

Utvärdering av Fåröprojektet

Anna Bäckstäde



VA-Forsk

VA-Forsk är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-Forsk initierades gemensamt av Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-Forsk styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Ola Burström, ordförande
Roger Bergström
Bengt Göran Hellström
Staffan Holmberg
Pär Jönsson
Peeter Maripuu
Stefan Marklund
Peter Stahre
Jan Söderström

Skellefteå
Svenskt Vatten AB
Stockholm Vatten AB
Haninge
Östersund
Vaxholm
Luleå
VA-verket Malmö
Sv kommunförbundet

Asle Aasen, adjungerad
Thomas Hellström, sekreterare

NORVAR, Norge
Svenskt Vatten AB

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

VA-Forsk
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Utvärdering av Fåröprojektet
Title of the report:	Evaluating of the Fårö project
Rapportens beteckning Nr i VA-Forsk-serien:	2003-19
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-89182-83-9
Författare:	Anna Bäckstäde, Avdelning Ekoteknik, Institutionen för teknik och resurshushållning, Mitthögskolan i Östersund
VA-Forsk projekt nr:	95-120
Projektets namn:	Utveckling av och försök med alternativa hanteringsformer för avloppsslam
Projektets finansiering:	VA-Forsk
Rapportens omfattning Sidantal:	49
Format:	A4
Sökord:	Slam, lagring, tungmetaller, bakterier, trekammarbrunn, slutna tank, växtnäring, PCB, PAH, hygienisering
Keywords:	Sludge, storage, heavy metals, bacteria, settling tank, nutrients, PCB, PAH, hygienisation
Sammandrag:	Insamling och lagring av avloppsslam från trekammarbrunnar och slutna tankar sker. Det hygieniserade slammet används sedan som växtnäring inom jordbruket. Förekomst av miljöstörande ämnen har studerats.
Abstract:	Collection and storage of sludge from septic tanks are taking place. After hygienization the sludge is used as fertilizer in agriculture. Presence of environmentally hazardous substances has been studied.
Målgrupper:	VA-verk, miljö- och hälsoskyddsförvaltningar
Utgivningsår:	2003
Rapporten beställs från:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Sammanfattning

På Fårö pågår ett försök sedan 1997 där slam från enskilda brunnar och tankar samlas in och lagras för att sedan spridas på åkermark. Syftet med projektet är att slippa transportera slammet sex mil till Visby avloppsreningsverk samt att kunna utnyttja en lokal växtnärsresurs i jordbruket på Fårö. Lagringen som ska hygienisera slammet under minst sex månader sker i två stora gödselbrunnar.

Slammet från Fårös hushåll innehåller både metaller och organiska miljöfarliga ämnen. I vissa fall ligger värdena över eller nära uppsatta gräns- och riktvärden. Mängden växtnärsämnen i slammet är relativt liten. Halten indikatorbakterier minskar under lagringen.

Om slammet från Fårö ska bli en resurs för jordbruket måste en omfattande informationsinsats genomföras. Detta för att minska de för människan och miljön skadliga ämnena i slammet. Även en ändring av taxan kan ge ett förändrat avloppsanvändande. Provtagningen och analyserna som görs på slammet bör också förändras för att få mera tillförlitlig information om kvaliteten på slammet.

Det är också viktigt att slammet innehåller växtnärsämnen, det vill säga kväve, fosfor och kalium så att slammet blir en resurs för jordbruket. På Fårö innehåller slammet en liten mängd växtnärsämnen. Det är både hushållen, kommunen och jordbrukarna som gemensamt måste förbättra hanteringen av slammet så att växtnärsförlusterna kan minskas. Vid en nybyggnation bör förebyggande åtgärder planeras från början.

I dagsläget är det på grund av för få analysresultat omöjligt att säga om slammet kan spridas tidigare än de sex månader som kommunen har tillstånd för. Det finns inte heller någon studie i Sverige som visar vilket avdödningsmönster sjukdomsframkallande mikroorganismer har vid endast långtids lagring som hygieniseringsmetod. Det skulle vara möjligt att sprida slammet till åkermark tidigare om det går att garantera att hygienisering skett. Detta kan bli möjligt med våtkompostering, men metoden måste utvärderas och provas ytterligare innan den kan bli aktuell på Fårö.

Om lokalt omhändertagande av slam likt Fåröprojektet ska införas i andra socknar på Gotland finns det flera olika alternativa behandlingsmetoder att tillgå. Dessa är långtidslagring, satsvis våtkompostering och rötning, med biogasproduktion. I dagsläget är lagring den billigaste metoden men det är osäkert om den ger en tillfredsställande hygienisering. Från energi- och hygieniseringssynpunkt är rötning det bästa alternativet, men också det dyraste.

Det finns idag ingen universallösning på hur slam från hushåll med enskilda brunnar och tankar ska tas om hand. I framtiden är det i stället många olika lösningar och behandlingsmetoder som kommer att lösa våra problem.

Summary

At the island Fårö an experiment is run since 1977 where sludge from septic tanks are collected and stored for later land application in agriculture. The purpose is to avoid a transport of 60 km to Visby wastewater treatment plant and to use a nutritional resource in local agriculture. The storing of hygienic purposes is taken place in two manure tanks for six months.

The sludge from Fårö households contains both metals and organic hazardous substances. In some cases the concentrations are above or near regulated limit values. The contents of nutritional substances are relatively small. The content of indicator bacteria is reduced during storing.

If the sludge from Fårö will be a resource in agriculture heavy information has to be carried out to reduce for man and environment harmful substances. Also an altered fee can impose another use of waste. Sampling and analysis of the sludge also have to be changed to obtain more reliable information about the quality of the sludge.

It is important that the sludge contains nutrients, i.e. nitrogen, phosphorus, and potassium, so the sludge will be a resource in agriculture. Households, community and agriculture must increase the management of sludge to reduce the losses of nutrients.

For the moment it is not possible to say if the sludge can be used after a shorter period than 6 months due to too few measurements. There is no study in Sweden over the decline in content of pathogenic micro organisms after storage. Earlier land application could be accepted if it could be guaranteed that the sludge was properly hygienized. Wet composting is possible, but the method has to be evaluated in advance.

If local treatment and use of sludge is to be implemented in other counties in Gotland alternative treatment methods are available like long time storage, batchwise wet composting and anaerobic treatment. Today long time storing can be carried out for the least cost, but it is uncertain if proper hygienization is obtained. With respect to energy and hygiene anaerobic treatment is to prefer, but it is also the most expensive alternative.

There are no general solution have to handle sludge from septic tanks. In the future it seems that many methods have to be used to solve our problems.

Förord

Denna C-uppsats är en 15 poängskurs i praktisk utveckling på avdelning Ekoteknik, institution för teknik och resurshushållning på Mitthögskolan i Östersund.

Titel: Utvärdering av Fåröprojektet – analys av kvalitet, lagringstid och näringsinnehåll.
Skriven av: Anna Bäckstade för Gotlands kommun under VT 2000.

Adressen är: Avdelning Ekoteknik, Box 603, 832 23 FRÖSÖN. Rapporten kan beställas per telefon: 063-16 54 71 eller telefax: 063-16 54 50.

Jag vill framföra ett tack till alla på Tekniska förvaltningen, renhållningen på Gotlands kommun för all hjälp med material om slamhanteringen på Gotland. Jag vill också tacka för att jag fått låna ett kontor och utnyttja dator, telefon och kopieringsutrustning samt att jag haft en trevlig tid på renhållningen.

Jag vill också tacka Leif Duveborg för alla råd och information om Fåröprojektet. Jag har också fått låna mycket litteratur av Leif som varit till nytta i mitt arbete.

Sedan vill jag tacka min opponent Joakim Faugert för granskning och rättning av språket i rapporten. Även ett tack till min handledare Dag Hartman.

Till sist vill jag tacka min sambo, Örjan Hallgren för hjälp när datorn krånglat och för att han ställt upp och lagat mat, städlat och diskat när jag arbetat med rapporten.

Innehållsförteckning

Förord	V
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	2
2 Beskrivning av Fåröprojektet	3
2.1 Bakgrund	3
2.2 Uppsamling	3
2.3 Lagring	3
2.4 Spridning	4
3 Kartläggning	5
3.1 Komponenter i slam från enskilda brunnar och tankar	5
3.1.1 BDT-vatten	5
3.1.2 Urin och fekalier	6
3.2 Slamkvalitet	6
3.2.1 Gränsvärden och överenskommelser	6
3.2.2 Metallförekomst i mark och luft	8
3.2.3 Kadmium	9
3.2.4 Övriga metaller	10
3.2.5 Organiska miljöfarliga ämnen	11
3.2.6 Bakteriehalter och patogener	13
3.3 Näringsämnen	14
3.3.1 Spridningsvägar	14
3.3.2 Kväve	14
3.3.3 Fosfor	15
3.3.4 Kalium	16
4 Material och metod	17
4.1 Materialbeskrivning	17
4.2 Kommunens metoder	22
4.3 Metod	17
5 Resultat	18
5.1 Slamanalyser från lagringsbrunnarna på Fårö	18
5.2 Organiska miljöfarliga ämnen	18
5.3 Metaller	19
5.4 Bakterier	20
5.5 Växtnäringsämnen	21
6 Diskussion och slutsatser	23
6.1 Provtagning	23
6.2 Organiska miljöfarliga ämnen	23
6.3 Metaller	23
6.4 Bakterier	24
6.5 Växtnäringsämnen	24
6.6 Optimering av lagringstiden	25
7 Förslag till förbättringar av Fåröprojektet	26
7.1 Kvalitetshöjning	26
7.1.1 Information	26
7.1.2 Innehållsdeklaration	26
7.1.3 Analyser	26
7.1.4 Åkermarksprovtagning	26
7.2 Näringsoptimering	26
7.2.1 Vad kan göras vid enskilda fastigheter?	26
7.2.2 Vid lagringen	27
7.2.3 Vid spridningen?	27
7.3 Optimering av lagringstiden	27
8 Förslag till behandlingsmetoder för framtida projekt	28
8.1 Tre behandlingsmetoder för slam från enskilda brunnar	28
8.1.1 Nuvarande metod med lagring	28
8.1.2 Våtkompostering	28
8.3 Anaerob stabilisering – biogas	28
9 Slutsatser	29
Referenser	30
Skriftliga referenser	30
Muntliga referenser	31
Bilagor	33

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Mänskligt avskräde har i alla tider samlats in och spridits på åkermark som växtnäringsresurs. Det var under 1930-talet som avloppsreningsverken på grund av bristfälliga sanitära förhållanden började byggas. De har sedan dess byggts ut och förbättrats allt eftersom kraven på rening ökat (Hargelius, 1994). Fler och fler aktiviteter har också kopplats på avloppsnätet, allt ifrån dagvatten och slakteriavfall till hushålls- och industriavlopp. Att kemikalieanvändningen i samhället ökat, vilket avspeglas i slammet och att allting blandas i reningsverken har lett till att det näringsrika slammet inte kunnat tas tillvara som resurs i samma utsträckning som tidigare.

Det är Arla och andra liknande organisationer samt livsmedelsproducenter som satt stopp för spridningen av slam på åkermark där foder och livsmedel produceras. I många fall har stoppet varit berättigat då slammet innehåller höga halter metaller och organiska miljöfarliga ämnen. Att slammet innehåller miljöskadliga ämnen bottnar i ett felaktigt användande av avloppsnätet.

Erik Norin (1996) hävdar i boken "Våtkompostering som stabiliserings- och hygieniseringsmetod för organiskt avfall" att det inte råder något tvivel om att avloppsvatten som härrör från hushållen under normala förhållanden är problemfria ur tungmetallhänseende. Problemet är att det blandas med övrigt avloppsvatten i reningsverken, men det slam från enskilda brunnar och tankar som många enfamiljshushåll har skulle lätt gå att ta tillvara.

På Gotland finns det knappt 11 000 hushåll med egen brunn eller tank (Bogren, 1999). Dessa töms i normala fall minst en gång varje år och 1998 utgjordes slammängden av 37 000 m³. Detta slam körs i de allra flesta fall till Visbys avloppsreningsverk då andra närliggande reningsverk som regel är överbelastade. Att slammet körs till Visby ger långa transporter och i vissa fall en överbelastning även i Visby.

På Fårö pågår ett försök sedan 1997 där slam från enskilda brunnar och tankar samlas in och lagras för att sedan kunna spridas på åkermark. Tanken med projektet är att slippa transportera slammet till Visby avloppsreningsverk samt att kunna utnyttja en lokal växtnäringsresurs i jordbruket på Fårö.

Slammet lagras i två stora gödselbrunnar i minst sex månader innan spridning, tyvärr räcker inte dessa behållare till för hela årsproduktionen av slam på Fårö. Spridningen sker till största del inför vårbruket, men det bästa vore om man kunde minska lagringstiden till fyra, fem månader så att en större mängd slam kunde spridas inför höstbruket.

För att slammet ska vara till någon nytta i jordbruket krävs att kvalitén är bra, det vill säga att slammet innehåller små mängder metaller och organiska miljöfarliga ämnen. Det är också viktigt att slammet innehåller växtnäring så att det blir en värdefull resurs i jordbruket.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna C-uppsats är att utvärdera Fåröprojektet samt att med utgångspunkt från avloppshanteringen på Fårö se hur kommunen kan få andra socknar på Gotland kan ta hand om sitt slam lokalt. Hanteringen ska vara en del av kretsloppet samt främja en hållbar utveckling. Vilken behandling av slammet krävs för att spridning på åkermark ska kunna ske utan att människor kommer till skada och utan att miljön påverkas negativt? Rapporten kan sedan vara till hjälp när kommunen ska utvärdera Fåröprojektet och besluta om framtida hanteringen på andra delar av Gotland.

Hanteringen av slammet ska ses ur ett ekotekniskt perspektiv där ekologi, ekonomi, teknik och juridik tas i beaktande.

Mål

- Att i ett inledande skede kartlägga slamkvaliteten på Fårö.
- Att studera hela hanteringskedjan och ge förslag på kvalitetsförbättringar.
- Att i rapporten ge förslag på förbättringar och alternativ till nuvarande hantering både på Fårö och i andra socknar på Gotland. Belysa lagringstiden, där svar ska ges på hur lång lagringstiden på Fårö bör vara för att kvalitén ska upprätthållas. Förslag och alternativ ska ges för att få så lite förluster av näringsämnen som möjligt genom hela hanteringen.
- Att ge förslag på alternativa behandlingsmetoder, för slam från enskilda avloppsanläggningar, som kan vara intressant för andra socknar på Gotland. Detta för att åstadkomma ett lokalt omhändertagande och resursutnyttjande av slammet.

2 Beskrivning av Fåröprojektet

2.1 Bakgrund

Fåröprojektet startade 1997 av Gotlands kommun, syftet var att inom Fårö få igång ett system för lokalt omhändertagande av det slam som producerades inom området. Innan projektet sattes igång transporterades huvuddelen av allt slam från slutna tankar och enskilda brunnar till reningsverket i Visby. Det blev sammanlagt 1 700 m³ slam som skulle transporteras 5,5 mil med slamtankbil. Då varje slamtransport i medeltal tog ca 38 m³ blev det 90 resor tur och retur (Johansson, R, 1999).

