

**INSTITUTIONEN FÖR NATURGEOGRAFI OCH KVARTÄRGEOLOGI
STOCKHOLMS UNIVERSITET**

DEPARTMENT OF PHYSICAL GEOGRAPHY
STOCKHOLM UNIVERSITY

Belastningsberäkning från enskilda avlopp med avseende på fosfor

- inom Vallentunasjöns avrinningsområde
och Täbys kommungränser

av

Johanna Ledin

EXAMENSARBETE I MILJÖSKYDD OCH HÄLSOSKYDD 2002

Institutionen för naturgeografi
och kvartärgeologi
Stockholms universitet

INSTITUTIONENS FÖRORD

Denna uppsats är utförd som ett examensarbete vid Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet. Examensarbetet ingår som en kurs inom magisterutbildningen Miljöskydd och Hälsoskydd, 40 poäng. Examensarbetets omfattning är 10 poäng (ca 10 veckors heltidsstudier).Handledare har varit universitetslektor Peter Schlyter, Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet och Gunilla Lindström-Jacobsson, miljökontoret i Täby.

Författaren är ensam ansvarig för examensarbetets innehåll.

Stockholm i december 2002

Anders Nordström
Universitetslektor, kursansvarig

Sammanfattning

Examensarbetet har utförts på Täby kommun och syftar till att inventera och inspektera enskilda avlopp inom Vallentunasjöns avrinningsområde i Täby kommun, samt att beräkna hur avloppen belastar omgivningen med avseende på fosfor. En jämförelse mellan olika beräkningsmodeller har utförts. I Sverige finns cirka en miljon enskilda avlopp och dessa står för lika mycket av fosforbelastningen till våra vattendrag som de kommunala avloppsreningsverken tillsammans. Fosfor är en ändlig resurs som har gödande effekt vilken tillsammans med kväve kan verka eutrofierande i våra sjöar och vattendrag.

För beräkningarna utformades 5 olika beräkningsmodeller där utgångspunkten är scenario 1 där en viss reningsgrad hos avloppsanläggningarna antagits. Denna modell har sedan utvecklats vidare där man har tagit hänsyn till olika viktiga faktorer, såsom infiltrationsanläggningens åldrande samt funktion.

Scenario 2 bygger på att en infiltrationsanläggning åldras och försämrar sin fosforbindande kapacitet med tiden. Scenario 3 bygger vidare på scenario 2 men hänsyn tas även till hur väl infiltrationsanläggningen fungerar. Scenario 4 utgår från ett beräknat medelvärde på reningskapaciteten hos alla reningsanläggningar som påträffades under inventeringen. Den sista modellen, scenario 5, kan ej direkt jämföras med scenario 1 pga att det beräknade utsläppet sker i närmaste vattendrag. I scenario 5 tas hänsyn till retentionen av fosfor i mark och vatten. Denna modell kan jämföras med scenario 3 som scenario 5 bygger vidare på.

Resultatet blev följande:

| Scenario | Fosforbelastning (kg/år) |
|----------|--------------------------|
| 1 | 61 |
| 2 | 85 |
| 3 | 97 |
| 4 | 147 |
| 5 | 91 |

En modell är en schematisk förenkling av verkligheten och resultatet måste bedömas utifrån den kunskapen. Resultaten visar inte på någon överensstämmande utan mer att resultatet är olika beroende på vilken beräkningsmodell som använts. För att se hur pass väl modellerna överensstämmer med verkligheten skulle provtagningar efter reningsanläggningarna behöva utföras. Jag anser att det går att använda sig av beräkningsmodellerna, scenario 1 och 2, i denna rapport för att få en grov skattning av hur mycket de enskilda avloppen som helhet belastar sin omgivning. Rapporten kan användas som ett inlägg för att gå vidare med arbete inom dessa frågor. Det behövs mer omfattande utredningar som bearbetar de frågor som uppkommit under arbetet med denna rapport.

Abstract

This is a report from a thesis project done at Täby municipal office during April - June 2002. The project is a part of the environmental- and health-protection program at Stockholm's University, embracing 10 credits.

The aim of the thesis project has been to invent and inspect private sewer systems in the drainage basin of the Vallentuna-lake and Täby municipality and to calculate the addition of phosphorus to the environment. The aim has also been to compare different models for such calculations.

Five different scenarios, of calculating phosphorus in soil water from private sewer systems, have been compared in this report. The scenarios differ in how high the degrees of purification are at the sewer systems for the waste water. The degree of purification for a infiltration plant depends on how old the infiltration plant is and how well it performs.

The results differ quite much, depending on which models that are used, table 1. The scenarios which I think are the most reliable are scenario 1 and 2. This report can according to the writer be used as inspiration for further more extensive investigations regarding these questions.

Results

| Scenario | Phosphorus (kg/year) |
|----------|----------------------|
| 1 | 61 |
| 2 | 85 |
| 3 | 97 |
| 4 | 147 |
| 5 | 91 |

Table 1. The amount of phosphorus from the 5 different scenarios.

| | |
|---|-----------|
| 1 SYFTE | 2 |
| 2 INLEDNING | 2 |
| 3 ALLMÄN BAKGRUND | 3 |
| 3.1 ENSKILDA AVLOPP | 3 |
| 3.2 FOSFOR OCH DESS KRETSLOPP | 3 |
| 3.3 KVÄVE OCH DESS KRETSLOPP..... | 4 |
| 3.5 EUTROFIERING I SJÖAR OCH VATTENDRAG | 4 |
| 3.4 MIKROBIELLA FÖRORENINGAR I ENSKILDA AVLOPPSANLÄGGNINGAR | 5 |
| 3.6 TEKNIK FÖR ENSKILDA RENINGSANLÄGGNINGAR..... | 5 |
| 3.6.1 <i>Egna reningsanläggningar</i> | 5 |
| 3.6.1.1 <i>Slamavskiljare</i> | 5 |
| 3.6.1.2 <i>Fördelningsbrunn</i> | 5 |
| 3.6.1.3 <i>Infiltrationsanläggning</i> | 5 |
| 3.6.1.4 <i>Markbädd</i> | 6 |
| 3.6.1.5 <i>Stenkista</i> | 6 |
| 3.6.2 <i>Paketreningsverk</i> | 7 |
| 3.6.3 <i>Sluten tank</i> | 7 |
| 4 LAGSTIFTNING | 7 |
| 5 KOMMUNAL AVLOPPSRENING | 9 |
| 6 INVENTERINGSOMRÅDE OCH METODER | 9 |
| 6.1 BESKRIVNING AV VALLENTUNASJÖN OCH AVRINNINGSSOMRÅDET | 9 |
| 6.2 METODIK..... | 10 |
| 6.2.1 <i>Inventering</i> | 10 |
| 6.3 BERÄKNINGSMETOD..... | 11 |
| 6.4 PARAMETISERING..... | 11 |
| 6.4.1 <i>Fosfor</i> | 11 |
| 6.4.2 <i>Permateringsgrad</i> | 12 |
| 6.4.3 <i>Reningseffektivitetens åldersberoende</i> | 12 |
| 6.4.4 <i>Reningsteknik</i> | 13 |
| 6.5 SCENARIO 1 | 13 |
| 6.6 SCENARIO 2..... | 13 |
| 6.7 SCENARIO 3..... | 14 |
| 6.8 SCENARIO 4..... | 14 |
| 6.9 SCENARIO 5..... | 15 |
| 7 RESULTAT | 15 |
| 7.1 SCENARIO 1 | 15 |
| 7.2 SCENARIO 2..... | 16 |
| 7.3 SCENARIO 3..... | 16 |
| 7.4 SCENARIO 4..... | 17 |
| 7.5 SCENARIO 5..... | 18 |
| 7.6 JÄMFÖRANDE AV RESULTAT | 19 |
| 8 DISKUSSION OCH SLUTSATSER | 19 |
| 8.1 LAGSTIFTNING | 19 |
| 8.3 METOD | 20 |
| 8.2 PARAMETISERINGEN..... | 20 |
| 8.4 ÅLDER..... | 20 |
| 8.5 JÄMFÖRELSE MED KOMMUNAL AVLOPPSRENING | 20 |
| 8.6 RESULTAT | 21 |
| 8.7 SLUTSATSER..... | 22 |

1 Syfte

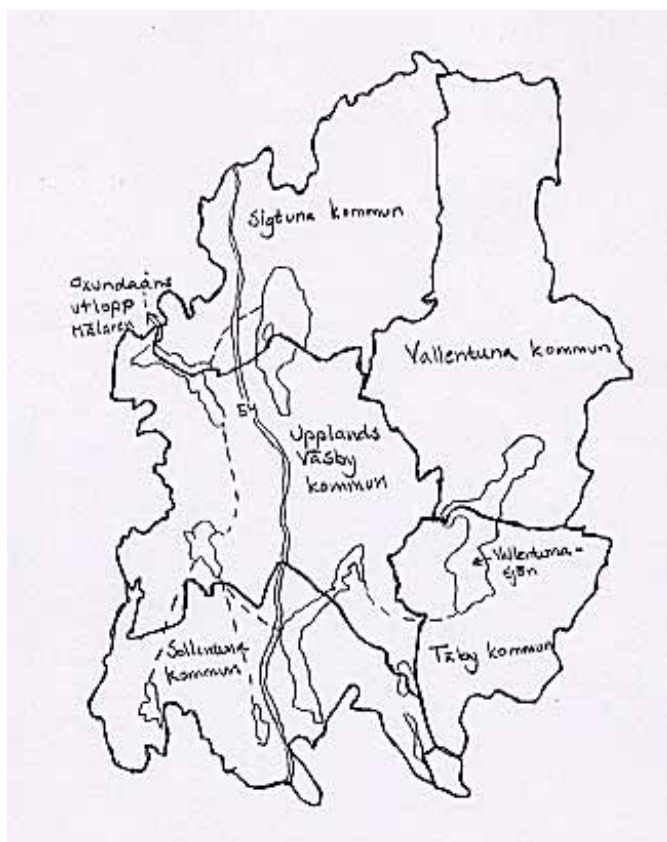
Arbetet syftar till att inventera och inspektera enskilda avlopp inom Vallentunasjöns avrinningsområde i Täby kommun, samt att beräkna hur avloppen belastar omgivningen med avseende på fosfor. Olika beräkningsscenarier har i detta sammanhang jämförts.

