbrukare tolkade att det var avloppsslam från kommunala reningsverk och detta var de inte intresserade att ta emot pga. mängden oönskade ämnen. Det var fel att använda begreppet avloppsslam i enkäten, istället skulle begreppet avloppsfraktioner använts. Enkäten skulle dessutom tydligare specificerat att det var avloppsfraktioner från enskilda avloppsanordningar och att kommunala reningsverk inte inräknades i undersökningen. Det var flera lantbrukare som kommenterade i enkätundersökningen att de endast ville ta emot avloppsfraktioner från landsbygden. En ytterligare anledning till att lantbrukarna inte ville använda avloppsfraktioner som gödselmedel var att det inte kan garanteras att avloppsfraktionerna inte innehåller oönskade ämnen som kan påverka människans hälsa och miljön negativt. Dessutom var det även en lantbrukare som påpekade att dennes kund, ARLA, inte tillåter spridning av avloppsfraktioner, annars hade lantbrukaren gärna använt avloppsfraktioner som gödselmedel. Det är viktigt att livsmedelsindustrin är positivt inställda till återföringen av avloppsfraktioner till åkermark innan det sker en påtryckning på lantbrukarna så att de inte hamnar i kläm mellan kommunen och livsmedelsindustrin.

Enkätundersökningen visade att 6 av 15 lantbrukare var intresserade av att använda avloppsslam från slamavskiljare som gödselmedel. Detta är märkligt då avloppsslam från slamavskiljare innehåller begränsade mängder växtnäringsämnen och användning av detta inte ger något större kretslopp av växtnäringsämnen (Avloppsguiden 2013). Det var endast 2 av 15 lantbrukare med slamdispens som hade kretsloppsanpassade avloppsanordningar. Dessa resultat tyder på att lantbrukare behöver få mer information om kretsloppsanpassade avloppsanordningar och hur fördelningen av växtnäringsämnen är i avloppsfraktioner. De två

mest intressanta kretsloppsanpassade avloppsanordningar för lantbrukare i Falkenbergs kommun är urinsorterande vattentoalett och sluten tank för wc. Urinsorterande toaletter tillvaratar växtnäringsämnen från urin medan växtnäringsämnen från fekalier går förlorade i ett annat reningssteg. Det är dock urinen som innehåller merparten av växtnäringsämnen, ca 83 % (Länsstyrelsen Västra Götalands län 2011). En fördel med urinsorterande toaletter är att urin är en relativt ren avloppsfraktion och hygienisering av detta är enkelt. Enligt Naturvårdsverkets nya förslag är lagring av urin en fullgod hygieniseringsmetod (Naturvårdsverket 2010b). Det är dock svårt att installera urinsorterande toaletter i befintliga fastigheter eftersom nya ledningar måste anläggas, detta kan både vara tekniskt svårt och dyrt. I nybyggnationer är urinsorterande toaletter en enkel investering som kan vara mer ekonomisk lönsam än sluten tank för wc. En sluten tank för wc tillvaratar samtliga växtnäringsämnen som finns i avloppsfraktioner, dock kräver det mer omfattande hygienisering än urin från urinsorterande toaletter. Det är relativt enkelt att installera sluten tank för wc i befintliga fastigheter, då ledningarna dras genom de befintliga ledningarna (Länsstyrelsen Västra Götalands län 2011). En kretsloppsanpassad enskild avloppsanordning behöver inte vara särskilt dyr eller tekniskt avancerad, egentligen handlar det bara om att återupptäcka och vidareutveckla sedan länge kända avloppsanordningar.

