

Hygieniska aspekter vid avloppsbevattning av **Salixodlingar** -undersökningar vid tre fullskaleanläggningar

Anneli Carlander

Thor Axel Stenström

Ann Albihn

Kenth Hasselgren



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

Författarna är ensamma ansvariga 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:	Hygieniska aspekter vid avloppsbevattning av Salixodlingar – undersökningar vid tre fullskalanläggningar
Title of the report:	Hygienic aspects of wastewater irrigation of energy willow plantations – investigations at three full-scale facilities
Rapportens beteckning	
Nr i VA-Forsk-serien:	2002-1
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-89182-57-X
Författare:	Anneli Carlander, SMI, Thor Axel Stenström, SMI, Ann Albihn, SVA, Kenth Hasselgren, SWECO VBB VIAK AB
Utgivare:	Svenskt Vatten AB
VA-Forsk projekt nr:	99-108
Projektets namn:	Bevattning av energiskog med förbehandlat avloppsvatten
Projektets finansiering:	VA-Forsk, Svalövs kommun, Åstorps kommun, Bromölla kommun, Kretsloppsmiljarden och Energimyndigheten
Rapporten beställs från:	AB Svensk Byggtjänst, Litteraturtjänst, 113 87, Stockholm, tfn 08-457 11 00 Finns även att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Rapportens omfattning	
Sidantal:	80
Format:	A4
Upplaga:	1200
Sökord:	Avloppsrening, bevattning, energiskog, hygieniska aspekter, patogener
Keywords:	Energy forestry, irrigation, pathogens, sanitary aspects, wastewater treatment
Sammandrag:	Rapporten presenterar resultat från en tvåårig undersökning av hygieniska aspekter i samband med bevattning av energiskog (<i>Salix</i> odling) med förbehandlat avloppsvatten vid tre anläggningar belägna i Skåne (Svalöv, Åstorp och Bromölla). Indikatororganismer och specifika patogener (<i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Giardia</i>) har analyserats i avloppsvatten, bevattningsvatten, grundvatten, bladverk samt träck och organ från djur i avloppsbevattnat område.
Abstract:	The report presents results from a 2-year investigation of hygienic aspects concerning irrigation of short-rotation willow coppice (<i>Salix</i> plantations) with municipal wastewater effluent at three facilities located in the south of Sweden. The content of indicator organisms and specific pathogens (<i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Giardia</i>) were analysed concerning raw wastewater, applied wastewater, groundwater, willow foliage, and droppings and organs from animals in irrigated areas.
Målgrupper:	Kommuner, länsstyrelser, konsulter, jordbrukskonsulenter, bevattningsföretag, forskare, lärare, studerande, miljöjournalister
Utgivningsår:	2002
Pris 2002:	200 kr, exkl. moms
Foto:	Stig Larsson, Svalöf Weibull AB

Sammanfattning

Ett ökande intresse för alternativa eller kompletterande avloppslösningar har noterats under det senaste decenniet. De nya eller kompletterande lösningarna bör baseras på långsiktigt hållbara kretsloppslösningar med återförande av näringsämnen till jordbruks- eller skogsmark och minskad tillförsel av näringsämnen till sjöar och vattendrag. Förändringarna i avloppssystemen måste ske utan att villkoren för en god hygien och en säker miljö äventyras.

Användningen av avloppsvatten för vatten- och näringstillförsel till energiskog kan leda till en reduktion av risken för smittspridning av patogener till tidigare använda ytvattenrecipienter. Andra möjliga spridningsvägar till människor och djur kan reduceras men är bl a beroende av faktorer som tillförselsätt, lagring, förbehandlingsgrad av avloppsvattnet och tillgänglighet till området. De hygieniska risker eller frågetecken som identifierats i samband med avloppsbehandling av energiskog är potentiell grundvattenförorening, risk för spridning av zoonoser och aerosolbildning.

Tre fullskaleanläggningar med avloppsbevattnade *Salix*odlingar har undersökts under två år med syfte att studera 1) reduktionen av fekala mikroorganismer över reningsverket, 2) risken för grundvattenförorening samt 3) överlevnadsbetingelser och spridning av sjukdomsalstrande mikroorganismer som tillförts odlingarna via bevattningen. Anläggningarna som ingått i studien är belägna i Bromölla, Kvidinge (Åstorps kommun) och Kågeröd (Svalövs kommun) där *Salix*odlingar bevattnas med förbehandlat avloppsvatten sedan 3-4 år tillbaka.

Slutsatser:

- Förekomsten och reduktionen av indikatororganismer i reningsverken motsvarade tidigare svenska undersökningar med generellt högst reduktion av vegetativa bakterier (85–99,99 % avseende totala och termotoleranta koliformer, *E. coli* samt fekala streptokocker) följt av sporbildande bakterier (82–99,8 % avseende clostridier) samt kolifager (29–99,4 %).
- *Salmonella* påvisades i 41 % av proverna från det obehandlade avloppsvattnet och i 18 % av proverna från det behandlade avloppsvattnet. Förekomsten var jämt fördelad mellan de tre reningsverken. *Campylobacter* påvisades ej i något fall.
- Förekomsten av de parasitära protozoerna *Giardia* och *Cryptosporidium* uppgick i obehandlat avloppsvatten till <4-1760 cystor/L (*Giardia*) resp 3-460 oocystor/L (*Cryptosporidium*) och i behandlat avloppsvatten till <0,5-16 cystor/L resp 0,3-18 oocystor/L. Reduktionen över reningsverken varierade inom intervallen 27–99,99 % avseende *Giardia* och 33–99,9 % avseende *Cryptosporidium*.
- Spridning av indikatororganismer i bladverket var oberoende av bevattningssystem, dvs lågmonterade lågtryckssprinklers resp hålförsedd plastslang på mark.
- Överlevnaden av indikatororganismer i bladverket varierade ej mellan olika årstider.
- I slutet av växtsäsongerna och särskilt under det andra året noterades en något ökad förekomst av indikatororganismer i ytligt grundvatten (0,5-5m) vid samtliga anläggningar. Marktypen i anläggningarna varierade från lerig/sandig morän till siltig ler.
- Några säkra slutsatser kunde ej dras när det gäller upptag och spridning av patogener via djur till följd av det begränsade mätunderlaget. De parasitologiska fynd som dock gjordes kunde hänföras till djurens normala parasitbörda.
- En övergripande slutsats är att det – i normalfallet under likartade driftförhållanden som presenteras i denna rapport – inte torde vara förknippat med några uppenbara risker för spridning av infektionssjukdomar att bevattna energiskog med biologiskt renat avloppsvatten.

Summary

During the last decade the interest has increased for alternative or complementary treatment systems for municipal and industrial wastewater. The new or alternative solutions should be based on long-term sustainability where the nutrients are returned to the soil. Independent on the type or grade of changes these must be carried out without causing deterioration of the sanitary conditions.

The use of wastewater for irrigation and fertilization of energy crops can lead to a reduction of transmission of pathogens to human and animals but are dependent on type of irrigation method, storage, pre-treatment level and access for humans and animals to the irrigated area. The sanitary risks or question marks that are identified for irrigation of wastewater in energy crops are 1) potential risk for groundwater contamination 2) transmission of organisms to and further by animals and birds 3) risk due to the creation of aerosols.

Three full-scale facilities of wastewater-irrigated *Salix* (willow) plantations were investigated concerning 1) the reduction of faecal micro organisms over the treatment plant, 2) the potential occurrence of indicator organisms in the groundwater, and 3) the survival of pathogens in the irrigated area. The sites included in the study are situated in Bromölla, Kvidinge (Åstorp Municipality) and Kågeröd (Svalöv Municipality). Each site, containing 10-11 ha of *Salix* plantations, is irrigated with pre-treated wastewater since 1997-98.

Conclusions:

- The occurrence and reduction of indicator organisms over the treatment plant were comparable with earlier studies. The highest reduction was seen for the vegetative bacteria (85-99,99 % for total and faecal coliforms, *E. coli* and faecal streptococci) followed by spore forming bacteria (82-99,8 % for Clostridia) and coliphages (29-99,4 %).
- *Salmonella* was found in 41 % of the samples of the untreated wastewater and in 18 % of the samples of the treated wastewater. The occurrence was evenly distributed between the three treatment plants. *Campylobacter* were not detected in any of the samples.
- The occurrence of the parasitic protozoa *Giardia* and *Cryptosporidium* was comparable with earlier studies reported in the literature. The removal over the treatment plant of *Giardia* and *Cryptosporidium* varied between 27-99,99 % and 33-99,9 %, respectively.
- No difference was noted between the two types of irrigation, *i.e.* micro-sprinklers and plastic tubes on the ground, regarding the occurrence of indicator organisms in the foliage.
- No seasonal difference was noted regarding survival of indicator organisms in the foliage.
- In the end of the growth periods and during the second season an increased occurrence of indicator organisms was noted in the superficial groundwater (0,5-5m) in all three sites. The soil type varied from sandy/clay loam to silty clay.
- No conclusions could be stated for uptake and transmissions of pathogens by animals due to limited material. However, the parasitic pathogens found were characterised as normal burden of the animals.
- Under normal circumstances with similar operation conditions as presented in this report, no increased risk for spreading of infectious diseases could be associated with irrigating short-rotation willow coppice with biologically pre-treated wastewater.

Förord

Kommunerna Svalöv, Åstorp och Bromölla tog under 1997-98 i drift anläggningar för bevattning av energiskog med kommunalt avloppsvatten. Vid reningsverken i Kågeröd, Kvidinge respektive Bromölla tillförs *Salix*odlingar behandlat avloppsvatten under växtperioden (som längst mars-november). Målsättningen är att tillgodose odlingarnas behov av vatten och näring i resursbesparande syfte som alternativ till annan bevattning och konventionella gödselmedel. Vidare är avsikten att utnyttja den naturliga reningskapaciteten i mark-växtsystemen avseende avskiljning av näringsämnen (främst kväve och fosfor) samt allmän polering av avloppsvattnet.

Enligt tillståndsbesluten meddelade av länsstyrelsen i Skåne län regleras bl a frågan om de hygieniska aspekterna kopplat till avloppsbevattnat område. Härvid finns i de tre fallen bl a inskrivet krav om genomförande av en hygienisk undersökning. För undersökningens genomförande har kommunerna engagerat Smittskyddsinstitutet (SMI), Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA) och SWECO VBB VIAK i Malmö, som tillsammans har tagit fram ett undersökningsprogram. Programmet, som har finansierats av kommunerna, länsstyrelsen i Skåne län via kretsloppsmiljarden, Energimyndigheten samt VA-FORSK, har genomförts under 1999-2000. Föreliggande rapport utgör redovisning av undersökningarna.

I arbetsgruppen kopplad till undersökningen har deltagit Ann Albihn, SVA, Anneli Carlander, SMI, Åke Hermansson, Svalövs kommun, Lennart Höglind, Länsstyrelsen i Skåne län, Lars-Inge Johansson, Åstorps kommun, Stig Johansson, Helsingborgs kommun, Anders Johnsson, Bromölla kommun, Anette Persson, Bromölla kommun, Bertil Sandberg, Helsingborgs kommun, Thor Axel Stenström, SMI och Kenth Hasselgren, SWECO VBB VIAK. Rapporten har författats av Anneli Carlander, Ann Albihn, Thor Axel Stenström och Kenth Hasselgren.

Stockholm och Malmö i september 2001

Thor Axel Stenström
Smittskyddsinstitutet

Kenth Hasselgren
SWECO VBB VIAK

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Kretsloppsanpassning med avloppsbevättning	1
1.2	Varför avloppsbevättning av energiskog?	1
1.3	Vilka är riskerna?	2
2	Motiv och syfte	4
3	Problembeskrivning	5
3.1	Bevättning med avloppsvatten	5
3.2	Transmissionsvägar och barriärer	5
4	Undersökta reningsanläggningar och några driftdata	8
4.1	Allmänt	8
4.2	Anläggningen i Bromölla	8
4.3	Anläggningen i Kvidinge	9
4.4	Anläggningen i Kågeröd	9
4.5	Bevättningsmängder	9
4.6	Näringstillförsel med avloppsvattnet	10
5	Material och metoder	13
5.1	Motiv till val av parametrar i undersökningen	13
5.2	Provtagning	14
5.2.1	Avloppsvatten och grundvatten	14
5.2.2	Insamling av träck	14
5.2.3	Organ	15
5.2.4	Provtagning av bladverk	15
5.3	Analyser	16
5.3.1	Parametrar	16
5.3.2	Totala koliformer	16
5.3.3	Termotoleranta koliformer	17
5.3.4	Fekala streptokocker	17
5.3.5	Sulfitreducerande clostridier	17
5.3.6	Kolifager	17
5.3.7	Salmonella	17
5.3.8	Campylobacter	17
5.3.9	Giardia och Cryptosporidium	17
5.3.10	Organ	18
6	Resultat och diskussion	19
6.1	Förekomst av indikatororganismer i avloppsvatten och reduktion över reningsverket	19
6.1.1	Bromölla	19
6.1.2	Kvidinge	20
6.1.3	Kågeröd	20
6.1.4	Slutsatser	21
6.2	Förekomst av patogener i avloppsvatten och reduktion över reningsverket	22
6.2.1	Salmonella och Campylobacter	22

6.2.1.1	Bromölla	23
6.2.1.2	Kvidinge	23
6.2.1.3	Kågeröd	23
6.2.1.4	Slutsatser	23
6.2.2	Giardia och Cryptosporidium	23
6.2.2.1	Bromölla	24
6.2.2.2	Kvidinge	24
6.2.2.3	Kågeröd	24
6.2.2.4	Slutsatser	25
6.3	Förekomst av mikroorganismer i grundvatten	26
6.3.1	Bromölla	26
6.3.2	Kvidinge	27
6.3.3	Kågeröd	27
6.3.4	Slutsatser	27
6.4	Spårstudier	28
6.5	Förekomst av patogena mikroorganismer i djurträck	30
6.6	Förekomst av patogena mikroorganismer i organ från djur	30
6.7	Spridning av mikroorganismer till blodverk	31
6.8	Riskbedömning	32
7	Slutsatser och rekommendationer	39
8	Referenser	42
	Förkortningar	45
Appendix 1	Karta över anläggning med <i>Salix</i> bevattning i Bromölla	
Appendix 2	Karta över anläggning med <i>Salix</i> bevattning i Kvidinge	
Appendix 3	Karta över anläggning med <i>Salix</i> bevattning i Kågeröd	
Appendix 4	Bromölla 1999 och 2000. Avloppsvatten och grundvatten	
Appendix 5	Kvidinge 1999 och 2000. Avloppsvatten och grundvatten	
Appendix 6	Kågeröd 1999 och 2000. Avloppsvatten och grundvatten	
Appendix 7	Träck insamlat i Kvidinge och Kågeröd under 1999 och 2000	
Appendix 8	Förekomst av indikatororganismer i blodverk insamlat i Kvidinge och Kågeröd under 1999	

1 Inledning

1.1 Kretsloppsanpassning med avloppsbevattning

Det finns idag en allmänt utbredd vilja att pröva alternativa eller kompletterande lösningar för dagens avloppssystem. Speciellt gäller att avloppshanteringen bör baseras på hållbara kretsloppslösningar. Oavsett graden av förändringar i avloppssystemen måste dessa ske utan att villkoren försämras för en god hygien och en säker miljö.

Bevattning med förbehandlat avloppsvatten, som en kretsloppsanpassad komplettering av det befintliga avloppssystemet, är intressant bl a eftersom detta skulle kunna åstadkommas inom en rimlig tidshorisont. Idag utnyttjas avloppsvatten för bevattningsändamål i jordbruket på Gotland i anslutning till några mindre reningsverk. Här är huvudmotivet vattenförsörjning medan återföringen av avloppsvattnets näringsinnehåll utgör en positiv bieffekt (Gotlands kommun, 1996).

Utnyttjandet av de näringsämnen som finns i avföring och avloppsvatten har skett under lång tid. Återanvändning av avloppsvatten praktiserades långt innan avloppsledningar kom i bruk. I litteraturen finns uppgifter om att avloppsvatten använts för bevattning så långt tillbaka som för 5000 år sedan (Angelakis och Spyridakis, 1995 i Asano, 1998). De öppna avloppsledningarna som fanns i antikens städer användes i stor omfattning för att bevattna fält och fruktträdgårdar, och latrinerna från många av de medeltida klostren användes som gödning för fiskodlingar (Stenström, 1996). Kina och andra delar av Asien har en lång tradition av att återföra näringsämnen till marken via fekalier och urin vid gödsling av grödor (Shuval *et al.*, 1986).

En annan beskriven bevattningsanläggning i litteraturen fanns i Bunslaw, Tyskland, redan på 1500-talet och drevs i mer än 300 år (Reed och Crites, 1984). Många sk ”sewage farms” existerade i Europa under senare hälften av 1800-talet och de första decennierna på 1900-talet. Dessa ersattes så småningom av biologiska reningsverk, med början omkring år 1920, i takt med urbaniseringen och när aktivt-slam-metoden och andra biologiska reningsprocesser introducerades.

Under de senaste decennierna har avloppsbevattning fått en renässans runt om i världen. Möjligheterna att nå högre kostnadseffektivitet jämfört med konventionell reningsteknik är som regel den viktigaste drivkraften, speciellt då resursutnyttjande kombineras med behandling/rening av avloppsvattnet (US EPA, 1981; WEF, 1990; Wittgren och Hasselgren, 1992).

1.2 Varför avloppsbevattning av energiskog?

Från trevande idéutkast i mitten av 1970-talet har energiskogsodling utvecklats till vad man kan kalla en kommersiell industri. Från mitten av 1980-talet har ca 16 000 ha energiskog planterats i landet varav ca 3 000 ha i Skåne. Den helt dominerande växttypen är *Salix* (pil och vide) som visats ge de största avkastningarna. Flera länder i Europa och även USA håller på att bygga upp kompetensen kring odling av *Salix*, men Sverige leder för närvarande denna utveckling.

I Naturvårdsverkets genomgripande systemstudie ”Det framtida jordbruket” (NV, 1997), har huvuddragen i ett uthålligt och miljöanpassat jordbruk presenterats liksom bevarande- och

utvecklingsaspekter. Studiens målbild för år 2021 innebär en stor förändring av jordbruksproduktionen. I ett huvudscenario, benämnt ”Vägvinnaren”, förutspås att energiskogsodlingen i landet ökar från idag knappt 1% av den odlade jordbruksmarken till ca 14 %, motsvarande ca 370 000 hektar. Den största förändringen bedöms ske i slättområdena varvid omkring 100 000 ha förutsättes planteras i Skåne.

Det växande intresset för kretsloppsliknande lösningar talar också för att omfattningen av avloppsbehandling energiskog kan komma att öka. Några av de viktigaste motiven kan sammanfattas enligt följande:

Näringsresursaspekten: Avloppsvattnets näringsinnehåll kan ersätta behovet av handelsgödselmedel vilka överlag bedöms som tveksamma ur uthållighetssynpunkt i en rad avseenden. Dessa är t ex importberoende, överuttag av ändlig fosforråvara relativt tillgången, kadmiuminnehåll i fosfatmalm, kväve framställs genom förbrukning av som regel fossila energiresurser, kalium och många spårämnen, som utgör delvis knappa tillgångar.

Vattenresursaspekten: Avloppsvatten kan ersätta behovet av erforderlig bevattning med yt- eller grundvatten. Vattenbehovet i ”konventionellt” odlad *Salix* odling underskattas överlag vilket är ett huvudskäl till att tillväxten på många platser har varit (och är) undermålig (Jonsson, 1997). Bristande naturliga vattentillgångar begränsar valet av odlingsmark, men sannolikt också rent allmänt utbredningen av odlingen av *Salix* på flera håll i landet.

Renings- och behandlingsaspekten: *Salix* odlingen kan delvis ersätta behovet av annan rening/behandling av avloppsvattnet. Mark-växt-systemet tjänar som en naturlig fysikalisk-kemisk-biologisk reaktor med markpartiklar, markorganismer och *Salix* som aktiva delar i reningsarbetet (Hasselgren, 1998). Härvid minskar behovet av reningskemikalier, dvs fällningsmedel i det kemiska reningssteget och organiska polymerer till följd av minskat behov av slamavvattning genom den minskade slamproduktion. Detta sparar resurser i form av råvaror och minskad drivmedelsåtgång till följd av minskade transporter. Ett minskat transportarbete ger också minskad miljöpåverkan. Med ett ekonomiskt värde även ur reningssynpunkt ökar förutsättningarna för en ökad utbredning av *Salix* odling i landet.

Ekonomiaspekten: Kostnaden för gödning och bevattning i ”konventionell” energiskogsodling står för 20-30 % av den totala flisproduktionskostnaden (Arnesson, 1998), varför utnyttjande av avloppsvatten i kombination med rening/behandling kan skapa ytterligare förbättrad konkurrenskraft relativt icke miljövänlig och fossil energiråvara. En mindre kostsam produktion kan således möjliggöra en ökad expansion av *Salix* odlingen i landet.

1.3 Vilka är riskerna?

Genom den förbättring av vattenförsörjningen och avloppshanteringen som skedde i Europa i slutet av 1800-talet och början av 1900-talet minskade många av de klassiska vattenburna sjukdomarna markant (Stenström, 1996). Avloppsvattnet från samhällena och städerna leddes till närmaste recipient och de närsalter som fanns i avloppsvattnet hamnade på så sätt i vattendragen. Under 1980-90-talen började diskussionen kring övergödning av våra sjöar och vattendrag ta fart och man började arbeta för att återföra näringen till åkermarken, dvs. sluta kretsloppen. Idag, när man återigen försöker sluta kretsloppen är det viktigt att studera de hygieniska riskerna så att man inte bygger nya alternativ som innebär större risker än det tidigare konventionella systemet.

Genom valet av energigröda (*Salix*) har flera av de traditionella spridningsvägarna av patogener och riskerna kunnat uteslutas eller minimeras. I dessa sammanhang är det centralt att dels bedöma den potentiella exposition av patogener som kan förekomma direkt eller indirekt till människor. Dessutom inkluderar bedömningen effekten av barriärer för att förhindra spridning. Dessa barriärer är inte enbart de tekniska reningsstegen, utan t ex faktorer som förhindrar kontakt mellan det förorenade materialet och människor. Att förhindra människor att gå in i en *Salix*odling samt att inte bevattna randområdena är enkla sätt att minimera expositionen. Valet av gröda kan också betraktas som en säkerhetsbarriär. Födoämnen för direkt eller indirekt konsumtion innebär en högre risk än energigrödor.

Vilka är då riskerna med bevattning med avloppsvatten av energiskog? Användningen av avloppsvatten för närings- och vattentillförsel till energiskog kan leda till en avsevärd reduktion av risken för smittspridning av patogener till tidigare använda ytvattenrecipienter. Andra möjliga spridningsvägar till människor och djur kan också reduceras, men beror på tillförselsätt, lagring och förbehandlingsgrad av avloppsvattnet, tillgänglighet till området för människor samt förekomst av djur som smittbärare.

Grundvattenförorening: Risken för grundvattenförorening är teoretiskt mindre i jämförelse med en påverkan via markinfiltration för avloppsvattenbehandling. Risken begränsas om spridningen är jämnt fördelad över markytan och inte överstiger växternas vattenomsättning. I genomsläppliga jordar med höga grundvattennivåer kan dock tillförseln i bevattningspunkter leda till hög belastning med penetration av mikroorganismer som följd.

Zoonoser: Överlevnadsbetingelserna för sjukdomsalstrande mikroorganismer tillförda med avloppsvattnet vid ytbevattning i ett energiskogsbestånd är troligen goda vilket kan öka risken för spridning till djur och sekundärt vidare med dessa. Den förväntade förlängda överlevnaden är beroende på den minskade solinstrålningen och den ökade luftfuktigheten lokalt. Då energiskogsbestånd utgör en god uppehållsmiljö för fågel och vilt kan förbättrade överlevnadsbetingelser för mikroorganismerna leda till en ökad risk för etablering hos djur som lever i det bevattnade området.

