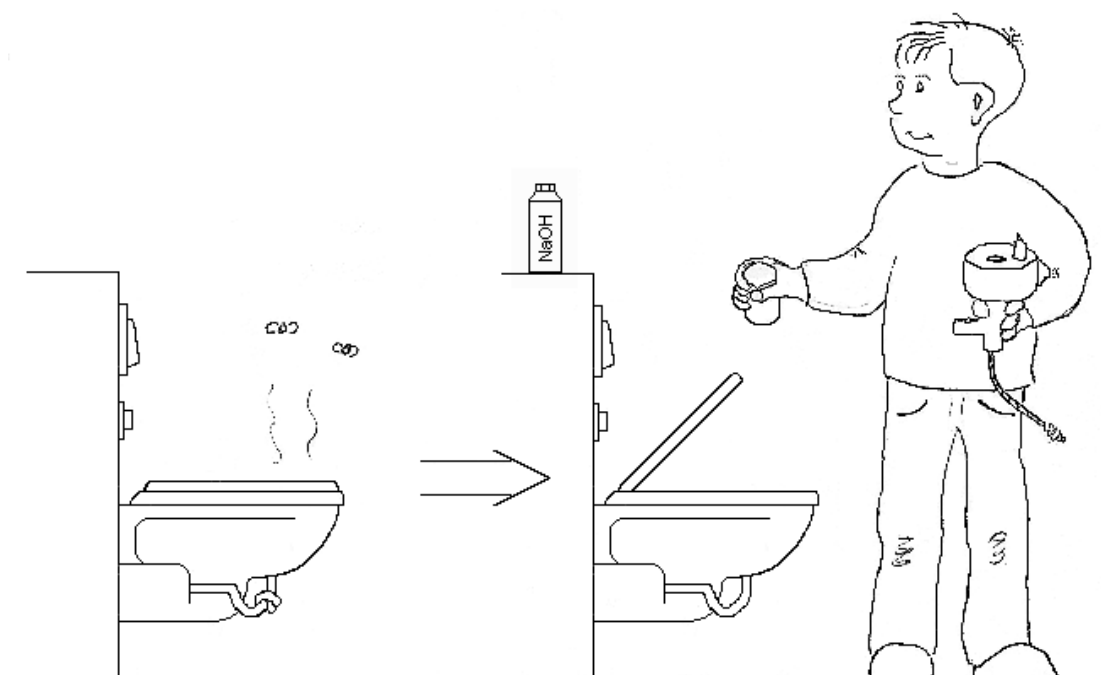


# URINSORTERANDE TOALETTER - RENSNING AV STOPP SAMT UPPSAMLING OCH ATTITYDER.

URINE SEPARATING TOILETS - CLEARING OF BLOCKAGES,  
COLLECTED VOLUME AND ATTITUDES.

**Magnus Lindgren**



Examensarbete

## Institutionsmeddelande

Postadress  
Box 7033  
750 07 Uppsala

Besöksadress  
Ulls väg 30 A

Tel.  
018 - 67 10 00 (vx)

Fax.  
018 - 67 35 29

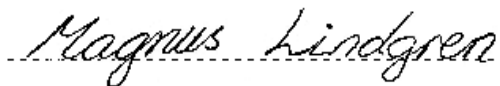
## FÖRORD

Denna rapport är mitt examensarbete vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för lantbruksteknik under läsåret 99/00. Jag hoppas att resultaten i denna rapport kommer att vara till nytta vid utveckling av ett kretsloppssamhälle.

Delar av denna rapport ingår i ett större samarbetsprojekt "Kretsloppsanpassning i stadsbygd" mellan Stockholms universitet (SU) Institutionen för systemekologi, VERNA Ekologi- och Miljökonsult AB samt HSB Hallsberg. Projektet har letts av AnnMari Jansson från SU, Institutionen för systemekologi, och finansierats av Svenska Kommunförbundet.

Jag vill tacka de boende i Miljöhuset i Hallsberg och i ekobyen Understenshöjden i Stockholm. Jag vill även tacka HSB Hallsberg för att jag fick utföra mina mätningar i deras fastighet. Speciellt vill jag rikta ett stort tack till Åke Sandberg med medarbetare för att de har ställt upp i vått och torrt (mest vått tyvärr). Till sist men inte minst vill jag tacka mina uppdragsgivare på Verna Ekologi- och Miljökonsult, Jan Wijkmark och Mats Johansson samt min handledare och examinator Håkan Jönsson som kommit med konstruktiv kritik och goda idéer.

Uppsala i november 1999

A handwritten signature in cursive script that reads "Magnus Lindgren". The signature is written in black ink on a white background.

Magnus Lindgren

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>SUMMARY</b> .....	<b>1</b>
<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>2</b>
<b>BAKGRUND</b> .....	<b>3</b>
<b>SYFTE</b> .....	<b>4</b>
<b>LITTERATURSTUDIE</b> .....	<b>4</b>
<b>MATERIAL OCH METODER</b> .....	<b>10</b>
<b>Beskrivning av områdena</b> .....	<b>10</b>
<i>Hysesområdet Nytorgsgatan, Miljöhuset</i> .....	<i>10</i>
<i>Ekobyn Understenshöjden</i> .....	<i>10</i>
<b>Toaletten</b> .....	<b>10</b>
<b>Uppsamlingsstudie</b> .....	<b>12</b>
<i>Mätning av uppsamlade mängder urinblandning</i> .....	<i>12</i>
<i>Kemisk analys av urinblandningen</i> .....	<i>12</i>
<i>Information till de boende</i> .....	<i>13</i>
<b>Enkätstudie</b> .....	<b>13</b>
<b>Rensstudie</b> .....	<b>14</b>
<i>Mekanisk rensmetod</i> .....	<i>14</i>
<i>Kemiska rensmetoder</i> .....	<i>15</i>
<i>Kompletterande rensstudie</i> .....	<i>19</i>
<b>UPPSAMLINGSSTUDIE</b> .....	<b>19</b>
<b>Resultat</b> .....	<b>19</b>
<i>Uppsamlad mängd urinblandning</i> .....	<i>19</i>
<i>Kemisk sammansättning på urinblandningen</i> .....	<i>20</i>
<i>Hemvaro</i> .....	<i>21</i>
<b>Diskussion</b> .....	<b>22</b>
<i>Kemisk sammansättning på urinblandningen</i> .....	<i>22</i>
<i>Den uppsamlade urinblandningens växtnäringvärde</i> .....	<i>24</i>
<b>ENKÄTSTUDIE</b> .....	<b>26</b>
<b>Resultat</b> .....	<b>26</b>
<i>Enkäten</i> .....	<i>26</i>
<b>Diskussion</b> .....	<b>33</b>
<i>Enkäten</i> .....	<i>33</i>
<i>Fastighetsskötarnas åsikter</i> .....	<i>34</i>
<i>Samband mellan flöde och användningsfrekvens</i> .....	<i>35</i>
<i>Jämförelse med tidigare enkätstudie</i> .....	<i>35</i>
<b>RENSSTUDIE</b> .....	<b>37</b>
<b>Resultat</b> .....	<b>37</b>
<i>Mekaniska rensmetoder</i> .....	<i>37</i>
<i>Kemiska rensmetoder</i> .....	<i>38</i>
<b>Diskussion</b> .....	<b>44</b>
<i>Mekaniska rensmetoder</i> .....	<i>44</i>
<i>Kemiska rensmetoder</i> .....	<i>45</i>
<b>BEHOV AV FORSKNING</b> .....	<b>47</b>
<b>SLUTSATSER</b> .....	<b>48</b>
<b>Rekommendationer hur man rensar stopp i urinvattenlås</b> .....	<b>50</b>
<b>REFERENSER</b> .....	<b>51</b>
<b>Litteratur</b> .....	<b>51</b>
<b>Internet</b> .....	<b>52</b>
<b>Personliga meddelanden</b> .....	<b>52</b>
<b>BILAGOR</b> .....	<b>53</b>
<b>Bilaga 1</b> <i>Enkäten som skickades till Miljöhuset och Understenshöjden</i> .....	<b>53</b>
<b>Bilaga 2</b> <i>Personligt brev som lämnades ut i samband med enkäten</i> .....	<b>56</b>
<b>Bilaga 3</b> <i>Hemvaroenkäten som delades ut till de boende i Miljöhuset</i> .....	<b>57</b>
<b>Bilaga 4</b> <i>Uppmätta flöden genom vattenlåsen i Miljöhuset före och efter rensning</i> .....	<b>58</b>
<b>Bilaga 5</b> <i>Uppmätta flöden genom vattenlåsen i Understenshöjden före och efter rensning</i> .....	<b>59</b>



## SUMMARY

It is important that the current urine separating systems are evaluated to allow improvements to be made and consequently increase their future propagation. In order to increase the knowledge about urine separating systems this study was made. It included, among other things, measurements of amounts of urine as well as of the composition of urine collected at Nytorrgsgatan 4 in the city of Hallsberg. The study was increased after an inquiry that also included the district of Understenshöjden in the city of Stockholm. In the inquiry, the users were asked questions about odour, cleaning of toilets and occurrence of blockages in the urine water locks etc. It was shown that within two years from the installation of the toilets precipitation had accumulated that could block the flow completely. The last study in this is on methods to clear the blockages.

The collected urine solution from Nytorrgsgatan contained 2.8 g of nitrogen, 0.22 g of phosphorus and 0.68 g of potassium per litre. These amounts correspond to 3.4 g of nitrogen, 0.27 g of phosphorus and 0.82 g of potassium per person per day and corresponded to 46, 40 and 49% respectively of the expected amounts, calculated from the average excretion per person with the urine as given by the Swedish Environmental Protection Agency. The amounts were adjusted after the time the average person at Nytorrgsgatan spent at home per day. The concentrations of heavy metals in the urine were low. When using urine as a fertiliser, the amounts of heavy metals to arable land were much below the permitted ones when using sewage sludge as a fertiliser, except for copper where the amounts were slightly under the permitted level.

The enquiry concentrated on the disadvantages with urine separating toilets, to find problems which could be solved. Odour, bad flushing and blockages in the water locks were three causes of dissatisfaction with urine separating toilets. Most of the problems with odour could have been avoided by careful installation of the toilet and better sealing of the joints. The persons in the enquiry found that the cleaning of the toilet Dubbletten was more difficult than that of conventional toilet, due to odour, precipitation and bad flushing of the urine bowl. The enquiry showed that all inhabitants who had lived in the area for more than six months had had some kind of blockage in the urine water lock. All 98 of the examined water locks had reduced flow. In 77 of these the blockages were caused by hair and other such foreign bodies. Such blockages were easy to remedy. The other 21 blockages were due to hard precipitation, which blocked up to 75% of the cross-section area.

Hard precipitation, containing large proportions of metal phosphates, can be very hard to remove. It is always possible to remove them with mechanical aids, such as a cleaning wire but it can be very time consuming. Another problem with mechanical cleaning is that it can wear out the water locks. Chemical cleaning methods have been tested for that reason. The most efficient chemicals were sodium hydroxide, hydrochloric acid and an industrial cleaning agent containing phosphoric acid. Sodium hydroxide was the most efficient of the studied chemicals. It reduced the precipitation by 80 to 100%, but it also required large amounts of water afterwards to rinse out loose and softened precipitation. The other two chemicals reduced less of the precipitation but they also attacked the oxide that had been formed in the water locks and left a smooth copper surface. Those chemicals did not need any particular rinsing afterwards. The use of sodium hydroxide can increase the urine solution's pH in the collection tank while acids can reduce the pH level. A high pH is preferable because of higher reduction in micro-organisms.

## SAMMANFATTNING

Det är viktigt att dagens urinsorterande system utvärderas för att ta kunna förbättra dem och därigenom öka deras framtida utbredning. Med detta syfte har en mätning genomförts som bl.a. omfattar uppsamlad mängd och sammansättning på urin från Miljöhuset i Hallsberg. Mätningen utökades med en enkätstudie som även omfattade ekobynd Understenshöjden i Stockholm. I enkäten ombads de boende att svara på några frågor rörande bl.a. lukt, rengöring och förekomst av stopp i urinvattenlåset. Det visade sig att inom två år från installation hade det i så gott som alla urinvattenlås byggts upp en beläggning som helt kunde stoppa flödet. Den tredje och sista studien i arbetet gällde dessa avlagringar och metoder att avlägsna dem.

Den uppsamlade urinen från Miljöhuset innehöll 2,8 gram kväve, 0,22 gram fosfor samt 0,68 gram kalium per liter. Detta motsvarade 3,4 gram kväve, 0,27 gram fosfor och 0,82 gram kalium per person och dygn. Efter justering för de boendes hemvaro utgör detta 46, 40 respektive 49% av förväntade mängder som beräknats utifrån Naturvårdsverkets schablonvärde och de boendes hemvaro. Innehållet av tungmetaller i den uppsamlade urinen var mycket lågt och vid spridning på åkermark blir mängderna mycket under de av Naturvårdsverket uppsatta gränsvärdena för år 2000, utom för koppar där det endast ligger något under gränsvärdet.