2 Inledning

Det redovisade arbetet har utförts inom ramen för påbyggnadsutbildningen Miljöskydd och hälsoskydd (40p) vid Stockholms Universitet under april – juni år 2002. Examensarbetets omfattning är 10 poäng och har utförts på Täby kommun

Arbetet utgör en fristående del inom Oxundaåns Vattenvårdsprojekt vilket är ett kommunöverskridande projekt. Syftet med projektet är att kartlägga vilka föroreningar som belastar Oxundaåns avrinningsområde som har sitt utlopp i dricksvattentäkten Mälaren. Medverkande kommuner i arbetet är de som innefattas av Oxundaåns avrinningsområde dvs Täby, Vallentuna, Sigtuna, Sollentuna, Upplands Väsby, se figur 1.

Med kartläggningen och med stöd av det framtagna åtgärdsförslaget skall kommunerna arbeta dels för att sjöar och vattendrag används så att biologisk mångfald och naturvärden bibehålls eller förbättras, samt för att förbättra vattenkvalitén i förorenade vattenområden. Arbetet syftar i stort till att säkerställa Mälaren som framtida vattentäkt. Projektet startade 1999 och har för närvarande mandat till år 2004 då en utvärdering om en eventuell förlängning skall ske. (Oxundaåns Vattenvårdsprojekt, 2001)



Figur 1. Oxundaåns avrinningsområde.

3 Allmän bakgrund

3.1 Enskilda avlopp

Enskilda avloppsanläggningar är många i Sverige, uppåt en miljon. Hälften av dessa hör till permanentbostäder. De enskilda avloppen i Sverige står för lika mycket av fosfortillförsel till våra vattendrag som de kommunala avloppsreningsanläggningarna tillsammans, (Johansson et al. 2002). Lagen kräver att man vid rening av avlopp skall ha bättre rening än endast slamavskiljning. Trots detta så saknar ungefär hälften av avloppsanläggningarna efterföljande reningssteg, (Johansson et al. 2002). Om man jämför antalet enskilda avlopp för permanentboende (ca 500 000 st.) med hur många hushåll det finns i Sverige (4 167 746 st.), så står de enskilda avloppen för 12 % av hushållen, fritidshus ej inräknade, (befolkningsuppgifter hämtade från Statistiska centralbyrån, 2002).

Inställningen till avloppsvattenrening håller fortlöpande på att ändras. För 40–50 år sedan såg man spillvattnet med dess näringsämnen endast som ett avfall man ville bli av med, medan man idag börjar se det som en resurs för vidare återföring till det naturliga kretsloppet, (Johansson et al. 2002). Tidigare hade man inte synsättet att det kan bli en fördröjning mellan påverkan och effekterna och att det inte nödvändigtvis följer ett linjärt samband. Reaktionen i ett vattenecosystem kan ta tiotals år eller generationer från det att någon förändring har gjorts i tillrinningsområdet till dess att effekterna visar sig. Problemet ligger i vårt kortsiktiga tänkande, vi måste tänka längre än politikernas mandatperioder eller vår egen livstid på jorden. (Björk, 1994).

Fastigheter som inte är anslutna till det kommunala avloppsnätet måste på egen hand, eller gemensamt i samfälligheter, rena sitt avlopp. Avloppsvattenreningen är av olika karaktär och har olika reningsgrader, dels beroende på anläggningarnas ålder men mycket beroende på vilken typ av anläggning det är och om det överhuvudtaget finns någon längre gående rening. Beroende på hur kommunens bestämmelser tidigare sett ut, och ser ut i dagsläget, så finns det olika varianter för omhändertagandet av avloppsvatten. Vissa fastigheter renar själv allt sitt spillvatten medan andra har en sluten tank för klosettvattnet och en egen reningsanläggning för BDT (Bad-, disk- och tvättvatten). Vissa fastigheter samlar allt sitt avloppsvatten till en sluten tank för vidare borttransport.

Det finns risker med att t ex infiltrera sitt eget avloppsvatten. Klosettvattnet innehåller en stor del av de termotoleranta coliformerna vilket utgör en hälsorisk vid kontaminering av dricksvattentäkter. Även BDT vattnet innehåller dessa bakterier men inte i lika stor utsträckning, (Naturvårdsverket, 1990).

3.2 Fosfor och dess kretslopp

Fosfor har ett relativt enkelt kretslopp beroende på att fosfor inte förekommer som gasformiga föroreningar, varför kretsloppet för fosfor inte innefattar atmosfären. Fosfat (PO_4^{3-}) är den enda i sammanhanget intressanta oorganiska formen som antingen förekommer som en del i en organism, löst i vatten, bundet i jorden eller i form av sten. Fosfor är ett livsviktigt ämne som behövs bl a i cellmembran, DNA, RNA och ATP (adonintrifosfat) samt till uppbyggandet av ben, tänder och skal. (Campbell 1996, <http://www.marietta> 2002). Fosfor är av stor betydelse inom jordbrukssektorn där det används som gödningsmedel tillsammans med kväve. Fosfor är en ändlig resurs varav kretsloppstänkande är särskilt viktigt i hanteringen med ämnet.

Växter tar upp fosfat, djur äter växterna och binder det i sin biomassa eller återför det till jorden eller vattnet i form av fekalier. När djuret dör återförs fosfaten med hjälp av

komposteringsreaktioner och cykeln är i gång med växtupptag som nästa steg. Från land läcker grund- och ytvatten innehållande fosfor till det akvatiska systemet. Fosfor ackumuleras i sedimenten och är en del i skapandet av nya stenar som i framtiden kommer upp på land efter landhöjning. Väl uppe på land kommer stenarna och bergen att påverkas av vind och vatten och en viss mängd fosfor kommer att eroderas och hamna i det terrestra eller akvatiska systemet. (Campbell 1996, <http://www.marietta> 2002).

3.3 Kväve och dess kretslopp

Kvävet är liksom fosfor ett livsviktigt ämne för oss, det återfinns i alla aminosyror som bildar proteiner samt i DNA. Luften består till ca 78% av kvävgas, men i den formen kan ej växter assimilera kvävet. Kvävet tas upp av växterna som nitratjon (NO_3^-) eller ammoniumjon (NH_4^+) genom att kvävefixerande bakterier kan reducera luftens kvävgas till ammoniumjoner. När nitrat hamnar i anaeroba förhållanden kan den denitrificeras (reduceras till kvävgas) och återgå till atmosfären. (Campbell 1996, Bydén et al. 1998, <http://www-vaxten.slu.se/ekologi/kvave.htm> 2002, <http://home.swipnet.se/~w-42502/vkk.htm> 2002)

Mänsklig påverkan är stor inom kvävet kretslopp, vi fixerar luftens kvävgas industriellt för att kunna använda den som gödselmedel till skogar och jordbruksmark. Genom förbränning släpper vi ut kväveoxider till atmosfären och en viss del av denna kommer åter till marken via nederbörd. På vintern tar inte växterna upp näringsämnen i Sverige och detta i kombination med att kvävetillförseln blivit för stor kan ge ett överskott på nitrat som då tillförs mark och vatten. (Campbell 1996, Bydén et al. 1998, <http://www-vaxten.slu.se/ekologi/kvave.htm> 2002, <http://home.swipnet.se/~w-42502/vkk.htm> 2002)

3.5 Eutrofiering i sjöar och vattendrag

Sjöar delas ofta in i två huvudgrupper, oligotrof och eutrof, beroende på hur mycket organiskt material de producerar. En oligotrof sjö är en näringsfattig sjö med ett lågt innehåll av organiskt material. Produktionen är låg pga låga halter av mineraler och näringsämnen som phytoplankton behöver. Sjön är som regel djup och har ett klart vatten med pH under 7 där bottenfaunan är låg till måttlig och har en botten som består av sten, grus samt dy. Dessa sjöar omges ofta av barrskog, berghällar och branta stränder. Den eutrofa sjön är som regel grundare, grumligare och har ett högt innehåll av organiskt material. Sjön är näringsrik och har en hög produktion med ett pH mer åt det basiska hållet. Botten består av lera och gyttja och faunan är riklig. Ofta omges dessa sjöar av odlingsmark med långsluttande stränder och har riklig vassväxt. (Campbell, 1996)

Dessa två typer av sjöar är naturligt förekommande och över en lång tidsperiod kan en oligotrof sjö övergå till en eutrof sjö. Detta är en normal övergång efter en lång periods tillförsel av näringsämnen, mineraler och sediment i direkta utsläpp eller från tillrinnande vattendrag. Problemet vi har i dag med eutrofieringen är att vi har påskyndat denna övergång drastiskt genom vårt levnadssätt och dålig hushållning med näringsämnena fosfor och kväve. Resultatet kan bli en explosionsartad produktion av fotosyntetiserande alger, algblooming. Även om det inte sker en algblooming så ökar planktonförekomsten vilket leder till grumligare vatten och det gynnar inte bottenvegetationen. När algerna dör och faller till botten använder sig nedbrytningsorganismerna av syre i sjön och pga den stora mängden döda alger kan detta medföra att syrebrist blir ett faktum i botten av sjön. Detta kan i sin tur leda till att bottenlevande djur slås ut. Allt detta leder till en minskning av antalet djur- och växtarter i vattnet även om vissa arter kan gynnas under dessa förhållanden så kan inte det kompensera förlusten av alla andra. (Campbell 1996, <http://www.environ.se> 2002).

3.4 Mikrobiella föroreningar i enskilda avloppsanläggningar

Reningsanläggningarna måste ha så pass bra funktion att de renar (bryter ner) sjukdomsalstrande mikroorganismer såsom parasiter, bakterier, virus. Både BDT och klosettvattnet innehåller dessa föroreningar men det är klosettvattnet som står för den största mängden. För att uppskatta mängden mikrobiella föroreningarna så räknas antalet termotoleranta coliformer vilka kan användas som indikator på färsk förorening av tarmbakterier vid vattenprovtagning. (Naturvårdsverket, 1990).

För att säkerställa att en vattentäkt inte kontamineras av ovanstående krävs ett visst skyddsavstånd vid införandet av en ny avloppsreningsanläggning. Avloppsvattnet renas med avseende på mikrobiella föroreningar främst i biohuden och i den omättade marken ovan grundvattenytan. Det vertikala skyddsavståndet mellan infiltrationsyta och högsta grundvattenyta är satt till 1 meter. Grundvattenytan varierar kraftigt under året men det är den högsta tänkbara grundvattenytan som skall beaktas. Det horisontella skyddsavståndet är starkt beroende på vilken mark vattnet rör sig i och är därför satt till att det ska motsvara en transportsträcka för grundvattnet på 2-3 månader. (Naturvårdsverket, 1990).

