

# Ny teknik för biologisk filtrering av avloppsvatten

- En litteraturstudie och uppföljning av testanläggningar.



Rickard Olofsson  
Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi  
Stockholms universitet

## **Institutionens förord**

Rapporten som du håller i din hand är genomförd som ett examensarbete vid institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet. Detta examensarbete ingår som en del i magisterutbildningen miljö- och hälsoskydd, 40 poäng. Omfattningen på detta arbete är 10 poäng (ca 10 veckors heltidsstudier). Handledare vid institutionen har varit universitetsadjunkt Anders Yrgård, institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet och Peter Ridderstolpe vid WRS (Water Revival Systems) Uppsala AB.

Författaren är ansvarig för innehållet i detta examensarbete.

## Innehållsförteckning

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SAMMANFATTNING.....</b>                                                                 | <b>3</b>  |
| <b>FÖRORD .....</b>                                                                        | <b>4</b>  |
| <b>1. INLEDNING.....</b>                                                                   | <b>4</b>  |
| 1.1 BAKGRUND.....                                                                          | 4         |
| 1.2 SYFTE/MÅL .....                                                                        | 6         |
| 1.3 FLATEN .....                                                                           | 6         |
| 1.4 PROBLEMFORMULERING.....                                                                | 6         |
| 1.5 FRÅGESTÄLLNINGAR.....                                                                  | 6         |
| 1.6 METOD OCH AVGRÄNSNING.....                                                             | 7         |
| 1.7 BESKRIVNING AV SYSTEMET .....                                                          | 7         |
| 1.8 FELKÄLLOR.....                                                                         | 8         |
| <b>2. JURIDIK.....</b>                                                                     | <b>8</b>  |
| <b>3. BEGREPPSFÖRKLARINGAR OCH TIDIGARE ERFARENHETER.....</b>                              | <b>10</b> |
| 3.1 EXEMPEL PÅ LIKNANDE PROJEKT OCH STUDIER.....                                           | 15        |
| <i>Mulch Filter and Resorption Trench for Onsite Greywater Managment, .....</i>            | <i>15</i> |
| <i>Report from demo-facility in Kimberly, South Africa.....</i>                            | <i>15</i> |
| <i>The treatment of domestic wastewater using small-scale.....</i>                         | <i>16</i> |
| <i>vermicompost filter beds.....</i>                                                       | <i>16</i> |
| <i>Vermikompostering – försök med okonventionell teknik för rening av avloppsslam.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Erfarenheter av InFiltrera kompaktfilter mellan åren 1993-2004. ....</i>                | <i>19</i> |
| <i>Small-scale purification of waste water .....</i>                                       | <i>20</i> |
| <b>4. FÖRSÖKET I SKARPNÄCK.....</b>                                                        | <b>20</b> |
| 4.1 UPPFÖLJNING OCH RESULTAT .....                                                         | 20        |
| 4.2 INFILTRATIONSTEST .....                                                                | 20        |
| 4.3 FORCERAD BELASTNING.....                                                               | 22        |
| 4.4 FLÖDESPROTOKOLL .....                                                                  | 22        |
| 4.5 VATTENPROVTAGNING.....                                                                 | 24        |
| 4.6 FETTNEDBRYTNINGSTEST .....                                                             | 26        |
| 4.7 MULLFILTER OKULÄRKONTROLL .....                                                        | 27        |
| <b>5. DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....</b>                                                   | <b>29</b> |
| <b>6. FÖRFATTARENS TACK.....</b>                                                           | <b>32</b> |
| <b>7. REFERENSER .....</b>                                                                 | <b>33</b> |
| <b>8. BILAGOR .....</b>                                                                    | <b>35</b> |

## Sammanfattning

Detta exjobb studerar ny teknik för biologisk behandling av BDT-vatten som skulle kunna fungera som ett robust, ekonomiskt fördelaktigt samt lagligt alternativ till centralisering av vatten och avlopp. Tekniken bygger på lokalt omhändertagande av spillvattnet i ett så kallat "mullfilter" med efterföljande resorptionssteg som projekterats och utvecklats av WRS. Trenden idag går i riktning mot att kraven på komfort vid fritidsboende ökar, en form av fritidsboende som denna studie berör är kolonilotter. Som en följd av att de boende önskar höja komforten i sina fritidsboenden skapas också frågor som bland annat handlar om hur VA skall lösas. Att det de facto är indraget vatten i de flesta stugorna samt att avloppsfrågan inte är löst på ett bra sätt skapar i förlängningen en negativ påverkan på miljön vilket i det stora sammanhanget även strider mot miljöbalken och Sveriges miljömål samt lokalt kan skapa olägenhet. Traditionella tekniker som markbäddar eller anslutning till kommunalt VA är inte tänkbara lösningar varken ur ett ekonomiskt eller utrymmeskrävande perspektiv. På koloniområdet Listudden, där denna studie är gjord har tre stycken system byggts och tagits i drift för utvärdering från och med våren 2007. Projektet har upprättats i samarbete med koloniträdgårdsföreningen vid Listudden och Skarpnäcks Stadsdelsförvaltning.

Anläggningarna har följts under sommarsäsongen främst genom okulära kontroller men även genom provtagning. Filtren har belastas med olika belastningsnivåer genom tillförsel av en extra forcering och de boende har fört protokoll över användandet av systemet. Genom detta förfarande har hydraulisk belastningen samt organisk belastning på filtertekniken kunnat fasställas.

Resultaten som redovisas i denna rapport ser mycket lovande ut, filtertekniken har påvisat god avskiljningsförmåga avseende organiskt material samt partiklar. Alla anläggningar har under hela säsongen fungerat helt utan driftstörningar trots att den organiska belastningen i de två system som forcerats varit två respektive tre gånger högre än den dimensionerade maxbelastningen.

## Förord

Att utvärdera nya idéer som utifrån mycket tänk och skissande resulterat i en faktisk produkt är en spännande utmaning. Under utvärderingstiden har jag kommit till insikt till att det är många hinder som måste klaras av innan en produkt kommersiellt kan sjösättas. Det är heller inte självklart att en produkt är lättare att realisera på grund av att den har miljöförbättrande egenskaper. Under de guidningar som gjorts i samarbete med SEI (Stockholm Environment Institute) där jag demonstrerat anläggningarna vid Listuddens koloniområde har personer bland annat från Indien, Ryssland och Afrika deltagit och ett stort intresse för denna teknislösning har kunnat iakttas. Deltagarna, i synnerhet från Afrika var mycket intresserade och ansåg att små enkla system där spillvattnet omhändertas lokalt är en mer realiserbar, viktig teknislösning och ett bra alternativ till centraliserade VA-system. Här i Sverige handlar det mycket om att möta den lagstiftning som är uppsatt samt på ett tillförlitligt sätt genom tillsyn kunna säkerställa att en teknik verkligen fungerar.

## 1. Inledning

Studien ingår som en del i huvudprojektet "Möjligheter att anordna avlopp inom Listuddens koloniområde". Ekonomiska resurser har erhållits av bl.a. Stockholms Läns Landsting, Region och Trafikplanekontoret samt Miljömiljardkansliet. Huvudprojektet påbörjades år 2006 och har initierat moment som bl.a. provtagningar av vattenkvalitet i Flatendiket som korsar koloniområdet samt en enkätundersökning bland de boende i området. Exjobbet ingår som en del i detta huvudprojekt och avser att möta det uppkomna behovet av rening av diskvatten som härrör från kolonistugor. Projektets målgrupp är i första hand koloniföreningar samt enskilda kolonistugor i region Stockholm men kan i förlängningen även vara intressant för andra former av fritidsboenden samt eventuellt utland.

Projektets mål är att påvisa enkla och ur användarsynpunkt robusta tekniska lösningar för BDT-vatten från kolonistugor. En annan viktig del i projektet är att sprida information kring dessa "demoavlopp" lokalt samt internationellt för att påvisa enkla, ekonomiska samt tillförlitliga tekniker kring behandling av gråvatten.

Detta exjobb fokuserar på uppföljning av de avloppslösningar som tar hand om diskavlopp från enskild kolonistuga och genom tolkning av analyser samt genomgång av litteratur skapa en bild av systemets funktion.

### 1.1 Bakgrund

Listuddens kolonistugorområde innehar 316 lotter, på varje lott står en kolonistuga. Flatendiket korsar detta område, och de aktiviteter som sker i området samt genererar ett utsläpp kommer att via Flatendiket rinna ut i Flaten som är recipient för området. Skarpnäcks stadsdelsförvaltning har under våren 2006 i samarbete med Utrednings- och statistikkontoret (USK) utfört en undersökning av dessa kolonistugor med avseende på frågor kring boendevanor, vatten, avlopp, kompostering samt hantering av kemikalier. Svarsfrekvensen på undersökningen var 84%. Av de som besvarade enkätundersökningen hade 80% vatten indraget, vattenanvändningen var främst för diskning och handfat samt i något enstaka fall även för dusch. Av de tillfrågade så ansåg 78% att det är viktigt med vatten indraget i stugan. 80% av stugorna innehar något form av avloppslösning och det vanligaste är att en stenkista används, mer än hälften av de boende har löst avloppsfrågan på detta sätt. En annan vanlig lösning är att man sprider diskvattnet över rabatter och gräsmattor. Undersökningen visar på att det är ett fåtal som är nöjd med dagens avloppslösningar, eller avsaknaden av dessa. De som är missnöjda hävdar att de lösningar som finns i dag, vilket främst är stenkistor inte är

miljövänliga, omoderna samt brister i funktion. Ett flertal har önskemål om ett riktigt avlopp och det finns kommentarer om att en avloppslösning skall vara miljövänlig och inte belasta recipienten Flaten (USK, 2006).

Grundsytet med detta projekt är påvisa bra alternativ för behandling av spillvatten och genom detta minska mängden övergödande ämnen som når Flaten. Stockholms stad har relativt nyligen investerat stora medel för restaurering av sjön från närsalter. Området kring Flaten med tillrinningsområden, ädellövskogsbestånd och våtmarker är klassificerat som ekologiskt särskilt känsligt område, detta gäller även stora delar av Flatens stränder, sjön innefattas av strandskydd. Listuddens koloniområde i Skarpnäck, Stockholm är ett av många liknande områden där ny teknik för biologisk filtrering av avloppsvatten skulle resultera i en förbättring av det gråvatten som idag genereras. Fritidsboendet som tenderar till att bli allt mer permanent samt de ökande kraven på komfort genererar mer eller mindre bra enskilda lösningar för hantering av avloppsvattnet. Detta har resulterat i en ökning av olagliga avlopp, sekundärt skapar detta problem rent juridiskt samt miljömässigt (Anna Richert Stintzing, muntlig, 2007)

En viktig aspekt är tillsyn enligt gällande lagstiftning och miljöförvaltningen är engagerad och följer projektet med intresse för att eventuellt kunna godkänna denna tekniklösning. Peter Ridderstolpe, WRS har utvecklat idéer samt tekniska lösningar i detta projekt samt tidigare i ett liknande projekt i Kimberly, Sydafrika. I Sverige är denna enkla och innovativa tekniklösning hittills obeprövad.

WRS har arbetat fram en möjlig lösning för att hantera det genererade avloppsvattnet i form av ett så kallat "mullfilter". Tekniken bygger på ett lokalt omhändertagande av BDT-vatten och då främst diskvatten med efterföljande resorptionssteg filtret kan liknas med en traditionell slamavskiljare. Tre anläggningar av denna typ har byggts och tagits i drift från våren 2007 för demonstration, samt uppföljning av funktion.

Funktionen på tekniken har ställts mot hårt uppsatta krav, dessa kravkriterier formulerades tidigt i projektet för att bedöma hållbarheten samt ge en utgångspunkt för utformning och dimensioneringen av systemet. Kravkriterierna ställdes upp enligt nedan:

- **Miljösäker.** Det betyder att den ska eliminera lokala störningar såsom lukt, råttor, möss, flugor och mygg. Gödande eller andra miljöstörande ämnen skall så långt som möjligt renas och oskadliggöras i systemet. Risk för försumpning av mark eller annan negativ vattenpåverkan på hus och byggnader skall undvikas.
- **Teknisk tillförlitlig.** Det betyder att den ska vara okänslig för olika belastningsituationer och kräva minimum av tillsyn och underhåll.
- **Attaktiv för boende.** Det betyder att den ska vara billig (ej ekonomiskt orimlig) samt i byggnadssätt, form och utseende väl anpassad till hus och tomt.
- **Enkel att bygga/installera.** Målsättningen är att den boende själv skall kunna bygga och installera.

- **Legaliserbar.** Detta betyder förutom vad som nämns ovan att den är kontrollerbar och tydligt avgränsad från recipient. Haveri i processfunktion skall återkopplas på användaren och fel skall lätt kunna åtgärdas.
- **Uppreppningsbar.** Tekniken skall kunna byggas efter ritning eller köpas i prefabricerade produkter på marknaden. Detta innebär också att viss grad av sekretess kommer krävas under utvecklingsarbetet (Peter Ridderstolpe, muntlig, 2007).

## 1.2 Syfte/mål

Syftet med detta exjobb är att studera och beskriva processtekniken kring testanläggningarna. Att se om processfunktionen fungerar tillfredställande vid olika flöden och belastningar. Resultaten av uppföljningen syftar till att utvärdera om tekniken har kapacitet att rena avloppsvattnet på ett tillförlitligt sätt utifrån uppsatta kriterier. Det underliggande syftet med projektet som omnämns ovan är att förhindra att gödande samt andra miljönegativa ämnen når recipienten Flaten från koloniområdet.

## 1.3 Flaten

Sjön Flaten är belägen på den norra sidan om Drevviken och utgör en del av Tyresåns sjösystem. Omgivningen består mestadels av skogsmarker som innehar höga naturvärden. Utloppet i söder går ut i Drevviken. Området utgör höga frilufts- och naturvärden. Det är en stor mängd olika intressen som området tillgodoser. Exempel på rekreationsformer i området är bad, fiske, camping, uthyrning av båt samt promenadstråk. Vattenkvaliteten påverkas av att sjön är djup och är skiktad. Det är brist på syre i vattenskiktet närmast botten under vissa perioder på det senare vinterhalvåret, detta sker alla år under senare delen av sommaren samt tidigt på hösten. Förekomsten av kväve och fosfor är måttligt och siktdjupet är för detta område räknat relativt bra (vattenprogram för Stockholm, 2000, internet).

## 1.4 Problemformulering

Det finns ett intresse i att hitta en bra hantering av BDT-vatten eftersom de flesta kolonistugor har vatten indraget men ingen bra lösning för hanteringen av avloppet. Projektet startade med detta som bakgrund och utmaningen är att hitta en tekniskt sett enkel och billig lösning till koloniområdet. Kopplingar till miljö- och hälsa finns eftersom de ökande kraven på komfort i fritidsboendet bl.a. leder till anslutning av vatten men avsaknad av fungerande samt tillåtet avlopp, vilket i sin tur ökar risken för okontrollerade utsläpp.

Den för ändamålet valda mullfiltertekniken betraktas klara de ovan uppställda kriterierna. Processen beskrivs mer ingående längre fram i rapporten men handlar kortfattat om att behandla samt tekniskt leda bort vattnet ner i jordprofilen genom tre steg. I det första steget sker en mekanisk filtrering samt den första nedbrytningen av partiklar, i det andra steget sker ytterligare biologisk filtrering i ett artificiellt material. I det tredje steget sker en yttlig resorption av det behandlade vattnet genom jordprofilen.