I projektet skulle hanteringen inkludera tömning av enskilda brunnar och tankar, lagring samt återföring av slam till jordbruksmark. Innan spridning skulle slamkvaliteten säkerställas genom analyser. Dessa analyser skulle tas tre gånger under lagringstiden, efter några veckor, efter halva tiden och sista gången några veckor innan spridningen. Den lista som beskrev vilka analysers som skulle utföras har inte alltid följts.

Förutom den praktiska hanteringen av slammet skulle projektet också verka för en kvalitetsförbättring av hushållens avloppsslam. För att uppnå detta skulle information till hushållen i form av möten, direktutskick, studiecirkel samt personliga besök ske. Även ett samarbete med livsmedelsbutikerna för att påverka deras sortiment i miljöpositiv riktning skulle inledas.

Projektet på Fårö är ett pilotprojekt som syftar till att studera den aktuella behandlingsmetoden och i ett senare skede kunna bygga fler liknande anläggningar på Gotland om projektet faller bra ut.

2.2 Uppsamling

På Fårö finns det endast ett litet avloppsreningsverk vid Sudersand dit bara ett fåtal fastigheter är kopplade. I övrigt har de boende egna brunnar eller tankar. Enligt "Renhållningsförordning för Gotlands kommun" måste brunnar och tankar normalt tömmas minst en gång per år. Detta sköts av kommunen eller av entreprenör anlitad av kommunen. På Fårö är det ett jordbruksföretag som sköter slamtömningen hos de 260 permanentboende hushållen och de 250 sommarhushållen. Av dessa har 170 slutna tankar och resterade 340 har två- eller trekammarbrunnar. Sammanlagt töms ca 1 700 m³ slam från dessa fastigheter varje år.

2.3 Lagring

För lagringen finns två öppna gödselbrunnar på 1 200 respektive 1 000 m³, se bild bilaga 2. De är tre meter höga och har en diameter på 22 respektive 17 meter. I en av behållarna sker påfyllningen underifrån, medan påfyllningen av den andra sker ovanifrån (Lindberg, S, 1999).

Lagringsbrunnarna är placerade i närheten av varandra mitt på Fårö, se markering på karta, bilaga 1. För tillfället har Gotlands kommun tillstånd att sprida slammet efter lagring i minst sex månader. Problemet är att behållarna är för små för att klara hela års produktionen av slam på Fårö, kapitel 8.1 förklarar vilken storlek brunnarna måste ha för att klara lagringen. En del av detta arbete är att finna lösningar på hur dessa brunnarna ska räcka till och om lagringstiden kan förkortas, se 7.3.1.

Lagringen sker helt öppet i behållarna och det svämtäcke som förväntades bildas av de flytande fasta partiklarna i slammet har uteblivit.

I bilaga 3 beskrivs vid vilka tider lagringen och spridningen av slammet på Fårö har skett, från projektets start i juni 1997 till december 1999.

2.4 Spridning

Spridningen av slammet sker efter minst sex månaders lagringstid innan vårsådden i april och maj. Spridningen sker uteslutande på åkermark på Fårö. Lantbrukarna som sprider slammet har fått information om att slammet inte får spridas på följande marker enligt föreskriften SNFS (1994:2):

Avloppsslam får inte användas på:

1. Betesmark
2. Åkermark som skall användas för bete eller vallfodergrödor som skall skördas inom 10 månader från slamspridningstillfället
3. Mark med odling av bär, potatis, rotfrukter, grönsaker eller frukt, undantaget frukt på träd.
4. Mark avsedd för kommande odling av bär, potatis, rotfrukter eller sådana grönsaker som normalt är i direkt kontakt med jorden och normalt konsumeras råa, under 10 månader före skörden.

Inför vårbruket 1998 spreds 880 m³ slam på 19 hektar åkermark hos sammanlagt åtta lantbrukare. Slamgivan utgjorde 47 m³ slam per hektar. Under april och maj 1999 spreds 1 000 m³ slam på 21,5 hektar, detta utgjorde en slamgiva på 49 m³ per hektar. (Söderlund, T. 1999). Till spridningen finns en släpslangspridare (Malmström, N, 1999). I tabell 3.1 redovisas den mängd slam som kan spridas till åkermarken utan att gränsvärdena för de olika metallerna överskrids (SNFS 1994:2). Den visar också i vilken mängd de olika metallerna som spridits per hektar på Fårö.

Tabell 2.1. Visar vilken mängd slam som kan spridas utan att gränsvärden överskrids (SNFS 1994:2) samt mängd metall som spridits per hektar.

Metall	Gränsvärde 1995 (g/ha)	Mängd sprid vid 1:a tillfället (g/ha)	Maximal spridningsvolym (m ³ /ha, år) 1998	Mängd sprid vid 2:a tillfället (mg/ha)	Maximal spridningsvolym (m ³ /ha, år) 1999
Bly	100	2	2597	32	154
Kadmium	1,75	0,33	250	3,91*	22
Koppar	600	66	429	483	61
Krom	100	4	1176	14	340
Kvicksilver	2,5	0,1	1087	0,8	153
Nickel	50	-	-	11	216
Zink	800	139	271	113	346

* TS-halten och kadmiumvärdet var högt vid mätningen inför andra spridningen. Om beräkningen istället görs på medelvärdet av de två olika mätningarna av slammet blir värdet 0,83 mg/ha och 103 m³/ha slam kan spridas per år.

Då lagringsbrunnarna inte räcker till för hela årets lagringsbehov vill kommunen och lantbrukarna kunna utnyttja slammet även till höstbruket. Detta gör att lagringstiden förkortas till fyra månader eftersom gödslingen då måste ske i början av september (Granstedt, Högborg, Johansson, Weidow, 1986). Förslag på hur detta ska gå till finns i 7.3.

3 Kartläggning

3.1 Komponenter i slam från enskilda brunnar och tankar

Till största delen består slam från slutna tankar, två- och trekammarbrunnar av vatten. Varje svensk gör i medel av med cirka (ca) 200 liter vatten per dygn (www.i.lst.se). Vattnet kommer antingen från det kommunala nätet eller från egen privat brunn.

Oförorenade grund- och ytvatten i Sverige innehåller mycket låga halter tungmetaller. När metallerna järn, mangan och aluminium återfinns i vattnet härstammar de oftast från det geologiska materialet på platsen. Även kadmium, koppar, bly och zink förekommer naturligt i det geologiska materialet. Deras halter i vattnet är beroende av pH-värdet, men de kommer sällan eller aldrig upp i sådana halter att det har någon betydelse för kvalitén. Den övervägande delen av dessa metaller tros komma som lufttransporterade föroreningar (Aastrup, Berntell, Bertills, Johnson och Thunholm, 1995).

Den vanligaste orsaken till höga halter metaller i dricksvatten är att vattnet på sin väg till kranen löser ut metaller genom korrosion på ledningar, kopplingar, hydrofor och varmvattenberedare. Det är när vattnet blir stillastående i ledningarna som gränsvärdena kan överskridas. I en sammanställning av grundvattnets kvalitet i Sverige gjord av Naturvårdsverket hittades följande: För till exempel koppar överskreds värdena inte i något fall när vattnet var taget direkt ur brunnen. Däremot överskreds det i 7 % av proven från omsatt kranvatten och i hela 33 % från stillastående kranvatten (Aastrup, et al, 1995).

Vattnet i Sverige är så pass rent att det inte har någon påverkan på slamkvalitén. Det är istället de andra ingående delarna i slam, BDT-vatten och svartvatten, dvs. spolvatten, urin och fekalier, som ger upphov till föroreningarna. Det finns många studier gjorda om vad avloppsvatten från hushåll innehåller. Tyvärr stämmer de olika studierna dåligt överens vilket gör det svårt att få en klar bild av innehållet.

3.1.1 BDT-vatten

Med BDT-vatten menas bad-, disk- och tvättvatten från hushåll, vilket även brukar benämnas gråvatten. BDT-vattnet innehåller både näringsämnen och föroreningar i sådan mängd att det kräver någon form av avloppsrening, se figur 3.1. BDT-vattnets halter av näringsämnen och föroreningar är i allt, utom kvävehalter och suspenderat material, i samma storleksordning som svartvattnets (Naturvårdsverket, 1995).

Tabell 3.1. Redovisning av fysikaliska-kemiska, bakterie- och virusanalyser som påträffas i BDT-vatten i bostadsområdet Tuggelite i Karlstad, redovisas i gram per person och dygn (Naturvårdsverket, 1995)

Ämne	Bad och diskvatten	Tvättvatten	Summa
COD	20,70	12,80	33,50
BOD ₇	12,60	5,10	17,70
SS	6,40	2,70	9,10
Tot-P	0,16	0,20	0,36
Tot-N	0,54	0,28	0,82
NH ₄ ⁺ -N	0,03	0,04	0,07
E-coli (antal/pd)	236*10 ⁶	28,2*10 ⁶	264*10 ⁶
Termotol.koli (antal/pd)	655*10 ⁶	28,8*10 ⁶	684*10 ⁶
Fek.strept (antal/pd)	40*10 ⁶	2,5*10 ⁶	42*10 ⁶
Colifager PFU/ml	388*10 ³ FUP/p*d	102*10 ³ FUP/p*d	490*10 ³ FUP/p*d

Den största delen kemikalier i slam härstammar från hushållens aktiviteter vad främst gäller bad, disk och tvätt. Även städning och tvätt av kläder bidrar till kemikalieansamlingen i slammet.

3.1.2 Urin och fekalier

Varje dygn utsöndrar vi människor mellan 0,8 och 1,3 liter urin och 80 till 200 gram fekalier beroende på kön och ålder (Naturvårdsverket, 1995). Det är i urinen som den största delen av de näringsämnena vi fått i oss via födan utsöndras. I vilken mängd de olika näringsämnena finns är helt beroende av kosten. Det är också via födan vi får i oss olika miljögifter så som tungmetaller och miljöfarliga organiska ämnen. Det mesta går rakt igenom kroppen via avföringen och hamnar i avloppsvatten, medan en liten del tas upp av kroppen. Det är i fekalerna som de mesta av miljögifterna hamnar, se tabell 3.2.

Tabell 3.2. Specifika närings- och föroreningsmängder från hushåll i gram per person och dygn, svenska förhållanden (Naturvårdsverket, 1995)

Parameter	Urin	Fekalier	Totalt från WC
Torrsubstans	60	35	95
Suspenderad substans			27
BOD ₇			20
Totalfosfor	1,0	0,5	1,5
Totalkväve	11,0	1,5	12,5
Kalium	2,5	1,0	3,5
Bly	$<2 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$
Kadmium	$<1 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6}$	$11 \cdot 10^{-6}$
Koppar	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Krom	$10 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10^{-6}$	$30 \cdot 10^{-6}$
Kviksilver	$3 \cdot 10^{-6}$	$63 \cdot 10^{-6}$	$66 \cdot 10^{-6}$
Nickel	$7 \cdot 10^{-6}$	$74 \cdot 10^{-6}$	$81 \cdot 10^{-6}$
Zink	$45 \cdot 10^{-6}$	$10,8 \cdot 10^{-3}$	$10,8 \cdot 10^{-3}$
Silver	$2 \cdot 10^{-6}$	$0,28 \cdot 10^{-6}$	$2,28 \cdot 10^{-6}$

3.2 Slamkvalitet

3.2.1 Gränsvärden och överenskommelser

Bindande kvalitetskrav på slamkvalitet och slamhantering finns i flera lagar, förordningar, föreskrifter och andra regler.

I förordningen ”Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket; SNFS (1994:2)” regleras i vilka mängder avloppsslam får tillföras jordbruksmarken.

”Gränsvärden enligt 9 § för den årliga mängd metaller som högst får tillföras åkermarken vid användning av avloppsslam. Gränsvärdena avser genomsnitt räknat för en sjuårsperiod, se tabell 3.3.

Tabell 3.3. Visar vilka metallmängderna som får spridas via avloppsslam per hektar och år (SNFS 1994:2).

Metall	Gränsvärde (gram per hektar och år) gäller från och med	
	år 1995	år 2000
Bly	100	25
Kadmium	1,75	0,75
Koppar ¹	600	300
Krom	100	40
Kvicksilver	2,5	1,5
Nickel	50	25
Zink	800	600

¹För koppar kan större mängder godtas om det kan visas att den aktuella åkermarken där avloppsslam skall spridas behöver koppartillskott.

Enligt förordningen (1998:944) om vissa hälso- och miljöfarliga produkter m.m. (enl. senaste ändringen 1993:1271) står det i 11 § att avloppsslam för jordbruksändamål får saluhållas och överlåtas endast om metallhalterna inte överstiger vad som framgår av tabell 3.4.

Tabell 3.4. Visar vilka metallhalter som får finnas i slam som ska saluföras (1985:840).

Metall	mg/kg TS
Bly	100
Kadmium	2
Koppar	600
Krom	100
Kvicksilver	2,5
Nickel	50
Zink	800

Även gränsvärden för vilka metallhalter åkermarken får innehålla för att spridning av avloppsslam ska vara tillåten finns reglerat i förordningen SNFS (1998:4) "Statens naturvårdsverks föreskrifter om ändring i kungörelse SNFS (1992:4) med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket, se tabell 3.5.

Tabell 3.5. Visar vilket metallinnehåll åkermarken får ha för att spridning av avloppsslam ska vara tillåten (SNFS 1998:4)

Metall	mg/kg TS
Bly	40
Kadmium	0,4
Koppar	40
Krom	60
Kvicksilver	0,3
Nickel	30
Zink	100

Sedan maj 1994 finns också en överenskommelse mellan Lantbrukarnas Riksförbund (LRF), Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV) och Naturvårdsverket.

Överenskommelsens syfte var att stimulera användningen av kvalitetssäkrat slam i jordbruket.

”Överenskommelse mellan LRF, VAV och Naturvårdsverket om kvalitetssäkring vid användning av slam i jordbruket

Mellan Statens naturvårdsverk, Svenska vatten- och avloppsverksföreningen (VAV) och Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) har följande överenskommelse träffats:

Parterna åtar sig att

- *gemensamt verka för att näringsämnen och mullbildande ämnen i slam från reningsverk återförs till jordbruksmarken i ett uthålligt kretslopp,*
- *tillämpa gränsvärden för metaller enligt SNFS 1994:2 vid gödsling av åkermark med slam,*
- *arbeta för att ytterligare minska mängden oönskade organiska ämnen i slam och på den mark där slam sprids till ofarliga nivåer,*
- *i samverkan informera om åtgärder för ett renare slam och om möjligheterna att utnyttja slam i ett uthålligt kretslopp mellan stad och land och med utgångspunkt i denna överenskommelse,*
- *verka för att lokalt samråd äger rum mellan berörda intressenter före slamspridning; jordbrukets intressenter ska verka för att finna arealer,*
- *tillsammans följa upp utvecklingen och vidta de åtgärder som behövs för att säkra att denna överenskommelse kan fullföljas. Senast år 2003 skall en mera omfattande genomgång av utvecklingen och åtgärdsbehovet göras.*

Stockholm 19 maj 1994” (Naturvårdsverket, 1996, s. 25).

