VA-teknik
CHALMERS

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik

EXAMENSARBETE / Ledningsteknik

Urinseparerande avloppssystem

En utvärdering med hänsyn till teknik, ekonomi, användbarhet och drifterfarenhet

SELMA E YONAN

Examensarbete 1998:3

VA-teknik
CHALMERS

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik
412 96 GÖTEBORG
Tel 031 - 772 10 00

Nyckelord **avloppssystem**
urinsortering
ekonomi
drift

EXAMENSARBETE / Ledningsteknik

Urinseparerande avloppssystem

En utvärdering med hänsyn till teknik, ekonomi, användbarhet och drifterfarenhet

SELMA E YONAN

Examensarbete 1998:3

Förord

Detta examensarbete är utfört under läsåret 1998 vid VA-institutionen på Chalmers Tekniska Högskola. Ett stort tack till min handledare Gilbert Svensson för all råd och tips som jag fick under arbetesgången.

Jag vill också tacka de personer som gett faktauppgifter och speciellt, Anna Larsson, Johan Niklasson, Olle Ljunggren, Sture Nygren och Morgan Wassmur.

Från mitt hjärta skickar jag ett stort tack till min man och mina två barn (Fadi och Fanar) för deras tålamod under min studie på Chalmers.

Speciella tack för min mamma och mina bröder (Salim, Saeed, Ghanim och Tariq) för deras uppmuntran.

Göteborg, september 1998

Selma .E. Yonan

Abstract

The urine separation system has recently been described as a fast and simple system for recycling adaptation of the conventional system in an environmental way. Thus, the idea behind urine separation wastewater system is to recycle the nutrients to agriculture. A large amount of nutrients is made from agriculture through raw material provision. In urine lies about 80% nitrogen, 50% phosphorus and 65% potassium.

Using urine separation system has a double effect. First: it brings the nutrients such as, phosphorus and nitrogen in the wastewater back to agriculture. The outcome becomes a reduced need for the commercial fertilizers; especially phosphorus, which is considered a limited source in the world. Phosphorus is also regarded to be enough only for the next two hundreds years. The other effect is the decrease of emissions to air and water. Second: it lowers the nitrogen on the wastewater treatment plant.

In order to have more concentrated nutrient solutions, special toilets have been developed recently in which separated collection of the urine and faeces can be allowed. However, using the new system presume that this system combines either with the municipal wastewater treatment or with local establishments for treating wastewater.

A wastewater system has several functions as starting points for the evaluation; among these, is the risk for disease spreading, economizing resource, environmental effect, technical, social and economical functions too.

Alternative techniques for wastewater treatment are built from components, which are different from each other in different degrees and also varied in comparison to the components used in conventional wastewater systems. This makes the evaluation more difficult.

Many valued reports have been written currently about the new system. Each of these has discussed different functions for the evaluation.

This study comprises of two parts, the first part includes the theoretical study about the different alternative wastewater systems and Ryaverket in Gothenburg as a conventional wastewater treatment. While the second part covers the fieldwork, which includes four projects in Sweden: Ekoport in Norrköping, Understenshöjd in Stockholm, buildings in both Kyrkby and Lindholm in Gothenburg. The field study takes into consideration the following: the technical, social and economical functions.

The chosen projects in this study form an experiment, which help us to learn and to find plausible solutions, so that it may change the state of housing in the future. Evaluations from those projects may give us a base to look closely, how these wastewater systems function in a normal environmental accommodation and with ordinary tenants.

These projects and many others will serve as forerunners for the future preserve wastewater system.

Sammanfattning

Urinseparerande avloppssystem har under den senaste tiden beskrivits som ett snabbt och enkelt system för att kretsloppsanpassa det konventionella systemet på ett miljövänligt sätt. Grundtanken bakom urinseparerande avloppssystem är att återföra växtnäring till lantbruket. En stor del av växtnäringen blir livsmedelsråvaror från lantbruket. I urinen hamnar 80% kväve, 50% fosfor och 65% kalium.

Användningen av urinseparerande avloppssystem har dubbel effekt. För det första återförs växtnäring liksom fosfor och kväve i avloppsvattnet till lantbruket. Resultatet blir ett minskat behov av kommersiell gödsel och speciellt fosfor som betraktas som en begränsad resurs i världen. Det beräknas att fosforn bara kommer att räcka under de närmaste tvåhundra åren. En annan effekt blir minskade emissioner till luft och vatten. För det andra minskas kväve på det konventionella avloppsreningsverket.

För att kunna få en mer koncentrerad lösning av växtnäring, har nyligen speciella WC-stolar utvecklats, så att en separerad insamling av urin och fekalier fås. Användningen av urinseparerande avloppssystem förutsätter emellertid att det kombineras antingen med kommunal avloppsvattenrening eller med lokala anläggningar för behandling av spillvatten.

Ett avloppssystem har flera funktioner som utgångspunkter för utvärderingen. Bland annat är det risk för smittspridning, resurshushållning, miljöpåverkan, det tekniska, samt sociala och ekonomiska funktioner.

Alternativa avloppssystem är uppbyggda av komponenter som skiljer sig i varierande grad från de komponenter som används i de konventionella avloppssystemen. Detta försvårar utvärderingen.

Hittills har många utvärderings rapporter skrivits om det nya systemet. Var och en har tagit upp olika funktioner för utvärderingen.

Denna studie omfattar två delar. Den första delen inkluderar den teoretiska studien om olika alternativa avloppssystem och Ryaverket i Göteborg som ett konventionellt avloppsrenings system. Den andra delen utgör fältstudier som innefattar fyra projekt i Sverige: Ekoporten i Norrköping, Understenshöjden i Stockholm, ett flerbostadshus i Kyrkby och ett i Lindholmen i Göteborg. Fältstudien tar hänsyn till följande: det tekniska, samt sociala och ekonomiska funktioner.

De projekt som utvalts i detta examensarbete är som ett experiment för att lära och finna lämpliga lösningar för förändringen av bostadsbeståndet i fortsättningen. Utvärderingen av dessa projekt kan ge oss ett underlag för att se hur dessa avloppssystem fungerar i en vanlig bostadsmiljö med vanliga hyresgäster.

Dessa projekt och många andra skall tjäna som föregångare för framtida uthålliga avloppssystem.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord i
Abstract iii
Sammanfattning v
Innehållsförteckning vii

1. Introduktion 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Mål och omfattning 3
1.3 Metodbeskrivning 3

Del 1

2. Litteraturöversikt 5

2.1 Avloppsreningsmetoder 5
2.1.1 Konventionella reningsmetoder 5
2.1.2 Alternativa reningsmetoder 7
2.1.2.1 Rotzonanläggningar 7
2.1.2.2 Våtmarker 8
2.1.2.3 Infiltration/markbäddar 9
2.1.2.4 Biodammar/fällnings- och bevattningsdammar 11
2.1.2.5 Separering av fekalier och urin och sortering av BDT-vatten 11

2.2 Bedömningsgrunder, vilka kriterier? 12

2.3 Urin som resurs 13
2.3.1 Urinens mängd och sammansättning 14
2.3.2 Urinens roll i ett kretsloppssystem 14
2.3.3 Lagring och spridning av urin 15

2.4 Fekalier 16
2.4.1 Näringsinnehåll och metaller i fekalier 16
2.4.2 Mikroorganismer i fekalier (överlevnad och tillväxt) 17

2.5 BDT-vatten 17
2.5.1 Näringsinnehåll, metaller och mikroorganismer 17

2.6 Slam från avloppsreningsverken i Sverige 19
2.6.1 Näringsinnehåll i slam 19
2.6.2 Metaller och organiska miljögifter i slam 20
2.6.3 Riktlinjer, krav från Naturvårdsverket på slam 20
2.6.4 Slamhantering och användning 21

2.7 Småskaligheten i urinseparerande avloppssystem 23
2.7.1 Strävan efter ett hållbart samhälle 24
2.7.2 Varför ska vi kretsloppsanpassa VA-system? 24

2.8 Ekonomi 26

2.9 Avloppsvattenbehandling, Ryaverket, Göteborg 27
2.9.1 Historisk bakgrund 27
2.9.2 Avloppsvattenbehandling, Ryaverket 28
2.9.2.1 Fysikalisk rening 28
2.8.2.2 Biologisk rening 29
2.9.2.3 Kemisk rening 29

2.9.3 Slambehandling 30
2.9.4 Ekonomi 31

Del 2

3. Fältsudier 35

3.1 Ekoporten, Norrköping 35
3.1.1 Allmän beskrivning 35
3.1.2 Teknisk beskrivning av avloppssystemet 37
3.1.3 Skötsel, underhåll, ansvar och avtal om urintömning 39
3.1.4 Ekonomi 39
3.1.5 Förvaltningens erfarenhet och Boendes upplevelse 40

3.2 Understenshöjden (Björkhagen), Stockholm 42
3.2.1 Allmän beskrivning 42
3.2.2 Teknisk beskrivning av avloppssystemet 43
3.2.3 Skötsel, underhåll, ansvar och avtal om urintömning 45
3.2.4 Ekonomi 45
3.2.5 Förvaltningens erfarenhet och Boendes upplevelse 46

3.3 Experimenthuset i Kyrkby, Göteborg 47
3.3.1 Allmän beskrivning 47
3.3.2 Teknisk beskrivning av avloppssystemet 48
3.3.3 Skötsel, underhåll, ansvar och avtal om urintömning 49
3.3.4 Ekonomi 49
3.3.5 Förvaltningens erfarenhet och Boendes upplevelse 50

3.4 Ekologiska huset på Lindholmen, Göteborg 51
3.4.1 Allmän beskrivning 51
3.4.2 Teknisk beskrivning av avloppssystemet 52

3.4.3 Skötsel, underhåll, ansvar och avtal om urintömning 53
3.4.4 Ekonomi 54
3.4.5 Förvaltningens erfarenhet och Boendes upplevelse 54

4. Resultat 55

4.1 Olika perspektiv på urinseparerande avloppssystem 55
4.1.1 Framtida avloppssystem 56

4.2 Diskussion och tolkning av resultaten 57

5. Rekommendationer 59

Referenser och övrig litteratur 61

Muntliga referenser 63

Bilagor

Bilaga-1 Årsmedeltal Fakorprisindex för flerbostadshus (SCB, 4/98)

Bilaga-2,3 Investerings- och driftskostnader för Ryaverket med ledningsnät

Bilaga-4 Investerings- och driftskostnader för Ekoporten i Norrköping

Bilaga-5 Investerings- och driftskostnader för Understenshöjden i Stockholm

Bilaga-6 Investerings- och driftskostnader för renovering av Experimenthuset i Kyrkbyn i Göteborg, Poseidonbolaget

Bilaga-7 Investerings- och driftskostnader för Experimenthuset i Lindholmen i Göteborg, (Bostadsbolaget AB)

Bilaga-8 Ett frågeformulär

Bilaga-9 Skiss över Ekoportens närmiljö i Norrköping

Bilaga-10 Understenshöjden i Stockholm

Bilaga-11 WM-Ekologen och Dubbletten

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Många av våra miljöproblem har sin orsak i att vi släpper ut ämnen och material som naturen inte hinner eller kan ta hand om, men samtidigt skapas ett samhälle som utplånar sig självt. Att inte överutnyttja våra resurser är ett viktigt mål i vår strävan för att skapa ett miljöanpassat samhälle. För att verkligen göra något konkret, krävs det att vi som individer förstår vikten av att inte tära mer på naturen än vad vi redan gör.

När vi ser att rätten till rent och friskt vatten är något självklart, är det lika viktigt att inte förorena källan till dricksvatten genom att hantera avloppsvatten felaktigt. Detta insågs för flera år sedan och därför påbörjades utbyggnaden av avloppsreningsverk, men omhändertagandet av avloppsvatten genom konventionell teknik är inte komplett p.g.a att en stor del av de organiska ämnena och näringsämnena hamnar antingen på soptippen om de avskiljs i form av slam i avloppsreningsverket eller i recipienten om de är kvar i avloppsvattnet efter reningsprocessen.

Det finns ingen enkel lösning så att föroreningar inte hamnar i slammet. Diffusa källor gör det svårt att undvika att metaller och andra oönskade ämnen förs in i kretsloppet av näringsämnen.

De största utsläppen av växtnäringsämnen kommer från åkermark och avloppssystemet. Specialisering inom jordbruket ökar användningen av handelsgödsel. Av det tillförda kvävet är det ofta bara hälften som kommer grödorna tillgodo medan resten läcker ut i vattendrag som sedan hamnar i havet. När näringsämnen hamnar på fel plats blir de en belastning på miljön.

Det är ett lokalt kretslopp problem när näringsämnen inte återförs till åkrar. När kväve avgår till luften i form av kvävegas blir det ett globalt kretslopps problem, som inkluderar hela biosfären, eftersom energi måste användas för att fixera kvävet från luften. Samtidigt medför kvävegas i form av ammoniak försurningsproblem.

Om vi vill eller inte så går utvecklingen i riktning mot ett kretsloppssamhälle p.g.a att resurserna är ändliga. För att förbättra kretsloppet är det nödvändigt att skapa fruktbara förhållanden mellan jordbruk och samhälle, en ny vision om kretsloppssamhälle håller på att växa fram för att nå en hållbar utveckling. Bristen hos de konventionella avloppssystemen gör dem inte acceptabla ur ekologisk synpunkt, eftersom de inte sluter kretsloppen.

Nuförtiden finns olika idéer och lösningar för att begränsa utsläppen i recipienten och bevara våra ändliga resurser. Det mesta av de dyrbara näringsämnena som kväve, fosfor och kalium

härstammar från våra toaletter.

Urinen innehåller den största delen av närsalter medan fekalier innehåller de organiska materialen. Problemet att bli av med dessa nyttiga avfall finns men frågan är vilka åtgärder som krävs för att bli självförsörjande på näringsämnen (P, N, K) på odlingsbar mark, samt avlasta våra recipienter från övergödningen.

Det är inte ett gott tecken när jordbruket missar en stor resurs för kväve som urin. Alternativa avloppslösningar kan vara bättre än de konventionella systemen när det gäller kretsloppsanpassning. Dessa avloppslösningar bygger på en gammal teknik.

Bland de nya lösningarna är urinseparerande avloppssystem. Detta nya system måste fungera i sin helhet från avlopp i husen, ända till spridningen på åkrarna. Ett urinseparerande avloppssystem är en metod som separerar bort näringen redan från källan och tar vara på näringsinnehållet i urinen för att i ett senare skede sprida det på åkern.

System för uppsamling och spridning av urin är lättare att införa i liten skala. Idén har förverkligats på många ställen i Sverige, men få av dem har utvärderats. Detta nya system innebär att resursförbrukningen är låg medan återföringen av näringsämnena till livsmedelsproduktionen ökar. Användning av urinseparerande avloppssystem gör det möjligt för oss att utröna vilka gränser som inryms i framtidens ekologiska stadsbyggande.

Problematiken för närvarande kan vi inte säga är en ekonomisk eller en hygienisk fråga så länge det saknas en utvärdering i sin helhet av de projekten som har använt urinseparerande avloppssystem.

För att få framgång i framtiden, måste det nya systemet bli accepterat av allmänheten eftersom det är nyttigt, billigt, bekvämt och lönsamt.

Urinsortering prövas i ekobyar liksom i vanliga bostadshus, dessa projekt skall i framtiden tjäna som exempel för andra. Förbättringar som uppnås får ses som en liten men viktig del i en långsam och ständigt pågående process mot ett uthålligt samhälle.

Utvärderingskriterier för de projekt som använder alternativa avloppslösningar är inte samma överallt, men däremot finns det metoder för att bedöma till exempel energi, hygien, kretslopp, miljöskydd, kostnader och hushållning med naturresurser.

I detta examensarbete, skall en utvärdering göras av fyra olika anläggningar, utgående från en ekonomisk jämförelse med ett konventionellt avloppssystem, samt från boendes erfarenheter och upplevelser.

1.2 Mål och omfattning

I ett kretsloppssamhälle är det viktigt att växtnäringen som vi avger kommer tillbaka till sitt ursprung. Många kommuner vill numera införa urinsorterande avloppssystem men kunskapen om hur dessa system egentligen fungerar är knapp. Förhoppningen är att med detta examensarbete belysa hur framtiden kommer att se ut för urinsorterande avloppssystem.

Målet är att på ett objektivt sätt beskriva urinseparerande avloppssystem i fyra olika projekt med hänsyn till teknik, ekonomi, användbarhet och drifterfarenhet.

Examensarbetet omfattar alla delar av lösningen från toalettinstallation till slutligt omhändertagande av restprodukter.

Utifrån årskostnaden per person och återvinningsgrad för fosfor och kväve skall en ekonomijämförelse mellan urinseparerande och ett konventionellt avloppssystem göras.

Ett övergripande mål är att med detta examensarbete olika aspekter på urinseparerande avloppssystem skall undersökas och utvärderas som i sin tur antingen skall bidra till utveckling av detta system eller ändra systemet för att det skall bli mer effektivt och praktiskt.

Energi, hygien och kretsloppsdetaljerad analys ingår ej i detta examensarbete.

1.3 Metodbeskrivning

Detta arbete grundar sig på litteraturstudier och fältstudier. Litteraturstudierna omfattar allmän beskrivning av olika typer av avloppssystem samt näringsinnehåll i urin, fekalier, BDT-vatten och slam.

Fältstudien omfattar inventering av fyra ekoanläggningar i Sverige samt kontakt med de ansvariga och boende. Med fältstudierna visas de möjligheter som ryms inom urinseparerande avloppssystem som i sin tur ger oss en ganska klar bild av strävan efter lokala kretslopp.

I denna delen presenteras de tekniska lösningarna för var och en av ekoanläggningarna. Inventeringen är en viktig del för att vid intervjuerna få boendes upplevelse och erfarenheter av den nya VA-lösningen.

2. Litteraturöversikt

2.1 Avloppsreningsmetoder

2.1.1 Konventionella reningsmetoder

Utan tanke på kretsloppsanpassning byggdes dagens vatten-och avloppssystem. Detta system har haft olika epoker, varje epok har haft sina problem och lösningar, men varje lösning har haft sin brist. Det fanns inte tillräckliga åtgärder för att lösa sanitära problem och bekämpa miljöeffekterna vid avloppsrörens mynning, utvecklingen har skett gradvis, driven av det omedelbara mest akuta problemet. En helhetssyn på systemet saknades. Vissa krav på avlopp-sanläggningar har lett till enskilda lösningar som var acceptabla när de infördes.

Vid sekelskiftet 1900 påbörjades uppbyggnaden av dagens konventionella VA-system, sedan dess behandlades avloppsvatten i olika reningsprocesser: mekanisk (1930), biologisk (1950), kemisk (1970), kvävereduktion (1990).

Större fasta föroreningar avlägsnas i det ***mekaniska steget*** genom rensgaller och sedimentering.

Fosfor avskiljs i det ***kemiska steget*** genom att fällningskemikalier tillsätts, det är framförallt salter av aluminium och järn som används för att de flockar som bildas ska hålla ihop. Flockarna avskiljs och på så sätt har avloppsvattnet renats från löst och partikulärt fosfor.

I det ***biologiska steget*** tillförs syre och aeroba bakterier förbrukar kväve och andra näring-ämnen som finns kvar. Med hjälp av nitrifikationsbakterier överförs ammonium till nitrat i närvaro av syre.

$$NH_4 + 2O_2 \longrightarrow NO_3 + 2H^+ + H_2O$$

Därefter och under syrebrist förhållanden kan denitrifikationsbakterier överföra nitrat till kvävegas.

$$NO_2 + \text{organiskmaterial} \longrightarrow CO_2 + N_2$$

För att få en mer effektiv rening läggs en biologisk rening efter den mekaniska reningen i vissa avloppsreningsverk. Trestegsreningsverk bestående av mekanisk, biologisk, och kemisk rening är mest dominerande vid avloppsrening i Sverige, se fig. 1. Det kan förekomma ett antal variationer på den konventionella reningsprocessen men den ser i allmänhet ut på detta vis.

Dagens konventionella avloppssystem karakteriseras av:

- Ihopblandningen av organiskt och oorganiskt material vilket försvårar återförandet till de naturliga kretsloppen. Stora mängder av slam produceras årligen, det innehåller förutom de värdefulla näringsämnena även tungmetaller och andra miljöfarliga ämnen.
- Stora mängder kemikalier förbrukas.
- Driftserfarenheterna är väl dokumenterade, men driftskostnaderna är stora och beroende av personal.
- Utsläppen i recipienten kan ge en stor lokal påverkan.
- Genom storskaliga lösningar är risken för kvävereduktion stor, vi förlorar stora mängder växtnäring, där avloppsvattnets kväveinnehåll omvandlas till kvävegas, det skapas försurningensproblem (och därmed går förlorad som kvävekälla, kretsloppet sluter inte).
- Individens ansvar för avlopp lämnas vidare över på någon myndighet.
- Kunskapen om dessa metoder är mycket god.
- God hygien i bostäder
- Etablerad teknik
- God kontroll
- Användarvänligt
- Litet arealbehov
- Behöver renoveras med jämna mellanrum.