## 1.5 Frågeställningar

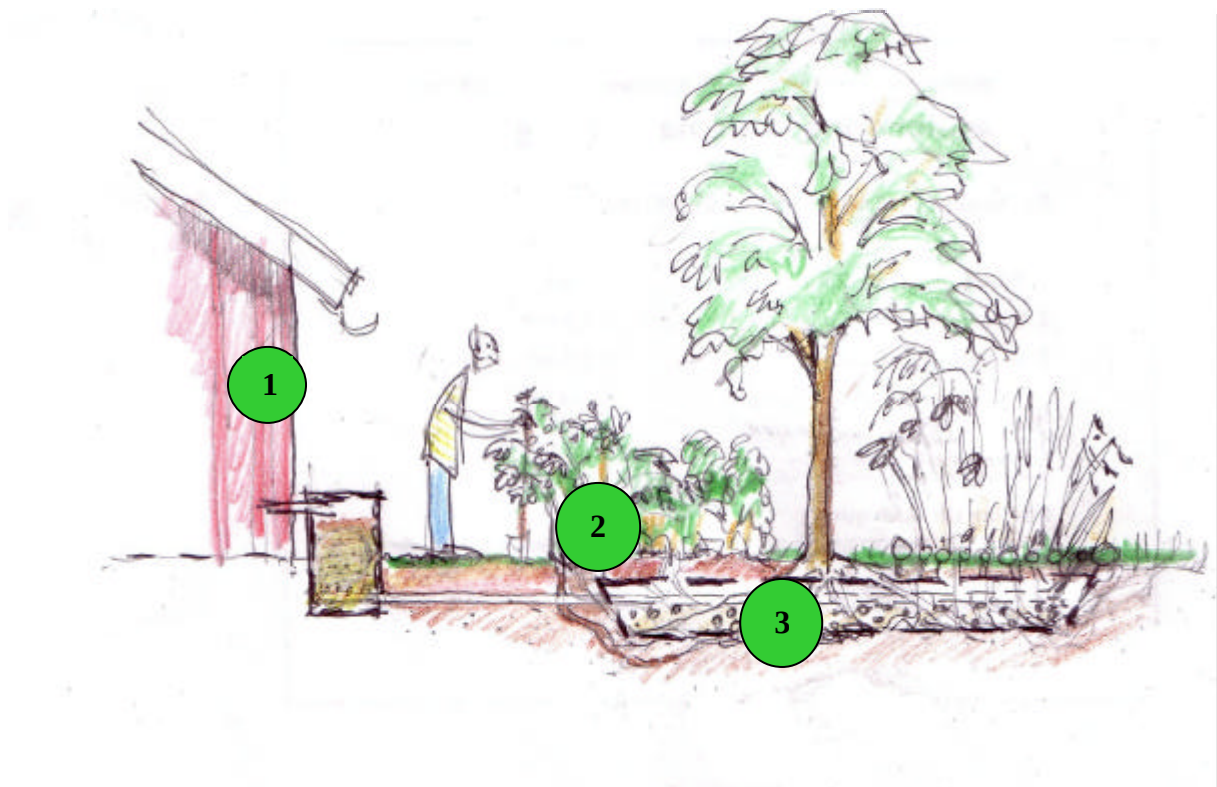
Frågeställningen är knuten till de kriterier som ställts upp för processtekniken dvs uppfylls dessa kriterier med avseende på miljösäkerhet, verkningsgrad, teknisk utformning samt återkoppling till användaren. Hypotesen för studien är att systemet klarar av att på ett tekniskt och miljösäkert sätt kunna leda ned vattnet i marken utan driftstörningar trots stora variationer avseende organisk samt hydraulisk belastning.

## 1.6 Metod och avgränsning

Försöksanläggningar har byggts på tre olika kolonilotter och dessa syftar till att utgöra grunden till utvärderingen. Metoden för examensarbetet består av provtagningar, uppföljning av provtagningarna och okulär analys av anläggningarna, dokumentation samt litteraturstudier. Provtagningsresultaten skall förhoppningsvis leda till empirisk och okulär fakta så att en verkningsgrad kan fastställas för anläggningarna. En litteratursammanställning har genomförts på den litteratur som finns att tillgå i form av exempelvis rapporter inom liknande projekt och försök samt litteratur som behandlar de biologiska processer som sker i denna typ av anläggning. En loggbok över flöden har upprättats där kolonisterna själva får fylla i användandet av diskavloppet, detta för att skapa en bild över användandet och belastning. Avgränsningen för undersökningen har varit att fokusera på själva ”mullfiltret” som är ett av tre steg i systemet.

## 1.7 Beskrivning av systemet

Nedan följer en beskrivning över systemet samt dess process. Översiktliga tekniska beskrivningar samt enklare skisser presenteras eftersom idéer samt mycket tänk ligger bakom och viss sekretess skyddar dessa idéer om en framtida kommersialisering skulle bli aktuell, nedan syns en principskiss över systemet (figur 1).



Figur 1. Principskiss över systemet (illustration Peter Ridderstolpe, WRS).

### Systemet består av tre delprocesser:

**Primärt** sker en filtrering och dränering samt primär nedbrytning av partiklar. I detta mullfilter eller förfilter behandlas det organiska materialet som främst består av matrester och fetter. Detta steg förebygger och förhindrar att efterföljande steg drabbas av driftstörningar genom att avlägsna framförallt organiskt material samt suspenderat material. Materialet i



filtret skall ha en luftig sammansättning och jämna ut de ojämna flöden som uppstår, det skall även ges möjlighet för markorganismer att kommunicera med filtret. Materialet i filtret skall ha egenskaper som kan skapa utrymme för markorganismer som här kan bearbeta och bryta ned det organiska materialet samt fungera som fästytor för dessa. Mullfiltret kan liknas vid en kompost som översilas med vatten och har samma funktion i systemet som en traditionell slamavskiljare. Det organiska materialet bryts ned till koldioxid och vatten. Ett nedbrutet material kommer att byggas upp i det övre skiktet av filtermaterialet. Materialvalet i mulchen är viktigt för att täcka de krav systemet bör uppnå med avseende på flera parametrar.

Materialet bör ha inneboende egenskaper som:

- Möjliggör att en lämplig fukthalt i materialet uppnås.
- Materialet skall tillåta syretillförsel.
- Goda hydrauliska egenskaper.
- Skapa en stor yta för mikroorganismer att fästa på.
- Tillhandahålla en lämplig livsmiljö för nedbrytarsamhället.

**Sekundärt** sker en biologisk filtrering i ett artificiellt material (Infiltra). På detta substrat bildas med tiden en biohud som består av mikroorganismer vilka kommer att bryta ned det organiska materialet ytterligare. Det artificiella materialet fungerar även som en bärande konstruktion och tillåter god syretillgång i resorptionen. Kring materialet ligger en geotextil som fördelar ut vattnet successivt över resorptionen.

**Tertiärt** sker en resorption av det renade vattnet i det övre marklagret. Här resorberas det behandlade vattnet genom perkolation och återförs till grundvattnet, en del av vattnet tas även hand om växterna genom transpiration. Detta steg har till uppgift att buffra de ojämna flöden som kommer att uppstå samt fördela och skapa möjlighet för det behandlade vattnet att gå ner i grundvattnet. Nivån på grundvattnet måste ligga på ett tillräckligt avstånd från infiltrationen så att tillräcklig rening sker innan vattnet når grundvattnet. Om de tidigare stegen inte behandlar det organiska materialet på rätt sätt kommer en kloggning att inträffa. Detta leder till att resorptionen kommer att vattenfyllas och ett anaerobt tillstånd uppstår med vattenuppträngning samt luktproblem som följd (Peter Ridderstolpe, muntlig, 2007).

## 1.8 Felkällor

Den stora svårigheten med denna utvärdering har varit att ta representativa vattenprover, det föreligger dessutom alltid en risk att den mänskliga faktorn påverkar resultaten samt att mätutrustningen varit kontaminerad.

## 2. Juridik

Vilka lagar och riktlinjer berör ett koloniområde med avseende på vattenfrågor? Nedan följer en sammanställning av vad som reglerar enskilda avlopp. Det mer bakomliggande syftet genom ramdirektivet för vatten bör brytas ned för att urskilja vad den enskilde personen i egenskap av "kolonist" påverkas av.

### **Avloppsvatten**

Benämningen avloppsvatten är ett samlingsnamn för förorenat vatten och definieras enligt nionde kapitlet, andra paragrafen i miljöbalken som:

- spillvatten eller annan flytande orenlighet,
- vatten som använts för kylning,
- vatten som avleds för sådan avvattning av mark inom detaljplan som inte görs för en viss eller vissa fastigheters räkning, eller
- vatten som avleds för avvattning av en begravningsplats (SFS 1998:808).

### **Ramdirektivet för vatten**

EU har genom ramdirektivet för vatten som upprättats år 2000 skapat en förvaltning av unionens vattenresurser. Det handlar om inlandsvatten, grundvatten, kustvatten och vatten i övergångszon. Syftet med direktivet är att minska samt hindra föroreningar, att gynna hållbar utveckling, skydda miljön, höja vattenkvaliteten i akvatiska system samt minska effekterna av översvämningar och torka. Hur man ska hantera de enskilda avloppen berörs också av detta direktiv. Det handlar om en ram för hur planering och vården av vatten skall genomföras. Bakgrundsidéen till ramverket bygger på att planering och vård skall ske med hänsyn till avrinningsområden och inte kommungränser. För Sveriges del innebär det att landet blivit indelat i fem vattendistrikt, i detta vattendistrikt ingår 119 huvudavrinningsområden. Stockholm hör till Norra Östersjöns vattendistrikt. Målet med ramdirektivet för vatten är att god vattenkvalitet och god vattenkvantitet för miljön och människans hälsa skall uppnås till 2015 (Nordström, 2005).

### **EG-direktiv**

Direktivet 91/271/EEG, avloppsdirektivet som hanterar rening av avloppsvatten från tätort framför krav på att avloppsvatten skall genomgå minst sekundär rening (biologisk rening). Direktivet anger även minimikraven för det renade vattnets kvalitet. Avloppsdirektivet är infogat i svensk lagrum genom Naturvårdsverkets föreskrift 1994:7 och efter det även införlivats i Miljöbalken (SFS 1998:808).

### **16 miljökvalitetsmål**

Sverige har antagit 16 miljökvalitetsmål som syftar till att skapa en övergripande inriktning i miljöarbetet, detta ligger som en övergripande utgångspunkt i miljöarbetet och det är främst miljömålen god bebyggd miljö, grundvatten av god kvalitet samt målet ingen övergödning som berör ett VA-system. En bebyggd miljö skall fungera på ett sätt så att en god och hälsosam livsmiljö skapas samt att bidra till en god regional och global nivå. Värden med avseende på natur och kultur skall främjas. De byggnader och anläggningar som upprättas skall placeras och konstrueras på ett miljöriktigt sätt, detta för att ur ett långt perspektiv bidra till hushållning med mark och vatten. Avloppsvatten från enskilda anläggningar för hantering av avlopp får inte ha en negativ inverkan på grundvattnets kvalitet, speciellt där grundvatten används för dricksvattenuttag.

De ämnen som göder mark och vatten skall ligga på nivåer så att de inte har en negativ påverkan på miljön, människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Dessutom skall möjligheterna för en mångsidig användning för mark och vatten främjas (JTI, 2002).

### **Miljöbalken**

Enskilda avlopp regleras främst i miljöbalken som trädde i kraft 1999. Alla verksamhetsutövare är skyldig att iaktta de allmänna hänsynsreglerna enligt andra kapitlet i miljöbalken, det handlar om att man skall känna till de effekter på människor och miljö som en verksamhet kan generera. Den enskildes avloppslösning styrs av MB:s förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. I MB lämnas ett stort ansvar på den enskilde individen och de allmänna hänsynsreglerna som återfinns i kapitel två i MB fastställer de riktlinjer som den enskilde verksamhetsutövaren skall rätta sig efter. Det är följaktligen varje enskild innehavare av en fastighet som iordningställer en avloppslösning som enligt MB är verksamhetsutövaren. Det är även denne person som skall använda skyddsanordningar samt försiktighetsmått som är rimliga för att inte orsaka olägenhet för människa och miljö. Det är även denne person som är förpliktad att påvisa att de uppsatta reglerna efterföljs så kallad omvänd bevisbörda. En speciell hänsynsregel i 9 kapitlet 7§ MB anger dessutom att avloppsvatten skall ledas bort samt renas så att ingen olägenhet för människors hälsa eller miljön uppstår (Theil-Nielsen J. et al., 2005).

### **Tillstånds- och anmälningsplikt**

För en avloppsanläggning som inte är ansluten till en WC gäller anmälningsplikt, det som skiljer sig mot en anläggning för toalettavlopp är att i detta fall behöver användaren inte invänta tillstånd innan bygget av anläggningen startas. Kommunen kan däremot i efterhand kräva att systemet förändras om det inte möter de uppsatta krav som finns för att värna om människor hälsa och miljön. För att undvika omotiverade kostnader bör kommunens godkännande avvaktas innan upprättande av en avloppsanläggning genomförs (ibid).

## **3. Begreppsförklaringar och tidigare erfarenheter**

För att påvisa erfarenheter från tidigare studier som liknar försöket i Skarpnäck eller försök där delar av processer undersökts sammanställs nedan ett antal studier översiktligt för att illustrera vad man fram till i dag vet kring processidéerna. Innan presentationen av dessa studier kommer definitioner av faktatermer som berör försöket i Skarpnäck och de studier som presenteras under rubriken ”liknande projekt och studier” att kortfattat förklaras.

### **Gråvatten**

Gråvatten eller benämningen BDT-vatten är det spillvatten som härrör från bad, disk och tvätt. Föroreningar och näringsämnen finns i BDT-vatten i sådana mängder att vattnet bör genomgå en rening i någon form innan flödet når recipienten (NFS 2006:7). Denna studie undersöker processtekniskt ett filter som i detta skede endast behandlar ett diskvatten som kommer från köket. Detta betyder att det i detta fall inte handlar om ett fullständigt BDT-vatten utan fokus ligger på köksvatten. Eftersom spillvattnet består till stor del av organiskt material i form av ex matrester, partiklar och fetter föreligger det en risk för att olägenhet som luktproblem samt igensättning i mark kan inträffa om inte det organiska materialet (BOD) avskiljs i det första avskiljningssteget (Peter Ridderstolpe muntlig, 2007). Gråvatten är en stark källa till olägenhet i form av luktproblem eftersom gråvatten innehåller höga nivåer av lättnedbrytbart organiskt material. Behandling av producerat gråvatten måste göras på lämpligt sätt eftersom anaeroba förhållanden med lukt som följd inträffar tidigt, särskilt vid varma dagar (P. Ridderstolpe, 2004).

### **Fritidsboende och gråvatten**

För ett fritidsboende utan vattentoaletter som denna utvärdering gäller använder Naturvårdsverket en mall för vattenförbrukning. Värdet för vattenkonsumtionen är satt till 150 l/dygn och person enligt detta schablonvärde (Naturvårdsverket, 1995). Detta värde är ett högt satt värde för att en anläggning skall klara eventuella höga belastningar. Vattenflödet till detta mullfilterssystemet ligger betydligt lägre eftersom det inte handlar om ett fullständigt BDT-vatten samt de stora variationerna i vattenflödet som är en följd av den ojämna vistelsegraden i stugorna. Ett BDT-vatten innehåller främst organiskt material som matrester och hudrester, se bilaga 5. Ett köksvatten innehåller främst organiskt material i form av matrester, fett samt diskmedel och partiklar. Det är viktigt att en syretillförsel sker till systemet eftersom nedbrytning av organiskt material kräver syre, om anaeroba förhållanden uppstår kommer nedbrytningen fortsätta men med risk för luktproblem. Avskiljningen av BOD sker traditionellt i en slamavskiljare med efterföljande markbädd eller infiltrationsanläggning. I ett fritidsboende är en beräkning av BDT-flödet svårt att uppskatta eftersom detta varierar i hög grad, detta är dessutom beroende av hur komfortabelt fritidsboendet är rustat (JTI, 1999).

För att få en bild över den belastning och flöde som filtren utsätts för delades ett protokoll ut till de boende som testade systemet vid projektstarten. Detta flödesprotokoll redovisas längre fram.

### **Smittrisk och gråvatten**

Eventuella ämnen som kan framkalla sjukdom hos individer i samband med spillvatten det vill säga bakterier, virus samt i vissa förekommande fall parasiter härrör i första hand från fekalier. Urin innehåller jämförelsevis låga halter smittämnen så till vida en fekal inblandning inte sker. När det handlar om BDT-vatten krävs det därför inte att en hygienisering sker i samma utsträckning som ett spillvatten som är blandat (Miljöteknikdelegationen, 1998).

### **Tungmetaller i gråvatten**

När det gäller tungmetaller så är halterna tätt kopplat till den person som nyttjar avloppsanläggningen och dennes miljömedvetenhet. Andra aspekter som påverkar halterna av metaller i BDT-vatten är bland annat kvaliteten på dricksvattnet, vilket material vattenledningarna är gjorda av samt urlakning från tvätt- och diskapparatur. De organiska föroreningarna i avloppsvatten härstammar främst från lösningsmedel och färgrester (ibid).

### **BOD**

BOD kommer från engelskans Biochemical Oxygen Demand, tidigare användes benämningen BS (biokemisk syreförbrukning). Då en nedbrytning sker av det organiska materialet i vatten förbrukas syre. Innehåller vattnet en stor mängd organiskt material kommer det således gå åt en större mängd syre vid nedbrytningsprocessen. För att mäta mängden organiskt material i vattnet tittar man på den biokemiska syrgasförbrukningen (BOD) som visar på den mängd syrgas som har gått åt vid nedbrytningen (biooxidation). När BOD analyseras fastställs mängden löst syrgas som åtgår under en viss tidsperiod samt under bestämda förhållanden. Enligt standard är tiden för analysen 5 eller 7 dygn och benämns då BOD5 eller BOD7. (Bydén, S. et al., 2003).

### **Suspenderad substans (SS)**

Olösligt fast material som antingen flyter på ytan eller svävar fritt i vattnet. Organiska eller oorganiska partiklar som kan vara utspritt, koagulerat eller flockat (Avloppsguiden, 2007, internet).