3.6 Teknik för enskilda reningsanläggningar

Nedan följer en beskrivning av några av de vanligaste avloppsanordningarna för enskilda hushåll inom vårt inventeringsområde. Det finns i huvudsak tre typer av reningsanläggningar:

1. Egna reningsanläggningar
2. Paketreningsverk
3. Sluten tank

3.6.1 Egna reningsanläggningar

Egna reningsanläggningar kan innehålla några av följande delar:

- Slamavskiljare
- Fördelningsbrunn
- Infiltrationsanläggning
- Markbädd
- Stenkista

3.6.1.1 Slamavskiljare

Avloppet kommer först till en slamavskiljare som kan bestå av 1-3 kammare, se figur 2. I dessa kammare ska de grova föroreningarna avskiljas och sedimenteras till botten. Flytslammet ligger kvar på ytan medan utloppet till nästa kammare ligger en bit nedanför. Sista kammaren ska ha ett T-rör vid utloppet för att säkerställa slamfritt vatten till nästa anläggning. Avskiljaren kommer med tiden att innehålla en tjockare slambeläggning och måste slamsugas med jämna mellanrum för att minska risken att infiltrationsdelen slammar igen eller om anläggningen är ansluten till ett minireningsverk minska belastningen på detta.

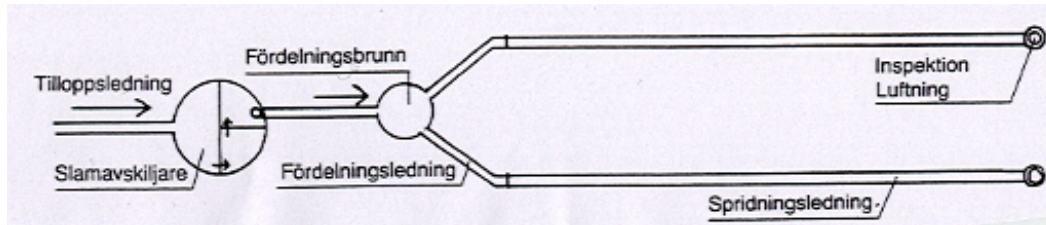
3.6.1.2 Fördelningsbrunn

Syftet är att dämpa inkommande vatten så att en lugn vattenyta bildas samt att fördela vattnet jämt över de olika spridningsledningarna, se figur 2. Fördelningsbrunn krävs bara om man har mer än en spridningsledning. I fördelningsbrunnen skall inget slam förekomma eftersom det ökar risken för att försämra infiltrationsanläggningen. (Naturvårdsverket 1990)

3.6.1.3 Infiltrationsanläggning

Avloppsvattnet rinner genom sand och jordlager där mikrobiologiska, fysikaliska och kemiska processer renar vattnet innan det når grundvattnet. Efter att ha använt infiltrationen i ca 1-1,5

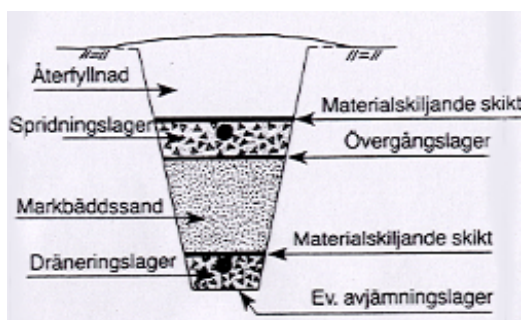
månader så bildas en såkallad biohud med mikroorganismer på infiltrationsmediet. Dessa organismer står för reningen av organisk substans och smittämnen i avloppsvattnet under förutsättning att området inte är vattenmättat. Enligt Naturvårdsverket avskiljs 60-80 % av fosfor ovan grundvattennivån. Räkna man in transporten i grundvattnet så sker nästan en total reduktion av fosfor. Kvävereduktionen är däremot enligt Naturvårdsverket lägre och beräknas ligga mellan 20-40 %. (Naturvårdsverket 1990, Johansson et al. 2002).



Figur 2. Principskiss för infiltrationsanläggning med fördelningsbrunn och slamavskiljare, Naturvårdsverket (1990).

3.6.1.4 Markbädd

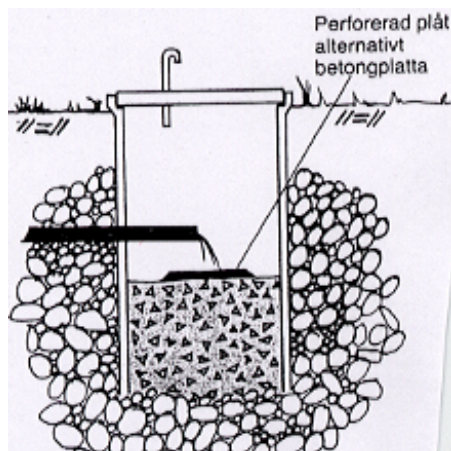
Markbädden fungerar enligt samma princip som infiltrationsanläggningen, dvs avloppsvattnet renas vid passage genom jord och sandlager. Detta alternativ väljs då de naturliga jordarterna inte är tillräckligt genomsläppliga (ex siltiga och leriga jordar) för en infiltration eller då man har extra högt krav på grundvattenskydd. Till skillnad från infiltrationsanläggningar har markbäddar en begränsad volym där infiltrationen kan ske innan vattnet leds ut till närmaste ytvattenrecipient. Detta begränsar markbäddens effektivitet att rena avloppsvattnet. En av orsakerna är att markbädden kan mättas med avseende på fosfor och reduktionen avtar då med tiden, en annan att reningen kan fortsätta i befintliga jordlager hos en infiltrationsanläggning men detta kan inte ske i en markbädd. Naturvårdsverket räknar med att fosforreduktionen under de första fem åren är ca 80 % men avtar efter 5-10 år till 50 % och efter 10-20 år avtar reduktionen till endast 25 %. Kvävet reduceras ungefär lika mycket i en markbädd som i en infiltrationsanläggning och Naturvårdsverket räknar med en 10-40 procentig rening. Markbäddssanden kan bytas vid behov om den till exempel sätter igen eller på annat sätt upphör att fungera. (Naturvårdsverket 1990, Johansson et al. 2002, Nilsson et al. 1998).



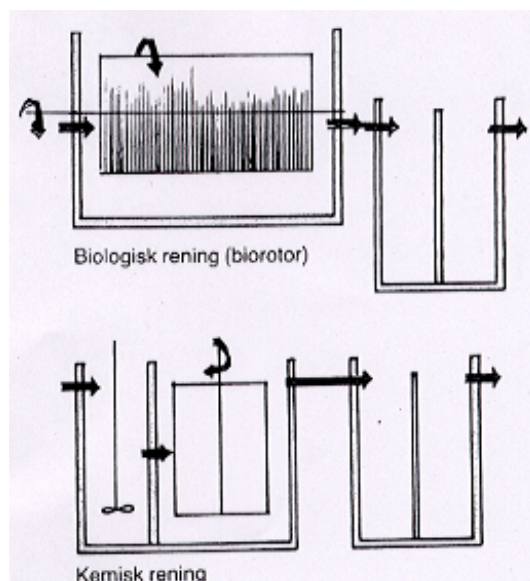
Figur 3. Tvärsnitt av markbädd, Naturvårdsverket (1990).

3.6.1.5 Stenkista

Detta är en reningsteknik som man kan hitta på äldre fastigheter. Stenkistan är en typ av infiltrationsanläggning, som består av en stenfylld grop vilket man leder avloppsvattnet till, se figur 3. Reningen är som regel inte tillräcklig och infiltrationen sker okontrollerat varför Naturvårdsverket anser att anläggningen endast ska användas till dagvattenhantering och inte för spillvatten. (Naturvårdsverket, 1990).



Figur 3. Stenkista, Naturvårdsverket (1990).



Figur 4. Typexempel på paketreningsverk, Naturvårdsverket (1990).

3.6.2 Paketreningsverk

Paketreningsverk är små reningsverk som kan anslutas direkt till spillvattenledningen, se figur 4. Vattnet kan renas med biologisk rening eller kemisk fällning eller bägge i en och samma anläggning. Enligt Naturvårdsverket är paketreningsverk inte det självklara alternativet utan främst då infiltration ej fungerar och där man kräver högre fosforreduktion än vad en markbädd kan ge. Problem har uppstått med dessa anläggningar pga att belastningen varierar och därmed reningen. Den kräver dessutom tillsyn och tillgång till el. Forskning sker dock på detta område och nya anläggningar finns på marknaden med allt bättre funktion. (Naturvårdsverket 1990, Johansson et al. 2002).

3.6.3 Sluten tank

Sluten tank finns ofta i kombination med en infiltrationsanläggning, där vattnet från WC går till tanken medan BDT - vattnet går till den egna reningsanläggningen. Det finns även fastigheter som har sitt BDT - vatten anslutet till den slutna tanken.

4 Lagstiftning

Både anläggning och drift av avloppsreningsanläggningar regleras av ett flertal bestämmelser i Miljöbalken. Dessutom tillkommer ett antal lagar, bestämmelser och allmänna råd som reglerar verksamheten. I tabell 1 finns en sammanställning som tar upp de viktigaste avsnitten.