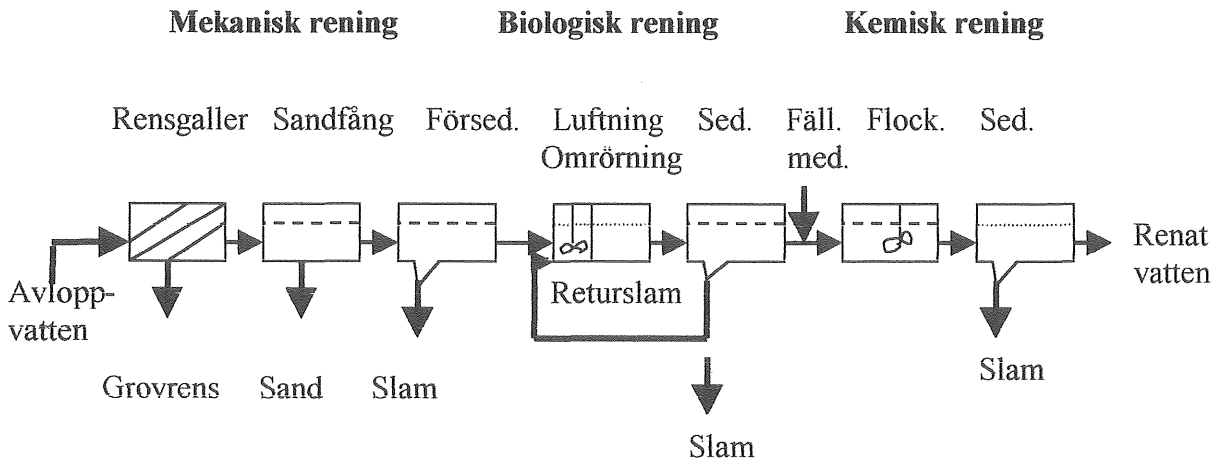


Fig. 1. Ett traditionellt avloppsreningsverk, (Trestegreningsverk)

2.1.2 Alternativa reningsmetoder

Alternativa avloppssystem kallas de metoder som skiljer sig från ett konventionellt avloppssystem, det kan gälla toalettstolen, ledningsnät, reningsprocessen eller alltsammans.

Utgående från kretsloppstänkande ökar intresset för andra avloppshanteringar som förhoppningsvis tillfredsställer krav på hygien, miljöskydd och uthållighet. Till dagens system kommer nya lösningar att bli inte bara komplement utan ett viktigt pussel i hela systemet med hantering av avloppsvattnet. I olika delar av landet pågår forskningsarbete om nya lösningar men drifterfarenheterna är få och dåligt dokumenterade.

En viktig del i kretsloppsanpassningen är att återföra ansvar till individen och detta uppnås genom urinseparerande avloppssystem.

2.1.2.1 Rotzonanläggningar

Rotzonanläggning innebär att man på något sätt låter förorenat vatten, exempelvis avloppsvatten, flödar över en växtbädd. Växterna tar upp mineralnäringsämnen som kväve- och fosforföreningar. Avloppsvattnet blir på så sätt befriat från dessa ämnen när det rinner vidare till vattendrag. Växtligheten i bädden skördas och hanteras på något lämpligt sätt.

Växternas huvudfunktion i en rotzonmetod är att transportera syre genom de inre luftkanalerna, och därigenom skapa aerob/anaerob processer i jord. Det sker en nedbrytningsprocess i rotzon med hjälp av bakterier.

Det kan finnas problem bland dessa system, framförallt att inloppet, som befinner sig nere i marken kan behöva repareras.

Rotzonanläggningar etableras genom att i urgrävd jord lägga en tät duk av gummi eller plast för att skydda omgivningen, därefter fylls tillbaka med samma jord eller annan nytt med växter, till exempel bladvass. De skördade växterna komposters och används som jordförbättringsmedel. Teoretiskt ca 40% av fosforn och 20% av kvävet i avloppsvattnet återvinns.

Driftserfarenheter saknas p.g.a att anläggningar inte har varit i drift mer än några år, denna brist gör det svår att bedöma om det är ett fullvärdigt system eller inte. Ekonomin är svårt att uppskatta. Årskostnaden per person beräknas i en av de svenska anläggningarna till ca 1 300 kronor. Kostnader för ledningsnätet från abonnent till anläggning ingår inte i denna beräkning (VAV, 1995).
Anläggningar i Tomililla och Ängelholm som har utvärderats av Naturvårdsverket har visat

att tekniken fungerar bra för reduktion av organiskt material medan den är mindre bra på att ta bort fosfor och kväve. En rotzonanläggningsteknik kräver 25 kvadratmeter per person för fosforrening och upp till 100 kvadratmeter per person om god kvävereduktion krävs. Andra länders erfarenheter visar att anläggningen efter ca 10 år måste grävas ur och en ny anläggas. (VAV, 1995).

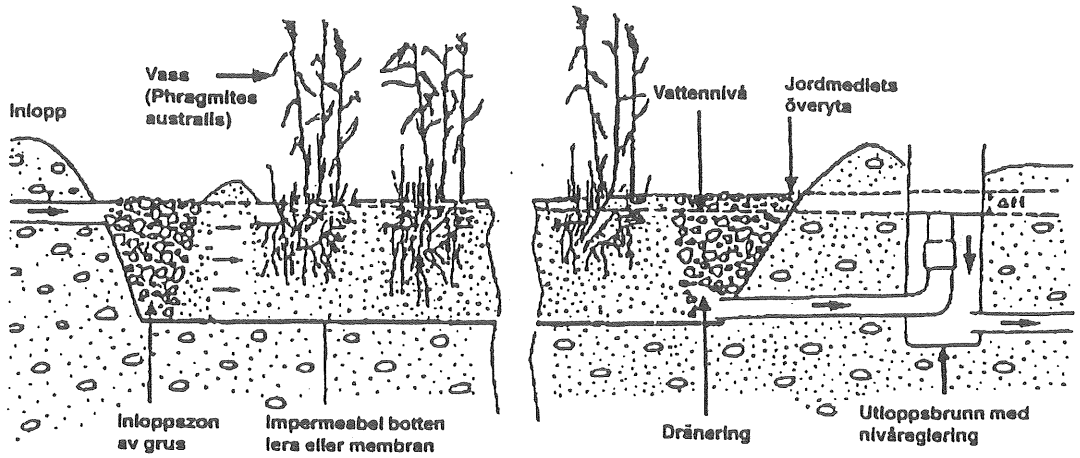


Fig. 2. En rotzonanläggning består av anlagda jordfilter isolerade från omgivande mark med tät jord eller plastfilm (Illustration, Jenssen)

2.1.2.2 Våtmarker

Huvudsyftet med våtmarker är att minska kväveinnehållet, metaller och svårnedbrytbara organiska ämnen i avloppsvatten och dagvatten. Våtmarker är antingen naturliga eller anlagda. De brukar utformas som en serie dammar för att öka uppehållstiden för att få bättre kvävereduktion. Det skapas värdefulla naturområden, samtidigt som vattnet renas med våtmarkers anläggning.

De dominerande reningsmekanismerna är sedimentation, växternas filtrering av partikulära ämnen, närsaltsupptag från avloppsvatten och mikrobiell aktivitet. Kväve renas genom nitrifikation och denitrifikation, detta innebär att kväve i ammoniumform omvandlas till nitrat och därefter till kvävegas som avgår till luften.
För fosfor handlar det om vilka mängder som kan sedimenteras, bindas i marken eller tas upp av befintliga växter (HB Wittgren & Hasselgren, 1993).

Om växterna som tagit upp fosfor inte skördas skulle sedan på sikt läcka fosfor ut ur systemet.

Våtmarker bör kunna användas som alternativ till konventionell teknik för kväverening vid framför allt reningsverk med upp till 20 000 personer anslutna, och där det finns ett väl fungerande biologiskt reningssteg. Kostnaderna för att ta bort ett kilo kväve är ungefär densamma i en våtmark som i ett konventionellt avloppsverk (Birgitta Johansson, 1997).

De kan anläggas där det finns gott om mark till låg kostnad och på rimligt avstånd från reningsverket. Kväverening i våtmarker kräver stora ytor, från 2,5-5 kvadratmeter per person och kanske upp till 10 kvadratmeter per person (VAV, 1995).

Eventuellt behöver våtmarker i kalla klimat vara större och djupare för att klara av rening även vintertid (Jenssen m. fl. 1991). Dimensionering av våtmarken kan bli ett problem eftersom flödet varierar med årstid.

2.1.2.3 Infiltration/markbäddar

Infiltration innebär att avloppsvattnet, efter att ha passerat en slamavskiljare, sakta passerar genom marken där en naturlig reningsprocess tar vid. Vid infiltration renas avloppsvattnet genom olika fysikaliska, kemiska och biologiska processer. Reningsgraden är beroende av jordmaterialets sammansättning och flödet genom bädden.

Man kan räkna med 60-80% rening av fosfor innan spillvattnet når grundvattnet, kväve renas med ca 20-40% i gasform som inte är bra ur kretsloppssynpunkt. Effektiviteten avtar med tiden (Statens naturvårdsverk, 1991).

Infiltrationstekniken har använts länge vid små anläggningar i glesbygden, men den går bra att använda även i större skala för gruppbebyggelse. Tekniskt fungerar metoden bra i anläggningar för upp till cirka 500 personer. I jorden fastnar det mesta av fosforn och det organiska materialet, men däremot inte så stor del av kvävet (Birgitta Johansson, 1997).

Infiltration sker på olika sätt:

1- Ordinär infiltration

Den är den vanligaste och enklaste infiltrationslösningen, där man utnyttjar självfall. Sand, grus och sandiga moräner fungerar bra som naturliga genomsläppliga jordlager. Infiltrationsledningen placeras minst 1 m över högsta tänkbara grundvattennivå, se fig. 3. Om ledningen hamnar på så hög nivå att det är risk för frysning används markisolerings skivor.

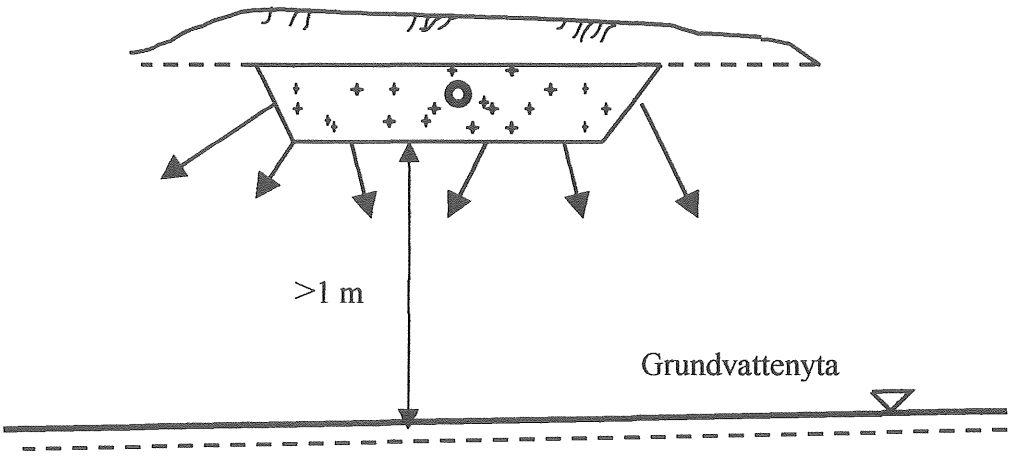


Fig. 3. Ordinär infiltrationbädd

2- Infiltration med markbädd

Om infiltrationen inte kan ordnas på naturlig väg då markbädden med sandmaterial från annat håll placeras, med sin botten, minst 0,2 m över högsta grundvattennivån.

Sandvolymen i en markbädd är mycket mindre än i en naturlig infiltrationsbädd. Efter 10-20 år kan därför markbädden läcka fosfor, och filtermaterialet måste bytas ut helt eller delvis. Syretillgången ska vara god för att föroreningarna i avloppsvattnet ska brytas ned snabbt och effektivt (Birgitta Johansson, 1997).

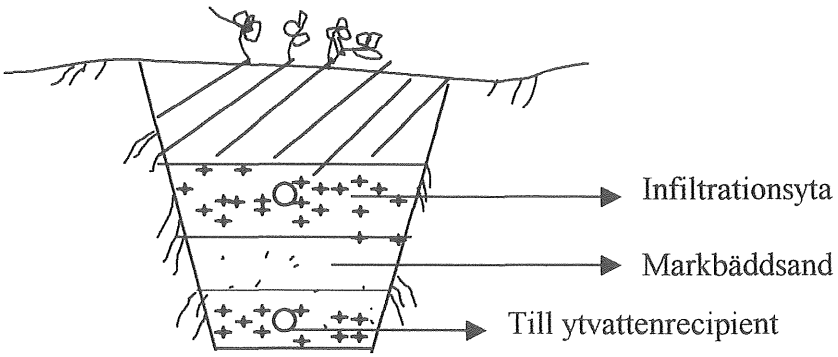


Fig. 4. Markbädd

Biodammar/ fällnings- och bevattningsdammar

I tusentals år har ***biodammar*** använts för avloppsrening, som en metod för att minska organiskt material. Reningen i detta system sker på liknande sätt som normalt sker i sjöar. För att reningsprocessen ska fungera behövs ljus och värme. Metoden är dålig under vintertid. Den ger en begränsad avskiljning av fosfor, därför byggs det ***fällningsdammar*** som är en mer avancerad teknik genom kemisk fällning. De tål stora flödesvariationer och är mest lämpliga i turistorter.

I så kallade ***bevattningsdammar*** lagras vatten som är behandlat i biodammar, innan det används för bevattning. Vattnet måste lagras flera månader för att det inte ska uppstå hygieniska risker vid spridningen. Drivkraften bakom bevattningdammarnas utveckling är att skapa billiga och välfungerande reningssystem och att avhjälpa vattenbrist inom jordbruket. Bevattningsdammar finns bland annat på Gotland och Öland.
(Birgitta Johansson, 1997).

2.1.2.5 Separering av fekalier och urin och sortering av BDT-vatten

Syftet med urinsorterande avloppssystem är att ta vara på näringsinnehållet i urinen och sprida det på åkern. Fekalierna leds till ett multrum medan BDT-vatten behandlas lokalt eller förs till reningsverk. Urinseparerande avloppssystem är inte ett komplett avloppssystem utan en kompletterande funktion, och innebär inte att tätorternas reningsverk kan avskaffas. Det är en dellösning i avloppssystemet (Birgitta Johansson, 1997).

Urinseparering bygger på en speciell toalettstol som separerar urin från fekalier. Urinen samlas och förvaras i tankar innan den transporteras till jordbruket.

Numera marknadsförs dubbelspolande toaletter med olika alternativ bl.a. genom WM-Ekologen AB och Dubbletten, se bilaga-11. Med Dubbletten minskas vattenförbrukningen till 80% jämfört med en konventionell toalett.

Dubblettens unika konstruktion bygger på två väl avskilda skålar- en bakre för fekalier och en främre för urin. De två väl avskilda skålarna i kombination med två av varandra oberoende spolsystem gör att ett minimum av vatten leds till urinbrunnen.

För att skapa de bästa förutsättningarna för hantering av humanurin krävs det förutom en specialkonstruerad toalett, även ett anpassat förvaringssystem.

Det finns flera faktorer som påverkar och bryter ned urinen och därför bestämmer dess kvalitet som jordförbättringsmedel.

Den nya tekniken eliminerar bland annat följande faktorer som påverkar urinen:

* Utspädning
* Kontaminering
* Lufttillträde(syre)
* Hög temperatur

Dublett-systemet är mycket flexibel och kan kombineras på olika sätt:

Alternativ 1:

Dubbletten installeras endast för vattenbesparing och spillvattnet leds till reningsverk eller lokalt omhändertagande.

Alternativ 2:

Dubbletten kompletteras med Urinbrunn för att använda urinen som gödningsmedel. Därmed minskas övergödning av sjöar och hav.

Alternativ 3:

Alla fördelar med Dublett-systemets används. Slammet från fekalierna och spillvattnet från flerkammarbrunn komposters. Därmed har förutsättning för kretsloppet skapats.

2.2 Bedömningsgrunder, vilka kriterier?

Det behövs kriterier för att fatta beslut om de nya och outvecklade systemen, samtidigt som man jämför med de befintliga systemen. Kriterier kan användas som underlag för att påverka planering av framtida avloppssystem, dessa bedömningskriterier kan innehålla ekonomiska, hygieniska, miljöpåverkan, uthållighet, sociala och tekniska aspekter som i sin tur kan indelas i följande delkriterier:

* Investeringskostnader
* Driftskostnader
* Kostnader för underhålls och förnyelseinsatser
* Tillförlitlighet, säkerhet i funktion och driftstabilitet
* Behov av skötsel och underhåll
* Teknisk livslängd
* Komplexitet och kompetensbehov
* Kontrollbarhet

* Miljöskydd och hushållning med naturresurser
* Arealbehov
* Bekvämlighet
* Energiförbrukning
* Avsättning för växtnäringsprodukterna

Utgående från ovan nämnda parametrar finns olika metoder för att bedöma ett nytt system. Men målen kommer inte att nås med samma metoder överallt. Det finns ingen universal-lösning.

Det är viktigt att utgå från platsen förutsättningar när det gäller klimat, natur, bebyggelse för varje enskild teknisk lösning. Det finns inte heller någon universalmetod för utvärdering av VA-lösningar. Däremot finns det metoder för att bedöma till exempel resurshushållning och smittspridning, hänsyn måste tas till hela systemet, särskilt med tanke på transporter, energi-användning och om det finns avsättning för växtnäringsprodukterna i lantbruket. (Birgitta Johansson, 1997).

2.3 Urin som resurs

Urinen innehåller värdefull näring (N, P, K). Urinen från friska människor är fritt från bakterier och virus. Med det nya systemet förvaras urinen i en nedgrävd tank för att inte kvävet skall omvandlas till illaluktande ammoniak.

Färsk urin från friska människor innehåller få mikroorganismer. Det kan ändå finnas vissa hygieniska risker , eftersom det kan stänka fekalier över till urinskålen i toaletten.

Handelsvärdet av näringsinnehållet i urin ligger omkring 600 miljoner kronor per år, om näringsämnena värderas till samma pris som konstgödsel. Det finns cirka 10 miljoner vattenklosetter i landet; det årliga bruttovärdet per toalett blir därmed cirka 60 kr. (Birgitta Johansson, 1997).

2.3.1 Urinens mängd och sammansättning

Varje människa producerar årligen cirka 500 liter urin (Wolgast Å. 1994). Denna mängd varierar från person till person beroende på kön, ålder, vanor, hur mycket man dricker.

Urinen är mycket näringsrikt. Det mesta av näringsämnena i toalettavloppet kommer från urinen: 80% av kväve, 50% av fosfor och 65% av kaliumet, se fig. 5. Näringsämnena är lättillgängliga av växter. Urin är dessutom fri från tungmetaller och är nästan ett steriltämne.

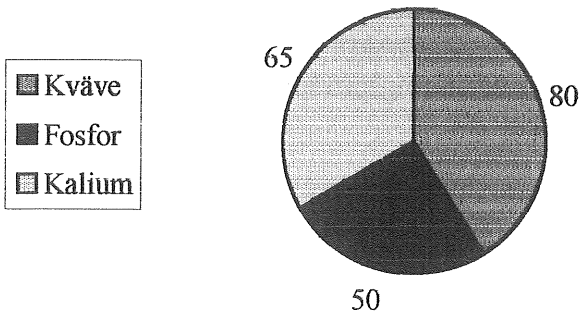


Fig. 5. Urinens sammansättning

2.3.2 Urinens roll i ett kretsloppssystem

Återvinningen av kväve har förutsättningar att öka med urinsortering, både i små och i stora system. Det skulle spara energi för framställning av kvävegödsel och energi för kväverening i vissa reningsverk (Birgitta Johansson, 1997).

För att nå det lokala kretsloppen och skapa balans mellan stad och land är det tillrådlig att återföra näringsämnen från humanurin till åkermark (Paul Svensson, 1993).

Ett omfattande läckage av näringsämnen till vår natur är följden av användning av den billiga handelsgödseln.

Utbyggandet av svenska kustbelägna reningsverk kräver stora investeringar. Urinseparering skulle kanske vara ett bättre alternativ för sådana investeringar på vissa reningsverk.

Genom återföring av urin till åkermark skulle mycket recirkulation av samhällets näringsämnen uppnås.

Diskussioner pågår om vad som är lönsamt när det gäller transportavstånd, hur stora ammoniakförlusterna blir samt urinens innehåll av mediciner och hormoner. Det är hittills inte utforskat om det är lönsamt eller inte.

2.3.3 Lagring och spridning av urin

Noggrannhet krävs vid spridningen så att urinen inte sprids för mycket per ytenhet. Spädning bör ske före spridningen antingen genom att blanda vatten i den icke fyllda urintanken eller genom att låta utrustningen pumpa ut vatten och urin samtidigt (Paul Svensson, 1993).

Urinen måste spädas med flera delar vatten före spridning för att inte skada växterna och för att förhindra ammoniakavgång.

Kväveförlusterna är stora om lagring sker i öppna brunnar, när det finns ett luftutbyte. Urinspridning bör vara i svalt väder och så nära marken som möjligt. Det rekommenderas att urinen ska lagras i sex månader före spridning på mark för att minska smittspridningsrisken.

Förlusterna av ammoniakkväve kan bl.a. relateras till pH värdet. Vid olika provplatser har Anna Olsson (Källsorterad humanurin i Kretslopp, 1996) visat genom att uppmäta kväveinnehåll, att ju högre pH värde desto är risken för betydande förluster av kväve i form av ammoniakkväve.

Urinens transportsträcka till lagringstanken samt dess storlek kan också ha betydelse för kväveförlusterna då ett större luftutbyte ökar ammoniakavgången.

Enligt Anna Olsson, föreligger det dock inte någon risk för ackumulering av salter i marken genom gödsling med humanurin. Såväl natrium som klorid lakas lätt ur marken med de tämligen höga nederbörderna i det svenska fuktiga klimatet.

Kvoten N/P stiger vid lagring, detta beror förmodligen på att en del av fosforn finns i utfällningar på lagringskärlets botten och väggar. Dessa kan ha betydelse för utformningen av lagringstankar för urin och för tömningsmetoder av tankar. Utformningen av systemens bör formas så att en utspädning av urinen och en fastläggning av fosfor i ledningsnät och tankar inte blir för omfattande.