För att allmänheten ska få större acceptans för återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar, är det viktigt att pålitliga och väl beprövade hygieniseringsmetoder används. Enkätundersökningen visade att 6 av 14 lantbrukare inte hygieniserade avloppsfraktionerna innan de återfördes till åkermark och 3 av 14 lantbrukare lagrade avloppsfraktionerna i mindre än 6 månader. Dessa resultat visar att det inte sker en tillräcklig hygienisering av avloppsfraktioner innan de återförs till åkermark. Lagring i över 6 månader var också en vanlig hygieniseringsmetod, detta är dock en osäker hygieniseringsmetod för blandade avloppsfraktioner. I Naturvårdsverkets nya förslag placeras långtidslagring i klass C med förutsättning att det lagras i minst 1 år utan tillförsel av nya avloppsfraktioner. Om det endast är urin som ska hygieniseras är lagring i 6 månader och 20°C en fullgod hygieniseringsmetod. Det var två lantbrukare som hygieniserade avloppsfraktioner med tillsats av kalk, det framkom dock inte om det var med kalciumhydroxid eller kalciumoxid. Enligt Naturvårdsverkets nya förslag är kalciumoxid en god hygieniseringsmetod och når upp till klass A medan kalciumhydroxid uppnår klass B. Överlag visade resultaten från enkätundersökningen på bristande kunskap om hygienisering av avloppsfraktioner, vilket inte är så konstigt eftersom det för närvarande inte finns några tydliga riktlinjer för hur

hygienisering ska gå till. Enligt Naturvårdsverkets nya förslag uppnår pastörisering, termofil rötning och våtkompostering klass A. Dessa metoder är inte aktuella för lantbrukare som inte redan har en sådan anläggning, då det är dyrt och tar mycket plats (Naturvårdsverket 2010b). Lämpliga hygieniseringsmetoder för mindre lantbrukare är tillsats av kalk och urea. En viktig förutsättning för båda hygieniseringsmetoderna är god homogenisering så att man får verkan i allt material (Schönning 2003). Naturvårdsverket har ännu inte klassificerat hygienisering med tillsats av urea. Undersökningar har visat att hygienisering med tillsats av urea har en god hygieniseringseffekt, då urea omvandlas till ammoniak som är giftigt för de flesta organismer. Mer än 90 % av all urea används som gödselmedel i lantbruket och på detta sätt utnyttjas urea två gånger, först för hygienisering och sedan för gödning. Detta gör hygienisering med tillsats av urea till både ett miljö- och kostnadsvänligt alternativ (Vinnerås 2007).

Allmänheten har många fördomar mot spridning av avloppsfraktioner på grund av innehållet av oönskade ämnen. Enkätundersökningen visade att lantbrukarna i Falkenbergs kommun ansåg att halten tungmetaller i avloppsfraktioner utgör den största risken för återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar. De ansåg även att innehållet av läkemedelsrester i avloppsfraktioner utgör en stor risk. Däremot var lantbrukarna i Falkenbergs kommun inte lika oroliga över patogenhalten i avloppsfraktionerna. Även om det i dagsläget saknas dokumenterade sjukdomsutbrott orsakade av patogener från avloppsfraktioner, så behöver det inte betyda att det är en riskfri verksamhet. Det behövs flera epidemiologiska studier och avancerade riskvärderingar för att få reda på de exakta riskerna vid återföring av avloppsfraktioner. Däremot är tungmetalls- och läkemedelshalterna i avloppsfraktioner mycket lägre jämfört med djurgödsel och borde därför inte utgöra något problem för återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar. Dagens kunskap visar att läkemedelsrester bryts ned lättare i mark jämfört med i vattenmiljö och därför är det miljömässigt bättre att tillföra avloppsfraktioner med eventuella läkemedelsrester i åkermark än till vattenrecipient. Risken för att läkemedelsrester påverkar grödor är liten vid spridning av avloppsfraktioner (Hjelmqvist et al 2012). Om Läkeämnesverket i framtiden betraktar miljökonsekvenserna vid framtagning av nya läkemedel blir risken för återföring av växtnäringsämnen från enskilda avloppsanordningar ytterligare lägre (Petersson 2011).

I dagsläget saknas det lagar för kretsloppsanpassade enskilda avloppsanordningar. Många av dagens lagkrav gällande återföring av avloppsslam är gamla och förnärvarande pågår mycket revision och uppdateringar av dessa. EU direktivet 86/278/EEG om slamanvändning är från 1986 och reglerar endast avloppsslam från konventionella avloppsanordningar och