3.2.2 Metallförekomst i mark och luft

Förekomsten av metaller i mark är mycket varierande i Sverige. Det är främst modernmaterialens ursprung och nedfall från atmosfären som är avgörande för hur höga halterna är. Det är också många olika faktorer som spelar in för hur stort upptaget i växter blir på olika marker. Vissa metaller är livsnödvändiga för växter och djur, men det är viktigt att de finns i rätt dos. De flesta nödvändiga grundämnena kan vid överdoser uppträda som gifter, men även orsaka bristsymptom vid för låga halter, i tabell 3.6 redovisas ett exempel.

Tabell 3.6. Exempel på metaller som är livsnödvändiga för olika grupper av organismer (Naturvårdsverket, 1996).

Metall	Nödvändiga för:
Vanadin	Vissa lägre växter och vissa djur
Krom	Högre djur
Mangan	Växter och djur
Järn	Växter och djur
Kobolt	Djur, lägre växter, symbiotisk kvävefixering
Nickel	Vissa djur och lägre växter
Koppar	Växter och djur
Zink	Växter och djur
Molybden	Växter och djur

Det atmosfäriska nedfallet svarar för mer än 50 % av den totala belastningen av metaller i Sverige, förutom i anslutning till lokala punktsläpp. Dagens nedfall bedöms behöva minskas med mer än 50 % för att man skall nå balans i mårskiktet, det vill säga humuslagret i södra och mellersta Sverige. Det atmosfäriska nedfallet av zink, koppar och krom över Sverige kan förväntas minska under det närmaste årtiondet eftersom dessa metaller har sina huvudsakliga källor inom landet (www.i.lst.se).

Upptag av metaller i växter kan ske direkt genom plantans ovanjordiska delar till följd av det atmosfäriska nedfallet eller genom rotupptagning från marken. I en dansk undersökning utförd 1977–1978 med isotopteknik fann man att upptaget i grödan från atmosfären utgjorde följande procentuella andel av totala upptaget för dessa metaller: Bly 90–99 %, kvicksilver ca 95 % och kadmium 30–40 %. På Ultuna i Sverige har man i ett försök uppmätt att upptaget från luften utgjorde 0–30 % av det totala upptaget av kadmium beroende på gröda, jordart och pH-värde (Naturvårdsverket, 1996).

Upptag via rötterna påverkas av många faktorer bland annat av mängden metaller i marken, metallernas löslighet, pH-värdet, gröda och sort, gödslingsintensitet, ler- och mullhalt samt nederbörd och bevattning. För vissa ämnen finns det också en spärr eller barriär i växternas upptagningsmekanism. Sådan spärr finns för arsenik i organisk form, bor, trevärt krom, kromoxider, koppar, järn, nickel, bly och zink, medan det saknas för kadmium, molybden och selen (Naturvårdsverket, 1996).

När en slamgiva tillförs marken förändras flera faktorer samtidigt bl.a.; mängden av olika metaller, kväve- och fosformängden, mullhalten och ibland även pH-värdet. Detta ger ett varierat resultat beträffande upptaget av en viss metall vid ökade givor av slam. Ett exempel på detta visas i tabell 3.7, kadmium (Naturvårdsverket, 1996).

3.2.3 Kadmium

Kadmium är en av de farligaste tungmetallerna som cirkulerar i vår omgivning. Den har ingen funktion för varken växters eller djurs metabolism. För de övriga tungmetallerna är det som regel någon markprocess, marklevande djur eller gröda som påverkas vid för stor tillförsel. För kadmium är det människan, via de jordbruksprodukter vi konsumerar som är gränssättande.

Metallen är från hälsosynpunkt ett av de riskablaste ämnena då mycket små mängder kan skada vår kropp. Den huvudsakliga upptagningsvägen hos människor och djur är via födan, genomsnittligt intag i Sverige är 0,07 mg per vecka (Marklund, 1993A). Det är främst njurskador som uppkommer vid ett för högt intag. De av kadmium orsakade njurskadorna kan också leda till störd kalciumomsättning som i sin tur kan ge benskörhet och skeletturkalkning (Kemikalieinspektionen, 1995).

De markfaktorer som främst styr upptaget av kadmium i växter är pH, humushalt, koncentration av kadmium och zink i marken samt jordarten. Vissa växter och sorter tar upp betydligt mer kadmium än andra. Vete är en av de växter som tar upp mycket kadmium. (Naturvårdsverket, 1993B). Det är våra vanliga baslivsmedel som står för den största mängden kadmium vi får i oss. Spannmål, grönsaker och rotfrukter står för 75 % av vårt kadmiumintag (Jansson, 1994).

Det har alltid funnits en viss mängd kadmium i svensk åkermark. Hur höga halterna är beror till stor del på berggrunden och jordarternas sammansättning. Studier över kadmiumhalterna

i den svenska åkermarken har vid ett flertal tillfällen gjorts. Där förklaras att de storskaliga variationerna i matjordarnas kadmiumhalter är starkt kopplad till modernmaterialens egenskaper (Andersson, Eriksson och Söderström, 1995).

I dagsläget tillförs kadmium till åkermarken via atmosfäriskt nedfall, via fosfor i handelsgödsel samt via jordbrukskalk, fodermineraler och slam. Kadmium som finns i handelsgödsel är till största delen i löslig form, vilket är detsamma som växttillgänglig form. Grödans upptag av kadmium vid handelsgödsling kan därför antas öka mer än vad markens haltökning tyder på (Naturvårdsverket, 1993).

Tabell 3.7. Halt av kadmium i mg/kg i vårve te som odlats med varierande tillsats av tungmetallhaltigt slam och vid pH-värdena 4,8 6,0 och 7,2 (Naturvårdsverket, 1996)

Slamgiva, ton TS/ha	PH-värde i jord		
	4,8	6,0	7,2
	<i>Kadmium i kärnan, mg/kg</i>		
0	0,091	0,113	0,128
6,5	0,129	0,082	0,087
19	0,144	0,085	0,127
58	0,190	0,140	0,136
178	0,228	0,154	0,172

Kadmiumet i avloppsslam härrör till stor del från svartvattnet, det vill säga från människans avföring. Det finns dessutom många diffusa källor av kadmium som bidrar till ökade halter i slammet, till exempel cigarettfimpar, batterier, tidigare användning av kadmium i färger, ytbehandling och i kläder (Åkerman, 1991).

3.2.4 Övriga metaller

Koppar och Zink är livsnödvändiga metaller för människans metabolism. Små mängder i slam och på åkermarken är därför inte skadliga. Då dessa metaller finns i vattenledningarna följer hela tiden små mängder med ut i dricksvattnet via korrosion. Metallerna hamnar sedan i slammet och utgör ett miljögift när de koncentreras. Hos människan kan höga halter av koppar störa leverfunktionen (Naturvårdsverket, 1993).

Krom används vid ytbehandling och i legeringar. Metallen förekommer även i cement, träskyddsmedel och vissa fosforbaserade tvättmedel. Kromföreningar är mutationsframkallande och kan påverka arvsanlagen (Åkerman, 1991). Krom i avloppsvatten antas bland annat komma från korrosion av metall (Naturvårdsverket, 1993).

Bly är den femte mest använda metallen i världen. Metallen används bland annat i legeringar, till ammunition och färgpigment. Bly är ett nervgift och akut förgiftning leder till magsmärtor, huvudvärk och nervspänningar (Åkerman, 1991). Tidigare tillsattes bly i bensin, men är sedan några år tillbaka förbjudet som tillsatsmedel. Detta har gjort att luftnedfallet har minskat betydligt.

Kvikksilver har haft en stor teknisk användning i bland annat termometrar, barometrar, batterier och inom tandvården än i dag som amalgam. Kvikksilver har ingen biologisk funktion och är starkt giftig för de flesta former av liv (Marklund, 1993B). För kvikksilver och dess föreningar är inte påverkan på markecosystemet eller risken för växtupptag det begränsande för slamspridning. Det är istället risken för läckage till grundvatten och

transport vidare till ytvatten och därmed påverkan på fisk som är begränsande (Naturvårdsverket, 1993).

Nickel används i legeringar, batterier, färger, svetselektroder och i mynt. Nickelutsläpp från hushållen har sitt huvudsakliga ursprung från korrosion. I naturen ackumuleras nickel i organismer och växter. Nickel har en giftverkan (Åkerman, 1991).

3.2.5 Organiska miljöfarliga ämnen

De organiska miljöfarliga ämnena har många olika egenskaper, de kan bland annat vara toxiska, svårnedbrytbara och bioackumulerande. De har också olika egenskaper i vatten system och på land. Vid utsläpp är förutsättningarna för nedbrytning mycket gynnsammare i mark än i vatten. Orsaken till detta är det stora antalet och de många arterna mikroorganismer och svampar som finns i marken. En annan viktig skillnad är att tillgången på syre är betydligt högre i mark vilket underlättar nedbrytningen (Naturvårdsverket, 1993A).

Till skillnad från metaller bryts alla organiska ämnen ned förr eller senare. Frågan är hur lång tid det tar innan de bryts ned och vilka effekter ämnena eller deras nedbrytningsprodukter ger upphov till innan de hunnit brytas ned. Nedbrytningen kan ske på flera olika sätt; genom abiotiska processer, fotolys, det vill säga solljus eller genom de huvudsakliga mikrobiologiska processerna (Naturvårdsverket, 1993A).

De organiska miljögifterna är många gånger klassade som miljöfarliga för att de har hög fettlöslighet och därmed kan anrikas i fettrika vävnader, det vill säga bioackumulerbara. Fettlösligheten gör att ämnena absorberas till det organiska materialet i jorden och inte transporteras med vatten fram till växternas rötter. I oljeväxter som ju är fettrika finns dock en risk för ackumulering. I övrigt kan de ovanjordiska växtdelarna förorenas genom att vissa organiska miljöfarliga ämnen avdunstar från marken och deponeras på växterna (Naturvårdsverket, 1993A).

Då de miljöfarliga organiska ämnena i huvudsak är fettlösliga och adsorberas i jorden sker inget utläckage till grundvattnet under följande förutsättningar: normala slamgivor, grundvattenytan ligger mer än 0,6 meter under markytan, dräneringen är god samt att marken inte är extremt sandig (Naturvårdsverket, 1993A).

Att de organiska miljöskadliga ämnena kan förorena ytvattnet vid ytavrinning är uppenbar om inte slammet efter spridning omedelbart brukas ned. I akvatiska system gör dessa ämnen stor skada (Naturvårdsverket, 1993A).

Det intervall med vilken slamgödsling rekommenderas ske är vart femte år. Under denna tid bryts de allra flesta organiska miljöfarliga ämnen ned (Naturvårdsverket, 1993A). Undantagna är dock vissa PCB-föreningar och vissa dioxiner där risken för ackumulering är uppenbar. Naturvårdsverket har satt upp följande indikatorämnen som ska mätas regelbundet i slam; nonylfenoletoxylater, Toluen, Polyaromatiska kolväten – PAH och Polyklorerade bifenyler – PCB (Naturvårdsverket, 1996).

Det finns rekommenderade gränsvärden för hur mycket organiska miljöfarliga ämnen det får finnas i slam. I slamöverenskommelsen, Naturvårdsverkets rapport 4418, står det följande ”I slam som ska användas inom jordbruket bör halterna av de organiska indikatorämnena inte vara högre än.”, se tabell 3.8.

Tabell 3.8. Visar de organiska indikatorämnenas rekommenderade gränsvärden (Naturvårdsverket, 1995).

Organiskt indikatorämne	mg/kg TS	mg/kg TS år 1997
Nonylfenol	100	50
Toluen	5,0	
Summa PAH	3,0	
Summa PCB	0,4	

I dagsläget är det dåligt utrett vilka andra miljöfarliga organiska ämnen som återfinns i slam.

Polyklorerade bifenyler, PCB-föreningarnas toxiska verkan har mycket negativa effekter på miljön och den art som anses mest känslig är människan. PCB kan trots att det varit förbjudet i över 20 år ännu återfinnas överallt i miljön. Dels beror det på att PCB fortfarande finns i bruk i Sverige i äldre produkter som tillverkats innan förbudet trädde i kraft, dels används PCB ännu i andra länder och det sker en global spridning bland annat genom lufttransport. Dessutom har vissa PCB-föreningar långa nedbrytningstider, halveringstiderna kan vara på över 10 år (Naturvårdsverket, 1993A). Detta har gjort att endast slam med låga halter PCB bör användas inom jordbruket (Naturvårdsverket, 1996).

PAH bildas framför allt vid förbränning och står för polycykliska aromatiska kolväten, i slam är det sex olika föreningar som mäts. Dessa sprids via lufttransport och bidrar till atmosfäriskt nedfall. Det atmosfäriska nedfallet spelar en större roll när det gäller påverkan på mark och växtlighet än vad PAH-tillförseln via slamgödsling gör (Naturvårdsverket, 1996). Detta beror på att PAH-föreningar har extremt låg vattenlöslighet och relativt hög fettlöslighet, vilket bidrar till deras obenägenhet att tas upp via rötterna. PAH är svårnedbrytbara men de kan brytas ned via bl.a. fotokemiska reaktioner och bionedbrytning i mark. Nedbrytningshastigheten är beroende av PAH-koncentrationen i marken. Ju högre halt, desto snabbare nedbrytningshastighet upp till ca 10 mg PAH per kg jord (Naturvårdsverket, 1993A).

Toluen är ett av våra vanligaste lösningsmedel. Toluen i sig utgör ingen fara vid spridning av slam vare sig för växter eller markdjur eftersom ämnet är mycket flyktigt och avdunstar hastigt. Ämnet bryts också ned mycket snabbt i jord. Om halten toluen är hög i slammet indikerar det på att lösningsmedel släppts ut i avloppet, vilket inte är tillåtet (Naturvårdsverket, 1993A).

Nonylfenoletoxylater, mäts som p-nonylfenol och är en grupp kemikalier med bred användning, bland annat som tensider. Slam torde vara den största enskilda källan till p-nonylfenoltillförseln till mark. Nedbrytningshastigheten är relativt snabb, men ändå har ett visst växtupptag rapporterats. Ämnet är relativt harmlöst för människan, men mycket toxiskt mot vattenlevande organismer (Naturvårdsverket, 1993A).

Det finns en mängd olika bromerade flamskyddsmedel. De används som brandskydd i många olika produkter till exempel datorer, elektronikkomponenter, kretskort, leksaker golvmaterial, plast och kläder. Textilier kan innehålla ca 5–30 % flamskyddsmedel. I plaster är halterna ca 2–15 % men kan vara så hög som 50 %. Dessa bromerade föreningar är giftiga vid hudkontakt, förtäring och inandning, ämnets effekter på nervsystemet liknar den som kloroform ger, det vill säga bedövande. När människor exponerats för Polybromerade

bifenyler har hudförändringar, neurologiska och immunologiska effekter samt leverstörningar konstaterats (Johansson och Zimerson, 1994).