Miljöbalken

| Kap | § | Punkt | Innehåll | Kommentar |
|-----|---|-------|--|--|
| 2 | 2 | | ”Allmänna hänsynsreglerna” | Vid anläggandet av en avloppsreningsanläggning gäller att de som avser att vidta en åtgärd såsom en avloppsanläggning är skyldiga att skaffa sig den kunskap som behövs för att skydda människors hälsa och miljön mot skada eller olägenhet. |
| 2 | 5 | | ”Alla som bedriver en verksamhet eller vidtar en åtgärd skall hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna till återanvändning och återvinning...” | Detta ställer högre krav på reningsanläggningarna än t ex en infiltration vilket försvarar kretsloppet av de närsalter som finns i avloppsvattnet. |
| 9 | 1 | 1 | ”Med miljöfarlig verksamhet avses utsläpp av avloppsvatten, fasta ämnen eller gas från mark, byggnader eller anläggningar i mark, vattenområden eller grundvatten,...” | Här innefattas all typ av miljöstörning oavsett om det är en lokal, regional eller global störning. |
| 9 | 2 | 1 | Med avloppsvatten avses spillvatten eller annan flytande orenlighet,... | I begreppet spillvatten är vatten från bad, disk, tvätt samt klosett inräknat, (Naturvårdsverket,1990). |
| 9 | 6 | 2 | ”Regeringen får föreskriva att det skall vara förbjudet att utan tillstånd eller innan anmälan har gjorts släppa ut avloppsvatten till mark, vattenområde eller grundvatten,...” | För att inrätta en avloppsreningsanläggning med WC krävs tillstånd hos den kommunala nämnden, medan det krävs anmälan för införandet av reningsanläggning för BDT – vatten enligt 13§ MHF 1998:899. Kommunen kan om det krävs för att skydda människors hälsa och miljön meddela lokala föreskrifter som kan kräva tillstånd för rening av BDT – vatten. Vattentoalett får inte anslutas till en befintlig avloppsanordning utan att tillstånd söks enligt MHF 13§. |
| 9 | 7 | 1 | ”Avloppsvatten ska avledas och renas eller tas om hand på något annat sätt så att olägenhet för människors hälsa eller miljön inte uppkommer. För detta ändamål ska lämpliga avloppsanordningar eller andra inrättningar utföras.” | I förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899) 12§ står det att det är förbjudet att släppa ut avloppsvatten från vattentoalett om det inte har genomgått längre gående rening än slamavskiljning. Det gäller inte då utsläppet kan göras utan risk för olägenhet för människors hälsa eller miljön. I Naturvårdsverkets Allmänna råd 87:6 kan man se två olika referensslamavskiljare utförda enligt svensk standard SS 82 56 25 vilka ska användas som riktlinjer vid byggnationer. För ett avlopp med endast BDT – vatten krävs en två kammarbrunn medan det krävs en trekammarbrunn för ett avlopp med WC inkopplat. Den krävda efterföljande reningen kan variera från fall till fall beroende på geologiska och hydrologiska förhållanden. |

Tabell 1. Lagstiftning enligt miljöbalken rörande enskilda avlopp.

Lagen definierar inte exakt vad som krävs för en avloppsreningsanläggning, men att det krävs längre gående rening för en anläggning med WC inkopplat än en anläggning med endast BDT - avlopp. De allmänna råden är inte bindande strikt juridiskt utan 9 kapitlets 7:e paragraf gäller att olägenhet inte får uppkomma för människors hälsa eller miljön. Det är sedan upp till varje tillsynsmyndighet att bedöma när olägenhet uppkommer vilket är orsaken till att avloppen bedöms olika i olika kommuner.

5 Kommunal avloppsrening

I Täby kommun är 69 126 personekvivalenter anslutna till Käppala avloppsreningsverk som bildades 1957 och ligger beläget på Lidingö, (Käppala Miljörapport, 2001). Utsläppet av det reade vattnet sker 50 meter under vattenytan vid Gåshaga på Lidingö.

Receptieförhållandena är här relativt goda genom att Mälaren har sitt utlopp vilket sätter avloppsvattnet i cirkulation, (Frida Österdahl, Käppalaverket 2002). Tillsammans med Stockholm vatten sker en kontroll av recipienten vid utsläppsplatsen. Verket renar vatten från motsvarande ca 500 000 personer och har ett medelflöde på ca 148 500 m³/dygn, (<http://www.kappala.se/upptagni.htm> 2002)

Under år 2001 var det sammanlagda flödet 53 miljoner m³, (Frida Österdahl, Käppalaverket 2002). Verket har krav på sig gällande utsläppsmängder vad gäller både fosfor och kväve enligt gällande EU direktiv. Kravet är att halten gällande fosfor i det reade vattnet skall understiga 0,3 mg/l och för kväve 15 mg/l. År 2001 innehöll det utgående vattnet 0,2 mg fosfor/l, vilket visar att verket klarar de uppsatta gränsvärden gällande fosfor. Inkommande avloppsvatten innehåller ca 6,2 mg fosfor per liter vilket visar på en reduktion av fosfor i reningsverket på ca 97 %, (Käppala Miljörapport, 2001). Räknar man om personekvivalenterna till antalet hushåll (räknat med 2,6 personer/hushåll, Kvarnäs 1998) kan man räkna ut hur mycket ett hushåll belastar Gåshaga med fosfor/år. Efter reningen i verket släpps ca 55 g fosfor per hushåll och år ut i Gåshaga.

6 Inventeringsområde och metoder

6.1 Beskrivning av Vallentunasjön och avrinningsområdet

Under 50- och 60-talet var Vallentunasjön recipient för en stor del av otillräckligt reat avloppsvatten från både Vallentuna och Täby samhälle, vilket ledde till en snabb försämring av sjöns vatten. Sedimentens fosforbindningskapacitet minskade och en ökning av fosfor i vattnet blev följden. 1969-70 så anslöts både Vallentuna och Täby till Käppala reningsverk och belastningen minskade men effekterna är fortfarande kvar med algbloomingar som följd. (Täby miljöårsplan 1991, Söderström 1991).

Vallentunasjön ligger till hälften i Vallentuna kommun och andra hälften i Täby kommun och sjön är 6,2 km lång varav 3,5 km är i Täby kommun. Sjön är inte så djup utan medeldjupet är 2,7 m och sjön har en volym på 15,4 miljoner m³ och skiktning sker inte under sommaren. Vallentunasjön är en naturligt näringsrik sjö (Täby miljöårsplan, 1991) som med tiden har blivit en hypereutrof sjö med algbloomingar på sommaren (Söderström, 1991). Omsättningstiden hos en sjö kan säga något om sjöns förmåga att klara en närsaltsbelastning. Generellt brukar man säga att sjön klarar en ökad belastning av närsalter om omsättningstiden är snabb. Vallentunasjön har en omsättningstid på ca 20 månader vilket kan jämföras med Mälaren som har en omsättningstid på 2,7 år och mindre sjöar kan i samband med snösmältning ha en omsättning på endast några dagar. (Vattenekosystem 1996, Täby miljöårsplan 1991, Söderström 1991)

Vallentunasjöns avrinningsområde innefattar både jordbruksmark, skogsområden, golfbanor, camping och delar av Täbys och Vallentunas samhälle. Angränsande området i Täby kommun är flackt och består till stor del av odlade lermarker, som under en tid har belastat sjön med närsalter. En sjösänkning har genomförts i Vallentuna sjön under åren 1989-90 vilket minskade sjöns volym med 25 %. (Täby miljövårdsplan 1991, Söderström 1991).

6.2 Metodik

6.2.1 Inventering

Enligt Täby kommun finns 102 fastigheter utan kommunalt avlopp belägna inom Vallentunasjöns avrinningsområde i Täby kommun, 26 av dessa saknade en avloppsreningsanläggning varför antalet fastigheter som ingår i arbetet blev 78. Innan inventeringen startades skickades enkäter ut till fastighetsägarna för att informera om projektet och kommande inspektion samt för att få in kompletterande information om reningsanläggningens typ och belägenhet.

För att underlätta inventeringen togs allt arkivmaterial fram rörande eventuella tillstånd och anmälan om avloppsreningsanläggningar, samt eventuella noteringar om problem som uppstått under drifttiden. I några av akterna fanns även kartor och ritningar bifogade med utförligare beskrivningar av anläggningen.

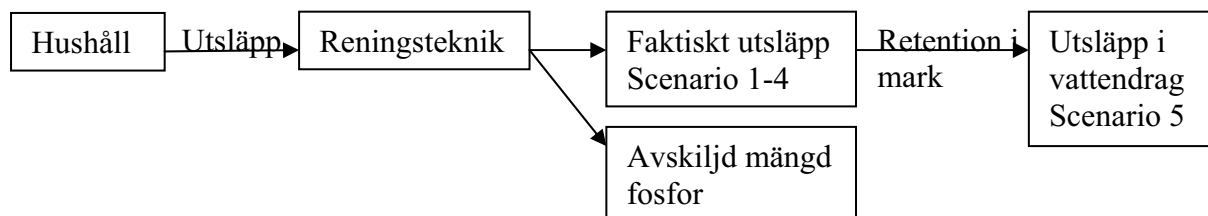
Själva inventeringen utfördes tillsammans med min handledare på Täby kommun, Gunilla Lindström- Jacobson. Inventeringen utfördes under april – maj år 2002. Under inventeringen mättes, i de fall där sprängda eller grävda vattenbrunnar fanns, även grundvattenytans djup.

Under inspektionen granskades reningsanläggningarna på följande egenskaper:

1. Slamavskiljaren:
 - Antal kamrar,
 - hur mycket slam som fanns i kamrarna,
 - att det inte fanns slam i sista kammaren,
 - om det fanns ett T-rör i utloppet från sista kammaren,
 - om avloppsvattnet stod över utloppet i sista kammaren,
 - om det fanns risk att anläggningen läckte (lågt vattenstånd i avskiljaren).
2. Fördelningsbrunn:
 - Att det inte fanns slam i denna,
 - att nivån för avloppet inte stod över utlopp,
 - avståndet mellan avloppsytan och markytan,
 - om spridningsledningarna var igensatta eller liknande.
3. Luftningsrör till infiltrationsanläggning:
 - Att vatten ej stod i luftningsröret.
4. Sluten tank:
 - Att tanken inte var full.
5. Om längre gående rening än slamavskiljare fanns. Skedde utsläppet direkt till dike, mark, stenkista eller dylikt.

6.3 Beräkningsmetod

Fem olika beräkningsscenarier ligger som grund för resultatet i denna rapport. Utgångspunkten är scenario 1 som sedan vidareutvecklas vilket gör det möjligt att jämföra resultaten med varandra. Det beräkningsscenario som kallas scenario 5 är dock ej jämförbar med alla de andra scenarierna, detta pga att det faktiska utsläppet avser en annan mätpunkt jämfört med de andra. Principen för scenarierna kan skissas schematiskt, se figur 5.