kommunala reningsverk. Avloppsslam från kretsloppsanpassade enskilda avloppsanordningar ingår inte i direktivet (Kjerstadius et al 2012). Urin från urinsortering toaletter skiljer sig mycket från övrigt avloppsslam och det finns ett stort behov av lagkrav för urin. Urin regleras för närvarande inte i detalj av några författningar varken inom EU eller Sverige. Begreppet avloppsslam måste bytas ut mot avloppsfraktioner, så att även urin och fekalier från kretsloppsanpassade enskilda avloppsanordningar regleras av lagar. Detta är viktigt då dessa avloppsanordningar förväntas öka i framtiden. Det finns heller inga svenska författningar som reglerar avloppsfraktioner från kretsloppsanpassade enskilda avloppsanordningar. Naturvårdsverkets kungörelse (SNFS 1994:2) reglerar liksom EU-direktivet endast avloppsslam från konventionella enskilda avloppsanordningar och kommunala reningsverk. För närvarande får avloppsslam endast spridas på åkermark enligt Naturvårdsverkets föreskrifter, det saknas regler för spridning av avloppsslam på annan mark än åkermark. Detta kan bli ett problem i framtiden dels för att andra marktyper behöver växtnäringssämnen och för att det nya EU-direktivet kommer innehålla generella bestämmelser för spridning på annan mark. Alla medlemsländer i EU måste följa direktiven, vilket betyder att Sverige måste införa bestämmelser för spridning på annan mark än åkermark. Varken EU eller svenska författningar reglerar gränsvärden för patogener i avloppsfraktioner. Det behövs gränsvärden för patogener så att smittspridning inte ska uppstå. Det är särskilt viktigt i framtiden om det sker en omfattande spridning av avloppsfraktioner. Arbetet med att ta fram nya författningar i EU och Sverige har pågått under mycket lång tid men inga nya lagkrav har ännu trätt ikraft. Det behövs en kraftig påskyndning då dagens författningar är uråldriga. EU-direktivet är 26 år gammalt och Naturvårdsverkets föreskrifter är 19 år gamla (Naturvårdsverket 2010b).

Sverige strävar efter en hållbar utveckling, vilket innebär att livsmedelskedjan och lantbruket ska vara uthålligt. För att uppnå detta är det viktigt att återanvända och hushålla med ändliga resurser. Återförande av växtnäringssämnen som finns i enskilda avloppsanordningar är ett steg i rätt riktning. I ett av Sveriges miljömål "God bebyggd miljö" har man bestämt att fosfor skall ingå i ett kretslopp. Det innebär att fosfor ur avlopp ska återföras till åkermarken. Även andra växtnäringssämnen bör så småningom ingå i kretsloppet, men än så länge finns det endast styrande mål för återföring av fosfor. Ett långsiktigt mål för enskilda avloppsanordningar bör vara att samtliga växtnäringssämnen från avloppsfraktioner ska återföras till åkermark där näringen behövs, utan att det påverkar människans hälsa och miljön negativt (Naturvårdsverket 2010b). Detta innebär bl.a. att

- Avloppsfraktionerna har en sådan kvalitet att de återförs utan risk för människans hälsa och miljön
- Växtnäringsämnen i avlopp återförs till både åkermark och annan mark där näring behövs
- Användning av andra gödselmedel ersätts.

Slutsatser

Genom att återföra avloppsfraktioner från enskilda avloppsanordningar till åkermark kan konstgödsel ersättas och dessutom ger det en minskad klimatpåverkan då avloppsfraktionerna hanteras lokalt vilket medför minskade transportsträckor.

Lantbrukarna i Falkenbergs kommun vill ha ett bra gödselmedel med ren växtnäring men de är rädda för innehållet av oönskade ämnen. Kvaliteten på avloppsfraktioner som används i lantbruket måste garanteras. Även livsmedelsindustri och konsumenter måste ha förtroende för återföringen av avloppsfraktioner till åkermark. Det är dock inte rimligt att kräva att enskilda lantbrukare ska certifiera sig utan egenkontroll och regelbundna provtagningar av avloppsfraktioner och åkermark där de har spridits på. Om återföringen av växtnäringsämnen från avloppsfraktioner sker i en större omfattning eller kommunalt bör certifiering krävas.