Dioxin är ett övergripande namn på sammanlagt 210 klorerade derivat. Dioxin bildas i mycket små mängder vid de flesta förbränningsprocesser. Dioxiner är svårnedbrytbara i mark och bland annat så har TCDD en halveringstid på mer än 10 år. Upptaget av dioxiner från marken till växter anses vara mycket lågt. Kontaminationen av växter genom upptag av dioxiner från jord förefaller obetydligt jämfört med kontamination via atmosfäriskt nedfall (Marklund, 1990).

I slamöverenskommelsen mellan LRF, Naturvårdsverket och VAV står följande: ”I slam som ska användas inom jordbruket bör halterna av de organiska indikatorämnena inte vara högre än ...” De värden som anges är överenskomna max-värden och det finns ingen motsvarighet till dem i lagstiftningen, till skillnad från metallgränsvärdena (Naturvårdsverket, 1996). Det finns alltså inga gränsvärden satta för de organiska miljögifterna. Då långt ifrån alla organiska miljöfarliga ämnen analyseras regelbundet vet ingen vad avloppsslam egentligen innehåller. Dessa okända ämnen kan givetvis innebära negativa effekter vid markanvändning av slam.

3.2.6 Bakteriehalter och patogener

Tarmmikroorganismer som tillförs en avloppsanläggning härstammar huvudsakligen från klosettavloppsvattnet och härrör från avföringen. Betydande mängder mikroorganismer kan också komma från BDT-vattnet, där huvuddelen antingen kommer från människohuden eller är naturligt förekommande mikroorganismer, som deltar i nedbrytningen av organiskt material (Naturvårdsverket, 1985).

Patogena mikroorganismer förekommer inte som en naturlig del av tarmfloran. Deras förekomst i spillvattnet från hushållen är helt beroende av antalet sjuka eller symptomlösa bärande individer. Hur höga halterna är i avloppsvattnet varierar givetvis vid olika tidpunkter. Det finns flera indikatorer på fekal förorening i vatten och mark. De mest använda hygienindikationerna är de s k coliforma bakterierna och de fekala streptokockerna (Naturvårdsverket, 1985).

Ett flertal sjukdomsalstrande bakterier, virus och parasiter kan spridas via jord och vatten och de flesta av dessa organismer överlever längre i kalla miljöer än i varma (Stenström, 1996) och kan även överleva i is (Kristenson, D, 2000). De mest kända bland bakterier är *Salmonella* och *Shigella*. *Salmonella typhi* och *paratyphi* är de allvarigaste, men de förekommer i mycket liten utsträckning i de nordiska länderna även om det blir vanligare. Dessa och *Shigella* behöver endast intas i låga doser för att ge upphov till sjukdom. Andra patogena bakterier är till exempel *Vibrio cholera*, ovanlig i Norden, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter fetus jejuni* och toxinbildande stammar av olika coliforma bakterier (Naturvårdsverket, 1985).

Virus överlever bäst i fuktig mark vid låg temperatur. De trivs inte i basiska miljöer (Stenström, 1996). Ett fåtal viruspartiklar räcker för att ge upphov till infektion. Bland virus är det främst *Hepatit A*, epidemisk gulsot, *Rotavirus* och olika enterovirus som är de vanligaste smittspridarna. Rotavirus är känd som den vanligaste orsaken till svår diarré hos barn (Stenström, 1996). Förutom dessa finns det flera virusgrupper som är dåligt kända, men som kan spela en stor roll vid smittspridning (Naturvårdsverket, 1985).

Bland parasiter spelar amöborna, protozoerna *Giardia lamblia* och *Entamoeba histolytica* den största rollen. Olika typer av maskinfektioner kan också spridas via avloppsvatten till exempel *Ascaris*, rundmaskar, deras ägg kan överleva mycket länge i avloppsvatten. I studier från tropiska lagringsdammar krävdes en lagringstid på sex månader för att avdöda *Ascaris* äggen, i kallare klimat som i Sverige skulle troligtvis längre tid krävas (Stenström, T-A, 1999). Även av parasiter krävs få partiklar för att ge upphov till infektion .

En mängd olika faktorer påverkar olika tarmorganismers överlevnad i mark och grundvatten. Jordmaterialets sammansättning och temperatur har en stor betydelse för överlevnadstiden, ju kallare desto längre överlevnad. De överlevnadstider som noterats i undersökningar världen över varierar från någon dag och upp till ett år för tarmbakterier. De maximala tiderna som är realistiska för vissa *Salmonellastammar* är 2–4 månader, för *Shigella* 1–2 månader och för *Yersinia* kan överlevnadstiden vara upp till ett år. Många virus däremot kan i normala fall överleva betydligt längre än samtliga bakterietyper. Eftersom mängden virus i vanliga fall är låg är dock risken för infektion mindre (Naturvårdsverket, 1985).

3.3 Näringsämnen

3.3.1 Spridningsvägar

De inkommande växtnäringsämnena till hushållen kan i huvudsak kopplas till de livsmedel som införskaffas. Den utgående växtnäringen består av köksavfall och avloppsvatten, se tabell 3.9. Det är när växtnäringen blir avfall som den ställer till problem i naturen. Det är via behandlingsanläggningar som exempelvis avloppsreningsverk, deponier och värmeverk som växtnäringen kommer ut i naturen via vatten-, luft- eller marksystemen.

Tabell 3.9. Ungefärlig fördelning av växtnäringsämnena i avlopp och komposterbart avfall från ett hushåll, redovisas gram per person och dygn (Norin, 1996).

Avlopps/avfallsslag	Kväve	Fosfor	Kalium
Köksavfall	1,3	0,3	0,7
Svartvatten	12,5	1,5	3,5
Gråvatten	1,0	0,2	0,5
Totalt (g/pd)	14,8	2,0	4,7

Privata avlopp i glesbygd är en betydande föroreningskälla, framför allt när det gäller fosfor. Det samlade fosforutsläppet från Gotlands glesbygdsavlopp beräknas vara nästan dubbelt så stort som utsläppen från reningsverken. De inventeringar som utförts indikerar att standarden på hälften av de ca 11 000 enskilda avloppsanläggningarna på Gotland är undermåliga utifrån dagens krav (www.i.lst.se).

Mycket av växtnäringsämnena från hushållen utnyttjas inte i jordbruket utan hamnar istället i närmaste vattendrag och bidrar till övergödningen. På åkermarken utnyttjas istället handelsgödsel som är ett syntetiskt framställt gödselmedel och består övervägande av oorganiska produkter, ofta salter. Handelsgödsel tillverkas av kväve ur luften samt fosfor och kalium ur naturligt förekommande depåer (Marklund, 1992).

3.3.2 Kväve

Kväve är ett näringsämne som alla grödor behöver för sin tillväxt. Därför gödslas åkermarken med bland annat kväve för att tillgodose växternas behov. När vi människor

sedan konsumerar olika livsmedel, framförallt kött, får vi i oss kväve. Kroppen utsöndrar sedan kvävet i urinen och fekalerna. Avföringen hamnar via toaletten i avloppet antingen i det kommunala nätet eller till enskilda brunnar och tankar.

Vid enskilda två- och trekammarbrunnar sker först en slamavskiljning, vilken har till uppgift att avskilja och lagra suspenderade ämnen. Spillvattnet leds sedan via en infiltrationsanläggning eller markbädd ut i recipienten, d v s till närliggande grund- eller ytvatten. Kvävet kan nästan obehindrat föras från toaletten och ut i recipienten, det är endast 20–40 % som reduceras i dessa anläggningar. I anläggningen omvandlas ammonium i stor utsträckning till nitrat, vilket är en stabil och lättlöslig förening som återfinns i grundvattnet (Naturvårdsverket, 1987).

När nitrat i för stora mängder når ut i recipienten sker övergödning med eutrofiering av vattendragen som följd. Näringsläckaget till sjöar och hav leder till algbloomning, syrebrist och döda bottenar. Det är i första hand primärproducenterna, fytoplanktonen, som förökar sig vid ökad näringshalt. För att planktonen ska kunna reproduceras krävs att kväve/fosforkvoten är 16, det vill säga att det finns 16 gånger så mycket kväve som fosfor i vattnet. Om kvoten är rubbad kommer endera fosfor eller kväve att förbrukas först och begränsa primärproduktionen. I Östersjön är det kväve som är den begränsande faktorn, vilket leder till att utsläpp av kväve ger en ökad primärproduktion och övergödningssproblem.

Kväve är en oändlig resurs då lufthavet består av 78 % kväve. För att denna kvävgas ska kunna användas som gödningsmedel i jordbruket krävs stora mängder energi som omvandlar gasen till ett fast gödningsmedel. Vanliga kvävegödselmedel är chilesalpeter, kalksalpeter och ammoniumsulfat (Marklund, 1993B). Det enda sättet att annars ta tillvara kväve från luften är att odla baljväxter. Dessa växter lever i samverkan med kvävefixerande bakterier som kan omvandla kvävgas till nitrat och ammonium, vilket sedan växter kan tillgodogöra sig.

Av kvävet som tillförs hushållsavlopp kommer ca 80 % från urin, 10 % från fekalier och 10 % från BDT-vattnet.

3.3.3 Fosfor

Fosfor är nödvändigt för allt levande och behövs bland annat i DNA, RNA och ATP. Fosfor är en ändlig resurs som bedöms räcka i mellan 350 till 1 200 år beroende på hur vi hushållar med råvaran. Fosfors kretslopp i naturen skiljer sig från de andra icke-metallernas genom att inga gasformiga föreningar ingår. Det består av ett land- och ett vattenbaserat biologiskt kretslopp med omloppstider på dagar, veckor eller år. Dessa är förbundna med varandra genom ett långsamt, geologiskt oorganiskt kretslopp med omsättningstider upp till miljontals år.

Fosfor är en av de grundämnena som växter ofta lider brist på. Därför tillförs fosfatgödsel i stora mängder i modernt jordbruk. Det är framför allt superfosfat och råfosfat som används som gödselmedel. Superfosfat är ett oorganiskt gödselmedel som innehåller kalciumdivätefosfat och kalciumsulfat. Den viktigaste råvaran för framställningen är fosforit som bildats genom sedimentation i havet. All fosforgödning innehåller kadmium, men under de senaste åren har halten i medel i Sverige sjunkit, vilket bidragit till att kadmiumtillförseln till svensk åkermark minskat (Marklund, 1991).

Mängden fosfor som förekommer i avloppsvatten varierar mycket. Fosfor i avloppsvattnet förekommer dels i löst form och dels i partikulär form där fosfor är bunden till suspenderat material. I enskilda infiltrationsanläggningar kan läckaget till recipienten vara stort.

I reningsverken har fosforeringen länge varit omfattande då läckage till insjöar kan ha förödande konsekvenser. Detta på grund av att fosfor är den begränsande faktorn i insjöar. Vid ökad mängd fosfor skjuter primärproduktionen i höjden med algbloomning, syrebrist och döda bottenar som följd.

3.3.4 Kalium

Kalium är ett livsnödvändigt mineralämne hos alla organismer och förekommer i jonform inne i cellerna. Det är därför viktigt att vi får i oss kalium via födan, dagsbehovet för en vuxen person är 2,5 gram (Marklund, 1993A).

Kalium är det sjunde vanligaste ämnet i jordskorpan och den största mängden finns i fältspat- och glimmermineral. Stora mängder finns bundet i markmineralen och är därför inte tillgängligt för växtligheten. Det krävs då kaliumgödsling inom jordbruket i form av kaliumnitrat för att ersätta det kalium som bortförts med grödan (Marklund, 1993A).

4 Material och metod

4.1 Materialbeskrivning

Slammet som lagras i gödselbrunnarna kommer från enskilda brunnar och tankar på Fårö. Slammet kommer uteslutande från hushåll och turistanläggningar. Det finns inga industrier på Fårö, varför några sådana föroreningar inte kan förekomma i slammet. Det som hamnar i slammet härrör från hushållens tvätt-, disk- och badaktiviteter samt från toaletter. Detta göra att slammet innehåller tvätt- och diskmedelsrester, schampoo- och tvålrester, organiskt material så som matrester samt fekalier och urin. Slammet har en låg TS-halt vilket innebär att slammet till största delen innehåller vatten.

4.2 Metod

Vid beräkning av de olika resultaten har jag gått till väga på följande sätt: Vid första spridningstillfället uppskattades behållaren innehålla 1 000 m³, men det spreds bara ut ca 880 m³, resterande tros blivit kvar i brunnen (Söderlund, T, 2000). Jag har vid beräkningarna av totalmängden slam använt 1 000 m³ och räknat med att slammet väger 1 000 kg per kubikmeter i våtvikt.

Alla analysresultat är uträknade efter torrsubstanshalten, TS-halten i slammet. Eftersom slammet inte är homogent kan TS-halten variera vilket gör att totala mängden organiska miljöfarliga ämnen, metaller och näringsämnen i slammet också varierar från gång till gång.

Vid analys av de organiska indikatorämnena blir värdena ofta lägre än analysmetodens detektionsgräns, det vill säga resultatet blir ett ”mindre än”-värde. I skriften ”Vägledning för slamsamråd – Tolkning av analysresultat för organiska indikatorämnen” av Svenska Vatten- och Avloppsverksförbundet beskrivs hur ”mindre än”-värden för organiska indikatorämnen ska tolkas. De rekommenderar slamsamråden att hantera ”mindre än”-värden i slamsammanhang som halva det värde som angivits. Vid sammanräkning av bland annat PCB och PAH har jag använt ovan nämnda metod.

Från den andra lagringsomgången saknas analyser varför ingen sammanställning av minskningen under lagringstiden har kunnat göras. De minskningsvärden som finns redovisade är uteslutande från första omgången

Vid beräkning av metallhalterna i slammet har jag tagit ett medelvärde av de få analyser som är gjorda och jämfört dem med slam från avloppsreningsverket i Visby. Jämförelsen har jag gjort för att få en uppfattning om storleken på metallinnehållet i slammet från Fårö. Värdena från slammet i Visby är medelvärden under januari till oktober 1999.

Jag har också räknat ut efter 1995 års gränsvärden vilken mängd slam som går att tillföra åkermarken per hektar innan gränsvärdena för de olika metallerna överskrids.

Endast en av de sex indikatorbakterierna är odlade vid de tre olika analystillfällena under lagringstiden. Därför kan bara minskningstrenden från dessa Koliforma bakterier tas fram.

5 Resultat

5.1 Slamanalyser från lagringsbrunnarna på Fårö

Alla rådata från slamanalyserna tagna ur brunnarna på Fårö finns presenterade i bilaga 4. Vid åtta tillfällen har slamprover tagits från brunnarna. Det faktum att många av analyserna inte är gjorda varje gång gör det svårt att bedöma resultaten.