Figur 5. Principen för beräkningsscenarierna

Beräkningsscenarierna bygger på ovannämnda skiss där det är reningstekniken som skiljer de olika scenarierna åt. Beroende på hushållets storlek får man olika stor belastning, med avseende på fosfor, på avloppsreningsanläggningen. Reningsteknikens effektivitet är olika beroende på vilken typ av reningsanläggning som används, åldern på anläggningen samt hur pass väl reningsanläggningen fungerar. Det faktiska utsläppet syftar här till utsläppet direkt efter reningsanläggningen och tar ej hänsyn till transport i mark och vatten. Det är här scenario 5 skiljer sig från de andra scenarierna. I scenario 5 beräknas även retentionen av fosfor i mark och grundvatten fram till närmsta belägna vattendrag, varav det går att jämföra resultatet med scenario 3. En kartläggning över de olika scenarierna redovisas i tabell 2.

| Scenario | Reningsteknik |
|----------|---|
| 1 | Avloppsreningsanläggningens nominella effektivitet |
| 2 | Avloppsreningsanläggningens nominella effektivitet + åldersberoende |
| 3 | Avloppsreningsanläggningens nominella effektivitet + åldersberoende + funktionen hos anläggningen |
| 4 | Medelvärde av de olika reningsgraderna hos olika avloppsreningsanläggningar |
| 5 | Avloppsreningsanläggningens nominella effektivitet + åldersberoende + funktionen hos anläggningen + retentionen av fosfor under transporten i mark och vatten |

Tabell 2. Kartläggning av scenarierna.

6.4 Parametisering

Det finns två faktorer som är gemensamma för alla beräkningsscenarier och det är *schablonvärdet för fosfor* samt *permateringsgraden*. Sedan ändras reningsanläggningens effektivitet beroende på olika aspekter som beskrivs i respektive scenario.

6.4.1 Fosfor

Olika uppgifter finns rörande näringsinnehållet i ett avloppsvatten, men för beräkningarna utförda i denna rapport har värden hämtats från Sundberg (1995). Hänsyn har tagits till de svenska förhållandena beträffande närings- och metallinnehåll i spillvattnet. BDT - vattnets fosforhalt baseras på ett bakgrundsvärde plus 1992 års medelanvändning av fosfor i tvätt och övriga rengöringsmedel. Schablonvärdena är olika beroende på vilken typ av föroreningskälla som är ansluten, se tabell 3. Avloppsvatten från WC har en högre halt fosfor än BDT - vattnet.

| Parameter | BDT- vatten | WC | BDT + WC |
|-------------------------------|-------------|-----|----------|
| Totalfosfor (g/pers.*dygn) | 0,6 | 1,5 | 2,1 |

Tabell 3. Avloppsvattnets fosforinnehåll i två olika fraktioner, (Sundberg, 1995).

6.4.2 Permateringsgrad

Tillstånd och anmälningar granskades för att få reda på hur många som belastar avloppsreningsanläggningen. Även förfrågningar hos fastighetsägaren gjordes. Där uppgifter ej lämnats angående hur många som belastar avloppet och folkbokföringsuppgifter ej fanns har ett schablonvärde på 2,6 personer/hushåll antagits, (Kvarnäs, 1998). 78 fastigheter är med i beräkningen och uppgifter till 25 utav dessa är hämtade från folkbokföringsregistret och för 9 fastigheter fanns inga uppgifter varav schablonvärdet antagits. En golfklubb där uppgifter ej fanns och schablonvärdet verkade orimligt att använda räknades det fram hur många anläggningen var dimensionerad för. Med infiltrationsbäddens storlek som grund beräknades hur många som antogs belasta anläggningen, se (<http://www.natliken.se/mb/ar/nv/91-2/f91-2.asp> 2002, Allmänna råd 91:2), för beräkningsunderlag.

Belastningen per år har räknats beroende på om det är permanentboende eller fritidsboende. För permanentboende har 365 dagar/år antagits, hänsyn har inte tagits till semester, pendling, arbete m.m. Ett fritidsboende beräknas användas under 30 % av tiden dvs 109,5 dagar/ år vilket här har avrundats till 110 dagar/år, (Kvarnäs, 1998). Det finns även rapporter som visar att fosforinnehållet i avloppsvattnet är lägre i fritidsboende pga att man tvättar mindre m.m. men i denna rapport används samma schablonvärde hela tiden.

6.4.3 Reningseffektivitetens åldersberoende

Eftersom en infiltrationsanläggningens ålder anses vara av betydelse för dess reningseffektivitet, så har tillstånd och anmälningar granskats, gällande enskilda avloppsanläggningar, där det framgår vilket år avloppet anlades och eventuella förändringar som utförts under årens lopp. Dessa tillstånd har legat som grund vid bestämmandet av avloppsanläggningens ålder för beräkningarna till scenario 2,3 och 5. De äldre tillstånden är från 50-talet. Problemet var att bestämma efter hur lång tid en infiltrationsanläggning antas få sämre reningkapacitet och hur mycket reningen förändras. Eftersom inga rapporter hittades som tog upp problemet kontaktades universitetsadjunkten Åke Delteus, naturgeografen på Stockholms universitet, och riktvärden sattes upp för beräkningarna.

En markbädd antogs rena fosfor till 50 % efter 5-10 års drift och en infiltrationsanläggning borde hålla kapaciteten uppe en längre tid, (Naturvårdsverket 1990). Under 1987 kom Naturvårdsverket ut med nya anvisningar för byggande av avloppsreningsanläggningar. Innan 1987 vet man inte mycket om hur anläggningarna byggdes eller deras kvalitet. Dessa faktorer tillsammans medförde en gräns: att anläggningar byggda före 1987 dvs anläggningar äldre än 15 år endast renade fosfor till 50 % jämfört med 85 % för nyare.(Åke Delteus, 2002).

Alla fastigheter med avlopp fanns inte dokumenterade, varav ett kompletterande antagande har gjorts: Att de fastigheter där uppgifter ej funnits gällande avlopp är äldre än femton år och klassas därför som äldre avlopp. För 23 av avloppen som ingick i inventeringen fanns inga tillstånd eller anmälningar arkiverade. Dessa avlopp står för 29 % av alla avlopp och de har antagits vara avlopp av äldre karaktär.

6.4.4 Reningsteknik

Fosfor reduceras olika mycket beroende på vilken reningsmetod som används. Reningsgraderna som använts är tagna från Kvarnäs (1998). Om inget annat anges i beräkningsscenarierna så är det dessa reningsgrader som gäller, se tabell 4.

| Reningsmetod | Fosforreduktion (%) |
|--------------------------------|---------------------|
| Enbart slamavskiljning | 15 |
| Slamavskiljning + markbädd | 45 |
| Slamavskiljning + infiltration | 85 |
| Stenkista | 7 |
| Sluten tank | 100 |
| Ingen rening* | 0 |

* eget antagande

Tabell 4. Fosforreduktion i olika reningsanläggningar, Kvarnäs (1998).

För att få ut ett så riktigt värde på reningsanläggningarna som möjligt för det inventerade området har förutom reningsgraderna beskrivna i Kvarnäs (1998) rapport ytterligare en faktor adderats. Endel fastigheter hade ingen rening utan endast ett rör direkt från huset ut till dike eller mark och under sådana omständigheter renas fosfor obetydligt. Reningen är olika beroende på hur långt ifrån vattendraget avloppet släpps ut eller om det tillförs direkt till ett vattenförande dike. Kommer en kraftig regnskur rinner vattnet vidare direkt och vid torra är det tvärtom. Det svåra är att bedöma hur mycket en sådan här markavrinning renar med avseende på fosfor. Efter diskussion med Jörgen Hanaeus, ämnes företrädande för VA-teknik på institutionen för samhällsbyggnadsteknik på Luleås tekniska högskola, fastställdes ett riktvärde, nämligen att vid ytavrinning kan man räkna med att ca 1 % fosfor fastläggs på 10 meter. Eftersom det oftast inte handlar om mer än tio meter och ibland direkt utsläpp till diket så gjordes ett eget antagande: Finns ingen reningsanläggning så sker det ingen rening med avseende på fosfor.

6.5 Scenario 1

I detta scenario beräknas bruttobelastningen från en reningsanläggning, dvs hur mycket fosfor som en reningsanläggning släpper ut. Här beräknas hur mycket varje enskild fastighet belastar sin direkta omgivning med fosfor. Ingen retention i mark, grundvatten eller vattendrag är med i denna beräkning.

Scenario 1 kan användas utan inventeringsdata. Med hjälp av arkivmaterial kan man få reda på vilken typ av reningsanläggning det är samt om det är fritidsboende eller permanentboende. Folkbokföringsregistret, eller en schablonisering, ger antalet personer i hushållet. I denna rapport har inventeringen legat till grund för antalet personer som belastar avloppsreningsanläggningen. I scenarioberäkningen har dock inventeringen haft betydelse eftersom anläggningar som släpper ut avloppet direkt till dike eller pumpar ut avloppsvattnet från slamavskiljaren till marken har beräknats efter det, även om det stod andra uppgifter i arkivmaterialet.

6.6 Scenario 2

I Kvarnäs (1998) rapport har inget antagande gjorts gällande reningsreduktionens förhållande till åldern på avloppsreningsanläggningen. För beräkningarna i detta scenario har ett sådant antagande gjorts, scenariot 2 är som scenario 1 men ett åldersberoende har lagts på i beräkningarna gällande infiltrationsanläggningar. För detta scenario krävs inga kostsamma inventeringsförfaranden utan uppgifter skall kunna hämtas från arkiv och schabloniseringar.

6.7 Scenario 3

Vid inspektionen av infiltrationsanläggningarna kontrollerades luftningsrören i slutet av fördelningsrören för att se om dom var torra eller inte. Tyvärr var det många anläggningar som inte uppfyllde kraven på en fungerande infiltration, vilket ledde till att scenariot för beräkningarna fortfarande kändes bristfällig. För att komma till rätta med detta i beräkningarna kontaktades kunniga inom området för att få generella riktvärden att grunda beräkningarna på, men det visade sig vara många olika faktorer som spelade in. Efter samtal med Jörgen Hanaeus insågs den komplexa situationen, som kräver mer studier för att kunna utredas tillräckligt. Att en infiltrationsanläggning har vatten i luftningsrören kan bero på att en tvättmaskin just tömt sitt vatten vid inspektionstillfället, varav det ser ut som om anläggningen inte fungerar. Andra tänkbara orsaker är att grundvattennivån vid just den tidpunkten är onormalt hög och påverkar infiltrationsanläggningen till det sämre, medan anläggningen de resterande 10- 11 månaderna fungerar bra. Även om det står vatten i luftningsrören så kan en rening ske av fosfor genom att fosfor fastläggs i de ytligare marklagren men reningen är inte lika effektiv.

Under perioden april-maj år 2002 utfördes inventeringen av avloppen. Under samma period var det högt vattenstånd i många vattendrag och sjöar runtom i Sverige, bla Mälaren som låg ungefär en ½ m ovan normalt vattenstånd. Efter samtal med Per Stribeck representant från Fiskevårdsföreningen för Vallentunasjön framgick att vattenståndet varit ovanligt högt under denna period även i Vallentunasjön. Under inventeringen besöktes fastigheterna endast en gång för kontroll av funktionen, vilket borde kompletteras med minst ett besök till för att se vilka faktorer som är av betydelse.