## **pH**

pH-värdet är en måttenhet på koncentrationen av vätejoner i vattnet. Skalan som används vid pH-mätning är omvänd logaritmisk det vill säga att ett lågt pH-värde medför en hög koncentration av vätejoner ( $H^+$ ) samt att vattnet är 10 gånger surare för varje steg nedför pH-skalan (Bydén, S. et al., 2003). pH har inte en avgörande betydelse i kompostsammanhang, dock kan ett pH-värde på mindre än 6 inverka negativt på mikroorganismer (Cecilia Sundberg, muntlig 2007).

## **Totalfosfor**

Totalfosfor är den totala mängden av löst oorganiskt fosfor, polyfosfater som återfinns bl.a. i tvättmedel, löst organiskt fosfor samt partikulärt bunden oorganisk och organisk fosfor. Totalfosfor är en möjlig källa till tillförsel av näring eftersom de fraktionerna av fosfor som växtlighet inte kan ta upp kan anta en tillgänglig form av fosfat. Nivåerna av fosfat i en sötvattensmiljö är vanligtvis lägre än de nivåer som plankton och växter kan ta till vara på. Detta betyder att nivån av fosfat är en begränsande faktor i ett typiskt vattensystem. Koncentrationen av fosfat är en mätsticka på den tillgängliga fosfor i ett vattendrag och ger indikation på om en sjö är eutrofierad eller ej (Bydén, S. et al., 2003).

## **Totalkväve**

Totalkväve omfattar det kväve som återfinns löst i organisk och oorganisk form samt som bundet till biomassa och partiklar. Nivåerna på totalkväve varierar obetydligt över året och är därför en möjlig måttenhet på bland annat övergödning. I totalkväve ingår organiskt kväve, ammoniumkväve, nitratkväve och nitritkväve (ibid).

## **Nitritkväve**

Nitrit är den oorganiska formen av kväve som fungerar som en fas mellan processerna mikrobiell oxidation och reduktion av ammonium och nitrat. Nitrit kan skapas på två olika sätt. Vid syretillgång genereras nitrit med hjälp av att bakterier oxiderar ammonium samt vid syrefria förhållanden genom en reduktion av nitrat av bakterier som trivs vid ett anaerobt tillstånd. Vanligtvis oxiderar nitrit till nitrat och ingen koncentrerings av nitrit uppstår. Om halterna av nitrit är stegrande kan ett haveri i systemet misstänkas på grund av att de biologiska processerna inte fungerar som de ska och att en ansamling av organiskt material sker (ibid).

## **Nitratkväve**

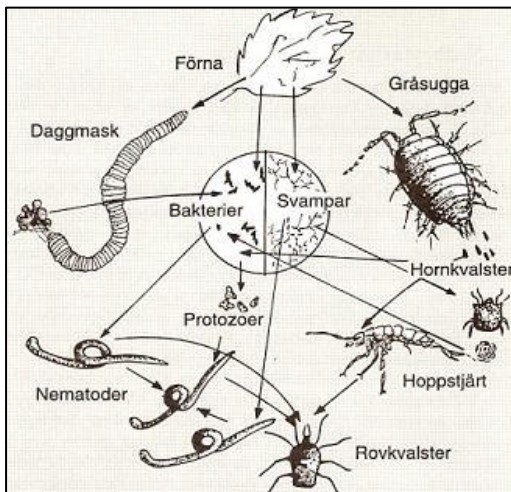
Nitrat är den oorganiska kväveformen som liksom ammonium och urea utnyttjas av primärproducenter som en viktig källa till kväve. Höga halter av nitrat orsakar ofta en kraftig algutväxt och fungerar som en tecken på att ett eventuellt utsläpp av spillvatten har skett. Höga halter kan vara skadliga eftersom blodets förmåga att bära syrgas går ned (ibid).

## **Ammoniumkväve**

Bildning av ammonium sker vid nedbrytning av proteiner samt andra föreningar som är rikt på kväve. Vid tillgång på syre oxideras ammonium med hjälp av bakterier till nitrat. Vatten med rikt syreinhåll och höga halter ammonium kan vara en indikation på att ett utsläpp skett. Vid användning av handelsgödsel får vattendrag ett tillskott av ammonium vid urlakning från åkermark, även nederbörden bidrar med detta tillskott. Kväve i ammoniumform (efter bakteriell nedbrytning) förekommer även i grundvatten och syrefattiga bottenvatten. I dricksvattensammanhang är gränsvärdet för ammonium satt till 0,50 mg/l. Om halter över detta gränsvärde återfinns kan ett inläckage av avlopp misstänkas (ibid).

### Nedbrytarsamhället

Det organiska materialet som tillförs till marken kommer i efterhand att ingå i olika nedbrytande processer. Samlingsnamnet för de organismer som livnär sig på dött organiskt material benämns nedbrytare. I denna grupp ingår en stor mängd mikrodjur, saprofytiska växter, bakterier och svampar. De djur som livnär sig av dött organiskt material och uppehåller sig i de övre markskikten är bland annat mask, kvalster och hoppstjärtar. Mikroorganismer är av stor vikt för jämvikten mellan uppbyggnads- och nedbrytningsprocesser i ekosystemet. Nedbrytningen sker i flera delsteg, där de olika stegen bearbetas av olika mikroorganismer. De olika arterna är optimerade för olika steg eller successioner i nedbrytningsledet. Figur 2 demonstrerar en förenklad bild av hur en näringsväv kan se ut, förnan eller det döda organiska materialet syns som ett löv i figuren. Figur 3 illustrerar ett av filtren där två viktiga nedbrytare syns, gråsugga och mask. Det grövre organiska materialet bearbetas av större organismer som gråsuggor och mask, detta gör materialet mer lättillgängligt samt snabbar på de efterföljande nedbrytningsstegen. Det förekommer även en predation inom systemet och exempelvis nematoder livnär sig på andra trådmaskar, svampar, bakterier och protozoer. Rovkvalster intar föda som exempelvis svampar, trådmaskar och hoppstjärtar, de rovdjur som ingår i näringsväven har en viktig roll i att reglera och balansera antalet organismer i systemet. För skapandet av brunjord har daggmask en central roll i detta nedbrytarsamhälle.



Figur 2. Förenklad näringsväv (Skoog, P-A. Et al., 1995).



Figur 3. Gråsuggor och mask i ett av mullfiltren (foto: Rickard Olofsson, 2007).

Maskens aktivitet är viktig då de både skapar struktur och gynnar syresättningen. Masken uppblandar även det nya organiska materialet med det gamla. Materialet som passerar maskens tarmkanal och bearbetas av de bakterier som ingår i tarmfloran blir mer lättillgängligt för mikroorganismer att i sin tur omvandla. Det skapas frigjorda näringsämnen samt goda markegenskaper från masken exkrementer.

De processer som sker vid en nedbrytning av organiskt material genererar i huvudsak tre olika produkter:

- **Uppbyggande** produkter som ökar nedbrytarnas biomassa.
- **Näringsämnen** som genom mineralisering går från organisk till oorganisk form.
- **Humus** som är svårnedbrytbart material.

De uppbyggande produkterna bygger upp nedbrytarnas biomassa. Mikroorganismerna producerar enzymer som bryter ned materialet och det uppspjälkade materialet upptas av övriga nedbrytare och omvandlas till biomassa. Nedbrytningen genererar värme vilket kan leda till att en kompost når temperaturer upp emot 60 – 70 ° C. Den andra produkten, näringsämnen blandar sig med markens vatten och blir tillgängligt för upptag av växtligheten. Den tredje produkten är svårnedbrytbar humus som består av dött organiskt material. Lignin och cellulosa är svårnedbrytbart material och kommer att blandas in i humusen. De aspekter som styr hastigheten på nedbrytningsprocesserna är materialets komposition, humiditet, pH, tillgång på syre samt temperatur. En försämring av syretillgången innebär en stagnation av nedbrytningsprocessen och anaeroba bakterier tar över. Vid anaerob nedbrytning bryts inte det organiska materialet ned fullständigt och det skapas svårnedbrytbara mellanprodukter som ofta avger en illaluktande gas. Humiditeten är en viktig aspekt och en fukthalt på 40 – 60 % är optimalt och kan liknas med en urkramad tvättsvamp (Skoog, P-A. Et al., 1995).

För att uppnå en effektiv nedbrytning i mullfiltret krävs det att man efterliknar de optimala nivåerna som en vanlig kompost bör ha i så stor utsträckning som möjligt.

De viktigaste parametrarna i en kompost är fukthalt och tillgång på luft samt att temperaturen inte ligger för lågt (ej under +10 °C). pH är inte lika avgörande men ett pH på mindre än 6 kan verka störande på mikroorganismerna (Cecilia Sundberg, muntlig, 2007). I en varmkompost har pH en mer betydande roll. Temperaturen påverkar nedbrytningshastigheten och en högre temperatur påskyndar processerna och störst aktivitet har kunnat konstaterats vid 18-20 °C, temperaturer över 30 °C är dödlig för alla daggmaskar (Walter Buch, 1987).

En annan viktig aspekt är materialvalet och ett material som har bra egenskaper med avseende på fukt och luft skall eftersträvas. Bark har i studier bra egenskaper med avseende på detta. Filtermaterialet bör inte brytas ned för snabbt för att undvika att materialet blir för kompakt eller måste fyllas på för ofta.

För nedbrytning av fett i en kompost så spelar temperaturen en avgörande roll, exempelvis i en varmkompost ligger temperaturen kring 50-60 °C vilket gör fettets mer lättillgängligt. En viktig aspekt är att organismerna ger sig på det mest lättnedbrytbara först som exempelvis socker. I ett mullfilter som utsätts för ett lågt flöde på exempelvis veckorna kommer förmodligen mikro- och makroorganismerna bearbeta det fett som finns i systemet när det mer lättillgängliga organiska materialet är slut. I ett mullfiltersystem som detta kommer det främst finnas mikroorganismer.

Det förekommer successioner i en kompost och detta är nära kopplat till vilket substrat som finns i filtret. Med detta menas att det organiska materialet i filtret kommer att genomgå en nedbrytning, hur denna nedbrytning går till med avseende på hastighet och förlopp är beroende på vilket filtermaterial som används i filterbehållaren.

I en kompost förekommer det även en temperaturprofil i höjddled, vilket kan ha betydelse för nedbrytningen. Denna temperaturprofil styr hur aktiv en nedbrytning är vid en viss höjd i komposten.

Till detta system kommer det att tillföras diskmedel tillsammans med BDT-vattnet, detta har förmodligen inga toxiska effekter på systemet eftersom de flesta diskmedel är miljömärkta. En hypotes kan vara att diskmedlet har en positiv effekt eftersom ytspänningen sänks vilket leder till att föreningar blir lättare att bryta ned för organismerna. Koloniområdet får sitt vatten påslaget i början av maj samt avstängt i mitten av oktober, detta betyder att aktiviteten i filtret kommer att gå ner helt för att sedan komma igång igen på våren. För att få en effektiv process från start kan en inympning av ett material från ett filter som redan är igång eller från

en trädgårdskompost korta ner tiden för att starta nedbrytningen. Vid inympning bör ett material från en liknande kompostkultur väljas eftersom det underlättar för processerna att komma igång (Cecilia Sundberg, muntlig 2007).

### 3.1 Exempel på liknande projekt och studier

Nedan kommer ett antal exempel på projekt och studier att kort presenteras för att visa på tekniklösningar samt erfarenheter kring system som liknar försöket med mullfilterteknik i Skarpnäck.

#### Mulch Filter and Resorption Trench for Onsite Greywater Management, Report from demo-facility in Kimberly, South Africa.

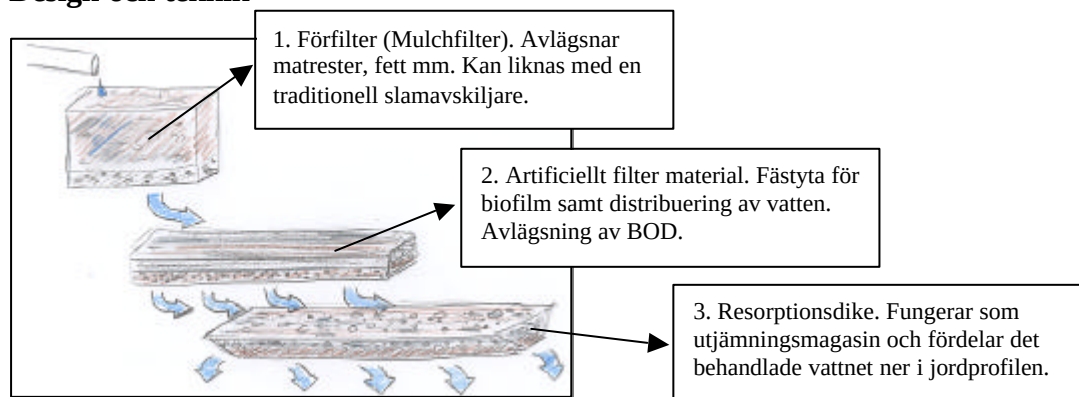
(Peter Ridderstolpe, 2007).

#### Bakgrund

Grundsytet med projektet i Kimberly, Sydafrika som dessutom ligger som grund med avseende på teknik till testanläggningarna i Skarpnäck var att hitta ett robust, ekonomisk försvarbart och enkelt system för lokalt omhändertagande av gråvatten.

Ett antal olika avloppslösningar hade byggts upp i Kimberley från och med år 2002. Dessa system fungerade inte tillfredsällande och från och med år 2005 fokuserades arbetet på att utveckla en fungerande teknik för gråvatten. En frustration från de tidigare icke fungerande systemen resulterade i att planer för ett centraliserat system för avloppsvatten påbörjades. Dessa aspekter resulterade i ett brådskande behov av att hitta en fungerande systemlösning och SEI (Stockholm Environment Institute) rådfrågade konsulter i frågan och Peter Ridderstolpe, WRS kopplades in på projektet för att hitta en fungerande gråvattenlösning. Den konkreta uppgiften i projektet var att på kort tid bygga upp demoanläggningar för att påvisa en tillförlitlig teknik för omhändertagande av spillvatten. Tekniklösningen som presenterades arbetades fram utifrån bland annat svenska erfarenheter kring konstgjorda infiltrationsmaterial samt infiltration i jordprofilen, se figur 4.

#### Design och teknik



Figur 4. Trestegs behandlingsteknik för lokalt omhändertagande av gråvatten (Peter Ridderstolpe, 2007).

#### Erfarenheter och slutsatser

Testanläggningarna i Kimberley provades och undersöktes under drygt tio månader. Under denna period fungerade systemet mycket bra trots att våren 2006 drabbades av rikliga



nederbörder. Tekniken bygger på en trestegsprocess och visade sig vara en genomförbar teknik för lokalt omhändertagande av gråvatten. Under testperioden kunde det konstateras att tekniken var robust och effektiv eftersom vattnet infiltrerades i den kompakta jorden trots ett intensivt regnande, ingen transpiration samt att ett minimalt underhållsarbete utfördes. Systemet var dimensionerat för en flöde på 180 l/d och organisk belastning på 70 g/d. Teknikens fördelar ligger i att det är en billig teknik som använder sig av aeroba förhållanden som inte luktar samt att systemet kräver litet utrymme och enklare underhåll. De flesta komponenterna i systemet kan införskaffas på den lokala marknaden och testperioden visade på att infiltration även i en hård jordprofil var möjlig.

The treatment of domestic wastewater using small-scale  
vermicompost filter beds.  
(M. Taylor. et al. 2003).

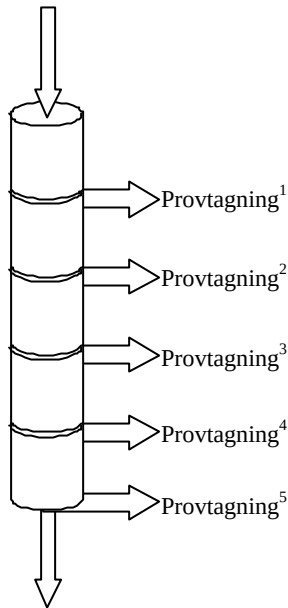
### **Bakgrund**

Målet med denna studie var att fastställa reningseffekten i en kompost som filtrerar lösta föroreningar i avloppsvattnet med avseende på filterbäddsdjup och tillförsel av fast organiskt material. Studien syftade även till att identifiera konditionen i filtret genom att mäta syre och pH på avloppsvattnet. Kompostsystem för behandling av hushållsavfall finns tillgängliga på marknaden men det finns få rapporter som beskriver och utvärderar denna teknik för behandling av ett avloppsvatten.