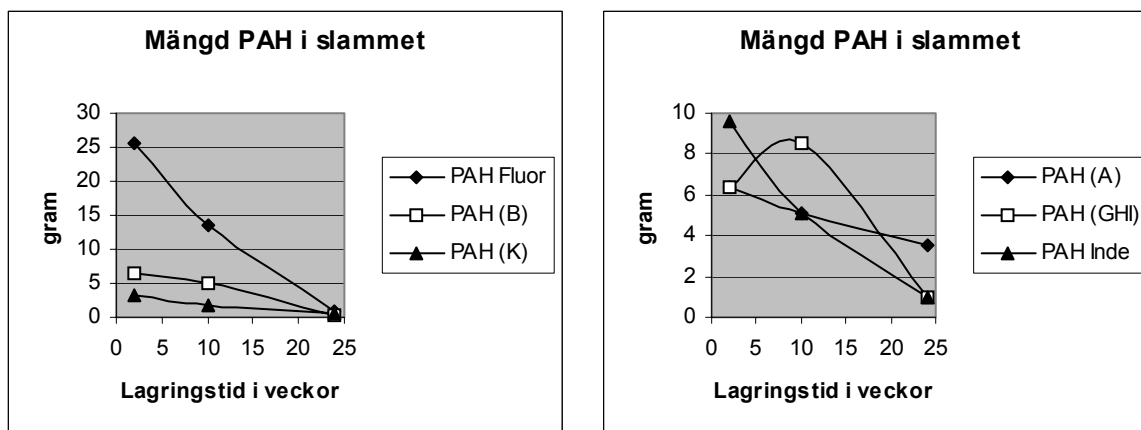
5.2 Organiska miljöfarliga ämnen

Av de organiska indikatorämnena är det 4-nonylfenol och Toluen som vid första spridningstillfället överstiger gränsvärdena. Slammet från Fårö har också jämförts med slam från Visby avloppsreningsverk (Lindström, R, 1999), se tabell 5.1.

Tabell 5.1. Redovisar i vilken mängd i de olika indikatorämnena finns i slammen samt en jämförelse mellan de rekommenderade gränsvärdena (Naturvårdsverket, 1995).

Organiskt indikatorämne	Rekommenderat gränsvärde (mg/kg TS)	Slam från Fårö brunnarna (mg/kg TS)	Slam från Visbys reningsverk (mg/kg TS)
4-nonylfenol	50	66	38,5
Toluen	5	8,15	3,35
Summa PAH	3	1,59	1,454
Summa PCB	0,4	0,154	0,059

Den totala mängden av de sex olika PAH-föreningarna i slammet har sjunkit under lagringstiden, se figur 5.1 och 5.2.

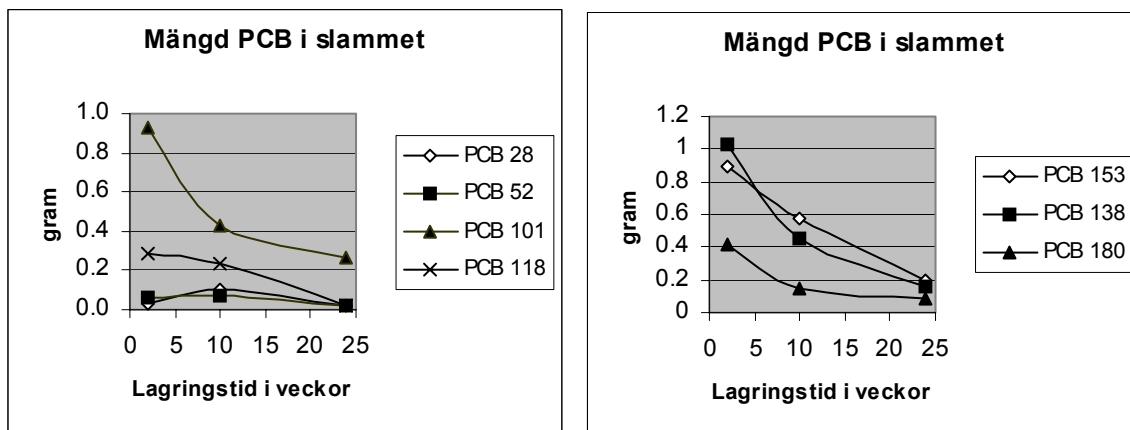


Figur 5.1 och 5.2. Figurerna visar hur de sex olika PAH-föreningarna i slammet från lagringsbrunnarna på Fårö har förändrats över tiden.

När slammet lagrats i brunnarna i mer än sex månader har stora mängder PAH försvunnit. PAH benzo(A) floranten har minskat med 45 %, resterande PAH föreningar har minskat med över 80 % under de 24 veckorna.

Vid det första spridningstillfället blev totalsumman av de sex föreningarna i slammet 7,25 gram i de lagrade ca 1 000 kubikmetrarna. Det betyder att 0,39 mg PAH har spridits per hektar.

De sju olika PCB-föreningarna har sjunkit under lagringstiden, värdena är beräknade av totala slammängden, se figur 5.3 och 5.4.

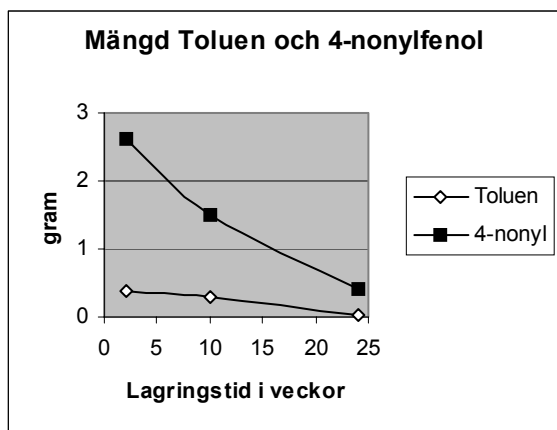


Figur 5.3 och 5.4. Figureerna visar hur de sju olika PCB-föreningarna i slammet från lagringsbrunnarna på Fårö sjunkit med lagringstiden.

Under lagringstiden som i det här fallet var drygt 24 veckor har PCB-halterna minskat betydligt genom avdunstning eller nedbrytning. PCB 28 har minskat med 22 %, medan resterande PCB föreningar har minskat med över 60 %.

Vid det första spridningstillfället fanns sammanlagt 0,79 gram PCB-föreningar i de ca 1 000 kubikmetrarna lagrade slammet. Det har då följaktligen spridits 0,042 mg PCB per hektar.

Den totala mängden Toluen och 4-nonylfenol har sjunkit i slammet under lagringstiden, se figur 5.5.

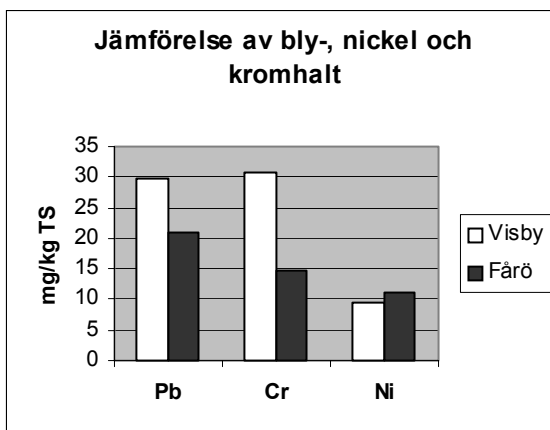
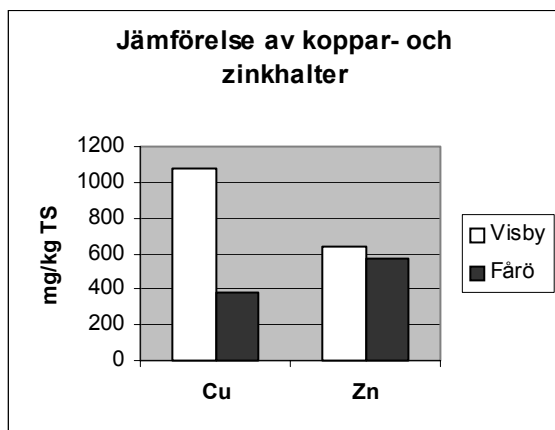


Figur 5.5. Visar att de organiska ämnena Toluen och 4-nonylfenol minskar under slammets lagringstid.

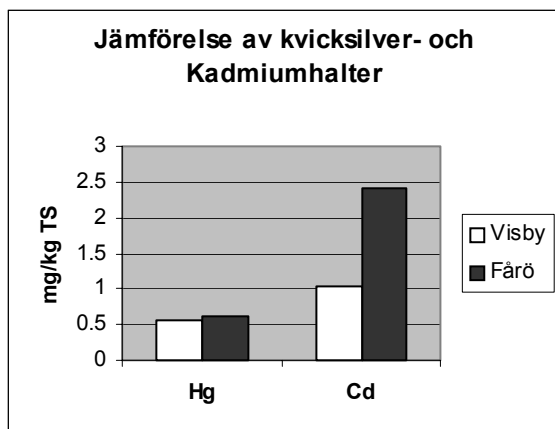
Toluen och 4-nonylfenol har under lagringstiden minskat med 96 respektive 85 %. Under den första spridningsomgången innehöll slammet 0,017 gram Toluen och 0,4 gram 4-nonylfenol. Detta gav en spridning på 0,0009 gram Toluen per hektar och 0,021 gram 4-nonylfenol per hektar.

5.3 Metaller

Metallhalterna i slammet kan variera kraftigt från prov till prov, se bilaga 4. Jämförelsen är gjord mellan slam från Visbys avloppsreningsverk och från brunnarna på Fårö. Analysvärdena från Visby är medelvärdet under 1999 (Lindström, R, 1999) medan värdena från Fårö är medelvärdet av alla analyser, se figur 5.6, 5.7 och 5.8.



Figur 5.6 och 5.7. Visar mängden metall i slammet från Fårö samt en jämförelse av metallinnehållet i slammet från Visby avloppsreningsverk och Fåröbrunnarna.

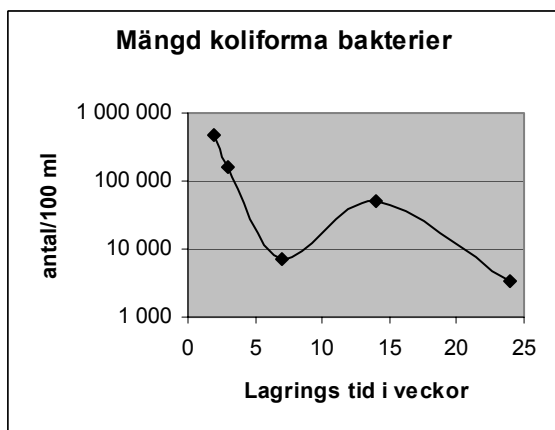


Figur 5.8. Visar mängden metall i slammet från Fårö samt en jämförelse av metallinnehållet i slammet från Visby avloppsreningsverk och Fåröbrunnarna.

Vid sista provtagningsomgången under första lagringsperioden har även aluminium vid ett tillfälle analyserats och återfanns med 6 900 mg/kg TS. Detta ger att 1,8 kg aluminium har spridits per hektar.

5.4 Bakterier

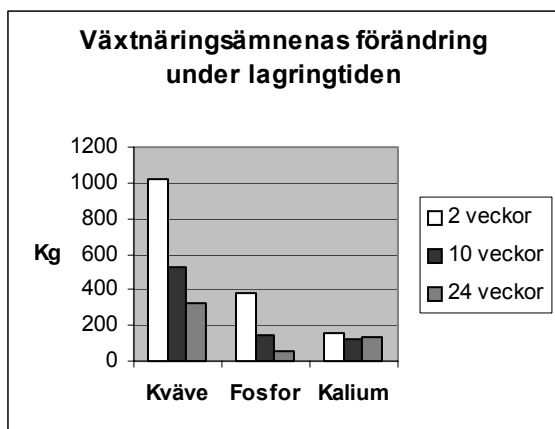
De koliforma bakterierna är de enda bakterierna som är analyserade tillräckligt många gånger för att en trend ska kunna utläsas, se figur 5.9. De andra analyserade bakterierna har också minskat kraftigt under lagringstiden, se bilaga 4.



Figur 5.9. Minskningen av koliforma bakterier under lagringstiden.

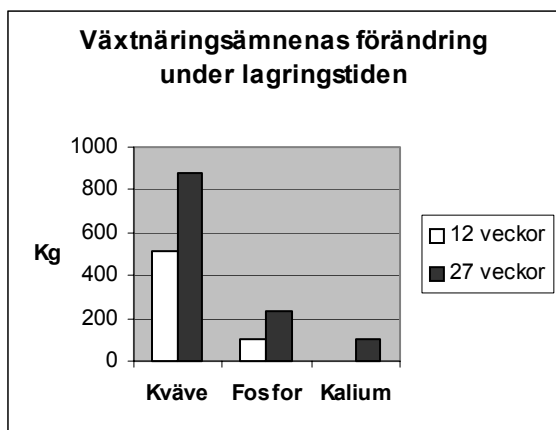
5.5 Växtnäringsämnen

Växtnäringsämnena har under den första lagringsperioden minskat, se figur 5.10 medan växtnäringen ökat under den andra perioden, se figur 5.11.



Figur 5.10. Visar växtnäringsens minskning under den första lagringsperioden.

Kväve har minskat med 68 % under de 24 lagringsveckorna, fosfor med 84 % och kalium med 13 %. Under den första spridningsomgången har 17,6 kg kväve spridits per hektar, 2,8 kg fosfor och 6,6 kg kalium.



Figur 5.11. Visar hur växtnäringen har förändrats under den andra lagringsperioden.

Under denna andra lagringsomgång har växtnäringsmängden i slammet ökat. Kvävet har ökat med 72 % och fosfor med 122 %.

6 Diskussion och slutsatser

Det bör poängteras att slam från hushåll inte är så rent som många vill göra gällande. Betydande mängder metaller och organiska miljöfarliga ämnen återfinns i slammet.

6.1 Provtagning

Vid de olika provtagningstillfällena har TS-halten varierat mellan 0,5 och 2,1 %. Detta beror på att slammet i brunnarna inte är homogent, men att TS-halten skulle öka från 0,8 % till 2,1 % under andra lagringsperioden låter osannolikt, se bilaga 4. TS-halten borde inte kunna öka så mycket under lagringstiden, däremot vet man inte vilket av värdena som är riktigt, kanske ligger sanningen någonstans mittemellan. Att TS-halten varierar så mycket ger stora variationer när mängden metall, näringsämnen och organiska miljöfarliga ämnen i slammet ska beräknas. Detta faktum försvårar bedömningen av resultaten, som i flera fall inte går att lita på. Till exempel i figur 5.11 redovisas att näringsämnena under den andra lagringsperioden har stigit. Detta är inte möjligt då till exempel fosfor inte kan deponeras via luften vilket gör att mängden inte kan öka i behållaren under lagringstiden. I sista lagringsomgången har kadmiumhalten ökat fyra gånger eftersom TS-halten ökat. Detta borde inte heller vara möjligt. Alltså är analysresultaten missvisande.

Enligt Laboratoriet Liva lab. är mätosäkerheten på analyser av slam med låg torrsubstanshalt upp till 25 %. Även att det är så få mättillfällen med fullständiga analysresultat ger en stor osäkerhet när resultaten ska bedömas. Fler prover bör tas på slammet för att resultaten blir tillförlitligare. Analyserna bör också göras av mängden slam i liter och inte efter TS-halten. Att utgå från ett prov där TS-halten bara analyserats en gång ger missvisande resultat, se tabell 2.1. TS-halten bör därför mätas fem gånger per analysomgång. Dessa resultat ger då ett medelvärde som ligger tillgrund för fortsatta beräkningar av mängden metaller, organiska miljöfarliga ämnen samt växtnäringsämnena i slammet. I nuläget finns många brister både vad gäller provtagningstidpunkter och analysparametrar. För att få bättre rutiner för provtagning krävs en utarbetad provtagningsmetod.