Det behövs även mer information till lantbrukare i Falkenbergs kommun om kretsloppsanpassade avloppsanordningar. Särskilt intressanta kretsloppsanpassade avloppsanordningar är urinsorterande vattentoalett och sluten tank för wc. Vilken kretsloppanpassad avloppsanordning som är lämpligast beror på om det är en befintlig fastighet eller en nybyggnation men även vilken hygieniseringsmetod som används. Hygienisering av urin är inte lika omfattande som hygienisering av blandade avloppsfraktioner. Det är dock avloppsfraktioner från wc kopplat till sluten tank som har högst återföringspotential, så det är en avvägning lantbrukaren ska göra. Sammanfattningsvis bör informationen till lantbrukarna i Falkenbergs kommun innehålla:

- Vilka avloppsanordningar som har störst möjlighet att tillvarata växtnäringsämnen.
- Hur fördelningen av växtnäringsämnena i de olika avloppsfraktionerna ser ut.
- Växttillgängligheten i avloppsfraktioner kan jämföras med konstgödsel.
- Hur hygieniseringen av avloppsfraktioner ska gå till.

Det behövs tydliga riktlinjer för hygienisering av avloppsfraktioner. Spridning av patogener får inte förekomma utan ska förhindras genom hygienisering. Avloppsfraktionerna måste därför genomgå hygienisering innan spridning på åkermark. Hygienisering med tillsats av kalk eller urea är intressanta metoder för lantbrukarna i Falkenbergs kommun då dessa metoder inte kräver särskilt avancerade tekniska metoder. Särskilt hygienisering med urea är intressant då undersökningar har visat att hygienisering med tillsats av urea har en god hygieniseringseffekt. Urea används redan som gödselmedel i lantbruket och på detta sätt

utnyttjas urea två gånger, först för hygienisering och sedan för gödsling. Detta gör hygienisering med tillsats av urea till både ett miljö- och kostnadsvänligt alternativ. Om kretsloppsanpassning av enskilda avlopp ska ske i ett kommunalt perspektiv är termofil rötning, pastörisering och våtkompostering intressanta hygieniseringsmetoder.

Det råder mycket tvivel om effekten från hygieniseringsmetoder och därför behövs mer forskning om olika hygieniseringsmetoder.

Referenslista

- Augustinsson H (2003) Växtnäring från avlopp – historik, kvalitetssäkring och lagar, Naturvårdsverkets rapport 5220
- Arheimer B, Torstensson G, Wittgren H.B (2004), Landscape planning to reduce coastal eutrophication: agricultural practices and constructed wetlands, Landscape and Urban Planning nr 67, sid 205-215
- Avfall Sverige (2012), Fosforfällor, fosforfiltermaterial – ett hushållsavfall, ISSN 1103-4092
- Avloppsguiden (2013) Avloppsguiden www.avloppsguiden.se (Hämtad: 2013-02-15)
- Balmér P, Book K, Hultman B, Jönsson H, Kärrman E, Levlin E, Palm O, Schönning C, Seger A, Stark K, Söderberg H, Tideström H, Åberg H (2002) System för återanvändning av fosfor ur avlopp, Naturvårdsverkets rapport nr 5221
- Båth B & Winter C (2008) Växtnäringsstyrning
- Eveborn D, Malmén L, Palm O & Edström M (2007) Våtkompostering för kretsloppsanpassning av enskilda avlopp i Norrtälje kommun, ISBN 1401-4955
- Falkenbergs kommun (2004) Delöversiktsplan (DÖP) för Falkenbergs Centralortsområde
- Falkenbergs kommuns författningssamling (2005) Föreskrifter om avfallhantering för Falkenbergs kommun
- Falkenbergs kommun (2010) Är det dags att anlägga enskilt avlopp
- Falkenbergs kommun (2011a) VA-översikt Falkenberg
- Falkenbergs kommun (2011b) Plan för den ekologiska hållbarheten
- Falkenbergs kommun (2012a) Riktlinjer för handläggning av ärenden som gäller enskilda avloppsanordningar – tidigare 2
- Falkenbergs kommun (2012b), Om Falkenberg, <http://www.falkenberg.se/omfalkenberg.4.4c02fa61127c78cf0380001465.html> (Hämtad: 2013-02-26)
- Hjelmqvist J, Johansson M, Tegelberg L (2012), Återföring av näring av från små avlopp
- Inger M, Norin E, Mathisen B (1997) Hygienisering av biologiskt avfall
- Institutet för jordbruks- och miljöteknik (2003) Enskilda avlopp – problem och möjligheter
- Institutet för jordbruks- och miljöteknik (2008) Små avlopp ska vara enkla
- Johnson B (1997) Fosfor i växten och marken, ISBN: 0246-4989