2.4 Fekalier

2.4.1 Näringsinnehåll och metaller i fekalier

Fekalier är relativt näringsfattigt. Det totala näringsinnehållet är troligen inte så stort jämfört med urin, men för jordbrukets del innehåller fekalier mullbildande ämnen som är värdefulla. Fekalier innehåller 10% kväve, 25% fosfor och 25% kalium (Statens naturvårdsverket, 1995a), se fig. 6.

Fekalier består av organiskt material, till 25% bakterier och resten växtfiber med höghalt av cellulosa (Wolgast M. 1992). Fosforn som finns i fekalier är både i organisk och oorganisk form.

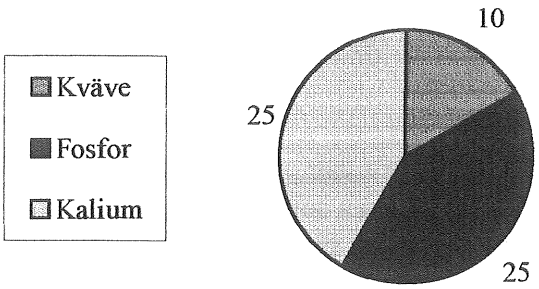


Fig. 6. Näringsinnehåll i fekalier

Fekalier innehåller också patogenbakterier som är smittförande. Ur näringssynpunkt är avföringen inte lika intressant som urin på grund av att den innehåller en stor andel bakterier som är smittospridare. Ett gram avföring kan t.ex. innehålla mer än 10 upphöjd till faktor 9 infektiösa viruspartiklar eller bakterier, både från sjuka personer och symptomlösa bärare (Anna Olsson, Thor Axel Stenström, m. fl. 1996).

Metallmängderna i fekalier är mycket små, dessa har sitt ursprung i amalgamplomber, tobak och snus. Enligt naturvårdsverket "schablonvärden", tabell 1 visar följande proportioner av metaller i avföring i (µg/pd):

	Fekalier
Bly	20
Kadmium	10
Koppar	1110
Krom	20
Kvicksilver	63
Nickel	74
Zink	10800
Silver	0,28

Tabell 1. Metallmängderna i fekalier i (µg/pd), (Statens naturvårdsverk, 1995a)

2.4.2 Mikroorganismer i fekalier (överlevnad och tillväxt)

Patogener finns i fyra olika organismgrupper: bakterier, virus, parasitära protozer och maskar.

Alla patogener som kommer ut i miljön kommer med tiden att dö eller förlora sin förmåga att infektera, med undantag av dem som har en normal ekologisk nisch utanför människan. Infektion kan även spridas genom inandning av aerosoler.

Avdödningen är ofta snabb i början, medan ett mindre antal kan överleva under lång tid. De viktigaste faktorerna som påverkar avdödningen är temperatur, fuktighet, näringsämnen, solljus, pH och konkurrens från andra mikroorganismer (Thor-Axel Stenström, m.fl. 1996).

De antal organismer som krävs för att ge upphov till sjukdom varierar mellan olika patogena organismer, från några få organismer för virus och parasiter till många tusen till miljoner för många tarmbakterier (Anna Olsson, m.fl. 1996).

2.5 BDT-vatten

2.5.1 Näringsinnehåll, metaller och mikroorganismer

Det är svårt att ge ett medelvärde på innehållet av olika ämnen i BDT-vattnet. Detta är mycket beroende av vilka kemiska ämnen som används i hushållen. Användning av fosforhaltiga tvättmedel minskar för närvarande medan mängden av andra ämnen som ersätter fosfor i tvättmedel ökar.

SNVs undersökning om specifika föroreningsmängder i hushållsspillvatten är speciellt inriktad på att undersöka BDT-vatten (Statens naturvårdsverk, 1995a).

Enligt denna rapport har BDT-vatten 10%kväve, 25% fosfor och 10% kalium, se fig. 7.

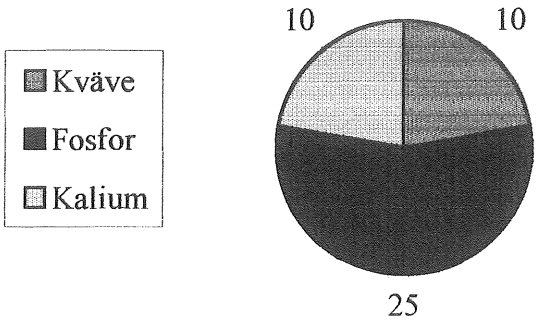


Fig. 7. Näringsinnehåll i BDT-vatten

Metallhalten i BDT-vatten varierar beroende på olika förhållanden såsom dricksvatten-kvaliteten, vattenledningarnas materialsammansättning och utlackning från disk- och tvättgods och liknande.

Tabell 2 ger följande mängder i mg/pd (Statens naturvårdsverk, 1995a).

	BDT-vatten
Bly	<3
Kadmium	<0,6
Koppar	<6
Krom	<5
Kvicksilver	<0,06
Nickel	<3
Zink	<50
Silver	<0,3

Tabell 2. Metallhalten i BDT-vatten i mg/pd

Halterna av bakterier och virus varierar avsevärt och uppgår i vissa fall till höga halter som i WC-vatten (Statens naturvårdsverk, 1995a).

2.6 Slam från avloppsreningsverken i Sverige

I Sverige produceras mer än 200 000 ton (torrsubstans) slam årligen från cirka 2080 avloppsreningsverk.

Slammet innehåller organiska ämnen, näringssalter, tungmetaller och rester från kemikalieanvändningen i samhället som helhet (Birgitta Johansson, 1997).

Med hjälp av fällningskemikalier fälls fosfor ut i de konventionella avloppsreningsverken. Halten av fosfor varierar beroende på reningsmetod som styrs av de processer som finns och de kemikalier som används. Ett icke kemikaliefält slam innehåller ca 10-20% av den totala mängden fosfor i avloppsvattnet (Statens naturvårdsverk, 1990).

Det som sker i ett avloppsreningsverk är till stor del de processer som sker i naturen, baserat på mikroorganismer som bryter ner organiskt material eller omvandlar kväveföroreningar. Processerna går snabbt och kan styras genom olika mängder av mikroorganismer. Slam sedimenteras och tas ut på flera ställen i reningsverket.

2.6.1 Näringsinnehåll i slam

De växtnäringsämnen som finns i slam från kommunala avloppsreningsverk har till stor del sitt ursprung i de livsmedel vi konsumerar. Större delen av slammet i konventionella avloppssystem består av organiskt material.

Tabell 3 visar ungefärlig sammansättning för slam i procent av torr substans(TS). Slammets kvalitet beror på avloppssystemets uppbyggnad, reningsverkets kapacitet och vanor av anslutna abonnenter.

Jämfört med stallgödsel är fosforfält avloppsslam ofta rikt på fosfor men fattigt på kväve och kalium (Algerbo m. fl. 1993).

Organiskt material	50%
Ammonium kväve	0,4%
Organiskt kväve	3%
Fosfor	2,5%

Tabell 3. Slammets innehåll av organiskt material och växtnäring (% av TS)
(Statens naturvårdsverk, 1989b)

2.6.2 Metaller och organiska miljögifter i slam

Slammets innehåll av tungmetaller kan skapa problem vid utläggning av avloppsslam på jordbruksmark (Legret, 1993). Riskerna vid användning av slam som jordförbättringsmedel orsakat av innehållet av organiska gifter bedöms dock som relativt små (Statens naturvårdsverk, 1993a).

Tungmetaller och organiska miljöfarliga ämnen sprids lokalt, regionalt och globalt i miljön. Ökning av kadmium i marken genom luftnedfall är ett exempel på global spridning.

Den lokala spridningen är en följd av att vi använder sådana ämnen i vårt dagliga liv som sedan hamnar i det kommunala avloppsreningsverket.

2.6.3 Riktlinjer, krav från Naturvårdsverket på slam

Det finns en överenskommelse från 1994 mellan Naturvårdsverket, Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) och Svenska Vatten- och avloppsverksföreningen (VAV) om att kvalitetskontrollerat slam ska användas i jordbruket.

Det finns gränsvärden för metallhalter i slam och riktvärden för vissa organiska ämnen, se tabell 4 respektive 5.

	År 1995	År 2000
Pb	100	25
Cd	1,75	0,75
Cu	600	300
Cr	100	40
Hg	2,5	1,5
Ni	50	25
Zn	800	600

Tabell 4. Gränsvärden för mängd metall som får tillföras åkermark genom slamgödsling i g/ha,år (Statens naturvårdsverk, 1995a).

Organiskt ämne	Gränsvärde
Nonylfenol	100*
Toluen	5,0
Summa Polyaromatiska kolväten (PAH)	3,0
Summa Polyklorerade bifenyler (PCB)	0,4**

Tabell 5. Frivillig överenskommelse om gränsvärden för de organiska föroreningarna i slam avsett för jordbruksanvändning i mg/kg TS (Statens naturvårdsverk, 1995).

* 1997 sänks gränsvärdet till 50 mg/kg TS
** årsmedelvärde

2.6.4 Slamhantering och användning

Avloppsslammet stabiliseras oftast genom rötning i stora tankar utan tillförsel av syre. Ur rötslam utvinns biogas (metan) genom syrefri (anaerob) nedbrytning av slammets organiska material. Förutom energivinsten gör rötning att slammet delvis blir hygieniserat samt lättare att avvattna, vilket underlättar det vidare omhändertagandet.

Resterande cirka 30 procent av den årliga slammängden genomgår antingen en aerob stabilisering (i en reaktor eller genom kompostering) eller kemisk stabilisering med kalk för att hygienisera slammet (Statens naturvårdsverk,1993a).

Vid stabiliseringen dödas eller hämmas sjukdomsframkallande mikroorganismer av olika slag. Slammet bör användas i jord- och skogsbruk, eftersom det innehåller mycket fosfor som är en begränsad resurs.

Å ena sidan bör slam lagras minst 6 till 12 månader för hygienens skull enligt Stenström, medan å andra sidan slam som lagras under längre tid blir ett sämre gödselmedel i och med att fosforföreningarna som bildas binds hårdare ju längre tid som går (Bäärnhielm A. 1993).

Om slammet lagras vid lägre temperaturer så sker fastläggningen av fosfor långsammare. Detta innebär alltså att för fosforns skull bör man lagra slammet under så kort tid som möjligt och vid så låg temperatur som möjligt.

Återföring av kommunalt avloppsslam till åkermark är ur ekologisk synvinkel den bästa återvinningsmetoden men slammets innehåll av metaller, organiska miljögifter och patogener har varit ett hinder för slamanvändning.

Orsaken till att det tills i dag återförs bara cirka en tredjedel av slammet till jordbruket är att det fortfarande finns för stora mängder av oönskade ämnen i slam från vissa reningsverk.

Det är inte rimligt att tänka sig att slam från reningsverk deponeras på soptippar i framtiden. Dels finns det inte tillräckligt utrymme på tipparna, dels ställer utläckningen av näringsämnen till problem.

Om lakvattnet från deponin leds till ett kommunalt reningsverk, kommer detta att innebära att en del av föroreningarna sprids i recipienten med det renade avloppsvattnet. Övriga föroreningar fastnar återigen i slammet, vilket innebär en rundgång av föroreningarna mellan reningsverk och avfallsupplag (Statens naturvårdsverk, 1993a).

Det finns ett antal olika sätt att använda slammet. Dels kan det appliceras direkt, efter stabilisering, på åkermark eller på återställningsytor.

Slam från kommunala avloppsreningverk används sedan längre tid i jordbruket som gödningsmedel. Motivet är att återcirkulera växtnäring och organiskt material till åkermarken och därmed få ett kretslopp mellan stad och land. Dels kan det komposteras.

Man kan kompostera enbart slam eller slammet blandat med annat organiskt avfall. Produktion av pellets är ett annat intressant alternativ. Det kostar lite extra att torka slammet, men man får en produkt som är lättare att handskas. Pellets kan också spridas på skogsodlingar.

Vilket av dessa alternativ till användning av slam som kommer att dominera beror på lokala förutsättningar. I de fall man har tillgång till åkermark, är det troligtvis det billigaste alternativet. Kompostering och pelletisering är andra alternativ som krävs på vissa platser för att få slammet accepterat som gödningsmedel.

Fördelningen mellan olika användningsområden och olika år i Sverige för slam presenteras i fig. 8. Det visar att slamanvändning i jordbruken minskade medan slamdeponering ökade mellan 1987 och 1995. Orsaken till det är slaminnehållet av tungmetaller.

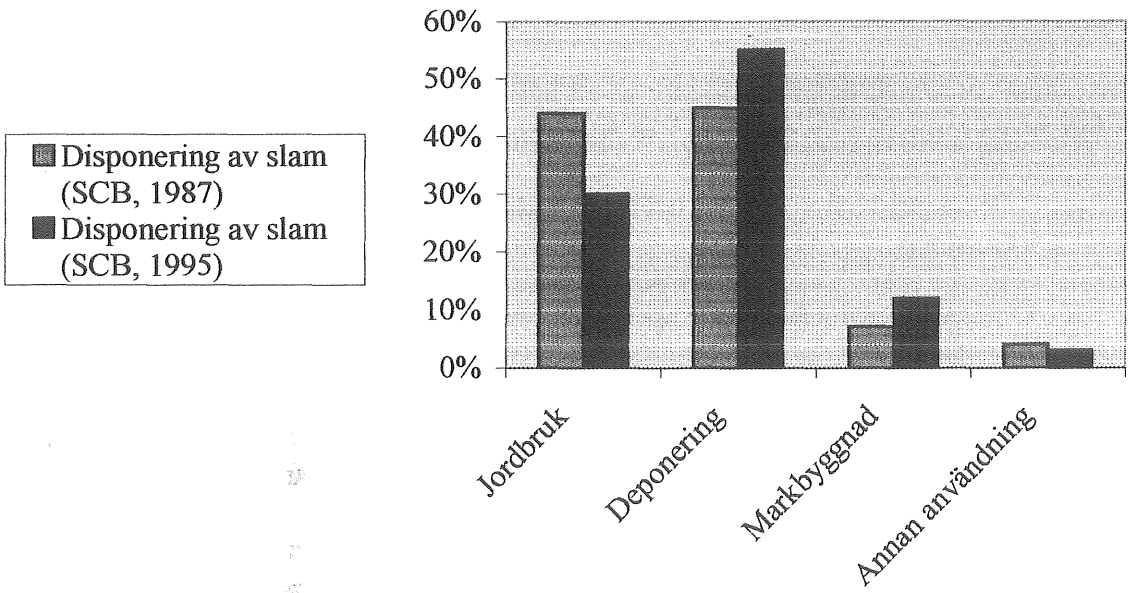


Fig. 8. Fördelningen mellan olika användningsområden för slam i Sverige

2.7 Småskaligheten i urinseparerande avloppssystem

Det finns ganska bra satsningar inom urinseparerande teknik men detta system löser bara delar av det totala avloppsproblemet. Genom dellösningar strävar vi efter helhetssynen. Man är i tät stadsbebyggelse tvungen att begränsa sig, för att lösa globala problem.

Strävan efter småskalighet har flera orsaker bland annat är:

* Att införa ett nytt system som människor inte är vana vid innebär att vi gradvis måste ändra våra vanor som vi inte tar emot det på ett enkelt sätt.

* Att använda en ny teknik betyder att man prövar nya system som kostar mycket pengar, samtidigt finns det inte tillräckliga kunskaper om själva systemet i sin helhet jämfört med ett konventionellt avloppssystem.

Vi befinner oss i det experimentella skedet, vilket alltid är förknippad med högre kostnader men glädjande är att de flesta av dessa nya anläggningar är kopplade till någon form av forskning och uppföljning, ofta på högskolenivå.

2.7.1 Strävan efter ett hållbart samhälle

Omhändertagande av urin är en god indikator på ett hållbart samhälle. Enligt Agenda 21 (FN:s konferens om miljö och utveckling i Rio de Janeiro 1992) är att:

* De ämnen som vi lämnar ifrån oss måste återföras tillbaka i naturens kretslopp.

* Uttaget av förnybara resurser får inte vara större än nybildningen.

Grundtanken bakom byggande av urinseparerande avloppssystemen är att sparsamhet och miljöpåverkan ska vara så liten som möjligt, så att vi ska leva på ett sätt som inte förstör naturen. Men hur detta ska genomföras, och hur långt vi kan gå, skiljer sig kraftigt mellan olika tekniker.

Dessa nya system har många syften bl a hushållning med resurser, utnyttjande av naturliga system och minimering av luft och vattenföroreningar.

Att bygga om Sverige till ett bärkraftigt samhälle, innebär en modernisering av landet. Det handlar inte om att gå tillbaka till en gammaldags teknik med en massa restriktioner och brister på olika områden.

2.7.2 Varför ska vi kretsloppsanpassa VA-system?

Målet med urinseparerande system är att en viktig del av resurser som förbrukas ska ingå i lokala kretslopp. För vatten innebär detta att bruksvatten och spillvatten renas lokalt för att återanvändas eller infiltreras. Urin och komposterat material bör återföras till åkern som handelsgödsel.

I stora städer är det svårt att åstadkomma det totala kretsloppet så man är tvungen att tillämpa vissa enskilda miljöaspekter och bortse från andra.

I framtiden har vi två alternativ, antingen slåss om de resurser som finns eller att anpassa oss och börja förändringen när det gäller våra levnadsvanor och samhällsstrukturer.

De urinseparerande avloppssystemen har dubbla fack, där det näringsrika urinen återanvänds som gödningsmedel i jordbruket istället för import av konstgjord handelsgödsel.

Enligt dagens avloppsystem bekämpas miljöeffekterna vid avloppsrörens mynning istället för vid källan. Det byggdes utan tanke på kretsloppsanpassning. Stora mängder växtnäring förloras genom storskalig hantering.

Genom urinseparerande system kan man minska utsläppet av kväve i recipienten. Fekalier kan användas i rötningsanläggningar för framställning av biogas och högvärdigt gödningsmedel. Gödslet kan återföras till jordbruket och ersätta konstgödsel.

Huvudavsikten med ett urinseparerande system är att minska kvävetillförseln till recipienten.

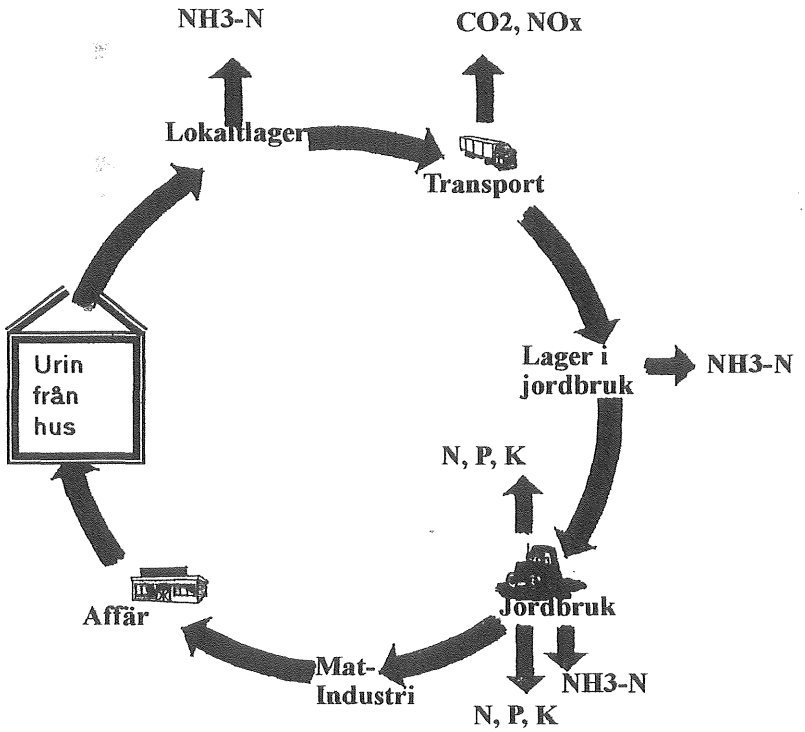


Fig. 9. Urinets kretslopp vid alternativet med urinseparerande toaletter

2.8 Ekonomi

Under denna rubrik räknas fram förluster och vinster i form av fosfor och kväve till recipient respektive jordbruk i procent av totalt producerad fosfor och kväve från urinen för de utvalda projekten.

Enligt (Statens naturvårdsverk, 1995a) producerar varje person årligen genom sin urin, 4,01 kg kväve, 0,36 kg fosfor och 0,91 kg kalium. Risken för förlust genom(volatilisation), (leaching) och denitrifikation är varierande beroende på många faktorer. Om vi antar att förlusten för kväve är 40% enligt Tekniskamiljöplanering rapport (1997:9) vid Chalmers, så är kvarstående mängder kväve i urin 2,41 kg/person.år medan fosfor och kalium inte reduceras enligt samma rapport.

Avloppshanteringskostnader per ansluten person och per år räknas också. Dessa kostnader indelas i investerings-, drifts- och andra kostnader för respektive projekt, enheten är kr/pers.år. För att kunna räkna om ett belopp med hänsyn till indexutvecklingen har det årsmedeltal Faktorprisindex för flerbostadshus (SCB, 1998) använts för att indexreglera de investeringar som är gjorda före 1997, se bilaga-1. Årskostnaden för olika momenter i varje projekt beräknas enligt annuitetsfaktorns formeln:

$$\text{Annuitetsfaktorn} = \frac{\frac{p}{100}\left(1+\frac{p}{100}\right)}{\left(1+\frac{p}{100}\right)^{n}-1}$$

p: Internräntan = 4%
n: Investeringens tekniska livslängd (år)
Tekniska livslängder varierar enligt följande tabell (Erik Kärrman, 1995)

Moment	Livslängd (år)
Anläggningar t ex. verk, biogas	30
Ledningar	50
Tunnlar	100
Byggnader	50
Markanläggningar	50
Pumpar och maskinutrustning	20
Elektroniska varor	10

Tabell 6. Tekniska livslängder för olika moment

2.9 Avloppsvattenbehandlingsanläggning, Ryaverket, Göteborg

2.9.1 Historisk bakgrund

Orsaken till Ryaverkets byggande var att avlasta vattentäkten Göta älv från utsläpp av avloppsvatten och istället utleda detta i en större och tåligare recipient, samt behandla avloppsvattnet för att inte förorsaka olägenhet i vattenområdet.