Enkätstudien koncentrerades till nackdelarna med systemet, eftersom det är dem man behöver åtgärda. Lukt, avlagringar och dålig spolning var tre orsaker till besvär vid användandet av urinsorterande toaletter. En stor del av luktproblemen borde kunna avhjälpas genom noggrannare installation och bättre tätningar, då det ofta är läckage som orsakar de största luktbesvären. På grund av lukt, avlagringar och dålig spolfunktion, främst av skiljeväggen mellan främre och bakre skålen i Dubbletten, ansåg de boende att rengöringen var mer arbetskrävande än av en konventionell toalett. En av frågorna i enkäten rörde uppkomsten av stopp i vattenlåset. Svaren visade att samtliga hyresgäster som bott i respektive område mer än sex månader hade haft någon form av stopp. Samtliga undersökta vattenlås, 98 st, hade nedsatt flöde. I 77 av vattenlåsen var orsaken hår o.dyl. samt mjuka avlagringar vilka var lätta att avlägsna mekaniskt. De övriga 21 stoppen var orsakade av en hård till mycket hård avlagring som fyllde upp till 75% av vattenlåsets tvärsnittsarea.

De hårda avlagringarna, som till stor del består av utfällda metallfosfater, kan vara mycket svåra att avlägsna. Det går att få bort dem med mekaniska rensmetoder men det kan vara mycket tidskrävande. Ett problem är att vattenlåset dessutom slits onödigt mycket. Därför provades olika kemiska rensmetoder. De kemikalier som var effektivast på att reducera avlagringarna var kaustiksoda, saltsyra samt ett industriellt rengöringsmedel innehållande bl.a. fosforsyra. Kaustiksoda var den effektivaste av de undersökta kemikalierna. Den reducerade avlagringarna med 80 - 100% på 405 minuter, men krävde efteråt kraftig spolning med vatten för att skölja bort de upplösta avlagringarna. De båda övriga kemikalierna avlägsnade mindre mängder avlagringar men de angriper även den oxid som bildats på rörens insida och efterlämnar en slät kopparyta. Dessa kemikalier kräver ingen speciell spolning efteråt. Användningen av kaustiksoda kan höja urinblandningens pH i tanken medan syror kan sänka den. Ur hygienisk synpunkt är ett högt pH att föredra, då avdödningen av mikroorganismer påskyndas.

## BAKGRUND

Dagens avloppssystem har utvecklats av hälso- och sanitära skäl. Ingen hänsyn togs till den stora växtnärsresurs som fekalier och framförallt urin utgör vid planering av de första avloppssystemen.

Först under slutet av 1700-talet infördes någon sorts renhållningsentreprenörer i Stockholm. Dessförinnan var det vanligt att avloppsvattnet kastades ut på gatorna, förhoppningsvis i rännstenarna. I samband med en koleraepidemi 1834 ändrades tankegångarna och 1859 beslutades det att latrin och sopor inte längre skulle deponeras inom stadens gränser (Biörnstad, 1970). Sveriges första ledningsnät infördes ungefär 1910. Till en början anslöts endast vatten från bad, disk och tvätt, s.k. BDT-vatten, men i och med införandet av vattenklosetten anslöts även avloppet från toaletterna d.v.s. svartvatten. Detta ledde till en bättre närmiljö i städerna. Problemen flyttades till området där de orenade avloppen mynnade ut. Starkt förenklat kan man säga att sedan 1910 har problemen med avloppsprodukterna åtgärdats i intervall om ca 20 år. På 30-talet infördes mekanisk rening för att få bort de synliga orenligheterna. På 50-talet anlades biologisk rening för att minska den primära syreförbrukningen i sjöar och vattendrag. På 70-talet var problemet fosfor som ledde till algutveckling och sekundär syreförbrukning. Senast, på 90-talet, var det utökad biologisk rening för att ytterligare reducera kväveutsläppen. I samtliga fall har avloppet behandlats som ett kvittblivnings problem. En viss mängd näringsämnen, främst fosfor, kan dock återvinnas i reningsverken via avloppsslammet. Genom införandet av urinsorterande avloppssystem skulle det vara möjligt att avlägsna större delen av allt kväve och ca hälften av allt fosfor i avloppsvattnet från hushållen samtidigt som värdefull växtnäring omhändertas.

Att återanvända humanurin som växtnäring ses av många som en god idé. Bl.a. för att det är ett snabbt och till synes enkelt sätt att både minska belastningen på de kommunala reningsverken samt efterföljande recipient och minska behovet av handelsgödsel. Detta kan i sin tur leda till att samhället närmar sig ett kretsloppssamhälle. I konventionella reningsverk är det möjligt att reducera ca 95% av fosfor, via kemisk fällning, och ca 30% av kvävet (Rennerfeldt, 1991). Högre kvävereduktion kan erhållas mot längre uppehållstider i den biologiska delen. För att erhålla en kvävereduktion av ca 70% behöver behandlingstiden vara 3 gånger längre än för enbart BOD-reduktion (Rennerfeldt, 1991). Slammet kan dessutom innehålla stora mängder tungmetaller och andra ämnen vilka gör det mindre användbart som växtnäring.

Urinen innehåller större delen av den växtnäring som lämnar hushållen via avloppssystemet, ungefär 80% av kvävet, 50% av fosfor samt 60% av kaliumet (Naturvårdsverket. 1995). Humanurin är dessutom ett fullgödselmedel och näringsämnena förekommer i en lättillgänglig form (Pettersson, 1994). Teorin för att sortera ut urin från övrigt spillvatten kan förefalla enkel men tekniken har visat sig innehålla vissa svårigheter.

Trots att urinen innehåller en så stor del av näringsämnena från hushållens spillvatten har endast ett fåtal undersökningar genomförts på vilka mängder humanurin som praktiskt kan samlas upp. Undersökningar från bl.a. Jönsson m.fl. (1998) och Vinnerås (1998) har visat att variationen i uppsamlad mängd urin och i den kemiska sammansättningen kan vara stor. I dessa båda undersökningar har grundliga mätningar genomförts rörande bl.a.

urinblandningens mängd, koncentration, spolvattenförbrukning och sammansättning vilket ger ett bra underlag för dimensionering av urinsorterande avloppssystem. Det är troligen inte nödvändigt att genomföra fler så grundliga undersökningar så länge tekniken är densamma. Det har endast gjorts en eller ett fåtal mätningar på hyreshus där det har visat sig att boendeformen spelar roll. Därför är det av intresse att undersöka de praktiskt uppsamlingsbara mängderna urinblandning och den kemiska sammansättningen på urinblandningar från fler hyresområden.

Det är även av intresse att veta vad brukarna anser om det urinsorterande avloppssystemet och om toaletterna upplevs annorlunda idag jämfört med när de var relativt nya. Det har visat sig att tekniken med urinsorterande toaletter i hemmet kan uppfattas som besvärande. Det är viktigt att utvärdera och förbättra dagens urinsorterande toaletter även utifrån brukarens perspektiv. En orsak till irritation hos brukarna är, enligt tidigare undersökningar (bl.a. Burström & Jönsson, 1998 och Haglund & Olofsson, 1997), igensättningar i urinledningens vattenlås. Burström & Jönsson (1998) har undersökt förekomsten av avlagringar i urinvattenlåset och deras kemiska sammansättning men det har inte studerats hur dessa avlagringar kan åtgärdas och motverkas.

Denna studie har genomförts för att utöka kunskapen om praktiskt uppsamlingsbar mängd urinblandning och dess kemiska sammansättning, för att utvärdera brukarnas åsikter om den urinsorterande toaletten samt för att utreda hur uppkomna avlagringarna i urinvattenlåset enkelt skall åtgärdas.

## **SYFTE**

Syftet med detta examensarbete var att undersöka;

- uppsamlad mängd urin från boende i hyreshus samt urinens kemiska sammansättning,
- vilka för- och nackdelar som brukarna har upplevt med det urinsorterande systemet och
- olika metoder för att avlägsna avlagringarna i urinvattenlåsen.

Uppsamlingsstudien syftade till att undersöka det urinsorterande avloppssystemet i Miljöhuset i Hallsberg. Mätningarna skulle utformas så att erhållna resultat kunde nyttjas för utvärdering av systemets uppsamlingspotential och -grad samt den uppsamlade urinens värde som växtnäring. För att koppla ihop uppsamlade mängder med brukarnas åsikter samt deras sätt att använda de urinsorterande toaletterna genomfördes en enkätstudie. Enkätstudien omfattade även ekobyen Understenshöjden i Stockholm p.g.a. att en i stort sett identisk enkätstudie genomfördes i området under 1996. En viktig anledning till missnöjet med de urinsorterande toaletterna är uppkomsten av stopp i urinledningens vattenlåsen. Av denna anledning har effektiviteten av mekaniska och kemiska metoder för att avlägsna stoppen undersökts.

## **LITTERATURSTUDIE**

I Regeringsförklaringen den 22 mars 1996 angav statsminister Göran Persson och Sveriges regering att deras ambition var att "Sverige skall vara en pådrivande internationell kraft och ett föregångsland i strävan att skapa ett hållbart samhälle". Detta skulle genomföras med



hjälp av en tydlig politik för att främja kretsloppstänkandet. I grunden handlar det hållbara samhället om tre övergripande mål. Dessa mål är skyddet av miljön, en hållbar försörjning och en effektiv användning av energi och andra naturresurser (Svenska miljömål, 1997).

Skyddet av miljön innebär bl.a. att utsläppen av föroreningar inte får överskrida naturens förmåga att ta emot eller bryta ner dem (Svenska miljömål, 1997). Genom införandet av urinsortering minskar utsläppen av föroreningar som kväve, fosfor och kalium från reningsverken.

En hållbar försörjning innebär att ekosystemets långsiktiga produktionsförmåga måste säkras. Så långt som möjligt skall försörjningen baseras på ett långsiktigt utnyttjande av förnybara resurser. Det betyder att användningen inte långsiktigt kan överskrida den takt med vilken naturen skapar nya resurser och att material bör återvinnas i kretslopp. (Svenska miljömål, 1997). Avloppsslam från reningsverken innehåller stora mängder näringsämnen men även en hel del tungmetaller och organiska föroreningar vilket gör slammet mindre användbart som växtnäring. Dessutom åtgår det stora mängder fossil energi vid fixering av luftkväve till handelsgödsel.

En effektiv användning innebär att användning av energi och andra naturresurser kan bli mycket effektivare än den är i dag. Flödena av energi och material kan begränsas så att de är förenliga med en hållbar utveckling. Bl.a. skall teknikutveckling därför inriktas på resurssnåla produkter och processer. (Svenska miljömål, 1997). Spridning av humanurin som ersättning för handelsgödsel innebär minskade energiflöden samt att växtnäringsämnena cirkulerar i ett kretslopp mellan producent och konsument. Dessutom är dubbelspolade toaletter en teknikutveckling som bör leda till minskad vattenförbrukning.

Urinsorterande system sorterar urinen från fekalierna redan vid källan. Grundprincipen är att det finns två separata uppsamlingsystem för omhändertagandet av exkrementerna. En främre skål i toalettstolen för uppsamling av urin och en bakre för fekalier. Urinsorterande toaletter finns både som torra och vattenspolade system. De vattenspolade toaletterna finns i enkel- och dubbelspolade varianter. De enkelspolade har torrt omhändertagande av fekalierna d.v.s. ingen vattenspolning av fekaliefractionen medan de dubbelspolade har våt hantering av både urin och fekaliefractionerna. Enligt tillverkaren (BB Innovation & Co AB, 1995) har dagens dubbelspolade urinsorterande toaletter en potential att spara upp till 80% av normal mängd spolvatten om den stora spolningen endast används en gång per dygn och person. Jönsson m.fl. (1998) har studerat vattenbesparingen vid praktisk användning av dubbelspolade urinsorterande toaletter i bostadsområdena Understenshöjden och Palsternackan och enligt denna undersökning var besparingen 48% respektive 20%.

Tidigare undersökningar av bl.a. Jönsson m.fl., (1998) och Vinnerås, (1998) har visat att innehållet av tungmetaller i uppsamlad humanurin är mycket lågt. För att få en uppfattning om mängden näringsämnen och metaller i humanurin jämförs dessa mängder med gränsvärdet för tjänligt dricksvatten och med innehållet i mineralgödsel (Bertilsson, pers. medd.), i tabell 1. Av tungmetallerna är det endast för kvicksilver som dygnsutsöndringen i humanurin överstiger gränsvärdet för en liter tjänligt dricksvatten. Jämförs istället dygnsutsöndringen med humanurin med ett gram mineralgödsel fosfor gäller detta även koppar och nickel. Innehållet av näringsämnena kväve, fosfor och kalium är självklart mycket högre i humanurinen än i dricksvatten. Gränsvärdena för dricksvatten vilar på teknisk grund, utom för kväve där även en hälsomässig grund finns. Med teknisk grund

menas att vattnets sammansättning kan ge problem i samband med distribution eller att undersökningsresultaten indikerar att vattnet kan ha förorenats vilket i sin tur kan ge hälsomässiga besvär.