- Jönsson H, Baky A, Jeppsson U, Hellström D, Kärrman E, (2005) Composition of urine, faeces, greywater and biowaste, Urban Water Report 2005:6, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
- Kjerstadius H, Jansen Jes la Cour, Stålhandske L, Eriksson E, Olsson M & Davidsson Å (2012) Rötning av avloppsslam vid 35, 55 och 60 °C, Svenskt vatten utveckling nr 15
- Kvarnström M.E, Morel C A.L, Krogstad T (2004) Plant-availability of phosphorus in filter substrates derived from small-scale wastewater treatment systems, Ecological Engineering nr 22, sid 1-15
- Linderholm K (2011) Fosfor och dess växttillgänglighet i slam – en litteraturstudie, Svenskt vatten utveckling nr 16
- Lantbrukarnas Riksförbund (2010) Enskilda och små avlopp i kretslopp
- Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2011) Kretsloppsanpassning av små avlopp i Uddevalla, Stenungsund, Tjörn, Orust och Kungälv's kommuner
- Malmén L & Palm O (2003) Uppsamling, våtkompostering och användning av klosettvattnet och organiskt avfall i Sunds kommun, Åland
- Miljö- och hälsoskyddskontoret i Falkenbergs kommun (2013) Arkivsök
- National Research Council (2002) Biosolids applied to land: advancing standards and practices National academy of science, USA.
- Naturvårdsverket (1995) Vad innehåller avlopp från hushåll, Naturvårdsverkets rapport 4425
- Naturvårdsverket (2006) Allmänna råd om små avloppsanordningar för hushållspillvatten NFS 2006:7
- Naturvårdsverket (2008) Bilagor till handboken – små avloppsanordningar
- Naturvårdsverket (2010a), Redovisning av regeringsuppdrag 21, Uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp", Dnr 525-205-09
- Naturvårdsverket (2010b), Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp, ISBN 91-620-5214-4
- Naturvårdsverket (2013-02-18), Användningsmöjligheter för avloppsslam, <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning-amnesvis/Avlopp/Avloppsslam/Anvandningsmojligheter-for-avloppsslam/> (Hämtad: 2013-02-26)
- Niwagaba C, Nalubega M, Vinnerås B, Sundberg C, Jönsson H (2009) Bench-scale composting of source-separated human faeces for sanitation, Waste Management nr 29, sid 585-589

- Nordin A (2010) *Ammonia sanitisation of human excreta*, Diss. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet ISBN 978-91-576-7512-5
- Palm O, Malmén L, Jönsson H (2003), Robusta, uthålliga små avloppssystem, ISBN 91-620-5224-1
- Petersson M (2011) Lokala kretslopp, Gotland
- Richert Stinzing A & Palm O (2009) System för kvalitetssäkring och jordbruksanvändning av källsorterade avloppsfraktioner från enskilda hushåll
- Richert Stinzing A, Rodhe L, Åkerhielm H (2001) Humanurin som gödselmedel – växtnäring, spritsningsteknik och miljöeffekter
- Schönning C (2003) Risk för smittspridning via avloppsslam, ISBN 91-620-5215-2
- Schönning C & Stenström T.A (2004) Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems, ISBN 91 88714 93 4
- Sivertsson, Linda; Miljö- och hälsoskyddsinspektör Falkenbergs kommun, 2013, Personlig kommunikation 19 februari
- Smittskyddsinstitutet (2010a) Sjukdomsinformation om Escherichia coli-infektioner i tarmen, <http://www.smittskyddsinstitutet.se/sjukdomar/escherichia-coli-infektioner-i-tarmen/> (Hämtad: 2013-04-15)
- Smittskyddsinstitutet (2010b) Sjukdomsinformation om clostridium perfringens – matförgiftning, <http://www.smittskyddsinstitutet.se/sjukdomar/clostridium-perfringens-matforgiftning/> (Hämtad: 2013-04-15)
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2012) Certifieringsregler för System för Kvalitetssäkring av fraktioner från små avlopp, SPCR 178
- Svensk mjölk (2012) Enterobacteriaceae, <http://www.svenskmjolk.se/Mjolkgruppen/Mjolkkvalitet/Hygien-och-bakterier/Hygien-mejeri/Produktforstorande-bakterier/enterobacteriaceae/> (Hämtad: 2013-05-06)
- Thougaard H, Varlund V, Møller Madsen R (2007) Grundläggande mikrobiologi, Danmark: Nyt teknisk forlag, ISBN 978-91-44-00621-5, sid 121-142
- Tidåker P & Jönsson H (2006) Avloppets växtnäring till jordbruket i ett livscykelerspektiv, Vatten nr 62, sid 77-82
- Tidåker P, Kärrman E, Baky A, Jönsson H (2006), Wastewater management intergrated with farming – an environmental system analysis of a Swedish country town, Resources, Conservation and recycling nr 47, sid 295-315
- Tidåker P, Sjöberg C, Jönsson H (2007a) Local recycling of plant nutrients from small-scale wastewater systems to farmland – A Swedish scenario study, Resources, Conservation and Recycling nr 49, sid 388-405