### **Design och teknik**

Tre identiska småskaliga reaktorer byggdes för att möjliggöra provtagning på fem olika nivåer, varje intervall var tio centimeter vardera, se figur 5. Reaktorererna var uppbyggda av PVC-rör som staplades på varandra och skapade en kolonn. De olika nivåerna gjorde det möjligt att utföra mätningar på olika djup. Ytan på varje reaktor fick ta emot organiskt material och avloppsvatten från hushåll.

Ingående flöde. Organiskt  
material och  
avloppsvatten.



Utgående flöde.

Figur 5. Principskiss över kolonn med olika provtagningsnivåer.

### Erfarenheter och slutsatser

Det organiska materialet tar syre från avloppsvattnet som passerar, syrebehovet minskade längre ner i reaktorerna. Både nitrifikation och denitrifikation skedde i bäddarna, graden av denitrifikation var en funktion av mängden BOD som hade sitt ursprung i det organiska materialet. Mätvärdena som mättes upp i reaktorerna visade på en lämplig miljö för kompostmask. Studien identifierade faktorer för kompost som filtermaterial vilka kan ha betydelse för avskiljningsgraden samt olika användningsapplikationer.

Studien visade bl.a. på att mängden organiskt material som lägger sig på översta ytlagret av filtret styr behovet av syre. En viktig aspekt som fastställdes var att filtermaterialets djup måste vara tillräckligt för att tillgodose detta behov av syre. Detta betyder att tiden då avloppsvattnet passerar genom filtermaterialet är avgörande för hur god avskiljningen blir, dvs längre uppehållstid betyder bättre rening. Olika zoner i filtermaterialet skapades med avseende på syre, detta genererade olika mikromiljöer som exempelvis anoxiska zoner, vilket betyder att den aeroba nedbrytningen varierar med djupet i filtermaterialet. Rådande syrehalt och pH i avloppsvattnet visade på en passande miljö för kompostmask. Detta förklarade varför mask kan kolonisera filtermaterialet, denna kolonisering av mask är nödvändig för att säkerställa reningseffekten i filtret.

Avslutningsvis understryker studien att det krävs fler studier på kompostfiltersystem där filtret utsätts för stora variationer avseende hydraulisk samt organisk belastningen.

## Vermikompostering – försök med okonventionell teknik för rening av avloppsslam.

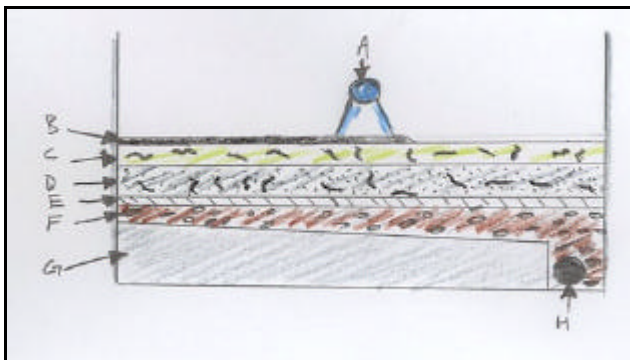
(A. Lofs-Holmin, 1986).

### Bakgrund

Studien tittar på möjligheterna kring teknik där daggmask används som nedbrytare av organiskt material. Steget där daggmask verkar fungerar som en alternativ och kompletterande åtgärd för kemisk och mekanisk rening. Systemet har en enkel uppbyggnad, se figur 5 och innefattar många fördelar. Processen är inte tekniskt krävande, systemet är igång dygnet runt om temperaturen är konstant ( $\sim 20^{\circ}\text{C}$ ) samt har en lämplig humiditet. Slammet får en luftigare sammansättning och minskar i vikt samt övergår till att vara fri från lukt och mögel. Materialet behöver dessutom inte genomgå rötning för att stabiliseras och steg som flockning med hjälp av kemikalier samt mekaniserad avvattning behöver inte ingå i systemet. Förfaringssättet frambringar för övrigt mask som möjligen kan ha en avsättning. En av de viktigaste fördelarna kring systemet är att utformningen går att utformas och dimensioneras efter rådande behov, allt utifrån konventionella reningsverk till enskilda hushåll. Det finns ekonomiska fördelar i det småskaliga då kostnader som transporter av slam samt hantering kan minskas, tekniken passar bra i utvecklingsländer och växtnäring samt mull kan tillvaratas. Studien visade att en area jämförande två stycken medelstora simbassänger på  $\sim 25 \times 50 \text{ m}$  räcker för att omhänderta slam från en normalstor svensk stad. Det är möjligt att utifrån ett ton slam (ts) teoretiskt sett kunna ta ut 340 kg levande mask, det motsvarar att en årsproduktion av slam genererar 90 ton mask.

### Design och teknik

I cisterner upprättades bäddar, på botten av behållaren användes ett grovt grus för dränering, över detta lager placerades ett spärrskikt som hindrar mask men tillåter vatten att passera. Över detta spärrskikt lades ett sandlager av sand som fungerar som ett boskikt för maskarna, se figur 6. Slampartiklarna bearbetas till luktfri luftig mylla underifrån av maskarna. Bädden kräver ingen bearbetning i form av omrörning, detta hanterar maskarna själva. Vid en konstant slamtillförsel skulle maskarna hinna kompostera  $470 \text{ g/m}^2/\text{dag}$ .



Figur 6. Principbild på maskbädden. A: Spridning av slam. B: Nytt material. C: Komposterat material. D: Boskikt av sand. E: spärrskikt. F: Bottenskikt av grovt grus. G: Lutande botten. H: Dräneringsrör.

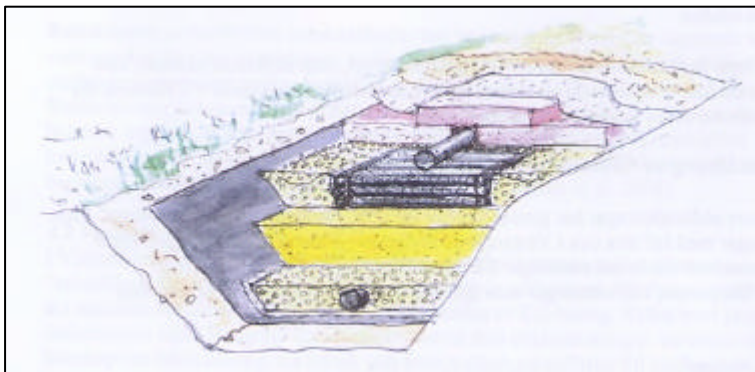
## Erfarenheter av InFiltrera kompaktfilter mellan åren 1993-2004. (K. Gustafsson, 2005).

### Bakgrund

Sedvanligt sett har markbäddar och infiltrationskonstruktioner, det vill säga vertikalfilter använts vid behandling av avloppsvatten från enskilda. InFiltrera-tekniken har på senare tid använts för att förstärka vertikalfiltret genom att ett konstgjort filtermedium höjer driftsäkerheten samt ökar den yta som bakterierna kan fästa på. Denna undersökning påvisar att merparten av de äldre systemen som använder sig av InFiltrera har fungerat väl. De system som byggts upp fackmannamässigt samt följts upp har påvisat driftsäkerhet och klarat av uppsatta gränsvärden. BOD-reduktionen växlade mellan 95-98 % och reduktionen av kväve har legat på 30 %, hög nitrifikationsgrad och reduktion av indikatorbakterier uppnåddes.

### Design och teknik

Tekniken är uppbyggd, se figur 7 av geotextil som vikts in i ett bärrmaterial vilket har en cylindrisk uppbyggnad av polyetennät. På detta kompaktfilter kan bakterier bygga upp en biohud, dessa organismer bryter ned samt oxiderar det organiska materialet i en aerob miljö. Förutom den biologiska processen, verkar filtret som ett utjämningsmagasin och geotextilen fördelar ut spillvattnet över hela kompaktfilterytan vilket varit ett av problemen i traditionella markbäddar och infiltrationer. En viktig aspekt är att filtret sparar utrymme tack vare att det artificiella materialet ökar den aktiva volymen, detta skapar fördelar på små tomter och är även en ekonomiskt fördelaktig aspekt med avseende på kostnader för schaktning samt sand- och grusåtgång. Dimensionskapaciteten på tekniken kan byggas för 1 till 25 hushåll. Filtret är applicerbart vid behandling av BDT-vatten samt klosett och BDT-vatten, tekniken används dock främst i samband vid behandling av BDT-vatten.



Figur 7. Principskiss över InFiltrera kompaktfilterbädd. Skiss sedd uppifrån: markisolerings, fördelningsrör, infiltra, markbäddssand, singel, dräneringsrör och längst ned i profilen geotextilduk (illustration: Peter Ridderstolpe).

## Small-scale purification of waste water (K. Fors, 2003).

### **Bakgrund**

Syftet med denna studie var att evaluera ett småskaligt flerstegsfiltersystem för enskilda avlopp.

### **Design och teknik**

Filtersystemen innehöll torv i olika partikelstorlekar och spillvattnet tillfördes till en cylinder som hade en filterduk som första avskiljningssteg för fasta partiklar. Efterföljande del i systemet var det första filtersteget där mikrobiologisk och fysikalisk samt kemisk adsorption skedde. I detta steg bredde verksamma heterotrofer ut sig och började bearbeta BOD. Även en adsorption av ammoniumkväve skedde här till viss del. I det första filtersteget ägde en fastläggning av SS/BOD/Total kol, dessa partiklar fungerade som kolkälla för bakterier. Den reducering som skedde i denna tidiga fas var positiv för den efterföljande mikrobiella reningen eftersom detta korrigerade kvoten mellan exempelvis kväve och BOD. I de två efterföljande stegen konkurrerades de nitrifierande autotroferna ut av heterotrofer och det rådande pH-värdet genererade en avstanning av nitrifieringen. En minskning av läckage av vattenlösligt nitrit och nitrat kunde konstateras genom nitrifiering som en följd av att ammoniumkväve fastlades i det kolrika filtermaterialet samt att även avloppsvattnet är rikt på kol, det låga pH-värdet samt den justerade syrehalten i systemet. Ammoniumkvävet omvandlades inte i systemet och den reglerade syrehalten i anläggningen resulterade i effektiv BOD nedbrytning. Systemet belastades högre än vad litteraturen uppger och filtren hade dålig fördelning av spillvattnet, trots detta åstadkoms en förhållandevis effektiv reningsgrad.

### **Erfarenheter och slutsatser**

Den organiska belastningen vid detta försök var 72 mg/l, vilket är ett högt värde. Kvävereningen var i genomsnitt 30 %, BOD-avskiljningen var 80 %, ammoniumkvävereningen var i genomsnitt 40 % och fosforeringen var i genomsnitt 5 %.

## **4. Försöket i Skarpnäck**

Nedan följer en genomgång av försöket i Skarpnäck. De olika metoderna för de olika provtagningarna beskrivs och resultat från dessa presenteras. Avslutningsvis följer en diskussion och slutsatser. Anläggningarna benämns med södra, mellersta och norra.

### **4.1 Uppföljning och resultat**

Uppföljningsarbetet som pågick under hela sommarsäsongen 2007 gick ut på att observera anläggningarnas tekniska funktion samt bestämma reningsgraden vid olika belastningsnivåer. Vid uppföljningen har okulär kontroll varit viktig där blä lukt och vattennivåer varit viktiga kontrollpunkter, under säsongen har även vattenprovtagningar genomförts för att bestämma avskiljningsgraden av framförallt syreförbrukande ämnen (BOD) och partiklar (SS).

### **4.2 Infiltrationstest**

Under utvärderingsperioden genomfördes infiltrationstest för att undersöka markens hydrauliska kapacitet att leda bort vattnet via dess porsystem så att inte grundvattenytan under anläggningen höjs till en olämplig nivå.

### Metod

Provgroparna grävdes efter rekommendation (P-O Johansson, muntlig, 2007) enligt en beprövad teknik (teknologiskt institut, internet, 2007). Provgropar grävdes på kolonilotterna och måtten på groparna var  $\sim 0,25\text{m} \times 0,25\text{m}$  och  $0,3\text{m}$  djup. Dessa gropar vattenmättades tills att infiltrationstestet kunde genomföras. Efter att provgroparna mättats uppmättes sjunkhastigheten, vilket gjordes under en bestämd tidsperiod på 10 minuter, se figur 10.

### Resultat infiltrationstest

Resultatet påvisar att marken i området har goda egenskaper för att kunna omhänderta och leda bort vattnet efter slamavskiljningssteget, resultatet visas i tabell 1 och påvisar goda egenskaper för bortledande av vatten i jordprofilen. Vid den södra anläggningen gick det inte att mäta upp sjunkhastigheten eftersom infiltrationen på denna kolonilott var mycket hög. Resultat samt klassning av genomsläpplighet, se tabell 1 och 2.



Figur 10. Infiltrationstest (foto: Rickard Olofsson, 2007).

Tabell 1. Resultat infiltrationstest.

| Anläggning | Sjunkhastighet                              |
|------------|---------------------------------------------|
| Södra      | Ej mätbart, mycket god infiltration i mark. |
| Mellersta  | 0,8 cm/min                                  |
| Norra      | 1,15 cm/min                                 |

Tabell 2. Klassning av vattengenomsläpplighet i mark (Thomasson, 1975).

| Genomsläpplighet (cm/min) | Klassning            | Dräneringseffekt |
|---------------------------|----------------------|------------------|
| $< 0,007$                 | Låg eller mycket låg | Svag             |
| $0,007 - 0,02$            | Medelgod             | God              |
| $0,02 - 0,07$             | Hög                  | God              |
| $0,07 - 0,7$              | Mycket hög           | God              |
| $> 0,7$                   | Extremt hög          | Mycket god       |

### 4.3 Forcerad belastning

För att säkerställa systemets funktionalitet belastades de tre ”mullfiltren” med forcerad belastning. Den forcerade belastningen syftade till att efterlikna ett BDT-vatten med en hög organisk halt.

#### Metod forcerad belastning

Den forcerade belastningen blandades till enligt tabell 3 och delades ut till de personer som skulle tillsätta forceringen till sitt system. Kolonisterna ombads att tillsätta tre olika nivåer på belastningen enligt tabell 4. De boende blandade 1,5 dl eller ca 40 g torr fraktion samt några ml av den blöta fraktionen till 10 liter vatten som sedan hölls ner i diskavloppet.

Hur systemet påverkades av den forcerade belastningen kontrollerades främst genom okulär granskning med avseende på lukt, utseende på mulchmaterial, resorptionsnivåer samt aktivitet på organismer i filtret.

*Tabell 3. Sammansättning av de torr- och våtblandningar som användes för att blanda till en konstgjord diskvattenlösning.*

| Torr fraktion* |        | Blöt fraktion** |        |
|----------------|--------|-----------------|--------|
| Havregryn      | 5,4 kg | Olivolja        | 0,5 dl |
| Potatispulver  | 540 g  | Diskmedel       | 30 ml  |
| Mjölkpulver    | 960 g  | Vatten          | 1 l    |

*Tabell 4. Belastningsnivåer av forcerad belastning.*

| Anläggning | Belastningsnivå forcerad belastning.                    |
|------------|---------------------------------------------------------|
| Södra      | Ingen forcerad belastning.                              |
| Mellersta  | 2 stycken 10 liters hinkar med forcerad belastning/dag. |
| Norra      | 6 stycken 10 liters hinkar med forcerad belastning/dag. |

#### Resultat forcerad belastning

Resultatet av den forcerade belastningen presenteras i samband med vattenprovtagningarna och okulärkontrollen eftersom den extra belastningen ligger till grund för dessa.

### 4.4 Flödesprotokoll

För att få en bild av nyttjandet av diskvattenavloppet delades ett protokoll ut till de tre kolonilotter där testanläggningar upprättats.

#### Metod flödesprotokoll

I protokollet fick de boende anteckna de vattenmängder som använts vid diskning, sköljning mm samt om de tillsatt forcerad belastning. Dessa protokoll samlades in efter avslutad evalueringstid och sammanställdes.

Beräknad sammanlagd tillförd mängd diskvatten till anläggningen har beräknats genom att närvarodagar multiplicerats med medelvärdet av tillfört diskvatten.

Den hydrauliska belastningen för mullfiltret respektive resorption har beräknats genom att flödet/dag dividerats med arean för mullfiltret respektive resorption.

Den organiska belastningen till mullfiltret har beräknats genom att mängden vatten/dag multiplicerats med den uppmätta medelhalten av BOD i den konstgjorda diskvattenblandningen, vilket uppgick till 3,2 g/l (se resultat vattenprovtagning). Detta värde har sedan dividerats med arean för mullfiltret.

### Resultat flödesprotokoll

Resultatet av protokollen påvisar att kolonilotterna och testanläggningarna användes frekvent. I tabell 5 redovisas nyttjandegraden samt hur stora vattenmängder som skapats under sommarsäsongen 2007.