Aerosolbildning: Vid val av bevattningssätt borde man kunna undvika aerosolbildning. Mikroorganismer kan spridas med vinden tämligen långa sträckor varför bevattningsteknik som resulterar i långa kastlängder och finfördelad vattenspridning bör undvikas. I litteraturen finns ett flertal referenser som berör transport av mikroorganismer på detta sätt. Människor som utsätts för aerosoler kan infekteras genom slemhinnorna, dvs via andningsorganen eller ögonen.

2 Motiv och syfte

Syftet med projektet är att försöka belysa de hygieniska aspekterna vid avloppsbevattnings av energiskogsodling. Flera ofta välunderbyggda och lovvärda ekologiska avloppsprojekt - som bygger på återföring av näringsrikt avloppsvatten (blandad fraktion eller sorterade fraktioner) till växtodling - kommer aldrig till stånd beroende på osäkerheten (bristande kunskap) kring risken för smittspridning. De här aktuella anläggningarna t ex, drivs under sk provotid främst pga frågeställningar kring smittspridningsaspekten.

Problemställningarna är i stort likartade vid de tre anläggningarna varför kommunerna tidigt beslutade samarbeta kring den hygieniska undersökningen. En samordnad undersökning möjliggör att uppläggnings av undersökningarna vid de tre anläggningarna i viss mån kan varieras, varför det förväntade resultatet bedöms kunna ge generaliseringar som kan användas även av andra kommuner.

Undersökningen syftar till att:

- Mäta reduktionen av fekala mikroorganismer över reningsverket för att få en bild av mängden sjukdomsalstrande mikroorganismer som når det bevattnade fältet.
- Studera risken för grundvattenförorening med hänsyn till mark- och grundvattenförhållanden.
- Studera överlevnadsbetingelserna för sjukdomsalstrande mikroorganismer som tillförs energiskogsbeståndet med avloppsvattnet samt risken för sekundär smitta till djur som lever i området.

3 Problembeskrivning

3.1 Bevattning med avloppsvatten

Slam och andra restprodukter har i ökad utsträckning börjat användas inom områden där människor riskerar att exponeras (t ex gräsmattor och golfbanor). Intresset har dessutom ökat för betydelsen av diffus påverkan genom ytvattenavrinning från jordbruksmark.

Internationellt har de ständigt ökande volymerna av avloppsvatten och slam kopplats till problemen med förorenade vattendrag med fokus på spridning av patogener, metaller och toxiska ämnen. I många länder finns en lång tradition av ”recirkulation”, där fekalier, avloppsvatten och slam i många fall är en både billig och bra näringskälla eller avloppsvattnet behövs för bevattning i torra områden för jordbruksproduktion (Angelakis *et al*, 1999). Det finns flera exempel på avloppsbevattning världen över; Frankrike, Grekland, Portugal (Angelakis *et al*, 1999), Kina, Indien (Shuval *et al*, 1986) och Mexico (Cifuentes, 1998).

De hygieniska riskerna kring återanvändandet av slam och avloppsvatten är omdiskuterade. Förekomsten av patogena mikroorganismer är relativt väl dokumenterade, men brister finns när det gäller kunskapen om den sekundära spridningen till både människor och djur. I ett samarbete mellan Naturvårdsverket och Smittskyddsinstitutet gjordes under 1999 en litteraturgenomgång (Stenström och Carlander, 1999). Organisationer och personer runt om i världen kontaktades som kunde tänkas ha någon information angående dokumenterade sjukdomsfall som kunde härledas till direkt eller indirekt exponering av obehandlat eller behandlat slam i jordbruk eller på grönytor. En slutsats från litteraturgenomgången var att det saknades information om direkta dokumenterade epidemiologiska undersökningar för samband mellan spridning av behandlat slam och smittspridning. När det gäller bevattning med avloppsvatten återfanns flera studier som många gånger var motsägande angående spridning av bakteriella och virala sjukdomar hos exponerade grupper, t ex reningsverksarbetare.

Några undersökningar om smittspridningsrisker från avloppsbevattning har gjorts internationellt. Exempelvis genomförde Shuval (1991) en studie för Världsbanken för att erhålla kvantifierbara epidemiologiska bevis för humana och animala hälsoeffekter som kan kopplas samman med bevattning av avloppsvatten. Av mer än 1000 dokument innehöll endast några få konkreta epidemiologiska bevis angående hälsoeffekter (Shuval, 1991). Detta innebär sannolikt inte att dessa risker är små, utan enbart att effekterna är dåligt dokumenterade.

3.2 Transmissionsvägar och barriärer

Förekomsten av sjukdomsframkallande organismer (patogener) i avloppsvattnet är beroende på förekomsten av sjuka personer i den anslutna populationen. Feces/fekalier från en frisk person innehåller stora mängder bakterier som ej orsakar någon sjukdom. Några exempel på sjukdomsframkallande organismer som utsöndras i fekalierna är bakterier (t ex *Salmonella*, *Campylobacter*), virus (t ex Rotavirus), protozoer (t ex *Giardia*, *Cryptosporidium*) samt parasitära maskar (t ex *Ascaris*). När det gäller virus finns det fler än 140 patogena virus som med vatten, avlopp eller slam kan spridas till människan (Schwartzbrod, 1995). För de flesta mikroorganismer kan det finnas symtomlösa bärare i populationen, dvs individer som inte har några symtom på sjukdom men som ändå bär på smittämnet och på så sätt kan föra smittan vidare.

Spridning av sjukdomsframkallande mikroorganismer till djur och människor via vatten kan ske direkt eller indirekt. Spridningen kan ske direkt när vattnet används som dryck, livsmedel eller foder, eller indirekt med organismer som har vattnet som sin naturliga miljö (Stenström, 1996). Spridning av organismer med avloppsvatten eller slam som inte är tillräckligt behandlat kan få stora ekonomiska konsekvenser för samhället eller den enskilde.

Konsumtion av en kontaminerad gröda som bevattnats med avloppsvatten är ett exempel på en indirekt spridning av sjukdomsframkallande ämnen. Studier har genomförts där man studerat förekomsten och överlevnaden av patogener på grödor som bevattnats med avloppsvatten. Ayres *et al* (1992) studerade förekomsten av nematodägg (spolmask) på sallad som bevattnats med obehandlat respektive behandlat avloppsvatten. Förekomsten av *Giardia* cystor samt *Ascaris* ägg (spolmask) studerades på flera olika grödor, t ex potatis, koriander, och squash, som används för human konsumtion (Amahmid *et al*, 1999). Förekomsten varierade beroende på typ av gröda. Koriander och mint var de två grödor som visade på högst grad av kontaminering, troligen beroende på stor bladytta. Bladverket har en skyddande effekt, t ex mot solinstrålning för de organismer som fastnar på bladen. Avloppsbevattning av *Salix* som energigröda utesluter denna transmissionsväg och utgör således en säkrare användning av avloppsvatten ur hygienisk synpunkt.

Vid återanvändning av restprodukter från samhället, som slam och avloppsvatten, bör man sträva efter en så god hygienisering av materialet som möjligt samt skapa barriärer mot en exposition. Vid bevattning med avloppsvatten reduceras innehållet av organismer med 1-3 \log_{10} vid biologisk alternativt biologisk-kemisk rening innan avloppsvattnet går ut i fält. Ett annat alternativ är att lagra vattnet i lagringsdammar före bevattning. Det senare kan effektivt reducera halterna av mikroorganismer men minskar även halterna av näringsämnen (särskilt kväve) avsevärt.

Valet av bevattningsmetod är viktigt för att begränsa de hygieniska riskerna. Vid bevattning med avloppsvatten kan spridning av patogener ske genom aerosoler, dvs små vattendroppar, varvid mikroorganismer kan spridas med vinden och infektera djur och/eller människor. Infektion kan ske genom direkt nedsväljning av förorenade vattendroppar, inhalation via lungorna eller exposition av ögonens slemhinna. I litteraturen finns varierande uppgifter gällande spridning av aerosoler. Bausum *et al* (1982) analyserade förekomsten av bakterier samt bakteriofager (bakterievirus) vid en bevattningsanläggning i Arizona, USA, och fann bakterier i halter om 500 cfu/m³ upp till 152 meter från anläggningen. Kolifager (bakterievirus) påvisades i samma studie upp till 563 meter från anläggningen. Aerosoler kan även spridas från luftningsbassänger vid reningsverk (Brandi *et al*, 2000). Bildningen av aerosoler är beroende på den typ av bevattningsanläggning som används. Användning av sprinklers, monterade på varierande höjd över marken, skapar aerosoler med varierande droppstorlek. Riskerna minskar om man använder sig av sprinklers som sprider stora droppar, är placerade lågt och har liten kastlängd.

Vid yt- eller underbevattning (under markytan) elimineras spridningen via aerosoler och vid underbevattning också den direkta kontakten med människor och djur. Valt bevattningssystem styr behovet av skyddsavstånd till bostäder, vägar, andra grödor eller betesmarker. Vid ett större fält av energiskog som bevattnas kan man för att förhindra spridning med aerosoler avstå från att vattna randområdena.

Personal som arbetar vid reningsverk och bevattningsanläggningar kan vara exponerade för aerosoler och bör vara informerade om hur smitta sprids för att på ett adekvat sätt kunna skydda sig.

Spridningen av virala infektioner genom behandlat avloppsvatten i industrialiserade länder är en central fråga då virus kan ha en högre resistens än bakterier. Virus är också av stort intresse när det gäller avloppsbevattning eftersom de är betydligt mindre än bakterier och parasitära protozoer och därför lättare kan transporteras ner genom marken och nå grundvattnet.

Beträffande grundvattenpåverkan är kunskapen begränsad. Detta gäller speciellt i de fall odlingen sker på mark med i spridningshänseende mindre lämpliga markförhållanden. Detta är t ex fallet när jordlagret är relativt tunt och underliggande berggrund sprickig. En snabb omsättning av rotbiomassa kan leda till en snabbare transport av avloppsvatten i rotkanaler.

Grundvatten i den kommunala vattenförsörjningen kloreras mycket sällan rutinmässigt (Andersson och Stenström, 1987). Grundvatten för enskilda hushåll med egen brunn desinficeras normalt ej.

Internationellt ökar användningen av grundvatten som dricksvatten. Förutom virus är såväl bakterier som protozoer av intresse när det gäller potentiell grundvattenpåverkan. Flera vattenburna utbrott orsakat av kontaminerat grundvatten i såväl USA som Storbritannien har rapporterats. Några av dessa har orsakats av *Cryptosporidium* (Foster, 2000; Morris och Foster, 2000).

Det bevattnade energiskogsbeståndet utgör en attraktiv miljö för många djur. Smitta kan med hjälp av djur som rör sig i området spridas sekundärt till husdjur och sällskapsdjur och vidare till människor. De djur som lever i det bevattnade området lever i en speciell miljö där de mer eller mindre kontinuerligt exponeras för patogena mikroorganismer. Flera av djuren använder sig troligen av avloppsvattnet som ”dricksvatten”. Fåglar men även gnagare rör sig över relativt stora områden och kan på så sätt bära med sig smitta. Exempelvis kontaminerade måsfåglar en vattenreservoar där sedan 2000 personer infekterades med *Campylobacter* (Stenström *et al*, 1994). I en studie av Palmgren *et al* (1997) redovisades flyttfåglar, inkommande till Sverige, vara bärare av såväl *Salmonella* som *Campylobacter*.

Ett sätt att begränsa den direkta smittspridningen till människor och större djur är att inhägna det område som bevattnas. Detta utesluter dock inte vidare spridning via smådjur och fåglar.

Energiskogsbeståndet utgör troligtvis en god miljö för överlevnad av många av de patogener som sprids via avloppsvattnet. Generellt gynnas de flesta mikroorganismers överlevnad av låga temperaturer, hög luftfuktighet och i ett uppvuxet bestånd även låg solinstrålning. Finns det då risk för att vi etablerar/möjliggör en förlängd överlevnad vilket kan ge en ökad risk för sekundär spridning till andra djur?

En ytterligare aspekt när det gäller spridning av patogener till djur är risken för ytavrinning till intilliggande boskapshägn. Vid diskussion om lämplig mark/placering av energiskogsbestånd för avloppsbevattning bör man ta hänsyn till markens kupering och hur eventuell ytavrinning kan påverka intilliggande områden.

4 Undersökta reningsanläggningar och några driftdata

4.1 Allmänt

Reningsverken i studien är i grunden konventionella efterfällningsanläggningar. Några särskiljande förutsättningar med hänsyn till denna undersökning har sammanställts i Tabell 1. Reningsanläggningarna och *Salix*bevattningen beskrivs översiktligt i detta kapitel tillsammans med en sammanställning av bevattningsmängder och näringstillförsel under de 3-4 år som anläggningarna varit i drift.

Tabell 1. Särskiljande faktorer mellan de tre anläggningarna.

Särskiljande faktorer	Bromölla	Kvidinge	Kågeröd
Avloppsvatten, kvalitet	Biologiskt/Kemiskt behandlat	Biologiskt behandlat	Biologiskt behandlat
Spridningsteknik	Slangar på mark	Lågmonterade sprinklers	Slangar på mark
Bevattningsperiod	Mars-November	Maj-Oktober	Maj-Oktober
Marktyp	Lerig/sandig morän	Siltig lera	Lerig silt
Topografi	Flackt område	Delvis kuperat område	Flackt område

4.2 Anläggningen i Bromölla

Reningsverket i Bromölla är uppbyggt med försedimentering, biologisk rening i biobäddar och kemisk rening för fosforavskiljning. Ett storskaligt försök med kvävereduktion och generell polering av biologiskt-kemiskt renat avloppsvatten genom bevattning av en ca 11 ha stor energiskogsodling startade sommaren 1997. *Salix*odlingen etablerades under 1996. Odlingsområdet är beläget ca 1 km från reningsverket, se skiss, [Appendix 1](#).

Bevattningen sker med slangar ovan mark. På detta sätt undviks eventuella problem med aerosolspridning. Slangarna är utlagda med ca 11 m avstånd och har försetts med hål med ca 10 m mellanrum.

Den prognosticerade bevattningsmängden motsvarar ca 5 mm/d i medeltal fördelat under perioden 15 mars-15 november. Under sommaren avses en högre hydraulisk belastning kunna tillämpas än under vår och höst. Anläggningen tar endast emot en delmängd (ca 10%) av den totalt tillgängliga avloppsvattenmängden från ca 10 000 personer som är anslutna till reningsverket.

4.3 Anläggningen i Kvidinge

Kvidinge reningsverk är ett konventionellt aktivt-slam-verk med efterfällning för avskiljning av fosfor. Till reningsverket är ca 1400 personer anslutna. Avloppsvattnet tas ut för bevattning före kemsteget och förbehandlas således biologiskt med en viss hygienisering som följd. Avloppsvattnet leds till en energiskogsodling belägen inom ett odlingsskifte om ca 10 ha lokaliserat ca 600 m från reningsverket. Områdets lokalisering framgår av skiss, [Appendix 2](#). Energiskogsodlingen planterades 1996 och består av förädlade *Salix*kloner enligt det svenska energiskogsprogrammet. Avloppsbevattningen startades under 1998.

Avloppsvattenflödet uppgår i medeltal till omkring 400 m³/d. Hela avloppsvattenmängden under perioden maj-oktober ska kunna tillvaratas inom *Salix*odlingen. Under övrig tid samt vid extrema nederbördssituationer sker kemisk fällning av avloppsvattnet före utsläpp till en bäck som rinner till den slutliga recipienten Rönneå.

Bevattning sker med låga fasta sprinklers monterade på ovan mark liggande plastslangar. Spridningen sker vid relativt lågt tryck för att begränsa kastlängden och minimera aerosolbildningen.

4.4 Anläggningen i Kågeröd

Kågeröds reningsverk är uppbyggt med biologisk rening i en aktiv-slam anläggning med efterföljande avskiljning av fosfor med kemisk fällning. Biologiskt renat vatten från biosteget före kemsteget utnyttjas för energiskogsbevattning. På så sätt fås en viss hygienisering samtidigt som merparten av näringsinnehållet i avloppsvattnet finns kvar.

Våren 1997 påbörjades bevattning av ca 11 ha energiskog som planterades vid reningsverket 1995. Odlingens omfattning framgår av skiss, [Appendix 3](#). Hela den producerade avloppsvattenmängden från Kågeröd (ca 1500 invånare) under växtperioden avses att tillvaratas inom odlingen. På längre sikt är målet att hela årsproduktionen avloppsvatten genom lagring under vintern skall kunna utnyttjas för energiskogsodling.

Odlingen består av *Salix*kloner framförädlade särskilt för energiskogsändamål. Planteringen är utförd med dubbelrader i enlighet med den svenska standarden resulterande i planttätheten ca 17 000 sticklingar/ha. Dimensionerad bevattningsmängd är 6 mm/dag (medeltal maj-oktober). Bevattningen sker med slangar på mark, primärt för att undvika eventuella problem med aerosolspridning från området. Slangarna, PEM, med förborrade hål med 10 m mellanrum, har lagts med tre olika avstånd inom ett antal moduler för att testa hur glest systemet kan anordnas med bibehållen jämn fördelning av vatten och näring.

4.5 Bevattningsmängder

Mängderna tillfört avloppsvatten, under de 3-4 år som anläggningarna varit i drift, har som regel legat mellan 400 och 900 mm/år beroende på bl a lokaliseringen (markförhållanden), nederbörden respektive säsong och driftstrategin vid respektive reningsverk (Tabell 2). Den totalt tillförda vattenmängden, bevattning och nederbörd, har varierat mellan 800 och 1200 mm/år.

Tabell 2. Avloppsbevattning och nederbörd under bevattningssäsongen vid Bromölla, Kvidinge och Kågeröd

Bromölla							
År	Bevattningsmängd			Nederbörd		Bevattning + Nederbörd	
	m ³	mm	mm/d	mm	mm/d	mm	mm/d
1998	55172	502	3,9	377	2,9	879	6,8
1999	102920	936	4,3	481	2,2	1471	6,5
2000	94293	857	4,5	313	1,6	1170	6,1

Kvidinge							
År	Bevattningsmängd			Nederbörd		Bevattning + Nederbörd	
	m ³	mm	mm/d	mm	mm/d	mm	mm/d
1998	41566	405	3,0	508	3,8	913	6,8
1999	47545	462	3,0	392	2,5	854	5,5
2000	37757	370	2,2	532	3,2	904	5,4

Kågeröd							
År	Bevattningsmängd			Nederbörd		Bevattning + Nederbörd	
	m ³	mm	mm/d	mm	mm/d	mm	mm/d
1997	39564	377	2,1	441	2,4	818	4,5
1998	52515	500	3,0	680	3,7	1180	6,7
1999	79451	757	4,1	416	2,3	1173	6,4
2000	76526	729	4,2	460	2,7	1189	6,9

År 1999 var den totala vattentillförseln nästan 1500 mm i Bromölla beroende på en förhållandevis lång bevattningssäsong, ca 220 dagar eller drygt sju månader. För övrigt har bevattningsperioden normalt uppgått till ca 6 månader vid de tre anläggningarna. Bevattningsintensiteten har i medeltal varierat mellan 2 och 4,5 mm/d under växtsäsongerna. Med nederbörden inkluderad har den totala hydrauliska belastningen uppgått till 5 à 7 mm/d.

Vattenbehovet i *Salix*odling har studerats av bl a Lindroth och Halldin (1988). De simulerade avdunstningen under en 15-års-period från hypotetiska energiskogsbestånd i södra Sverige och uppskattade denna till omkring 700 mm under växtsäsongen, motsvarande ca 4 mm/d i medeltal. Maxvärden uppmättes till omkring 7 mm/d. Med stöd av dessa simuleringar bedöms vattentillförseln i de aktuella anläggningarna ha varit tillräcklig ur behovssynpunkt. De refererade simuleringarna beaktade inte sekundära förluster i form av direkt avdunstning vid själva utledningen eller utsprinklingen av vattnet varför här uppmätt vattentillförsel inte bör ha medfört något väsentligt vattenöverskott.

4.6 Näringstillförsel med avloppsvattnet

Ett viktigt argument för avloppsbevattning är möjligheten till återvinning av näringsämnen. Tillförseln av kväve och fosfor har för de tre anläggningarna sedan de togs i drift uppgått till i medeltal mellan 68 och 175 kg N/ha/år resp mellan 1,6 och 12 kg P/ha/år (Tabell 3).

I Kågeröd, där även kalium analyseras, har tillförts 73 kg K/ha/år i medeltal under de fyra år som anläggningen varit i drift. Den näring som behöver kompenseras för i en *Salix*odling är

Tabell 3. Tillförsel av näringsämnen med avloppsvattnet i *Salix*odlingarna i Bromölla, Kvidinge och Kågeröd.

Bromölla				
År	Kväve		Fosfor	
	mg/l	kg/ha	mg/l	kg/ha
1998	28	141	0,19	0,95
1999	20	187	0,19	1,8
2000	23	197	0,22	1,9
Medel	-	175	-	1,6

Kvidinge				
År	Kväve		Fosfor	
	mg/l	kg/ha	mg/l	kg/ha
1998	22	89	1,9	7,7
1999	26	120	3,7	17
2000	25	93	3,3	12
Medel	-	100	-	12

Kågeröd						
År	Kväve		Fosfor		Kalium	
	mg/l	kg/ha	mg/l	kg/ha	mg/l	kg/ha
1997	14	53	1,6	6,0	12	45
1998	11	55	0,74	3,7	11	55
1999	8	61	1,0	7,6	12	91
2000	14	102	1,3	9,5	14	102
Medel	-	68	-	6,7	-	73

upptaget i stamveden och sekundära förluster i form av denitrifikation i marken och eventuell utlakning av näringsämnen till grundvattnet. Näringsinnehållet i bladen cirkuleras internt inom beståndet.

Upptaget i stamveden har mätts i andra undersökningar, bl a i en inledande pilotstudie i Kågeröd (Hasselgren, 1999a). Härvid varierade närsaltkoncentrationen i stamved inom intervallen 0,42-0,64 % N, 0,08-0,13 % P och 0,19-0,38 % K för de tre kloner som ingick i pilotförsöket. Det areella upptaget i försöksled med optimal tillväxt uppgick till 45-57 kg N/ha/år, 9-10 kg P/ha/år resp 25-28 kg K/ha/år. I en annan studie med andra *Salix*kloner mättes upptaget i stamveden till 44-62 kg N/ha/år, 5-7 kg P/ha/år och 17-21 kg K/ha/år (Hasselgren, 1999b). Upptaget i stamved varierar således beroende på vald klon och den aktuella biomassatillväxten.

Om det årliga upptaget per ha i de aktuella odlingarna uppskattas till 40-70 kg N, 5-10 kg P resp 15-30 kg K, kan konstateras att bl a kvävetillförseln överstiger växtens behov för odlingarna i Bromölla och Kvidinge. Detta behöver dock inte betyda att kväve läcker till grundvattenzonen. Exempelvis gav belastningar överstigande 300 kg N/ha/år under 5 års tid i pilotstudien i Kågeröd inte någon betydande ökning av kväveläcket med förklaringen att huvuddelen av kväveöverskottet avgår till atmosfären som kvävgas via denitrifikation.

Beträffande fosfortillförseln har denna sannolikt varit lägre än behovet för odlingen i Bromölla och något högre än behovet för odlingen i Kvidinge. En bedömning är således att fosfor på sikt bör tillföras *Salix*odlingen i Bromölla för en uthållig tillväxt medan det sannolikt sker en viss ackumulation av fosfor i markprofilen i Kvidinge.

I Kågeröd och troligen också i Bromölla och Kvidinge har kaliumtillförseln överstigit växtens behov. Kalium är inte att betrakta som förorening varför en övergödning inte är problematisk. Kalium är dock i likhet med fosfor en ändlig resurs, om än inte lika viktig ur återvinnings synpunkt.