Tabell 1. *Genomsnittligt innehåll av näringsämnen och metaller i humanurin jämfört med innehåll i mineralgödsel (Hydro Agri). Dessutom jämförs humanurin med gränsvärdet för tjänligt dricksvatten för att visa de låga halterna av tungmetaller i humanurin*

Ämne	Mängd i humanurin <sup>b</sup> g/pd (=g/gP)	Mängd i mineralgödsel <sup>c</sup> g/gP	Gränsvärde för tjänligt dricksvatten <sup>d</sup> g/l
Kväve	11		0,4-1,0 10 <sup>-3</sup>
Fosfor	1,0		2,0 10 <sup>-4</sup>
Kalium	2,5		1,2 10 <sup>-2</sup>
Magnesium	1,2 10 <sup>-4</sup> a		3,0 10 <sup>-2</sup>
Kalcium	2,1 10 <sup>-4</sup> a		0,1
Järn	1,0 10 <sup>-4</sup> a		0,5-1,0 10 <sup>-3</sup>
Bly	2,0 10 <sup>-6</sup>	2,5 10 <sup>-5</sup>	1,0 10 <sup>-5</sup>
Kadmium	1,0 10 <sup>-6</sup>	1,3 10 <sup>-6</sup>	5,0 10 <sup>-6</sup>
Koppar	1,0 10 <sup>-4</sup>	7,5 10 <sup>-5</sup>	0,2-2,0 10 <sup>-3</sup>
Krom	1,0 10 <sup>-5</sup>	5,0 10 <sup>-4</sup>	5,0 10 <sup>-5</sup>
Kvicksilver	3,0 10 <sup>-6</sup>	6,3 10 <sup>-8</sup>	1,0 10 <sup>-6</sup>
Nickel	7,0 10 <sup>-6</sup>	3,1 10 <sup>-6</sup>	5,0 10 <sup>-5</sup>

<sup>a</sup> Geigy Scientific Tables, 1981.

<sup>b</sup> Naturvårdsverket, 1995

<sup>c</sup> Hydro Agri Cd garanti, Bertilsson (pers. medd.)

<sup>d</sup> Statens livsmedelsverks författningssamling, 1993

Sveriges befolkning uppgick 1998 till 8,85 miljoner personer varav 1,44 miljoner barn (tom 12 år) (SCB, 1998a). Mängden kväve och fosfor som skulle kunna återvinnas om hela Sveriges befolkning var anslutna till urinsorterande avloppssystem är ca 100 ton kväve respektive 9 ton fosfor per dygn. Växtnäringsinnehållet i urin från Sveriges hela befolkning skulle motsvara ca 20 % av det mineralgödselkväve som användes i jord- och trädgårdsbruk i Sverige under 1995 (SCB, 1998b).

Mängden urin som praktiskt går att samla upp med dagens urinsorterande avloppssystem har undersökts i flera studier. Den uppsamlade mängden urinblandning varierar från 1 till 4 liter per person och dygn (tabell 2) med vissa extremvärden vilka delvis kan förklaras via inläckage av grundvatten eller brister i mätutrustningen. Variationen i mängd utsöndrad urin per person och heldygn är mindre, mellan ca 1 och 1,5 l/pd (Naturvårdsverket, 1995 och Vinnerås, 1998).

Tabell 2. *Mängd uppsamlad urin samt urinblandning per person och dygn enligt olika källor*

Källa	Hemvaro (%)	Uppsamlad urin (l/ boende, dygn)	Uppsamlad urinblandning (l/ boende, dygn)
Jönsson, m.fl., 1998	58-67	0,87-1,00	1,30-1,34
Hanæus & Johansson, 1996			1,1-12,0 0,0-4,2 1,0-5,4
Vinnerås, 1998	69	0,61-1,09	2,24
Naturvårdsverket, 1995	100	1,00 - 1,50	

En inventering av befintliga bostadsområden, både ekobyar och vanliga hyresfastigheter, med urinsorterande avloppssystem har gjorts av Hanæus och Johansson (1996). Arbetet beskriver avloppssystemen, hur urinen omhändertas samt de erfarenheter som gjorts av de boende i områdena. De problem som har varit vanligast är lukt, inläckage av vatten till urinledningen och stopp i urinvattenlåset. Lukt och läckage har oftast kunnat åtgärdats genom bättre skarvar och anslutningar av ledningarna. I vissa fall var lukten orsakad av för små eller obefintliga vattenlås, så att det fanns en direkt luftförbindelse mellan toaletten och tanken. Från en enkätundersökning i ovan angivna arbete framgick det av de boendes svar att spolfunktionen inte fungerade tillfredsställande, 5 av 12 hade slutat använda den. De boende upplevde även att rengöringen av de urinsorterande toaletterna var jobbigare än av konventionella. Toaletterna var av märket Wost Man Ecology AB.

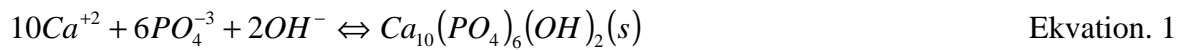
En mer omfattande undersökning av brukarnas åsikter genomfördes av Burström & Jönsson (1998). Resultaten från denna kommer att behandlas djupare i senare delar av detta arbete men i stora drag ansåg de boende att spolfunktionen inte fungerade som den borde. Av de 96 som svarade hade 22 slutat använda den ordinarie urinspolningen. Det verkade inte som om rengöringen av toaletterna var signifikant skild från den av konventionella toaletter. De största problemen rörande lukt från det urinsorterande avloppssystemet antogs ha uppkommit i samband med slarv vid installationen. Efter att dessa problem hade åtgärdats ansåg inte de boende att toaletterna luktade mer än konventionella. Samtliga undersökta områden trodde på urinsortering och att det kommer att bli vanligare i framtiden. De undersökta områdena var utrustade med de urinsorterande toaletterna Dubbletten från BB Innovation & Co AB eller DS från Wost Man Ecology AB.

Förekomsten av stopp och deras karaktär har undersökts av Burström & Jönsson (1998) där de bl.a. testade stoppens mekaniska hållfasthet. I de flesta fallen räckte det inte med en enklare uppslamning för att helt avlägsna stoppen. Det förekom två skilda typer av stopp, mjuka respektive hårda. De mjuka stoppen var orsakade av hår, strån från toalett- eller flaskborstar och utfällningar på dessa. De hårda stoppen bestod av avlagringar på rörväggen och de gick inte ens med kraftig mekanisk nötning helt att avlägsna.

De hårda avlagringarna består förutom av ca 30% organiskt material troligen till stor del av utfällda metallfosfater (beräknat från Burström & Jönsson, 1998). Största delen av fosfor som utsöndras via urinen föreligger i form av ortofosfater,  $H_nPO_4^{-(3-n)}$  där  $n = 1, 2$  eller  $3$  (Ganrot, 1997). Dessa fosfater kan lätt reagera med i vattnet lösta metaller och bilda olika svårslösliga föreningar. Enligt Burström & Jönsson (1998) förefaller fosfor i utfällningarna

vara bunden i hydroxidapatit, struvit och vivianit eftersom kalcium, magnesium och järn kan fälla fosfor vid pH över 8. Jämförelse av analyserad mängd fosfor med den mängd fosfor, som beräknats teoretiskt under antagandet att all fosfor, kalcium, magnesium och järn var bundet i hydroxidapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ), struvit ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ ) och vivianit ( $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ ), visade sig stämma inom felmarginalen för analysmetoderna (Burström & Jönsson, 1998).

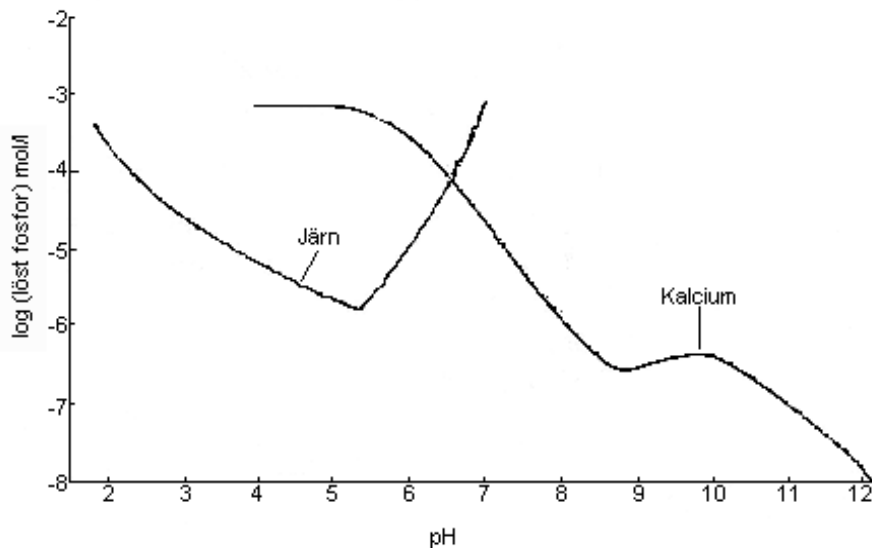
De tidigare beskrivna föreningarna bildas enligt följande. Tvåvärt kalcium reagerar med fosfor vid höga pH enligt ekvation 1 och bildar svårslöslig hydroxidapatit (Vattenbehandling, 1996).



Magnesium reagerar med fosfat och ammonium enligt ekvation 2 och bildar struvit (Hägg, 1979).



Tvåvärt järn binder fosfor till vivianit enligt ekvation 3, men hämmas av pH högre än 6 genom att en del av järnet bildar hydroxider istället (Vattenbehandling, 1996).



Figur 1. Löslighetsdiagram för fosfor vid fällning med kalk och järn (Efter Vattenbehandling, 1996).

Av dessa tre utfällda fosforföreningarna är det endast vivianit som har ett löslighets minimum i det sura intervallet, vid pH 5,3 (figur 1). För de båda andra föreningarna, struvit och hydroxidapatit, ligger löslighets minimum över pH 8,0 respektive 9,5 (CEEP, 1999).

I försök med att rena avloppsvatten från fosfor och kväve genom struvitfällning har Shin och Lee (1997) visat att vid optimalt pH och koncentration kan upp till 97% av fosfor avlägsnas. De har även visat att 80% av struviten kan gå i lösning igen vid pH under 8.

Detta tyder på att en pH sänkning genom t.ex. tillsats av syra kommer att hydrolysera de svårlösliga fosfatföreningarna, vissa redan vid pH 8. Baser, som kaustiksoda, är kända för att lösa organiska ämnen samt bilda lösliga salter med de flesta metaller (Hägg, 1979) . Ovanstående visar att både syror och basers förmåga att reducera avlagringarna i urinvattenlås kan vara möjliga vägar och bör därför undersökas.

En bidragande orsak till att avlagringarna binder så hårt till kopparvattenlås kan vara att man använder DHP-koppar. DHP står för "Deoxidiced-High-Phosphorus" vilket betyder att syret i den ursprungligen syrehaltiga kopparn har tagits bort genom tillsats av ca 0,03 % fosfor (SCDA, 1999). Det är möjligt att fosfor från kopparvattenlåset kan bilda ovan beskrivna föreningar, hydroxidapatit, struvit och vivianit, vilka binder hårt till kopparrörets yta.

## MATERIAL OCH METODER

### Beskrivning av områdena

#### *Hyresområdet Nytorgsgatan, Miljöhuset*

Miljöhuset, Nytorgsgatan 4 i Hallsberg, stod klart för inflyttning efter renovering i slutet av 1995. Hyreshuset har 40 lägenheter varav 16 ettor, 9 treor och 15 fyror fördelat på 8 våningar. Vid mätningen var endast 30 lägenheter uthyrda. Ägaren till byggnaden, HSB Hallsberg, har installerat urinsorterande toaletter av modellen Dubbletten på eget initiativ och inte på uppdrag av någon miljöförening eller ekoby. De flesta hyresgästerna är "vanliga" människor utan något exceptionellt miljöintresse. Urin som sorterats ut samlas i en på området nedgrävd betongtank med en lagringskapacitet av 10 m<sup>3</sup>. Övrigt avloppsvatten är anslutet till det kommunala spillvattennätet och behandlas konventionellt. Det finns även möjlighet att ansluta urinfraktionen till det kommunala ledningssystemet. Det finns inget skrivet avtal med någon lantbrukare i området för omhändertagandet av urin. Hittills har den största delen av urinen bräddats till det vanliga avloppet förutom ca 8 m<sup>3</sup> som har använts i gödslingsförsök av hushållningssällskapet i Örebro.