Ett principbeslut om att uppföra ett avloppsreningsverk fattades 1957 för de delar av Göteborgs kommunen som ej betjänades av Näsets reningsverk. Verket lokaliserades till Fågelroskogen.

1967 påbörjade utbyggnaden av tunnelsystemet över Hisingen för att möjliggöra anslutning av de norra och östra delarna av staden.

Under 1968 och 1969 följde sedan beslut angående utbyggande av första etappen av reningsanläggningen vid Rya som en högbelastad aktiv-slamanläggning med lägst 70% reduktion av organisk substans med utlopp i älvmynningen. Slutkostnaden för Ryaverks-anläggning beräknades till 126 milj kronor. Ryaverket är dimensionerat för en medel-tillrinning på ca 4 m^3/s, men ökade efter 1 juli 1997 till 8 m^3/s.

Verket togs i drift vid årsskiftet 1971/72. Ryaverket, slamavvattningsanläggning med en bergrums deponi vid Syrhåla , 19 km tryckledningar och 90 km tunnlar för uppsamling av avloppsvatten i regionen drivs av det interkommunala aktiebolaget GRYAAB, (Göteborgsregionens Ryaverksaktiebolag).

GRYAAB svarar för avledningen av avloppsvatten från Ale, Lerum, Göteborg, Härryda, Kungälv, Mölndal och Partille kommuner i bergtunnlar med självfall och för reningen av avloppsvatten i Ryaverket. Utöver detta mottar och behandlar bolaget fett, brunnsslam samt avloppsvatten från slutna tankar och levererar värme och renat avloppsvatten för värme-produktion till Göteborg Energi AB.

Ryaverkets reningseffektivitet började med 60% fosforreduktion och ökade till 95% 1996. Ryaverket betjänar en stor del av Göteborgsregionen och har ca 570 000 anslutna personer. Ca 11% av inkommande avloppsvattenmängd till Ryaverket kommer från industri, sjukvård och offentlig förvaltning. Övrig anslutning beräknas ca 204 000 personekvivalenter. Kväveminskningen har ökat under de senaste åren, som ett resultat av regeringens beslut att kustnära reningsverk skall ha långtgående kvävereduktion.

Under perioden 1994 t.o.m. 1997 har det pågått ett omfattande byggnadsarbete på Ryaverket. I september 1997 tog man i bruk de tre första biobäddarna, som är kärnan i ett helt nytt biologiskt processteg. Biobäddarna är uppdelade i två parallella block. En konsekvens av detta är att Ryaverkets reningsprocess och kapacitet successivt har ändrats under åren.

2.9.2 Avloppsvattenbehandling, Ryaverket

Vattnet renas på Ryaverket fysikaliskt, kemiskt och biologiskt. Fig. 10 visar processchema på Ryaverket.

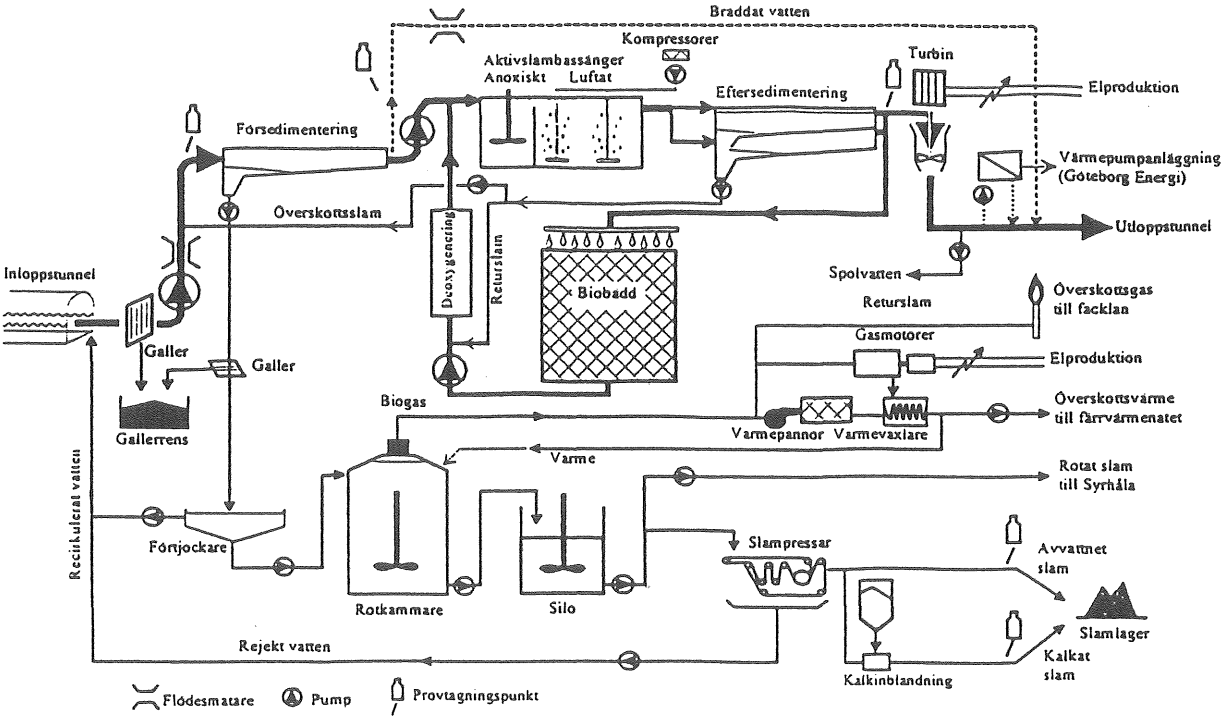


Fig. 10. Ryaverkets processchema (Miljörapport, 1997)

2.9.2.1 Fysikalisk rening

Med fyra pumpar pumpas avloppsvattnet in till Ryaverket. Tre pumpar har maximum kapacitet 6m³/s medan den fjärde har 4,7 m³/s kapacitet. Pumparna skyddas med ett automatiskt galler som har spaltvidd 20-25 mm.

Vattnet leds till 12 sedimenteringsbassänger efter pumpning. Det tar ca 1 timma och 40

minuter för att avskiljas fasta partiklar som primärslam. Vid hög nederbörd och när vattenflödet överskrider 6 m^3/s har det varit nödvändigt att brädda, efter försedimentering. Men fr.o.m. juli 1997, då samtliga nya och ombyggda sedimenterings- och aktivslam-bassänger togs i fullt bruk, har bräddning av försedimenterat avloppsvatten ökat till ca. 8 m^3/s avloppsvatten.

2.9.2.2 Biologisk rening

Vattnet från försedimenteringen pumpas upp ca 3,8 m med fem pumpar med vardera 2 m^3/s kapacitet till biologisk reningssteget. Sedan blandas det med aktivslam (1-3 m^3/s) i aktivslam-bassängerna. Aktivslam är ett koncentrat av bakterier och andra mikroorganismer som pumpas i retur från det efterföljande sedimenteringssteget.

Bakterier tar upp de lösta och kolloidala föroreningarna som näring. Bakterierna oxiderar organiska föroreningar för att få energi och för tillväxt. Den första 1/3- 2/3 av varje bassängs volym är konstruerad för att vara anaerob zon, bakterier tvingas använda löst nitrat (NO_3) istället för syre (O_2) för att förvandla nitrat till kvävegas genom denitrifikation. Bakterierna oxiderar de kvarvarande föroreningarna i den andra delen av aktivslambassängerna.

Genom oxidation av föroreningar kan bakterierna föröka sig via celldelning och därmed bidra till att nytt aktivt slam kontinuerligt bildas i processen. Vattnet stannar ca 2 timmar i dessa aktivslambassänger. Ca 15- 20% av kvävet kan normalt tas bort i form av slam.

Till eftersedimenteringsbassängerna leds vattnet från aktivslambassängerna. I bassängerna sedimenteras det aktiva slammet och avskiljs från vattnet. Efter september 1997 leds en stor del av renat avloppsvatten dock högst 6 m^3/s via biobäddarna som en recirkulationsström tillbaka till aktivslamprocessen. Denna recirkulationen minskas när det regnar kraftigt för att inte överbelasta sedimenterings-bassängerna och för att öka verkets hydrauliska kapacitet.

2.9.2.3 Kemisk rening

För kemisk fällning av fosfor används järn(II)sulfat som löses upp i vatten och doseras till det inkommande vattnet eller, vid höga flöden, till det försedimenterade vattnet.

Järn(II) oxideras till det aktiva medlet järn(III)hydroxid i luftningsbassängerna. Doseringsnivån för järnsulfat ligger vid 1,0-1,3 mol Fe/mol P. Utfällt järnfosfat inkorporeras i aktivslamflockarna. Bra flockbildning är viktig för reningsprocessen och genom tillsats av små mängder av vissa hjälpkemikalier (oftast polyakrylater) kan denna förbättras avsevärt. (Miljörapport, 1997).

2.9.3 Slambehandling

Slammet skiljs i olika processer och mängder och innehållet varierar i bassängerna. För att inte riskera att skräp som t ex trasor, cigarettfimpar etc hamnar i det avvattnade slammet rensas detta bort vid försedimenteringbassängerna.

Första steget i slambehandling är förtjockning av slammet. Det rensade slammet innehåller 98-99% vatten. Det finns 4 st förtjockare på vardera 800 m^3 i vilka slammet sedimenteras i ca 1 dygn och koncentreras till ca 5% torrsubstans.

Det förtjockade slammet pumpas vidare av fyra pumpar. Rötkammrarna värmeväxlar ingående slam mot utgående slam och på detta sätt återvinns upp till 50% av den energi som åtgår för uppvärmning.

I biogasanläggningen eller rötkammaranläggningen sker slammets nedbrytning i anaerob miljö, biogas bildas som består av 60-65% metangas och 35-40% koldioxid. På Ryaverket finns möjligheter att ta emot externt organiskt material från t.ex. restauranger, storkök och från livsmedelsfabrikanter samt att samröta detta med slam för att öka produktion av biogas.

På Ryaverket finns två parallella rötkammare, den dimensionerande uppehållstiden är 15 dygn. Från rötkammaren pumpas slammet via värmeväxlarna till en avgasningskammare. I avgasningskammaren blåses luft genom det rötade slammet. Rötningen avstannar då och gas som annars ansamlas i ledningar m.m. drivs av.

Efter avgasning rinner slammet ned i slamsilon. Slammet pumpas från silon och doseras med polymer och avvattnas med silbandspressar till en torrsubstanshalt av ca 25-30%. På Ryaverket finns fyra silbandspressar med en kapacitet på vardera 30 m^3 per timma. Från och med mars 1997 ersattes två av silbandspressarna av en centrifug med kapaciteten 40 m^3/h.

Slammet från silon pumpas antingen till slamavvattningsprocessen vid Ryaverket eller till Syrhåla för avvattning och även lagring i bergrum. Rejektvatten från slamavvattnings-processen leds i retur till inloppet för rening.

Slammet används på olika områden t.ex. som gödselmedel eller på grönoområden. Slammets fysikaliska egenskaper kan förbättras genom inblandning av bränd kalk och kalksten. Kalkat slam används i markbyggnadsprojekt. På GRYAAB:s komposteringsanläggning komposters en del av det avvattnade rötslammet med bark (en del slam till två delar bark). En annan del kalkas och deponeras på Tagene. Användningen av slam varierar under olika år. Fig. 11 visar disponering av slam på Ryaverket, baserats på att all mellanlagring gick till deponering.

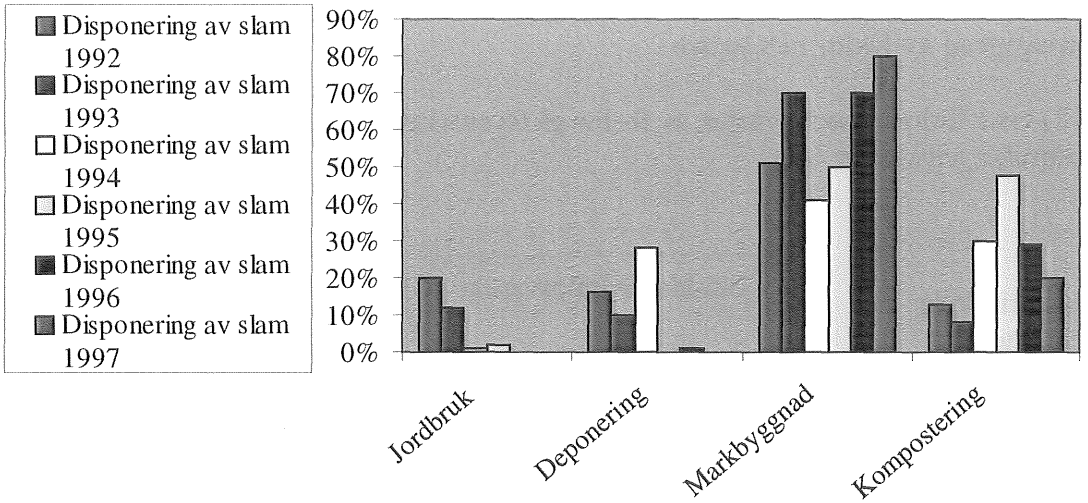


Fig. 11. Fördelningen mellan olika användningsområden för slam från Ryaverket (Årsredovisning, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997)

2.9.4 Ekonomi

Förutom årskostnad per ansluten person för avloppsreningsanläggning i Göteborg (Ryaverket), räknades också andra kostnader i form av ombyggnad, nyinvestering och driftkostnader för Göteborgsavloppsnät, enheten är kr/p.år.

Som en bas för årskostnad för Ryaverket användes bilaga 1:1 från rapporten, utvärdering av olika avloppssystem, metod- och fallstudier (Erik Kärrman, 1995). Men eftersom information i ovan nämnd bilaga var till 1993, så tillades investeringskostnader på Ryaverket på följande år till 1997 från respektive årsredovisning GRYAAB. Antalet anslutna personer till Ryaverket är 577 966.

Data ur rubrikerna (Nyckeltal för avledning av avloppsvatten), (Investeringar för spillvattenledningsnät), och (Ombyggnader av avloppsledningsnät) i Årsberättelse 1997 togs som ett representativt år för att beräkna årskostnaden för avloppsledningssystemet eftersom Göteborgs avloppsledningsnät är gammalt, ca 100 år så är det väldigt komplicerat att räkna fram alla gjorda investeringar under dessa år.

Antalet anslutna personer 1997 i bara Göteborgsnätet är 442 333 (Miljörapport, GRYAAB, 1997). Den sammanlagda årskostnaden har beräknats till 700,77 kr per ansluten person se bilaga-2 & 3.

Utvinningsgrad av fosfor och kväve

Fig. (12) visar förlusten och vinsten av fosfor på Ryaverket. Av den totalafosforen återförs 0% till jordbruket, vinsten är noll.

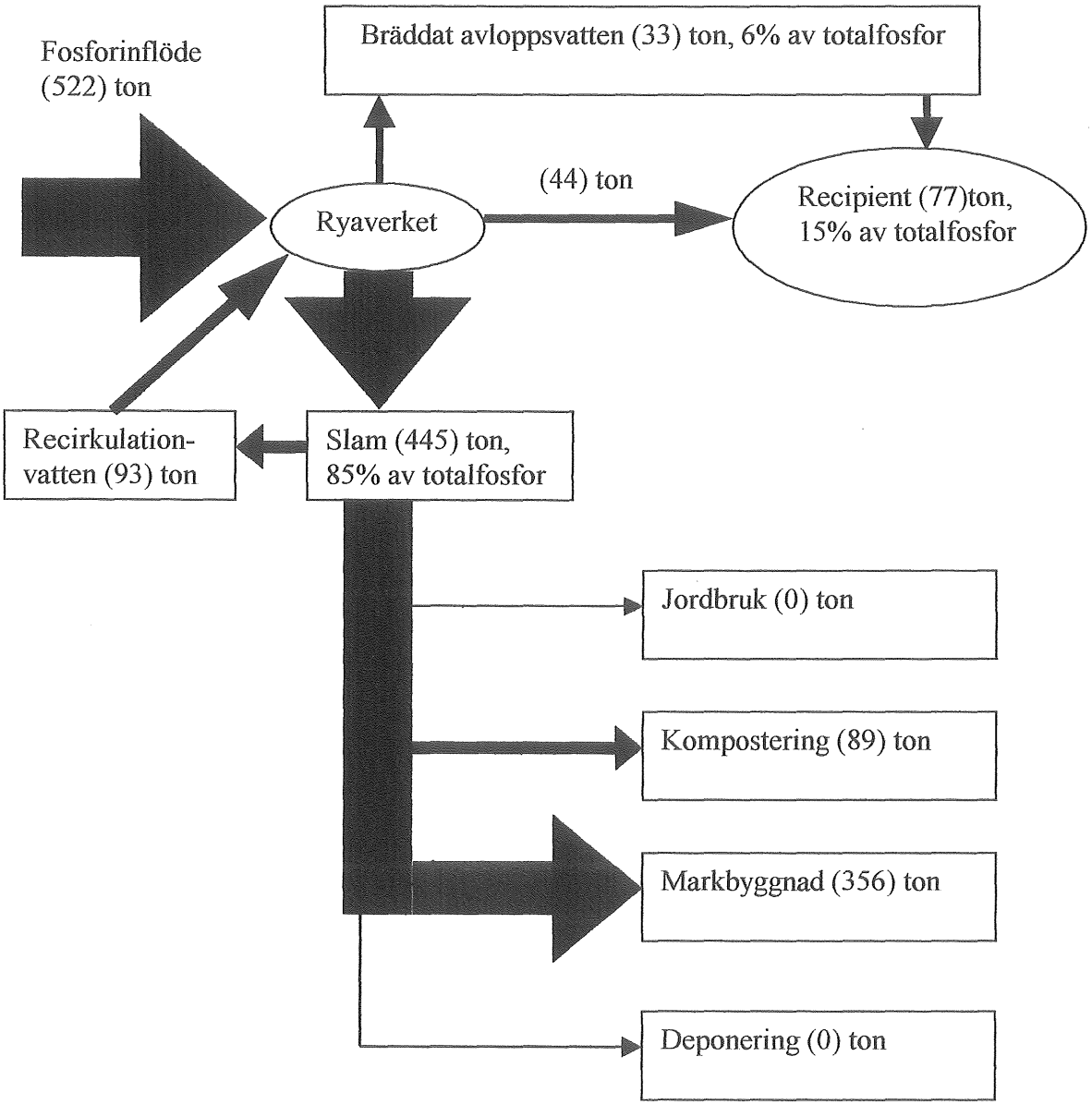


Fig. 12 Fosforflöde i Ryaverket i Göteborg (Miljörapport, 1997)

Fig. (13) visar vinsten och förlusten av totalkväve i Ryaverket. Av den totalakvävet återförs 0% till jordbruket, vinsten är noll.

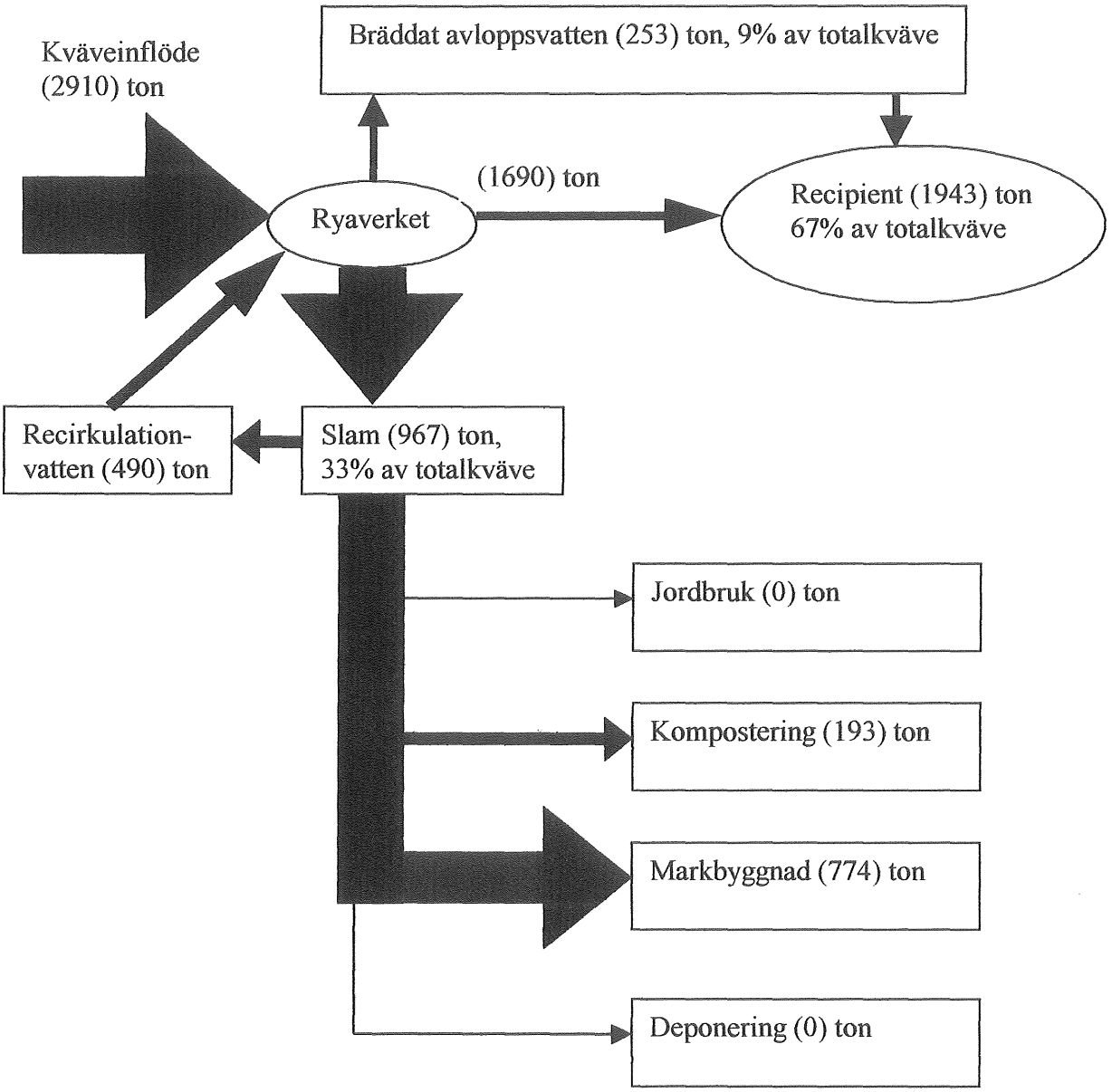


Fig. 13 Kväveflöde i Ryaverket i Göteborg (Miljörapport, 1997)

3. Fältstudier

3.1 Ekoporten, Norrköping

3.1.1 Allmän beskrivning

Satsningen på ekologiska byggnader i Norrköping sker i de minst statusladdade förorterna, det är såväl ett statuslyft på dessa områden som ett pilotmiljöprojekt.Ett slitet 60-talshus i Norrköpingsförorten Hageby, som tillhör miljonprogramshus (1965-1974), har förvandlats till ett kretsloppsanpassat hyreshus. Elementhusområdet som heter den delen av Norrköpings-förorten Hageby i vilken ligger Portenområdet som ägs av det kommunala bolaget ***Hyresbostäder AB***.