Utvärderingar avses ske i senare skeden men en bedömning i nuläget ger vid handen att balansen avseende tillförda näringsämnen förefaller vara förhållandevis god.

5 Material och metoder

5.1 Motiv till val av parametrar i undersökningen

Sjukdomsframkallande mikroorganismer är många gånger tidskrävande och svåra att analysera. Istället använder man sig av så kallade indikatororganismer, dvs organismer som normalt förekommer i tarmen hos människor och varmblodiga djur men som inte brukar orsaka sjukdom. Under normala förhållanden ska de utvalda organismerna ej tillväxa i miljön men detta stämmer dock inte alltid. Indikatororganismer är relativt enkla och snabba att analysera och ger vid analys av ett vattenprov (t ex badvatten, ytvatten) uppgift om eventuell fekal förorening och föroreningsgrad i det analyserade vattnet. De organismer man analyserar är vanligen totala koliformer (med dess undergrupper termotoleranta koliformer samt *E. coli*), fekala streptokocker, sulfitreducerande clostridier (sporbildande bakterier) samt kolifager.

Totalantalet koliformer är en samlingsparameter för ett stort antal bakterier inom *Enterobacteriaceae*. De förekommer normalt i tarmen i halter upp till 10^8 cfu per gram (Stenström, 1996) samt vid nedbrytning av organiskt material. Risk finns för tillväxt i organiskt förorenat vatten.

Termotoleranta koliformer är en subgrupp till totalantalet koliformer och omfattar främst arter inom *Escherichia* och *Klebsiella*. De förekommer normalt främst i tarmen. Tillväxt av *Klebsiella* kan ske i organiskt förorenat vatten.

Presumptiva *E. coli* är en subgrupp inom termotoleranta koliformer och omfattar främst *Escherichia coli*. De förekommer i tarmen och tillväxer normalt inte i vatten. *E. coli* är en bättre indikator på fekal förorening än de två ovan nämnda grupperna men är ingen specifik artbestämning.

Fekala streptokocker är en samlingsparameter för flera arter grampositiva bakterier. Överlevnaden i vatten varierar mellan de olika arterna, där *Enterococcus faecalis* och *E. faecium* överlever bäst. De förekommer normalt i tarmen men vissa arter förekommer också i association med växter eller vid växtnedbrytning. *E. faecalis* och *E. faecium* har en bättre överlevnad än termotoleranta koliformer.

Sulfitreducerande clostridier, samlingsparameter med dominans av *Clostridium perfringens*, återfinns i tarmen i halter på ca 10^4 per gram avföring (Stenström, 1996). De kan troligen tillväxa i jord och organiskt förorenat vatten. Bakterierna är sporbildande och sporena är mycket resistenta och kan överleva under långa perioder.

Kolifager är en samlingsparameter för bakterievirus som har *Escherichia coli* som värdorganism. De kan normalt inte öka i antal i vatten eller mark men har en längre överlevnad och högre resistens än koliforma bakterier. De används främst som en virusindikator och är helt ofarliga för människor och djur.

I den här studien kompletterades indikatororganismerna med fyra sjukdomsframkallande organismer: *Salmonella*, *Campylobacter*, *Giardia* och *Cryptosporidium* för att få en överblick av förekomsten av dessa i kommunalt avloppsvatten. De fyra patogenerna är också av speciellt intresse i kretsloppssammanhang då de kan orsaka sjukdom hos eller spridas med både djur och människor, så kallade zoonoser.

Salmonella är en grupp av tarmbakterier som tillhör släktet *Enterobacteriaceae* och omfattar idag mer än 2400 serotyper (SVA, 2001), varav ett 20-tal är relativt vanliga i Sverige. Några av dessa serotyper är värdspecifika t ex *S. dublin* - nötboskap, *S. typhi* och *S. paratyphi* – människa. Det stora flertalet är dock ej värdspecifika och kan infektera flera olika arter. *Salmonella* är internationellt sett en viktig vattenburen patogen bakterie. I Sverige har dock inget vattenburet utbrott förekommit med agens som *S. typhi* eller *S. paratyphi* under tidsperioden 1975-1991 (Stenström *et al*, 1994). Spridning med vatten kräver relativt hög föroreningsgrad. Direktspridning mellan personer eller via förorenade livsmedel är betydligt vanligare när det gäller *Salmonella*.

Campylobacter är en tarmbakterie som finns över hela världen. Några arter, t ex *Campylobacter jejuni* och *C. coli*, orsakar mag-tarmsymtom hos människor. Förutom hos människa har *Campylobacter* påvisats hos flera djurarter såsom tex gris, nötkreatur, hund, katt, gnagare och fåglar. Vid en sammanställning av vattenburna utbrott i Norden och dess orsaker, fann man att det i 46% av utbrotten var bakterier som orsakat utbrotten. Vanligast förekommande var *Campylobacter* (Stenström *et al*, 1994).

Giardia är en parasitär protozo tillhörande flagellaterna. Förutom hos människan kan den förekomma hos t ex bäver, rådjur och hund samt flera andra djurarter. Vid infektion av *Giardia*, sk *Giardiasis*, utsöndras *Giardia* cystor via avföringen. Smittan sker sedan ofta via vatten som förorenats av avloppsvatten. *Giardia* förekommer i två former – som vegetativ form i tarmen (trofozoit) och som ett vilostadium (cysta) – varav cystorna är den smittsamma och resistenta formen.

Cryptosporidium identifierades hos människa för första gången 1976 och finns över hela världen. *Cryptosporidium* är liksom *Giardia* en protozo, dvs ett encelligt djur, tillhörande cocciderna. De finns hos en mängd olika djurslag, t ex nötboskap och får. För både *Giardia* och *Cryptosporidium* krävs en värd, djur eller människa, för att den ska kunna försöka sig. Det kan alltså inte ske någon tillväxt av dessa organismer i miljön. Cryptosporidier har också ett resistent vilstadium (oocysta) som är motståndskraftigt mot klorering och annan yttre påverkan.

5.2 Provtagning

5.2.1 Avloppsvatten och grundvatten

Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående avloppsvatten från reningsverket till bevattning samt grundvatten provtogs vid tre tillfällen under 1999 vid vardera av de tre reningsverken samt 2-3 gånger under år 2000. Det inkommande respektive utgående avloppsvattnet provtogs som dygnsprov. Grundvatten provtogs från 2-4 grundvattenrör. Under 1999 slogs dessa prov samman och analyserades som ett prov per tillfälle och anläggning. Under den andra säsongen analyserades grundvattenproven var för sig när det gällde indikatororganismer men slogs samman till ett prov för analys av de valda patogena mikroorganismerna. Temperatur och pH mättes i de flesta av proven. Alla prov sändes kylförvarade till SMI för analys.

5.2.2 Insamling av träck

Träck från däggdjur och fåglar i fält samlades in vid två tillfällen i Kvidinge under 1999 (före bevattningen startade samt efter bevattningssäsongen) och i Kågeröd vid ett tillfälle (före

bevattningen startade). Även under år 2000 har träck insamlats i energiskogsfälten i Kvidinge respektive Kågeröd. Proverna sändes efter insamling kylförvarade till SMI för analys.

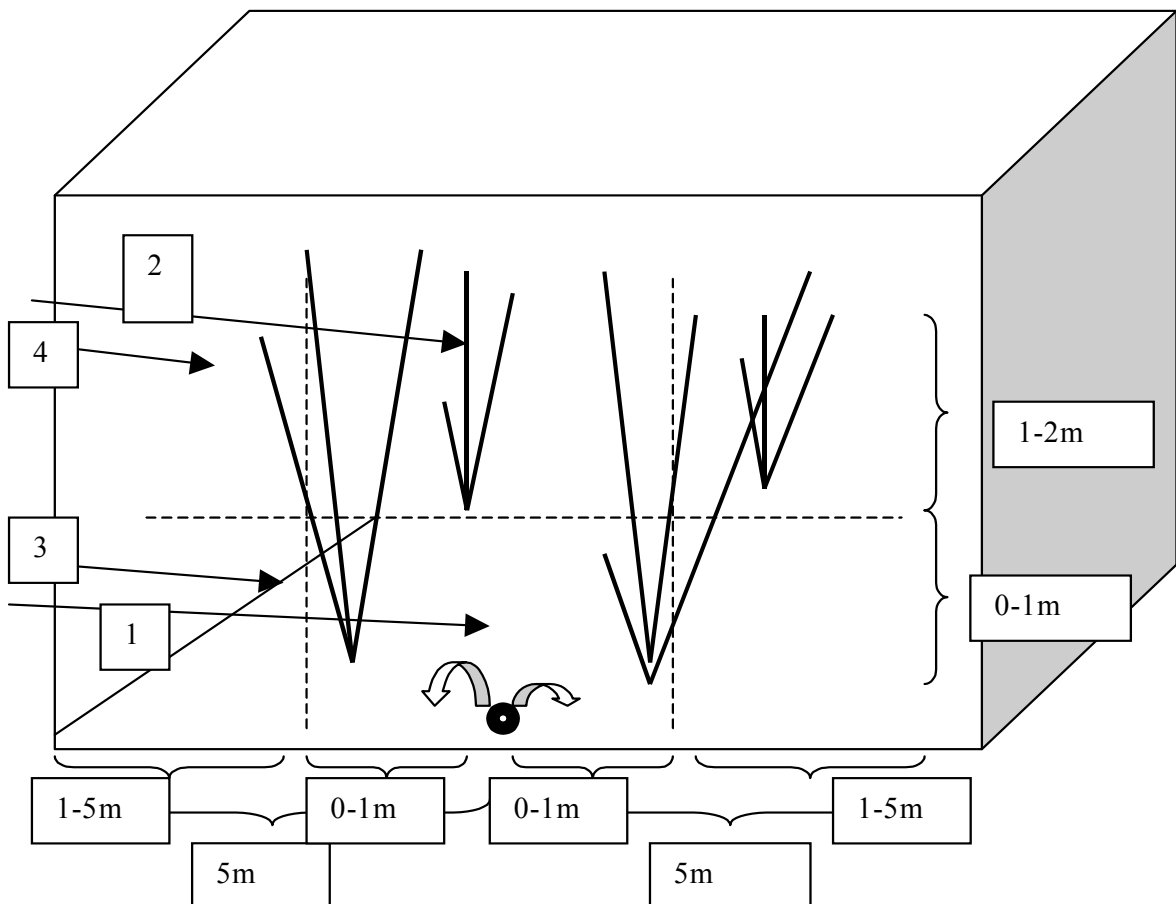
5.2.3 Organ

Smågnagare har fångats i burar, avlivats med eter, kylts och skickats kylda till SVA för obduktion. Djuren har obducerats enligt gängse rutin. Under jaktsäsong har även organprov (lever, mjälte, njure, grovtarm med innehåll) från de djur som skjutits (rådjur, hare, fasan) skickats till SVA för undersökning. Undersökningen inkluderade en allmän bakteriologisk och parasitologisk undersökning samt specifik undersökning avseende de patogena bakterierna *Campylobacter*, verotoxinbildande *E. coli* (O-grupp 157) och *Salmonella*, samt parasiterna *Cryptosporidium* och *Giardia*.

Undersökning har skett med de rutinmetoder som används vid SVA (se 5.3.10).

5.2.4 Provtagning av bladverk

Vid två tillfällen (juli och oktober) under bevattningssäsongen 1999 provtogs bladverket i de bevattnade fälten i Kvidinge respektive Kågeröd. I varje fält provtogs två eller tre provrutor. Vardera provruta var ca 10 x 10 m, med bevattningshål/sprinkler i mittpunkten. Bladprover från fyra områden runt bevattningsytan samlades in (Figur 1):



Figur 1. Schematisk bild över provtagningsruta i fält. O=bevattningspunkt.

1. 0-1m från sprinklern, 0-1m från marken
2. 0-1m från sprinklern, 1-2 m från marken
3. 1-4 (5) m från sprinklern, 0-1 m från marken
4. 1-4 (5) m från sprinklern, 1-2 m från marken

Prov samlades in i rena plastpåsar, förvarades kallt under natten och transporterades sedan till SMI för analys.

5.3 Analyser

5.3.1 Parametrar

De mikrobiologiska parametrarna samt omfattning av analysprogrammet redovisas i Tabell 4.

Flytande fraktioner (vätskor) analyserades med ytspridningsmetod (SS 02 81 78). Vid behov späddes proverna i serie 1+9 ml. För de fasta proven vägdes 10 gram av provet upp och blandades med 90 ml spädningvätska (SPV). Proverna skakades kraftigt med hjälp av Vortex och ca 40 ml av vätskan pipetterades upp. De späddes sedan vidare för respektive analys (spädning 1+9 ml). För samtliga prov analyserades sedan totala koliformer, termotoleranta koliformer, presumtiva *E. coli* (SS 02 81 67) samt fekala streptokocker (SS 02 81 79) med ytspridning (0,1 ml från respektive spädning per platta). För varje spädning analyserades två-tre paralleller.

5.3.2 Totala koliformer

Proverna filtrerades eller ytspreddes på LES-endoagar och inkuberades sedan i 35±0,5°C under 44±4 timmar med en första avläsning efter 24±4 timmar. Metallglänsande kolonier avräknades och verifierades med oxidastest, vilket ska utfalla negativt om det rör sig om koliformer.

Tabell 4. Mikrobiologiska parametrar analyserade på respektive provplats samt provtagningsfrekvens under projektet.

	Mikrobiologiska parametrar	Frekvens
Inkommande avloppsvatten till verket	<i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> samt indikatororganismer: totala resp. termotoleranta koliformer, <i>E. coli</i> , fekala streptokocker, Clostridier, Kolifager	5-6 tillfällen x 3 verk
Avloppsvatten för bevattning	”	5-6 tillfällen x 3 verk
Grundvatten	”	6 tillfällen x 3 verk
Träck från djur	”	8 arter x 2 verk
Bladverk	Totala resp termotoleranta koliformer, <i>E. coli</i> , fekala streptokocker, Clostridier, Kolifager	2 tillfällen x 2 verk
Avskjutna djur	<i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> , Verotoxinbildande <i>E. coli</i> (O-grupp 157)	6 arter

5.3.3 Termotoleranta koliformer

Proverna filtrerades eller ytspreddes på MFC-agar och inkuberades under 24 ± 4 timmar i $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Antalet blåfärgade kolonier avräknades och verifierades med hjälp av LTL5B-rör. De kolonier som bildar gas vid nedbrytning av laktos avräknas som termotoleranta koliformer. De kolonier som bildar indol vid tillsats av Kovacs reagens avräknas som *E. coli*.

5.3.4 Fekala streptokocker

Fekala streptokocker filtrerades eller ytspreddes på mEnterococcus-agar och inkuberades under 44 ± 4 timmar i $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Fekala streptokocker bildar röda eller lila kolonier på ovan nämnda agar. Ett representativt antal kolonier renströks och verifierades med hjälp av odling på Eskulinagar (svärtning) samt med katalastest (negativt).

5.3.5 Sulfitreducerande clostridier

För analys av de sporbildande bakterierna *Clostridium perfringens* användes ingjutningsmetod (SS 02 81 69), där 2-3 x 1 ml av respektive spädning och provtyp gjöts in i Perfringens-agarbas. Med sulfitreducerande clostridier avses de bakterier som ger svarta kolonier vid anaerob odling på Perfringens-agarbas. Efter ingjutning inkuberades plattorna anaerobt i $37 \pm 1^\circ\text{C}$ med första avläsning efter 20 ± 4 timmar samt avläsning även efter 44 ± 4 timmar.

5.3.6 Kolifager

För analys av kolifager användes dubbelagarlager-metod enligt Adams (1959). Som värdstam för kolifagerna används *E. coli* ATTC 13706. Två milliliter prov blandas med 0,5 ml av värdstam, uppodlad i näringsbuljong (NB, KS Substrat) samt 8,5 ml softagar (60% NB+40% NA). Denna mixtur blandades och 2 ml x 3 paralleller spreds på väl torkade NA-plattor. Plattorna inkuberades i 37°C under 18 timmar och antal uppklärande zoner, plaque forming units (pfu), avräknades.

5.3.7 Salmonella

För analys av *Salmonella* användes metod med anrikning (SLV FS 1993:35; ISO 6340:1995). För vattenproven anrikades 1-250 ml per prov. För de fasta proven anrikades 1 och/eller 10 g. Materialet anrikades i catguttrör med BPV (Buffrat peptonvatten) under 16-20 timmar i $36 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Efter inkubering överfördes 0,1 ml till catguttrör med Rappaportbuljong och inkuberades i $41,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ under 18-24 timmar. Från Rappaportbuljongen överfördes 0,1 ml och spreds på Brilliantgröntagar (Oxoid). Plattorna inkuberades under 18-24 timmar, $36 \pm 2^\circ\text{C}$. Positiva kolonier är släta, svagt rosa kolonier på plattan. För verifiering ströks misstänkt positiva kolonier på Endoagar samt jästpeptonagar. Positiva kolonier växer ut med blekrosa kolonier på Endoagar samt är Oxidasnegativa.

5.3.8 Campylobacter

För analys av *Campylobacter* användes metod med anrikning (NMKL-förslag; SMI MB024). För vattenproven anrikades 1-250 ml per prov. För de fasta proven anrikades 1 och/eller 10 g. Materialet inkuberades mikroaerofilt i CCDA-agar över natt, $37 \pm 1^\circ\text{C}$, med tillsats av CCDA Selective Supplement (Oxoid). Från anrikningen ströks sedan 0,1-0,2 ml ut på CCDA-plattor, och inkuberades fortsatt mikroaerofilt under 1-2 dygn i 42°C . Misstänkt positiva kolonier renströks på CCDA-agar och gramfärgades.

5.3.9 Giardia och Cryptosporidium

För analys av förekomsten av *Giardia* (cystor) och *Cryptosporidium* (oocystor) i vattenproven centrifugerades 1-2 liter av respektive prov till en packad pellet. Från den packade pelleten avskiljdes sedan cystor och oocystor med IMS (immunomagnetisk separation). De uppenade

proven avlästes därefter kvantitativt i fluorescensmikroskop efter reaktion med specifika fluorescerande antikroppar. De fasta fraktionerna analyserades på samma sätt, dock utan centrifugering.

5.3.10 Organ

Salmonella

För analys av *Salmonella* användes metod med anrikning av 1 och/eller 10 g material (SLV FS 1993:35; ISO 6340:1995). Proverna inkuberas i BPV (Buffrat peptonvatten) i 16-24 timmar, 37°C, och efter inkubering överfördes 0,1 ml till Rappaportbuljong och inkuberas vidare i 18-24 timmar; 41,5°C. Därefter överfördes 0,1 ml till Brilliantgröntagar respektive XylosLysinDesoxycholatar och spreds. Plattorna inkuberas under 18-24 timmar, 37°C och rosa resp rödsvarta kolonier avlästes nu från plattorna. För verifiering ströks misstänkt positiva kolonier på blåagar för agglutineringsreaktion. Om de agglutinerar verifieras kolonierna biokemiskt och grupperas serologiskt.

Campylobacter

För analys av *Campylobacter* görs anrikning av provet i Prestonbuljong i 24 timmar och 42°C, varefter renstrykning på Prestonagar sker och inkubation i 42°C i 48 timmar. Därefter typas stammen med biokemiska tester.

Verotoxinbildande *E. coli* (O-grupp 157)

Anrikning i peptonvatten görs i 6 timmar vid 37°C, varefter en immunomagnetisk separation görs med efterföljande utodling på CT-SMAC-agar i 37°C i 24 timmar. Typiska kolonier renstryks på blod- och blåagar för latex-agglutination och API. Verotoxiner verifieras med en PCR-metod.

Cryptosporidium

Oocystor av *Cryptosporidium* påvisades under mikroskop i utstryk av träckprov färgade enligt modifierad Ziel-Neelsen-färgning med malakitgrönt.

Giardia

Cystor av *Giardia* påvisades under mikroskop i centrifugat från träckprov uttrorda i formalin enligt modifierad Füllerborns metod.

6 Resultat och diskussion

6.1 Förekomst av indikatororganismer i avloppsvattnet och reduktion över reningsverket

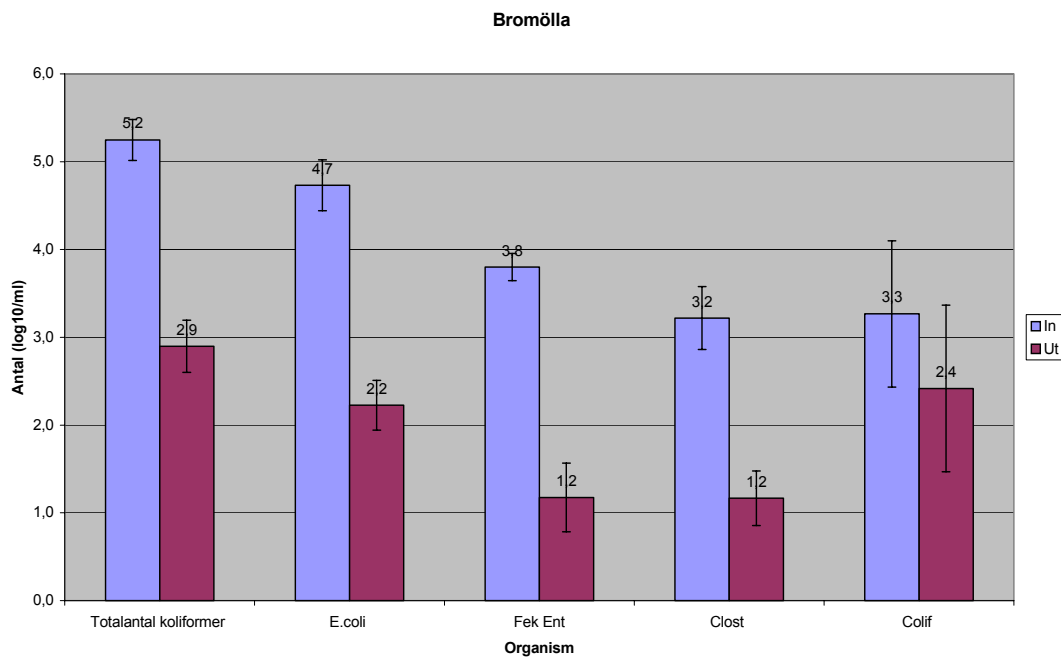
Förekomsten av de analyserade indikatororganismerna är redovisade som medelvärden för de båda provtagningssäsongerna för respektive reningsverk (Figur 2-4). En sammanställning av samtliga analyser framgår av [Appendix 4-6](#).

6.1.1 Bromölla

Under bevattningsäsongerna 1999 respektive 2000 provtogs det inkommande, obehandlade avloppsvattnet samt det till bevattning, biologiskt och kemiskt behandlade avloppsvattnet vid tre respektive två tillfällen.

I Figur 2 redovisas de fem provtagningarna som medelvärden för inkommande respektive utgående avloppsvatten. Mellan de båda åren förelåg ingen skillnad i reduktion av de analyserade indikatororganismerna. De ingående halterna överensstämmer väl med den tidigare genomförda SWEP-studien där förekomst samt reduktion av olika indikatorgrupper över olika reningssteg undersöktes (Stenström, 1986).

Under båda säsongerna i Bromölla reducerades de vegetativa bakterierna mest över verket, totalantal koliformer $2,3 \log_{10}$, *E. coli* $2,5 \log_{10}$ samt fekala streptokocker $2,6 \log_{10}$. De sporbildande bakterierna, *Clostridium perfringens*, visade en något lägre medelreduktion, $2 \log_{10}$. Den organism som reducerades minst var kolifagerna, $0,8 \log_{10}$ över reningsverket. För dessa förelåg dock en skillnad mellan de två åren med lägst reduktion under år 2000



Figur 2. Förekomsten av indikatororganismer i inkommande respektive utgående avloppsvatten vid reningsverket i Bromölla, redovisat som medelvärde samt standardavvikelse för de två säsongerna.