Åke Delteus, kontaktades och riktvärden fastslogs för beräkningarna. Eftersom vattenståndet i länet under denna period varit högt konstaterades att det skulle beaktas i beräkningarna. För beräkningarna bestämdes tillsammans med Åke Delteus följande: Inom ett avstånd på 100 meter från Vallentunasjön accepteras vatten upp till tio centimeter i luftningsrören. Överstiger vattenpelaren 10 cm räknas endast med 50 % rening i avseende på fosfor. Orsaken till detta är det höga vattenståndet som antas påverka infiltrationsanläggningen och det är troligt att anläggningen fungerar under de resterande månaderna. Avloppen närmast Vallentunasjön påverkas mest av det höga vattenståndet varav gränsen på 100 meter verkade rimlig. För avlopp belägna mer än hundra meter från Vallentunasjön har en gräns dragits att det är acceptabelt med fem centimeter vatten i luftningsrören. Överstiger vattennivån fem centimeter antas endast 50 procentig rening i anläggningen. Observera att detta scenario kräver en inspektion.

6.8 Scenario 4

Scenariot är baserat på de avloppsreningsanläggningar som förekommit under inventeringen och bygger på ett medelvärde av de olika reningsgraderna för anläggningarna, se tabell 5. Hänsyn har tagits då avloppsvattnet släppts ut direkt till mark eller dike och då har antagandet gjorts att ingen rening av fosfor sker. Anläggningarna har inte kvoterats beroende på hur många som funnits i fält och hänsyn tas inte till infiltrationsanläggningarnas ålder eller funktion. Tanken med detta scenario är att se hur bra medelvärdet överensstämmer med scenario 1, då kan man använda detta medelvärde på kommande beräkningar för att slippa inventering och arkivsökning.

| Reningsmetod | Fosforreduktion (%) |
|--------------------------------|---------------------|
| Enbart slamavskiljning | 15 |
| Slamavskiljning + markbädd | 45 |
| Slamavskiljning + infiltration | 85 |
| Stenkista | 7 |
| Ingen rening* | 0 |
| Medel | 30,4 |

* Eget antagande

Tabell 5. Medelvärde för olika reningsanläggningar

6.9 Scenario 5

Detta scenario räknar med retentionen av fosfor i transporten till närmaste vattendrag, samt åldersberoendet och infiltrationens funktion. För denna uträkning krävs uppgifter på avståndet till närmaste vattendrag ligger. Under inventeringen var de öppna dikerna synbara och information gavs ibland av fastighetsägarna om vart de täckta dikerna befann sig. Problemet var att man inte alltid såg något vattendrag eller fick reda på var täckdikningen befann sig, så underlaget för beräkningarna skulle bli dåligt. Istället användes kommunens kartdatorprogram, Solen, för att få uppgifter som baserades på förhoppningsvis samma undersökning. I kartprogrammet var öppna diken markerade så det lätt gick att mäta avståndet mellan avloppsreningsanläggningen och vattendraget. Det fanns dock inget krav på hur stort vattendraget skulle vara för att få vara med på kartan, vilket gör att man inte vet vilken skala man utgår ifrån.

I rapporten "Modellering av näringsämnen i Storsjön och dess tillrinningsområde" har en sådan här nettobelastning utförts där man reducerar varje utsläpp med en reduktionsfaktor beroende på avståndet till närmaste vattendrag. I denna rapport har ett antal hypoteser om retentionens storlek testats med både exponentiella och linjära avtaganden. I rapporten har man kommit fram till att ett linjärt avståndsberoende + 0,2 är det som ger bästa resultatet. Omräkningsfaktorerna för utsläpp av fosfor har tagits därifrån för beräkningarna i denna rapport, se tabell 6.

| Avstånd från vattendrag (m) | Omräkningsfaktor |
|-----------------------------|------------------|
| 0-200 | 1 |
| 200-400 | 0,8 |
| 400-600 | 0,7 |
| 600-800 | 0,5 |
| 800-1000 | 0,4 |
| >1000 | 0,2 |

Tabell 6. Omräkningsfaktorer enligt linjär avståndsberoende + 0,2.

7 Resultat

7.1 Scenario 1

För beräkningarna till scenario 1 har formeln nedan använts. Resultatet av beräkningen redovisas uppdelat i fyra olika delar beroende på vilket avlopp som är påkopplat samt om det är permanentboende eller inte, se tabell 7. Beräkningarna finns i bilaga 1.

Utsläpp (BDT/wc) × antalet personer × antalet dagar × reningsgraden × 0,001 = Hur mycket fosfor i kg/år som släpps ut från varje fastighet.

Utsläpp av fosfor beräknas i antalet gram per person och dygn innan reningsanläggningen.

| | Antal fastigheter | Fosforbelastning (kg/år) |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| BDT, Permanentboende | 32 | 11,9 |
| Wc + BDT, Permanentboende | 40 | 42,6 |
| BDT, Fritidsboende | 4 | 0,61 |
| Wc + BDT, Fritisboende | 2* | 5,9 |
| Summa | 78 | 61 (räknat med 3 decimaler) |

* Golfbanan är en av fastigheten med en belastning på 50 personekvivalenter.

Tabell 7. Fosforbelastning enligt scenario 1.

7.2 Scenario 2

För beräkningarna antogs följande:

- En slamavskiljare + infiltrationsanläggning som är äldre än 15 år dvs anlagda innan 1987 renar i avseende på fosfor endast 50%.
- En slamavskiljare + infiltrationsanläggning yngre än 15 år renar fosfor upp till 85 %.

Med det givna antagandet gjordes beräkningarna enligt följande formel, resultatet av beräkningarna visas i tabell 8 och beräkningsmodellen i bilaga 2. Jämför man scenario 1 och resultatet som framkom i nedanstående beräkning kan man se att utsläppet av fosfor ökande med 39% när en åldersberoende faktor adderades.

Utsläpp (BDT/wc) × antalet personer × antalet dagar × reningsgraden (gammal/ny anläggning) × 0,001 = Hur mycket fosfor i kg/år som släpps ut från varje fastighet.
Utsläpp av fosfor beräknas i antalet gram per person och dygn innan reningsanläggningen.

| | Antal fastigheter | Fosforbelastning (kg/år) |
|---|-------------------|---------------------------------------|
| BDT, gammalt avlopp, permanentboende | 30 | 14,1 |
| BDT, nya avlopp, permanentboende | 2 | 0,3 |
| Wc + BDT, gammalt avlopp, permanentboende | 21 | 53 |
| Wc + BDT, nya avlopp, permanentboende | 19 | 11,0 |
| BDT, gammalt avlopp, fritidsboende | 4 | 0,65 |
| Wc + BDT, nya avlopp, fritidsboende | 2* | 5,9 |
| Summa | 78 | 85 (räknat med 3 decimaler) |

* Golfbanan är en av fastigheten med en belastning på 50 personekvivalenter.

Tabell 8. Fosforbelastningen beräknat beroende på infiltrationsanläggningens ålder.

7.3 Scenario 3

Följande antaganden har gjorts:

- Ett avlopp som ligger inom hundra meters avstånd till Vallentunasjön antas ha fullgod rening, med avseende på fosfor, även med vatten upp till tio centimeter i luftningsrören.
- Ett avlopp som ligger inom hundra meters avstånd till Vallentunasjön och har mer än 10 cm vatten i luftningsrören antas ge en 50 procentig rening gällande fosfor.
- Avlopp placerade längre bort än 100 m från Vallentunasjön vilka har upp till fem centimeter vatten i luftningsrören antas ge fullgod rening gällande fosfor, dvs 85%.

- Avlopp anlagda längre bort än 100 m från Vallentunasjön vilka har mer än 5 cm vatten i luftningsrören antas ge en 50 procentig rening i avseende på fosfor.

Beräkningarna har utförts enligt nedanstående formel och resultatet visas i tabell 9.

Beräkningarna finns i bilaga 3. Vid jämförelse av resultatet med scenario 1 kan man se att fosforutsläppet ökat med 59 %. Scenario 3 bygger vidare på scenario 2 (en funktionsfaktor har lags på). Vid jämförelse mellan dessa två scenarier så har utsläppet ökat med 12 kg P/år för scenario 3.

Utsläpp (BDT/wc) × antalet personer × antalet dagar × reningsgraden (gammal/ny anläggning, samt funktionen på infiltrationen) × 0,001 = Hur mycket fosfor i kg/år som släpps ut från varje fastighet.

Utsläpp av fosfor beräknas i antalet gram per person och dygn innan reningsanläggningen.

| | Antal fastigheter | Fosforbelastning (kg/år) |
|---|-------------------|---------------------------------------|
| BDT, gammalt avlopp, permanentboende | 30 | 14,1 |
| BDT, nya avlopp, permanentboende | 2 | 0,5 |
| Wc + BDT, gammalt avlopp, permanentboende | 21 | 54,4 |
| Wc + BDT, nya avlopp, permanentboende | 19 | 21,2 |
| BDT, gammalt avlopp, fritidsboende | 4 | 0,6 |
| Wc + BDT, nya avlopp, fritidsboende | 2* | 6,2 |
| Summa | 78 | 97 (räknat med 3 decimaler) |

*Golfbanan är en av fastigheten med en belastning på 50 personekvivalenter.

Tabell 9. Fosforbelastningen beräknat på infiltrationsanläggningens funktion samt ålder.

För att komma tillrätta med ovanstående problem gjordes ett försök att mäta grundvattenytor i närliggande brunnar och dessa markerades ut på kartor med höjdkurvor. Dessa nivåer skulle sedan jämföras mot avloppets nivå för att se grundvattnets inverkan. Problemet var att det inte alltid fanns grävda eller sprängda brunnar som ytan kunde mätas i. Dessutom fanns inte höjdkurvor för alla fastigheter som ingick i inventeringen. Detta ledde till att ingen jämförelse mellan avloppets nivå och grundvattnet gjordes i slutändan och ovanstående antogs istället.

7.4 Scenario 4

I detta scenario beräknas fosforbelastningen utifrån ett medelvärde på avloppsreningsanläggningarna som funnits inom inventeringsområdet. Anläggningarna har inte kvoterats beroende på hur många som funnits i fält och hänsyn tas inte till infiltrationsanläggningarnas ålder eller funktion. Resultatet ses i tabell 10 och beräkningarna i bilaga 4.