Bebyggelsen i Hageby-Smedbyområdet omfattade 34 trevåningshus med totalt 804 lägenheter. Husen byggdes 1965 med betongelement, då bostadsbehovet var stort, varje dag monterades 2,5 lägenheter, och behovet i Norrköping hade beräknats till 2000 lägenheter per år.

Husen i Hageby har tre trapphus som vid varje entré har soprum, barnvagnsrum och matkällare. Tvättstugor, lägenhetsförråd, cykelrum och en del gemensamma lokaler finns i separata servicebyggnader i kvarteret. Husen saknar vind och källare och liksom i de flesta miljonprogramsområden karaktäriserades av en dålig inre och yttre miljö samt massor av tekniska brister liksom fuktskador på husens ytterväggar, otäta fogar mellan fasadelementen, vattenskador i badrummen, otillräcklig ventilation och värme, dålig handikapptillgänglighet, energihushållning och sophantering.

Hyresbostäders hade planer på att förnya och bygga om Portenområdet 1985 men det påbörjades inte förrän1992. Enligt förnyelseprogrammet har alla hus och gårdar i Porten-området utom huset som sedan senare fick namnet Ekoporten, rustats upp under tiden 1992 - 1995.

Initiativtagare till att ett hus i området Porten skulle byggas ekologiskt och miljöanpassat var Hyresbostäders VD Ingvar Carlsson, och ägare till byggföretaget Sundbaum Gunnar Sundbaum. Ingvar Carlsson ansåg att ett "ekoprojekt" kunde vara ett medel att föra in miljötänkande och ny kunskap i företaget och så småningom även hos hyresgästerna. Han trodde samtidigt att bostadsföretaget dessutom skulle få chansen att förknippas med något positivt i stället för att alltid nämnas som förvaltare av problemområden. Fastigheten Porten 6 med adress Timmermansgatan 34 byggdes 1967. Detta hus har byggts om 1995 och kallades Ekoporten. Det består av 18 lägenheter, det finns inga ettor i huset, endast tvåor, treor och fyrarummare.

Ekoporten. Det består av 18 lägenheter, det finns inga ettor i huset, endast tvåor, treor och fyrarummare.
Till kretsloppsanpassningen har Hyresbostäder fått bidrag från Naturvårdsverket (4 miljoner kronor), Byggforskningsrådet med flera (totalt 1 miljon kronor). Totalt har Ekoporten kostat 31 miljoner kronor att bygga om, varav ca 22,5 miljoner för miljösatsningar. Det betyder att kretsloppsanpassningen kostat en och en kvart miljon kronor för var och en av de 18 lägenheterna.

Miljösatsningar ingår i de flesta byggnadsdetaljerna, utom att värme kommer från vanlig fjärrvärme. De viktigaste åtgärderna som utförts i Ekoporten var i följande:

- Vatten/avlopp
- Kallvattenmätare med puls samt värmemängdsmätare för varmvatten ansluten till styr- och övervakningssystem. Detta datoriserade system följs löpande upp, vatten- och energiförbrukningen mm.
- Elförsörjning(elledningar har bytts ut till skärmade ledningar dvs ledningar med extra metallisolering, för att minska de elektriska och magnetiska fälten).
- Värmesystem, solfångare som beräknas bidra med 50 procent av varmvattenuppvärmningen.
- Jordkällare
- Ventilation
- Sophantering och kompostering av organiskt avfall
- Utomhusmiljö(vegetation, odlingslotter)
- En värmeabsorberande fasad av ekofiber
- Handikapptillgänglighet(hissinstallation)

Ekoportens arkitekter är Krister Wiberg och Johan Mörling från FFNS Arkitekter AB. Med projektering av detta hus ville projekteringsgruppen visa hur det är möjligt att bygga om och miljöanpassa utan att skapa alltför tekniskt komplicerade system och att det passar alla hyresgästerssammansättningen, helt enkelt att huset ska vara anpassad för blandad struktur av hushåll i olika åldrar och av olika typer.

Avsikten med ombyggnaden Ekoporten har varit att skapa ett experimenthus för miljövänligt och resurssnålt boende för vanliga människor.

En anmälan av ombyggnaden skickades till bygglovkontoret och miljö- och hälsoskyddskontoret för prövning. Bygglovkontoret krävde att en tredjedel av lägenheterna skulle vara handikapptillgängliga medan miljö- och hälsoskyddskontorets villkor var att reningsanläggningen skulle fungera på ett effektivt och säkert sätt: En kontinuerlig tillsyn skulle ske, larmsystemet skulle kunna varna omedelbart vid eventuell störning och ett komplett kontrollprogram skulle införas. Möjligheten att åter ansluta till det kommunala avloppsnätet önskas som en viktig lösning vid eventuella nödsituationer.

Bygglov beviljades den 13 juni 1995. Bygget startade den 16 oktober 1995. I samband med Hyresbostäders 50 årsfirande skedde invigning den 13 juni och hyresgästerna flyttade in den 1 juli 1996. Genom att projektet har haft karaktären av två viktiga moment i svenskt byggande och samhällsutveckling väckte experimentbyggandet intresse och skapade debatt hos allmänheten. Det som kännetecknar detta hus är att det visar upp byggexempel från två olika epoker 1960-talet och miljonprogrammet och 1990-talet med skärpt uppmärksamhet på miljöresurser (BOOM-Gruppen, Marina Botta, 1998).

3.1.2 Teknisk beskrivning av avloppssystemet

Avloppssystemet innefattar urinseparerande WC-stolar, typ Dubbletten som tillverkas i Sverige. Toaletten är av porslin. Den är vägghängd och utrustad med våtrumskassett. Sitsen är i trä och locket består av två delar för större och mindre personer. Spolmängden för urinskålen är 2 dl per gång och 4 l för fekaliedelen per gång.

För urin respektive fekalier och BDT-vatten finns separata avloppsledningar som är av gjutjärn. Urin med spolvatten samlas i två (delvis nedgrävda) slutna tankar, volymen för vardera är 15 m^3. Urintankarna är försedda med larmindikator, det larmas när de fyllts till 85%.

Till en separator leds fekalier med spolvatten, där den mekaniska reningen sker. Fasta partiklar med hushållsavfallet samlas upp i en roterande komposteringstrumma som är placerad i teknikhusets nedre plan. Via ett rör lägger de boende matrester och andra organiska hushållsavfall i komposttrumman som roterar ett varv varje timme. Avfallet vänds och luftas automatiskt under sex veckor, sedan töms det i en behållare bakom trumman. Efter sex månader läggs det komposterade materialet ut på planteringar inom området.

Spolvattnet passerar två UV-bestrålare för bakteriedödande innan det leds till trekammarbrunn. BDT-vattnet leds till slamavskiljaren, sedan pumpas vattnet till en rotzonsanläggning. Slammet töms 2 ggr/år och transporteras till det kommunala reningsverket. Det kan hända att bräddvatten från slamavskiljaren leds till rotzonsanläggningen i separat ledning för att förhindra att orent vatten går förbi reningsanläggningen.

Hittills fungerar rotzonsanläggningen som en markbädd eftersom bädden har inte varit vattenmättad p.g.a olika orsaker bl a att utloppsbrunnen läckte i inledningsskedet. Markbädden består av ett sand- och lecalager. Fördelningsrören utgår från fördelningsbrunnen. Via två lagda spridningsledningar på ca 0,5 meters djup fördelas vattnet ut i bädden och samlas upp i ett rör som placerats mitt i bädden och som sedan mynnar i en utloppsbrunn. I markbäddens mitt är sand- och lecalagret ca 1,6 meter. För denitrifikationsprocessen och för att tillföra organiskt material har bladvass och andra våtmarksväxter planterats. Den totala

ytan är ca 270 m² vilket motsvarar ungefär 5 m²/person (Sören Lindgren, S.G. 1998). Se nedan principskiss över Ekoportens reningsanläggningen, fig. 14.

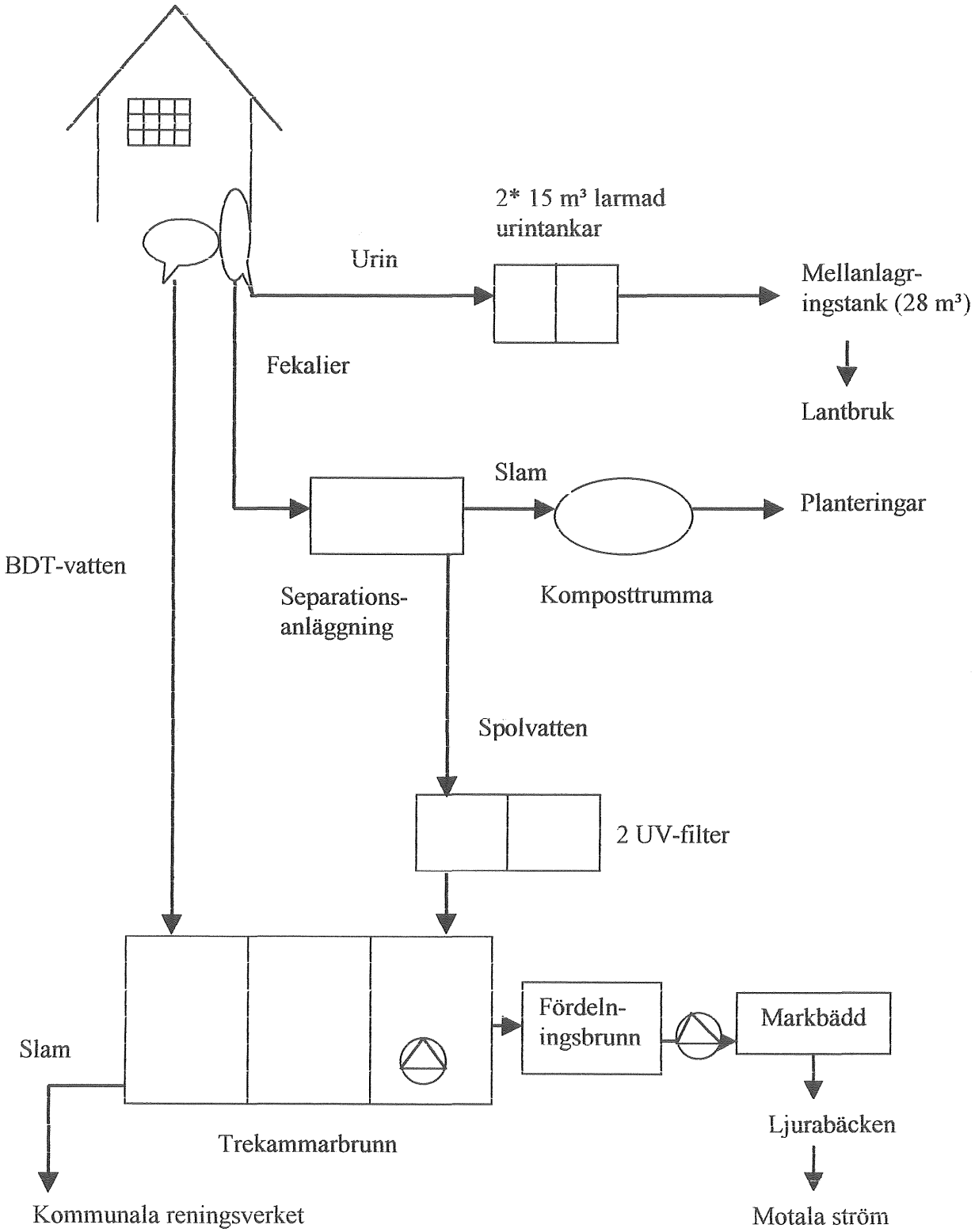


Fig. 14 Principskiss över Ekoporten reningsanläggning

3.1.3 Skötsel, underhåll, ansvar och avtal om urintömning

Två fastighetsskötare som tillhör Hyresbostäder AB kollar teknikrummet. Enligt drifttekniker fungerar VA-systemet bra.

En begagnad sluten tank används som mellanlagringstank (28 m^3) så att urinen lagras i minst sex månader innan det sprids på åkermark . Mellanlagringstanken ligger bredvid urintankarna, som en underlag för tanken byggdes en betongplatta eftersom den har hamnat under grundvattennivån.

Mellanlagringstanken har ett inre skikt i syrafast rostfritt stål förstärkt med järnband. Urinen cirkuleras i urintanken med hjälp av pump innan det pumpas över via en permanent monterad ledning i mellanlagringstanken. Vid mätningar har det konstaterats att kväveavgången i urintankarna har varit låg (Sören Lindgren, S.G. 1998). Mellan en bonde som bor utanför Norrköping och Hyresbostäder AB i Norrköping finns en överenskommelse så att bonden får urinen gratis medan Hyresbostäder står för urintömnings- och transportskostnader. Urintankar töms två gånger om året.

3.1.4 Ekonomi

Investeringskostnader för avloppssystem är enligt tabell 7 (Sören Lindgren, S.G. 1998), även medräknat vissa ökningar av driftkostnader och urinlagring:

Åtgärd	Investeringskostnad(kr)
Urinseparerande toaletter	200 000
Rörledningar och slitsar för BDT-avlopp och urinavlopp	375 000
Komposttrumma separator 2 UV-enheter	312 000
SBD- och urinledningar i mark	37 000
Urintankar och mellanlagringstank	447 000
Slamavskiljare	94 000
Pumpbrunn med pumputrustning och elförsörjning	44 000
Fördelningsbrunn	13 000
Markarbeten i anslutning till ovanstående installationer	156 000
Markbädd	94 000

Tabell 7. Investeringskostnader för avloppssystem

Användning av samma process som finns detaljerad på sidan 26 var årskostnaden per person 4019,54 kr, se bilaga-4.

Utvinningsgrad av fosfor och kväve från urinen

Följande beräkningar är baserade på mängderna (N, P, K) på sidan 26.

Total N = 2,41*35 = 84,35 kg. N/år

Total P = 0,36*35 = 12,6 kg. P/år

Total K = 0,91*35 = 31,85 kg. K/år

3.1.5 Förvaltningens erfarenhet och boendes upplevelse

Det är vanligt att det dyker några komplikationer vid monteringen och användningen av nya system. I Ekoporten har några funktionsstörningar förekommit i avloppsreningssystemet, Enligt provtagningar i det utgående avloppsvattnet från rotzonen, var halterna av BOD_7 (biokemisk syreförbrukning) och totalfosfor högre än gränsvärdena för ett konventionellt reningsverk medan kväve halten låg i gränsvärdenivå.

Även halterna av s k indikatorbakterier (E-coli och termotoleranta koliforma 44°) översteg motsvarande gränsvärden för strandbad (Sören Lindgren, S.G. 1998). Allt detta som uppstått under första driftsåret beror på en rad tekniska problem som har åtgärdats under hand, bl a:

- Det största problemet var separering av spolvatten från fekalier, vilket resulterade i stora läckage i både komposttrumman och teknikutrymmet. Nedbrytningsprocessen fungerade dåligt i komposttrumman på grund av överdosering av avloppsvatten som orsakade minskning av syretillförseln.

  Orsaken till detta som har upptäckts via videofilmning av avloppsrören, kan möjligen vara att flödet stannade av vid by-passventilen innan Aquatronens tankar monterades. Efter detta stopp återkom flödet med för stor mängd vatten som ledde till vattenläckage under trumman och obehagligt lukt. För att komma till rätta med problemet hade extra tillskott av strö och högre temperatur i trummen föreslagits.

- Det har också visat sig att rotfrukter, lök och potatis ej bryts ned i komposttrumman. I framtiden är tanken att installera en kompostkvarn.

- UV-filternas effektivitet minskas p.g.a stora mängden slam i avloppet, en kontinuerlig rengöring av UV-filterna krävs.

Det har föreslagit tre olika åtgärder för att öka effektiviteten:

1- Flytta filtren och placera dem efter markbädden
2- Sätta in nya filter efter markbädden
3- Byta filtren mot ozonfilter

- Låg vattennivå i markbädden av två olika orsaker, för det första läckage i utloppsbrunnen efter markbädden, för det andra läckage av avloppsvatten mellan trekammarbrunnen och fördelningsbrunnen pg.a hävertverkan. Orsaker till att markbädden inte fungerar tillräckligt bra kan vara följande:

1- Sandlagertjockleken är bara 50 cm vid fördelningsrören.
2- Avståndet mellan fördelningsledningarna är för långt eller lutningen på dem är för stor.
3- Förbikopplingar av avloppsvatten direkt till trekammarbrunnen, då komposttrumman inte fungerade.

Problemen i lägenheterna har inte varit till stort besvär för de boende, störningarna i VA-systemet har ej påverkat de boende i stor omfattning. Det har uppstått några stopp i toaletten i urindelen, och detta berodde på hår som samlats i vattenlåset. Som en lösning föreslogs en löstagbar sil för uppsamling av hår.

De flesta är nöjda med de nya installationerna. WC-stolar med sin träsits upplevs som varma och behagliga, och eftersom de är vägghängda så underlättas städningen.

Flera andra problem som uppkommit har mötts positivt tack vare Bo-infoskolan som informerade de boende om hur allt fungerar och om olika slags problem som skulle kunna dyka upp efter inflyttningen.
(Boomgruppen, Marina Botta, 1998).

3.2 Understenshöjden (Björkhagen), Stockholm

3.2.1 Allmän beskrivning

Området ligger i Björkhagen i södra Stockholm, 5 km från Stockholms centrum. Bostadsområdet består mestadels av bergig terräng fylld med både barr och lövträd, i söder är marken lerhaltig. En naturlig placering av bostadshusen har eftersträvats där dessa följer terrängens utseende.

Området består av fem husgrupper i två våningar med lite olika karaktär på omgivningen, totalt antal lägenheter är 44. Vägarna inom området är grusbelagda för att inte hindra infiltration. Under dessa har de flesta av ledningarna dragits och isolerats med Foamglas. Understenshöjden betraktas som det första ekologiskt anpassade bostadsområdet i en storstad. Bygget handlades upp av entreprenör Platzer som en totalentreprenad vilken sedan köptes av PEAB.

Genom Mia Torpe och Ebba (föreningen för ekologiskt boende i Björkhagen) blomstrade idén om en ekoby i storstaden. För att bli verklighet tog det fem års arbete och förhandlingar. Numera är Mia Torpe miljöchef på HSB Riksförbund. Inflyttningen skedde i februari - juni 1995. Understenshöjden kännetecknas av:

- Alla radhus har solfångare på tegeltaken med en yta på 8,3 m², de försörjer området med energi under sommaren.
- Värmecentral med pelletsledning, på vintern svarar en gemensam pelletspanna för den värme som behövs på vintern.
- Husen är isolerade med cellulosafibrer.
- Golven är belagda med furuplank och klinker.
- Elledningarna är tvinnade för att minska de magnetiska fälten.
- Ventilationen är självdragssystem, som förstärkts med en fläkt. Vid fönstren finns luftspringor.
- Källsortering av avfall, så att organiskt avfall läggs i varmkomposter.
- Tappvattensystemet är anslutet till det kommunala vattennätet. Området har gemensam vattenmätare i kvartershuset. Plats för enskilda vattenmätare finns vid varje hushålls ackumulatortank.
- Urinseparerande avloppssystem medan svartvatten och BDT-vatten tas om hand i ett biologiskt minireningsverk. Det renade vattnet pumpas sedan till en damm i andra änden av bostadsområdet.
- Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) tillämpas. Regnvatten samlas upp i tunnor genom utkastare på stuprör medan dräneringen runt husen mynnar ut till dagvatten-brunnarna vilka utformas som perkolationsbrunnar (stenkistor), med utlopp till täckdiken.

- Eftersom det är en demokratisk förening som står bakom projektet, är det många små detaljer som inte är gemensamma för alla, men stor vikt har lagts vid estetiska värden. En familj valde en annan fönstertyp än de övriga och ytterdörrarna varierar i färg efter personlig smak. Inom området finns gemensamma lokaler.