(1999; 0,9 - 1,5 log₁₀, 2000; 0,1 - 0,8 log₁₀). Viruspartiklarna är betydligt mindre och behöver vara fästade till andra partiklar för att kunna sedimentera.

6.1.2 Kvidinge

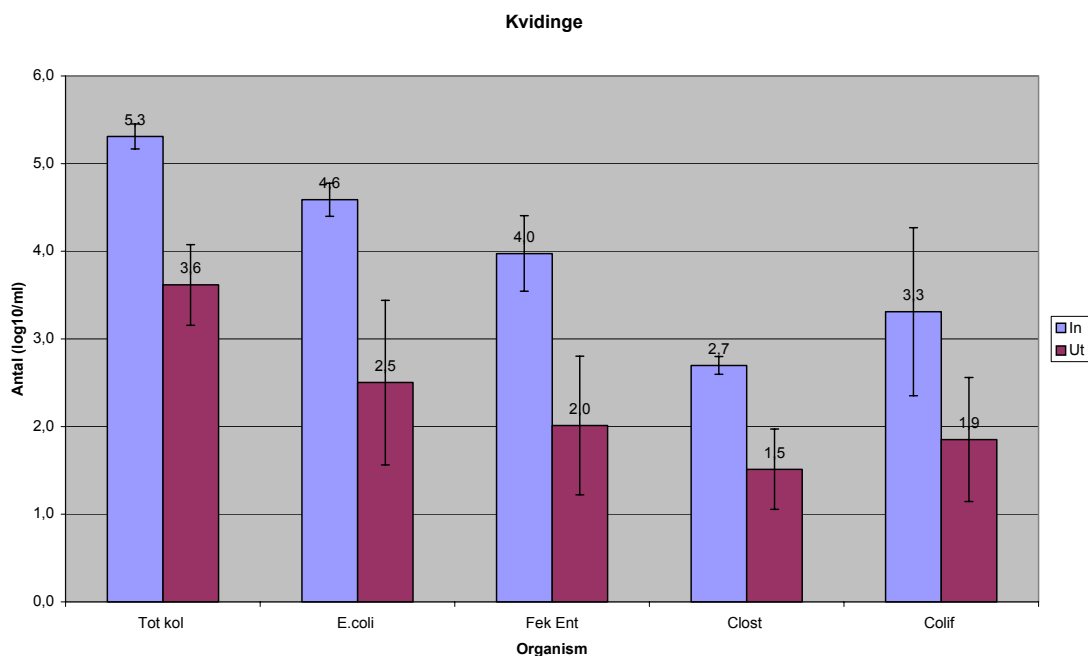
Det inkommande, obehandlade avloppsvattnet till reningsverket samt det utgående, behandlade avloppsvattnet provtogs vid tre tillfällen under respektive säsong. Inkommande resp utgående halter redovisas som medelvärden för de båda säsongerna (Figur 3).

Till skillnad från Bromölla renas vattnet endast biologiskt innan det sprids i energiskogsbeståndet. Reduktionen över verket varierade även här mellan de olika indikatororganismerna. Totalantalet koliformer reducerades med 1,7 log₁₀, *E. coli* med 2,1 log₁₀ samt fekala streptokocker med 2 log₁₀ över verket. De sporbildande bakterierna samt kolifagerna reducerades med 1.2 log₁₀ respektive 1.5 log₁₀.

Jämfört med Bromölla var halterna av mikroorganismer i det utgående avloppsvattnet något högre, troligtvis beroende på den lägre reningsgraden, dock med undantag för halterna av kolifager.

6.1.3 Kågeröd

Under de två provtagnings säsongerna provtogs det inkommande, obehandlade avloppsvattnet respektive det utgående, biologisk behandlade avloppsvattnet vid tre tillfällen per säsong. Medelvärdet av indikatororganismer i inkommande respektive utgående avloppsvatten redovisas i Figur 4.



Figur 3. Förekomsten av indikatororganismer i inkommande respektive utgående avloppsvatten vid reningsverket i Kvidinge, redovisat som medelvärde samt standardavvikelse för de två säsongerna.

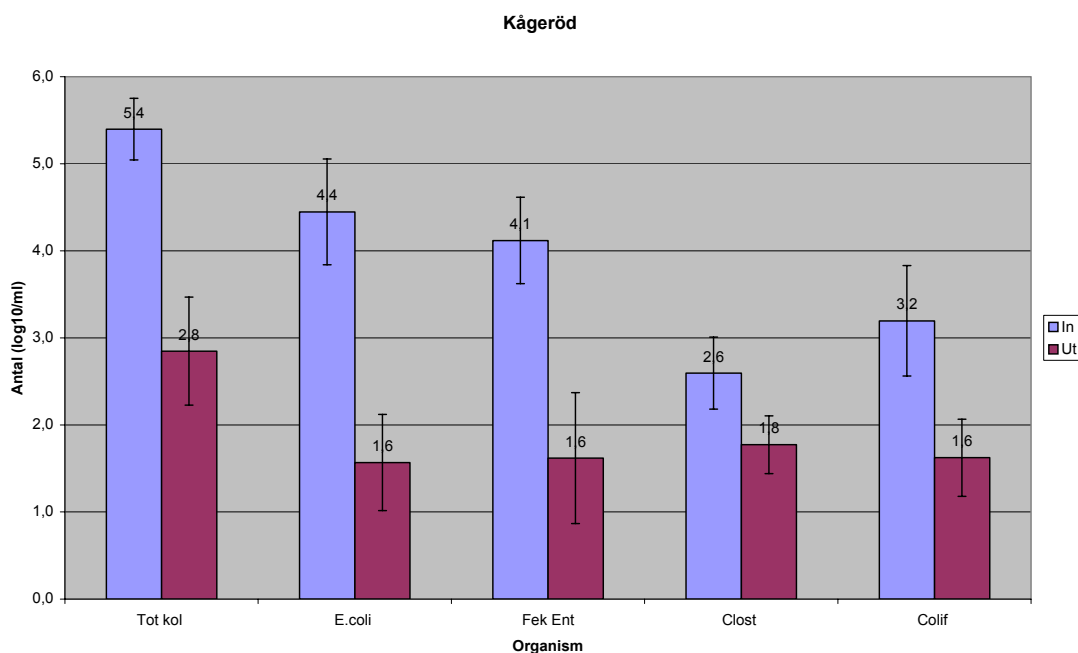
Liksom i de andra verken varierade reduktionen mellan organismerna och var högst för de vegetativa bakterierna. De totala koliformerna reducerades med i medel 2,6 log₁₀, *E. coli* med 2 log₁₀ samt de fekala streptokockerna med 2.5 log₁₀. De sporbildande bakterierna, *Clostridium perfringens*, samt kolifagerna reducerades med 0,8 respektive 1,6 log₁₀.

6.1.4 Slutsatser

De ingående halterna av indikatororganismer skiljer sig inte nämnvärt mellan de tre reningsverken. Samtliga prov är insamlade som dygnsprov och de dygnsvariationer som beskrivits vid tidigare studier utjämnas genom dygnsprovtagningen, jfr Stenström (1986). Vid en jämförelse mellan reningsverken konstaterades en genomgående lägre reduktion över verket i Kvidinge när det gäller de vegetativa bakterierna. För virusindikatorn, kolifagerna, var reduktionen i Bromölla lägre än för de andra två anläggningarna trots en högre grad av förbehandling.

Det första reningssteget är mekanisk-fysikalisk rening där främst organismer vilka är bundna till partikulärt material frånskiljs. Avskiljningen blir därför beroende av hur effektivt det suspenderade materialet frånskiljs. Det mekaniska steget har en varierande men vanligen låg reningseffekt. Under SWEP-studien gjordes jämförelse mellan biobäddar och aktiva slamanläggningar under både normal belastning samt under industriell belastning (Stenström, 1986). I båda fallen visade aktiv slamanläggningarna på en markant högre reduktion över verket när det gäller de analyserade indikatororganismerna. Detta skulle kunna vara en förklaring till den lägre kolifagavskiljningen i Bromölla.

En jämförelse av reduktionstalen mellan de tre reningsverken visar generellt på små skillnader. Att döma av den här undersökningen torde således inte förbehandlingsgraden ha någon avgörande betydelse avseende avskiljningen av mikroorganismer. Från andra undersökningar har dock kemisk fällning visat på en högre reducerande effekt.



Figur 4. Förekomsten av indikatororganismer i inkommande respektive utgående avloppsvatten vid reningsverket i Kågeröd, redovisat som medelvärde samt standardavvikelse för de två säsongerna.

Förekomsten av de analyserade indikatororganismerna och organismernas reduktion över reningsverken bedöms som normala för svenska förhållanden. Genomgående konstaterades en något lägre reduktion av sporbildande bakterier samt kolifager över reningsverken.

6.2 Förekomst av patogener i avloppsvatten och reduktion över reningsverket

Sjukdomsframkallande mikroorganismer förekommer inte som en naturlig del av tarmfloran. Förekomsten och halten av dessa i avloppsvatten är beroende av antalet sjuka personer eller symtomlösa bärare i den anslutna populationen. Stora skillnader kan därför förekomma mellan olika avloppsreningsverk men även vid olika tidpunkter på dygnet (Stenström och Hoffner, 1981).

6.2.1 Salmonella och Campylobacter

I Tabell 5 redovisas förekomsten av *Salmonella* i inkommande respektive utgående avloppsvatten. *Salmonella* påvisades vid ett flertal tillfällen under de två säsongerna, främst i det inkommande avloppsvattnet. *Salmonella* är globalt sett den organism som oftast orsakar diarré (Albihn och Stenström, 1998). I Sverige räknar man med att någon typ av *Salmonella* alltid finns i avloppsvattnet från samhällen som är större än 5000 personer (Albihn och Stenström, 1998). *Salmonella* och *Campylobacter* är två av de viktigaste vattenburna patogena bakterierna tillsammans med bl a *Shigella*, *Vibrio cholera* (ej i Sverige) och patogena *E. coli*-stammar.

Tabell 5. Förekomst av *Salmonella spp* i obehandlat respektive behandlat avloppsvatten i Bromölla, Kvidinge och Kågeröd under de två säsongerna 1999 respektive 2000.

	Andel positiva prov, obehandlat	Andel positiva prov, behandlat
Bromölla 1999: Obehandlat respektive behandlat vid ett av tre tillfällen	1/3 <i>S. Thompson</i>	1/3 <i>S. Indiana</i>
Bromölla 2000: Obehandlat vid ett av två tillfällen	1/2 <i>S. Fresno</i>	0/2
Kvidinge 1999: Ej påvisat, analys vid tre tillfällen.	0/3	0/3
Kvidinge 2000: Obehandlat vid två av tre tillfällen, påvisat i behandlat vid ett av tre tillfällen	2/3 <i>S. Enteritidis</i> fagtyp 4 <i>S. Java</i>	1/3 <i>S. Enteritidis</i> fagtyp 4
Kågeröd 1999: Påvisat i obehandlat respektive behandlat vid ett av tre provtagningstillfällen	1/3 <i>S. Give</i> <i>S. Typhimurium</i>	1/3 <i>S. Give</i>
Kågeröd 2000: Påvisat i obehandlat vid två av tre tillfällen	2/3 <i>S. Ferruch</i> <i>S. Thompson</i>	0/3

6.2.1.1 Bromölla

I Bromölla påvisades *Salmonella* vid ett tillfälle 1999 i det obehandlade respektive utgående avloppsvattnet. Under 2000 identifierades *Salmonella Fresno* vid ett tillfälle i det inkommande avloppsvattnet men inte vid något tillfälle i det behandlade avloppsvattnet. *Campylobacter* påvisades ej vid något tillfälle under de två provtagnings säsongerna, vare sig i det inkommande eller det utgående avloppsvattnet.

6.2.1.2 Kvidinge

Salmonella eller *Campylobacter* påvisades inte i det inkommande eller utgående avloppsvattnet under säsongen 1999. Under 2000 återfanns *Salmonella* i det obehandlade avloppsvattnet vid två av tre tillfällen samt i det behandlade avloppsvattnet vid ett tillfälle. *Campylobacter* påvisades ej heller under säsongen 2000.

6.2.1.3 Kågeröd

I Kågeröd påvisades *Salmonella* i inkommande respektive utgående avloppsvatten vid ett av de tre provtagningsstillfällena under 1999. Under 2000 påvisades *Salmonella* vid två av tre tillfällen i det inkommande avloppsvattnet, men inte vid något tillfälle i det utgående avloppsvattnet. *Campylobacter* påvisades ej vid något av provtillfällena.

6.2.1.4 Slutsatser

Totalt påvisades *Salmonella* i 7 av totalt 17 prov (ca 41 %) av obehandlat avloppsvatten. I det utgående avloppsvattnet för bevattning påvisades *Salmonella* i 3 av 17 analyserade prov (ca 18 %).

Människor och djur (både varm- och kallblodiga) kan vara bärare av *Salmonella*. Infektionsdosen varierar mellan olika *Salmonella*-stammar och kan vara lägre vid spridning via aerosoler och inandning i lungorna än då bakterien kommer in i kroppen via mag-tarmkanalen (Stenström, 1996). Detta är av betydelse vid avloppsbevattning där, beroende på bevattningsform, aerosoler kan bildas och spridas med vinden. Dock är dokumentationen bristfällig när det gäller spridning av sjukdomsframkallande organismer via aerosoler, inte bara när det gäller *Salmonella*.

Campylobacter påvisades inte i något fall i avloppsvattnet. Det behöver dock ej betyda att *Campylobacter* ej finns i avloppsvattnet. Det har tidigare diskuterats om möjligheten för *Campylobacter* att övergå till ett icke odlingsbart stadium vilket gör att odling på laboratoriemedier kan försvåras (Stenström, 1996). En tysk studie av förekomst och reduktion av *Campylobacter* i avloppsvattnet rapporterade halter om 10^2 - 10^4 cfu/100 ml och en genomsnittlig reduktion på 99.5% över reningsverket (Holler 1988a; Holler 1988b).

Ingen skillnad mellan de tre verken noterades gällande förekomsten och reduktionen av *Salmonella* över reningsverket. I det utgående avloppsvattnet återfanns *Salmonella* i ca 1/5 av proven. *Campylobacter* påvisades inte vid något tillfälle vid de tre reningsverken.

6.2.2 Giardia och Cryptosporidium

Förekomsten och reduktionen av *Giardia* och *Cryptosporidium* i inkommande och utgående avloppsvatten från de tre anläggningarna framgår av Tabell 6 respektive Tabell 7.

Tabell 6. Förekomsten av *Giardia* cystor respektive *Cryptosporidium* oocystor i det obehandlade (In) respektive behandlade (Ut) avloppsvattnet i Bromölla, Kvidinge respektive Kågeröd under säsongerna 1999 och 2000.

		Bromölla		Kvidinge		Kågeröd	
		1999	2000	1999	2000	1999	2000
Giardia	In	6-580	5-20	<4-1760	6-868	27-185	9-22
	Cystor/L	Ut	<0,5-5	<0,5	<4-<0,2	<1-1	<6-20
Crypto- sporidium	In	<6-460	5-20	<4-360	<6-84	8-45	3-12
	Oocystor/L	Ut	<0,5-18	<0,5-1	<4-0,2	0,3-1	0,3-15

Tabell 7. Reduktion av *Giardia* respektive *Cryptosporidium* över reningsverken i Bromölla, Kvidinge respektive Kågeröd under provtagnings säsongerna 1999 respektive 2000.

Reduktion (log ₁₀)	Bromölla		Kvidinge		Kågeröd	
	min	max	min	max	min	max
Giardia						
1999	>1,1	<2,5	>2,1	>3,9	0,1	1,1
2000	>1,0	<1,6	>0,8	2,9	0,1	0,6
Cryptosporidium						
1999	1,4	1,7	>1,0	>3,3	>1,0	1,4
2000	>1,0	1,3	1,5	1,9	0,2	>0,5

6.2.2.1 Bromölla

Giardia påvisades i det obehandlade avloppsvattnet vid samtliga provtagningsstillfällena, i halter om 6-580 cystor/L. Efter behandling i reningsverket, påvisades *Giardia* i ett av fallen, 5 cystor/L. Vid de övriga tillfällena under de två provtagnings säsongerna påvisades inga *Giardia* cystor. När det gäller *Cryptosporidium* påvisades oocystor i det ingående avloppsvattnet vid fyra av fem provtagningsstillfällena. I det utgående avloppsvattnet för bevattning påvisades oocystor vid två av fem tillfällena, i halter om 1-18 oocystor/L.

6.2.2.2 Kvidinge

Giardia cystor påvisades i det obehandlade avloppsvattnet vid samtliga tillfällena utom ett. Halterna varierade mellan 6 och 1760 cystor/L. I det behandlade avloppsvattnet påvisades cystor vid två av sex tillfällena, dock i låga halter om 0,3-1 cystor/L. *Cryptosporidium* detekterades i det obehandlade avloppsvattnet vid fyra av de sex provtagningsstillfällena, i halter som varierade mellan 32 och 360 oocystor/L. De utgående halterna var mycket låga, 0,2-0,3 oocystor/L, och påvisades i tre av sex analyserade prov.

6.2.2.3 Kågeröd

Giardia påvisades i det inkommande avloppsvattnet till reningsverket vid fem av sex provtagningsstillfällena. Jämfört med reningsverken ovan var halterna här något lägre, 3-185 cystor/L. I det behandlade avloppsvattnet som används för bevattning påvisades cystor vid fem av sex provtagningsstillfällena, i halter om 6-20 cystor/L. För *Cryptosporidium* påvisades oocystor i det obehandlade avloppsvattnet vid fem av sex tillfällena. Halterna varierade mellan

3 och 45 oocystor/L. I det behandlade avloppsvattnet påvisades oocystor i tre av sex prov. Halterna varierade här mellan 0,3 och 8 oocystor/L.

6.2.2.4 Slutsatser

Totalt påvisades *Giardia* cystor i 88 % av proven från obehandlat avloppsvatten. I det behandlade avloppsvattnet detekterades *Giardia* cystor i 47 % av proven. För *Cryptosporidium* oocystor var frekvensen av positiva obehandlade avloppsprov något lägre, 77 %. I det utgående behandlade avloppsvattnet påvisades oocystor i 47 % av proven.

Halterna av både *Giardia* cystor samt *Cryptosporidium* oocystor i avloppsvattnet in till anläggningen i Kågeröd var genomgående lägre jämfört med de övriga två anläggningarna. Detta kan troligen förklaras med färre antal infekterade i den anslutna befolkningen vid detta tillfälle. Trots de låga ingångshalterna reducerades inte cystor och oocystor i lika hög grad som de två andra reningsverken, utan både *Giardia* cystor och *Cryptosporidium* oocystor återfanns i varierande halter i det utgående vattnet.

Förekomsten av *Giardia* cystor och *Cryptosporidium* oocystor i det obehandlade avloppsvattnet beror på antalet infekterade i den till reningsverket anslutna befolkningen. Enligt Farthing (1993 i Amahid *et al*, 1999) är prevalensen (förekomsten) i den industrialiserade världen för Giardiasis 2 till 5%, medan den i utvecklingsländerna varierar mellan 20 och 30%.

De halter som påvisats vid de tre reningsverken överensstämmer med värden som man finner i litteraturen. I en tidigare svensk studie detekterades i det inkommande avloppsvattnet *Giardia* i halter mellan 24 och 160 cystor/L samt *Cryptosporidium* oocystor mellan 16 och 200/L (Ottoson, 1998). Fler studier har gjorts runt om i världen med varierande förekomst av *Giardia* cystor respektive *Cryptosporidium* oocystor. I England genomförde Bukhari *et al* (1997) en studie av sju reningsverk. I det inkommande avloppsvattnet varierade *Giardia* respektive *Cryptosporidium* med <10-13600 cystor/L respektive <10-170 oocystor/L. I det behandlade avloppsvattnet påvisades *Giardia* i 91,7% av proven i halter om <10-720 cystor/L samt *Cryptosporidium* <10-60 oocystor/L.

På Nordirland pågår ett försök liknande de som rapporteras här, där *Salix* bevattnas med mekaniskt behandlat (försedimenterat) avloppsvatten. Halten *Giardia* cystor i det obehandlade avloppsvattnet varierade mellan 3000 och 15 000 cystor/L. I det behandlade avloppsvattnet varierade halterna mellan 900 och 2800 cystor/L. Förekomsten av *Cryptosporidium* i det inkommande avloppsvattnet varierade mellan 18 och 104 oocystor/L, medan halten i det utgående avloppsvattnet för bevattning varierade mellan 9 och 42 oocystor/L.

Förekomst av *Giardia* cystor respektive oocystor från *Cryptosporidium* i det inkommande respektive utgående avloppsvattnet ligger för de tre reningsverken inom variationen av vad som uppmätts vid tidigare studier. Kvidinge är det av reningsverken som visar på den högsta reduktionen av parasitära protozoer. Vid en jämförelse mellan de tre reningsverken hade Kågeröd vid flera tillfällen de högsta utgångshalterna av cystor respektive oocystor trots de många gånger låga ingångshalterna.

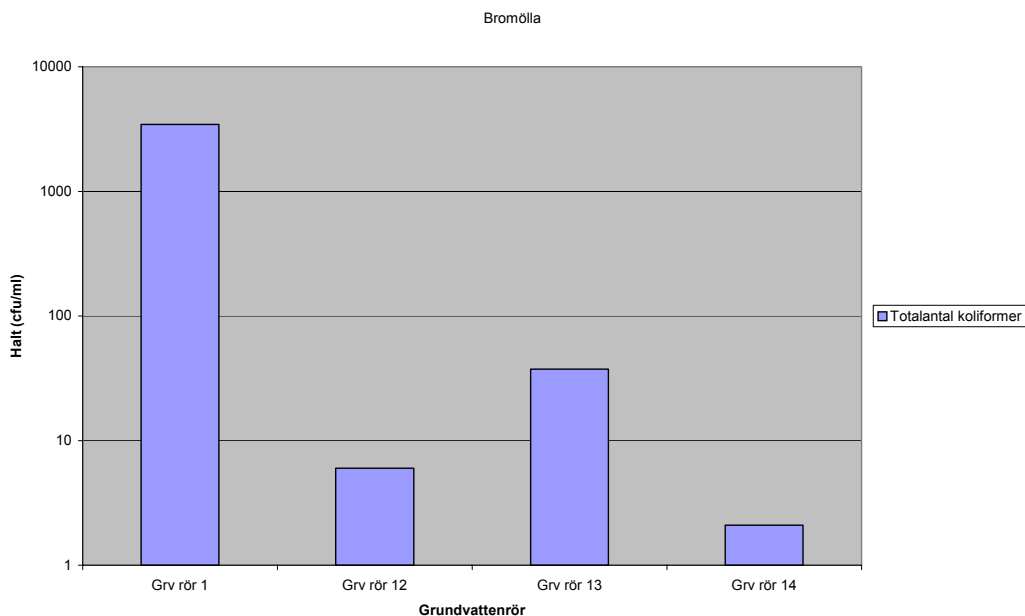
6.3 Förekomst av mikroorganismer i grundvatten

Under 1999 slogs prov tagna från grundvattenrören i respektive *Salix*odling samman till ett samlingsprov före analys. Under säsongen 2000 analyserades grundvattenproven separat när det gällde indikatororganismer men slogs samman till ett samlingsprov för analys av de fyra patogenerna.

6.3.1 Bromölla

För Bromölla detekterades inga indikatororganismer i grundvattnet under 1999 förutom *Clostridium perfringens* som vid första provtagningstillfället påvisades i mycket låga koncentrationer samt totala koliformer vid tredje provtagningstillfället (15 cfu/ml). Detektionsgränsen i grundvattnet varierade mellan de olika provtagningstillfällena beroende på mängden partiklar i provet.