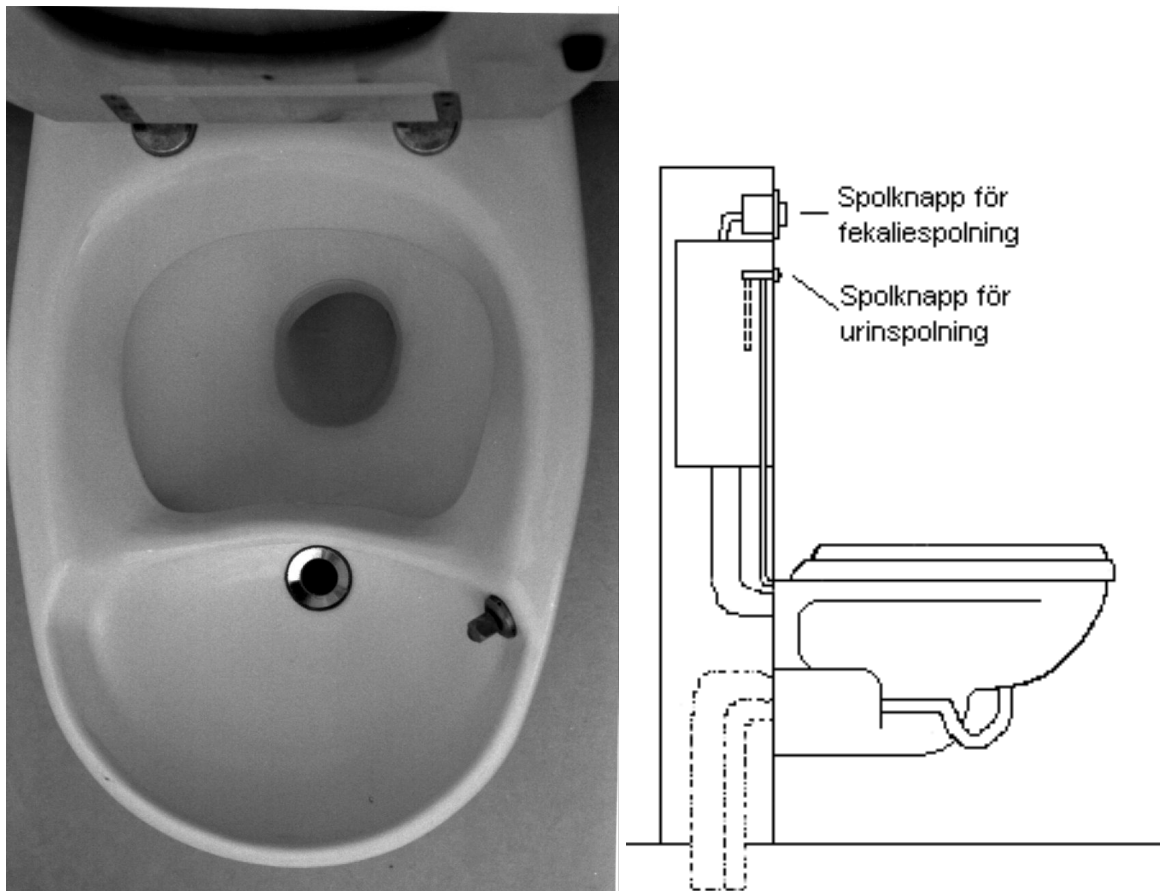
#### *Ekobyn Understenshöjden*

Understenshöjden är ett ekologiskt inriktat bostadsområde i södra Stockholm som byggdes under 1995. Understenshöjden består av 44 lägenheter med mellan två till fem rum och kök. De urinsorterande toaletterna är även här av modell Dubbletten. Ledningssystemet är av polyeten till skillnad mot Miljöhuset där ledningssystemet var av rostfritt stål. Urinen leds till två på området nedgrävda seriekopplade tankar på vardera 40 m<sup>3</sup>. Den uppsamlade urinblandningen transporteras därefter till lagringstankar där den hygieniseras före spridningen. Eventuell bräddning av uppsamlad urinblandning sker till det övriga avloppsvattnet. Det övriga avloppsvattnet d.v.s. fekalier och BDT-vatten behandlas lokalt i ett biologiskt minireningsverk. Därefter var det tänkt att det skulle efterbehandlas i ett på området befintligt dammsystem. För närvarande leds emellertid det till det kommunala avloppsreningsverket efter att först ha behandlats i minireningsverket.

### Toaletten

Båda ovan beskrivna områden är utrustade med vägghängda dubbelspolade urinsorterande toaletter från BB Innovation & Co AB av modellen Dubbletten (figur 2). Toaletten har två skålar. Den främre är avsedd att samla upp urinen som leds till en uppsamlingstank via ett för urinen separat ledningssystem, den bakre skålen är avsedd för fekalier och ev. torkpapper som leds via ett ledningssystem till behandling t.ex. konventionell rening i kommunala reningsverk. Toalettstolen har ett utvändigt monterat vattenlås för den främre skålen. Spolningen av den bakre skålen är av konventionell typ där vattnet samlas i en cistern. Med spolknappen för stor spolning öppnas förbindelsen mellan cisternen och en

kanal runt ovandelen av den bakre skålen. Vattnet kommer därigenom att flöda ut över skålens inre porslinsytor och skölja dem likt spolningen hos en vanlig toalettstol. Cisternen fylls på automatiskt via en flottörventil som strävar efter att hålla en konstant vattennivå. Nivån kan ställas in för spolvattenmängder mellan 4 och 9 liter per spolning. Spolningen av den främre skålen sker på de undersökta toaletterna med ett munstycke av virvelkammartyp som satt monterat i bakre delen av främre skålens vänstra kant. Vattnet till urinspolningen kommer direkt från vattenledningen via spolventilen och en ställbar strypventil som reducerar trycket till munstycket. Trycket minskas för att inte duschen från munstycket skall bli för hård. Denna konstruktion gör att den faktiska mängden spolvatten är beroende av strypventilens inställning samt hur länge spolknappen hålls intryckt. På vissa senare modeller av Dubbletten är urinspolningen tidsreglerad vilket gör att det räcker med ett kort tryck för att spola en förinställd mängd vatten. Det två spolningarna av urinskålen respektive fekalieskålen är helt fristående från varandra vilket innebär att man vid ett kombinerat behov (fekalier + urin) måste aktivera både fekalie- och urinspolningen.



Figur 2. Den urinsorterande toaletten Dubbletten från BB Innovation & Co AB.

## Uppsamlingsstudie

### *Mätning av uppsamlade mängder urinblandning*

Mätning av uppsamlade mängder urinblandning genomfördes i Miljöhuset. Strax innan huvudledningen för urinavloppet lämnar fastigheten finns en manuell styrventil som möjliggör direkt omledning av urinblandningen till det kommunala avlopps nätet. Via denna ventil kopplades under mätningarna en extern tank in för uppsamling av urinblandning (figur 3). Den externa tanken var en påse tillverkad i femlagrig polytenplast och den rymde 860 liter (Svensson, pers. medd.).

Tanken placerades i en skyddsbehållare gjord av vanliga lastpallar med pallkragar som väggar. För att underlätta tömning av uppsamlingskärlet byggdes ett innergolv av plywood som sluttade 25° mot tömningshålet. Invändigt kläddes skyddsbehållaren med 2 cm tjock frigolit för att ytterligare skydda plasttanken. Ovanpå frigoliten placerades en 0,07 mm tjock plastfolie med en öppning vid tankens tappkran för att leda bort ev läckage.

Efter varje avslutad mätperiod vägdes mängden uppsamlad urin genom att hissa upp hela uppsamlingsutrustningen och placera den på två vågelement. Vågens upplösning var 1 kg och den kalibrerade noggrannheten var bättre än  $\pm 1,9$  kg. Uppsamlingen skedde under två på varandra följande perioder med tömning och periodbyte under en helg. Totalt samlades urin under åtta dygn.

### *Kemisk analys av urinblandningen*

I samband med vägning av uppsamlad mängd urinblandning togs, vid båda periodsluten, tre parallella prov, på totalt 1 liter vardera, för kemisk analys. För att proven skulle vara representativa pumpades urinblandningen runt i tanken under ungefär 10 minuter innan proven togs ut. Proven från de båda mätperioderna blandades i förhållande till uppsamlad mängd under respektive period. Mängden uttaget prov var vald så att man i slutskedet fick volymen en liter i varje prov, vilket motsvarade den mängd som behövdes för att säkert kunna genomföra önskade kemiska analyser utan problem. Efter första provtagningen frystes proverna in samma dag. Dessa prover förvarades i frysen under fem dygn, tills de sista proven var tagna. Proven blandades och lämnades därefter in för analys samma kväll. Samtliga analyser genomfördes av KM-lab i Uppsala. De parametrar som analyserades hos



Figur 3. Uppsamlingsstanken som användes vid mätning av uppsamlad urinblandning i Miljöhuset.



urinblandningen samt analysmetod och analysernas angivna noggrannhet framgår av tabell 3.

Tabell 3. *Kemiska analyser av urinblandningen från Miljöhuset, använd analysmetod och angiven noggrannhet. Samtliga analyser genomfördes av KM-lab i Uppsala*

Parameter	Metod	Mätosäkerhet
pH	SS-EN 12176-1	± 2 %
TS	SS 028113-1	± 5 %
Glödgningsrest	SS 028113-1	± 5 %
Tot-N	SS 028101-1	± 5 %
NH <sub>4</sub> -N	StMeth417A+D	± 5 %
P-tot	DIN 38406E22	± 7 %
K-tot	DIN 38406E22	± 7 %
Mg	DIN 38406E22	± 7 %
Fe	DIN 38406E22	± 10 %
Pb	SS 028152-2	± 10 %
Cd	SS 028152-2	± 10 %
Cu	DIN 38406E22	± 10 %
Cr	DIN 38406E22	± 10 %
Hg	SS 028175-1	± 10 %
Ni	DIN 38406E22	± 10 %

### ***Information till de boende***

Ca en vecka innan mätningarna inleddes skickades en enkät tillsammans med ett informationsblad till de boende (bilaga 1 och 2). Mätning av flödet genom vattenlåsen skedde antingen den 29:e mars eller den 5:e april 1999. Vid första tillfället genomfördes mätningar endast i de lägenheter där de boende var hemma, vilket motsvarade 17 av totalt 40 lägenheter. I samband med denna mätning informerades även dessa boende muntligt om mätningarna. Urinvattenlåsen i de övriga lägenheterna mättes veckan efter, utan att någon hyresgäst var hemma. De boende informerades skriftligen om mätningarna. I samband med mätningarna av uppsamlad mängd urin, vilka skedde under två perioder, delades hemvaroenkäter (bilaga 3) ut till de boende. Under mätperioden ombads de boende att för varje dygn och person skriva ner i hemvaroenkäten hur många timmar de tillbringade i hemmet. Anledningen till hemvaroenkäten var för att kunna beräkna den förväntade mängden urinblandning från antalet timmar som de boende faktiskt tillbringade i hemmet.

### **Enkätstudie**

För att få reda på om det fanns några problem i den dagliga användningen av toaletterna genomfördes en enkätstudie i Miljöhuset i Hallsberg och i ekobyen Understenshöjden i Stockholm. I enkäten frågades efter när familjen/personen flyttade in i lägenheten, hur

mycket den urinsorterande toaletten användes, om familjen/personen upplevt några besvär med toaletterna med avseende på rengöring, lukt, spolning av urinskålen, utformning eller stopp i urindelens vattenlås. Det var i stort sett samma enkät som användes av Burström & Jönsson (1998).

Det förekom även några frågor av mer allmän karaktär om familjens/personens inställning till urinsorterande toaletter samt om deras framtidstro på systemet och dess utbredning. Frågorna rörande lukt, rengöring och spolning av toaletten samt systemets framtid skulle besvaras genom gradering relativt en konventionell toalettstol. De boende ombads svara på en skala från 1 till 6 där de skulle ringa in den siffra som bäst motsvarade deras åsikt. Betyget 1 betydde att systemet var mycket sämre än ett konventionellt och betyget 6 mycket bättre. Om ingen skillnad fanns mellan ett dubbelspolat urinsorterande system och ett konventionellt borde medelbetyget på frågorna bli 3,5. För att säkert kunna skilja svaren från "noll alternativet" 3,5 har en t-fördelning med 95 % konfidensintervall använts.

$$\text{Modell: } \bar{y} \pm t_{(0,975;df)} \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

där  $\bar{y}$  står för medelvärde, df. för antalet frihetsgrader,  $s^2$  för variansen och n för antalet observationer.

Tidigare undersökningar har visat att urinspolningen har varit ett problem. Även fastighetsköterna har nämnt problem med urinspolningen. I enkäten fanns en fråga om denna. Frågan skulle besvaras på en skala från 1 till 6 och hade flera följdfrågor där de boende ombads beskriva eventuella problem samt om de hade löst spolningen på något annat sätt.