Tabell 5. Nyttjandegrad och ungefärligt producerade vattenmängder under sommarsäsongen 2007 (totalt 160 dagar).

| Anläggning             | Närvarodagar | Närvarofrekvens | Tillförd mängd diskvatten (inkl konstgjord)/närvarodag. Medel (min/max) |
|------------------------|--------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Södra anläggningen     | 62 dagar     | 38%             | 20 (15/40) l/dag                                                        |
| Mellersta anläggningen | 144 dagar    | 90%             | 30 (15/50) l/dag                                                        |
| Norra anläggningen     | 65 dagar     | 40%             | 90 (50/120) l/dag                                                       |

I den södra anläggningen, där ingen extra konstgjord forcering tillsattes var vatten från diskning den belastningskälla som uteslutande tillfördes. I de två andra anläggningarna var den största belastningskällan den konstgjorda forcerade belastningen som husägarna tillförde. I tabell 6 och 7 redovisas framräknad hydraulisk samt organisk belastning.

Tabell 6. Framräknad tillförd mängd diskvatten samt hydraulisk belastningar på mullfilter och resorption.

| Anläggning | Beräknad sammanlagd tillförd mängd diskvatten till anläggning under säsongen (160 dagar) | Hydraulisk belastning till mullfilter per medeldygn | Hydraulisk belastning till resorption per medeldygn |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Södra      | 1 250 liter                                                                              | 48 mm/dygn                                          | 6,5 mm/dygn                                         |
| Mellersta  | 4 300 liter                                                                              | 170 mm/dygn                                         | 22 mm/dygn                                          |
| Norra      | 5 850 liter                                                                              | 225 mm/dygn                                         | 28 mm/dygn                                          |

Tabell 7. Framräknad tillförd mängd diskvatten samt organisk belastningar på mullfilter

\*Mängd vatten totalt x analyserad medelhalt BOD

| Anläggning | Beräknad sammanlagd tillförd mängd syreförbrukande ämnen under säsongen* | BOD7 belastning till mullfilter |
|------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Södra      | 4 kg BOD7                                                                | 155 g/m <sup>2</sup> dygn       |
| Mellersta  | 14 kg BOD7                                                               | 545 g/m <sup>2</sup> dygn       |
| Norra      | 19 kg BOD7                                                               | 740 g/m <sup>2</sup> dygn       |



#### 4.5 Vattenprovtagning

Med den forcerade belastningen i bakgrunden genomfördes även vattenanalyser som syftade till att undersöka vilken avskiljningsgrad filtren hade trots den onormalt höga påfrestningen som två av anläggningarna utsattes för.

##### Metod vattenprovtagning

Den konstgjorda diskvattenblandningen användes också vid provtagning av anläggningarnas reningskapacitet. Det konstgjorda BDT-vattnet blandades enligt de bestämda mängderna, se tabell 3 i en 25 liters dunk. Dunken var försedd med en hållpip där flödet kunde begränsas för att efterlikna ett normalt flöde för att minimera risken för att organsikt material skulle sköljas ut ur filtermaterialet. Provpunkterna var för ingående BDT-vatten direkt från blandningen, se figur 8 och för utgående, se figur 9 i den första provtagningsbrunnen efter filtret. Under försökstiden kompletterades provtagningen med två ytterligare provpunkter. Dels i mellersta filtret av det vatten som stod i infiltrationsdiket samt efter infiltrationen till norra filtret vid två provtagningstillfällen. Vattenproverna skickades in till ett ackrediterat laboratorium för analys. De provtagningsparametrar som valdes för att skapa en bild av vilken reningsgrad mullfiltret hade var: BOD7, suspenderad substans, pH, totalfosfor, totalkväve, ammoniumkväve, nitritkväve, nitratkväve och fosfatfosfor. Fokus har vilat på parametrarna BOD7 och suspenderad substans eftersom dessa har stor betydelse med avseende på igensättning av infiltrationsdiket.



Figur 8. Provtagning av mullfilter. Figur 9. Provtagningsbrunn efter filter (foto: Rickard Olofsson, 2007).

##### Resultat från vattenprovtagningen

Som framgår av tabell 8, var halterna av syreförbrukande ämnen, partiklar och kväve höga i det konstgjorda diskvattnet. Typiskt för "riktigt" diskvatten är också de stora variationerna avseende koncentration och biogena produkter (Peter Ridderstolpe, muntlig, 2007).

Tabell 8. Den konstgjorda diskvattenblandningens kvalitet. Prover tagna och analyserade i samband med provtagningsstillfällena.

| Ämne    | Medel (mg/l) | Variation (mg/l) |
|---------|--------------|------------------|
| BOD7*   | 3200         | 1400-4900        |
| SS*     | 2400         | 1700-3500        |
| Tot N** | 58           | 40-75            |

\*Fyra provtagningar, \*\* två provtagningar.

Analysvärdena på BOD7 och suspenderad substans från utvärderingstiden redovisas nedan i digram 1 och 2. Analysdata på övriga parametrar återfinns i bilaga 2. Det går att konstatera att en avskiljning av BOD och suspenderad substans har skett under utvärderingstiden. Överst i diagrammen ligger en linje som visar medelvärdet av inkommande halter. De nedre linjerna är utgående halter vid varje provtagningsstillfälle samt för anläggningarna södra, mellersta och norra. Efter infiltra är en provtagningspunkt som ligger efter infiltrationsdiket på den norra anläggningen.

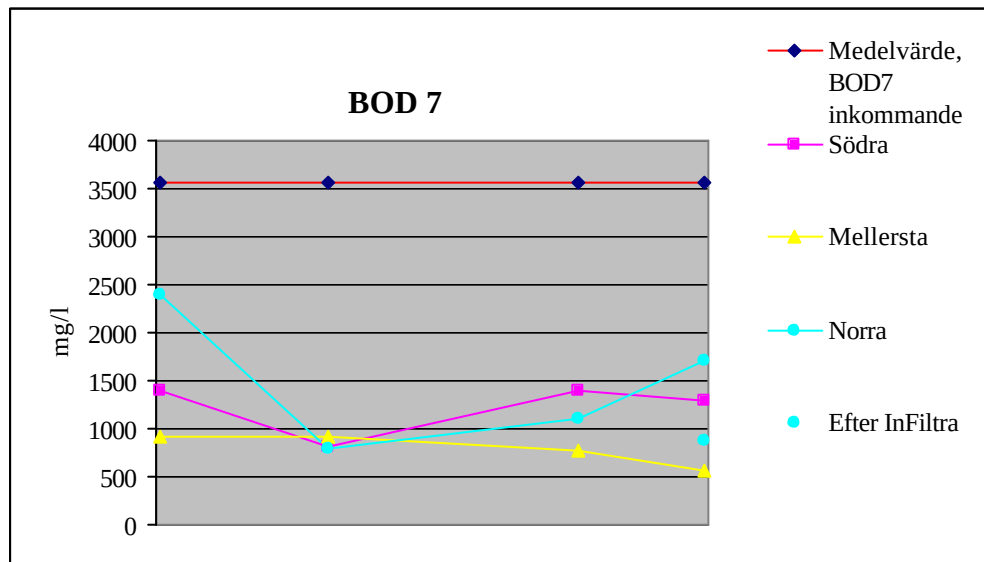


Diagram 1. BOD7. Ingående och utgående värden under utvärderingstiden.

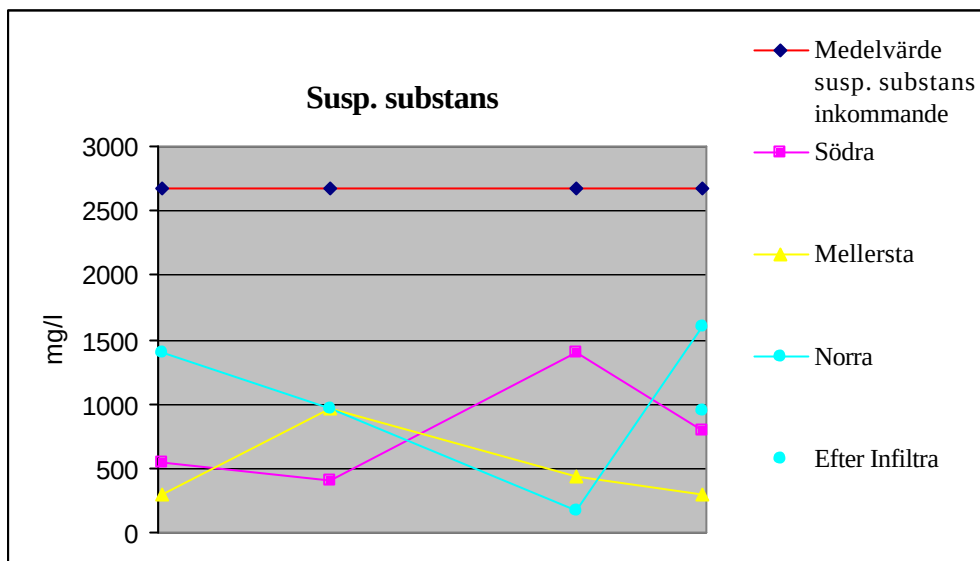


Diagram 2. Susp. substans. Ingående och utgående värden under utvärderingstiden.

- Partikelavskiljningen i alla filter varierade från 40-89%. Medelreduktion var 71%.
- Avskiljningsgrad av BOD7 i alla filter varierade från 33-84%. Medelreduktion var 67%.
- Bäst avskiljning avseende både partiklar och syreförbrukande ämnen var i mellersta anläggningen med mest tendens till tätning av ytlagret.

#### 4.6 Fettnedbrytningstest

Ett problem i avloppssystem som leder bort BDT-vatten är tillskottet av fett i form av olja och matfett i samband med matlagning. Tillförande av het olja och fett ska så långt som möjligt undvikas genom bortförande och avsvälning innan tillförande till avloppssystemet för att undvika igensättning (Peter Ridderstolpe, muntlig, 2007). I detta system handlar det om relativt korta rör men att undersöka detta är likväl intressant eftersom problem som härrör från fetter är vanligt i avloppssystem.

##### Metod fettnedbrytningstest

För att se om mullfiltret har kapacitet till att bryta ner fett så initierades ett specialtest. Detta test startades upp i södra anläggningen eftersom detta filter har gått under mer normala förhållanden utan forcerad belastning. Två animaliska och två vegetabiliska fetter placerades i mulchmaterialet och fick ligga där i ca 1 månad, dessa "fettportioner" vägdes över tiden för att konstatera om organismerna har möjlighet att bearbeta och bryta ned fett i filtersystemet.



Figur 11. Fettnedbrytningstest i mullfilter.



Figur 12. Samma "fettportion" tre veckor senare (foto: Rickard Olofsson, 2007).

### Resultat fettnedbrytningstest

Bäst omsättning/nedbrytning uppvisade olivolja (olivolja i gelatin) se figur 11 och 12, sämst omsättning/nedbrytning hade margarin. Medan olivoljan uppvisade tydliga tecken till biologisk nedbrytning så var margarinet i det närmaste opåverkat. Dock var margarinet vid sista observationen täckt av små svarta maskliknande djur. Resultatet av fettnedbrytningstest, se tabell 9.

Tabell 9. Vikt över tid avseende fettnedbrytning i mullfilter.

| Mulchtower A  | Margarin | Fett   | Olivolja <sup>1</sup> | Olivolja <sup>2</sup> |
|---------------|----------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Startvikt     | 42,1g    | 46,2g  | 45,0g                 | 46,8g                 |
| Vikt: 2       | 42,1 g   | 44,7 g | 42,2 g                | 42,9 g                |
| Vikt: 3       | 42,1 g   | 43,9 g | 36,0 g                | 31,2 g                |
| Vikt: 4       | 42,1 g   | 41,6 g | 25,5 g                | 20,8 g                |
| Viktminskning | 0 g      | 4,6 g  | 19,5 g                | 26 g                  |

### 4.7 Mullfilter okulärkontroll

En stor del av utvärderingen ägnades åt att med näsa och öga följa hur anläggningarna fungerade. Denna okulärkontroll var tätt knuten till de kravkriterier som ställdes upp tidigt i projektet för vad anläggningen ska klara med avseende på bl.a. lukt, vatten i resorptionen, uppträngning av vatten på gräsytor, skadedjur mm.

### Sammanfattning av observationer

Sammanfattningsvis utifrån den okulära kontrollen har alla tre anläggningarna fungerat felfritt under hela säsongen utan att inverka på de uppsatta kravkriterierna. Från start kunde det konstateras att materialet krävde omkring tre veckor för att stabiliseras, detta märktes genom att det från början uppstod mögelsvamp samt dålig lukt vilket efter denna period minskade och avtog helt. I samband med att mögelsvampar samt lukt avtog kunde en invandring av nedbrytarsamhället konstateras. Nedbrytare som gråsuggor, hoppstjärtar, nematoder och kompostmask var vanligt förekommande i mulchmaterialet. Efterhand kunde även rovdjur som spindlar och enkelfotingar återfinnas i filterbehållaren. En detaljerad tabell med observationer redovisas i bilaga 3.

### Södra anläggningen

Anläggningen var det system som nyttjades under normala förhållanden och tog endast emot det diskvatten som de boende själva producerade. Sammanfattningsvis kunde det över hela

säsongen konstateras att detta filter utan driftstörningar behandlade det tillförda diskvattnet. Nedbrytarsamhället var aktivt under hela perioden trots att detta filter tillfördes den lägsta mängden organiskt material som en följd av denna kolonilott hade lägst närvarodagar.

Resorptionsnivån var i denna anläggning 0 cm under hela perioden.

### **Mellersta anläggningen**

Anläggningen nyttjades frekvent under utvärderingstiden. Utöver den mängd diskvatten och organiskt material som de boende producerade tillfördes detta system dessutom forcerad belastning. Sammanfattningsvis var denna anläggning hårt kontinuerligt belastad både hydrauliskt samt organiskt under hela säsongen.

I det tillhörande resorptionsdiket för denna anläggning stod det vatten från omkring mitten av juni. Denna nivå höll sig mellan ~5-10 cm under hela säsongen, vattnet var anaerobt vilket märktes på lukten som kunde urskiljas när inspektionsbrunnarna öppnades. I detta infiltrationsdike togs ett vattenprov och vid detta tillfälle kunde det även konstateras att vattnet var gråaktigt samt innehöll svarta flingor.

Denna anläggning var inte förstärkt och infiltrationsdiket hade den minsta arean, dessutom kunde det vid infiltrationstestet konstateras att marken vid anläggningen hade sämst dräneringseffekt, se ovan tabell 5 och 6. Figur 13 visar på vattenkvalitet före och efter mulchfiltret vid den mellersta anläggningen, figuren visar även en närbild av mulchmaterialet.

### **Norra anläggningen**

Anläggningen utsattes för den högsta nivån på den forcerade belastningen, ett lager av forcering samt matrester ansamlades på filterytan som ett resultat av detta. En syrlig doft kunde skönjas som ett resultat av nedbrytning av detta material under avsaknad av syre. Även i detta filter hade mulchmaterialet bra egenskaper med avseende på syretillgång samt biologisk aktivitet under detta skikt. Skiktet av forcerad belastning samt matrester bröts ned helt när en del av havregrynen ersattes med mjölkpulver.

Resorptionsnivån i detta resorptionsdike som var byggd med förstärkning var 0 cm under hela perioden.



Figur 13. Okulärt före och efter mellersta anläggningen samt närbild av mulchmaterial (foto: Rickard Olofsson, 2007).

## 5. Diskussion och slutsatser

Sammanfattningsvis har anläggningarna som utvärderats under sommarsäsongen 2007 vid Listuddens koloniområde fungerat utan komplikationer. Problem som igensättning, dålig lukt, uppträngning av vatten på gräsytor eller ohyra har inte inträffat.

Utifrån okulärkontrollen som genomförts löpande har en succession i filtren kunnat konstaterats. Från start innan några organismer vandrat in i filtret till det tillstånd som skapats i filtren under den senare delen av uppföljningstiden. En tydlig skillnad har kunnat konstaterats mellan de olika filtren beroende på den varierande belastningsgraden. Ett sämsta scenario har skapats i två av filtren genom den forcerade belastningen samt de varierande flödena för att påvisa att systemen verkligen kan avskilja organiskt material även vid mycket hög belastning. Även provtagningsförfarandet har genomförts med hjälp av ett relativt ”elakt” konstgjort avloppsvatten.

### Belastning och funktion

Ett problem vid denna typ av boende är att flödet och belastningarna varierar mycket, vilket ställer krav på ett robust systemet. Tekniken har visat sig klara de ojämna och höga belastningarna och två av anläggningarna har belastats mycket kraftigt. I dessa anläggningar var den organiska belastningen två respektive tre gånger högre än den dimensionerade maxbelastningen.

Två viktiga parametrar har varit BOD samt suspenderat material. Avskiljningen av BOD i de anläggningar som belastats hårdast uppgick till över 70 % och var i medeltal 67 %. Eller totalt ca 11 kg respektive 12 kg. Denna avskiljningsgrad ger en mineralisering på 400g/m<sup>2</sup>. Avskiljningen för suspenderat material uppgick till över 80 % och var i medeltal 72 %.