3.2.2 Teknisk beskrivning av avloppssystemet

Fekalier och urin separeras i en speciell WC-stol av typ Dubbletten. De är utförda i porslin och är väggfasta. BDT-vatten, urin och fekalier leds med självfall i separata ledningar. Urinen samlas upp i två tankar på vardera 40 m^3. Dessa tankar ligger i bostadsområdet och är sammankopplade mellan varandra genom ledningar. Dessa tankar är dimensionerade för en beräknad lagring av 200 dygns användning. Bräddning till reningsverket finns ifall om den blir överfylld.

Fekalier och BDT-vatten hamnar i en slamavskiljare (3-kammarbrunn), där avskiljning sker genom sedimentering. Sedimenten töms med slamsugningsbil, medan det sedimenterade vattnet rinner vidare till två biobäddar där en biologisk rening inträffar. Bäddmaterialet utgörs av plast- kroppar med en stor sammanlagd yta. När vattnet passerar bäddmaterialet blandas det med syre. Mikroorganismer konsumerar föroreningar i avloppsvattnet med hjälp av syre, dessa organismer dör när det inte finns syre, därefter lossnar de från bäddmaterialet i form av slam. Detta slam går ner genom bädden till en cirkulationsbrunn där det sedimenterar till botten och pumpas till slamavskiljaren.

I detta skede är reningen framför allt för reduktionen av syreförbrukande ämnen (BOD7) och fasta partiklar. Det renade vattnet går vidare till eftersedimentering i en separat tank för efterklarning som sedan hamnar i 2-UV filter för att minimera bakteriespridningen genom avdödande av bakterier. Sedan pumpas vattnet till en serie av två dammar som binds med en bäck, först passerar vattnet en lecabädd damm som skall fungera som fosforabsorberande.

Dammen har en yta av 150 m^2 och ett vattendjup av 70-100 cm. Lecan byts ut när den är mättad och kan användas som gödselmedel. En del av fosforn tas upp av växter i bottensedimentet. Genom en bäck rinner vattnet ner till den nedre dammen, som har en yta av 250-300 m^2 och den fungerar också som utjämningsmagasin. Det har planerats att vattnet från den nedre dammen ska användas för bevattning om infiltrationen i bäcken och i den sista dammen inte skulle vara tillräcklig. Det finns möjlighet att koppla det lokala avloppsystemet till det kommunala avloppsnätet om det lokala reningsverket av någon anledning inte skulle fungera. Se principskiss över Understenshöjdens avloppssystem i fig. 15.

På grund av en bristfällig rening av framför allt fosfor i reningsanläggningen har Bostadsrättsföreningen inte fått tillstånd av Miljö- och hälsoskyddsnämnden att leda ut vattnet i dammsystemet, istället leds avloppsvattnet från reningsverket till det kommunala spillvattennätet.

(J-E Haglund, B. Olofsson, 1997).

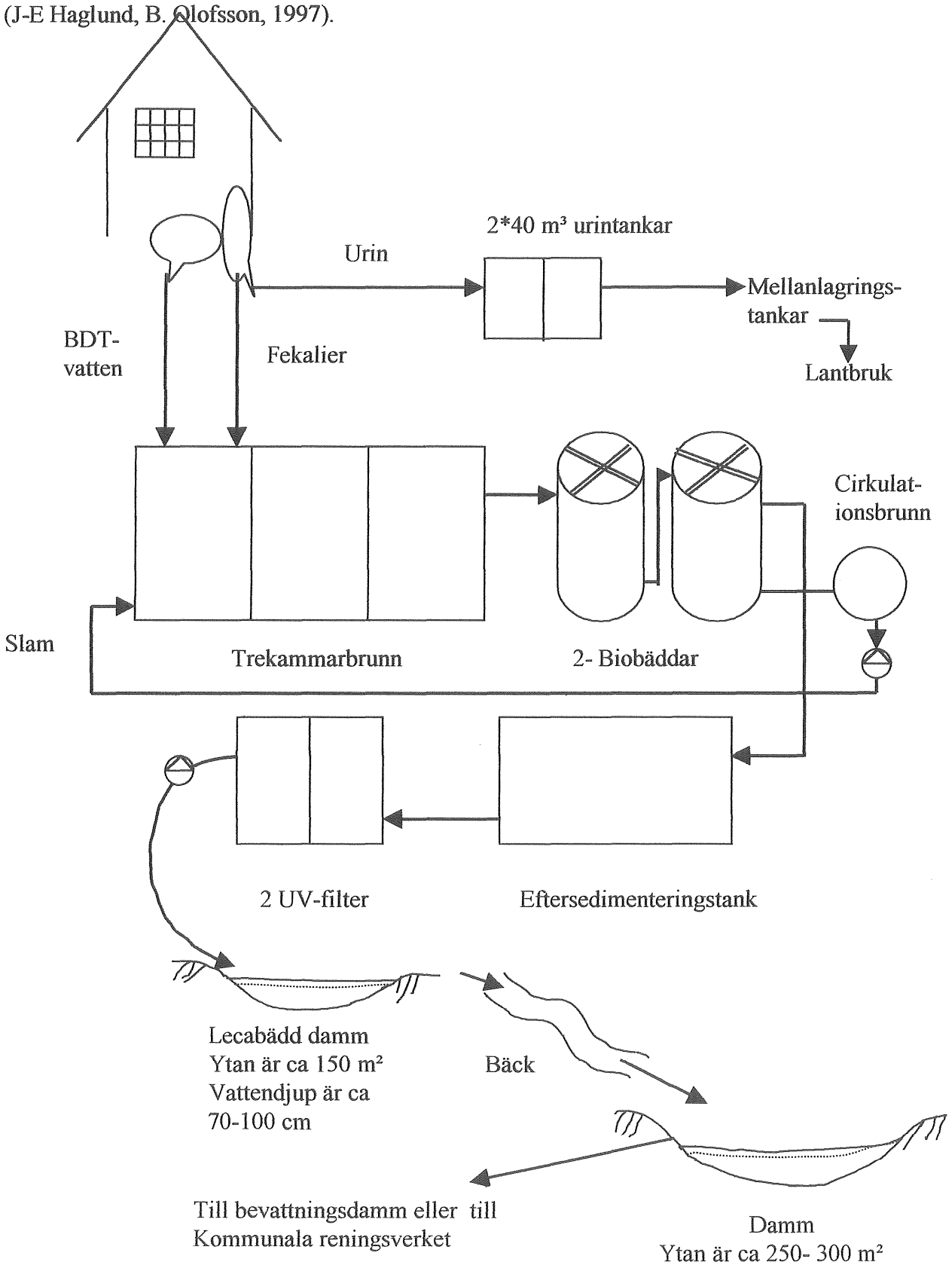


Fig. 15 Principskiss över Understensavloppssystem

3.2.3 Skötsel, underhåll, ansvar och avtal om urintömning

I början av driften ledds vattnet från det lokala reningsverket till det kommunala nätet eftersom reningsgraden inte var tillräckligt hög och stabil och förhoppningen är att reningen i minirenings- verket efterhand ska fungera enligt de från Naturvårdsverket ställda kraven.

Överlämnande av driften till de boende efter igångsättning är en väldigt viktigt process i driften av en lokal spillvattenanläggning, vilket i detta fall inte var tillfredsställande. Det skulle behövas en anpassad utbildning för att kunna hantera de driftsstörningar som skulle kunna inträffa samt vidta eventuella åtgärder som krävs för att uppnå utsläppskraven.

Urinen separeras och samlas i urintankar i bostadsområdet. Renova hämtar urinen och transporterar det till mellanlagringstankar belägna vid Bornsjön. Tre ballongtankar på 150 m^3 vardera som är lufttäta används som mellanlagringstankar.

Stockholm Vatten (kommunalt bolag) har Bornsjön som reservvattentäkt och äger därför markerna omkring sjön. Olika bönder arrenderar marken, ett avtal för urinspridningen med dessa bönder finns. Lantbrukare Henrik Petersson och Ola Palm skötte tillsammans den första spridningen av humanurin under maj 1997, ca 140 m^3.

SLU och JTI bedriver försöksodling på ett område vid Bornsjön i Salem. Där sprids humanurin i olika koncentration. Ammoniakförluster och odlingsresultat är några av de parametrar som mäts.

3.2.4 Ekonomi

Det har inte varit möjligt att få en detaljerad redovisning för avloppssystemskostnader p.g.a att flera företag var inblandad i byggnadsprocessen.

Men HSB Produktion uppskattar investeringskostnaden för VA-anläggningen till ca 1,3- 1,4 i 1995 års prisnivå (J-E Haglund och B. Olofsson, 1997).

Årskostnaden per person är 824,12 kr. Se bilaga-5, grunden till beräkningen finns på sidan 26.

Utvinningsgrad av fosfor och kväve från urinen

Följande beräkningar är baserade på mängderna (N, P, K) på sidan 26.

Antal boende i Understenshöjden är ca 150 personer.

Total N = 2,41*150 = 361,50 kg. N/år

Total P = 0,36*150 = 54 kg. P/år

Total K = 0,91*150 = 136,5 kg. K/år

3.2.5 Förvaltningens erfarenhet och boendes upplevelse

Den kanske viktigaste erfarenheten från detta projekt är hur ett samarbete mellan miljöförvaltning och de ansvariga på det kommunala avloppssystemet fungerar när det gäller krav på utsläpp.

På grund av otillfredsställande samarbete under planering och projektering fanns då en rad oklarheter när reningsanläggningen togs i drift.

En viktig lärdom som saknades vid projektering av lokala reningsanläggningar är att i Understenshöjden har möjligheterna att genomföra mätningar av såväl ingående som utgående mängder närsalter och miljöstörande ämnen mycket varit begränsat.

Ur boendes synpunkt har det urinseparerande avloppssystemet fungerat väl. Men det har inträffat enstaka stopp i vattenlåsen för urin. Det krävs mer driftkostnader för de boende vid denna anläggning jämfört med ett konventionellt avloppssystem.

Extra rengöringsarbete och luktproblem upplevdes inte som ett stort problem för de boende. Det vanligaste problemet är att vatten läcker in i ledningssystemet. Detta resulterar i utspädning av urinen och avlagringar i urinledningen.

3.3 Experimenthuset i Kyrkby, Göteborg

3.3.1 Allmän beskrivning

I Kyrkbyn har Bostads AB Poseidon ett 50-tal fastigheter som har genomgått renovering på ett konventionellt sätt. Men ett hus som ligger på Inägogatan 25 har renoverats med ett mer ekologiskt och kretloppsanpassat sätt.

Huset består av 18 lägenheter i tre våningar. Vid renoveringen har många av de ursprungliga materialen återanvänts istället för att bytas ut t ex, trappräcken, invändiga dörrar, kapphyllor m. m. Renoveringen var klar i januari 1997.

Den miljövänliga renoveringen har gjorts på följande områden:

- Fasad: För att minska husets energiförbrukning tilläggsisolerades huset. Detta gjordes av fyra olika material, som testförsök för att utröna deras egenskaper och kvalitéer. Materialen är kork, cellglas, cellmineral, kalkskum och en ny form av glasull. Dessa material har god isoleringsförmåga och är miljövänliga, sedan användes miljövänliga kalkcementputs över isoleringen.

- Fönster: Treglas träfönster monterades, som är täta för att minska energiförbrukningen samt för att energiåtgången vid tillverkningen är relativt låg jämfört med ett aluminium-fönster.

- Tak: Taktäckning skedde med återanvänt lertegel. Tilläggsisoleringen på vinden utfördes med fårull.

- Golv och väggar: Golv i massiv parkett, linoleum och klinker, medan lättklinker och gips användes för väggar.

- Värmesystem: Huset har vattenburen golvvärme, där värmen transporteras genom bl a egenartad rörradiatorer. Golvvärmen bibehålls och kan i framtiden kopplas till solfångare.

- El: För att minska de elektriska- och magnetiska fälten installerades avskärmade ledningar och femledarsystem. Energisnåla armaturer används.

- Sopsortering: Huset kopplades till Kyrkbyns sopsugsystem där komposterbart material separeras från övrigt avfall på ett hygieniskt sätt, medan övrigt avfall sorteras vid närbelägna miljöstationer.

- Urinseparerande toaletter: Toaletten av typen Dubletten och WM-Ekologen har installerats, sex av typen Dubbletten och tolv av typen WM-Ekologen.

3.3.2 Teknisk beskrivning av avloppssystemet

I de arton lägenheterna har urinseparerande toaletter installerats. Två olika toaletter används, Dubletten och WM-Ekologen, till dessa toaletter tillhör två spolknappar. Med Max-knappen spolas fekalier ned med ca 5 liter vatten och med Min-knappen spolas urinen ned med en liten mängd vatten ca 0,2 liter.

Urinen, fekalier och BDT-vatten leds i separata ledningar. Fekalier och avloppsvatten från bad, disk och tvätt går till det kommunala reningsverket. Urinen hamnar i tre sammankopplade nedgrävda betongtankar, tre meter ner i marken bakom huset i gräsmattan, volymen för vardera är 4,8 m³. Urintankarna är försedda med nivålarm och ventiler, de är också kopplade till det kommunala avloppsverket för säkerhets skull, se principskiss över avloppssystemet i figur 16.

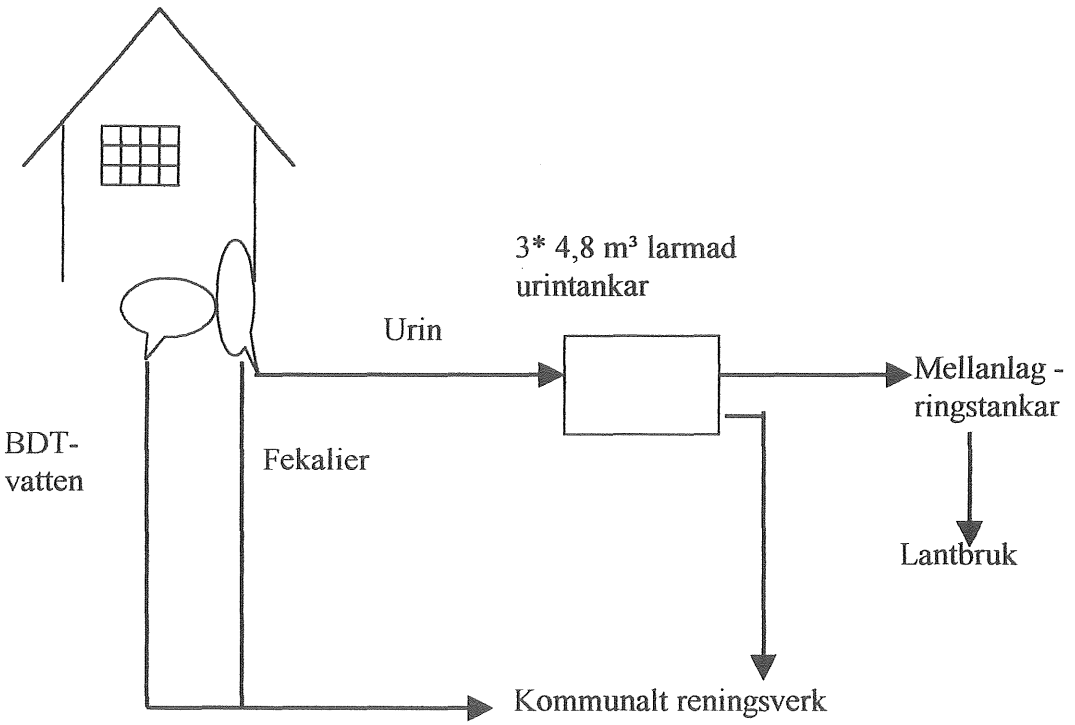


Fig. 16 Principskiss över avloppssystemet i experimenthuset i Kyrkby i Göteborg

3.3.3 Skötsel, underhåll, ansvar och avtal om urintömning

Enligt fastighetsskötare som är ansvarig för systemsunderhållningen har hittills bara två stopp i röret för urindelen skett, ett stopp i WM-Ekologen och ett i Dubbletten. Det har också uppstått några luktproblem. Efter kontakt med tillverkare fick dessa toaletterna backventil som ett försök att ta bort lukten.

Urinen omhändertas lokalt, det finns ett avtal med Renova för urintömning och transport av urin till mellanlagringstankar på Sävetrakterna hos en bond. Renova är ett nytt regionalt bolag som fick sitt namn efter att renhållningsverket och GRYAAB har gått samman. Renova tömmer regelbundet.

Renova får 52 kr/m³ betalt för urinstömning och transport enligt avtal med Bostads AB Poseidon. Förut användes en öppen betongtank i 300 m³ som mellanlagring hos bonden, men senare köpte Bostads AB Poseidon 2*50 m³ slutna plastmellanlagringstankar, som är placerades på Säve hos bonden. Bonden använder urinen för odling efter sex månader lagring. Han är ansvarig för spridningen på sin åker, till dess har han inte spridit något. Ett skriftligt avtal finns mellan bonden och Bostads AB Poseidon, bonden får gratis urin men han är ansvarig för urinspridningen efter sex månaders lagring.

3.3.4 Ekonomi

Tyvärr finns inte en rapport för renovering av avloppssystemet, men enligt Helmut Heinkers, som var ansvarig för renoveringen av de 18 lägenheterna var kostnaderna enligt följande:

Dubbletten och WM-Ekologen = 6*8000 + 12*7500 = 138000 kr
Material och rörinstallation = 18*2500 = 45000 kr
Betongurintankar (material plus utförande) = 50000 kr
Två plast mellanlagringstankar = 78200 kr

Eftersom Poseidonsbolaget och Bostadsbolaget ska använda samma mellanlagringstankar för urin, ska kostnaden delas för de två projekten, enligt detta blir kostnaden för mellanlagringstankar 39100 kr för varje projekt.

Transporteringskostnader (om vi antar att urintömningen sker tre gånger om året, och urintankarna är fyllda till 85%) är:

Urinens volym = 3*0,85*3*4,8 = 36,72 m³

Kostnader för urintömningen och transporteringen = 36,72 *52 = 1909,44 kr

Efter beräkningen, se bilaga-6 så är årskostnaden per person = 792,24 kr

Utvinningsgrad av fosfor och kväve

Följande beräkningar är gjorda enligt de mängderna (N, P, K) som finns på sidan 26.

Antalet boende är ungefär 25 personer

Total N = 2,41*25 = 60,25 kg. N/år

Total P = 0,36*25 = 9 kg. P/år

Total K = 0,91*25 = 22,75 kg. K/år

3.3.5 Förvaltningens erfarenhet och boendes upplevelse

Efter några samtal med de boende, var de flesta nöjda med det nya systemet även om en del klagade att det läcker dåligt lukt på grund av bristen i anslutning mellan toaletten och urinröret.

Ett frågeformulär har jag också skickat till alla hyresgästerna i detta hus, se bilaga 8. Enligt denna undersökningen klagade några att det någon gång har blivit stopp i röret för urinen och i allmänhet behövs det lite mer tid för rengöringen men de flesta tyckte inte att det var besvärligt.

Eftersom några hyresgäster är miljöintresserade personer så visar de mer förståelse om något problem dyker upp.

Anledningen bakom inflyttningen för de flesta var att deras gamla lägenhet skulle renoveras, och de tackade ja att bo i en sådan typ lägenhet som ersättning. Hyresgästerna fick en "Boinfopärm" i samband med inflyttningen. Bostads AB Poseidon ordnade lägenhetsvisning och sedan ett möte för att diskutera deras frågor och funderingar. De blev upplysta om vilka rengöringsmedel som ska användas vid toalettsrengöringen.

3.4 Ekologiska huset på Lindholmen, Göteborg

3.4.1 Allmän beskrivning

Idén bakom projektet i Lindholmen är bl a att efterfrågan har ökat på ekologiskt boende från miljöintresserade konsumenter samt att miljöintresse hos själva bolaget också har ökat och speciellt till ekologiskt boende i flerbostadshus. I detta huset provas olika miljötekniska lösningar och system.

Huset är ett modernt hus med 13 lägenheter. Det ligger i Lindholmen, och är ritat av göteborgsarkitekten Gert Wingårdh. Huset ägs av Göteborgs BostadsAktieBolag som är ett kommunalt företag. Lindholmen på Hisingen i Göteborg är ett kulturhistoriskt värdefullt område. Huset byggs i samma stil och i anslutning till 100 år gamla landhövdingehus. På 1800-talet ledde stadsbränder till att man inte fick bygga trähus mer än två våningar höga medan stenhus däremot fick byggas högre. För att undvika bestämmelsen föreslog stadens landshövding att man kunde bygga första våningen i sten och ovanpå två våningar av trä.

Under slutet av 1800-talet och under den stora inflyttningen till Göteborg blev Landshövdingehusen vanliga arbetarbostäder.

Alla nya lägenheterna i den femvåningshus har ett integrerat vardagsrum med kök. 12 lägenheter är hyrda och en används av bostadsbolaget. Den minsta lägenheten är på 1 rum och kök, bostadsytan är 42 m². Den största är på 3 rum och kök, ytan är 80 m². En del av hyresgästerna flyttade in i november 1997, medan det sista inflyttningen skedde i januari 1998.

Huset har följande karaktär:

El: Den el som förbrukas är grön, den kommer från ett närliggande vindkraftverk, elledningar är femledarsystem för att minska elektromagnetiska fält. Lägenheterna har individuella elmätare.

Värme: Huset är anslutet till Göteborgs fjärrvärmenät, som komplement har solfångare placerats vertikalt på gavelväggen, effekten bör överskrida 10.000 kWh per år.

Källarvåningen: Den skulle användas såväl till skyddsrum som jordkällare med naturlig kyla, varför den tillverkades i betong, som till största delen består av naturliga material som grus, sten, cement och vatten, men ca 1% av diverse tillsatser användes. Dessa kemiska ämnen avges när betongen härdat.

Materialval: De är valda för att de är miljödeklarerade, rent trä har använts som bjälklag i de två översta våningarna. Isolering är träfiber av gran och tall som är svensktillverkad och samtidigt är en förnyelsebar råvara.