6.2 Organiska miljöfarliga ämnen

Om en sammanställning görs utan att ta hänsyn till torrsubstansinnehållet i slammet, visar det sig att de rekommenderade gränsvärdena överskrids av toluen och 4-nonylfenol, se tabell 5.1, även om det totalt blir en liten mängd som hamnar på åkern då TS-halten är låg.

De organiska miljöfarliga ämnena kommer troligtvis inte att vara den begränsande faktorn när det gäller att sprida slammet från lagringsbrunnarna på Fårö. De minskar betydligt under lagringstiden, se figurerna 5.1–5.5. De flesta av dessa ämnen bryts också snabbt ned när de kommer i kontakt med jord. Problemet här är att det finns så otroligt många organiska miljöfarliga ämnen i omlopp, men bara ett fåtal analyseras. Hur mycket dioxin och bromerade flamskyddsmedel det finns i slammet är ännu okänt. Det finns inte heller gränsvärden för hur mycket som får släppas ut via avloppsslam. De gränser som indikatorämnena bör ligga under är inte framtagna utefter vad markens organismer tål utan är en överenskommelse mellan LRF, Naturvårdsverket och VAV, se 2.2.

6.3 Metaller

Kadmium är en stor begränsande faktor när slammet ska spridas till åkermark. I figur 5.8 visas kadmiumhalten från Fåröslammet i jämförelse med slammet från Visby i mg/kg TS, i slammet från Fårö finns mer än dubbelt så mycket kadmium. På Fårö finns inga industrier eller annan miljöfarlig verksamhet, det är alltså hushållen som bidrar med dessa mängder

kadmium. Gränsvärdena för kadmium sänks vid årsskiftet vilket gör att en betydligt mindre mängd slam per hektar kommer att kunna spridas än tidigare. Detta är ett stort problem som måste lösas med ökad information till hushåll om hur viktigt det är att inte spola ned till exempel cigaretter och gammal färg.

De andra metallerna håller sig en bra bit under gränsvärdena och begränsar därför inte spridningen. Däremot innehöll slammet mycket aluminium vid det enda analystillfället. Att det inte finns något gränsvärde för aluminium i slam beror på att aluminium är en fällningskemikalie i reningsverken och finns därför i stora mängder. Om analysresultatet är korrekt skulle det innebära att drygt 30 kg aluminium spridits på Fårö under 1998. Detta bör följas upp med utökad provtagning.

För att slam ska kunna fungera som ett gödselmedel krävs det att man kommer tillrätta med värdena som ligger över gränsen för vad som är tillåtet att sprida ut. Om slammet ska kunna få en tillfredsställande kvalitet krävs ökad information, utökad provtagning både av slammet, enskilda brunnar och av åkermarken. Att låta göra en innehållsdeklaration av slammet skulle underlätta för alla parter, då lantbrukaren och konsumenten vet vad som spridits till åkern.

6.4 Bakterier

Bakteriehalterna i slammet minskar betydligt under lagringstiden. De odlade bakterierna är bara indikatorbakterier och inte i sig själva sjukdomsframkallande. Det är inte på något sätt säkert att de patogena bakterierna har avdödats likt indikatorbakterierna. Andra patogena organismer så som virus och maskar har överhuvudtaget inte analyserats, så i vilken utsträckning de finns i slammet är okänt.

Det är alltså för tidigt att säga hur lång lagringstiden av slammet på Fårö bör vara. Det finns alldeles för dåligt underlag för att kunna göra en bedömning. En studie om avdödningsmönstret av ägg från parasitmaskar skulle förmodligen ge Gotlands kommun svar. Enligt lag får obehandlat slam spridas om det brukas ned inom 24 timmar, Naturvårdsverket och experter på området rekommenderar dock inte detta. I dagsläget går det inte att svara på hur lång den optimala lagringstiden för slam är. Med utökad provtagning och kontroll av slammet för att fastställa avdödningsmönstret för sjukdomsframkallande mikroorganismer kan en bedömning göras. För att vara helt säker på att slammet hygieniseras kan våtkompostering vara ett alternativ till långtids lagring.

6.5 Växtnäringsämnen

Ska det vara någon idé för jordbrukarna att sprida slam på åkermarken måste slammet innehålla växtnäringsämnen. Om mängden växtnäringsämnen är låg lönar det sig inte att sprida slammet. Det är därför viktigt att slammet genom hela hanteringen behandlas så att förlusterna blir så små som möjligt. Det är också viktigt från miljösynpunkt att så stor mängd som möjligt av näringsämnena finns kvar i slammet och inte läcker ut och övergöder omgivande vattendrag. Den utformning som brunnarna har i dag ger näringsförluster, växtnäringsutbyte skulle förmodligen öka om brunnarna kunde tackas. Det är framför allt viktigt att vid nybyggnation planera för förebyggande åtgärder från början.

Faktorer som styr kväveförlusten vid spridning av gödsel är komplicerade, både nitrurlaknings- och denitrifikationsprocesserna är generellt låga under sommaren då jorden är genomsläpplig och växtupptaget högt. Vid spridning kan kväve förloras dels genom ammoniakavgång, dels via förluster som nitrurlakning, ytavrinning och denitrifikation.

Under de varma sommarmånaderna kan däremot ammoniakavgången vara stor på grund av hög marktemperatur. Detta gör att den optimala tidpunkten för spridning är då grödorna växer samtidigt som marktemperaturen är låg. Dessa förhållanden infaller nästan uteslutande under vår eller sen höst.

Att sprida vid rätt väderlek ger också minskade förluster. Vid mulet väder och lite vind begränsas ammoniakförlusterna. En grundregel är att låta gödseln komma i kontakt med jordpartiklar så fort som möjligt eftersom dessa effektivt binder ammoniaken. Vid spridning direkt på markytan är det därför viktigt att snabbt bruka ner gödseln genom plöjning eller harvning.

Förlusterna kan också minskas om ändamålsenliga redskap används vid spridningen, dvs. bandspridning eller släpplangsteknik i kombination med plöjning. Att sprida gödsel i växande gröda är bra både för miljön och för växtnäringsupptaget och risken för urlakning minskas.

6.6 Optimering av lagringstiden

I förordningen SNFS (1994:2) 6 § står följande: ”Avloppsslammet skall behandlas innan det används i jordbruket. Obehandlat avloppsslam får dock användas om det brukas ned senast inom ett dygn från spridningen och användningen inte leder till olägenheter för närboende”. Enligt denna paragraf skulle slammet kunna spridas direkt, men i Naturvårdsverkets Allmänna råd säger man att spridning av ostabiliserat slam endast bör ske i undantagsfall och endast efter tillståndsmyndighetens prövning, på betryggande avstånd från bebyggelse och med direkt nedmyllning (Stenström, 1996). Stenström (1996) menar också i sin rapport ”Sjukdomsframkallande mikroorganismer i avloppssystem” att obehandlat slam bör användas mycket restriktivt i jordbruket då smittspridningsrisken är dåligt utredd.

Enligt de mikrobiologiska analyserna, se figur 5.9, reduceras indikatorbakterierna kraftigt efter bara några veckors lagring. Stenström (1996) menar dock i sin rapport att indikatorbakteriernas avdödning inte på något sätt speglar alla patogeners avdödningsmönster. För att äggen från *Ascaris*, rundmaskar inte ska kunna utvecklas till maskar krävs en lagringstid på minst sex månader i tropiskt klimat. I kallare klimat som här i Sverige kan dessa ägg förmodligen överleva längre. Då inga studier har gjorts är det okänt hur länge de kan överleva i kallare klimat.

För det första bör analyser göras för att kartlägga parasitmaskars avdödningsmönster. Det är ovanligt att människor i Sverige har parasitmaskar, så risken att de finns i slammet på Fårö är liten. Däremot är överlevnaden av ägg från parasitmaskar en bra indikator på om patogener i övrigt, bakterier och virus avdödas under lagringen, se 7.1.3. Då det inte finns några tidigare studier gjorda på detta i Sverige är troligen till exempel Smittskyddsinstitutet intresserade av en sådan studie. I Sverige i dagsläget finns det allmänt ett dåligt underlag för hur länge olika sjukdomsframkallande mikroorganismer kan överleva i lagrat slam.

Det skulle vara möjligt att sprida slammet tidigare än sex månader om det går att bevisa att patogenerna har avdödats. Tyvärr är detta svårt då det saknas metoder att undersöka många av patogenerna. Däremot är det alltid tiden och temperaturen som är avgörande för avdödningen. En säker metod för avdödning är att höja temperaturen till över 60°C, men även en lägre temperatur i samverkan med lång tid är effektivt (Stenström, 1996).

7 Förslag till förbättringar av Fåröprojektet

7.1 Kvalitetshöjning

För att slam ska kunna fungera som ett gödselmedel krävs en hög kvalitet. Det är många faktorer som spelar in för att slammet ska gå att sprida till åkermark. Metallhalten får inte vara för hög, speciellt kadmiumhalten, se 2.2.1, det får inte finnas risk för smittspridning samt de miljöfarliga organiska ämnena får inte finnas i för stora halter, speciellt långlivade PCB, DDT och dioxiner.

7.1.1 Information

En utökad informationsinsats krävs för att förhindra att oönskade ämnen spolas ut i avloppet. Detta kan bland annat ske genom att hushållen får en reducerad taxa om de kan garantera att inga skadliga ämnen spolas ut i avloppet.

7.1.2 Innehållsdeklaration

Att kontinuerligt utföra analyser på slammet är en förutsättning för att spridning ska kunna ske. Det är därför viktigt att innehållet i slammet blir kartlagt innan spridning så att gränsvärden inte överskrids. Det är också viktigt att kunna erbjuda lantbrukaren, Arla och konsumenterna en innehållsdeklaration av slammet vilket också är reglerat i förordningen (SNFS 1994:2).

7.1.3 Analyser

Kontinuerliga analyser krävs om en kvalitetssäkring och en innehållsdeklaration av slammet ska vara möjlig. Vilka analyser och med vilken metod provtagning och uppföljning ska ske finns redovisade i bilaga 5 och 7.

Även analyser av enskilda brunnar och tankar bör göras där det kan misstänkas att verksamheten bidrar till att förorena slammet.

7.1.4 Åkermarksprovtagning

Analyser av åkermarken på Fårö bör utföras för att fastställa metallernas bakgrundsvärden i marken. När och hur dessa jordprover skall tas regleras i förordningarna (SNFS 1998:4) och (SNFS 1998:4).

7.2 Näringsoptimering

Om det ska vara någon idé för jordbrukarna att sprida slam på åkermarken måste slammet innehålla växtnäringsämnen. Det är därför viktigt att slammet genom hela hanteringen behandlas så att förlusterna blir så små som möjligt. Det är också viktigt från miljösynpunkt att så stor mängd som möjligt av näringsämnena finns kvar i slammet och inte läcker ut och övergöder omgivande vattendrag.

Det är både hushållen, kommunen och jordbrukarna som gemensamt genom förbättrad hantering kan minska växtnäringsförlusterna. Förslag, tips och råd på hur hanteringen skulle kunna bli bättre finns presenterade nedan.

7.2.1 Vad kan göras vid enskilda fastigheter?

De enskilda hushållen kan satsa på nya snålspolande tekniker samt alternativa avloppslösningar, så som mulltoaletter och urinsortering.

7.2.2 Vid lagringen

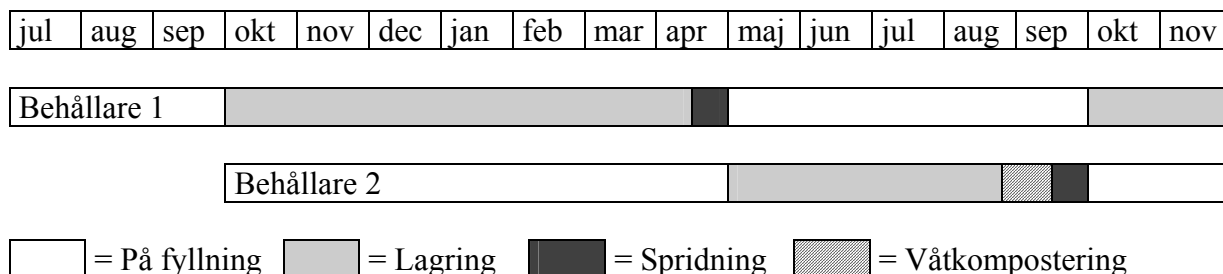
Alla faktorer som påverkar ammoniakavgången vid lagring finns redovisade i bilaga 8. De viktigaste åtgärderna för att minska förlusterna från behållarna på Fårö är att täcka behållarna, antingen genom att bygga tak eller att tillsätta hackad halm. Det är också viktigt att begränsa omrörningen, låta påfyllningen ske underifrån samt att försöka hålla lagringstiden nere.

7.2.3 Vid spridningen?

Vid all gödselspridning är det viktigt att spridningen sker vid rätt tidpunkt för att minska kväveförlusterna. De gynnsammaste förhållandena för spridning är under vår och sen höst. Spridningen bör ske vid mulet väder och lite vind för att begränsa ammoniakförlusterna. Nedbrukning bör ske snabbt om inte myllnings- eller injektionsaggregat utnyttjas vid spridningen.

7.3 Optimering av lagringstiden

För att kunna sprida slammet tidigare än sex månader krävs att lagringstiden anpassas till årstiden, vår- och höstgödslingen samt att patogenerna avdödas. I första lagringsbehållaren bör en lagringsomgång påbörjas i oktober efter påfyllning under sommaren. Den andra behållaren fylls från oktober till mars medan den första vilar. Slammet i den första behållaren sprids innan vårbruket i april, maj. När behållaren är tom börjar den fyllas medan andra behållaren vilar från maj till september, se figur 7.1. Eftersom lagringstiden i den andra behållaren bara blir fyra till fem månader krävs en avdödning av patogenerna om dessa kan påvisas i slammet. Ett alternativ kan då vara att några veckor innan höstbruket täta behållaren och tillsätta luft samtidigt som materialet blandas. Denna behandling leder då till att temperaturen höjs och en hygienisering kommer till stånd, se vidare 8.1.2 och bilaga 9.



Figur 7.1. Visar hur lagringen och spridning av slammet bör fördelas över året.

8 Förslag till behandlingsmetoder för framtida projekt

8.1 Tre behandlingsmetoder för slam från enskilda brunnar

Med utgångspunkt från Fåröprojektet och dess behandlingsmetod skulle andra bättre lösningar kunna utformas och utvecklas. På Gotland där det finns ca 11 000 hushåll med enskild brunn eller tank och där många bor långt ifrån Visby vore det lämpligt att utvidga Fåröprojektet till andra socknar på Gotland. Gotlands kommun har också för avsikt att bygga fler anläggningar för lokalt omhändertagande av avloppsslam. En kort beskrivning av de tre alternativa behandlingsmetoderna, lagring, våtkompostering och anaerobbehandling följer nedan.