Den mellersta anläggningen som hade en hög närvarofrekvens (90 %) visade sig ha den bästa avskiljningen både avseende BOD och suspenderat material trots den höga hydrauliska och organiska belastningen. Det visade sig att en igensättning av filtermaterialet som en följd av den höga organiska belastningen inte innebar en försämring avseende avskiljningsgrad eller biologisk aktivitet utan snarare tvärt om. En möjlig förklaring till detta är att denna igensättning skapade en längre uppehållstid samt fördelning av vattnet i filtermaterialet vilket var positivt för avskiljningsgraden.

### Tillsyn

Att tillsynen av dessa filter fungerar är en viktig aspekt. Tillsynen bör vara enkel att genomföra och nära förenad till den direkta återkopplingen. I många fall är det svårt att se resultatet av en handling, men i detta system skall en återkoppling tydliggöras. Om systemet används på ett felaktigt sätt kommer det direkt att märkas av användaren och kan även drabba grannar i form av olägenhet som lukt eller vattenuppträngning i gräsmattan. Teknisk utformning som exempelvis att utloppsröret endast har en diameter på 50 mm samt en placering 40 cm ovan golv gör det omöjligt att exempelvis installera WC till systemet. Exempel på felanvändning kan vara att olämpliga utsläppskällor kopplas till anläggningen vilket den inte är avsedd för som tvättmaskin, diskmaskin eller utsläpp av toxiska ämnen. Hygienisering krävs inte i detta system eftersom ämnen som kan framkalla sjukdom främst har sitt ursprung från fekalier och denna utvärdering tittar på ett system som behandlar ett diskvatten. Om en dusch kopplas in på detta system bör risken för bakterier och virus inte helt försummas.



### **Provtagning**

En viktig del av utvärderingen har varit att följa utvecklingen av filtren under perioden avseende de uppsatta kravkriterierna. En del av utvärderingen har bestått av vattenprovtagning. En problematik har dock varit att hitta en bra provtagningsmetodik som avspeglar reningseffekten samt eliminerar uppkomsten av felkällor i så stor utsträckning som möjligt. Möjliga felkällor är alltid svåra att helt undvika och att arbeta fram en bra och fungerande provtagningsmetodik är en angelägenhet.

För en fortsatt utvärdering av dessa filter bör en förfinad provtagningsmetodik arbetas fram med hjälp av erfarenhet från denna studie. Eftersom systemet jobbar till stor del med naturnära processer är det många varierande parametrar som kan påverka resultaten från provtagningen. Yttre parametrar som påverkar systemet är exempelvis temperatur, vistelsegrad i kolonistugan, livsstil och matvanor med mera. Alla dessa faktorer kommer att inverka på vad som sker i mullfiltret och sekundärt även avskilningsgraden.

Inför en eventuellt andra evalueringsperiod bör möjligen provtagningen ske under normal belastning, det vill säga utan den forcerade belastningen för att avspegla hur en normalanvändning av filtren fungerar. Det mest optimala vore att vattnet samlas upp vid användandet av avloppet vid inlopp och utlopp, samt att flera små mängder av gråvattnet fick utgöra ett samlingsprov. Detta handlar mycket om hur provtagningen rent tekniskt ska kunna genomföras. Det föreligger alltid en svårighet att hitta en fungerande provtagningsmetodik och för detta system är en okulär tillsyn att föredra med avseende på lukt, aktivitet på organismer, fukt, tillgång på syre samt färg på mulchmaterial med mera.

Förutom de kemiska provtagningarna och okulärkontrollen har ett fettnedbrytningstest och infiltrationstest genomförts. Svårigheten med fett i avlopp som tillförs via matlagning diskuteras och kan betyda problem i form av igensättningar i rör och kopplingar, detta system är dock uppbyggt av relativt korta röranslutningar så detta torde inte vara ett problem. Det finns dock ett intresse i att se hur fett bryts ned i detta system eftersom fett tillförs via matlagningen. Nedbrytarsamhället tenderar till att bryta ner mera lättillgängliga föreningar först för att sedan angripa mer svårnedbrytbara produkter som fett. Fettnedbrytningstestet visade på att en viss nedbrytning av fett sker i filtret, dock varierade omsättningstiden för olika typer av fett.

Infiltrationstestet som genomfördes visar på en god genomsläpplighet på de kolonilotter där filtren står. Detta kan variera från plats till plats och testet visade på att tomten närmast Flatendiket hade störst genomsläpplighet.

### **Funktionalitet**

Två av många viktiga parametrar har varit halten syre samt fukt i filtermaterialet och detta är förmodligen en del av nyckeln till en fungerande process i delsteg ett, avskilningssteget. På grund av det varierade flödet skall ett bra material kunna filtrera samt vara poröst och syresatt. En direkt bearbetning av det organiska materialet som tillförs i spillvattnet sker förmodligen inte utan är en process som sker efter hand vilket ställer krav på att filtermaterialet har rätt egenskaper. Materialet i filterbehållaren skall dessutom skapa en miljö för att en effektiv nedbrytning skall kunna ske. En för tät struktur skapar anaeroba förhållanden och en förruttnelse istället för nedbrytning sker med luktproblem som följd.

Som omnämnts tidigare så är steg ett i denna flerstegsprocess mycket viktig. Problem kommer att uppstå i form av igensättning om detta inte fungerar tillfredställande. Av de undersökta mullfiltren har ett av det efterföljande resorptionerna haft vatten stående. Detta har varit en följd av att just detta system varit hårdast belastat samt haft sämst förutsättningar med avseende på resorptionsdikets storlek samt markens genomsläpplighet.

### **Utvecklingsförslag**

Viktiga aspekter som bör undersökas vidare inför och under ytterligare en eventuell utvärderingsperiod är att titta på vad mulchmaterialet skall bestå av. Det är många egenskaper som filtermaterialet bör ha inneboende. Materialet bör inte brytas ned för snabbt, det skall kunna hålla fukt men samtidigt inte bli för blött, materialet skall fungera som en livsmiljö för organismerna som verkar i filtret samt utgöra en stöt yta för det organiska materialet att fästa på. Materialet bör även kunna fungera vid ojämna flöden som uppstår vid denna typ av fritidsboende. Vistelsen i området är säsongsberoende samt styrt av de boendes livsstil och vanor. Även den tekniska utformningen bör tänkas igenom, exempelvis så är tillgången på syre en viktig aspekt och placering av lufthål eller luftningsrör i mulchmaterial bör ses över. En annan möjlighet till syresättning skulle eventuellt kunna vara att syresätta det inkomna vattnet genom fall genom ett material som finfördelar flödet. När det gäller tillsynen av anläggningarna är den okulära kontrollen att föredra framför dyra och svårtolkade vattenanalyser. Exempel på okulär kontroll är mätning av resorptionsnivå, kontroll av lukt samt aktivitet på organismer i filtersubstratet. Som omnämnts tidigare spelar här den snabba återkopplingen en central roll. Inför ett eventuellt evalueringsår två bör filterantalet utökas samt användas under normala förhållanden utan forcerad belastning. Provtagningen bör inriktas mot okulär kontroll och eventuella vattenanalyser bör metodtekniskt optimeras för att få rätt bild av vilken avskiljningsgrad filtret innehar. Exempel på optimerad provtagning är att små mängder av ingående samt utgående vatten i filtren samlas upp och får utgöra ett större uppsamlingsprov över en längre tid. Detta kan skapa problem rent tekniskt eftersom denna metod kräver mer kringutrustning som exempelvis pumpar och kylanordningar.

### **Slutsats**

Avslutningsvis och sammanfattande kan sägas att utifrån den okulära kontrollen som genomförts löpande under utvärderingstiden samt vattenanalyser med avseende främst på BOD och suspenderad substans att filtren har fungerat tillfredställande och en tydlig bild av funktionen har kunnat konstateras. Detta trots att två av filtren utsatts för en hög belastningsforcering samt ojämna flöden. Det filter som varit i drift utan forcerad belastning ser näst intill opåverkat ut efter drygt fem månaders nyttjande. Det filter som varit hårdast utsatt med avseende på forcerad belastning och vistelsegrad har haft bäst reducering av suspenderad substans och BOD. Under utvärderingstiden har inte någon form av olägenhet som lukt, vattengenomträngning på gräsytor eller skadedjur kunnat observerats. Ett stort intresse har visats från kolonister vid Listudden och från andra liknande fritidsområden samt från olika intresseorganisationer. Detta intresse visar på att det finns ett behov av enkla innovativa avloppslösningar för lokalt omhändertagande av spillvatten som detta system kan erbjuda.

Det kan dock konstateras att dessa system för omhändertagande av BDT-vatten kräver en viss miljömedvetenhet hos användaren eftersom tekniken bygger på biologiska processer. Denna aspekt gör att det är viktigt att behålla en enkelhet i komponenter och teknik för att säkerställa driftsäkerhet.



En enkel skötselanvisning bör arbetas fram inför framtiden där kravspecifikation på exempelvis vattenlås samt råd om vad man ska tänka på vid nyttjandet av systemet skall ingå. Om detta system för rening av gråvatten skulle bli kommersiellt aktuellt för lokalt omhändertagande av spillvatten är områden liknande Listuddens koloniområde en lämplig applicering. I förlängningen skulle systemet kunna byggas i anslutning till andra former av fritidsboenden och bostäder där det idag är svårt att lösa behandlingen av gråvatten som exempelvis skärgårdshus eller fritidsboende utanför tätort. Ett annan tänkbar och viktig tillämpning är utvecklingsländer där enkla tekniker som bygger på lokalt omhändertagande av spillvatten är ett bra alternativ. Dessutom har systemet med få modifieringar potential i sin utformning samt dimensionering för att även omhänderta vatten från dusch. Systemet kan även eventuellt anpassas för bruk hela året om systemet isoleras samt att frysrisk elimineras i röranslutningar.

Samtidigt som tillsynen är svår att lösa är den även en förutsättning för att dessa system skall innehålla ett marknadsvärde. Om tillsyn samt krav om omhändertagande av det genererade avloppsvattnet kommer att tvingas fram skapas även ett behov av fungerande, ekonomiskt fördelaktiga och robusta system, vilket mullfiltret har potential att kunna erbjuda.

## 6. Författarens tack

Ett tack till alla som på ett eller annat sett hjälpt mig med mitt examensarbete genom handledning, stöd samt svar på frågor.

## 7. Referenser

### **Publicerade källor**

Miljöbalken, 1998: SFS 1998:808.

Bydén, S. Larsson, A-M. Olsson, M. 2003: Mäta vatten – Undersökningar av sött och salt vatten. Tredje upplagan.

Nordström, A. 2005: Dricksvatten – för en hållbar utveckling.

Theil-Nielsen, J. Persson, P. Kamp Nielsen, L. 2005: Rent vand helt enkelt.

Naturvårdverkets författningssamling, 2006: NFS 2006:7.

Skoog, P-A. Blom, G. Haglund, J-E. Gröndahl, F. 1995: Ekologi – Kompendium i miljöskydd.

Buch, W. 1987: Daggmasken i trädgård och jordbruk.

USK, 2006: Vatten- och avloppssituationen i Listuddens koloniområde våren 2006 – En enkätundersökning bland 316 kolonister.

Naturvårdsverket, 1995: Vad innehåller avlopp från hushåll? Rapport 4425.

Ridderstolpe, P. 2004: Introduction to greywater management. Report 2004-4. EcoSanRes Publications Series.

Ridderstolpe, P. 2007: Mulch filter and resorption trench for onsite greywater management – Report from demo-facility built in Kimberly, South Africa.

Taylor, M. Clarke, W.P. Greenfield, P.F. 2003: The treatment of domestic wastewater using small-scale vermicompost filter beds.

Lofs-Holmin, A. 1986: Vermikompostering – försök med okonventionell teknik för rening av avloppsslam.

Fors, K. 2003: Småskalig avloppsvattenrening. VA-Forsk.

JTI, 2002: Enskilda avlopp – problem och möjligheter.

JTI, 1999: Kretsloppsanpassning av hushållens avlopp och organiskt köksavlopp på Vätö.

Miljöteknikdelegationen, 1998: Enskilda avlopp - funktionskrav och teknik. Rapport 1998:4.

Gustafsson, K. 2005: Erfarenheter av InFilträ mellan åren 1993-2004. WRS Uppsala AB.

Rickard Olofsson  
Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi  
Stockholms universitet

### **Internetkällor**

Greywater – What it is, how to treat it and how to use it.  
[www.greywater.com](http://www.greywater.com)

Teknologiskt institut  
[www.teknologisk.dk/byggeri/16402,2](http://www.teknologisk.dk/byggeri/16402,2)

Avloppsguiden – Nationell kunskapsbank om enskilda avlopp.  
[www.avloppsguiden.se](http://www.avloppsguiden.se)

Vattenprogrammet för Stockholm 2000  
<http://www.stockholmvatten.se/Stockholmvatten/Vattnets-vag/Sjovard/Sjoar-och-vattendrag/Flaten/>

### **Muntliga källor**

Peter Ridderstolpe, WRS Uppsala AB.

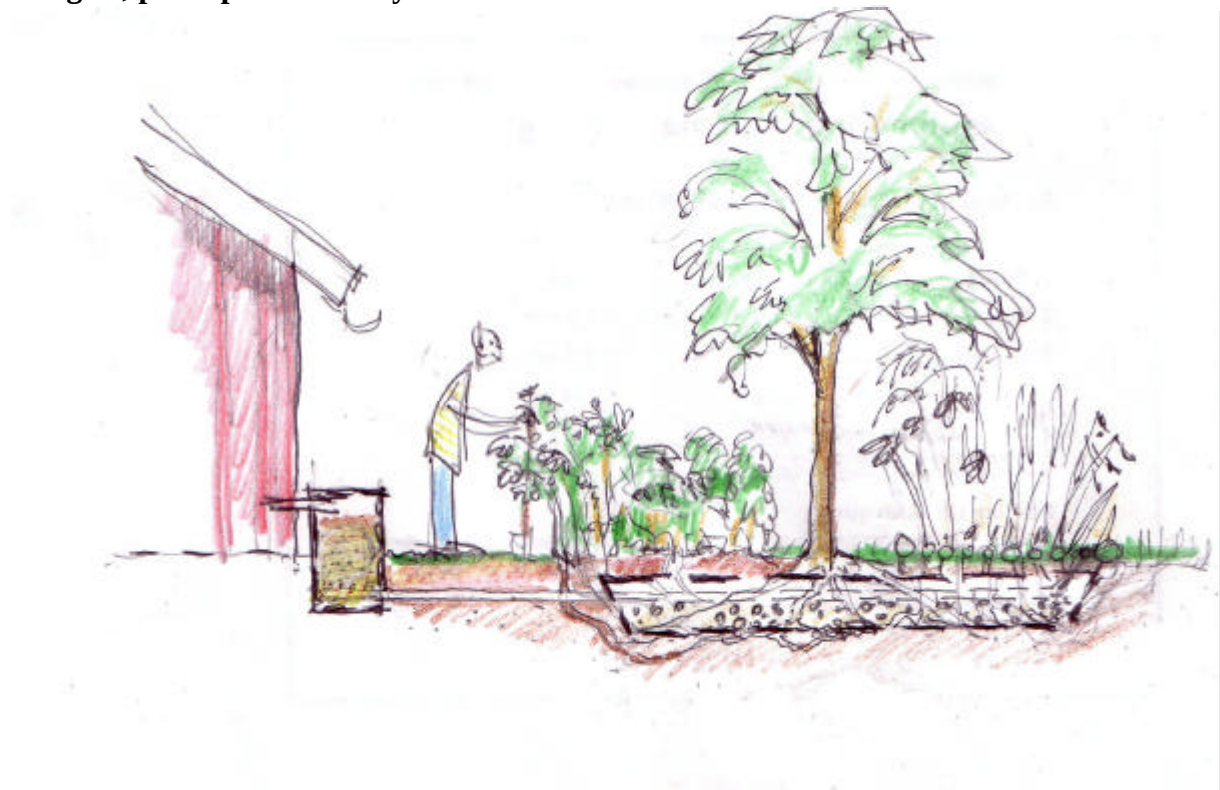
Per-Olof Johansson, Artesia Grundvattenkonsult AB.

Cecilia Sundberg, SLU.

Anna Richert Stintzing, Verna (Richert Miljökompetens).

## 8. Bilagor

### Bilaga 1, principskiss över systemet.



(Illustration: Peter Ridderstolpe, WRS).