Tidåker P, Mattson B, Jönsson H (2007b) Environmental impact of wheat production using human urine and mineral fertilisers – a scenario study, *Journal of Cleaner Production* nr 15, sid 52-62

Weiss P, Eveborn D, Kärman E, Gustafsson J.P (2008), Environmental systems analysis on four-site wastewater treatment options, *Resources, Conservation and recycling* nr 52, sid 1153-1161

Vinnerås B (2007), Comparison of composting, storage and urea treatment for sanitising of faecal matter and manure, *Bioresource Technology* nr 98, sid 3317-3321

Vatten Informations System Sverige (2013), <http://www.viss.lansstyrelsen.se/> (Hämtad 2013-05-06)

Welin C (2011) Biogasproduktion med slam från enskilda avlopp - en förstudie i Ronneby kommun

Winker M, Vinnerås B, Muskolus A, Anorid U, Clemens J (2009) Fertiliser products from new sanitation systems: Their potential values and risks, *Bioresource Technology* nr 100, sid 4090-4096

Water Revival Systems, Uppsala AB, Palmér Rivera M, af Petersens E, Granath M, (2012) Kretsloppsanpassning av små avlopp i Halmstads kommun - en förstudie, Rapport nr 2012-0383-A

Författningar

EU:s direktiv 86/278/EEG om slamanvändning

Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.

Jordbruksverkets föreskrift (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket

Miljöbalken (SFS 1998:808).

Naturvårdsverkets allmänna råd (NFS 2006:7) om enskilda avlopp.

Naturvårdsverkets kungörelse (SNFS 1994:2) med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket

Bilaga 1

Hur ser Du på att sprida slam från Ditt avlopp på Din åkermark?

Vi är två studenter som läser sista terminen på miljö- och hälsoskyddsprogrammet på Högskolan i Halmstad. Vi gör nu vår sista uppsats om spridning av slam från enskilda avlopp till åkermark. Slam innehåller växnäringsämnen och kan användas som gödselmedel på åkermark. Studiens syfte är att undersöka vilka förutsättningar Falkenbergs kommun har för att använda slam som gödselmedel på åkermark. Målsättningen med studien är att ta reda på om det går att öka spridningen av slam från enskilda avlopp utan risk för smittspridning.

Vi är nu intresserade av att veta hur Du som har slamdispens, ser på att återföra slam till åkermark. Dina åsikter och synpunkter är betydelsesfulla för oss.

Vi ber Dig att svara på frågorna så noga som möjligt och skicka tillbaka enkäten i det portofria svarskuvertet. Alla svar kommer att behandlas anonymt och Dina svar kommer inte kunna urskiljas. Numret uppe till höger på enkätens första sida är endast till för att underlätta hanteringen av enkäterna.

Vi hoppas att Du vill delta i studien genom att svara på frågorna. Om det skulle uppstå några frågor så får Du gärna höra av dig till oss.

Vi ber Dig svara senast onsdagen den 3/4 - 2013

Med vänliga hälsningar

Emilia Hansen 0702 87 91 85

Martina Ståhl 0708 55 23 55

Vår handledare på Högskolan i Halmstad är Anna Hansson.