8.1.1 Nuvarande metod med lagring

Om nuvarande behandlingsmetod med lagring, se kapitel 3, Beskrivning av Fåröprojektet, ska byggas på flera ställen på Gotland bör vissa förändringar göras. Då ingen annan behandling än sex månaders lagring ska hygienisera slammet måste en noggrann uträkning göras så att lagringsutrymmena räcker för den mängd slam som produceras inom det berörda området. Antingen krävs två stora lagringsbrunnar där lagringsutrymmet i varje brunn måste räckas för ett års slamproduktion eller fyra mindre där lagringskapaciteten bara behöver vara knappt fyra månader per brunn, se bilaga 9.

Andra åtgärder som bör vidtas vid nybyggnation är att förhindra ammoniakavgången vid lagringen. Detta kan göras genom att täcka lagringsbrunnarna samt att låta påfyllningen ske underifrån. Kostnaden för en sådan anläggning är knappt en miljon kronor.

8.1.2 Våtkompostering

Våtkompostering är en behandlingsmetod där slamformigt organiskt material stabiliseras i en behandlingsbehållare genom aktiv syretillförsel. Våtkompostering karakteriseras av en hög behandlingstemperatur till följd av en kraftig värmeutveckling under den aeroba nedbrytningen. I en välisolerad behållare kan temperaturen bli 60–65°C om materialet innehåller tillräckligt mycket energi. Den höga temperaturen ger ett snabbt nedbrytningsförlopp samtidigt som slammet hygieniseras då patogena organismer avdödas. För att temperaturen ska kunna stiga och slammet hygieniseras krävs att TS-halten överstiger 3–4 %. Det medför att annat organsikt material så som gödsel måste tillsättas när slam från enskilda brunnar och tankar ska våtkomposteras. Däremot bör TS-halten begränsas till omkring 10 % för att inte syretillförseln ska bli för ineffektiv (Norin, 1996).

Hur ett våtkomposteringssystem, med samma mängd slam som produceras på Fårö, skulle kunna vara uppbyggt finns kortfattat beskrivet i bilaga 9. Kostnaden är knappt en miljon kr.

8.3 Anaerob stabilisering – biogas

Anaerob nedbrytning sker när organiskt material som gödsel, avloppsvatten, hushållsavfall och växtmaterial rötas utan närvaro av syre. Nedbrytningen sker av metanbildande bakterier och vid processen bildas biogas det vill säga metangas, koldioxid och vatten samt en restprodukt av svårnedbrytbart material. Det svårnedbrytbara materialet innehåller växtnärings- och humusämnen vilket gör det till ett bra jordförbättringsmedel (Marklund, 1990). Att röta organiskt material under syrefria förhållanden är bättre från energisynpunkt än våtkompostering eftersom biogasen som bildas kan tas tillvara och utnyttjas som energikälla. Problemen med rötning är att processen är mera komplicerad, svårare att sköta samt ger en högre investeringskostnad, små anläggningar kostar över två miljoner att bygga.

9 Slutsatser

Det viktigaste för att kunna använda slammet som en växtnäingsresurs i jordbruket är att slammet håller en hög kvalitet. Därför bör stora resurser satsas på information till hushållen så att de för människan och miljön skadliga ämnena minskar i slammet. Analysresultaten från slammet på Fårö är mycket osäkra, men som utgångspunkt från de som värden som finns så innehåller slammet höga kadmiumhalter och vissa organiska miljöfarliga ämnen överskrider riktvärdena. För att få tillförlitligare analyser krävs det utökad provtagning av TS-halten, detta eftersom alla analysresultat är beroende av TS-halten i slammet.

Om lantbrukarna ska vilja utnyttja slammet på åkermarken i framtiden krävs en bättring. Vid en utökning av projektet till andra socknar på Gotland krävs en omfattande informationsinsats innan projektstart.

Det är också viktigt att slammet innehåller växtnäingsämnen så att slammet blir en resurs för jordbruket. På Fårö innehåller slammet en liten mängd växtnäingsämnen. Det är både hushållen, kommunen och jordbrukarna som gemensamt måste förbättra hanteringen av slammet så växtnäingsförlusterna kan minskas. Vid en nybyggnation bör förebyggande åtgärder planeras från början.

Eftersom det inte finns några studier i Sverige på hur patogener avdödas enbart genom långtidslagring kan Gotlands kommun bli en föregångare och genomföra en provtagningsserie på Fåröslammet. En sådan studie kostar ca 10 000 kronor och både Smittskyddsinstitutet och Sveriges veterinärmedicinska anstalt skulle kanske vara intresserade av att delta i en sådan studie.

Det är alltså för tidigt att säga om lagringstiden av slammet på Fårö går att korta ner. Det finns alldeles för dåligt underlag för att kunna göra en bedömning. En studie om avdödningsmönstret av ägg från parasitmaskar skulle förmodligen ge Gotlands kommun svar. Det går i nu läget inte att säga vilken den optimala lagringstiden är, men då slam enligt lag får spridas obehandlat om det brukas ned inom 24 timmar, skulle slammet teoretiskt kunna spridas, men är inte att rekommendera enligt Naturvårdsverket och experter på området. I stället bör slammet hygieniseras vilket kan ske genom våtkompostering.

Om lokalt omhändertagande av slam likt Fåröprojektet ska införas i andra socknar på Gotland finns det flera olika alternativa behandlingsmetoder att tillgå. Dessa är långtidslagring, satsvis våtkompostering och rötning, biogasproduktion. Av dessa metoder är långtidslagring med fyra mindre behållare det billigaste och minst resurskrävande alternativet. Däremot är det osäkert om denna metod ger en tillfredsställande hygienisering. Våtkompostering är det näst billigaste alternativet och kräver viss övervakning, vid denna behandling sker en hygienisering. Den biogasanläggning som håller på att byggas på Lövsta är dyr att bygga och kräver ständig tillsyn, däremot hygieniseras materialet samtidigt som energi, biogas erhålls.

Det finns ingen universal lösning på hur slam från hushåll med enskilda brunnar och tankar ska tas om hand. I stället är det olika lösningar och behandlingsmetoder som kommer att lösa problemet i framtiden. Gotlands kommun ligger långt framme när det gäller att utveckla alternativa lösningar på avloppsproblematiken. De har nu chans att utveckla och förbättra flera alternativa lösningar.

Referenser

Skriftliga referenser

Aastrup, M., Berntell, A., Bertills, U., Johnson, J. och Thunholm, B. 1995. *Grundvattnets kemi i Sverige*. Naturvårdsverkets och Sveriges Geologiska Undersöknings Rapport 4415. Berlings. Arlöv. ISBN 91-620-4415-x.

Andersson, A., Eriksson, J. och Söderström, M. 1995. Naturvårdsverkets Rapport 4450. *Kadmiumhalter i matjorden i svensk åkermark*. Gotab. Stockholm. ISBN 91-620-4450-8.

Granstedt, A., Högborg, E., Johansson, L., Weidow, B. 1986. *Växtodlingens grunder*. LTS-förlag. Stockholm. ISBN 91-36-02237-3.

Hargelius. 1994. *Det kretsloppsanpassade avloppssystemet*. Avfallsforskningsrådet AFR. Stockholm. ISSN 1102-6944.

Johansson, H. och Zimerson, E. 1994. *Kemiska ämnens hälso- och miljöeffekter*. Elanders Electronic Printing.

Kemikalieinspektionen. 1995. *Kadmium – hälsorisker – vad gör myndigheterna?* PrintGraf. Stockholm.

Lindberg, A. och Norin, E. 1998. *Lövsta biogasanläggning – förstudie*. VBB VIAK AB. Avfallsteknik

Marklund, K. 1990. *Nationalencyklopedin, fjärde bandet*. Bokförlaget Bra Böcker AB. Höganäs. ISBN 91-7024-619-X.

Marklund, K. 1991. *Nationalencyklopedin, sjätte bandet*. Bokförlaget Bra Böcker AB. Höganäs. ISBN 91-7024-619-X.

Marklund, K. 1992. *Nationalencyklopedin, åttonde bandet*. Bokförlaget Bra Böcker AB. Höganäs. ISBN 91-7024-619-X.

Marklund, K. 1993A. *Nationalencyklopedin, tionde bandet*. Bokförlaget Bra Böcker AB. Höganäs. ISBN 91-7024-619-X.

Marklund, K. 1993B. *Nationalencyklopedin, elfte bandet*. Bokförlaget Bra Böcker AB. Höganäs. ISBN 91-7024-619-X.

Naturvårdsverket. 1985. *Avloppsvatteninfiltration förutsättningar, funktion, miljökonsekvenser*. Gotab. Stockholm. ISBN 91-7590-221-4.

Naturvårdsverket. 1987. *Små avloppsanläggningar*. Industritryck AB. Solna. ISBN 91-620-0022-5.

Naturvårdsverket. 1993A. Rapport 4085. *Slam Innehåll av organiska miljöfarliga ämnen Sammanställning och utvärdering av analysresultat*. Nordstedts Tryckeri AB. Stockholm. ISBN 91-620-4085-5.

Naturvårdsverket. 1993B. Rapport 4251. *Renare slam – Åtgärd för kommunala avloppsreningsverk*. Stibo tryck AB. ISBN 91-620-4251-3

Naturvårdsverket. 1995. Rapport 4425. *Vad innehåller avlopp från hushåll?* Naturvårdsverkets reprocentral. Stockholm. ISBN 91-620-4425-7.

Naturvårdsverket. 1996. Rapport 4418. *Användning av avloppsslam i jordbruket*. Nordstedts Tryckeri AB. Stockholm. ISBN 91-620-4418-4.

Nilsson. 1993. Utvärdering av källsortering och lokal hemkompostering. Stiftelsen

Norin. E. 1996. *Våtkompostering i ett lokalt, kretsloppsbaseerat behandlingssystem för toalett- och köksavfall – förstudie av planerad bebyggelse i Horn, Västerås kommun*. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

SNFS 1994:2. Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljö, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket.

SNFS 1998:4. Statens naturvårdsverks föreskrifter om ändring i kungörelsen (SNFS 1994:2) med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket.

Svensson. L. 1991. *Ammoniakavgång vid lagring av nöt- och svingödsel*. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.

Stenström. T-A. 1996. Sjukdomsframkallande mikroorganismer i avloppssystem. Norstedts Tryckeri AB. Stockholm. ISBN 91-620-4683-7.

Åkerman, L. 1991. *Miljölexikon*. Rabén & Sjögren. Avesta.

Muntliga referenser

Bogren. Eva. 1999. Gotlands kommun. Tel 0498-26 90 00

Duveborg. Leif. 1999. Gotlands kommun. Tel 0498-26 90 00.

Gruvberger. Christopher. 1999. Jordbrukstekniska institutet i Uppsala Tel. 018-33 33 65.

Holmberg. Magnus. 1999. KM LAB AB. Tel. 013-23 36 55.

Johansson. Rolf. 1999. Gotlands kommun. Tel 0498-26 90 00

Kristenson. Dan. 2000. Sveriges veterinärmedicinska anstalt. 018-67 40 00

Lindberg. Sverker. 1999. Gotlands kommun. Tel 0498-26 90 00

Lindholm. Anders. 1996. Gotlands kommun. Tel 0498-26 90 00

Lindström. Roger. 1999. Gotlands kommun Tel 0498-26 90 00

Malmström. Nisse. 1999. Gotlands kommun. Tel 0498-26 90 00

Nilsson. Kyllikki. 2000. Gotlands kommun. Tel 0498-26 90 00

Olsson. Tomas. 1999. När bygg. Tel 0498-49 23 01.

Stenström. Thor-Axel. 1999. Smittskyddsinstitutet. Tel. 08-457 24 69

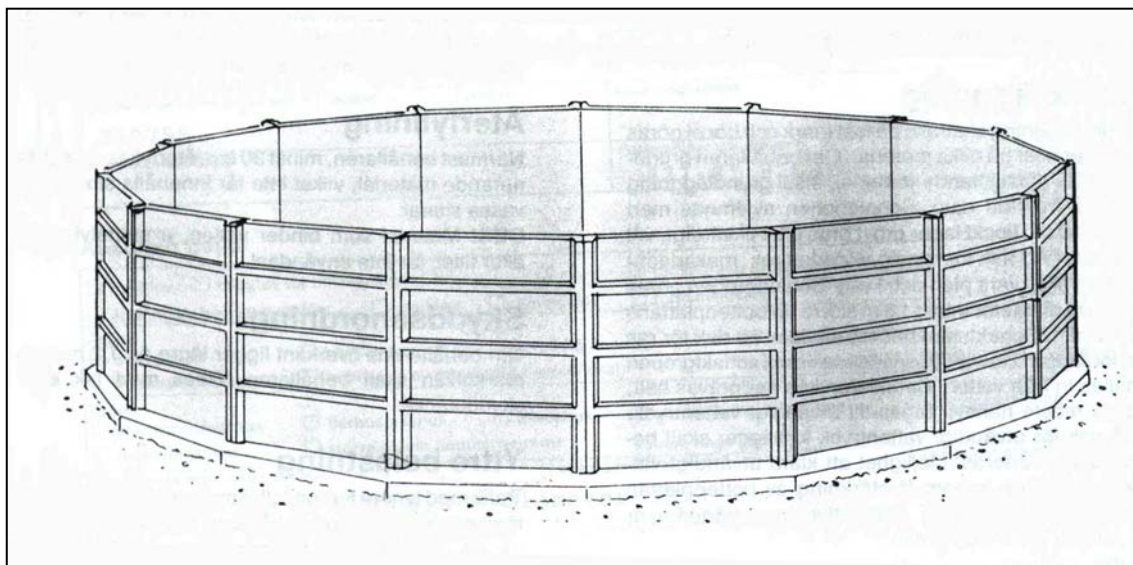
Söderlund. Tomas. 1999. Lantbrukare på Fårö. Tel. 0498-22 37 26

Jacobsson. Karl. 1999. Värme och sanitet.



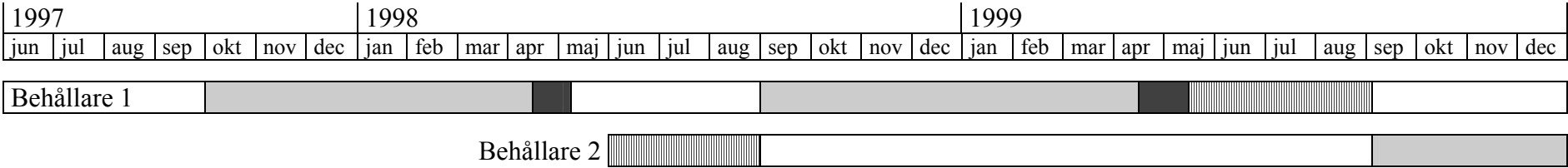
Figur 1. Karta över Gotland. Pilen visar lagringsbrunnarnas placering på Fårö.

Gödselbrunn



Figur 1. Illustration av gödselbrunn likt dem som används som lagringsbrunnar på Fårö (Olsson, T, 1999).

Lagrings- och spridningsförhållanden



 = på fyllning  = lagring  = spridning  = tom behållare

Figur 3. Visar Sprid- och lagringsförhållanden av slammet på Fårö (Söderlund, T, 1999).

Rådata från analyser på Fåröslammet.