Utsläpp (BDT/wc) × antalet personer × antalet dagar × 0,696 (medelreningsfaktorn) × 0,001 = Hur mycket fosfor i kg/år som släpps ut från varje fastighet.

Utsläpp av fosfor beräknas i antalet gram per person och dygn innan reningsanläggningen

| | Antal fastigheter | Fosforbelastning (kg/år) |
|---------------------------|-------------------|--|
| BDT, Permanentboende | 32 | 19,6 |
| Wc + BDT, Permanentboende | 40 | 99,6 |
| BDT, Fritidsboende | 4 | 0,5 |
| Wc + BDT, Fritidsboende | 2* | 27,3 |
| Summa | 78 | 147,0 (räknat med 3 decimaler) |

*Golfbanan är en av fastigheten med en belastning på 50 personekvivalenter.

Tabell 10. Fosforbelastningen enligt scenario 4.

Detta scenario är det som skiljer sig mest från scenario 1 i utsläppsmängd. Enligt beräkningarna gjorda i scenario 4 har fosforutsläppet ökat med 147% jämfört med scenario 1.

7.5 Scenario 5

Här beräknas hur mycket av fosfor som når närmaste recipient, ett vattendrag, eftersom en viss del av fosfor fastläggs i marken under transporten till vattendraget, se tabell 11 och beräkningar i bilaga 5. Detta scenario bygger vidare på scenario 2 och 3.

Utsläpp (BDT/wc) × antalet personer × antalet dagar × reningsgraden (gammal/ny anläggning, samt funktionen på infiltrationen) × 0,001 × omräkningsfaktor (för fosforretentionen) = Hur mycket fosfor i kg/år som belastar vattendragen.

Utsläpp av fosfor beräknas i antalet gram per person och dygn innan reningsanläggningen.

| | Antal fastigheter | Fosforbelastning (kg/år) |
|---|-------------------|---|
| BDT, gammalt avlopp, permanentboende | 30 | 14,0 |
| BDT, nya avlopp, permanentboende | 2 | 0,5 |
| Wc + BDT, gammalt avlopp, permanentboende | 21 | 51,0 |
| Wc + BDT, nya avlopp, permanentboende | 19 | 19,7 |
| BDT, gammalt avlopp, fritidsboende | 4 | 0,6 |
| Wc + BDT, nya avlopp, fritidsboende | 2* | 5,1 |
| Summa | 78 | 90,8 (räknat med 3 decimaler) |

*Golfbanan är en av fastigheten med en belastning på 50 personekvivalenter.

Tabell 11. Nettofosforbelastningen i närmaste vattendrag.

Scenario 5 går ej att jämföra på samma sätt som de andra scenarierna men en jämförelse går att göra med scenario 3 pga att detta scenario har varit grund för scenario 5. I det sista scenariot har jag förutom ålder och funktion hos infiltrationsanläggningarna även tagit hänsyn till hur långt avloppet ligger ifrån närmaste vattendrag och därefter beräknat hur mycket avloppsvattnet belastar närmaste ytvattenrecipient. Det man kan se är att belastningen har minskat med 6 % under transporten till recipienten. Minskningen beroende på retentionen bedöms marginell med tanke på hur stora skillnader det är i resultaten från de olika beräkningsscenierna.

7.6 Jämförande av resultat

Jämför man resultatet från de olika scenarierna kan man se att de flesta ligger på ett beräknat utsläpp mellan 60-100 kg fosfor/år, med undantag från scenario 4 som har betydligt större beräknat utsläpp, se diagram 1.

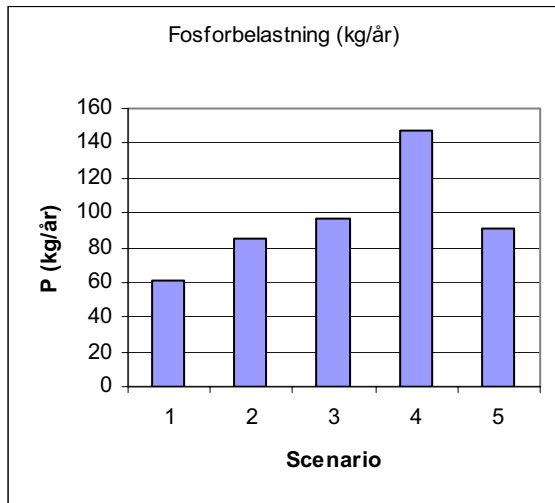


Diagram 1. Beräknat fosforutsläpp av de olika scenarierna.

8 Diskussion och Slutsatser

8.1 Lagstiftning

Enligt förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899) är det förbjudet att släppa ut avloppsvatten från en vattentoilet om det inte har genomgått längre rening än slamavskiljning. I förordningen står däremot inget gällande BDT- vattnet. Man måste därför ställa sig frågan om det verkligen krävs längre gående rening och i så fall i vilket sammanhang. För att kunna kräva längre gående rening för ett BDT – vatten anser jag att man måste hänvisa till 9 kap 7 § punkt 1 *att utsläppet ska göras utan risk för olägenhet för människors hälsa eller miljön*. Detta medför att man i varje enskilt fall borde göra en bedömning om det kan uppstå en olägenhet eller inte. En sådan olägenhet kan även vara lokal, exempelvis kontaminering av en dricksvattentäkt. Hur strängt man tolkar denna lag och förordning är olika från kommun till kommun men även från handläggare till handläggare.

Många väljer infiltrationsanläggningar som efterföljande reningssteg för avloppsvattnet även om miljöbalken säger att man skall *utnyttja möjligheterna till återanvändning och återvinning*. I en infiltration försvåras kretsloppet av närsalterna som finns i avloppsvattnet och återanvändningen blir dålig. Fosfor, som är en ändlig resurs, är viktig att återföra till kretsloppet. Ny forskning fortgår gällande avloppsreningsanläggningar och det finns fler alternativ än markbädd och infiltration, vilka fortfarande är de vanligaste lösningarna. Genom att separera avloppet vid källan (ex urinseparation) kan man använda sig av avloppsvattnet till olika ändamål vilket ger mer kretsloppsanpassade lösningar. Hur pass hårda krav man ska ställa på den enskilde fastighetsägaren att kretsloppsanpassa sin avloppsreningsanläggning måste ställas i relation till kostnader och den eventuella miljövinsten. I dessa frågor som rör enskilda personer bör man bedöma risker och miljöpåverkan i varje enskilt fall. En viktig faktor är recipientförhållandet, hur mycket tål den aktuella recipienten. En känslig recipient kräver högre reningsgrad hos anläggningen än en tålig recipient. Dessutom måste man beakta hur pass tätbebyggt området är och vilka markförhållanden som råder. Finns det risk att kontaminera vattentäkter för grannar eller finns inga vattentäkter inom det berörda området? Skillnader kan göras beroende på om avloppsreningsanläggningen ska användas för

permanentboende eller fritidsboende. Man bör tänka på att om området kommer att bli ett så kallat omvandlingsområde, där hus byggda för fritidsboende så småningom används för permanentboende. Fler människor flyttar mot storstäderna och gamla sommarstugeområden omvandlas och används som permanentbostäder vilket har varit fallet för vissa av områdena här i Täby kommun. Om man vid byggandet av ett fritidshus tar hänsyn till att avloppsanläggningen inte kommer att användas kontinuerligt, och därmed sänker kraven på reningen, måste man också vara medveten om att kraven kan höjas i och med att det blir en ökad belastning på avloppsreningsanläggningen. Att utveckla en tillförlitlig beräkningsmodell där varje fastighets miljöpåverkan kan ses skulle vara ett bra hjälpmedel vid anläggandet av enskilda avloppsreningsanläggningar.

8.3 Metod

Ett problem är att bedöma beräkningsmodellernas tillförlitlighet. Hur pass bra representerar de verkligheten när man inte har en funktionsaspekt med i beräkningarna? Problemet som tidigare nämnts är att bedöma infiltrationsanläggningens funktion när det stod vatten i luftningsrören. Samtidigt ska en anläggning inte påverkas av högt grundvatten eftersom den enligt allmänna råd ska ha minst 1 m vertikalt skyddsavstånd till högsta grundvattennivå. I beräkningarna togs hänsyn till det höga vattenståndet (i vissa fall) och ett antagande gjordes att anläggningarna fungerade resten av året och därför antogs normal rening. Detta kan ha varit en felbedömning beroende på om en infiltrationsanläggning står under vatten under 1 – 2 månaders tid så finns risken att fosfor, vilket är bunden i bädden, lakas ur till vattnet och då sker en ännu större fosforbelastning än beräknat.

8.2 Parametriseringen

Schablonvärdet för hur mycket fosfor ett avloppsvatten innehåller är taget från en rapport skriven 1995 som i sin tur hänvisar till beräkningar gjorda 1992. Frågan är hur mycket vi har förändrat oss under de senaste 10 åren, har användningen ökat av fosfatfria rengöringsmedel eller håller vi samma förbrukning nu som då? Man kan konstatera att renligheten ökar i samhället, vi tvättar allt mer, vilket ger en högre belastning av BDT - vatten. Det har visat sig att vissa infiltrationsanläggningar påverkas negativt av just de fosfatfria rengöringsmedlen då användningen av dessa bidrar till att anläggningarna snabbare slammar igen.

8.4 Ålder

Scenarierna har jämförts med olika utgångspunkter där en aspekt har varit att ta hänsyn till infiltrationsanläggningens åldrande och därmed försämrade bindningsförmåga med avseende på fosfor. Samtidigt finns även andra teorier kring detta nämligen att fosfor som bundits till avloppsanläggningen mineraliseras och i sin tur kan ta emot och binda ny fosfor, vilket då inte skulle försämra reningskapaciteten med tiden.

8.5 Jämförelse med kommunal avloppsrening

I början av rapporten gjorde jag en beräkning på hur mycket fosfor det kommunala reningsverket (Käppala) släppte ut till sin recipient för att kunna jämföra med en enskild avloppsanläggning. Efter rening i verket släpptes ca 55 g fosfor/år \times fastighet ut till recipienten. En fungerande avloppsreningsanläggning med slamavskiljare och infiltrationsanläggning, för både BDT och wc, släpper enligt mina beräkningar ut nästan 300 g fosfor/år \times fastighet. Det är 445 procent större utsläpp per fastighet. Då bör man också ha i åtanke att detta gäller en anläggning som har fullgod rening och som inte antas försämrats med åldern. Jämförelsen visar vikten av att enskilda avloppsreningsanläggningar anläggs rätt och underhålls riktigt.