Återvinningsbart stål har använts för att stabilisera gaveln som består av mycket glas. Som fuktspärr i ytterväggarna har plastfolie av polyeten använts, folien avger inga emissioner och innehåller inte PVC. Återvunnet tegel och en mindre nytillverkad mängd har använts. Det nya teglet används främst på synliga ställen.

Avfall: I en varmkompost återvinns avfall från köken, men det finns också en trädgårds-kompost, så att jorden från komposteringen kommer att läggas på odlingslotter.

Avloppssytem: Urinseparerande WC-stolar av typen Dubbletten används, som ett försök att pröva nya ekologiska lösningar.

3.4.2 Teknisk beskrivning av avloppssystemet

Urinseparerande toaletter har använts av typen Dubbletten. I separerade ledningar rinner såsom spillvattnet från bad, disk och tvätt som fekalier ut till kommunala avloppsrenings-verket. Urinen leds till tre sammankopplade tankar. Tankarna är av typ B B Inovation & CO AB, de är även försedda med nivålarm och ventiler (75 mm).

Tankarna är kopplade till kommunala avloppsledningar för säkerhets skull och ifall det i framtiden inte finns avsättning för den producerade urinen. Detta system är flexibelt och lätt att sköta i fall det av någon anledning förekommer driftstörningar. Principskissen över avloppssystemet är samma som visas i fig. 16 utom att volymen på vardera urintank är 5,7 m³. Mer detaljer om avloppssystemet finns i fig. 17 och fig. 18.

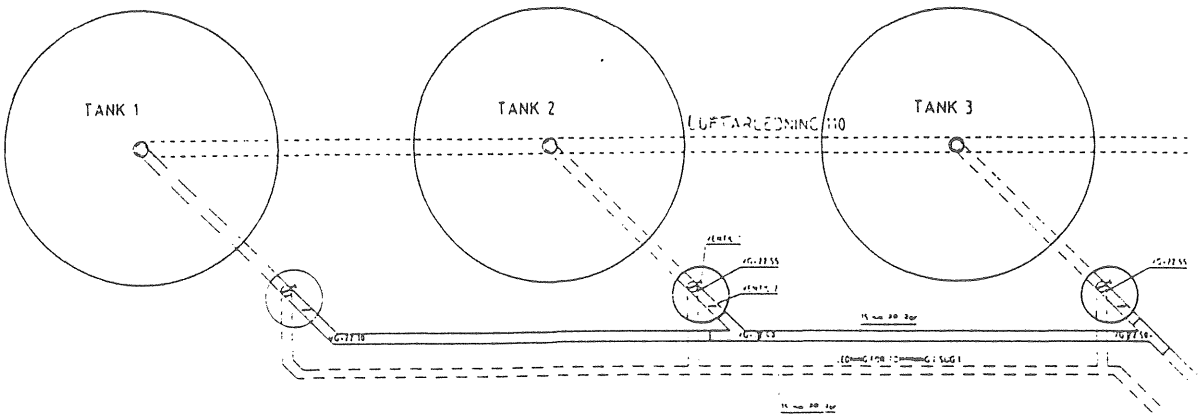


Fig. 17 Detaljplan för urintankar

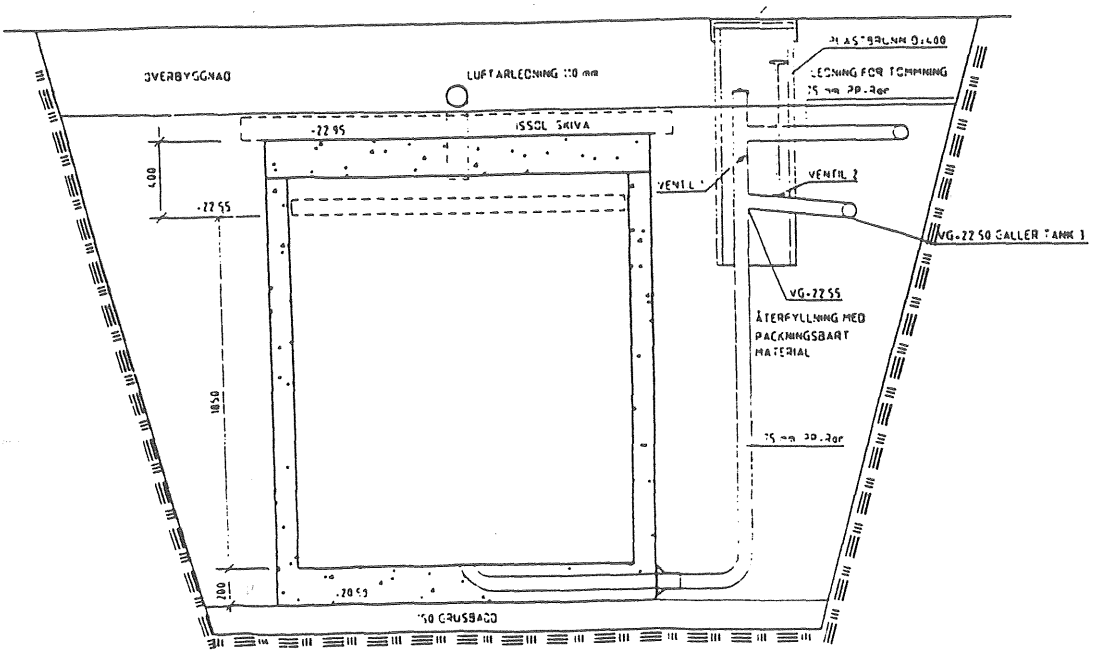


Fig. 18 Sektion tank med kopplingsbrunn

3.4.3 Skötsel, underhåll, ansvar och avtal om urintömning

Renova är ansvarig för urintömningen och transporten, sedan lagras urinen i två slutna mellanlagringstankar på vardera 50 m³ hos en bonde i Säve. Dessa tankar är precis samma tankar som Bostads AB Poseidon äger. Bonden har fastlagda datum för spridningen, han har tillräckligt med spridningsutrustning men tyvärr finns ännu inte ett skriftligt avtal med bonden.

Bostadsbolaget ska samarbeta med bonden så att det ska vara sex månader lagring med tillräcklig urin och i lämplig tid för bonden.

Enligt Sture Nygren som är projektledare för Lindholmens ekologiskhus planerar Göteborgs kommun att köpa många gårdar runt om i Göteborgstrakten så att kommunen ska kunna arrendera ut dem till bönder, tanken med detta är att ett avtal ska skrivas så att bonden är skyldig att sprida urinen på åkern. Det har planerats att urinstömningen ska ske tre gånger om året, hittills har urinstömningen skett en gång för rensningsskull efter ombyggnationen. Fastighetsskötare är ansvarig för underhållningen av avloppssystemet, hittills har det inte skett några stopp i röret för urindelen.

3.4.4 Ekonomi

Det finns inte en rapport för avloppssystemet, eftersom det ingick i total entreprenad men enligt ett personligt meddelande från Sture Nygren så var totalkostnaderna för avlopps-systemet ungefär 260625 kr. Eftersom den tekniska livslängden på avloppssystemens delar har stor inverkan har totalkostnaderna delats upp i olika moment, se bilaga-7.

Transportskostnader (om vi antar att urintömningen sker tre gånger om året, och urintankarna är fyllda till 85%) är:
Urinens volym = 3*0,85*3*5,7 = 43,61 m^3
Kostnader för urintömningen och transporten = 43,61 *52 = 2267,72 kr

Årkostnaden per person är 993,60 kr enligt bilaga-7

Utvinningsgrad av fosfor och kväve

Användning av de mängder (N, P, K) som finns på sidan 26 är totalkväve respektive fosfor och kalium i urintankar enligt följande:

Antalet boende är ca. 20 personer

Total N = 2,41*20 = 48,2 kg. N/år

Total P = 0,36*20 = 7,2 kg. P/år

Total K = 0,91*20 = 18,2 kg. K/år

3.4.5 Förvaltningens erfarenhet och boendes upplevelse

Ett frågeformulär har jag skickat till alla hyresgästerna i detta hus, se bilaga 8. De flesta boende tycker att de fick tillfredsställande kunskaper om det nya systemet dels genom visning av lägenheten och dels genom information om det nya systemet före inflyttningen.

Majoriteten av hushållen tycker att det känns förnuftigt med ett sådant system. För flera av dem känns det som att de bidrar till en bättre miljö så att de omedvetna nonchalerar andra problem som förekommer.

Hos en del hålls urinspolknappen intryckt lite extra för att undvika luktproblem som ibland uppstår. Eftersom undersökningen har gjorts fem månader efter inflyttningen har en stor del av hyresgästerna hävdat att allt varit bra, de fick inget stopp i röret för urinen. En av de

boende tyckte att om urin- och fekalierören för toaletten skall bli inkapslade så underlättas städningen och det skulle se mycket finare ut.

4. Resultat

Projekt	Årskostnad/pers kr/pers.år	Kvävevinst kg.N/år	Fosforvinst kg.P/år	Kaliumvinst kg.K/år	Anslutna personer
Ryaverket	700,77	0	0	/	577966
Ekoporten	4019,54	84,35	12,60	31,85	35
Understenshöjden	824,12	361,50	54	136,50	125
Kyrkbyhuset	792,24	60,25	9	22,75	25
Lindholmhuset	993,60	48,20	7,2	18,2	20

Tabell 8. Årskostnad/person och kväve, fosfor och kaliumvinst för de olika projekten

4.1 Olika perspektiv på urinseparerande avloppssystem

Urin har en mycket hög koncentration av näringsämnen, dessutom innehåller källsorterad urin mycket låga halter av skadliga tungmetaller. Enligt (Statens naturvårdsverk, 1995) bidrar urinen med cirka 80% av dess kväve och cirka 60% av dess fosfor om fosfatfria tvätt- och rengöringsmedel används. Med anledning av detta införs urinseparerande avloppssystem i en stor utsträckning för att bygga upp det lokala kretsloppet mellan stad och land.

I dagsläget är de flesta överens om att urinseparerande avloppssystem utgör en komplett-erande funktion till det konventionella avloppssystemet istället för stora utgifter för kväve-reduktion, men det kan också komplettera andra alternativa avloppssystem.

En del tycker att det inte finns ett tillräckligt underlag för att kunna införa urinseparering i stor skala. Det kanske krävs ytterligare systemanalyser, ekonomiska kalkyler och utredningar för de organisatoriska utformningen för att övertyga dem. Andra anser att det är mer acceptabelt att utföra och prova urinseparering först i glesbygd och i enskilda avlopps-anläggningar, vilka idag har brister i sitt avloppssystem.

Miljöengagerade personer strävar mycket för att ändra både det konventionella systemet i avloppstransportering och hantering samt i jordbruket till ett mer hållbart system.

Miljövinsten med den nya tekniken kommer alltid att ifrågasättas (för att få övertygelse om dess nytta) jämfört med gamla med möjligen mer funktions säker teknik.

Det kan inte dras några generella slutsatser om vad som är bäst ur miljösynpunkt. Data kring de nya systemen är få och forskning pågår fortfarande. Olika alternativa avloppssystem bl a urinseparerande avloppssystem är inte färdigt utvärderade i en helhetssyn.

Den otillräcklig information som finns tillhands gör att det antingen är dåligt utvärderat eller att utvärderingen innehåller många uppskattade värden. Målet är att hitta lösningar som passar i ett helhetsperspektiv eftersom det alltid dyker upp problem som inte har gått att förutse.

4.1.1 Framtida avloppssystem

Urinseparerande avloppssystem kommer att vara en mycket viktig del och ett nödvändigt steg i rätt riktning mot det uthålliga boendet. Det skulle självklart finnas några mellansteg lösningar, men att lösa alla problem genom en ny och oprövad teknik är inte rimligt.

Det är marknadsekonomiskt nödvändigt att gå mot ett resurssnålare samhälle. För nutiden är det inte självklart vem eller vilka krafter som leder utvecklingen mot det miljövänliga samhället och ibland är det inte ens självklart vilken väg som är den bästa. Frågan som står kvar är, vilken eller vilka avloppssystem som ska dominera marknaden i framtiden.

På grund av det så tillåts olika tekniker på olika håll på landet, samma system behövs inte användas överallt, det måste finnas utrymme för avvägningar med lokala förutsättningarna. När det gäller alternativa avloppssystem finns det många faktorer utanför systemgränserna som påverkar valet.

Att bygga om flerbostadshus enligt kretsloppanpassning är nutidens trend, men för att få rimliga hyror får kostnaderna inte vara så stora. De viktigaste kraven som ställs på dagens urinseparerande avloppssystem är bl a:

1- Påverkan på vatten och luftrecipient inte ökar och hushållningen med naturresurser förbättras.
2- Risken för smittspridning inte ökar.
3- Ledningsdragningen bör minimeras och göras lätt att underhålla.
4- Till en rimlig kostnad få systemet att fungera driftsäkert i praktiken.
5- Det ska vara justerbart och flexibelt om det visar sig att satsning sker på fel system.

Hittills har olika projekt i Sverige lyckats i sin insats för att bygga ett fungerande system för

återföring av humanurin från stad till land. I Understenshöjden i Stockholm sker storskalig uppsamling, transport, mellanlagring samt spridning av humanurin. Nya kunskaper och många erfarenheter har fåtts ur dessa projekt.

Ju mer kunskaper fås om urinseparerande avloppssystem desto intressantare framstås ur samhällets synpunkt.

4.2 Diskussion och tolkning av resultaten

Det är flera orsaker som samspelar och skapar miljöskador, bl a är vårt konventionella byggande av avloppshantering. En konsekvens av detta är luft- och vattenföroreningar som berör alla levande varelser. I nuläget är användning av humanurin som gödsel mycket begränsad. Hantering av urin kostar ganska mycket för att kunna användas som gödsel i jämförelse med konstgödsel, eftersom systemet är nytt och dess komponenter är oprövade. Hittills får bönderna gratis urin. I gengäld ska de bara sprida den på åkern. Förhoppningsvis får lantbrukarna genom detta bättre ekonomi.

En storskalig användning av urin på åkermark har en rad fördelar bl a:

- Kvävebelastningen på reningsverken skall minskas.
- Reningsverket sparar en mängd energi och andra kostnader.
- Urinen är i själva verket mer kvalificerad som gödningsmedel eftersom den innehåller lägre koncentrationer tungmetaller.

Resultatet i tabell 8 visar att årskostnaden per person varierar i olika projekt beroende på avloppsbehandlingssystem och antal anslutna personer. På Ryaverket, ett konventionellt system är årskostnaden per person 700,77 kr medan Understenshöjden och Ekoporten som har ett lokalt avloppsbehandlingssystem har en årskostnad på 824,12 kr respektive 4019,54 kr per person. Kostnaden för Ekoporten är hög eftersom det är ett pilotprojekt och har sin egen karaktär.

Urinbehandlingssystemen i Kyrkbys- och Lindholmshusen är inte höga. Dessa kostnader är representativa för såväl nybyggnation som för ombyggnation. Det är uppmuntrande att använda ett sådant system även om det inte är helt miljövänligt eftersom vi fortfarande är beroende av det konventionella avloppsnätet och avloppsreningssystemet. Men det kan vara ett steg mot det totala miljövänliga systemet.

Två olika resultat kan ge bidragande faktorer för det nya systemet. Den första faktorn är vinsten av kväve, fosfor och kalium(tabell 8). Den andra faktorn är att urinen är en utmärk produkt som gödningsmedel. Den är bakteriefri och innehåller låga halter av tungmetaller

jämfört med både slam från ett konventionellt reningsverk och konstgödsel. Enligt EU-regler är användning av urin som gödsel tillåtet för konventionella odlingar, men ej för ekologiska odlingar.

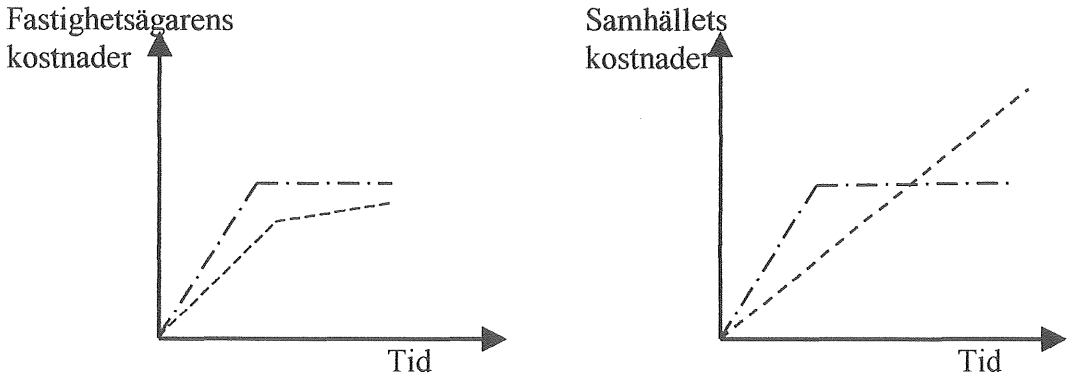
Ur den totala slamproduktionen (54800 ton) på Ryaverket(Miljörapport GRYAAB, 1997), gick 0% till jordbruket , 20% till kompostering, 80% till markanläggningen och 0% till deponeringen. Slamanvändningen till jordbruket har minskat drastiskt på senare år se fig. 11. Jordbrukssektorn undviker användning av reningsverkens slam p.g.a metallinnehållet.

Ett frågeformulär som besvarades av de boende i Kyrkbys- och Lindholmshusen, visade några vanliga problem bl a:

- Luktproblem (ibland)
- Stopp i urindelen p.g.a ansamling av hår
- Det krävs lite mer tid för att hålla toaletten ren

Dessa problem har inte upplevts som besvär för de boende , eftersom de är medvetna om att deras insats bidrar till en bättre miljö.

Ur miljösynpunkt kan kostnaderna indelas i två olika kategorier, fastighetsägarens och samhällets kostnader. Dessa kostnader är olika i olika tider. Nedanstående figur visar att tiden är en viktig faktor för att uppskatta kostnader för såväl fastighetsägaren som samhället. I samhällets kostnader ingår flera moment bl a energi för tillverkning av byggmaterial, avlopp och sophantering, vägar och kollektivtrafik.



-------- Konventionellt byggande

—·—·— Ekologiskt byggande

Fig. 19 Fastighetsägarens respektive samhällets kostnader

Nutidens situation är att man vill bli av med urinen, men framtida visioner är att urinen ger en intäkt samt att investeringskostnaderna kan bli lägre när de tekniska lösningarna är färdig-utvecklade så att produkterna kan produceras i större mängder.

På lång sikt skall användningen av urin innebära en vinst för både bostadsföretagen och samhället.

5. Rekommendationer

Hittills är urinseparerande avloppssystem i provskedet. Om detta system definitivt skall anses som ett bra alternativ i en större skala, så finns det fortfarande stora behov på följande områden:

- Studera hygieniska risker förknippade med uppsamling, lagring och spridning av urin.
- Göra en bedömning mellan olika slag odlingar. De som gödslats med humanurin jämförs med motsvarande odlingar i ett konventionellt och ekologiskt jordbruk.
- Behov av forskning i energiområdet. Ett faktum är, att kväveningen och konstgödsel är energiberoende. Men frågan som står kvar är om urinseparerande avloppssystem verkligen minskar behovet av både konstgödsel och kvävereduktion i vårt konventionella system.
- Behov av teknikutveckling för olika komponenter som ingår i det nya systemet.
- Planera på ett tidigt stadium om avsättning för urin och slam.
- Miljöutbildning är nödvändig för att skapa och utveckla intresse hos alla involverade parter, såväl för fastighetsägare och byggherre som för hyresgäster.
- Utvärderingen av urinseparerande avloppssystem ska göras i olika tidsperioder efter inflyttningen för att kunna få en hel bild av själva systemet eftersom systemet är nytt och i viss grad outvecklat och framtida drifts- och underhållskostnader ännu är oklara.

Referenser och övrig litteratur

Algerbo, m. fl. (1993). Att förverkliga kretsloppstankar- Projektarbete i Trosa kommun. Inst. För lantbruksteknik, institutionsmeddelande 93:07. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Anna Olsson, Thor Axel stenström m. fl. (1996). Källsorterad humanurin i kretslopp. Förstudie i tre delar. Rapporten utgiven av Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen, VAV, i samarbete med Byggforskningsrådet.

Birgitta Johansson (1997). Stadens tekniska system. ISBN 91-540-5801-5

BOOM-Gruppen, Marina Botta, KTH (1998). Projektet "EKOPORTEN"

Bäärnhielm, A. (1993). Anrikning av fosfor i öppna infiltrationssystem. Examensarbete, nr: 83. Sveriges lantbruksuniversitet.

Erik Kärrman (1995). Utvärdering av olika avloppssystem, metod- och fallstudier, Chalmers Tekniska Högskola, Rapport 1995:1 ISSN 0280-4026

HB Wittgren & K. Hasselgren (1993). Naturliga system för avloppsrening och resurs-utnyttjande i tempererade klimat. Rapporten utgiven av Svenska Vatten - och Avloppsverksföreningen, VAV.

Jenssen, m. fl. (1991). Wastewater treatment by constructed wetlands in the Norwegian Climat: pretreatment and optimal design. Ecological engineering for wastewater treatment. Conference, March 24-28, 1991. Stenungsund.

J-E Haglund, B. Olofsson (1997). Utvärdering av VA-lösningar i ekobyar. Rapporten utgiven Av Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, VAV

Legret, M. (1993). Specifikation of heavy metals in sewage sludge and sludgeamended soil. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, Vol.51.

Magnus Bengtsson, m. fl. (1997). Life Cycle Assessment of Wastewater systems, Technical Environmental Planning, Chalmers University Of Technology, Report 1997:9 ISSN 1400-9560

Miljörapport enligt miljöskyddslagen (1997). GRYAAB Rapport 1998:1

Paul Svensson (1993). Nordiska erfarenheter av källsorterande avloppssystem. Examensarbete nr: 117. Inst.för samhällsbyggnadsteknik. Avdelningen för Restproduktteknik. Tekniska Högskolan i Luleå.