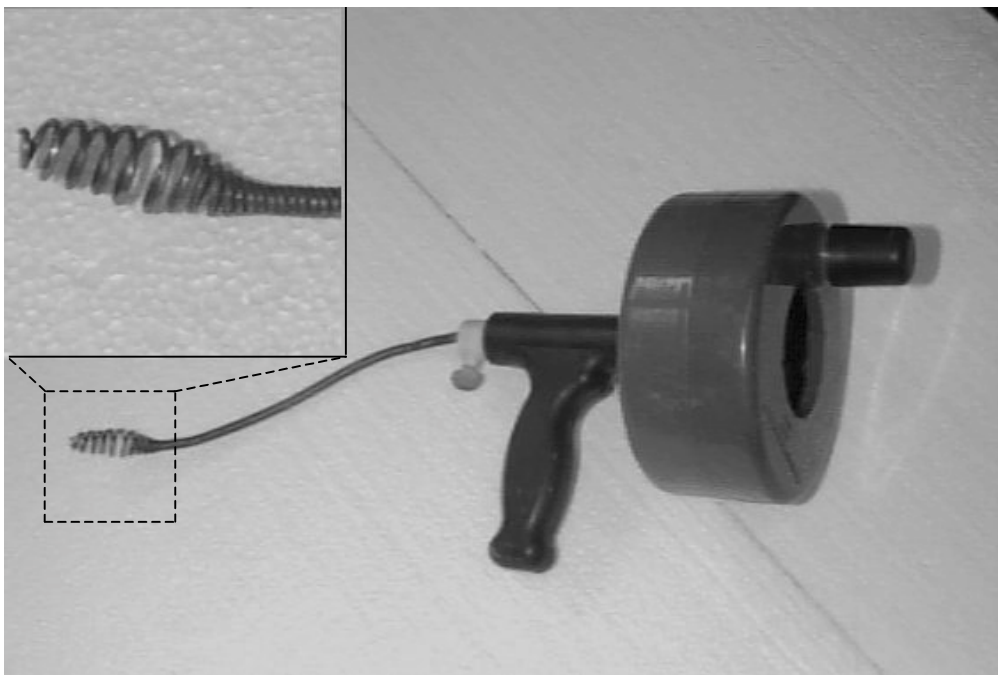
En viktig del i enkäten tog upp eventuella problem med igensättning av urinvattenlåset. De boende fick ange om de hade haft stopp i vattenlåset. Om så var fallet ombads de beskriva hur problemet åtgärdats, om flera stopp hade inträffat, om stoppen hade förändrats samt när senaste rensning skedde. Till sist tillfrågades de boende om de hade några egna teorier om varför igensättningar uppkom samt om de hade några övriga åsikter om urinsorterande toaletter.

## **Rensstudie**

### ***Mekanisk rensmetod***

Den enda mekaniska rensmetoden som studerades var en manuellt driven metallvajer som längst ut var formad som en öppen skruv (figur 4). Metodens effektivitet undersöktes genom att mäta flödet genom urinvattenlåset före respektive efter rensningen med rensvajern. Mätning av flödet i vattenlåsen genomfördes genom att registrera tiden som en förbestämd mängd vatten, 1500 ml, behövde för att rinna undan. Vid flöden sämre än 15,0 liter per minut, 6 sekunder, antogs det förekomma någon typ av stopp eller liknande som hindrade flödet i urinvattenlåsen i Miljöhuset. Motsvarande maxflöde i Understenshöjden

var 22,5 liter per minut. Vid flöden lägre än maxflödena, 15 respektive 22,5 liter per minut, rensades urinvattenlåset med rensvajer. Vajern skruvades ned i urinvattenlåset och bröt sönder eller samlade upp avlagringar eller material. Via den kraft som behövdes för att åtgärda stoppet samt färgen på, och materialet i, den lösning som följde med rensvajern upp kunde stoppets karaktär klassificeras. Hårda stopp krävde stor kraft samt gav ofta en relativt klar lösning med stora hårda partiklar medan de mjuka stoppen var förknippade med ett mörkbrunt lättflytande slam. Efter genomförd rensning kontrollerades flödet ytterligare en gång. Förutom att undersöka rensvajer som rensmetod syftade denna mätning även till att korrelera användarfrekvens med förekomsten av stopp i toaletterna samt lokalisera de vattenlås som hade svåra och hårda stopp, stopp om uppkommit genom kristallisering av bl.a. fosfor från urinen på rörväggarna.



Figur 4. Manuell rensvajer som användes i de mekaniska rensstudien. I förstoringen visas "den öppna skruven".

### ***Kemiska rensmetoder***

Kemisk rensning av stopp får inte äventyra urinens tänkta användningsområde, d.v.s. kemikalierna skall vara sådana att de utan fara kan spridas på åkermark tillsammans med resten av urinblandningen. Det är även bra om kemikalierna är snabbverkande, då en fastighetsskötare eller boende skall kunna åtgärda ett stopp på skälig tid. De kemikalier som testades var uppdelade i rena syror och baser samt blandade kemikalier. Syrorna var i sin tur uppdelade i starka syror respektive svaga syror eller hushållssyror enligt tabell 4.

Tabell 4. *Kemikalier som undersökts för att lösa stopp i urinvattenlåsen hos dubbelspolade urinsorterande toaletter*

Grupp/Kemikalie	Innehåll
<b>Starka syror</b>	
Svavelsyra 2 M	Svavelsyra
Saltsyra 2 M	Saltsyra
<b>Svaga syror</b>	
Citronsyra	Citronsyra
<b>Starka baser</b>	
Kaustiksoda	85 - 100% natriumhydroxid
<b>Blandade kemikalier</b>	
48 Clean SUPER	25% fosforsyra, 5% isobotuldiglykol, 2% tensider
Gripens Biologisk avloppsrens	Bacillussporer, enzymer, kalciumnitrat och salt
Mr Muscle	5 - 15% klorbaserade blekmedel <5% nonjoniska tensider <5% tvål
Ajax badrum gel ultra	5 - 15% citronsyra, anjoniska tensider, <5%, natriumbensoat och parfym

På grund av att citronsyra,  $pK_a$  4,77, och ättiksyra,  $pK_a$  4,75 (CRC, 1989), är så lika syror bör deras verkan vara likartade och därför har endast citronsyra undersökts.

Svavel- och saltsyran späddes till lösningar med två mol per liter för att få produkter som kunde hanteras i hemmet utan alltför stor fara. Citronsyran har använts som mättad lösning. Kaustiksoda har blandats en del kaustiksoda och två delar vatten. Produkten 48 Clean SUPER innehåller ca 25% fosforsyra vilket motsvarar ca 3 mol per liter och har nyttjas med den koncentrationen. Via behandling med Gripens biologisk avloppsrens blandades en lösning av en del biologisk avloppsrens och fyra delar vatten. Mr Muscle och Ajax badrum gel ultra användes som de var d.v.s. utan spädning med vatten.

#### Studie av delade vattenlås

Samtliga vattenlås som använts i undersökningen, förutom det i plast, var hämtade från ekobyen Understenshöjden i Stockholm. Plastvattenlåset var hämtat från ett hushåll som inte deltog i enkätstudien.

Studien av delade vattenlås syftade till att skilja ut de kemikalier som fungerade bra från de som fungerade sämre. Därför undersöktes samtliga kemikalier ovan först på mindre rörsektioner från de igensatta urinvattenlåsen. Sektionerna var mellan 1,5 och 2,5 centimeter långa. En rörsektion för varje kemikalie användes och samtliga sektioner kom från samma vattenlås. Effekten av kemikalierna mättes genom att väga rörsektionen före respektive efter behandlingen. Vägning genomfördes med dropptorrt prov. Rörsektionerna fick efter uppkapning ligga i blöt i avjoniserat vatten i minst 25 minuter för att bli vattenmättade före den första vägningen, så att eventuell viktökning inte skulle bero på

upptag av vatten. Rörsektionerna lades i glasbägare och täcktes helt av respektive kemikalie. Kemikalierna var i kontakt med rörsektionerna under fem olika behandlingsperioder, 5, 15, 45, 135 respektive 405 minuter. Mellan varje behandlingsperiod sköljdes rörsektionen med ca en dl avjoniserat vatten tre gånger, dels för att skölja bort kemikalierester dels för att skölja bort små lösa partiklar. För varje ny behandlingsperiod användes samma rörsektioner, men nya kemikalier.

Ovanstående procedur upprepades med tre slumpvis utvalda rör. Slumpen fick även avgöra vilken kemikalie som kombinerades med en specifik rörsektion. Den enda begränsningen var att sektioner från samma ställe på de tre olika rören inte fick behandlas med samma kemikalie vid flera tillfällen. Resultaten behandlades statistiskt som två korsade faktorer i en blandad modell varav den ena faktorn, kemikalierna, var fix den andra, tiden, slumpmässig. Genom denna procedur kunde de olika kemikalierna jämföras i genomsnitt över behandlingstiden.

$$\text{Modell: } y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_j + ab_{ij} + e_{ijk}$$

där  $y$  står för viktnedgången hos rörsektionen,  $\mu$  för medelvärdet,  $\alpha_i$  för avvikelserna i kemikalie (i) från medelvärdet (fix),  $b_j$  för tiden (j) inverkan (slumpmässig),  $ab_{ij}$  för samspel mellan kemikalie (i) och tid (j) (slumpmässig) och  $e$  för residual.

### Studier av hela vattenlås

De tre kemikalier som visade sig effektivast i ovanstående undersökning testades på hela vattenlås. Det genomfördes tre olika delstudier.

#### Första delstudien

I den första delstudien sattes vattenlåsen upp med den bakre raka delen i svagt motlut för att öka kontaktytan mellan beläggning och kemikalie. Även i denna uppställning användes viktnedgång som ett mått på kemikaliernas effektivitet. Varje vattenlås behandlades med kemikalierna i fem olika behandlingsperioder enligt tabell 5.

Tabell 5. *Längd på behandlingsperioder vid rensstudie av hela vattenlås*

Behandling	Period (min)	Akkumulerad tid (min)
1	5	5
2	10	15
3	30	45
4	90	135
5	270	405

Denna delstudie utformades för att undersöka hur kontakttiden mellan kemikalie och avlagring inverkar på rensresultatet. Mängden tillsatt kemikalie varierade beroende på vattenlåsets volym mellan 1 och 1,5 deciliter beroende på mängden avlagring i vattenlåset.

Under denna delstudie sköljdes inte vattenlåsen mellan de olika behandlingsperioderna och dessutom återanvändes kemikalierna mellan varje behandlingen. Innan vägning, som skedde med dropporrt vattenlås, hölls vattenlåsets innehåll försiktigt ur och samlades upp. Efter vägning hölls den uppsamlade kemikalielösningen tillbaka i vattenlåset. Efter avslutad behandling och vägning spolades hela vattenlåset för att skölja bort de delar av avlagringen som lossat under tidigare behandling. Vid spolning var flödet 6,2 liter per minut.

### Andra delstudien

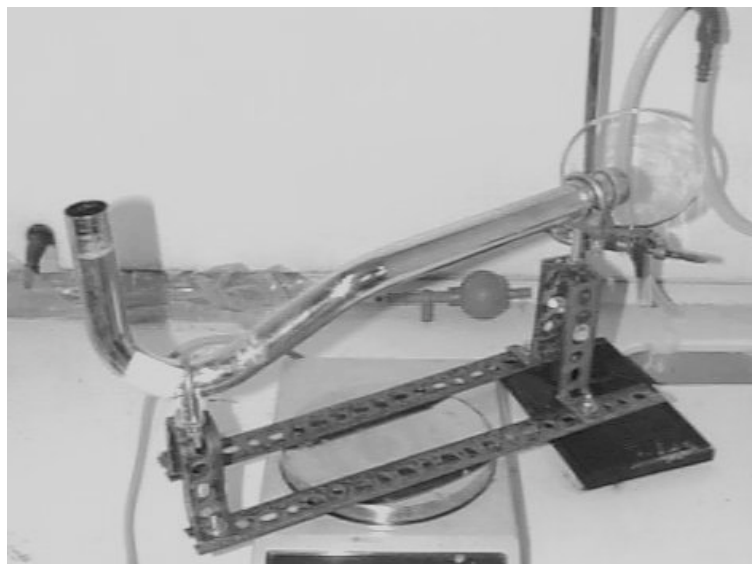
I den andra delstudien monterades vattenlåsen på samma sätt som i den första. Även behandlingsperioderna var lika långa som under den första delstudien. Däremot sköljdes vattenlåsen med rikligt med vatten efter varje behandlingsperiod. Under sköljningen placerades en tratt i den främre öppningen av vattenlåset. Sköljvattnet hölls snabbt ner i tratten och bildade på så sätt en vattenpelare av ca fem centimeter. Dessutom användes nya kemikalier i varje behandlingsperiod, volymen som tillsattes bestämdes av vattenlåsets volym ca 1-1,5 dl. Vägning genomfördes med dropporrt vattenlås. Efter avslutad behandling spolades vattenlåset på samma sätt som i den första delstudien.

### Tredje delstudien

Den tredje delstudien utformades för att efterliknade förhållandena i verkligheten så mycket som möjligt. Röret monterades likt den riktiga anslutningen i väggen, med den bakre delen i horisontalläge (figur 5).

Dessutom tömdes röret aldrig på vätska mellan de olika behandlingsperioderna. Mellan de olika behandlingsperioderna sköljdes röret, fortfarande i samma läge, med två deciliter vatten på samma sätt som i andra delstudien. Tillsats av nya kemikalier genomfördes inför varje ny

behandlingsperiod på samma sätt som sköljningen men med en volym av 1,5 deciliter för varje vattenlås. Hela provställningen var placerad på en våg så vägning kunde göras utan att flytta vattenlåset. Efter avslutad behandling spolades vattenlåset på samma sätt som i de båda övriga försöken. Provningsförfarandet liknar det som fås om man som brukare häller 1,5 dl kemikalie i urinskålen, låter den verka en tid och därefter sköljer bort den.