Under säsongen 2000 analyserades vatten från respektive grundvattenrör separat. Vid det första provtillfället påvisades *Clostridium perfringens* i låga halter i grundvattnet. Vid det andra tillfället påvisades totala koliformer i grundvattnet i samtliga av de fyra provtagna grundvattenrören. Halterna varierade stort, mellan 2 och 3450 cfu/ml, med störst påverkan i rör 1 (Figur 5). För de andra organismerna sågs inga förhöjda halter. Vid andra provtillfället påvisades även *Salmonella Typhimurium* fagtyp NST i grundvattnet. Då detta prov var ett samlingsprov mellan de fyra grundvattenrören går det inte att säga vilket rör som var förorenat. En uppföljande provtagning av grundvattnet två veckor senare gav fortsatt påverkan av totala koliformer. På samma sätt som vid det första tillfället var halterna högst i rör 1, med halter på 620 cfu/ml. Vid detta tillfälle påvisades även *Clostridium perfringens* i samtliga rör, med störst påverkan även här i rör 1. *Salmonella* påvisades inte vid detta tillfälle.



Figur 5. Halten totala koliformer i fyra grundvattenrör i *Salix*fält i Bromölla, juli 2000.

6.3.2 Kvidinge

Vid samtliga tre provtillfällen under 1999 detekterades totala koliformer i grundvattnet, i halter om 20-200 cfu/ml. Vid det sista tillfället detekterades även termotoleranta koliformer samt *E. coli*, dock i lägre halter (0,5-1 cfu/ml). Vid provtagningarna i april och november påvisades *Clostridium perfringens* i halter om 0,5-4 cfu/ml i grundvattnet. Under den andra provtagningssäsongen påvisades totala koliformer i grundvattnet vid samtliga provtagningstillfällen, samt termotoleranta koliformer och *E. coli* i flera av rören. De sulfitreducerande bakterierna (*Clostridium*) påvisades vid alla provtagningstillfällen och i samtliga rör med halter som varierade mellan 0,05 och 300 cfu/ml. Under år 2000 påvisades fler organismer och i högre halter jämfört med föregående säsong. Kolifagerna återfanns under år 2000 vid ett tillfälle i ett rör i låg halt (0,05 pfu/ml).

6.3.3 Kågeröd

Fekala organismer påvisades i grundvattnet vid samtliga tre provtagningstillfällena under 1999. Totala koliformer varierade inom 50-400 cfu/ml med den högsta koncentrationen vid provtagningen i oktober. Vid provtagningen i maj var *Clostridium perfringens* den organism som detekterades förutom totala koliformer, dock i låga koncentrationer (3 cfu/ml). Vid provtagningen i juli påvisades alla indikatororganismer utom fekala streptokocker, *Clostridium perfringens* hade en koncentration på 11 cfu/ml, kolifagerna 1,8 pfu/ml. I oktober vid slutet av bevakningsperioden var nivåerna av indikatororganismer i grundvattnet de högsta med koncentrationer av presumtiva *E. coli* och fekala streptokocker på ca 40 cfu/ml, *Clostridium perfringens* 150 cfu/ml och kolifager 18 pfu/ml.

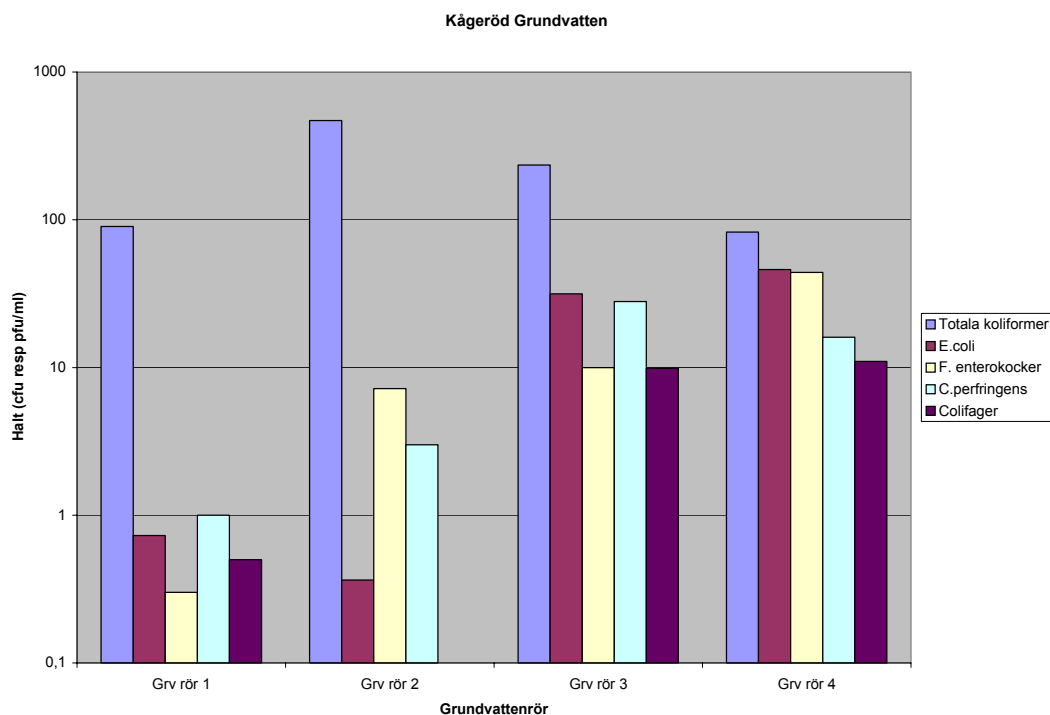
Under den nästföljande säsongen visades ett liknande mönster med detektion av i stort samtliga indikatororganismer vid samtliga provtagningstillfällen och i de rör som provtagits. Under den andra säsongen var halterna dock något högre jämfört med 1999 års säsong. Totala koliformer varierade från 90 till över 1800 cfu/ml. Fekala streptokocker påvisades i flera av rören med en maxhalt på 40 cfu/ml. Kolifager påvisades i samtliga rör med halter som varierade mellan 0,1 och 23 pfu/ml. Förekomsten av indikatororganismer i de fyra provtagna grundvattenrören i september år 2000 redovisas i Figur 6.

6.3.4 Slutsatser

I Bromölla återfanns i grundvattnet dels totala koliformer men även vid några tillfällen de sporbildande bakterierna *Clostridium perfringens*. Båda indikatororganismerna kan även finnas naturligt i miljön. Då inga av de övriga indikatororganismerna påvisades i grundvattnet behöver inte fynden indikera fekal påverkan. I motsats till detta står dock att *Salmonella Typhimurium* (fagtyp NST) påvisades i grundvattnet vid ett tillfälle vilket torde tyda på en fekal förorening i detta prov.

I grundvattenproverna från anläggningen i Kågeröd återfanns under det andra året samtliga indikatororganismer mer frekvent än under första året. Under båda åren påvisades förekomst av kolifager i grundvattnet. Dessa samt förekomsten av samtliga indikatorbakterier är ett starkt bevis på att grundvattnet här har kontaminerats av avloppsvatten. Kolifager är som tidigare nämnts en indikator för hur tarmvirus som kan finnas i avloppsvattnet kan transporteras i sådana här system.

Marktyperna i de båda anläggningarna skiljer sig åt. I Bromölla är marktypen en sandig morän medan marken i Kågeröd består av lerig silt med inslag av lerskiffer från ca 0,5 m markdjup. En snabbare transport kan ske genom den leriga silten jämfört med den sandiga moränen om sprickbildningar har uppstått i leran. Liknande resultat har uppmätts i lysimeter-



Figur 6. Förekomst av indikatororganismer i fyra grundvattenrör i Kågeröd, september 2000.

försök med *Salix* (Carlander *et al*, 2000). Bakteriofager (som virusindikator) tillsattes i ett artificiellt avloppsvatten och transporten av bakteriofagerna genom markprofilen studerades. En snabb transport (timmar) av bakteriofager genom lerprofilen konstaterades medan transporten genom sandprofilen var mycket långsam (månader).

I alla tre anläggningarna ser man en något högre förekomst av indikatororganismer dels under den senare delen av bevattningssäsongen, dels under det andra bevattningsåret.

Grundvattenproven från anläggningen i Kågeröd visar på en fekal påverkan av grundvattnet. Under framför allt det andra året påvisades samtliga indikatororganismer i grundvattnet. I de andra två anläggningarna påvisades flera av indikatororganismerna. Detta kan tyda på fekal påverkan av grundvattnet. Flera av organismerna kan emellertid förekomma naturligt i miljön och således påvisa en falsk risk.

6.4 Spårstudier

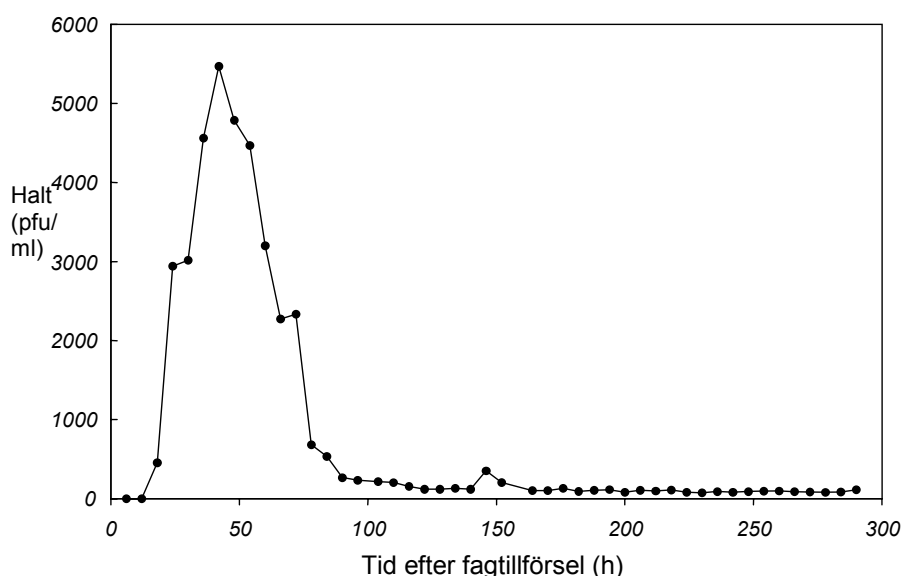
Virus är de patogena organismer som är av störst betydelse när det gäller risken för grundvattenförorening. Viruspartiklar är små, avsevärt mindre än bakterier eller protozoer, och kan tämligen lätt transporteras ner till grundvattenzonen. I den här studien har vid analys av grundvattnet kolifager (bakterievirus) påvisats i relativt låga halter och då främst i anläggningen i Kågeröd.

Under hösten 1998 gjordes en spårstudie i odlingen i Bromölla där bakteriofager användes för att simulera transport av virus vid bevattning med avloppsvatten. Bakteriofagen *Salmonella Typhimurium* fag 28B (Lilleengen, 1948) användes. Omkring 500 ml vätska med en halt på ca 1×10^{10} fagpartiklar/ml tillfördes i den vattenspegel som bildades vid en utvald utsläppspunkt inne i odlingen. Under de första 12 dygnen togs prov var 6:e timme, därefter varje eller varannan dag under två veckor och därefter två gånger per vecka ytterligare några veckor. Proverna togs i fyra grundvattentrör i anslutning till utsläppspunkten.

Grundvattennivån låg på ca 1-1,5 meters djup när studien inleddes. Höga halter av bakteriofager påvisades i grundvattnet ca 4 m från utsläppspunkten inom ett dygn efter det att försöket startade med en topp under det andra dygnet (Figur 7). Det snabba flödet av fager kan indikera en snabb transport av fager ner till grundvattnet och vidare lateralt i grundvattenzonen. Marken i Bromölla består i huvudsak av lerig, sandig morän. Inslaget av lera kan ha medfört att vattnet med de tillsatta modellorganismerna snabbt transporterades ner till grundvattenzonen.

I det här försöket tillsattes virusindikatorn direkt vid bevattningspunkten i hög koncentration vilket kan ses som ett "worst case scenario". En snabb transport ner till grundvattnet i relativt höga koncentrationer noterades. Dock var påverkan tämligen lokal då endast det närmast liggande röret påverkades.

Resultaten är inte entydiga. Spårstudien visade på en snabb transport av viruspartiklar ner till grundvattennivån. Den långvariga effekten av avloppsbevattning i fältet har dock inte gett utslag av viruspartiklar i grundvattnet.



Figur 7. Förekomst av *Salmonella Typhimurium* fagtyp 28B (pfu/ml) i timmar efter tillförelse.

6.5 Förekomst av patogena mikroorganismer i djurträck

Träck samlades in från *Salix*anläggningarna i Kvidinge och Kågeröd för att studera ett eventuellt ökat antal infektioner hos de djur som lever i anläggningarna. Innan bevattningen startade säsongen 1999 samlades träck in från de båda anläggningarna med syftet att få en bild av förekomsten av de tidigare nämnda patogenerna hos djur i området (Tabell 8). Under och efter de båda bevattningssäsongerna samlades träckprover in med syftet att bedöma eventuell påverkan från avloppsvattnet (Tabell 9). Samtliga data finns redovisade i [Appendix 7](#).

Underlaget för att bedöma om det finns någon ökad risk för upptag och infektion av eventuellt förekommande patogener avseende de djur som rör sig i energiskogsbeståndet är bristfälligt. Allt för få träckprov har kunnat samlas in. Mer material behövs för att kunna göra en säkrare bedömning av risken för spridning av patogener till djur. Av det begränsade material som idag finns kan man ej se någon ökning av sjukdomsframkallande organismer hos de djur som rör sig i området.

Tabell 8. Träck insamlat i Kvidinge och Kågeröd innan bevattning startade säsongen 1999.

Djurslag	Antal prov	Förekomst av patogen
Dovhjort	3	2/3 <i>Giardia</i> pos
Rådjur	2	1/2 <i>Giardia</i> pos
Hare	1	-
Okänd	2	-
Totalt	8	3/8

Tabell 9. Träck insamlat i Kvidinge och Kågeröd under eller efter bevattning, säsongerna 1999 och 2000.

Djurslag	Antal prov	Förekomst av patogen
Kanin	2	-
Hare	2	-
Fasan	1	-
Rådjur	13	4/13 <i>Giardia</i> pos 1/13 <i>Cryptosporidium</i> pos, 1/13 <i>Salmonella</i> pos
Dovhjort	2	1/2 <i>Campylobacter</i> pos
Mink	1	-
Räv	1	-
Grävling	3	3/3 <i>Giardia</i> pos
Totalt	25	10/25

6.6 Förekomst av patogena mikroorganismer i organ från djur

Organ från infångade eller avskjutna djur i området analyserades med avseende på förekomst av patogener. Resultaten redovisas i Tabell 10.

Tabell 10. Organ från infångade eller i området skjutna fåglar och djur under säsongerna 1999 och 2000.

År	Anläggning	Djurslag	Parasitologiska fynd
1999	Bromölla	Fasan	Sparsam mängd av <i>Cryptosporidium</i>
1999	Bromölla	näbbmus, 3 st större skogsmöss	Sparsam mängd av <i>Giardia sp.</i> (en skogsmus) Ringa mängd bandmaskdynt (<i>Cysticercus fasciolaris</i>) i levern på en skogsmus
2000	Kvidinge	rådjur, hare	neg.
2000	Bromölla	3 st husmöss	Ringa mängd (2 möss) springmask (<i>Asipeccularis tetratera</i>), Ringa mängd (2 möss) resp måttlig (1 mus) coccidier (<i>Eimeria sp.</i>) Sparsam mängd (2 möss) <i>Trichomonas sp.</i> Sparsam mängd (1 mus) amöba (<i>Entamoeba sp.</i>) Ringa mängd (3 möss) <i>Trichuris muris</i> .*
2000	Kågeröd	näbbmus	neg.
2000	Kvidinge	rådjur	Ringa mängd av oocystor och coccidier (<i>Eimeria sp.</i>)

* EHEC us. ej utförd pga för lite material, ej heller *Giardia* eller *Cryptosporidier*.

Inga anmärkningsvärda fynd med tanke på djurens något speciella miljö (avloppsbevattnad *Salix*odling) noterades. Inga sjukliga förändringar noterades hos något av djuren. Såväl allmänbakteriologisk odling som odling specifikt avseende patogener var negativ. De parasitologiska fynd som gjorts kan hänföras till djurens normala parasitbörda. Ringa mängd enligt Tabell 10 betyder att endast något enstaka parasitägg hittats. Sparsam betyder något fler parasitägg.

Underlaget för att bedöma om ökad risk för infektion för de djur som lever i området är idag alltför bristfälligt, dvs för få prov. Mer material bör samlas in för analys.

6.7 Spridning av mikroorganismer till bladverk

Vid två tillfällen under säsongen 1999 provtogs bladverket i anläggningarna i Kvidinge och Kågeröd. Syftet var att bedöma omfattningen av spridningen av avloppsvattnet i bladverket samt att få information om överlevnaden av indikatororganismer i den här miljön.

Bladen i de totalt fem utlagda rutorna (2 st i Kvidinge och 3 st i Kågeröd) analyserades med avseende på förekomsten av indikatororganismer. De organismer som främst påvisades i bladverket var totala koliformer samt de sporbildande bakterierna, dock inte med någon markant skillnad var i rutan provet var taget (se [Appendix 8](#)). En försöksyta som inte ingår i

fullskaleanläggningen bevattnas med hjälp av ca två meter höga sprinklers. Här kunde emellertid flertalet organismer påvisas.

Någon skillnad i förekomsten och överlevnaden av indikatororganismer konstaterades ej mellan de båda provtagningstillfällena. Vid provtagningen i juli månad var temperaturen ca 20°C med en relativt god solinstrålning i beståndet till skillnad från den senare provtagningen under hösten med lägre temperatur och låg solinstrålning. Det senare gynnar teoretiskt överlevnaden av mikroorganismer.

Ingen skillnad förelåg vid jämförelse mellan de två bevattningsformerna när det gäller spridning av indikatororganismer i bladverket.

Ingen säsongsvariation förelåg när det gäller förekomst och överlevnad av indikatororganismer i bladverket.

6.8 Riskbedömning

Inledningsvis i rapporten (kap 1.3 och 3.2) diskuteras de risker som förknippas med avloppsbevattning. Förorening av grundvattnet, sekundär smittspridning till djur och människor samt risk för bildning och spridning av aerosoler är de hygieniska risker som definierats.

Faktorerna redovisade i Tabell 11 är en beskrivning av de tre reningsverken och de bevattnade *Salix*arealerna vid en normal situation. Som tidigare konstaterats är det biologiskt renade avloppsvattnet och det biologiskt-kemiskt renade avloppsvattnet jämförbara ur hygienisk synpunkt.

Bromölla: Avloppsvattnet som används för bevattning har genomgått biologisk-kemisk rening. Reduktionen av organismer var för de flesta av organismerna 2-3 log₁₀. Reduktionen av viruspartiklar (kolifager) var dock betydligt lägre. I medeltal 77 % av viruspartiklarna reducerades över reningsverket. Analyserna av grundvattnet visade på förekomst av totala koliformer samt de sporbildande bakterierna *Clostridium*. Förekomsten kan vara en indikation på fekal förorening men dessa organismer kan även förekomma naturligt i miljön. Det bevattnade området är flackt och risk för ytavrinning i området bedöms som ringa. Bevattningen sker med hjälp av markbundna slangar.

Kvidinge: Det utgående avloppsvattnet i anläggningen i Kvidinge har innan det används för bevattning genomgått biologisk rening. Reduktionen av organismer vid den biologiska reningen var för de flesta av organismerna 2-3 log₁₀, undantaget reduktionen av de sporbildande bakterierna, *Clostridium perfringens*, vilka reducerades med i medeltal ca 1 log₁₀, dvs ca 90%. Samtliga indikatororganismer utom kolifager påvisades i grundvattnet under båda åren. Området är delvis kuperat. Ytvatten avrinner mot en beteshage och sedan vidare till en intilliggande bäck. Bevattningen sker med hjälp av sprinklers.

Tabell 11. Faktorer vid de avloppsbevattnade *Salix*-odlingarna i Bromölla, Kvidinge respektive Kågeröd.

Faktor	Bromölla	Kvidinge	Kågeröd
Rening	Biologisk-kemisk, biobädd	Biologisk, aktivt-slam-verk	Biologisk, aktivt-slam-verk
Reduktion över reningsverket	God, dock låg reduktion av kolifager (77%), virusindikator.	God, något lägre reduktion av Clostridier (ca 91%)	Låg reduktion av Clostridier (83%), <i>Giardia</i> (50%), <i>Crypto</i> (71%).
Avstånd till närmaste hus	Gård ca 100 m	Gård ca 500 m	Gård ca 500 m
Avloppspåverkan av grundvattnet	Låga halter, totala koliformer + clostridier påvisade. Rör 1, störst påverkan.	Alla organismer utom kolifager påvisade. Liknande påverkan i alla rör. Högre halter under år 2000.	Samtliga organismer påvisade båda åren. Ingen skillnad mellan rören.
Grundvattennivå, min-max	1,5-5,0 m	1,0-4,5 m	0,5-1,5 m
Risk för ytavrinning	Nej	Ja, kuperad terräng. Avrinning mot betesmark samt bäck, vilken leder till Rönneå.	Nej
Bevattningsstyp	Markbunden	Sprinklers	Markbunden
Fåglar/djur i området	Ja	Ja	Ja

Kågeröd: Avloppsvattnet i Kågeröd behandlas biologiskt innan det används för bevattning. Flera av organismerna visade på en låg reduktion över reningsverket, *Giardia* sp med i medeltal 50%, *Cryptosporidium* sp med i medeltal ca 70%. Även de sporbildande bakterierna visade på en något lägre reduktion, 83%, jämfört med de övriga indikatororganismerna. När det gäller de parasitära protozoerna så var de ingående halterna låga medan de utgående halterna var höga jämfört med de övriga två reningsverken. Samtliga indikatororganismer påvisades i grundvattnet under båda provtagningssäsongerna.

I Tabell 11 anges de förhållanden som råder vid reningsverken och *Salix*odlingarna vid en normal situation. Dessa förhållanden kan ändras om t ex flera personer i den anslutna populationen insjuknar (Tabell 12).

Reduktionen av viruspartiklar var lägre vid reningsverket i Bromölla jämfört med de övriga indikatororganismerna och patogenerna som analyserades. Mer än 140 olika virustyper kan utsöndras via fekalier och nå avloppsvattnet. När det gäller förekomsten av viruspartiklar i obehandlat avloppsvatten varierar de påvisade halterna i litteraturen. Bosch *et al* (1986 i Schwartzbrod, 1995) fann rotavirus i obehandlat avloppsvatten i samtliga prover i en spansk studie. Halterna varierade mellan 666 och 95 000 pfu/l.

Tabell 12. Situationen vid respektive reningsverk vid olika sk ”worst case scenario”.

Faktor	Bromölla	Kvidinge	Kågeröd
Utbrott av tarmvirus, tex Rotavirus	Låg reduktion av viruspartiklar över reningsverket, ca 75-80%.	-	-
Utbrott av parasitär protozo t ex <i>Giardia</i>	-	-	Låg reduktion av <i>Giardia</i> sp, ca 50% över reningsverket.
Utbrott av parasitär protozo t ex <i>Cryptosporidium</i>	-	-	Låg reduktion av <i>Cryptosporidium</i> sp, ca 70% över reningsverket.

Antag att ett ökat antal infektioner av Rotavirus skulle ske i den till Bromölla reningsverk anslutna populationen och att förekomsten av Rotavirus i det inkommande avloppsvattnet uppmättes till 95 000 pfu per liter. Vid en reduktion av viruspartiklar med 77% över reningsverket återstår i det utgående avloppsvattnet för bevattning halter om 2×10^4 per liter som ett ”worst case scenario”. Infektionsdosen för rotavirus är låg. Enligt Ward *et al* (1986) insjuknar 25 % resp 50 % av utsatt population vid en infektionsdos av 1 viruspartikel resp 10 viruspartiklar.

I Kågeröd var reduktionen av *Giardia* cystor och *Cryptosporidium* oocystor genomgående låg vid reningsverket, 50% respektive 71%. Vid normalsituationen i Kågeröd var de inkommande halterna låga och varierade inom 3-22 cystor per liter för *Giardia* respektive 6-12 oocystor per liter för *Cryptosporidium*.