Statens naturvårdsverk (1989b). Slam. Hantering och miljöproblem. SNV Rapport 3632

Statens naturvårdsverk (1990). Slam från kommunala avloppsreningsverk, allmäna råd 90:13

Statens naturvårdsverk (1991). Rening av hushållsspillvatten. Infiltrationsanläggningar och Markbäddar för fler än 25 personer. Allmänna råd 91:2

Statens naturvårdsverk (1993a). Vatten, avlopp och miljö. SNV Rapport 4134

Statens naturvårdsverk (1995a). Vad innehåller avlopp från hushåll? Näring och metaller i Urin och fekalier samt i disk, tvätt, bad och duschvatten. SNV Rapport 4425

Statistiska meddelanden, SCB (1987). Utsläpp till vatten av eutrofierande ämnen. Beställningsnummer Na 22 SM 9001

Statistiska meddelanden, SCB (1995). Utsläpp till vatten och slamproduktion. Beställningsnummer Na 22 SM 9001

Statistiska centralbyrån, SCB (1998). Byggindex (4.1998)

Sören Lindgren, Sebastian Grette (1998). Utkast till Ekoporten Norrköping, Mätresultat och Drifterfarenheter, SABO (ej utgivet)

VAV (1995). VA-teknik i dag och i morgon- hygien, funktion och uthållighet.

Wolgast, M. (1992). Rena vatten- om tankar i kretslopp. ISBN 91-630-1501-3, Uppsala.

Wolgast, Å. (1994). Flöden av fosfor och kadmium i stad och land- en studie av två gårdar i Mellansverige. Examensarbete nr: 900. Inst.för växtodlingslära. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Årsberättelse (1997). VA-verket Göteborg

Årsredovisningar (1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997). Göteborgsregionens Ryaverksaktiebolag- GRYAAB.

Muntliga referenser

Anna Larsson, HSB Riksförbund, Stockholm

Helmut Heinkers, Poseidonbolaget

John Alf, Fastighetsskötare, Poseidonbolaget

Johan Niklasson, Distriktschef, Poseidonbolaget

Marina Botta, BOOM-Gruppen

Marita Samuelsson, VA-verk, Göteborg

Morgan Wassmur, Miljöchef, Poseidonbolaget

Olle Ljunggren, VA-verk, Göteborg

Peter Balmér, GRYAAB

Sture Nygren, Bostadsbolaget

Årsmedeltal Faktorprisindex för fler bostadshus (SCB, 4/98)		
År	**Totalindex**	**Regleringsindex**
1968	100	7,46
1969	104	7,173076923
1970	112	6,660714286
1971	117	6,376068376
1972	125	5,968
1973	139	5,366906475
1974	162	4,604938272
1975	181	4,121546961
1976	204	3,656862745
1977	228	3,271929825
1978	244	3,057377049
1979	264	2,825757576
1980	300	2,486666667
1981	332	2,246987952
1982	358	2,083798883
1983	391	1,907928389
1984	426	1,751173709
1985	458	1,628820961
1986	475	1,570526316
1987	493	1,513184584
1988	530	1,40754717
1989	577	1,292894281
1990	629	1,186009539
1991	654	1,140672783
1992	659	1,132018209
1993	662	1,126888218
1994	674	1,106824926
1995	717	1,040446304
1996	724	1,03038674
1997	731	1,020519836
1998	746	1

Investerings- och driftskostnader för Ryaverket med ledningsnät:							
Internränta (%)					4		
Antal anslutna personer 1997					577966		
Antal anslutna personer i Gbg 1997					442333		
Investeringar i Ryaverket:							
År	Verk	Ledningar	Tunnlar	Byggnader	Markanlä	Biogasanlä	Regleringsindex
1970	0	0	0	0	0	0	6,660714286
1971	96291965	6147726	58279856	0	0	0	6,376068376
1972	0	0	0	17090017	8162827	0	5,968
1973	0	0	31652000	1069055	0	0	5,366906475
1974	0	0	45741000	1793028	0	0	4,604938272
1975	0	0	3085000	342161	0	0	4,121546961
1976	0	0	3459000	0	0	0	3,656862745
1977	0	0	30323000	0	0	0	3,271929825
1978	0	0	42722000	823000	0	0	3,057377049
1979	0	0	0	1609000	41000	0	2,825757576
1980	1032000	2280000	1440000	449000	0	0	2,486666667
1981	0	65000	1901000	1000	0	0	2,246987952
1982	89098000	45000	263000	4623000	737000	0	2,083798883
1983	5111000	89000	137000000	262000	17000	0	1,907928389
1984	1690000	205000	1382000	114000	150000	0	1,751173709
1985	1242000	39000	415000	15000	483000	0	1,628820961
1986	7914000	30000	13000	186000	0	0	1,570526316
1987	4367000	682000	55000	0	0	0	1,513184584
1988	4885000	560000	1183000	105000	0	0	1,40754717
1989	7632000	610000	37216000	3128000	0	0	1,292894281
1990	0	440000	966000	785000	6387000	65373000	1,186009539
1991	1009000	253000	199000	329000	0	56167000	1,140672783
1992	9858000	300000	413000	0	0	761000	1,132018209
1993	1017000	1253000	1877000	770000	0	17230000	1,126888218
1994	0	0	483000	0	0	0	1,106824926
1995	1944000	272000	235000	9641000	0	0	1,040446304
1996	47661000	0	0	92228000	0	0	1,03038674
1997	58571000	0	1458000	110799000	1000	0	1,020519836

Ryaverkets annuitetskostnader:				
Moment	**Investkost**	**Livslängd**	**Annuitetsfakt**	**Årskostnader**
Verk	977068243	30	0,05783	56503856,51
Ledningar	51201098,6	50	0,04655	2383411,138
Tunnlar	1336290353	100	0,040808	54531336,73
Byggnader	360728842	50	0,04655	16791927,57
Markanläggningar	59025262,2	50	0,04655	2747625,955
Biogasanläggningar	161878920	30	0,05783	9361457,922
Enligt personligt meddelande från Peter Balmer (GRYAAB), så det årliga				
driftkostnader som innehåller det administrativa kostnader för Ryaverket, tunnelsystem				
och slambehandlingsanläggning är				64300000
Summa årskostnad, Ryaverket				206619615,8
Årskostnad per person, Ryaverket				357,49
Göteborgs ledningsnät, (indexreglerat i 1998 prisläge):				
Ombyggnaden på Göteborgs avloppsnät 1997				18369357,05
Nyinvestering i Göteborgs avloppsnät 1997				45004924,77
Driftskostnader, avloppsnät 1997				88469885,1
OBS, driftkostnader inkluderar lön, material och omkostnader exkl				
(ombyggnader och sidoordnad verksamhet)				
Summa årskostnad, ledningsnät				151844166,9
Årskostnad per person, ledningsnät				343,28
Årskostnad per person för (Ryaverket+Gbgsledningsnät)				700,77

Investerings- och driftskostnader för Ekoporten i Norrköping:						
Internränta(%)				4		
Antal anslutna personer				35		
År	**Moment**	**Investkost**	**Reglindex**	**Livslängd**	**Annuitfakt**	**Årskost**
1995	Urinseparerande toaletter	200000	1,0404463	20	0,073582	15311,62
1995	Rörledningar och slitsar					
	för BDT-och urinavlopp	375000	1,0404463	50	0,04655	18162,29
1995	Komposttrumma, separa-					
	tor, 2 UV-enheter	312000	1,0404463	10	0,123291	40022,63
1995	SBD- och urinledningar i mark	37000	1,0404463	50	0,04655	1792,013
1995	Urintankar och mellan lagrin-					
	gstank	447000	1,0404463	20	0,073582	34221,48
1995	Slamavskiljare	94000	1,0404463	20	0,073582	7196,463
1995	Pumpbrunn med pumputrustn-					
	ing och elförsörjning	44000	1,0404463	20	0,073582	3368,557
1995	Fördelningsbrunn	13000	1,0404463	20	0,073582	995,2556
1995	Markarbeten i anslutning till					
	ovanstående installationer	156000	1,0404463	50	0,04655	7555,513
1995	Markbädd	94000	1,0404463	10	0,123291	12058,1
	Summa årskostnad (kr)					140683,9
	Årskostnad per person (kr)					4019,54

Investerings- och driftskostnader för Understenshöjden	
Internränta(%)	4
Antal anslutna personer 1998	125
VA-anläggningen uppskattad investeringskostnaden, 1995 prisnivå	1,3-1,4 Mkr
Regleringsindex	1,040446304
Total kostnader efter indexreglering	1,35-1,46 Mkr
Ett genomsnitt värde	1400000
Livslängd (år)	20
Annuitetsfaktorn	0,073582
Summa årskostnaden (kr)	103014,8
Årskostnaden per person (kr)	824,12

Investerings- och driftskostnader för renovering av Experiment-						
huset i Kyrkby i Göteborg, Poseidonbolaget						
Internränta(%)					4	
Antal anslutna personer 1998					25	
År	**Moment**	**Investkost**	**Reglindex**	**Livslängd**	**Annuitfakt**	**Årskost**
1996	**Urinseparerande toaletter**	138000	1,030387	20	0,073582	10462,9
1996	**Rörledningar för urinavlopp**	45000	1,030387	50	0,04655	2158,4
1996	**Betong urintankar**	50000	1,030387	50	0,04655	2398,23
1998	**Två plast mellanlagringstankar**	39100	1	20	0,073582	2877,06
	Urintömnings- och transportskostnader					1909,44
	Summa årskostnad (kr)					19806
	Årskostnad per person (kr)					792,24

Investerings- och driftskostnader för Experimenthus					
i Lindholmen i Göteborg, (Bostadsbolaget AB)					
Internränta(%)				4	
Antal anslutna personer				20	
Totalkostnader för avloppssystemet enligt					
personligt meddelande från Sture Nygren, utförd 1997				260625	
Moment		**Investkost**	**Livslängd**	**Annuitkost**	**Årskost**
Urinseparerande toaletter		96000	20	0,073582	7063,872
Urinledningar, urintankar och andra arbete		164625	50	0,04655	7663,2938
Urintömnings och transportskostnader					2267,72
Mellanlagringstankarkostnader		39100	20	0,073582	2877,0562
Summa årskostnad (kr)					19871,942
Årskostnad per person (kr)					993,6

Hej!

Jag heter Selma Yonan och går på Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg, linjen för väg och vatten.
Jag gör mitt examnesarbete inom områden VA- (vatten och avloppsteknik). Min uppgift är att undersöka hur urinseparerande avloppssystem fungerar i praktiken i olika anläggningar samt att göra en ekonomisk jämförelse med ett konventionellt avloppssystem.
Er lägenhet har ett sådant avloppssystem som intresserar mig. Jag hoppas att ni kan hjälpa mig genom att svara på följande frågor så fort som möjligt:

* När skedde inflyttningen?

* Vilka anledningar hade ni för att vilja flytta till en sådan lägenhet?

* Hur många vuxna respektive barn bor i lägenheten?

* Fick ni information om den ekologiska inriktningen i er lägenhet före inflyttningen?

* Fick ni visning av lägenhet före inflyttningen, om svaret är ja, så var den tillräckligt bra?

* Blev ni upplysta om vilka rengöringsprodukter som skulle användas för toalettsrengöringen?

* Vilka rengöringsmedel brukar ni använda?

* Använder ni toaborste, diskborste eller något annat vid toalettsrengöringen?

* Rengör ni oftare än i en vanlig toalett?

* Spolvattenmängden för urindelen, är den lagom, eller för liten?

* Vad kräver ni för att det ska bli mer bekvämt för Er vid toalettsrengöringen, är det något speciellt redskap?

* Fick ni någon gång stopp i röret för urinen?

* Är toaletten bekväm att sitta på?

* Om ni har barn, vad tycker era barn om den?

* Vilken typ av toalett finns i er lägenhet, är det WM-ekologen eller Dubbletten? Är den tillverkad av plast eller porslin, är den försedd med en träsits?

* Finns det något särskilt problem, t. ex. toalettsanslutning till avloppsrören? Eller kanske obehaglig lukt, eller något annat?

* Hur stora är dina kunskaper om miljö, kretslopp respektive ett bärkraftigt samhälle.

* Är ni medvetna om att urinen från de urinseparerande toalettterna ska användas som gödsel på åkermark, och att genom detta så gör ni en miljöinsats ?

* Hur mycket känner ni till det nya systemet som helhet?

* Har ni ett speciellt intryck av lägenheten eller kanske några bekymmer?

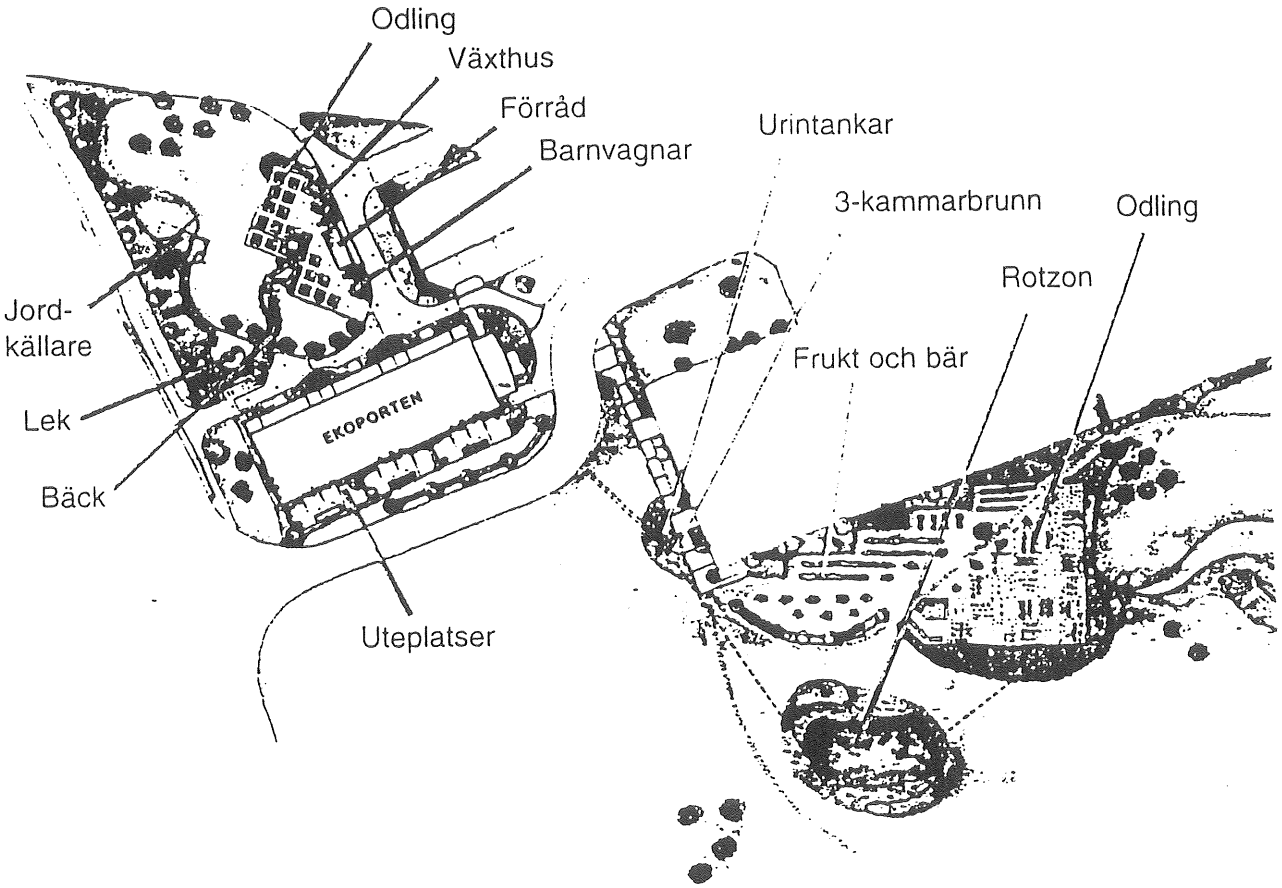
Ert svar kommer att vara till stor hjälp för att få bra förståelse om hur det nya systemet fungerar.

Tack på förhand.

Ni kan svara antingen muntligt genom att ringa mig, mitt telefonnummer är: **031-3310886** eller skriftligt genom att skicka svaret till följande adress:

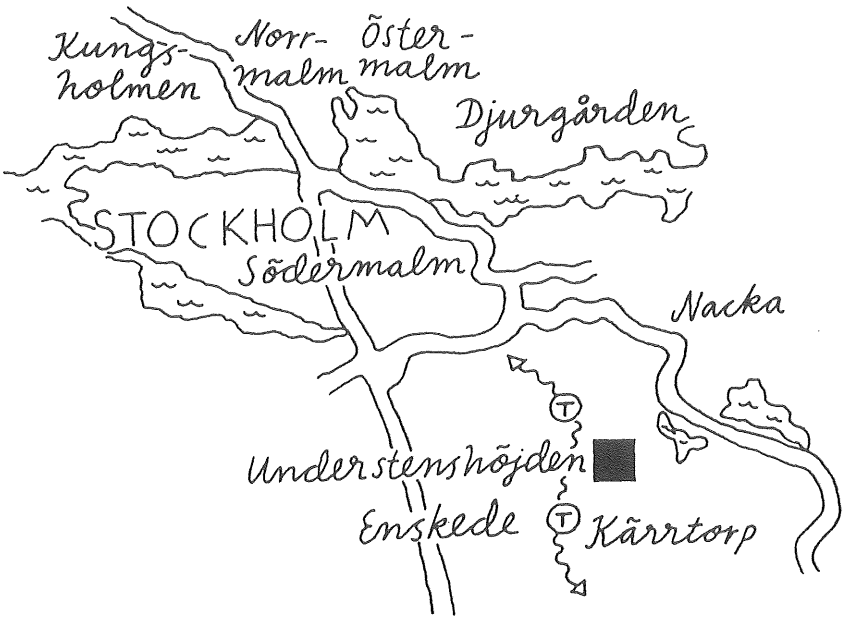
Selma E.Yonan
Sandeslätt 19
424 36 Angered

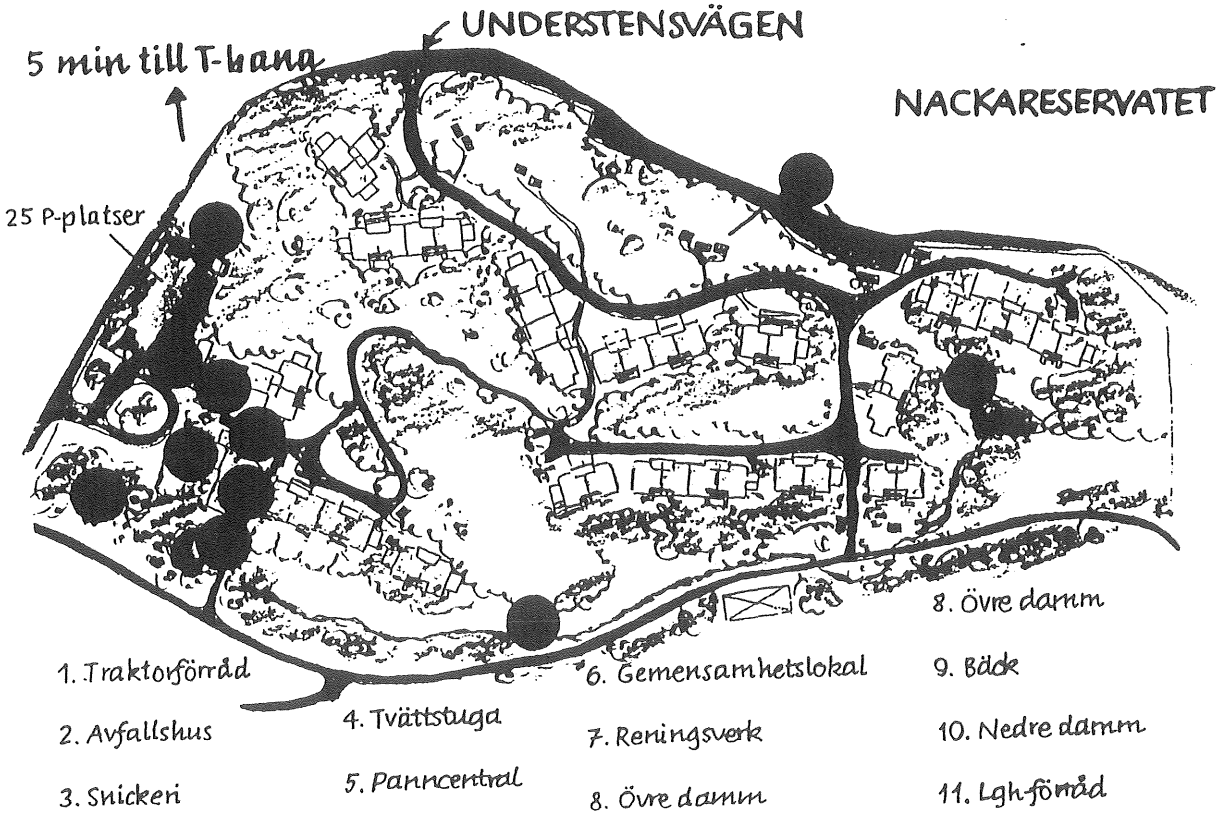
Bilaga-9



Skiss över Ekoportens närmiljö i Norrköping (Den är hämtad från broschyren "Ekoporten-framtidens boende i kretslopphus"), skiss av Svante Dahlgren, Sundbaum Bygg & Miljö AB

Bilaga-10





Understenshöjden i Stockholm

Bilaga-11

WM-Ekologen

Dubbletten