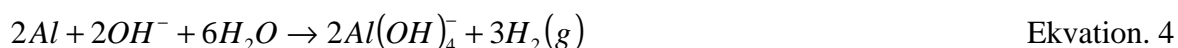


Figur 5. *Provuppställning för mätning av reducering av avlagringar.*

## ***Kompletterande rensstudie***

Under arbetets gång beslutades det om att även studera effekten av Gripens propplösare och eventuella skillnader mellan att reducera avlagringar från plastvattenlås jämfört med kopparvattenlås.

Gripens propplösare innehåller, liksom kaustiksoda, 85-100% NaOH men även speciella metallpartiklar. Vid samtal med tillverkarens, AB Tekniska Fabriken Gripen, kundtjänst framkom det att dessa speciella partiklar var aluminium. Enligt kundtjänst var dessa aluminiumpartiklar tillsatta som slipmedel. Enligt Hägg (1979) angriper basiska lösningar, som NaOH, aluminiummetallen under vätagasutveckling och bildning av hydroxoaluminatjoner enligt ekvation 4.



Vattenlåset, av koppar, monterades och behandlades på samma sätt som i den tredje delstudien med sköljning mellan varje behandlingsperiod och användandet av nya kemikalier. Efter avslutad behandling spolades vattenlåset på samma sätt som i övriga delstudier med hela vattenlås.

I dagsläget utrustas de urinsorterande toaletterna i allmänhet med vattenlås av plast istället för av koppar. För att undersöka eventuella skillnader mellan att reducera avlagringarna i urinvattenlås av koppar och de i urinvattenlås av plast genomfördes ett försök med plastvattenlås. I denna delstudie användes den effektivaste kemikalien. Försöket ställdes upp på samma sätt som i ovan beskrivna försök med Gripens propplösare.

## **UPPSAMLINGSSTUDIE**

Syftet med denna del i arbetet var att på ett så representativt sätt som möjligt bestämma den mängd urinblandning som sorteras ut via Miljöhusets avloppssystem samt urinblandningens kemiska sammansättning.

### **Resultat**

#### ***Uppsamlad mängd urinblandning***

Under hela mätningen samlades ca 600 liter urinblandning upp under sammanlagt åtta dygn. Det var ingen större skillnad i mängd uppsamlad urinblandning per dygn under de båda perioderna. Under period 1 uppmättes 222 kg urinblandning vilket motsvarar 74 kg per dygn. Motsvarande siffror för period 2 var 377 kg respektive 75,4 kg per dygn. Period 2 innefattade en helg då det möjligen kunde produceras mer urin hemma än under en vardag. Med antagandet att mängden urinblandning som samlades upp under vardagarna i period 2

var samma som den mängd som mättes upp under vardagarna i period 1 kan helgens bidrag beräknas, vilket redovisas i tabell 6.

Tabell 6. *Mängd uppsamlad urinblandning under period 1 och 2 samt helgen eventuella bidrag*

Variabel	Uppsamlad urinblandning		Vardag	Helgdag
	kg/dygn	kg/person och dygn	kg/pers, dygn	kg/pers, dygn
Period 1	74,0	1,19	1,19	-
Period 2	75,4	1,22	1,19 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>
Medelvärde	74,7	1,21		

<sup>a</sup> Beräknad mängd uppsamlad urinblandning under vardag respektive helgdag

Mängden uppsamlad urinblandning, 1,19 - 1,25 liter per person och dygn (hemvaro 16 tim) stämmer väl med de mängder som mätts upp i andra områden (tabell 2). Volymerna ligger i den nedre regionen jämfört med övriga uppmätta värden vilket delvis kan förklaras av att det inte kan förekomma något inläckage av grundvatten till uppsamlingstanken p.g.a. att urinledningen inte går i marken före den tank mätningen genomfördes på. Dessutom finns det, enligt enkätstudien, hyresgäster som inte nyttjar den urinsorterande funktionen hos toaletterna.

Med nuvarande urinproduktion i fastigheten skulle det vara möjligt att samla upp ca 27 m<sup>3</sup> urinblandning per år. Motsvarande siffra, om fastigheten skulle vara fullt utlyrd och bebodd, är knappt 40 m<sup>3</sup> per år. Detta betyder att tanken, som rymmer 10 m<sup>3</sup>, skulle behövas tömmas tre gånger på år med nuvarande belastning. I dessa siffror har det inte tagits någon hänsyn till eventuellt ökad hemvaro under storhelger och andra ledigheter.

### ***Kemisk sammansättning på urinblandningen***

Tre parallella prov för kemisk analys togs av den i tanken uppsamlade urinblandningen i slutet av varje period. Resultaten från den kemiska analysen redovisas i tabell 7. Det har i stort sett genomgående detekterats högre värden i det tredje provet.



Tabell 7. *Kemisk sammansättning på urinblandningen från Miljöhuset*

Parameter	Enhet	Prov 1	Prov 2	Prov 3	Medel
pH		8,8	8,7	8,9	8,8
TS	% av lösning	0,68	0,68	0,69	0,68
Glödningsrest	% av TS	76	76	74	75
Tot-N	g/l	2,8	2,8	2,8	2,8
NH <sub>4</sub> -N	g/l	2,7	2,7	2,7	2,7
P-tot	mg/l	220	220	230	223
K-tot	mg/l	720	670	660	683
Mg	mg/l	13	11	19	14
Fe	mg/l	0,12	0,11	0,16	0,13
Pb <sup>a</sup>	mg/l	<0,019	<0,019	0,024	<0,021
Cd <sup>a</sup>	mg/l	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007
Cu	mg/l	4,9	4,6	5,7	5,1
Cr <sup>a</sup>	mg/l	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Hg	µg/l	0,38	0,34	0,43	0,38
Ni	mg/l	0,032	0,032	0,033	0,032

<sup>a</sup> < innebär att ämnet inte detekterades, detektionsgränsen ges därför.

### **Hemvaro**

Det var bara 10% av de boende som gav rimliga svar på hemvaroenkäterna. Vissa hyresgäster angav att de endast varit hemma en timme eller mindre under hela mätperioden som varade i åtta dygn. Av de hemvaroenkäter som inkom med rimliga värden kan hemvaron för de boende skattas till i medeltal 16 timmar per dygn vilket motsvarar 67% av tiden. Eftersom det var så få av de boende som svarade på hemvaroenkäterna anses dessa siffror vara mycket osäkra. Värdena har kompletterats med telefonsamtal och personliga samtal med de boende. Värdena förefaller rimliga vid jämförelse med andra undersökningar som gjorts, bl.a. har Jönsson, m.fl. (1998) genomfört en hemvarostudie i hyresområdet Palsternackan och de erhöll en hemvaro på 15,9 timmar per dygn. I samma arbete gjordes en hemvarostudie i ekobyn Understenshöjden där de boende i genomsnitt tillbringade 13,9 timmar per dygn i hemmet. I en annan studie undersöktes hemvaron i hyreshuset Hushagen i Borlänge med resultatet 16,5 timmar (Vinnerås, 1998). Värdena från Miljöhuset stämmer väl med de från Palsternackan och Hushagen som är till karaktären liknande områden men är något högre än hemvaron i ekobyn. P.g.a. den bristfälliga informationen från inkomna enkäter om antalet boende i Miljöhuset under mätningen behövdes antalet beräknas på annat sätt. Antalet boende under mätningen beräknades utifrån uppgifter om totalt antal boende vid fullt hus, d.v.s. om samtliga lägenheter var bebodda och med antagandet att bostadsytan var jämt fördelad mellan samtliga hyresgäster, både nu och om samtliga lägenheter var uthyrda, se tabell 8. Enligt Hanæus och Johansson (1996) skulle antalet hyresgäster, om samtliga lägenheter var bebodda, motsvara 90 pers. Det beräknade antalet boende, 62 personer, stämmer överens med det antal boende som skattades från inkomna funktionsenkäter.

Tabell 8. Beräknat antal boende i fastigheten under mätperioden utifrån uppgifter om total och uthyrd boyta samt antal boende om samtliga lägenheter var uthyrda

	Hela fastigheten uthyrd	Nuvarande uthyrninggrad
Bebodd yta	2662,5	1834,2
Antal boende	90	62

## Diskussion

### *Kemisk sammansättning på urinblandningen*

Den uppsamlade urinblandningen hade en N/P-kvot av drygt 12 vilket ligger relativt nära den kvot på 11 som beräknats från Naturvårdsverkets schablonvärden (NV, 1995). Detta tyder på att det inte fanns några signifikanta förluster av varken kväve eller fosfor, vilket var en risk då det uppsamlingskärl som användes i uppsamlingsstudien kunde ha bundit en del av fosfor.

Eftersom det var samma modell av toalett i Miljöhuset som i ekobyen Understenshöjden och hyresområdet Palsternackan (Jönsson, m.fl., 1998) kommer data därifrån att användas i jämförelsen. Dessutom har resultat från mätningar i Hushagen (Vinnerås, 1998) använts som jämförelse. Toaletterna i Hushagen var från Wost Man Ecology, modell DS, och var utrustade med vattenlås av plast till skillnad från de övriga tre områdena som hade vattenlås av koppar. Den kemiska sammansättningen på urinblandningen har dessutom jämförts med Naturvårdsverkets schablonvärden (NV, 1995) för ämnen som utsöndrats med urinen.

Tabell 9. Uppsamlade mängder av vissa ämnen per boende och dygn i Miljöhuset jämfört med Naturvårdsverkets schablon (NV, 1995) och mätvärden från Understenshöjden, Palsternackan (Jönsson, m.fl., 1998) och Hushagen (Vinnerås, 1998)

Parameter	Enhet	Schablon Naturvårds- verket	Miljöhuset	Understens- höjden	Palster- nackan	Hushagen
PH			8,8	9,1	9,2	9,0
TS	g/pd	60	8,2	10,9	11,1	11,2
Tot-N	g/pd	11	3,4	4,9	4,2	5,3 <sup>b</sup>
P-tot	g/pd	1	0,27	0,42	0,40	0,32
K-tot	g/pd	2,5	0,82	1,34	1,14	1,10
Mg	mg/pd	0,12 <sup>a</sup>	17,3	14,9	8,86	-
Fe	mg/pd	0,1 <sup>a</sup>	0,16	0,52	0,51	-
Pb	mg/pd	0,002	<0,025	<0,014	<0,036	<0,025
Cd	mg/pd	0,001	<0,0008	<0,0014	<0,0016	<0,0017
Cu	mg/pd	0,1	6,1	3,3	3,9	<0,54
Cr	mg/pd	0,01	<0,0088	0,026	0,025	<0,013
Hg	mg/pd	0,003	0,0005	0,0006	<0,0005	<0,00066
Ni	mg/pd	0,007	0,039	0,082	<0,03	<0,014

<sup>a</sup> Geigy Scientific Tables, 1981.

<sup>b</sup> Fosforförlust skedde under uppsamlingen.

Skillnaden mellan de fyra områdena visar tydligt att den bästa uppsamlingsgraden återfanns i Understenshöjden som var en ekoby, vilket de övriga tre inte var. Detta tyder på att motivation och förståelse är mycket viktigt för att få en god utsortering. En bidragande orsak till den låga utsorteringen i Miljöhuset är troligen missnöjet med funktionen hos den urinsorterande toaletten Dubbletten samt avsaknaden av omhändertagande för senare spridning av den uppsamlade urinblandningen. Dessutom var det, enligt enkätsvaren, drygt hälften av de boende i Miljöhuset som angav att en del urin hamnar i fel skål.

Av tabell 9 framgår att pH i urinblandningen från Miljöhuset var något lägre än från Understenshöjden, Palsternackan och Hushagen. Detta berodde troligen på att urinblandningen var mer utspädd jämfört med de övriga mätningarna. Uppsamlad mängd torrs substans var mycket under, endast 20%, av den förväntade. En anledning till detta var att det i Naturvårdsverkets siffror har antagits att allt kväve föreligger i form av urea, vilken ingår i torrs substansen. I den lagrade urinen har nästan all urea omvandlats till ammonium och koldioxid vilket framgår av tabell 7. Mängden uppsamlad kväve i Miljöhuset motsvarar 7,3 gram urea per boende och dygn. Genom denna korrektion fördubblades nästan mängden torrs substans. Trots detta är värdet lågt jämfört med siffrorna i NV (1995), men stämmer bra med uppsamlade mängder i Understenshöjden, Palsternackan och Hushagen.

Mängden magnesium i den uppsamlade urinblandningen var mycket större än det förväntade värdet, vilket dock är beräknat utifrån ren urin. Urinblandningen från samtliga områden innehåller spolvatten, som innehåller stora mängder magnesium beroende på vattnets hårdhet. Skillnaden i hårdhet på renvatten (SCB, 1996) förklarar en del av skillnaden i uppsamlad mängd magnesium mellan de tre områdena, Miljöhuset,

Understenshöjden och Palsternackan, se tabell 9. Vattnet i Hallsberg har hårdhet 6,4 Hd° (Åström, pers. medd.) medan det i Stockholm har hårdhet 5,1 Hd° (Norsberg, pers. medd.).