I ett liknande försök med avloppsbevattning av *Salix*odling vid ett reningsverk i Culmore, Nordirland, analyserades förekomsten av *Giardia* respektive *Cryptosporidium*. De inkommande halterna av *Giardia* cystor varierade mellan 3000 och 15 000 cystor/L. Antag att dessa halter uppnås i det inkommande avloppsvattnet i Kågeröd vid ett utbrott av *Giardia*. Vid 50 % reduktion av cystor över reningsverket kommer det utgående bevattningsvattnet innehålla 1500-7500 cystor per liter avloppsvatten. Infektionsdosen för *Giardia* är relativt låg, färre än kan 100 cystor kan orsaka infektion.

Även reduktionen av *Cryptosporidium* oocystor var låg över reningsverket, i medeltal ca 70%. De ingående halterna varierade mellan 3 och 45 oocystor per liter. Förhållandena i Culmore var liknande där de ingående halterna varierade mellan 18 och 104 oocystor/liter. Motsvarande halter av oocystor återfinns i studier rapporterade av Bukhari *et al* (1997), Chauret *et al* (1999) och Rose (1997).

De transmissionsvägar som kan vara aktuella vid avloppsbevattning av de tre odlingarna finns representerade i Tabell 13.

Den potentiella transmissionsväg i Bromölla som bedöms vara av intresse är spridning till och sekundär smittspridning via djur pga intilliggande gård.

Tabell 13. Potentiella transmissionsvägar för smittämnen.

Faktor /Verk	Grundvatten	Aerosoler	Djur	Direkt kontakt	Ytavrinning
Bromölla			X	Gård/Boskap	
Kvidinge	(X)	X	X	Boskap	X
Kågeröd	X		X	Gård/Boskap	

Tabell 14. Faktorer som rör grundvatten.

Faktor	Bromölla	Kvidinge	Kågeröd
Avstånd till grundvattenyta	1,5-5,0 m	1,0-4,5 m	0,5-1,5 m
Belastning i bevattningspunkt (jfr infiltrations anläggning)	4-5 mm/d	2-3 mm/d	3-4 mm/d
Markmaterial	Lerig/sandig morän	Siltig lera	Lerig silt
Hydrologisk gradient	Flackt område	Delvis kuperat område	Flackt område
Marktäcket tjocklek	-	-	1,5-2,5 m till berggrund.
Berggrundens sprickighet	-	-	Skiffer
Avstånd från yttersta bevattningspunkt till närmaste brunn.			Inga brunnar i närheten. Kommunalt vatten.
Närvaro av dräneringsrör/ dräneringsriktning		Ja, i delar av fältet	Nej

I Kvidinge bedöms flera transmissionsvägar som potentiella. Bevattningen sker här via sprinklers vilket möjliggör spridning av aerosoler. Det bevattnade området är kuperat med potentiell ytavrinning till intilliggande vattendrag samt beteshage (direkt kontakt till betande djur samt sekundär smittspridning via djur). I grundvattnet har påvisats förhöjda halter av indikatororganismer.

De potentiella transmissionsvägarna i Kågeröd bedöms främst vara kontaminerat grundvatten samt sekundär smittspridning via djur i området.

Grundvattnet i Kvidinge och särskilt i Kågeröd visar på en fekal förorening som kan vara orsakad av bevattningen med avloppsvatten. Risken för smitta till människor finns om det i motsvarande typ av område finns privata brunnar som enskilda hushåll tar sitt vatten ifrån. Halterna av flera av de påvisade indikatororganismerna överskrider de gränsvärden som finns för dricksvatten och enskilda brunnar (SLV FS 1993:35). I Kågeröd finns inga enskilda brunnar i närheten av det bevattnade området varför ingen kontamineringsrisk av dricksvattnet föreligger. Bebyggelsen i omgivningarna har kommunalt vatten.

Markens textur skiljer sig mellan anläggningarna i Kågeröd och Bromölla. Infiltrationsförmågan är vanligtvis större i en sandjord jämfört med en lerjord. Jordarten i Bromölla

betecknas som lerig sandig morän och har jämfört med Kågeröds leriga silt en större infiltrationsförmåga. I en jordart med större inslag av lerpartiklar kan dock sprickor bildas där vattnet snabbt kan transporteras ner i marklagren.

Samtliga indikatororganismer finns påvisade i grundvattnet i Kågeröd under de båda provtagningssäsongerna. Här påvisades även kolifager vilket inte var fallet i de andra anläggningarna. Att kolifagerna tillsammans med övriga indikatororganismer påvisats ger en säkrare bedömning av att grundvattnet kan ha påverkats av avloppsbevattningen.

Grundvattenpåverkan i Bromölla kan ses som ringa då halterna av de påvisade organismerna är låga. De organismer som påvisats är totala koliformer samt Clostridier vilka båda återfinns i miljön och därför inte behöver indikera på någon fekal förorening av grundvattnet.

I Kvidinge ses en skillnad i grundvattenpåverkan mellan de båda åren. Under den första säsongen påvisades främst totala koliformer vilka som tidigare nämnts även återfinns i miljön och inte nödvändigt måste tyda på en fekal förorening. Under det andra året påvisades samtliga indikatororganismer utom kolifager i grundvattnet, vilket ger en indikation på att fekal påverkan av grundvattnet kan ha skett. Någon skillnad mellan de olika grundvattenrören i fältet kunde inte konstateras. Virus är den organismtyp som lättast kan transporteras ner till grundvattnet via marklagren pga sin storlek. Frånvaron av viruspartiklar i grundvattnet men förekomst av de övriga indikatororganismerna gör bedömningen osäker huruvida påverkan är av fekal ursprung eller ej.

I Bromölla och Kågeröd bedöms ingen risk för uppkomst av aerosoler finnas då bevattningen sker med hjälp av markbundna slangar. De lågmonterade sprinklers som använts i Kvidinge kan ge uppkomst till aerosolbildning. Spridningen av aerosoler är beroende på rådande vindförhållanden och vindriktning. Boskap och hus finns inom en radie av ett par hundra meter. De studier som gjordes av förekomsten av indikatororganismer på bladverk i Kvidinge samt i Kågeröd visade inte på någon skillnad mellan sprinklerbevattning och markbevattning. Detta indikerar att sprinklers placerade några decimeter över markytan enligt metodiken i Kvidingeanläggningen innebär således liten risk för kontaminering via aerosoler.

Tabell 15. Faktorer som rör uppkomst och spridning av aerosoler.

Faktor	Bromölla	Kvidinge	Kågeröd
Typ av spridare	Slangar på mark	Lågmonterade sprinklers	Slangar på mark
Avstånd till bebyggelse/boskap/allmän väg/rekreativområde	50- 100 m till gård Väg	50-100 m till betande boskap. Ca 100 m till bostadshus.	Ca 100 m till bostadshus.
Öppet landskap/barriärer	Ja	Ja	Skogskant längs delar av det bevattnade området.

Tabell 16. Faktorer som rör spridning av smittämnen till/från djur i respektive *Salix*anläggning.

Faktor	Bromölla	Kvidinge	Kågeröd
Inhägnat område	Nej	Nej	Nej
Närhet till boskap / jordbruk	Nej	Ja	Nej
Sällskapsdjur i närheten (bebyggelse)		Ja, bebyggelse	Ja, bebyggelse
Strövområden (hundar, människor)	Nej	Nej	Nej
Djurpopulation i området	Ja	Ja	Ja
Fåglar (nära flyttstråk, tid?) Stampopulationer	Ja	Ja	Ja

I samtliga tre anläggningar finns en rad fåglar och andra djur tex hare, rådjur, grävling mm. Områdena är inte inhägnade och djuren kan rör sig fritt i området. Periodvis har det bildats vattenspeglar i det bevattnade fältet. Detta kan innebära risk för infektion av sjukdomsframkallande organismer hos djur som dricker av detta vatten.

I anslutning till fältet i Kvidinge finns beteshagar i den norra delen av fältet där nötkreatur betar i perioder. Den delvis kuperade och sluttande terrängen gör att här kan finnas en risk för att djuren kommer i kontakt med det utgående avloppsvattnet. Fåglar vilka rör sig längre sträckor kan föra med sig smittämnen från bevattningsanläggningar.

I Tabell 17 anges faktorer som kan vara av betydelse när det gäller risk för direktkontakt med avloppsvatten och potentiella smittämnen. Ingen av de tre anläggningarna är inhägnade för att förhindra direktkontakt för större djur eller människor.

Informationsskyltar för allmänheten finns uppsatta för att informera om verksamheten och att det är delvis renat avloppsvatten som sprids i anläggningen. Allmänna strövområden/rekreationsområden ligger inte i nära anslutning till de bevattnade arealerna.

Ett sätt att begränsa dels spridning av aerosoler från ett bevattnat område samt även direkt kontakt är att begränsa bevattningen och inte bevattna kantområdena av energiskogen.

I Tabell 18 anges faktorer som rör ytavrinning vid respektive anläggning. Terrängen i de båda *Salix*odlingarna i Bromölla och Kågeröd är av flack karaktär. Den största risken för ytavrinning förekommer vid anläggningen i Kvidinge där ytvatten kan avrinna till en beteshage och sedan till recipienten. Ytavrinningens omfattning i Kvidinge är beroende av bevattningssgivan samt nederbörden. I perioder har delar av anläggningen avstängts från bevattning för att undvika vattensamlingar samt ytavrinning.

Tabell 17. Faktorer som risk för direktkontakt vid respektive *Salix*odling.

Faktor	Bromölla	Kvidinge	Kågeröd
Inhägnad	Nej	Nej	Nej
Bevattning i hela området	Ja	Ja	Ja
Information	Ja	Ja	Ja
Strövområden	Nej	Nej	Nej
Barn	Nej	Nej	Nej
Närhet till bostäder/ allmän väg	Ja, väg samt bostad	Ja, bostad	Ja, bostad
Ytavrinning	Nej	Ja	Nej

Tabell 18. Faktorer som rör risk för ytavrinning vid respektive *Salix*-odling.

Faktor	Bromölla	Kvidinge	Kågeröd
Terrängförhållande	Flackt	Delvis kuperat	Flackt
Bäckar i bevattningsområdet	-	Ja, intill området	Ja, intill området
Expositionsområde utanför bevattningsområdet	-	Ytavrinning till betesområde	-
Var mynnar ev avrinning	-	Liten bäck, vilken leder till Rönneå.	-

7 Slutsatser och rekommendationer

Reduktion av indikatororganismer samt patogener över reningsverken

Förekomsten och reduktionen av indikatororganismer över de tre reningsverk som ingick i studien motsvarade över lag de resultat som tidigare rapporterats från liknande svenska undersökningar. Någon ökad reningseffekt för det biologiskt-kemiskt renade avloppsvattnet jämfört med det biologiskt renade avloppsvattnet konstaterades ej.

Generellt var reningsgraden högst avseende antalet vegetativa bakterier, därefter de sporbildande bakterierna (*Clostridium perfringens*). Av indikatororganismerna var reduktionen av kolifager lägst. De utgående halterna av indikatororganismer i avloppsvattnet varierade något mellan de tre reningsverken. För de vegetativa bakterierna var halterna i bevattningsvattnet lägst i Kågeröd (ca 10^1 cfu/ml), följt av Bromölla (ca 10^2 cfu/ml) och Kvidinge (ca 10^3 cfu/ml). Halterna av kolifager var även de lägst i Kågeröd (10^1 pfu/ml), följt av Kvidinge (ca 10^2 pfu/ml) och Bromölla (10^2 - 10^3 pfu/ml). Reduktionen av kolifager över reningsverket i Bromölla var i genomsnitt ca 70% under de två åren.

Salmonella påvisades i totalt 41 % av det obehandlade avloppsvattnet. I bevattningsvattnet påvisades *Salmonella* i 3 av 17 (ca 18 %) analyserade prov. De tre positiva prov som påvisades för det utgående avloppsvattnet var jämnt fördelat mellan de tre reningsanläggningarna. *Campylobacter* påvisades inte vid något fall. Det kan dock ej uteslutas att *Campylobacter* ej förekommer i avloppsvattnet.

Förekomsten och halterna av de parasitära protozoerna *Giardia* och *Cryptosporidium* ligger inom de variationer som finns rapporterade i litteraturen inklusive en tidigare studie genomförd i Sverige. Totalt för de tre reningsverken påvisades *Giardia* cystor i det inkommande avloppsvattnet vid 15 av 17 prov (88 %). För *Cryptosporidium* oocystor var 13 av 17 prov positiva (76 %). I det behandlade avloppsvattnet påvisades cystor respektive oocystor vid 8 av 17 prov (47 %) för de båda organismerna. För samtliga patogener är halterna och förekomsten i avloppsvattnet kopplat till andelen sjuka personer i den anslutna populationen och kan således variera med tiden.

Reduktionskapaciteten när det gäller parasitära protozoer i reningsverket i Kågeröd var genomgående låg. Trots låga inkommande halterna påvisades framförallt *Giardia* cystor men även *Cryptosporidium* oocystor i det utgående avloppsvattnet.

Vad når det bevattnade området i form av patogener?

Metoderna som använts för detektion av *Salmonella* och *Campylobacter* är ej kvantitativa och halten *Salmonella* som når de bevattnade områdena kan inte anges. De prov som påvisades positiva i det utgående avloppsvattnet var jämt fördelade mellan de tre *Salix*anläggningarna.

Antalet cystor respektive oocystor som når det bevattnade området varierar mellan anläggningarna. Kvidinge uppvisade de lägsta utgående halterna av parasitära protozoer och under de två bevattningsåren nådde i genomsnitt 10^7 cystor respektive oocystor *Salix*anläggningen. Kågeröd uppvisade lägst reduktion över reningsstegen och de högsta utgående halterna. I genomsnitt nådde 10^8 cystor respektive oocystor per år det bevattnade området, dvs 10 gånger fler än anläggningen i Kvidinge.

Spridning och överlevnad i bladverk

Ingen skillnad noterades vad gäller spridning av indikatororganismer i bladverket mellan de två bevattningstyperna, lågspridande sprinkler resp markbundna slangar. Ingen skillnad konstaterades heller vad gäller överlevnaden av indikatororganismer med hänsyn taget till de yttre omständigheterna. Provtogs under såväl soliga sommar dagar som under hösten efter en tids regn. Generellt gynnar låga temperaturer och hög fuktighet överlevnaden av bakterier och virus. Någon ökad överlevnad noterades dock ej under perioder med hög fuktighet och låg temperatur. Å andra sidan skedde inte heller någon ökad avdödning under sommarperioden med högre temperatur och lägre luftfuktighet vilket troligtvis kan förklaras med begränsad solinstrålning i beståndet.

Grundvatten

När det gäller risk för förorening av grundvatten vid bevattning med avloppsvatten så är resultaten inte entydiga.

Förekomsten av indikatororganismer i grundvattnet varierade mellan de tre anläggningarna samt över tiden. Generellt påvisades högre halter indikatororganismer i grundvattnet under det andra året. Under den första provtagningssäsongen påvisades främst totala koliformer samt clostridier vid några tillfällen i de studerade anläggningarna. Högst halter påvisades vid den sista provtagningen i oktober/november. Under 2000 påvisades högre halter och fler av de undersökta indikatororganismerna i grundvattnet.

När det gäller totala koliformer så är detta en grupp organismer varav flera återfinns naturligt i miljön och kan därför inte utan reservation användas för att påvisa en förorening av avloppsvatten. Under det andra året påvisades dock flera av organismerna i grundvattnet vilka tillsammans ger en viss indikation på avloppspåverkan. Kolifager är de organismer som teoretiskt borde kunna transporteras längst och även snabbast ner till grundvattnet. Dock påvisades i stort sett inga kolifager i grundvattnet förutom i Kågeröd under den andra provtagningssäsongen.

Teoretiskt är viruspartiklar av störst intresse när det gäller förorening av grundvatten, dels pga sin storlek, dels pga att relativt låga infektionsdoser krävs för att orsaka infektion hos människa. Samtliga indikatororganismer inkl kolifager påvisades i Kågeröd. I Bromölla var förekomsten av indikatororganismer lägre och inga kolifager påvisades under de två åren. Skillnaderna i resultat mellan de två anläggningarna kan bero på olika marktyper. Marken i Kågeröd består i huvudsak av lerig silt med inslag av lerskiffer medan marken i Bromölla utgörs av lerig sandig morän. Tidigare lysimeterstudier har visat på en snabb transport av bakteriofager i lerjordar. I sandjord var retentionen av viruspartiklar hög och ingen eller mycket liten transport till grundvattnet registrerades.

Grundvattnet i anläggningen i Kågeröd kan således ha påverkats av avloppsbevattningen. En ytterligare anledning till detta utöver markbeskaffenheten kan vara dels en förhållandevis kort transportväg till grundvattenytan (se Tabell 14), dels en relativt hög hydraulisk belastning på systemet (se Tabell 2) i jämförelse med de andra anläggningarna. Däremot är det svårare att bedöma grundvattenpåverkan i Bromölla och Kvidinge då flera av de bakteriella indikatororganismerna har påvisats men inte kolifager.

Spridning till djur

När det gäller risken för spridning av patogener till djur och potentiellt vidare till djur och/eller människor är underlaget alltför bristfälligt varför mer material behöver samlas in och analyseras. Av det begränsade materialet som analyserades kunde inte någon ökning av patogener ses i de organ och träck som har studerats.

Risk eller ej?

Någon risk för spridning av sjukdomsframkallande organismer via aerosoler torde ej föreligga eftersom spridningen av indikatororganismer i bladverken var liknande mellan de två befintliga bevattningssystemen, markbundna slangar respektive lågspridande sprinklers.

För närvarande kan inga säkra slutsatser dras vad gäller risk för spridning av zoonoser då underlaget för bedömning är bristfälligt, dvs för få prov har kunnat samlas in för analys. De parasitologiska fynd som ändå gjorts kan hänföras till djurens normala parasitbörda.

En ökande förekomst av indikatororganismer och därmed också påverkan av grundvatten registrerades under de två åren, främst vid anläggningen i Kågeröd. Risken för infektion hos människor är beroende på om grundvattnet används som dricksvatten genom enskilda eller kommunala vattentäkter i närområdet.

Behov av kompletteringar

Det insamlade materialet vad gäller träck samt organ från djur och fåglar är idag alltför litet för att kunna dra några säkra slutsatser. Betydligt mer material bör samlas in för att skapa ett säkrare underlag för bedömning om ökade risker för djur/fåglar att infekteras, alternativt sprida vidare något agens från den här miljön.

Fler studier vad gäller riskerna för grundvattenpåverkan bör initieras. Fler fältförsök bör genomföras där bakteriofager används som spårorganism för att simulera virus beteende i jordar som bevattnas med avloppsvatten.

8 Referenser

- Adams, M.H. (1959). "Bacteriophages". Interscience publishers, Inc., New York.
- Albihn, A. och Stenström, T.A. (1998). "Systemanalys VA – Hygienstudie". VA-forsk rapport 16. ISSN 1102-5638. ISBN 91-89182.
- Amahmid, O., Asmama, S. och Bouhoum, K. (1999). "The effect of wastewater reuse in irrigation on the contamination level of food crops by *Giardia* cysts and *Ascaris* eggs". *International Journal of food microbiology*, 49:19-26.
- Andersson, Y. och Stenström, T.A. (1987). "Waterborne outbreaks in Sweden – causes and etiology". *Wat. Sci. Tech*, 19:575-580.
- Angelakis, A.N., Marecos do Monte, M.H.F., Bontoux, L. och Asano. T. (1999). "The status of wastewater reuse practice in the mediterranean basin: need for guidelines". *Wat. Res*, 33(10):2201-2217.
- Arnesson, S-I. (1998). Personligt meddelande. Skånska Lantmännen Energi AB, Vinslöv.
- Ayres, R.M., Stott, R., Lee, D.L., Mara, D.D. och Silva, S.A. (1992). "Contamination of lettuces with nematode eggs by spray irrigation with treated and untreated wastewater". *Water Science and Technology*, 26(7-8):1615-1623.
- Bausum, H.T., Schaub, S.A., Kenyon, K.F. och Small, M.J. (1982). "Comparison of coliphage and bacterial aerosols at a wastewater spray irrigation site". *Appl Environ Microbiol.* 42(1):28-38.
- Brandi, G., Sisti, M. och Amagliani, G. (2000). "Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems". *Journal of Applied Microbiology*, 88:845-852.
- Bukhari, Z., Smith, H.V., Sykes, N., Humphreys, S.W., Paton, C.A., Girdwood, R.W.A. och Fricker, C.R. (1997). "Occurrence of *Cryptosporidium* spp oocysts and *Giardia* spp cysts in sewage influents and effluents from treatment plants in England". *Wat. Sci. Tech*, 35(11-12):385-390.
- Carlander, A., Aronsson, P., Allestam, G., Stenström, T.A. och Perttu, K. (2000). "Transport and retention of bacteriophages in two types of willow-cropped lysimeters". *J. Environ. Sci. Health*, A35(8): 1477-1492.
- Chauret, C., Springthorpe, S., Sattar, S. (1999). "Fate of *Cryptosporidium* oocysts, *Giardia* cysts and microbial indicators during wastewater treatment and anaerobic sludge digestion". *Can J Microbiol*, 45:257-262.
- Cifuentes, E. (1998). "The epidemiology of enteric infections in agricultural communities exposed to wastewater irrigation: perspectives for risk control". *International Journal of Environmental Health Research*, 8:203-213.

- Farthing, M.J.G. (1993). "Diarroetal disease: current concepts and future challenges, pathogenesis of giardiasis". *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 87:17-21.
- Foster, S.S.D. (2000). "Assessing and controlling the impacts of agriculture on groundwater – from barley barons to beef bans". *Quarterly journal of engineering geology and hydrology*, 33:263-280.
- Gotlands kommun (1996). "Bevattning med avloppsvatten enligt gotlands-modellen - Utvärdering". Gatukontoret, Gotlands kommun.
- Hasselgren, K. (1998). "Use of municipal waste products in energy forestry – highlights from 15 years of experience". *Biomass & Bioenergy*, 15(1):71-74.
- Hasselgren, K. (1999a). "Bevattning av energiskog med biologiskt behandlat avloppsvatten". VA-FORSK Rapport 1999-05. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, Stockholm.
- Hasselgren, K. (1999b). "Utilization of sewage sludge in short-rotation energy forestry – a pilot study". *Waste Management & Research*, 17:251-262.
- Holler, C. (1988a). "Quantitative and qualitative studies of *Campylobacter* in the sewage of a large city". *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg.* 185(4-5):307-25.
- Holler, C. (1988b). "Quantitative and qualitative studies of *Campylobacter* in a sewage treatment plant". *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol.* 185(4-5):326-39.
- Jonsson, H. (1997). "Ramprogram Energiskog 1992-1995". Slutrapport från samordningsprojekt mellan NUTEK, Stiftelsen Lantbruksforskning och Vattenfall Utveckling AB. Stockholm 1997.
- Lilleengen, K. (1948). "Typing of *Salmonella Typhimurium* by means of bacteriophage". The bacteriological hygienical department of the royal veterinary college. Royal veterinary College, Stockholm.
- Lindroth, A. och Halldin, S. (1988). "Vattenförbrukning och bevattningsbehov vid energiskogsodling i Götaland och Svealand". *Vatten*, 44(1):44-53.
- Morris, B.L. och Foster, S.S.D. (2000). "Cryptosporidium contamination hazard assessment and risk management for British groundwater sources". *Water Science and Technology*, 41(7):67-77.
- NV (1997). "Det framtida jordbruket" Slutrapport från systemstudien om ett miljöanpassat och uthålligt jordbruk. Rapport 4755. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Ottoson, J. (1998). "Giardia and Cryptosporidium in Swedish sewage treatment plants. A report including occurrence in raw water, risk assessment analysis and validation of methods". Master Thesis. Swedish Institute for Infectious Disease Control.
- Palmgren, H., Sellin, M., Bergström, S. och Olsen, B. (1997). "Enteropathogenic Bacteria in Migrating Birds Arriving in Sweden". *Scand J Infect Dis*, 29:565-568.