8.6 Resultat

Syftet med scenarierna är att se hur pass mycket de enskilda avloppen, som helhet, belastar sin omgivning. Resultatet skall jämföras med andra tänkbara föroreningskällor (såsom golfbanor och jordbruk) för att bedöma vilka källor som belastar recipienten mest. Jämförelsen skall ligga som grund för hur man ska prioritera eventuella insatser. Nu måste man ställa sig frågan om scenarierna har uppnått sitt syfte, är dom tillräckligt bra, går dom att använda som underlag för fortsatt arbete. För att scenarierna skall kunna användas i detta fall så krävs att man vidareutvecklar scenarierna. Vi vet fortfarande inte hur mycket fosfor som rinner ut i Vallentunasjön, utan känner endast till fosformängden som når närmaste vattendrag. Retention av fosfor sker även i vattendraget så en viss del kommer inte att nå Vallentunasjön. Vid jämförelse mellan två olika beräkningsscenarioer kunde man se att endast 6 % fastlades i mark och vatten under transporten till närmaste vattendrag. Då kan man ställa sig frågan hur mycket kommer att fastläggas i det öppna vattendraget under transporten till Vallentunasjön. Skillnaderna är stora beroende på vilket beräkningsscenario man väljer att arbeta efter och jag upplever retentionen som försumbar i detta sammanhang. Det man bör tänka på är att vattendragen låg relativt nära utläppskällan varav retentionen inte blev så stor, skulle man beräkna hur mycket som fastläggs under transporten fram till sjön så kan avståndet vara betydligt längre vilket även ger en högre retention. Men utifrån de resultat som jag har fått i denna rapport anser jag att arbetet istället borde läggas på att utveckla scenarierna för att få dessa så verklighetstroga som möjligt.

Gemensamt för alla beräkningsscenarioer är att de bygger på vissa antaganden såsom permateringsgrad, hushållets storlek, fosforinnehållet i avloppsutsläppet. Dessa tre faktorer anser jag vara de mest tillförlitliga i denna rapport. Den aspekt som är svårare att bedöma är hur pass effektivt avloppsreningsanläggningarna fungerar.

Scenario 1 utgår från de reningsgrader som antagits i Kvarnäs (1998) rapport som anses vara väl underbyggd, varav jag anser att resultaten från scenario 1 bör vara tillförlitliga. Här skulle man kunna fortsätta att bygga vidare och använda de metoder som utarbetats i rapporten för att få fram hur mycket fosfor som belastar Vallentunasjön.

Kvarnäs (1998) rapport är ansedd varav jag ansåg att den var en bra grund att använda för att vidareutveckla modellen i en ny riktning. Resultatet blev scenario 2 och 3. Det är svårt att bedöma hur pass tillförlitliga dessa resultat är. För att kunna göra en riktig bedömning gällande hur infiltrationsbäddens fosforbindandekapacitet avtar med åren krävs provtagning på ett antal infiltrationsanläggningar under en längre tid. Flera av de jag pratat med har åsikter kring infiltrationsanläggningens åldrande huruvida bindningskapaciteten försämras med tiden. Ändå har jag inte hittat någon rapport som tar upp just det här problemet med infiltrationsanläggningar, utan endast gällande markbäddar. Eftersom jag inte har någon rapport att hänvisa till så känns resultaten från scenario 2 lite mer osäkra, samtidigt har mycket kunnigt folk kontaktats vilket ökar tillförlitligheten. Min egen bedömning är att scenario 2 bättre återspeglar verkligheten än scenario 1, där jag anser att för höga rensningsgrader antagits.

Under inventeringen såg vi brister i infiltrationsanläggningarna och vi anser det vara tveksamt om anläggningarna verkligen kunde rena avloppsvattnet till fullo. Scenario 3 bygger vidare på scenario 2 vilket redan har en osäker parameter i sin beräkning. Antagandet i scenario 3 bedöms mer osäkert än det i scenario 2 varför jag tycker att denna beräkning brister i tillförlitlighet. Orsaken till att denna beräkning upplevs mer otillförlitlig är att det ingår fler

osäkra faktorer, dels beroende på avloppets avstånd till Vallentunasjön samt vattenpelarens höjd i luftningsröret.

Scenario 4 bygger på ett medelvärde för reningsanläggningarna. Orsaken till valet av detta scenario var att se om ett medelvärde gav liknande resultat som scenario 1, för att förenkla beräkningarna i fortsatt arbete. Skillnaden blev dock stor, scenario 4 skilde sig från scenario 1 med hela 147 % i utsläppsmängd. Den stora skillnaden medför att jag inte anser att denna beräkningsscenario är tillförlitlig och att den inte är tillämplig i detta fall.

Scenario 5 bygger på scenario 3 som i sin tur bygger på scenario 2. I och med att detta scenario bygger vidare på ett scenario, som jag anser vara mindre tillförlitlig, så blir också den framräknade utsläppsmängden, i vattendraget, osäker. Retentionen fram till vattendraget beräknades vara 6 %. Det är oberoende vilket scenario man väljer att använda sig av, alltså vet vi att det sker en retention under transporten till närmaste vattendrag och den är inte mer än 6 % i alla ovanstående scenarier. Det intressanta är att retentionen är så pass låg, jämför man de olika beräkningsscenariernas resultat så upplevs 6 % som marginellt och man kan fundera på att förbise denna faktor. Det man dock bör tänka på är att det sedan sker en retention i vattendraget fram till sjön också, vilket jag ej räknat på i denna rapport och det kan vara en betydelsefull faktor.

Om åtgärder utförs mot de källor som belastar miljön mest, i avseende på fosfor, är det inte säkert att vi kommer att se några positiva effekter utav åtgärderna. Tiden det tar för ”föroreningar” att transporteras i mark och vatten är beroende på omgivningen, men man kan ofta konstatera att det tar väldigt lång tid. Föroreningarna som släpptes ut igår kan ta mellan 10-100 år innan de når den aktuella recipienten. Detta medför att även om vi vidtar åtgärder måste vi räkna med att försämringen av recipienten kommer att fortsätta ett bra tag framöver. En annan viktig faktor med avseende på fosforbelastning i sjöar är hur stort fosforförrådet är i sedimentet. Ett utbyte av fosfor mellan sediment och vattenmassan kan fortsätta även om en avlastning i avseende på fosfor sker.

8.7 Slutsatser

Ett scenario är en schematisk förenkling av verkligheten och måste också bedömas utifrån den kunskap som finns inbyggd i scenariot. I rapporten har jag försökt att klargöra hur svårt det är att bedöma vilka faktorer som spelar in vid en belastningsberäkning. För att se hur pass väl scenarierna stämmer överens med verkligheten skulle provtagningar efter reningsanläggningarna vara ett bra komplement.

Jag anser att det går att använda sig av beräkningsscenarierna, scenario 1 och 2, i denna rapport för att få en grov skattning av hur mycket de enskilda avloppen som helhet belastar sin omgivning. Tanken är inte att man med hjälp av ovanstående scenarier skall beräkna utsläppet för varje enskild fastighet och därefter dra slutsatser om dess miljöpåverkande grad. Rapporten kan användas som en tankeställare för vidare arbete med dessa frågor. Bedömningen är att det behövs mer omfattande utredningar som bearbetar de frågor som uppkommit under arbetet med denna rapport.

Tack!

Jag vill tacka alla som har hjälpt mig med mitt examensarbete. Ett särskilt tack till de som delat med sig av sina kunskaper och även ställt upp som referens för mina beräkningar samt till de personer som korrekturläst rapporten.

Källförteckning

Björk Sven, 1994. Ytvatten som framtidens täkt och recipient. Lunds Universitet. 8 s.

Bydén Stefan et al, 1998. Mark, människa, miljö, tredje upplagan. Tryck: Elanders Graphic Systems

Campbell Niel A., 1996. Biology (Fourth edition). The Benjamin/Cummings publishing company. University of California, riverside. 1206 s.

Johansson M., Lennartsson M., Petersens E., Ridderstolpe P, Wijkmark J, 2002. Småskalig avloppsrening, en exempelsamling. Formas. 90 s.

Käppala Förbundet, Miljörapport, 2001. 33 s.

Naturvårdsverket. Allmänna råd 87:6, 1990. Små avloppsanläggningar, hushållspillvatten från högst 5 hushåll. 83 s.

Naturvårdsverkets Allmänna råd 91:2 - Rening av hushållspillvatten
Infiltrationsanläggningar och markbäddar för fler än 25 personer.

Nilsson Peter, Nyberg Fred, Karlsson Mikael, 1998. Markbäddars funktion, kontroll och utvärdering av markbäddar. Naturvårdsverket Förlag, SNV 43338. 42 s.

Oxundaåns Vattenvårdsprojekt, 2001

Stefan Rubenson, 2001. Miljöbalken, Den nya miljörätten. Norstedts Juridik AB. 278 s.

Sundberg K., 1995. Vad innehåller avlopp från hushåll. Naturvårdsverket förlag. 071-SNV/ra. 37 s.

Söderström Pia, Ahlgren Imgemar, 1991. Oxundaåns avrinningsområde, Vattenkvalitet, kväve- och fosforbelastning. Limnologiska institutionen, Uppsala Universitet.

Täby miljövärdplan, 1991. Vatten, bakgrundsutredning. Miljö och hälsoskyddsnämnden 1991.

VAV P30, 1975. Vattenprognos 1975-2000, riktvärden för dimensionering av kommunal vattenförsörjningsanläggningar.

Vattnekosystem, kompendium i biologisk mångfald, Umeå universitet 1996.

Muntliga referenser

Frida Österdahl, Käppala reningsverk, 2002-06-11.

Jörgen Hanaeus, professor inom VA området på Luleå tekniska universitet, 020524

Åke Delteus, universitetsadjunkt på Stockholms universitet, institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi. 020527.

Internetreferenser

<http://www.environ.se/index.php3?main=/dokument/lagar/bedgrund/hav/havdok/eutro.html>

020520 kl: 13:00

<http://www.marietta.edu/~biol/102/ecosystem.html#ThePhosphorousCycle13>

020520 kl: 14:00

<http://home.swipnet.se/~w-42502/vkk.htm>, 020607 kl: 11:00

<http://www.vaxten.slu.se/ekologi/kvave.htm>, 020607 kl: 11:10

<http://www.kappala.se/upptagni.htm>, 020610 kl: 12:30