Innehållet av tungmetaller i urinblandningen från Miljöhuset var efter omräkning för hemvaro högre än Naturvårdsverkets schablonvärden (NV, 1995), för samtliga analyserade ämnen förutom för kvicksilver för vilket endast ca en femtedel återfanns. En orsak kan vara att det är stor skillnad mellan de boende i Miljöhuset och Naturvårdsverkets (1995) genomsnittsperson gällande antalet amalgamlagningar eller så är schablonen satt för högt.

Innehållet av kadmium i den uppsamlade urinblandningen från Miljöhuset kan förefalla något högre än schablonvärdet. Det uppmätta värdet är dock osäkert då kadmiuminnehållet i samtliga prov låg under detektionsgränsen för analysmetoden. Detsamma gäller för krom, där samtliga värden var under detektionsgränsen. För bly låg ett av proven över detektionsgränsen medan övriga låg under. I samma prov detekterades genomgående högre värden av tungmetaller än i de två övriga proven. Detta beror troligen på att innehållet av sediment var högre i det provet. Halterna av järn, nickel och koppar låg klart över Naturvårdsverkets värden (NV, 1995) för ämnen som utsöndrats med urinen. För järn var halten, efter omräkning för hemvaro, drygt den dubbla men för nickel och framförallt koppar låg värdena betydligt över, ca 80 gånger respektive ca 900 gånger över Naturvårdsverkets schablonvärden (NV, 1995) för motsvarande ämnen. De förhöjda halterna av tungmetaller berodde troligen på vattenlåsen, som var av koppar, och på ledningssystemet, som var tillverkat i rostfritt stål. I Hushagen, vars toaletter är utrustade med plastvattenlås, är uppsamlad mängd koppar betydligt mindre än i de övriga tre områdena (tabell 9). Detta tyder på att det största bidraget av koppar till urinblandningen kommer från toaletternas vattenlås.

### *Den uppsamlade urinblandningens växtnäringsvärde*

Humanurin är ett "rent gödselmedel" vad gäller tungmetaller relativt näringsinnehåll. Enligt Johansson m.fl. (1998) gäller vid återförandet av restprodukter till jordbruksmark regelverket för användning av slam i jordbruket, SNFS 1994:2 m.fl. regler. Dessa regler har ofta även nyttjats vid bedömning av humanurin. I dessa regler anges bl.a. gränsvärden för tungmetaller relativt torrsubstansen. Detta gör att urin som har ett mycket lågt innehåll av torrsubstans nedvärderas som gödselmedel fast innehållet av tungmetaller är mycket lågt i förhållande till innehållet av näringsämnen kväve, fosfor och kalium. I tabell 10 redovisas innehållet av vissa tungmetaller per kg torrsubstans i uppsamlad urin från Miljöhuset, dess relativa innehåll i procent av gränsvärdet samt Naturvårdsverkets gränsvärde för spridning av slam på åkermark.

Tabell 10. *Innehåll av vissa tungmetaller i uppsamlad urinblandning från Miljöhuset, gränsvärden (SFS 1985:840) för spridning av slam samt urinblandningens relativa innehåll i % av gränsvärdet*

Tungmetall	Urin från Miljöhuset Mg/kg TS	Andel av gränsvärde %	Gränsvärde för spridning av slam mg/kg TS
Pb	<3,0	<3	100
Cd	<0,1	<5	2
Cu	695	116	600
Cr	<1,1	<1	100
Hg	0,056	2	2,5
Ni	4,7	9	50

För samtliga ämnen, utom för koppar, var halten i urinen från Miljöhuset som mest 9% av de halter som tillåts vid spridning av slam på åkermark. Kopparhalten, 695 mg/kg TS, var högre, 116%, än vad som är tillåtet enligt gränsvärdet. Att kopparhalten var så hög beror främst på att de urinsorterande toaletternas vattenlås var tillverkat i koppar samt att fastighetsskötarna använder en motordriven rensvajer vid rensning av stopp i urinvattenlåsen. Denna rensmetod är mycket effektiv när det gäller att få bort stoppet men tydligen är den även bra på att riva loss koppar från själva röret. Om urinen från Miljöhuset skall kunna användas i odlingssammanhang bör en bättre rensmetod tas fram. Helst bör även kopparvattenlåsen bytas mot plastvattenlås, vilket har gjorts på de nyare modellerna av Dubbletten.

Om man istället ser till hur mycket tungmetaller som kommer att tillföras åkermarken vid spridning av urinblandningen från Miljöhuset blir resultatet ett annat. I SNFS 1994:2 anges tillåten tillförsel av bl.a. näringsämnen och tungmetaller till åkermark när avloppsslam används i jordbruket. I tabell 11 redovisas dessa gränsvärden tillsammans med den tillförsel som erhålls med en giva av uppsamlad urinblandning från Miljöhuset. För uppsamlad urinblandning är det tillförseln av ammoniumkväve som är den begränsande faktorn. Tillförseln av tungmetaller via urinen kommer att vara mycket under de från år 2000 tillåtna värdena. Det är endast för koppar som tillförseln kommer i närheten av gränsvärdena för år 2000, 88 % av tillåten giva.

Tabell 11. Tillåten tillförsel till åkermark, fosforklass III-V, av kväve, fosfor och vissa tungmetaller enligt SNFS 1994:2 samt maximalt tillåten tillförsel av uppsamlad urinblandning från Miljöhuset

Ämne	Enhet	Urin från Miljöhuset	Gränsvärde 2000	Andel av gränsvärde 2000 %
Urinblandning	kg/ha	55 556		
NH <sub>4</sub> -N	kg/ha	150	150	100
P	kg/ha	12	22	56
Pb	g/ha	<1,1	25	<5
Cd	g/ha	<0,04	0,75	<5
Cu <sup>a</sup>	g/ha	264	300 <sup>a</sup>	88
Cr	g/ha	<0,41	40	<1
Hg	g/ha	0,02	1,5	1
Ni	g/ha	1,8	25	7

<sup>a</sup> För koppar kan större mängder godtas om det kan visas att den aktuella åkermarken där avloppsslam skall spridas behöver koppartillskott.

Vid en jämförelse mellan tabell 10 och tabell 11 framgår det att en bedömning på TS-bas slår mycket hårt mot urin jämfört med när mängden tungmetaller sätts i relation till mängden näringsämnen. Trots detta är det min åsikt att kopparinnehållet är för högt. Humanurin är ett "rent gödselmedel" vad gäller tungmetaller och system för att samla upp urinen bör vara utformade och underhållas på så sätt att den slutliga produktens kvalitet främjas.

## ENKÄTSTUDIE

### Resultat

#### Enkäten

Syftet med denna studie var att undersöka brukarnas åsikter och eventuella för- och nackdelar med systemet.

Enkätstudien omfattade 84 hushåll varav endast 73 visade sig vara bebodda. Av dessa 73 hushåll svarade 61 st (84%) på enkäten. Knappt hälften, 40 st, av enkäterna skickades till Miljöhuset resterande skickades till de 44 hushållen i Understenshöjden. Under enkätstudien var sex lägenheter i Miljöhuset inte uthyrda, i minst en flyttade hyresgästen och i fyra lägenheter, som var uthyrda och möblerade, var det troligtvis inte någon hemma under hela perioden. Detta antagande gjordes eftersom den först utskickade enkäten samt stora mängder reklam fortfarande låg innanför dörren i en hög vid utlandet av den sista skriftliga påminnelsen. Dessa totalt elva lägenheter kommer att utgå ur resultatet nedan. Övriga 29 lägenheter var bebodda och hade möjlighet att besvara enkäten. Av dessa

svarade 26 st (90 %). Antalet frågor som besvarades fullt ut varierade kraftigt mellan de inkomna svaren.

Till Understenshöjden sändes 44 enkäter varav 35 st (80%) besvarades. Samtliga hushåll var bebodda men ett par var tillfälligtvis tomma. Inga påminnelser skickades till de boende p.g.a. deras sedan tidigare stora bidrag till forskningen runt urinsorterande toalettssystem.

Nedan kommer enkäten att gås igenom fråga för fråga.

*Fråga 1. Hur många bor Ni i bostaden? Vuxna och tonåringar? Barn (t.o.m. 12 år)?*

Denna fråga besvarades av samtliga som inkom med svar. Andelen vuxna och tonåringar var 84% i Miljöhuset och 65% i Understenshöjden, resterande räknades till barn. Fördelningen mellan barn (t.o.m. 12 år) och vuxna samt tonåringar i Sverige var under 1998, 16,3% barn och 83,7% vuxna (SCB, 1998).

*Fråga 2. Hur länge har Ni bott i bostaden?*

Besvarades av samtliga som inkom med svar. Det var stor variation i hur länge respektive hyresgäst hade bott i Miljöhuset. Av de boende 38% hade bott där sedan renoveringen då de urinsorterande toaletterna installerades för knappt fyra år sedan. I 13% av fallen hade nuvarande hyresgäst/gäster bott i lägenheten i mindre än tre månader. Den genomsnittliga boendetiden sedan renoveringen var ett år och tio månader.

I Understenshöjden hade 97% av de som svarade på frågan bott i området sedan nybyggnationen. Övriga 3% (ett hushåll) hade bott där i ca ett år.

*Fråga 3. Hur många toaletter har Ni i bostaden?*

Denna fråga ställdes endast till de boende i Understenshöjden eftersom det där fanns antingen en eller två toaletter per hushåll. Resultatet från denna fråga används senare för beräkning av toalettanvändning. I Miljöhuset fanns det endast en toalett per hushåll.

*Fråga 4. Ungefär hur många gånger per dag använder Ni toaletten hemma (sammanlagt för alla i hushållet)?*

Även denna fråga besvarades av alla som inkom med svar. I genomsnitt gick de boende i Miljöhuset på toaletten knappt 5 gånger per dag. Det fanns ingen skillnad på antalet gånger som de boende använde toaletten i det egna hemmet mellan de olika lägenhetstyperna (ettor, treor samt fyror) eller om det var en barnfamilj eller ej. Dock var variationen i antalet toalettbesök stor mellan de inkomna svaren, från drygt 2 besök per person och dygn upp till 13 st.

I Understenshöjden gick de boende i genomsnitt på toaletten 4,4 gånger per dag. Skillnaden mellan hushåll med och utan barn var liten, i en barnfamilj gick varje person på toaletten

mellan tre och fem gånger per dygn medan en familj utan barn gick på toaletten fyra till sex gånger per person och dygn.

*Fråga 5. Vilken/vilka motiv anser Ni att det finns för att införa urinsorterande toaletter?*

- Att ta tillvara och återvinna växtnäring.
- Att spara vatten.
- Att minska avloppsvattnets övergödande egenskaper.
- Vet ej.
- Annat.

Av de boende i Miljöhuset som inkom med svar ansåg 54% att tillvarata och återvinna växtnäring var ett motiv för att införa urinsorterande avloppssystem, medan 46% angav att spara vatten var ett gott motiv och 63% att det var viktigt att minska avloppsvattnets övergödande egenskaper. Av de boende i fastigheten angav 13% inget motiv för att införa urinsorterande toaletter. Ingen av de hyresgäster som inkom med svar hade gett några egna förslag på motiv.

I Understenshöjden ansåg 94% att det var viktigt att tillvarata och återvinna växtnäring, 79% angav att spara vatten var ett motiv och 76% att minska avloppsvattnets övergödande egenskaper var ett annat motiv för att införa urinsorterande toalettsystem. De övriga anledningar som gavs var att det känns rätt (6%) samt "att det är viktigt att vinna praktiska erfarenheter ur detta eftersom det är ett sorts försök" (3%).

Frågorna 6 till och med 10 skulle besvaras på en skala från 1 till 6, där 1 betydde att urinsorterande toaletter är mycket sämre än konventionella och 6 att de är mycket bättre. Finns det ingen skillnad mellan urinsorterande och konventionella toaletter bör medelvärdet hamna på 3,5.

Fråga 6 besvarades på en skala från 1 till 6, där 1 betydde mycket svårare och 6 mycket lättare.

*Fråga 6. Hur är det att rengöra er/era urinsorterande toaletter jämfört med konventionella toaletter?*

Rengöring av de urinsorterande toaletterna verkar inte skilja sig mycket från vanliga toaletter. De boende i Miljöhuset svarade i genomsnitt, med 95% konfidensnivå, med  $3,0 \pm 0,64$ , vilket betyder att man inte säkert kan skilja på hur de boende bedömde svårigheten i rengöring mellan urinsorterande och konventionella toaletter inom uppsatt konfidensintervall. Flertalet hyresgäster ansåg att man var tvungen att rengöra den urinsorterande toaletten oftare, beroende på att varken den lilla eller stora spolningen klarade av att skölja hela skålen, främst skiljeväggen. Däremot ansåg de boende i Understenshöjden att rengöringen av toaletterna var ett bekymmer, med ett genomsnittsvärde på  $2,15 \pm 0,4$  vilket var signifikant skilt från 3,5. De främsta orsakerna var lukt och avlagringar.



Fråga 7 besvarades på en skala från 1 till 6, där 1 betydde mycket mer och 6 mycket mindre.