## Bilaga 2, resultat vattenanalyser

| <b>1:a provtagningen (juni)</b> |                     |                     |                     |                |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| <b>Ingående</b>                 | <b>Mulchtower A</b> | <b>Mulchtower B</b> | <b>Mulchtower C</b> | <b>~ Medel</b> |
| BOD7 (mg/l)                     | 4000                | 1600                | 7200                | 4267           |
| Suspenderad substans            | 3400                | 260                 | 6200                | 3287           |
| pH                              | 5,9                 | 5,9                 | 5,7                 | 5,8            |
|                                 |                     |                     |                     |                |
| <b>Utgående</b>                 |                     |                     |                     |                |
| BOD7 (mg/l)                     | 1400                | 920                 | 2400                |                |
| Total fosfor (mg/l)             | 10                  | 7,6                 | 1400                |                |
| Total kväve (mg/l)              | 43                  | 47                  | 5,9                 |                |
| Ammoniumkväve (mg/l)            | 6,8                 | 6,6                 | 9,8                 |                |
| Nitritkväve (mg/l)              | 0,001               | 0,004               | 0,001               |                |
| Nitratkväve (mg/l)              | 0,14                | 0,023               | 0,01                |                |
| Suspenderad substans (mg/l)     | 540                 | 290                 | 1400                |                |
| pH                              | 6                   | 5,9                 | 5,9                 |                |
|                                 |                     |                     |                     |                |
| <b>2:a provtagningen (juli)</b> |                     |                     |                     |                |
| <b>Ingående</b>                 | <b>Mulchtower A</b> | <b>Mulchtower B</b> | <b>Mulchtower C</b> |                |
| BOD7 (mg/l)                     | 2300                | 2300                | 2300                | 2300           |
| Suspenderad substans            | 1700                | 1700                | 1700                | 1700           |
| pH                              | 7,4                 | 7,4                 | 7,4                 | 7,4            |
|                                 |                     |                     |                     |                |
| <b>Utgående</b>                 |                     |                     |                     |                |
| BOD7 (mg/l)                     | 820                 | 920                 | 790                 |                |
| Total fosfor (mg/l)             | 4,5                 | 9,1                 | 11                  |                |
| Total kväve (mg/l)              | 26                  | 60                  | 66                  |                |
| Ammoniumkväve (mg/l)            | 4,5                 | 5,8                 | 17                  |                |
| Nitritkväve (mg/l)              | 0,11                | 0,0013              | 0,01                |                |
| Nitratkväve (mg/l)              | 0,15                | 0,071               | 0,038               |                |
| Suspenderad substans (mg/l)     | 410                 | 970                 | 960                 |                |
| pH                              | 6,2                 | 6                   | 6,3                 |                |
|                                 |                     |                     |                     |                |
| <b>3:de provtagningen</b>       |                     |                     |                     |                |
| <b>Ingående</b>                 | <b>Mulchtower A</b> | <b>Mulchtower B</b> | <b>Mulchtower C</b> |                |
| BOD7 (mg/l)                     | 1400                | 1400                | 1400                | 1400           |
| Suspenderad substans            | 1000                | 1000                | 1000                | 1000           |
| pH                              | 7,3                 | 7,3                 | 7,3                 | 7,3            |
| Total kväve                     | 40                  | 40                  | 40                  | 40             |
|                                 |                     |                     |                     |                |
| <b>Utgående</b>                 |                     |                     |                     |                |
| BOD7 (mg/l)                     | 1400                | 770                 | 1100                |                |
| Total fosfor (mg/l)             | 5,2                 | 5,6                 | 7,8                 |                |
| Total kväve (mg/l)              | 31                  | 40                  | 40                  |                |
| Ammoniumkväve (mg/l)            | 3,9                 | 9,7                 | 13                  |                |
| Nitritkväve (mg/l)              | 0,001               | 0,006               | 2                   |                |
| Nitratkväve (mg/l)              | 0,015               | 0,042               | 3                   |                |
| Suspenderad substans (mg/l)     | 1400                | 430                 | 170                 |                |
| pH                              | 6,4                 | 5,8                 | 6,3                 |                |

|                             |                     |                     |                     |      |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
|                             |                     |                     |                     |      |
| <b>Utgående 2</b>           |                     |                     |                     |      |
| BOD7                        |                     |                     | 4100                |      |
| Suspenderad substans        |                     |                     | 3100                |      |
|                             |                     |                     |                     |      |
| <b>4:de provtagningen</b>   | <b>Mulchtower A</b> | <b>Mulchtower B</b> | <b>Mulchtower C</b> |      |
| <b>Ingående</b>             |                     |                     |                     |      |
| BOD7 (mg/l)                 | 4900                | 4900                | 4900                | 4900 |
| Suspenderad substans        | 3500                | 3500                | 3500                | 3500 |
| pH                          | 7,2                 | 7,2                 | 7,2                 | 7,2  |
| Total kväve                 | 75                  | 75                  | 75                  | 75   |
|                             |                     |                     |                     |      |
| <b>Utgående</b>             |                     |                     |                     |      |
| BOD7 (mg/l)                 | 1300                | 560                 | 1700                |      |
| Total fosfor (mg/l)         | 3,8                 | 4,4                 |                     |      |
| Total kväve (mg/l)          | 25                  | 37                  |                     |      |
| Ammoniumkväve (mg/l)        | 1,5                 | 6,3                 |                     |      |
| Nitritkväve (mg/l)          | 0,034               | 0,014               |                     |      |
| Nitratkväve (mg/l)          | 0,12                | 0,077               |                     |      |
| Suspenderad substans (mg/l) | 790                 | 300                 | 1600                |      |
| pH                          | 6,9                 | 6,7                 |                     |      |
|                             |                     |                     |                     |      |
| <b>Utgående 2</b>           |                     |                     |                     |      |
| BOD7                        |                     | 390                 | 880                 |      |
| Total fosfor (mg/l)         |                     |                     | 12                  |      |
| Total kväve (mg/l)          |                     |                     | 100                 |      |
| Ammoniumkväve (mg/l)        |                     |                     | 7,1                 |      |
| Nitritkväve (mg/l)          |                     |                     | 2,9                 |      |
| Nitratkväve (mg/l)          |                     |                     | 17                  |      |
| Suspenderad substans        |                     | 570                 | 950                 |      |
| pH                          |                     | 6,8                 | 6,5                 |      |

**Bilaga 3, okulärkontroll.**

| <b>Observationsdatum</b><br>/kontrollpunkter      | <b>Södra</b><br><b>anläggningen</b>                                                                        | <b>Mellersta</b><br><b>anläggningen</b>                                                                    | <b>Norra</b><br><b>anläggningen</b>                                                                        |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2007-05-02</b><br>Utseende på<br>mulchmaterial | <b>Uppstart av system</b><br>Ny mulch i filtren,<br>efterhand uppkom<br>mögelsvamp i<br>filterssubstratet. | <b>Uppstart av system</b><br>Ny mulch i filtren,<br>efterhand uppkom<br>mögelsvamp i<br>filterssubstratet. | <b>Uppstart av system</b><br>Ny mulch i filtren,<br>efterhand uppkom<br>mögelsvamp i<br>filterssubstratet. |
| Fukthalt                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          |
| Lukt                                              | -                                                                                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          |
| Aktivitet på m o.                                 | -                                                                                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          |
| Resorptionsnivå                                   | 0 cm                                                                                                       | 0 cm                                                                                                       | 0 cm                                                                                                       |
| Provtagning                                       | -                                                                                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          |
| Övrigt                                            | -                                                                                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          |
| <b>2007-05-26</b><br>Utseende på<br>mulchmaterial | Mögelsvamp<br>minskat.                                                                                     | Mögelsvamp<br>minskat.                                                                                     | Mögelsvamp<br>minskat.                                                                                     |
| Fukthalt                                          | Högre fuktighet pga.<br>att filtren börjat<br>belastats. Dock<br>relativt torrt.                           | Högre fuktighet pga.<br>att filtren börjat<br>belastats. Dock<br>relativt torrt.                           | Högre fuktighet pga.<br>att filtren börjat<br>belastats. Dock<br>relativt torrt.                           |
| Lukt                                              | En aning lukt när<br>locket öppnades.                                                                      | Ingen lukt.                                                                                                | Ingen lukt.                                                                                                |
| Aktivitet på m o.                                 | -                                                                                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          |
| Resorptionsnivå                                   | 0 cm                                                                                                       | 0 cm                                                                                                       | 0 cm                                                                                                       |
| Provtagning                                       | -                                                                                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          |
| Övrigt                                            | Kompostmask<br>planterades in.                                                                             | Kompostmask<br>planterades in.                                                                             | Kompostmask<br>planterades in.                                                                             |
| <b>2007-05-30</b><br>Utseende på<br>mulchmaterial | Mulchmaterialet ser<br>ut att ha fina<br>egenskaper, relativt<br>opåverkat. En aning<br>mögel fortfarande. | Mulchmaterialet ser<br>ut att ha fina<br>egenskaper, relativt<br>opåverkat. En aning<br>mögel fortfarande. | Mulchmaterialet ser<br>ut att ha fina<br>egenskaper, relativt<br>opåverkat. En aning<br>mögel fortfarande. |
| Fukthalt                                          | Oförändrat, syns dock<br>att filtren har börjat<br>användas.                                               | Oförändrat, syns dock<br>att filtren har börjat<br>användas.                                               | Oförändrat, syns dock<br>att filtren har börjat<br>användas.                                               |
| Lukt                                              | Ingen lukt.                                                                                                | Ingen lukt.                                                                                                | Ingen lukt.                                                                                                |
| Aktivitet på m o.                                 | God aktivitet på m o.<br>och mask. M.o. har<br>vandrat in från<br>omgivningen.                             | God aktivitet på m o.<br>och mask. M.o. har<br>vandrat in från<br>omgivningen.                             | God aktivitet på m o.<br>och mask. M.o. har<br>vandrat in från<br>omgivningen.                             |
| Resorptionsnivå                                   | 0 cm                                                                                                       | 0 cm                                                                                                       | 0 cm                                                                                                       |
| Provtagning                                       | -                                                                                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          |
| Övrigt                                            | -                                                                                                          | -                                                                                                          | -                                                                                                          |
| <b>2007-06-13</b><br>Utseende på<br>mulchmaterial | Ser ut att ha goda<br>egenskaper. Mögel<br>helt borta.                                                     | Ser ut att ha goda<br>egenskaper. Mögel<br>helt borta.                                                     | Ser ut att ha goda<br>egenskaper. Mögel<br>helt borta.                                                     |

|                           |                                                                                                                   |                                                                                                                                           |                                                                                                                   |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fukthalt                  | Oförändrat.                                                                                                       | Oförändrat.                                                                                                                               | Oförändrat.                                                                                                       |
| Lukt                      | Ingen lukt.                                                                                                       | Ingen lukt.                                                                                                                               | Ingen lukt.                                                                                                       |
| Aktivitet på m o.         | Högre aktivitet på m.o.                                                                                           | Högre aktivitet på m.o.                                                                                                                   | Högre aktivitet på m.o.                                                                                           |
| Resorptionsnivå           | 0 cm.                                                                                                             | 0 cm.                                                                                                                                     | 0 cm.                                                                                                             |
| Provtagning               | -                                                                                                                 | -                                                                                                                                         | -                                                                                                                 |
| Övrigt                    | -                                                                                                                 | -                                                                                                                                         | -                                                                                                                 |
| <b>2007-06-20</b>         | (ca 2 månader i drift)                                                                                            |                                                                                                                                           |                                                                                                                   |
| Utseende på mulchmaterial | Mulchmaterialet ser ut att ha fina egenskaper. Syns att filtret belastas lågt.                                    | Mulchmaterialet ser ut att ha fina egenskaper. Ser ut att ha goda egenskaper. Syns dock att detta filter utsätts för permanent nyttjande. | Mulchmaterialet ser ut att ha fina egenskaper.                                                                    |
| Fukthalt                  | Oförändrat.                                                                                                       | Oförändrat.                                                                                                                               | Oförändrat.                                                                                                       |
| Lukt                      | Ingen lukt.                                                                                                       | Ingen lukt.                                                                                                                               | Ingen lukt.                                                                                                       |
| Aktivitet på m o.         | God aktivitet på m.o.                                                                                             | God aktivitet på m.o.                                                                                                                     | God aktivitet på m.o.                                                                                             |
| Resorptionsnivå           | 0 cm.                                                                                                             | 5 cm.                                                                                                                                     | 0 cm.                                                                                                             |
| Provtagning               | 1:a provtagningen.                                                                                                | 1:a provtagningen.                                                                                                                        | 1:a provtagningen.                                                                                                |
| Övrigt                    | -                                                                                                                 | -                                                                                                                                         | -                                                                                                                 |
| <b>2007-06-21</b>         |                                                                                                                   |                                                                                                                                           |                                                                                                                   |
| Utseende på mulchmaterial | Ser ut att ha goda egenskaper. Syns att filtret belastas lågt.                                                    | Ser ut att ha goda egenskaper. Syns dock att detta filter utsätts för permanent nyttjande.                                                | Ser ut att ha goda egenskaper. Ser ut som om ett lågt flöde påverkar filtret.                                     |
| Fukthalt                  | Syns att filtret påverkas av det lägsta flödet.                                                                   | Syns att detta filter belastas näst intill permanent. Blöt mulch i det övre skiktet.                                                      |                                                                                                                   |
| Lukt                      | Ingen lukt                                                                                                        | Svag lukt när locket öppnas.                                                                                                              | Ingen lukt.                                                                                                       |
| Aktivitet på m o.         | God aktivitet på m.o.                                                                                             | Lägre aktivitet i det övre skiktet. God aktivitet på m.o. längre ner i mulchen.                                                           | Något lägre aktivitet på m.o. än övriga filter.                                                                   |
| Resorptionsnivå           | 0 cm                                                                                                              | 5 cm.                                                                                                                                     | 0 cm                                                                                                              |
| Provtagning               | -                                                                                                                 | -                                                                                                                                         | -                                                                                                                 |
| Övrigt                    | Den forcerade belastningen delas ut och startas upp. Nu börjar de olika flödena i filtren avspegla sig i mulchen. | Den forcerade belastningen delas ut och startas upp. Nu börjar de olika flödena i filtren avspegla sig i mulchen.                         | Den forcerade belastningen delas ut och startas upp. Nu börjar de olika flödena i filtren avspegla sig i mulchen. |
| <b>2007-06-29</b>         |                                                                                                                   |                                                                                                                                           |                                                                                                                   |