Tabell 1. Rådata från alla analyser tagna från brunnarna på Fårö (Duveborg, L, 1999).

Provtagnings datum	Lagrings tid	Brunn	pH	TS	Gf	Tot-N	NH ₄ -N	Tot-P	K	Ca	Mg
	veckor			%	%TS	%TS	%TS	%TS	%TS	%TS	%TS
1997-10-14	2	1		3,2		3,2	0,33	1,2	0,5		
1997-12-10	10	1		1,7		3,1	1,3	0,86	0,7		
1998-03-18	24	1		0,5		6,1	4,1	1,2	2,8		
1998-11-24	12	1	7,7	0,8	71,8	6,4	2,8	1,3			
1998-12-16	14	1									
1999-03-12	27	1		2,1		4,2	1,2	1,1	0,5	3,6	0,33
1999-08-18	3	2									
1999-10-18	7	2									

Tabell 2. Rådata från alla analyser tagna från brunnarna på Fårö (Duveborg, L, 1999).

Provtagnings datum	Lagrings tid	Brunn	Al	Zn	Cu	Pb	Cr	Ni	Cd	Hg
	veckor		mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
1997-10-14	2	1								
1997-12-10	10	1								
1998-03-18	24	1	6 900	590	280	7,7	17		1,4	0,46
1998-11-24	12	1		1 000	390	24	13	11	2,0	0,58
1998-12-16	14	1								
1999-03-12	27	1		110	470	31	14	11	3,8	0,78
1999-08-18	3	2								
1999-10-18	7	2								

Tabell 3. Rådata från alla analyser tagna från brunnarna på Fårö (Duveborg, L, 1999).

Provtagnings datum	Lagrings tid	Brunn	Toluen	4-nonyl fenol	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 153	PCB 138	PCB 180	S:A PCB
	veckor		mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
1997-10-14	2	1	12	82	<0,002	0,002	0,029	0,009	0,028	0,032	0,013	0,114
1997-12-10	10	1	17	88	0,006	0,004	0,025	0,014	0,034	0,027	0,009	0,119
1998-03-18	24	1	3,3	80	<0,011	<0,011	0,054	<0,011	0,039	0,033	0,017	0,159
1998-11-24	12	1	5,3	41	0,067	0,017	0,195	0,039	0,217	0,084	0,046	0,665
1998-12-16	14	1										
1999-03-12	27	1	13	52	<0,002	0,002	0,019	0,011	0,042	0,044	0,030	0,149
1999-08-18	3	2										
1999-10-18	7	2										

Tabell 4. Rådata från alla analyser tagna från brunnarna på Fårö (Duveborg, L, 1999).

Provtagnings datum	Lagrings tid	Brunn	PAH Floranten	PAH Benso(B) Floranten	PAH Benso(K) Floranten	PAH Benso(A) Floranten	PAH Benso(GHI) Pyren	PAH Indeno (1,2,3-CD) Pyren	SUMMA PAH
	veckor		mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
1997-10-14	2	1	0,8	0,2	<0,1	0,2	0,2	0,3	1,75
1997-12-10	10	1	0,8	0,3	<0,1	0,3	0,5	0,3	2,25
1998-03-18	24	1	0,2	<0,1	0,1	0,7	<0,4	<0,4	1,45
1998-11-24	12	1	0,9	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	1,25
1998-12-16	14	1							
1999-03-12	27	1	1,1	0,22	0,1	0,13	0,13	<0,1	1,73
1999-08-18	3	2							
1999-10-18	7	2							

Tabell 5. Rådata från alla analyser tagna från brunnarna på Fårö (Duveborg, L, 1999).

Provtagnings datum	Lagrings tid	Brunn	Heterotrofa bakt 20°C	Koliforma bakt 35°C	Koliforma bakt 44°C	Presumptiva E.coli 44°C	Fekala Streptokocker	Salmonella
	veckor		st/ml	st/100ml	st/100ml	st/100ml	st/100ml	st/100ml
1997-10-14	2	1		460 000	140 000			
1997-12-10	10	1						
1998-03-18	24	1		3 500	3 500		7 640	Ej påvisat
1998-11-24	12	1						
1998-12-16	14	1		50 000		20 000	45 000	Ej påvisat
1999-03-12	27	1						
1999-08-18	3	2	470 000	>160 000		24 000	24 000	Ej påvisat
1999-10-18	7	2	300 000	7 000		6 300	11 000	Ej påvisat

Tabell 6. Visar vilka ämnen som bör analyseras, hur mycket slam KM lab vill ha och i vilka flaskor (Holmberg, M, 1999).

Analyser	Mäts i	Mängd	Flaska
Växtnäringsanalys		1 liter	Plast
Torrsubstans och provberedning	%		
pH			
Glödförlust	% TS		
Kväve total	% TS		
Ammoniumkväve	% TS		
Fosfor total	% TS		
Kalium	% TS		
Kalcium	% TS		
Magnesium	% TS		
Metaller		1 liter	Plast
Aluminium	mg/kg TS		
Zink	mg/kg TS		
Koppar	mg/kg TS		
Bly	mg/kg TS		
Krom	mg/kg TS		
Nickel	mg/kg TS		
Kadmium	mg/kg TS		
Kvikksilver	mg/kg TS		
Organiska miljögifter		3 liter	Plast
4-nonylfenol	mg/kg TS		
SUMMA 7 PCB	mg/kg TS		
PCB 28	mg/kg TS		
PCB 52	mg/kg TS		
PCB 101	mg/kg TS		
PCB 118	mg/kg TS		
PCB 153	mg/kg TS		
PCB 138	mg/kg TS		
PCB 180	mg/kg TS		
SUMMA PAH 6 st	mg/kg TS		
PAH Fluoranten	mg/kg TS		
PAH BENSO(B) FLUORANTEN	mg/kg TS		
PAH BENSO(H) FLUORANTEN	mg/kg TS		
PAH BENSO(A) PYREN	mg/kg TS		
PAH BENSO(GHI) PERYLEN	mg/kg TS		
PAH INDENO (1,2,3-CD) PYREN	mg/kg TS		
Sammanlagt		5 liter i plastdunk	
Mikrobiologisk analys		½ liter	Steril
Heterotrofa bakterier	st/ml		
Coliforma bakterier	st/100 ml		
E-coli	st/100 ml		
Fekala streptokocker	st/100 ml		
Salmonella	st/100 ml		

Tabell 7. Om det blir aktuellt att analysera bromerade flamskyddsmedel så visar tabellen mängd och i vilka flaskor KM lab vill ha proverna (Holmberg, M, 1999).

Bromerade flamskyddsmedel	Mäts i	Mängd	Flaska
PBBE (PBDE) Polybromerade bi(di)fenylrar, 8 st specifika isomerer: #47, #85, #100, #138, #153, #154, #209.		2 l	Glas
Tetrabrombisfenol A (TBBP-A) och dess metabolit 2,4,6-Tribromfenol			
PBB Polybromerade bifenyler			
2-brombifenyl #1			
4,4'-dibrombifenyl #15			
2,2',5-tribrombifenyl #18			
3,3',5,5'-tetrabrombifenyl #80			
2,2',4,5',6-pentabrombifenyl #103			

Provtagningsmetod

- Ett blandprov på ca 10 liter tas från minst sex olika ställen i brunnen.
- Slammet blandas sedan i en större ren behållare och transporteras i denna till lämplig plats för påfyllning av analysflaskorna.
- Även fem prov på vardera 1 liter tas från brunnen för analys av TS-halten.
- De flaskor i vilka slammet ska skickas för analys fylls så snabbt som möjligt och förvaras i kyla tills de skickas i väg. I bilaga 5 redovisas vilka flaskor och i vilken mängd slammet ska skickas.
- Provflaskorna skickas sedan kylda till laboratorium samma dag, analysparametrarna redovisas i bilaga 5.
- När provsvaren anländer måste en översyn av de utförda analyserna göras för att kontrollera att alla analyser blivit utförda enligt bilaga 5.
- Resultaten måste sedan dokumenteras.
- En grundligare genomgång av analysresultaten måste göras innan spridningen för att rätt mängd slam ska tillföras åkermarken med avseende på växtnäringsmängd, metallhalter och organiska miljöfarliga ämnen.

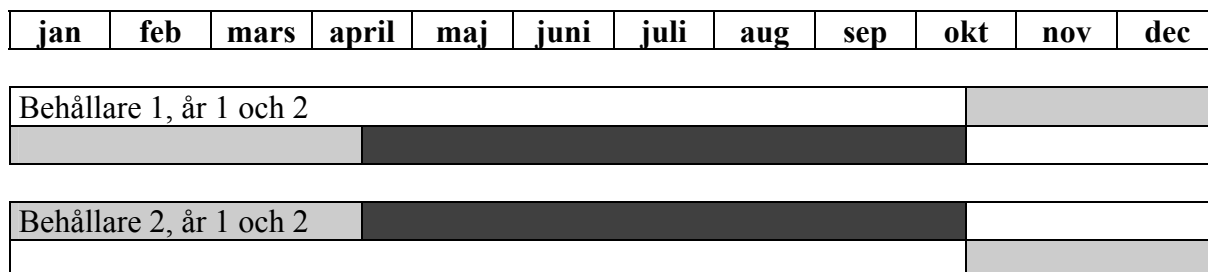
Analys	Antal gånger per lagringsomgång
Torrsubstanshalt och provberedning	6*5
Växtnäring	3
Metaller	2
Aluminium	2
Organiska miljögifter	2
Mikrobiologisk	6
Ägg från svinspormasken	6

Tabell 7.2. Faktorer som har betydelse för ammoniakavgången vid lagring av flytgödsel samt hur dessa kan påverkas genom olika åtgärder (Svensson, 1991).

Faktor	Kommentar
Temperatur	Höga temperaturer ger större avdunstning. En nedgrävd gödselbehållare ger ofta en lägre lagringstemperatur vilket minskar förlusterna
pH-värde/tillsatsmedel	Högt pH ger förutsättningar för ökad ammoniakavgång. Olika tillsatsmedel, till exempel syror, är ett sätt att sänka pH-värdet.
Torrsubstanshalt	Beror på typen av gödsel, men ett mer tunnflytande gödsel ger generellt en högre avgång.
Påfyllnings- och tömningssätt	Avgången kan minskas med upp till en tredjedel genom att påfyllning sker underifrån. Omrörningen minskar därigenom. På motsvarande sätt bör tömning ske försiktigt.
Lagringstid	Ammoniakförlusterna är proportionella mot lagringstiden och man bör således inte lagra längre tid än nödvändigt.
Yta/volymförhållanden	För att minska exponeringsytan mot omgivande luft bör förhållandet mellan ytan och volymen vara så liten som möjligt.
Luft rörelser	Stora koncentrationsskillnader mellan gödseln och luften ger ökad avgång. Därför bör behållaren vindskyddas, till exempel genom vindskydd eller olika täckningsåtgärder.
Täckning/svämtäcke	Flera samverkande faktorer ger minskade förluster om behållaren täcks. Artificiella täckningsmetoder finns i ett flertal varianter. Svämtäcke bildas naturligt för vissa gödselslag och kan förstärkas genom tillsats av exempelvis hackad halm.
Omrörning	Beroende på bl.a. brutet svämtäcke och ändrade koncentrationsgradienter för ammoniak kan omrörning resultera i stora avgångar.
Luftning	Okontrollerad luftning kan ge att stora mängder ammoniak lämnar gödseln. Analogt med omrörningsproblematiken.

Figurerna nedan visar hur påfyllning, lagring och spridning måste fördelas över året för tre olika alternativa behandlingsmetoder. Exemplet beskriver en behandlad slammängd på 2 000 m³ per år.

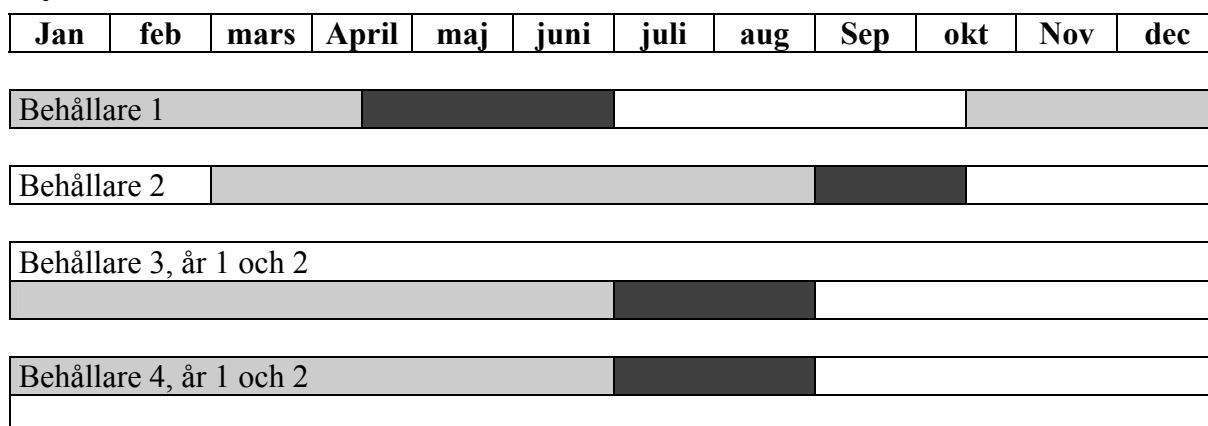
Två större behållare



□ = Påfyllning □ = Lagring ■ = Spridning

Figur 1. Visar lagrings- och spridningsintervall vid användning av två gödselbrunnar. Storleken på brunnarna är drygt 2 000 m³.

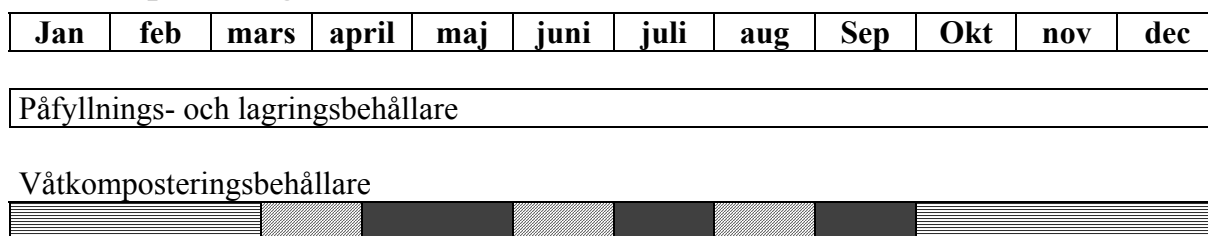
Fyra mindre behållare



□ = Påfyllning □ = Lagring ■ = Spridning

Figur 2. Visar lagrings- och spridningsintervall för fyra mindre lagringsbrunnar. Brunn 1 och 2 rymmer 350 m³ och brunn 3 och 4 rymmer 700 m³.

Våtkompostering



□ = Påfyllning □ = Lagring ■ = Spridning ▨ = Tom behållare

▨ = våtkompostering

Figur 3. Visar vilken tid på året som våtkompostering och spridning bör ske. Lagringsbehållaren bör rymma 1 000 m³ och våtkomposteringsbehållaren 700 m³.



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08-506 002 00

Fax 08-506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se