- Reed, S.C. och Crites, R.W. (1984). "Handbook of land treatment systems for industrial and municipal wastes". Noyes Publications, New Jersey, USA.
- Rose, J.B. (1997). "Environmental ecology of *Cryptosporidium* and public health implications". *Annu Rev Public Health*, 18:135-161.
- Schwartzbrod, L. (1995). "Effect of human viruses on public health associated with the use of wastewater and sewage sludge in agriculture and aquaculture". World Health Organization, Geneva.
- Shuval, H.I., Adin, A., Fattal, B., Rawitz, E. och Yekutieli, P. (1986). "Wastewater irrigation in developing countries – health effects and technical solutions". Integrated Resource recovery. UNDP Project Management Report Number 6.
- Shuval, H.I. (1991). "Effects of wastewater irrigation of pastures on the health of farm animals and humans". *Rev.Sci Tech*, 10(3):847-866.
- Stenström, T.A. (1986). "Kommunalt avloppsvatten från hygienisk synpunkt. Mikrobiologiska undersökningar". Naturvårdsverket. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen. SNV PM 1956.
- Stenström, T.A. (1996). "Sjukdomsframkallande mikroorganismer i avloppssystem. Riskvärdering av traditionella och alternativa avloppslösningar". Naturvårdsverket rapport 4683. ISSN 0282-7298. ISBN 91-620-4683-7.
- Stenström, T.A., Boisen, F., Georgsson, F., Lahti, K., Lund, V., Andersson, Y. och Ormerod, K. (1994). "Vattenburna infektioner i Norden. Epidemiologiskt uppföljningsarbete och hälsoproblem relaterade till förekomst av mikroorganismer i vatten". TemaNord 1994:585. Nordiska Ministerrådet. ISBN 92 9120 511 7. ISSN 0908-6692.
- Stenström, T.A. och Carlander, A. (1999). "Mikrobiella risker för smittspridning och sjukdomsfall". Naturvårdsverket rapport 5039. ISBN 91-620-5039-7. ISSN 0282-7298.
- Stenström, T.A. och Hoffner, S. (1981). "Reduktion av tarmbakterier, virus och parasiter i avloppsreningsverk – en litteratursammanställning". Naturvårdsverket. Svenska vatten – och avloppsverksföreningen. SNV PM 1533.
- SVA (2001). "Zoonoses in Sweden – up to and including 1999". Statens Veterinärmedicinska Anstalt, Uppsala..
- US EPA (1981). "Process design manual: Land treatment of municipal wastewater". US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. EPA 625/1-81-013.
- Ward, R.L., Bernstein, D.I. Young, E.C., Sherwood, J.R., Knowlton, D.R and Schiff G.M. (1986). "Human rotavirus studies in volunteers: determination of infectious dose and serological response to infection". *J. Infectious Diseases* 154(5): 871-880.
- WEF (1990). "Natural systems for wastewater treatment". Manual of Practice FD-16. Water Environmental Federation, USA. ISBN 0-9432-44-31-5.

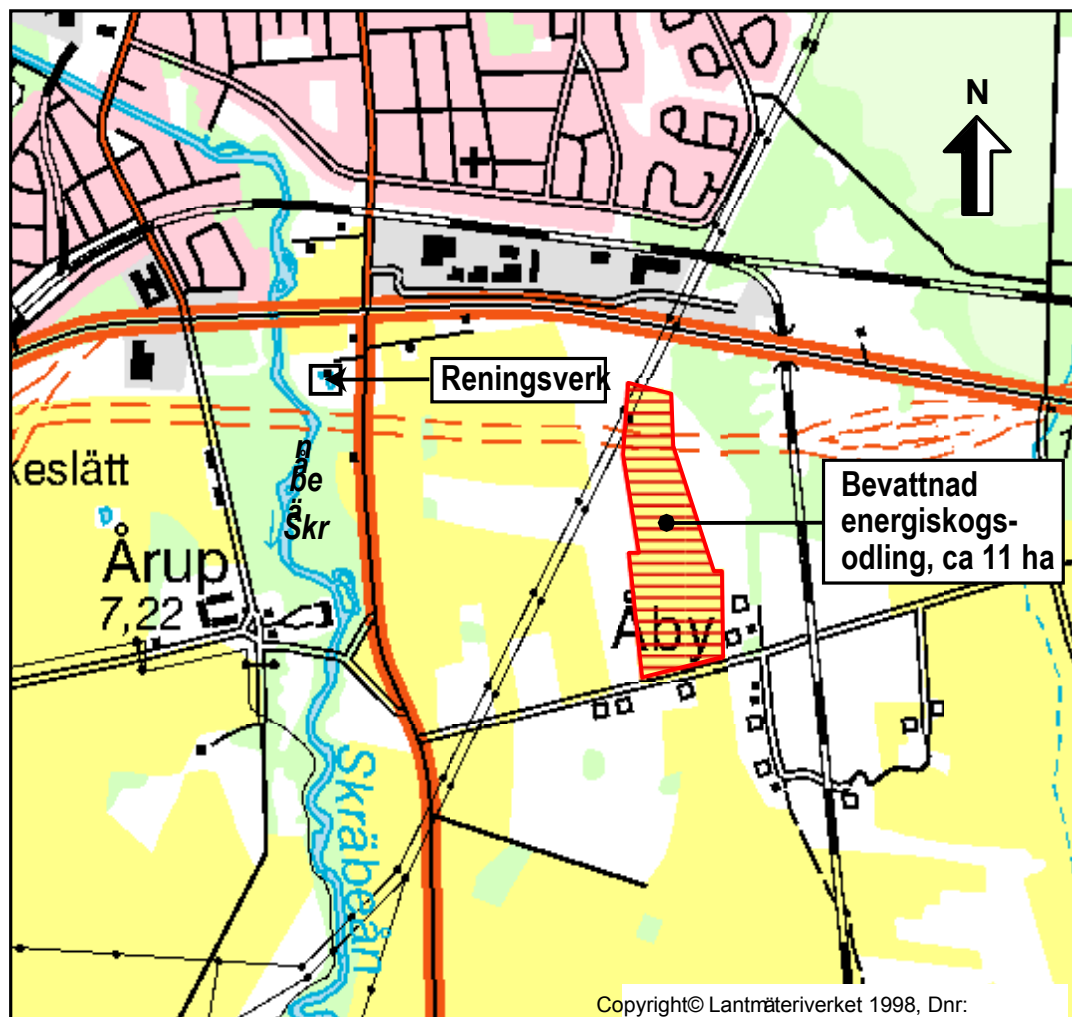
Wittgren H.B. och K. Hasselgren. (1992). "Naturliga system för avloppsrening och resursutnyttjande i tempererat klimat". VA-forsk Rapport 1992-15. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, Stockholm. ISSN 1102-5368. ISBN 91-88392-28-7.

Förkortningar

ATCC	American Type Culture Collection
ARV	Avloppsreningsverk
Cfu	colony forming unit
NA	Nutrient Agar
NB	Nutrient Broth
Pfu	plaque forming unit
SMI	Smittskyddsinstitutet
SPV	Spädningsvätska
SVA	Statens veterinärmedicinska anstalt

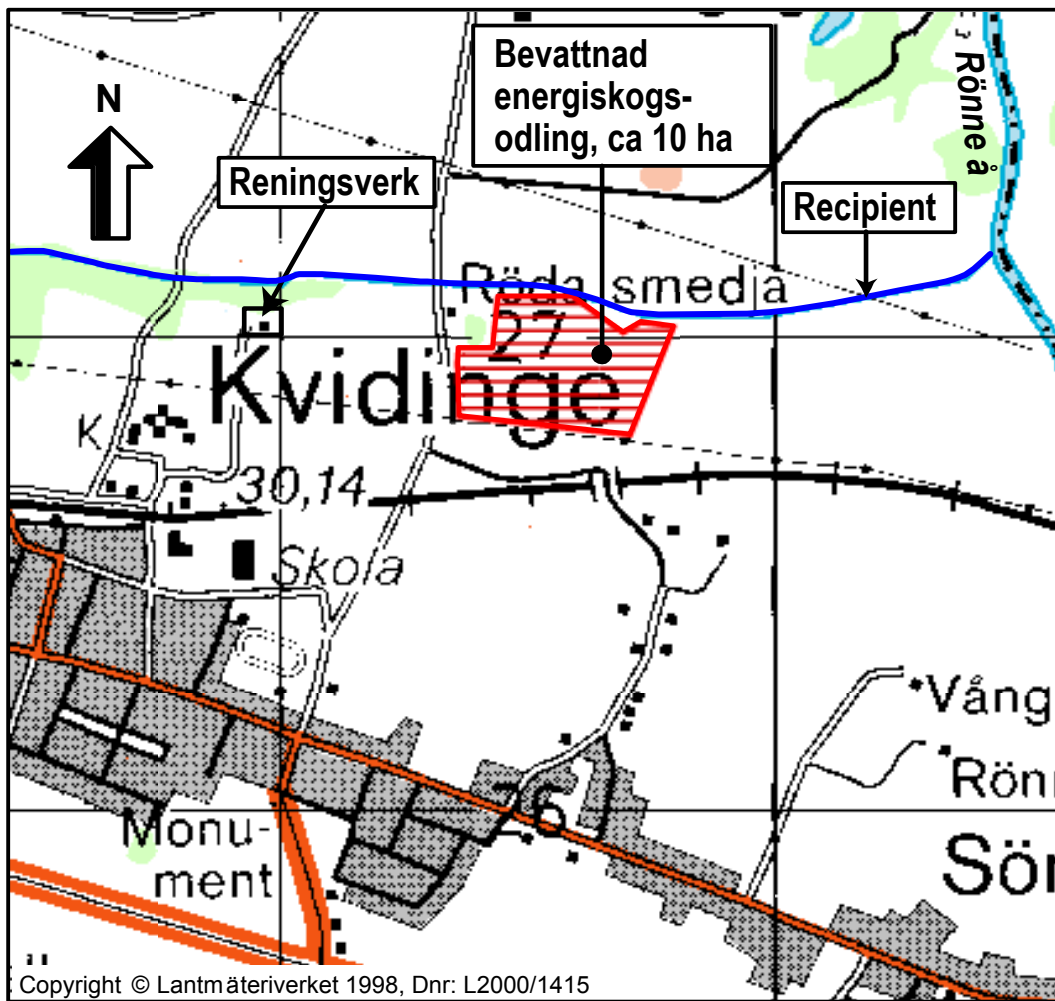
Appendix 1

Karta över anläggning med avloppsbevattning av Salixodling i Bromölla



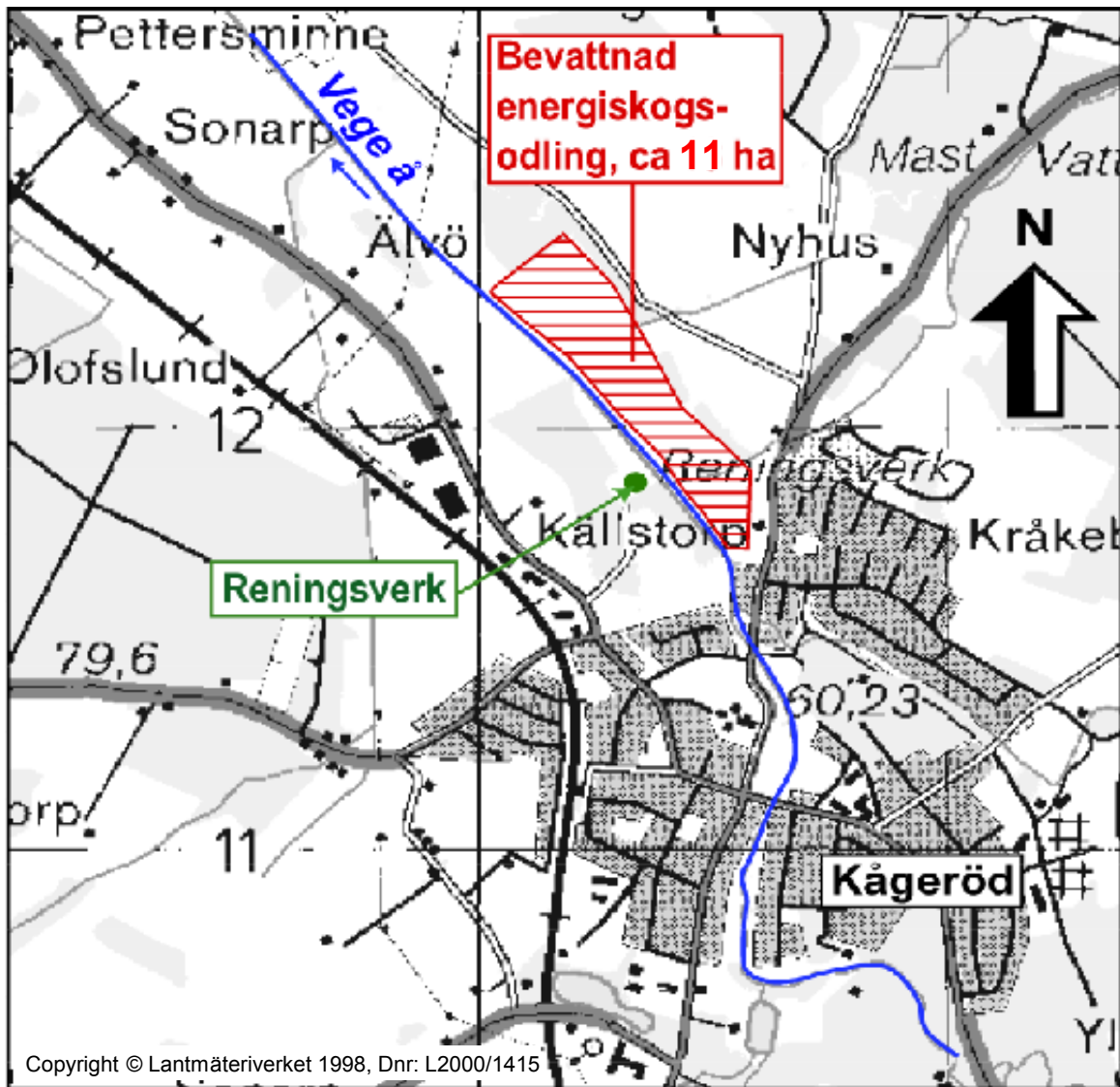
Appendix 2

Karta över anläggning med avloppsbevattning av Salixodling i Kvidinge



Appendix 3

Karta över anläggning med avloppsbevattning av Salixodling i Kågeröd



Appendix 4

Bromölla 1999

Tabell 1. Bromölla reningsverk, provtagning 990421. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket samt grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes.

ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)	Temp(°C) pH
In ARV	1X10 ⁵	2X10 ⁴	2X10 ⁴	5,1X10 ³	6X10 ³	1,8X10 ³	Ej påvisat (10ml)	Ej påvisat (10ml)	340 (20/L)	460 (20/L)	
Ut ARV	1,9X10 ³	3X10 ²	3X10 ²	75	14	2,5X10 ²	Ej påvisat (350ml)	Ej påvisat (110ml)	5 (0,4/L)	17,5 (0,4/L)	
Reduktion (%)	98,1	98,5	98,5	98,5	99,8	85,9			98,5	96,2	
GRV, poolat	<10	<10	<10	<10	0,5	<0,1	Ej påvisat (250ml)	Ej påvisat (10ml)	0,4 (0,4/L)	0,8 (0,4/L)	6/7,0

Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes

Tabell 2. Bromölla reningsverk, provtagning 990629. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket samt grundvatten. anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes.

ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)	Temp(°C) pH
In ARV	4X10 ⁵	1,1X10 ⁵	1X10 ⁵	1,1X10 ⁴	1X10 ³	6,5X10 ³	Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (110ml)	580 (10/L)	110 (10/L)	16/7,4
Ut ARV	8,5X10 ²	2X10 ²	2X10 ²	10	37	7,5X10 ²	Ej påvisat (100ml)	Ej påvisat (110ml)	<2 (2/L)	<2 (2/L)	12/7,9
Reduktion (%)	99,8	99,8	99,8	99,9	96,4	88,4			>99,7	>98,2	

GRV, poolat	<10X	<10	<10	<10	<1	<5	Ej påvisat (100ml)	Ej påvisat (100ml)	<5 (5/L)	<5 (5/L)	10,5/7,1
--------------------	------	-----	-----	-----	----	----	--------------------	--------------------	----------	----------	----------

Tabell 3. Bromölla reningsverk, provtagning 991103. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket samt grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parentes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parentes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)	Temp(°C) pH
In ARV	1,2X10 ⁵	6,4X10 ⁴	6,4X10 ⁴	5,7X10 ³	1,6X10 ³	5,7X10 ³	Pos (1A, 100A)	Ej påvisat (110ml)	6/L	<6/L	12,8/7,6
Ut ARV	7,9X10 ²	2,4X10 ²	2,4X10 ²	10	16	1,7X10 ²	Pos (1A, 100A)	Ej påvisat (110ml)	<0,5/L	<0,5/L	9/7,8
Reduktion (%)	99,3	99,6	99,6	99,8	99,0	96,7			>91,7		
GRV, poolat	15	<1	<1	<1*	2	<0,1	Ej påvisat (100ml)	Ej påvisat (110ml)	<0,5/L	<0,5/L	11,5/7,3

* Kolonier påvisade vid analys, negativa vid verifiering.

Bromölla 2000

Tabell 4. Bromölla. 2000-05-09. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket samt grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parentes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parentes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)	Temp(°C) pH
In ARV	1,8X10 ⁵	1X10 ⁵	9,2X10 ⁴	7X10 ³	1,9X10 ³	5,4X10 ³	Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (10ml)	20/L (5/L)	20/L (5/L)	8/7,4
Ut ARV	2,8X10 ²	55	55	10	17	3,8X10 ³	Ej påvisat (10ml)	Ej påvisat (20ml)	<0,5 (0,5/L)	1/L (0,5/L)	10/7,7
Reduktion (%)	99,8	99,95	99,9	99,9	99,1	29			>97,5	95	
GRV, rör 1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	5	<0,1					11/6,9
GRV, rör 12	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1					10/7,0
GRV, rör 13	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					11/6,8
GRV, rör 14	0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					12/7,3
GRV, poolat							Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (220ml)	<0,5/L (0,5/L)	<0,5/L (0,5/L)	

Tabell 5. Bromölla. 2000-07-12. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket samt grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)	Temp(°C) pH
In ARV	2X10 ⁵	3,9X10 ⁴	3,2X10 ⁴	4,4X10 ³	6,7X10 ²	67	Positiv, 1 ml	Ej påvisat (110ml)	5/L (5/L)	5/L (5/L)	10/7,2
Ut ARV	8,4X10 ²	1,8X10 ²	1,8X10 ²	10	5	10	Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (110ml)	<0,5/L (0,5/L)	<0,5/L (0,5/L)	12/7,5
Reduktion (%)	99,6	99,5	99,4	99,8	99,3	85			>90	>90	
GRV, rör 1	3,4X10 ³	0,4	0,1	<0,1	<0,1	<0,1					12,5/7,1
GRV, rör 12	6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					13/7,2
GRV, rör 13	38	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					13,5/7
GRV, rör 14	2	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					13,5/7,4
GRV, poolat							Positiv 250 ml,	Ej påvisat (260ml)	<0,5/L (0,5/L)	<0,5/L (0,5/L)	

Inkommande avloppsvatten till reningsverket, *Salmonella Fresno* påvisades. I grundvattnet detekterades *Salmonella Typhimurium* fagtyp NST.

Tabell 6. Bromölla 2000-08-02. Grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	Temp(°C) pH
GRV, rör1	6,2X10 ²	0,1	0,1	<1*	16	Ej påvisat (350ml)	Ej påvisat (220ml)	13/6,9
GRV, rör 12	1	<0,1	<0,1	<0,1	1,8	Ej påvisat (350ml)	Ej påvisat (220ml)	13/7,0
GRV, rör 13	5	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	Ej påvisat (350ml)	Ej påvisat (220ml)	12/6,8
GRV, rör 14	8	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	Ej påvisat (350ml)	Ej påvisat (220ml)	13/7,2

Appendix 5

Kvidinge 1999

Tabell 7. Kvidinge reningsverk, provtagning 990415. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket (biologiskt och kemiskt renat) samt grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)
In ARV	1,6X10 ⁵	2,3X10 ⁴	2,3X10 ⁴	6,1X10 ⁴	4,4X10 ²	40	Ej påvisat (10ml)	Ej påvisat (10ml)	1760 (40/L)	360 (40/L)
Ut ARV	3,3X10 ³	10	10	<10 ²	5	<5	Ej påvisat (350ml)	Ej påvisat (100ml)	<0,2 (0,2/L)	0,2 (0,2/L)
Reduktion (%)	97,9	99,96	99,96	>99,8	98,9	>87,5			>99,99	99,9
GRV, poolat	2,1X10 ²	<10	<10	<10	4	<0,1	Ej påvisat (100ml)	Ej påvisat (100ml)	0,8 (0,8/L)	0,8 (0,8/L)

Tabell 8. Kvidinge reningsverk, provtagning 990622. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket samt grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)
In ARV	2,1X10 ⁵	3,3X10 ⁴	3,3X10 ⁴	9,3X10 ³	4,4X10 ²	3,3X10 ³	Ej påvisat (10ml)	Ej påvisat (110ml)	500 (10/L)	40 (10/L)
Ut ARV	2,3X10 ³	2,4X10 ²	2,4X10 ²	1X10 ²	45	60	Ej påvisat (200ml)	Ej påvisat (110ml)	<4 (4/L)	<4 (4/L)
Reduktion (%)	98,9	99,2	99,2	98,9	89,8	98,2			>99,2	>90
GRV, poolat	2,5X10 ²	<10	<10	<10	<1	<0,1	Ej påvisat (100ml)	Ej påvisat (100ml)	<7 (7/L)	<7 (7/L)

Tabell 9. Kvidinge reningsverk, provtagning 991103. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket samt grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parentes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parentes.

ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)
In ARV	1,7X10 ⁵	7,5X10 ⁴	7,5X10 ⁴	1,1X10 ⁴	7X10 ²	3,6X10 ⁴	Ej påvisat (100ml)	Ej påvisat (110ml)	<4/L (4/L)	<4/L (4/L)
Ut ARV	2,1X10 ⁴	6,6X10 ³	6,6X10 ³	1,6X10 ³	1,2X10 ²	7,1X10 ²	Ej påvisat (100ml)	Ej påvisat (100ml)	<1/L (1/L)	<1/L (1/L)
Reduktion (%)	87,3	91,1	91,1	85,2	82,4	98,1				
GRV, poolat	22	1	0,5	<1*	0,5	<0,1	Ej påvisat (100ml)	Ej påvisat (100ml)	<1/L (1/L)	<1/L (1/L)

Kvidinge 2000

Tabell 10. Kvidinge reningsverk, provtagning 000626. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående renat avloppsvatten samt grundvatten. Halten indikatororganismer anges som cfu/ml för bakterierna samt pfu/ml för kolifagera. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salm.</i>	<i>Camp.</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)	Temp(°C) pH	Nivå
In ARV	2,4X10 ⁵	3X10 ⁴	3X10 ⁴	4,2X10 ³	6,1X10 ²	1,6X10 ³	Ej påvisat (10ml)	Ej påvisat (110 ml)	6/L (6/L)	<6/L (6/L)	15/7,3	
Ut ARV	2,7X10 ³	6,2X10 ²	6,2X10 ²	3,3X10 ²	42	45	Ej påvisat (10ml)	Ej påvisat (110ml)	<1/L (1/L)	<1/L (1/L)	9/7,3	
Reduktion (%)	98,7	97,9	97,9	92,3	93,1	97,1			>83,3			
GRV, rör 2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1*	56	0,05					13/7,1	1620
GRV, rör 3	4,7X10 ²	<0,1	<0,1	71	1,7	<0,1					12/7,2	2600
GRV, rör 7	7	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1					11/7	4450
GRV, rör 8	1,1X10 ³	0,3	0,3	0,5	0,05	<0,1					13/7	1340
GRV, poolat							Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (120ml)	<0,5/L (0,5/L)	<0,5/L (0,5/L)		

Tabell 11. Kvidinge. 2000-07-18. Inkommande avloppsvatten, utgående avloppsvatten från reningsverket samt grundvatten. Halten indikatororganismer anges som cfu/ml för bakterierna samt pfu/ml för kolifagerna. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salm.</i>	<i>Camp.</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)	Temp(°C) pH	Nivå
In ARV	3,6X10 ⁵	7X10 ⁴	5,6X10 ⁴	4,6X10 ³	5,1X10 ²	2,8X10 ³	Pos 10 ml	Ej påvisat (10ml)	84/L (6/L)	84/L (6/L)	18,3/7,5	
Ut ARV	9,8X10 ³	8X10 ²	8X10 ²	10	25	1,7X10 ²	Pos 100 ml	Ej påvisat (110ml)	0,3/L (0,3/L)	0,3/L (0,3/L)	7,2/7,9	
Reduktion (%)	97,3	98,8	98,6	99,8	95,2	94			99,6	98,8		
GRV, rör 2	1,6X10 ²	5X10 ²	5X10 ²	<0,1*	2,1X10 ²	<0,1					12,4/7,2	1067
GRV, rör 3	5,3X10 ²	10	10	4,7	11	<0,1					10,9/7,4	2051
GRV, rör 7	4,6X10 ⁴	1,1	1,1	<0,1*	1	<0,1					10,2/7,4	3086
GRV, rör 8	40	0,2	0,2	<0,1*	3	<0,1					12,1/7,2	1045
GRV, poolat							Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (110ml)	<0,5/L (0,5/L)	<0,5/L (0,5/L)		

I det inkommande avloppsvattnet till reningsverket samt det utgående avloppsvattnet till bevattning påvisades *Salmonella Enteritidis* (fagtyp 4).

Tabell 12. Kvidinge. 2000-09-21. Inkommande avloppsvatten, utgående avloppsvatten från reningsverket samt grundvatten. Halten indikatororganismer anges som cfu/ml för bakterierna samt pfu/ml för kolifagerna. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salm.</i>	<i>Camp.</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)	Temp(°C) pH	Nivå
In ARV	1,5X10 ⁵	3,8X10 ⁴	3,8X10 ⁴	5,9X10 ³	3,7X10 ²	3,6X10 ³	Pos 1 ml	Ej påvisat (110FA)	868/L (4/L)	32/L (4/L)	13/7,4	
Ut ARV	1,2X10 ³	1,3X10 ²	1,3X10 ²	23	23	83	Ej påvisat (360ml)	Ej påvisat (110ml)	1/L (1/L)	1/L (1/L)	15/7,4	
Reduktion (%)	99,2	99,7	99,7	99,6	88,5	97,7			99,9	96,9		
GRV, rör 2	20	<1	<1	<0,1	3X10 ²	<0,1					12/7,0	1670
GRV, rör 3	40	5	5	<0,1	9	<0,1					11/6,9	2295
GRV, rör 7	2,2X10 ²	6	6	<0,1	4	<0,1					11/6,9	3600
GRV, rör 8	95	55	55	5	20	<0,1					12/6,9	1260
GRV, poolat							Ej påvisat (360ml)	Ej påvisat (160ml)	<1,5/L (1,5/L)	<1,5/L (1,5/L)		

I det inkommande avloppsvattnet påvisades *Salmonella Java*.

Appendix 6

Kågeröd 1999

Tabell 13. Kågeröd reningsverk, provtagning 990504. Inkommande avloppsvatten, utgående avloppsvatten från reningsverket samt grundvatten. Halten indikatororganismer anges som cfu/ml för bakterierna samt pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Cryptosp.</i> (oocystor)
In ARV	1,9X10 ⁵	5,8X10 ³	4,2X10 ³	2,8X10 ³	88	1,1X10 ³	Ej påvisat. (10ml)	Ej påvisat. (110ml)	27 (1,7/L)	8 (1,7/L)
Ut ARV	7,8X10 ³	60	48	55	23	38	Ej påvisat. (100ml)	Ej påvisat (10ml)	19,8 (0,3/L)	0,3 (0,3/L)
Reduktion (%)	95,8	99	98,9	98	73,9	96,4			27	92
GRV, poolat	50	<10	<10	<10	3	<5	Ej påvisat (350ml)	Ej påvisat (110ml)	<4 (4/L)	<4 (4/L)

Tabell 14. Kågeröd reningsverk, provtagning 990705. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket samt grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parantes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parantes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	Crypto. (oocystor)	Temp (°C) pH
In ARV	9,3X10 ⁴	1,4X10 ⁴	1,4X10 ⁴	9,2X10 ³	2,2X10 ²	5,7X10 ²	Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (350ml)	185 (5/L)	45 (5/L)	pH 7,3
Ut ARV	4,3X10 ²	10	5	5	43	15	Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (110ml)	15 (5/L)	<5 (5/L)	17/8
Reduktion (%)	99,5	99,93	99,96	99,95	80	97,4			96,3	>88,9	
GRV, poolat	2,8X10 ²	5	5	<10	11	1,8	Ej påvisat (100ml)	Ej påvisat (100ml)	<20 (20/L)	<20 (20/L)	13/6,5-6,8

Tabell 15. Kågeröd reningsverk provtagning 991027. Inkommande avloppsvatten till reningsverket, utgående vatten från reningsverket samt grundvatten. Halterna är angivna som cfu/ml för bakterier och pfu/ml för kolifager. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parentes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parentes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	Crypto. (oocystor)	Temp(°C) pH
In ARV	3,3X10 ⁵	2,9X10 ⁴	2,9X10 ⁴	3,8X10 ⁴	6,6X10 ²	1,9X10 ⁴	Pos (1A, 10A, 25A)	Ej påvisat (35ml)	<6/L	<6/L	5/7,3
Ut ARV	1,8X10 ³	1,3X10 ²	1,3X10 ²	2,8X10 ²	1,8X10 ²	2,7X10 ²	Pos (1A, 10A, 25A)	Ej påvisat (35ml)	6/L	<6/L	12/7,8
Reduktion (%)	99,5	99,6	99,6	99,3	72,9	98,6					
GRV, poolat	4X10 ²	39	39	36	150	18	Ej påvisat (35ml)	Ej påvisat (35ml)	<6/L	<6/L	11/7,3

Kågeröd 2000

Tabell 16. Kågeröd 2000-05-29. Inkommande avloppsvatten, renat avloppsvatten samt grundvatten. Bakterierna är angivna som cfu/ml samt kolifagerna som pfu/ml. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parentes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parentes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salm.</i>	<i>Camp.</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	Crypt. (oocystor)	Temp(°C) pH
In ARV	3,7X10 ⁵	4,5X10 ⁴	4,5X10 ⁴	1,9X10 ⁴	1,4X10 ³	2,9X10 ²	Pos 1 ml A	Ej påvisat (10ml)	22/L (DAPI+ 2/L) (2/L)	12/L (2/L)	14,5/7,4
Ut ARV	4X10 ²	95	95	85	1,2X10 ²	40	Ej påvisat (120ml)	Ej påvisat (110ml)	16/L (8 DAPI+) (4/L)	8/L (4 DAPI+) (4/L)	13/7,7
Reduktion (%)	99,89	99,8	99,8	99,5	91,3	86,2			27,3	33,3	
GRV, rör 1		0,2	0,1								10,8/7,8
GRV, rör 2	90	0,3	0,3		7,5	0,1					10,8/6,9
GRV, rör 3	3X10 ²	8	8	1,5	11	0,5					11,5/6,8
GRV, rör 4	1,7X10 ²	15	15	5,6	10,5	2,7					11,3/6,9
GRV, poolat							Ej påvisat (220ml)	Ej påvisat (20ml)	<2/L (2/L)	<2/L (2/L)	

I det inkommande avloppsvattnet påvisas *Salmonella* Ferruch.

Tabell 17. Kågeröd reningsverk, provtagning 2000-07-18. Inkommande avloppsvatten, renat avloppsvatten samt grundvatten. Bakterierna är angivna som cfu/ml samt kolifagerna som pfu/ml. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parentes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parentes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	Crypt. (oocystor)	Temp(°C) pH
In ARV	1,3X10 ⁵	2,3X10 ⁴	2,3X10 ⁴	5,5X10 ³	5,2X10 ²	1,6X10 ³	Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (10ml)	9/L (3/L)	3/L (3/L)	9/7,8
Ut ARV	1,5X10 ²	25	13	1,6X10 ²	53	48	Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (110ml)	<2,5/L (2,5/L)	7,5/L (2,5/L)	17/7,9
Reduktion (%)	99,9	99,9	99,9	97,1	89,8	96,9			>72,2	+150	
GRV, rör 1	<0,1X	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1					13/7,5
GRV, rör 2	9,7X10 ²	<5	<1*	<1*	29	0,2					14/6,8
GRV, rör 3	>1,8X10 ³	<5	5	4	2	23,4					13/7,2
GRV, rör 4	1,2X10 ²	10	10	40	58	13,2					14/7,0
GRV, poolat							Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (100ml)	<7/L (7/L)	<7/L (7/L)	

* Kolonier påvisade vid analys, negativa vid verifiering.

Tabell 18. Kågeröd 2000-09-12. Inkommande avloppsvatten, renat avloppsvatten samt grundvatten. Bakterier är angivna som cfu/ml samt kolifager som pfu/ml. För *Giardia* och *Cryptosporidium* är koncentrationerna givna per liter, inom parentes anges detektionsgräns för det analyserade provet. För *Salmonella* och *Campylobacter* anges total analyserad mängd prov inom parentes. ARV=Avloppsreningsverk. GRV= grundvatten.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	Crypt. (oocystor)
In ARV	8,9X10 ⁵	3,1X10 ⁵	2,9X10 ⁵	5,3X10 ⁴	4,2X10 ²	2,9X10 ³	Pos 1 ml	Ej påvisat (50ml)	3/L (3/L)	6/L (3/L)
Ut ARV	3,3X10 ²	70	70	5	39	18	Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (60ml)	2/L (2/L)	<2/L (2/L)
Reduktion (%)	99,96	99,98	99,98	99,99	90,7	99,4			33,3	>66,67
GRV, rör 1	90	0,7	0,7	0,3	1	0,5				
GRV, rör 2	4,7X10 ²	0,4	0,4	7,2	3	0,1				
GRV, rör 3	2,4X10 ²	36	32	10	28	9,9				
GRV, rör 4	83	46	46	40	16	11				
GRV, poolat							Ej påvisat (110ml)	Ej påvisat (60ml)	<6/L (6/L)	<6/L (6/L)

Appendix 7

Träck

Tabell 19. Kvidinge energiskogsodling, träck insamlat 990413 and 990428. Före bevattningen startade. Halten indikatororganismer är angiven som cfu/g för respektive bakterie samt pfu/g för kolifager.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	Crypt. (oocystor)
Träck	2X10 ⁵	7X10 ³	7X10 ³	5X10 ³	2X10 ²	<50	Ej påvisat (1gA)	Ej påvisat (1gA)		
Träck	3X10 ⁵	3X10 ⁴	3X10 ⁴	2X10 ³	-	<50	Ej påvisat (1gA)	Ej påvisat (1gA)		
Dovhjort	2X10 ⁷	2X10 ⁷	2X10 ⁷	5X10 ⁶	2X10 ²	<50	Ej påvisat (1ml A)	Ej påvisat (1ml A)	0	0
Dovhjort	2X10 ⁶	5X10 ⁵	5X10 ⁵	>3X10 ⁶ *	90	<50	Ej påvisat (1ml A)	Ej påvisat (1ml A)	8	0
Dovhjort	9X10 ⁵	4X10 ⁵	4X10 ⁵	>3X10 ⁶ *	2X10 ²	<50	Ej påvisat (1ml A)	Ej påvisat (1ml A)	5	0

*Fekala streptokocker ej verifierade med Eskulinagar samt Katalas.

Tabell 20. Kvidinge. Träck 990913. Efter bevattning. Halten indikatororganismer är angiven som cfu/g för respektive bakterie samt pfu/g för kolifager. Presumtiva *E.coli* ej verifierade. *Giardia* samt *Cryptosporidium* anges som cystor respektive oocystor/L.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	Crypt. (oocystor)
Kanin	2X10 ⁵	2X10 ⁵	2X10 ⁴	25	1X10 ⁵	Ej påvisat (0,5gA)	Ej påvisat (0,5g A)	0	0
Mink	>10 ⁸	5X10 ⁹	3X10 ⁸	>10 ⁴	1X10 ⁶	Ej påvisat (0,5gA)	Ej påvisat (0,5g A)	0	0
Rådjur	>10 ⁸	2X10 ⁹	9X10 ⁴	10	2X10 ⁶	Ej påvisat (1gA)	Ej påvisat (1g A)	1	0
Rådjur	>10 ⁸	3X10 ⁹	7X10 ⁴	20	<50	Ej påvisat (1gA)	Ej påvisat (1g A)	0	0
Rådjur	>10 ⁸	2X10 ⁹	1X10 ⁵	1X10 ³	6X10 ⁴	Ej påvisat (1gA)	Ej påvisat. (1g A)	0	0
Räv	>10 ⁸	6X10 ⁷	2X10 ⁴	10	<50	Ej påvisat (1gA)	N.D. (1g A)	0	0
Dovhjort	>10 ⁸	1X10 ⁹	7X10 ⁴	2X10 ²	<50	Ej påvisat (1gA)	N.D. (1g A)	0	0
Rådjur	2X10 ⁷	1X10 ⁷	3X10 ⁵	70	2X10 ⁵	Ej påvisat (1gA)	N.D. (1g A)	0	0
Rådjur	>10 ⁸	5X10 ⁹	2X10 ⁵	1X10 ³	8X10 ⁵	Ej påvisat (0,5gA)	N.D. (0,5g A)	0	0
Dovhjort	>10 ⁸	2X10 ⁸	3X10 ³	5	1X10 ⁴	Ej påvisat (1g A)	2-3 pres col	0	0
Rådjur	>10 ⁸	3X10 ⁸	4X10 ⁴	45	8X10 ³	Ej påvisat (1g A)	Ej påvisat (1g A)	0	0
Rådjur	>10 ⁸	9X10 ⁸		80	5X10 ⁵	Ej påvisat (1g A)	Ej påvisat (1g A)	1	0
Hare	2X10 ⁸	1X10 ⁸	3X10 ⁶	20	4X10 ⁶	Ej påvisat (1g A)	Ej påvisat (1g A)	0	0
Fasan	>10 ⁸	1X10 ⁹	2X10 ⁹	>10 ⁴	1X10 ⁶	Ej påvisat (1g A)	Ej påvisat (1g A)	0	0

Tabell 21. Träck. Kvidinge. 2000-09-26. Halterna är angivna som cfu/g för bakterier och pfu/ml för kolifager. *Giardia* och *Cryptosporidium* anges som cystor respektive oocystor per gram.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cystor)	<i>Crypt.</i> (oocystor)
Grävling	4X10 ⁸	6X10 ⁸	6X10 ⁸	1X10 ⁸	2X10 ⁷	3X10 ⁷	Pos 1g *	Ej påvisat (1g)	8062/g (DAPI+ 2892/g)	62/g
Grävling	5X10 ⁸	1X10 ⁷	1X10 ⁷	2X10 ⁶	1X10 ⁶	<50	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	14/g (2/g)	<2/g (2/g)
Grävling	4X10 ⁸	2X10 ⁸	2X10 ⁸	1X10 ⁸	1X10 ⁷	Värde saknas	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	12/g (2/g)	<2/g (2/g)
Rådjur	4X10 ⁷	9X10 ⁶	9X10 ⁶	6X10 ⁷	4X10 ²	<50	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	<2/g (2/g)	<2/g (2/g)
Rådjur	3X10 ⁵	3X10 ⁵	3X10 ⁵	7X10 ⁶	2X10 ¹	<50	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	<2/g (2/g)	<2/g (2/g)
Rådjur	4X10 ⁴	3X10 ⁴	4X10 ⁶	4X10 ⁶	<10	<50	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	<2/g (2/g)	<2/g (2/g)
Kanin	3X10 ⁶	1X10 ⁴	1X10 ⁴	3X10 ²	1X10 ³	<50	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	<2/g (2/g)	<2/g (2/g)
Hare	2X10 ⁸	2X10 ⁸	2X10 ⁸	5X10 ⁴	40	analys saknas	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	<2/g (2/g)	<2/g (2/g)

**Salmonella Typhimurium* fagtyp 12

Tabell 22. Träck Kvidinge 2000-10-26. Halterna är angivna som cfu/g för bakterier och pfu/ml för kolifager. *Giardia* och *Cryptosporidium* anges som cyster respektive oocyster per gram.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cyster)	Crypto. (oocyster)
Rådjur	9X10 ⁷	8X10 ⁷	8X10 ⁷	1X10 ⁸	1X10 ⁴	-	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	8/g (2/g)	<2/g (2/g)
Rådjur	2X10 ⁸	8X10 ⁷	8X10 ⁷	5X10 ⁵	3X10 ¹	-	Pos 1 g*	Ej påvisat (1g)	4/g (2/g)	4/g (2/g)

**Salmonella Typhimurium* fagtyp NST

Tabell 23. Kågeröd energiskogsodling, träck insamlat 990427, före bevattningsstartade. Halterna är angivna som cfu/g för bakterier och pfu/ml för kolifager. *Giardia* och *Cryptosporidium* anges som cyster respektive oocyster per gram.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cyster)	Crypto. (oocyster)
Rådjur	4X10 ⁸	9X10 ⁷	9X10 ⁷	3X10 ⁶	3X10 ²	<5	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	0 (1g)	0 (1g)
Rådjur	2X10 ⁸	5X10 ⁷	5X10 ⁷	6X10 ⁶	1X10 ²	<5	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	0 (1g)	1 (1g)
Hare	2X10 ³	<100	<100	<100	15	<5	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	0 (1g)	0 (1g)

Tabell 24. Kågeröd, träck insamlat september 2000. Halterna är angivna som cfu/g för bakterier och pfu/ml för kolifager. *Giardia* och *Campylobacter* anges som cyster respektive oocyster per gram.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	<i>Salmonella</i>	<i>Campylobacter</i>	<i>Giardia</i> (cyster)	Crypto. (oocyster)
Rådjur	1X10 ⁸	6X10 ⁷	6X10 ⁷	6X10 ⁷	3X10 ⁴	Värde saknas	Ej påvisat (1g)	Ej påvisat (1g)	<2/g (2/g)	<2/g (2/g)

Appendix 8

Tabell 25. Kvidinge energiskogsodling. Bladverk, insamlat 990712. Halterna är angivna per cfu/g respektive pfu/g våtvikt.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres. <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	TS (%)
5:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	50	<10 ²	<10 ²	<10 ²	7,8X10 ²	<1	23
5:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	1,8X10 ³	<10 ²	<10 ²	3,3X10 ²	1,1X10 ³	<1	28,9
5:3, 1-4m från bevattning, 0-1m från mark	3,7X10 ³	<10 ²	<10 ²	<10 ²	2,7X10 ²	<1	27,4
5:4, 1-4m från bevattning, 1-2 m från mark	2,8X10 ³	<10 ²	<10 ²	<10 ²	30	<1	26,9
4:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	50	<10 ²	<10 ²	10 ²	2,1X10 ³	<1	17,7
4:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	4,5X10 ⁴	<10 ²	<10 ²	<10 ²	7,9X10 ²	<1	22
4:3, 1-4m från bevattning, 0-1m fr mark	3,6X10 ⁴	<10 ²	<10 ²	<10 ² *	1,1X10 ³	<1	20,1
4:4, 1-4m från bevattning, 1-2 m från mark	1X10 ⁵	<10 ²	<10 ²	<10 ² *	1,8X10 ²	<1	22,3

Tabell 26. Kvidinge energiskogsodling. Bladverk, insamlat 991013. Halterna är angivna per cfu/g respektive pfu/g våtvikt.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager
4:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	1,4X10 ³	<10 ²	<10 ²	<10 ²	1,9X10 ²	<2
4:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	1,1X10 ⁴	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10	<1
4:3, 1-4m från bevattning, 0-1m från mark	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	5	<2
4:4, 1-4m från bevattning, 1-2 m från mark	6,7X10 ⁴	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10	<1
11:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	3,5X10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	8,3X10 ²	<2
11:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	8,5X10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	1,7X10 ²	<1
11:3, 1-4m från bevattning, 0-1m från mark	1,4X10 ⁴	<10 ²	<10 ²	<10 ²	1,5X10 ²	<1
11:4, 1-4m från bevattning, 1-2 m från mark	1X10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ² *	8,5X10 ¹	<1

Tabell 27. Kågeröd energiskogsodling. Bladverk insamlat 990713. Halterna är angivna per cfu/g respektive pfu/g våtvikt.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Pres <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager	Torr-vikt (%)
11,25X10m							
4:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	$>10^5$	4×10^2	10^2	$7,1 \times 10^3$	$4,3 \times 10^2$	5	18,7
4:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	$1,7 \times 10^4$	50	50	10^2	10	<1	28,4
4:3, 1-5m från bevattning, 0-1m från mark	$3,1 \times 10^4$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$ *	5	<1	24
4:4, 1-5m från bevattning, 1-2 m från mark	8×10^4	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$ *	<10	<1	29,1
7:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	$>10^5$	$4,6 \times 10^3$	$4,6 \times 10^3$	10^2	55	<1	25
7:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	$3,2 \times 10^4$	$4,2 \times 10^3$	$4,2 \times 10^3$	10^2	50	10^2	29,5
7:3, 1-4m från bevattning, 0-1m från mark	$>10^5$	$3,3 \times 10^4$	$3,3 \times 10^4$	$2,7 \times 10$	65	$6,8 \times 10^2$	27
7:4, 1-4m från bevattning, 1-2 m från mark	$2,2 \times 10^4$	$3,2 \times 10^3$	$3,2 \times 10^3$	$6,4 \times 10^2$	15	<1	28,9
6,75X10m							
5:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	$>10^5$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$ *	15	<0,1	8,9
5:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	$3,5 \times 10^3$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$ *	20	<0,1	27,4
5:3, 1- m från bevattning, 0-1m från mark	$>10^5$	5×10^2	5×10^2	$<10^2$ *	50	<0,1	10,4
5:4, 1- m från bevattning, 1-2 m från mark	$1,9 \times 10^4$	$<10^2$	$<10^2$	$9,2 \times 10^2$	55	<0,1	6,4

Tabell 28. Kågeröd energiskogsodling. Bladverk insamlat 991013. Halterna är angivna per cfu/g respektive pfu/g våtvikt.

Prov	Totala koliformer	Termotol. koliformer	Presumptiva <i>E.coli</i>	Fekala streptokocker	<i>Clostridium perfringens</i>	Kolifager
2:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	6,5X10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	30	<2
2:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	2X10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10	<1
2:3, 1-5m från bevattning, 0-1m från mark	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	15	<1
2:4, 1-5m från bevattning, 1-2 m från mark	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10	<1
7:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	105	<2
7:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	40	<1
7:3, 1-4m från bevattning, 0-1m från mark	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	50	<2
7:4, 1-4m från bevattning, 1-2 m från mark	50	<10 ²	<10 ²	<10 ²	75	<1
3:1, 0-1m från bevattning, 0-1m från mark	3,5X10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	10	<2
3:2, 0-1m från bevattning, 1-2 m från mark	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	5	<1
3:3, 1- m från bevattning, 0-1m från mark	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	10	<2
3:4, 1- m från bevattning, 1-2 m från mark	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10	<1



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08-506 002 00

Fax 08-506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se