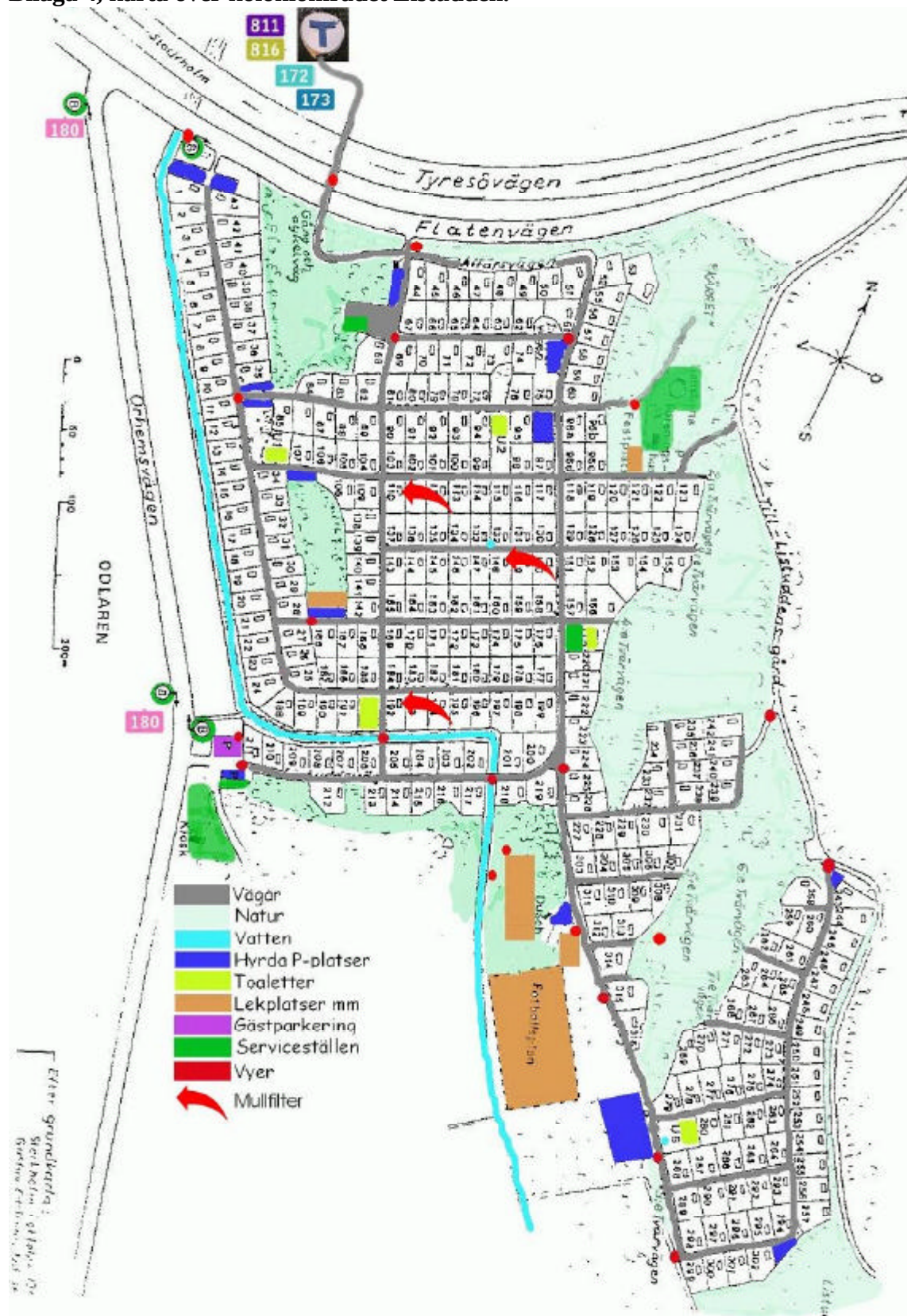
|                           |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                             |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Utseende på mulchmaterial | Inga matrester syns, ett lågt flöde påverkar filtret. Mulchmaterialet ser fint och luftigt ut.                             | Det syns att en högre belastning påverkar mulchmaterialet, dels pga. hög vistelsegrad samt forcerad belastning. En kloggning har skett i det översta skiktet.                                               | Syns att den forcerade belastningen påverkar filtret, en tätare struktur i det övre skiktet.                                                                                |
| Fukthalt                  | Oförändrat.                                                                                                                | Hög fuktighet i det översta skiktet. Lägre fukthalt längre ner i materialet.                                                                                                                                | Hög fuktighet i det översta skiktet. Lägre längre ner i materialet.                                                                                                         |
| Lukt                      | Ingen lukt                                                                                                                 | Svag lukt när locket öppnas.                                                                                                                                                                                | Ingen lukt.                                                                                                                                                                 |
| Aktivitet på m o.         | God aktivitet.                                                                                                             | Lägre aktivitet i det övre skiktet, högre längre ner.                                                                                                                                                       | God aktivitet.                                                                                                                                                              |
| Resorptionsnivå           | 0 cm.                                                                                                                      | 0 cm (lägre nivå än kontrollen den 21/6).                                                                                                                                                                   | 0 cm.                                                                                                                                                                       |
| Provtagning               | -                                                                                                                          | -                                                                                                                                                                                                           | -                                                                                                                                                                           |
| Övrigt                    | -                                                                                                                          | Filternät togs bort för att få direkt kontakt mellan matrester/forcering och filterytan.                                                                                                                    | Filternät togs bort för att få direkt kontakt mellan matrester/forcering och filterytan.                                                                                    |
| <b>2007-07-19</b>         |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                             |
| Utseende på mulchmaterial | Mulchmaterialet ser relativt opåverkat ut. Kvaliteten på materialet påminner om när behållaren fylldes på i början av maj. | Hög belastning, tät struktur i övre skiktet, mer luftig struktur längre ner. En gråaktig tätare struktur i det övre skiktet, detta skikt sprider ut vattnet samt leder till längre uppehållstid på vattnet. | Syns att systemet utsätts för en hög belastning, ligger ett lager av matrester/forcerad belastning på ytan av filtermaterialet. Fungerar även här som fördelare av vattnet. |
| Fukthalt                  | Relativt torr struktur på mulchmaterialet.                                                                                 | Hög fukthalt i övre skiktet, lägre längre ner.                                                                                                                                                              | Lägre fukthalt än mellersta anläggningen.                                                                                                                                   |
| Lukt                      | Påminner om vanlig kompost, när locket öppnas.                                                                             | Svag lukt när locket öppnas.                                                                                                                                                                                | Svag lukt när locket öppnas.                                                                                                                                                |
| Aktivitet på m o.         | God aktivitet.                                                                                                             | En lägre aktivitet kan konstateras i det övre skiktet, dock högre aktivitet längs sidorna                                                                                                                   | Mycket god aktivitet på m.o.                                                                                                                                                |

|                           |                                                                                        |                                                                                                  |                                                                                                         |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Resorptionsnivå           | 0 cm.                                                                                  | 5,5 cm.                                                                                          | 0 cm.                                                                                                   |
| Provtagning               | 2:a provtagningen.                                                                     | 2:a provtagningen.                                                                               | 2:a provtagningen.                                                                                      |
| Övrigt                    | -                                                                                      | -                                                                                                | -                                                                                                       |
| <b>2007-08-07</b>         | (ca 3 månader i drift)                                                                 |                                                                                                  |                                                                                                         |
| Utseende på mulchmaterial | Materialet har fin luftig struktur.                                                    | Ser ut som vid förra kontrollen. En kloggning på ytan, dock luftigare struktur från ~ 1 dm djup. | Uppsamlad forcerad belastning på ytan av filtermaterialet, ser fint och luftig ut ~ 1 dm ner.           |
| Fukthalt                  | Fuktig men betydligt torrare än mellersta och norra anläggningen.                      | Vatten stående på ytan, torrare längre ner.                                                      | Torrare än mellersta anläggningen men relativt blöt i det övre skiktet (0-1 dm).                        |
| Lukt                      | Påminner om vanlig kompost, när locket öppnas.                                         | Svag lukt när locket öppnas.                                                                     | Svag lukt när locket öppnas.                                                                            |
| Aktivitet på m o.         | God.                                                                                   | Lägre aktivitet i det övre blötare skiktet, aktiviteten är igång längre ner i materialet.        | God aktivitet under lagret av matrester/forcerad belastning.                                            |
| Resorptionsnivå           | 0 cm.                                                                                  | 5 cm.                                                                                            | 0 cm.                                                                                                   |
| Provtagning               | -                                                                                      | -                                                                                                | -                                                                                                       |
| Övrigt                    | -                                                                                      | -                                                                                                | -                                                                                                       |
| <b>2007-08-17</b>         |                                                                                        |                                                                                                  |                                                                                                         |
| Utseende på mulchmaterial | Materialet ser fint ut, det översta lagret påminner om jord.                           | Ett lager av matrester/forcerad belastning på ytan av mulchen.                                   | Ett lager av matrester/forcerad belastning på ytan av mulchen. En gråaktig färg i det översta skiktet.  |
| Fukthalt                  | Materialet känns torrt i det översta skiktet, men högre fukthalt längre ner i mulchen. | Hög fukthalt i det översta skiktet, men torrare längre ner samt kring sidorna.                   | Hög fukthalt, med avtagande fukthalt från ~ 1 dm djup samt kring sidorna av behållaren.                 |
| Lukt                      | Ingen lukt.                                                                            | En svag lukt när locket öppnas.                                                                  | En svag lukt när locket öppnas.                                                                         |
| Aktivitet på m o.         | Mycket god aktivitet.                                                                  | Hög aktivitet med början ~ 5 cm ner i mulchmaterialet.                                           | God aktivitet ~ 5 cm ner i mulchmaterialet. Högre aktivitet kring sidorna samt längre ner i materialet. |
| Resorptionsnivå           | 0 cm.                                                                                  | 6,5 cm.                                                                                          | 0 cm.                                                                                                   |
| Provtagning               | -                                                                                      | -                                                                                                | -                                                                                                       |
| Övrigt                    | -                                                                                      | -                                                                                                | -                                                                                                       |

|                           |                                                                                                          |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                     |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2007-08-29</b>         | (ca 4 månader drift)                                                                                     |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                     |
| Utseende på mulchmaterial | Materialet ser fint ut, det översta lagret påminner om jord.                                             | Tät struktur i översta skiktet, luftigare ~ 1 dm ner i materialet.                                                                                                           | Tät struktur i översta skiktet, luftigare ~ 5 cm ner i materialet.                                                                  |
| Fukthalt                  | Låg fukthalt.                                                                                            | Högre fukthalt än de andra anläggningarna, materialet är torrare längre ner.                                                                                                 | Hög fukthalt, dock lägre än i mellersta anläggningen.                                                                               |
| Lukt                      | Ingen lukt.                                                                                              | Svag lukt när locket öppnas.                                                                                                                                                 | Svag lukt när locket öppnas.                                                                                                        |
| Aktivitet på m o.         | God aktivitet trots det låga flödet.                                                                     | God aktivitet. Dock lägre än i de andra anläggningarna.                                                                                                                      | Mycket god aktivitet.                                                                                                               |
| Resorptionsnivå           | 0 cm.                                                                                                    | 7 cm.                                                                                                                                                                        | 0 cm.                                                                                                                               |
| Provtagning               | 3:e provtagningen.                                                                                       | 3:e provtagningen.                                                                                                                                                           | 3:e provtagningen.                                                                                                                  |
| Övrigt                    | -                                                                                                        | -                                                                                                                                                                            | Provtagning på provpunkt <sup>2</sup> efter InFilträ.                                                                               |
| <b>2007-09-07</b>         |                                                                                                          | luftig                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                     |
| Utseende på mulchmaterial | Opåverkat material, men påminner mer en vanlig jord vid denna tidpunkt.                                  | Den gråa färgen på mulchen är borta i övrigt tätare struktur 0- 1 dm ner i materialet, därefter ser materialet porösare ut.                                                  | Lager av matrester/forcerad belastning på ytan av filtermaterialet. Mulchen ser trots detta fin och luftig ut redan på 2-3 cm djup. |
| Fukthalt                  | Låg.                                                                                                     | Hög.                                                                                                                                                                         | Hög.                                                                                                                                |
| Lukt                      | Ingen lukt.                                                                                              | Svag lukt när locket öppnas.                                                                                                                                                 | Svag lukt när locket öppnas.                                                                                                        |
| Aktivitet på m o.         | God aktivitet.                                                                                           | Lägre aktivitet i övre mulchmaterial.                                                                                                                                        | Mycket hög aktivitet på organismer i materialet.                                                                                    |
| Resorptionsnivå           | 0 cm.                                                                                                    | 7 cm.                                                                                                                                                                        | 0 cm.                                                                                                                               |
| Provtagning               | -                                                                                                        | -                                                                                                                                                                            | -                                                                                                                                   |
| Övrigt                    | -                                                                                                        | -                                                                                                                                                                            | -                                                                                                                                   |
| <b>2007-09-19</b>         | (ca 5 månader i drift)                                                                                   |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                     |
| Utseende på mulchmaterial | Filtermaterialet är relativt opåverkat och ser i det närmaste ut som när det fylldes på i början av maj. | Uppsamlat vatten i ytskiktet, materialet är luckert 1-2 dm ner. Vattnet rinner undan direkt när materialet i det översta skiktet grävs igenom. Kloggning endast i ytskiktet. | Mulchmaterialet ser mycket fint ut. Alla matrester/forcerad belastning som noterades på ytan vid förra kontrollen är helt borta.    |
| Fukthalt                  | Låg.                                                                                                     | Blöt mulch i ytskiktet, men fina egenskaper längre ner                                                                                                                       | Ser ut att ha goda luft- och fuktegenskaper.                                                                                        |

|                                                |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lukt                                           | Ingen lukt.                                                                                                                                   | i materialet.<br>Ingen lukt, trots uppsamlat vatten i ytskiktet. En aning lukt vid omrörning i materialet.                                                                                           | Ingen lukt.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Aktivitet på m o.                              | God aktivitet, trots det låga flödet.                                                                                                         | God aktivitet från 1-2 dm djup.                                                                                                                                                                      | Mycket hög.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Resorptionsnivå                                | 0 cm.                                                                                                                                         | 7 cm.                                                                                                                                                                                                | 0 cm.                                                                                                                                                                                                                                                |
| Provtagning                                    | 4:e provtagningen.                                                                                                                            | 4:e provtagningen.                                                                                                                                                                                   | 4:e provtagningen.                                                                                                                                                                                                                                   |
| Övrigt                                         | -                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                                                                    | Provtagning på provpunkt <sup>2</sup> efter InFilträ.                                                                                                                                                                                                |
| <b>2007-09-28</b><br>Utseende på mulchmaterial | Ser ut som vid förra kontrollen.                                                                                                              | Blöt mulch, men ser fin ut 1-2 dm ner i materialet.                                                                                                                                                  | Mulchmaterialet ser i stort ut som vanligt kompostmaterial. Finns inga matretser/forcerad belastning på ytan av filtersubstratet. Från 1 dm ner har mulchen fina egenskaper. Finare egenskaper från 1 dm ned i materialet med avseende på fukt/luft. |
| Fukthalt                                       | Låg.                                                                                                                                          | Blöt mulch.                                                                                                                                                                                          | Ingen lukt.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Lukt                                           | Ingen lukt.                                                                                                                                   | Svag lukt när locket öppnas.                                                                                                                                                                         | Lägre aktivitet än förra kontrollen.                                                                                                                                                                                                                 |
| Aktivitet på m o.                              | God aktivitet, organismerna i filtermaterialet har inte vandrat ut ur behållaren.                                                             | Hög, dock en koncentration av ffa mask kring kanterna av behållaren, tyder förmodligen på den höga fukthalten.                                                                                       | Lägre aktivitet än förra kontrollen.                                                                                                                                                                                                                 |
| Resorptionsnivå                                | 0 cm.                                                                                                                                         | 11 cm                                                                                                                                                                                                | 0 cm.                                                                                                                                                                                                                                                |
| Provtagning                                    | -                                                                                                                                             | -                                                                                                                                                                                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Övrigt                                         | Temperaturen har vid detta tillfälle börjat dala samt att tillförseln av diskvatten har avtagit. Aktiviteten på markorganismerna har minskat. | Samma förutsättningar för mellersta anläggningen med avseende på temperatur, dock belastas detta filter konstant som en följd av att filtret används fullt ut tills att vattnet i området stängs av. | Temperaturen har vid detta tillfälle börjat dala samt att tillförseln av diskvatten har avtagit. Aktiviteten på markorganismerna har minskat.                                                                                                        |

**Bilaga 4, karta över koloniområdet Listudden.**



Översiktsbild över koloniområdet med placering av mullfilter.

**Bilaga 5. Medelvärden över halter smittämnen, syreförbrukande ämnen, närsalter samt miljöskadliga ämnen i avloppsvatten från ett hushåll (2,5 personer).**

| Ämne                                            | Innehåll i olika fraktioner |            |                               |                          | Miljöaspekt                                                           | Åtgärd som minskar miljöbelastningen                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 | Fekalier                    | Urin       | BDT                           | Organiskt hushållsavfall |                                                                       |                                                                                                                                                        |
| Smittämnen                                      | Mycket                      | Lite       | Sannolikt, dock relativt lite | ?                        | Hygienisk risk                                                        | Avskilja fekalier<br><br>Behandling i aeroba biologiska filter, ex. markbädd<br><br>Hygienzonering<br><br>Desinfektion                                 |
| BOD                                             | 6                           | 3          | 26                            | 27                       | Syretäring<br><br>Anoxiska förhållanden<br><br>Luktproblem            | Mekanisk avskiljning i ex. slamavskiljare<br><br>Mineralisering i ex. sandfilterbädd<br><br>Anaerob mineralisering ex. slamavskiljare                  |
| P, kg/hushåll och år                            | 0,5                         | 0,9        | 0,14                          | 0,38                     | Övergödning<br><br>Ändlig resurs                                      | Minska fosforbelastningen från tvättmedel<br><br>Separat omhändertagande av urin eller svartvatten.<br>Fastläggning i reaktivt filter, kemisk fällning |
| N, kg/hushåll och år                            | 1,4                         | 10         | 0,9                           | 1,4                      | Medför övergödning<br><br>Energikrävande tillverkning av handelskväve | Separat omhändertagande av urin eller svartvatten.<br>Behandling i aeroba eller anaeroba biologiska filter<br><br>Ex. markbädd/våtmark                 |
| K, kg/hushåll och år                            | 0,9                         | 2,3        | 0,5                           | 0,5                      | Ändlig resurs                                                         | Separat omhändertagande av urin eller svartvatten.                                                                                                     |
| Tungmetaller                                    | förekommer                  | Försumbart | Kan förekomma                 | Kan förekomma            | Toxiska för människor och ekosystem                                   | Förhindra förorening vid källan                                                                                                                        |
| Organiska miljögifter                           |                             | Försumbart | Kan förekomma                 | ?                        | Toxiska för människor och ekosystem                                   | Förhindra förorening vid källan<br><br>Behandling i aeroba biologiska filter                                                                           |
| Vatten liter/hushåll och dygn (Inkl spolvatten) | 25-40                       | 60-100     | 250-500                       | –                        | Bristvara på många ställen<br><br>Kräver energi vid uppvärmning       | Beteende<br><br>Vattensnål teknik                                                                                                                      |

Källa: SNV 4425 och JTI rapport och avfall nr 3.