Du får gärna kontakta henne vid frågor om projektet

Anna.Hansson@hh.se

035 – 16 72 63

Bilaga 2

Hur ser Du på att sprida slam från Ditt avlopp på Din åkermark

1. Vilken avloppsanordning har du?

Markera ett alternativ

- Slamavskiljare med infiltration
- Slamavskiljare med markbädd
- Sluten tank
- Minireningsverk
- Torrtoalett
- Urinseparerande toalett
- Annat: _____

2. Har du någon extra fosforavlastning i din avloppsanordning?

Markera ett alternativ

- Ja, kemisk fällning
- Ja, fosforfälla
- Nej
- Annat: _____

3. Varför ansökte du om slamdispens?

Markera ett alternativ

- För att slippa kommunal tömning
- För att använda slammet som gödselmedel
- Annat: _____

4. Hur töms slammet i slamavskiljaren

Markera ett alternativ

- Endast flytslam töms
- Hela slamavskiljaren töms
- Annat: _____

VÄND!

5. Hur ofta töms slamavskiljare/sluten tank/minireningsverk?

Markera ett alternativ

- Oftare än 1 gång per år
- 1 gång per år
- Vartannat år
- Annat: _____

6. Hur hygieniseras slammet innan spridning på mark?

Markera ett alternativ

- Lagring i mindre än 6 månader
- Lagring över 6 månader
- Tillsats av urea
- Tillsats av kalk
- Tillsats av ammoniak
- Genom våtkompostering
- Ingen hygienisering sker
- Annat: _____

7. Var hygieniseras slammet?

Markera ett alternativ

- I egen gödselbrunn
- Tillsammans med djurgödsel
- Annat: _____

8. På vilken mark sprids slammet?

Markera ett eller flera alternativ

- Betesmark
- Mark med odling av vallfodergrödor
- Mark med odling av bär
- Mark med odling av fruktträd
- Mark med odling av grönsaker
- Mark med odling av rotfrukter
- Mark med odling av spannmål
- Annat: _____

9. Sker nedbrukning av slammet?

Markera ett alternativ

- Ja, inom 4 timmar
- Ja, inom 1 dygn
- Nej, ingen nedbrukning sker
- Annat: _____

10. När sker spridningen av slammet?

Markera ett eller flera alternativ

- Under vårsäsong
- Under sommarsäsong
- Under höstsäsong
- Annat: _____

11. Kan du tänka dig att använda slam som gödselmedel?

Markera ett alternativ

- Ja
- Nej

12. Kan du tänka dig att ta emot slam från andra fastigheter för att sprida det på din åkermark som gödselmedel?

Markera ett alternativ

- Ja
- Ja, mot ersättning
- Nej
- Det gör jag redan
- Annat: _____

13. Om ja, vilka avloppsfraktioner är du mest intresserad av att ta emot?

Markera ett eller flera alternativ

- Slam från slamavskiljare
- Slam från slutna tank
- Urin från urinseparerande toaletter
- Slam från torrtoalett
- Annat: _____

VÄND!

14. Vad anser du om smittoriskerna vid slamspridning gällande:

Markera ett alternativ för varje rad

	Ingen risk	Mycket liten risk	Liten risk	Stor risk	Mycket stor risk
Läkemedelsrester i livsmedel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tungmetaller i livsmedel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sjukdomsframkallande mikroorganismer i livsmedel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Vad anser du om att använda slam som gödselmedel?

Markera ett alternativ

- Mycket bra
- Bra
- Varken eller
- Mindre bra
- Dåligt

16. Övriga tankar och åsikter om att använda slam som gödselmedel?

Slutligen ber vi Dig svara på några frågor om Ditt jordbruk

17. Hur många hektar omfattar Ditt jordbruk? _____

18. Har Du växtodling i Ditt jordbruk och i så fall vilken?

Markera ett alternativ och fyll i vilken

- Ja
- Nej
- Växsort: _____

19. Har Du djurhållning i Ditt jordbruk och i så fall vilken?

Markera ett alternativ och fyll i vilken

- Ja
- Nej
- Djurslag: _____

20. Om ja, hur många djurenheter har du? _____

Tack för Din medverkan!