*Fråga 7. Jämfört med en konventionell toalett, hur mycket anser Ni att er urinsorterande toalett luktar?*

De boende i Miljöhuset svarade med ett medelvärde på  $2,8 \pm 0,6$ . Av medelvärdet och konfidensintervallet kan man med 95% säkerhet säga att de boende anser att urinsorterande toaletter luktar mer än konventionella. Marginalerna är dock små, 95% konfidensintervallet sträcker sig mellan 2,2 och 3,4. I Understenshöjden var de boende betydligt mer överens om att de urinsorterande toaletterna luktar mer än konventionella. Detta visade sig via ett genomsnittsvärde på  $2,18 \pm 0,34$  vilket är klart under "noll alternativet" 3,5. Vid personliga kontakter med flertalet hyresgäster, från både Miljöhuset och Understenshöjden, visade det sig att det vid enstaka tillfällen hade varit stora problem med lukt, ofta beroende på icke täta anslutningar och läckage. Detta syntes även vid bytet av vattenlåsen i Understenshöjden där det hade förekommit någon sorts läckage i så gott som samtliga anslutningar mellan vattenlås och vägg.

Fråga 8 besvarades på en skala från 1 till 6, där 1 betydde att ingen har och 6 att alla har urinsorterande toaletter.

*Fråga 8. Hur utbrett tror Ni att urinsortering kommer att vara inom 20 år?*

Den genomsnittliga hyresgästen trodde inte att urinsortering kommer vara vanligare i framtiden än vad det är idag vilket visas av medelvärde på  $3,3 \pm 0,5$  samt  $3,5 \pm 0,4$  för Miljöhuset respektive Understenshöjden. De flesta ansåg att systemet behövde förbättras betydligt, framförallt gällande spolning och uppkomsten av avlagringar i vattenlåset. Toaletten i båda områdena är en tidig variant av Dubbletten så vissa förbättringar rörande t.ex. spolfunktionen har redan genomförts. Trots att de boende i Understenshöjden själva hade valt att installera urinsorterande toaletter var de inte mer positiva till urinsorteringens framtid än de boende i Miljöhuset, som är ett vanligt hyreshus.

Fråga 9 besvarades på en skala från 1 till 6, där 1 betydde inte alls viktigt och 6 mycket viktigt.

*Fråga 9. Känns det viktigt att använda urinsorterande toaletter i hemmet?*

På denna fråga svarade de boende i Miljöhuset, i genomsnitt, med  $3,0 \pm 0,7$ . Det går inte att påstå att de boende tycker att det känns bättre eller sämre att ha en urinsorterande toalett än en konventionell. I Understenshöjden ansåg de boende att det känns viktigt att använda urinsorterande toaletter, de svarade  $4,8 \pm 0,5$ .

Fråga 10 besvarades på en skala från 1 till 6, där 1 betydde mycket dåligt och 6 mycket bra.

*Fråga 10. Hur tycker Ni att urinspolningen fungerar i er toalett/toaletter?*

De boende på Miljöhuset har/har haft stora problem med spolfunktionen vilket visade sig i det låga medelvärdet på  $2,1 \pm 0,57$ . Även i Understenshöjden är/har det varit stora problem med urinspolningen. Motsvarande värden för Understenshöjden var  $2,0 \pm 0,45$ . Detta gör att man klart kan säga att urinspolningen är en orsak till att toalettmodellen/systemet ses som besvärande och ofullgånget av de boende.

*Fråga 11. Om Ni tycker att urinspolningen fungerar dåligt, vad beror det på?*

- Spolar inte rent, ger avlagringar
- Urinspolningen stänker på golvet
- Knappen trög
- Knappen svåråtkomlig
- Knappen för liten
- Annan orsak.

Det var 92% av de som inkom med svar från Miljöhuset som svarade på denna fråga. Av de som svarade på denna fråga ansåg 82% att urinspolningen inte sköljde rent samt att den gav avlagringar, 9% tyckte att knappen var för trög, 16% ansåg att spolknappen var för liten samt svåråtkomlig. Dessutom angav 18% en egen anledning till att de var missnöjda med spolfunktionen. Dessa anledningar rörde bl.a. att spolvattnet rinner undan för sakta, att det kom för lite vatten, att det luktar illa trots noggrann spolning eller att knappen är dåligt utmärkt. Trots att flera toalettlock har spruckit var det endast en av de boende som ansåg att urinspolningen stänkte på golvet och/eller träsisen. En förklaring till detta kan vara att toaletten är placerad intill duschtrymmet varifrån fukt kan ha kommit.

Av svaren från Understenshöjden framgick det att 91% av de som svarade på frågan är missnöjda med någon funktion hos urinspolningen. Av dessa ansåg 76% att urinspolningen inte sköljer rent. Lika många ansåg att knappen är för trög, 47% ansåg att urinspolningen stänker på golvet, 53% att knappen är svåråtkomlig men endast 12% ansåg att knappen var för liten. 29% hade andra problem med spolfunktionen. Av dessa hade 20% stopp i vattenlåset, 30% ansåg att spolfunktionen inte sköljde hela skålen, 30% hade inget vatten i spolfunktionen samt 20% ansåg att det var oklart hur man skulle spola framförallt gällde detta barn och gäster.

*Fråga 12. Har Ni löst urinspolningen på något annat sätt, i så fall hur?*

I Miljöhuset hade 38% av de som inkom med svar löst spolproblematiken på annat sätt. Av dessa hade 33% slutat använda främre skålen, 44% hjälpte regelbundet till med handduschen och 22% tvättar rent urinskålen minst en gång per vecka samt rengör vattenlåset regelbundet med toalettborste. I Understenshöjden hade 44% slutat använda den ordinarie spolfunktionen. De flesta, 75%, använde en mugg med vatten istället och de övriga nyttjade handduschen med jämna mellanrum för att skölja rent i urinskålen. Det var ingen från Understenshöjden som angav att de hade slutat använda den främre skålen.

*Fråga 13. Hamnar all urin i rätt fack? Om nej, hur mycket uppskattar Ni kommer fel i %?*

Knappt hälften (42%) av de boende i Miljöhuset som inkom med svar ansåg att all urin hamnade i rätt skål, d.v.s. en sorteringsgrad på 100%. Övriga hyresgäster var medvetna om att en del av urinen inte hamnade i rätt fack. Av dessa var det hälften som vågade skatta hur mycket av urinen som hamnade fel. Två antog en genomsnittlig sorteringsgrad av 50%. Den främsta orsaken till detta var, enligt dem, kombinerade behov hos kvinnor. De övriga som svarade angav en felsorteringsgrad av 5 till 20%. I Understenshöjden svarade samtliga på denna fråga. Den genomsnittliga sorteringsgraden skattades av de boende till 89%. Det bör påpekas att dessa värden endast är skattningar från de boende, inga mätningar har gjorts.

*Fråga 14. Använder Ni den stora spolningen ofta, förutom vid stora behov? Varför/varför inte?*

Hela 83% av de som inkom med svar från Miljöhuset använde den stora spolningen oftare än vid stort behov. Den främsta orsaken till detta var att spola ned torkpapper vilket skedde i 85% av fallen. I de resterande 15% nyttjades den stora spolningen p.g.a. att det hade kommit urin i den bakre skålen. I Understenshöjden var det endast 44% som nyttjade den stora spolningen oftare. Den vanligaste orsaken, 63%, var att spola ned torkpapper från urineringsring. De övriga 37% nyttjade spolningen oftare för att urin delvis hade hamnat i fel skål.

*Fråga 15. Hur hanterar Ni eventuella torkpapper från urineringsringar?*

Samtliga (77%) som svarade på denna fråga från Miljöhuset nyttjade den stora spolningen för att bli av med torkpapper utan att genomfört stort behov. Av dessa var det 10% som sparade torkpapper från 3-4 små behov innan den stora spolningen användes. Det var ingen som uppgav att de kastade papperet i sophink trots att de flesta hade en intill toalettstolen. I Understenshöjden var det däremot 26% som kastade sina torkpapper från urineringsring i en sophink för senare kompostering. De flesta, 59%, nyttjade dock den bakre skålen som spolades vid behov eller efter stort behov.

*Fråga 16. Har Ni någon gång haft stopp i toalettens urinsortering vattenlås? Om ja, hur många gånger har detta skett under den tid Ni bott i bostaden?*

Av de från Miljöhuset som inkom med svar hade 71% haft problem med dåligt flöde eller stopp i vattenlåset. Av dessa hade 70% haft mer än ett stopp. Samtliga, utom två, hyresgäster som bott i fastigheten längre än ca 6 månader hade haft problem med flödet genom vattenlåset någon/några gånger. Den ena av de som inte hade haft några problem nyttjade duschen för att spola samt monterade ned vattenlåset och spolade rent det regelbundet. Den andre använde inte den främre skålen. För den andre hyresgästen uppstod istället problem med bl.a. lukt för att vattenlåset helt enkelt torkade ur. Att de hyresgäster som hade bott i fastigheten i mindre än 6 månader ännu inte haft några problem beror troligtvis på att fastighetsskötarna åtgärdar eventuella problem i samband med in- respektive utflyttning. Samtliga som svarade på enkäten från Understenshöjden hade haft

stopp i vattenlåset minst en gång. Mer än 88% av de boende hade haft mer än ett stopp i toalettens urinvattenlås.

*Fråga 17. Om Ni har haft stopp, när skedde senaste rensning?*

Hos de, i Miljöhuset som hade haft stopp skedde senaste rensning någon gång mellan november 1998 och mars 1999, då enkätstudien genomfördes i Miljöhuset. I samtliga fall där rensning skedde under hösten -98 hade flödet genom vattenlåset försämrats betydligt, från 15 liter per minut eller bättre ner till mellan 3 och 7 liter per minut. I Understenshöjden varierade tidpunkten sedan senaste rensning kraftigt.

*Fråga 18. Hur åtgärdar Ni problemen med stoppen i vattenlåset?*

Av de som skickade in enkäten från Miljöhuset svarade 67% på denna fråga. Av inkomna svar hade 88% kontaktat fastighetsskötaren. Övriga 12% hade åtgärdat stoppet på egen hand genom att antingen montera ned vattenlåset eller använda rensvajer och propplösare. I Understenshöjden får de boende själva rensa de stopp som uppkommer. Den vanligaste metoden var rensvajer vilket 79% hade använt sig av. Det var 21% som hade använt handduschen för att spola rent i vattenlåset, 10% som hade nyttjade hushållskemikalier som ättik- eller citronsyra och 5% som hade monterat loss hela vattenlåset och rensat det.

*Fråga 19 och 20. Om Ni har haft återkommande stopp, har det blivit lättare eller svårare att åtgärda dessa? Har "stoppen" i vattenlåset ändrat karaktär?*

Det var endast en hyresgäst i Miljöhuset av de som själva åtgärdade eventuella stopp som hade haft återkommande problem. Enligt deras åsikt hade inte stoppen ändrat karaktär, d.v.s. de var lika lätta/svåra att lösa som tidigare. Samtliga hyresgäster som lät fastighetsskötaren åtgärda problemet hade inte upplevt att stoppen ändrat karaktär. Hälften av de som svarade på enkäten i Understenshöjden ansåg inte att stoppen hade ändrat karaktär. Av de övriga ansåg lika många att stoppen blivit svårare som lättare.

*Fråga 21. Vad tror Ni att förändringen beror på?*

Ingen av de tillfrågade från Miljöhuset svarade/kunde svara på denna fråga. Från Understenshöjden svarade 35% på denna fråga. De svar som angavs var; lättare rengöring p.g.a. att den sker regelbundet, svårare genom att stoppen verkar flytta sig längre in i lednings systemet samt att det inte går att få röret helt rent utan man efterlämnar ytor där det lätt byggs upp nya avlagringar.

*Fråga 22. Är toalettstolen bra utformad, är det t.ex. några kroppsdelar som oavsiktligt tar i någonstans ibland?*

Av de boende i Miljöhuset som skickade in var det 80% som svarade på denna fråga. Flera (38%) av de som inkom med svar på denna fråga ansåg att toalettstolen var för hög och att benen domnade om man satt för länge. Några av de manliga hyresgästerna tyckte att utformningen var dålig. De var tvungna att sitta ned om sorteringen skulle fungera bra och om de satt hände det att pung och penis tog i den kalla skiljeväggen. Det förekom både

positiva och negativa synpunkter om träsitsen. De positiva handlade uteslutande om utseendet, d.v.s. sitsen var vacker att se på. De negativa tog upp funktionen t.ex. ansåg några att sitsen hade för smal sittöppning andra tyckte att det var svårt att sitta rätt då man gjorde kombinerade behov. Antingen hamnade fekalerna på skiljeväggen eller urinen i den bakre skålen. En enda hyresgäst ansåg att hela konstruktionen var bra.

Från Understenshöjden svarade samtliga på denna fråga. Det var 12% av de boende som åter påpekade att urinspolningen inte fungerade tillfredsställande, 50% hade problem med att pung och penis ofta slog i mellanväggen. Det förekom även att kvinnor hade problem med skiljeväggen, då handen slog i vid torkning. 24% av de boende hade problem med att fekalier hamnade på skiljeväggen och ytterligare 9% hade problem med att barn ofta bajsade i fel skål. Det stänkte urin p.g.a. att urinskålen var för grund enligt 15% av de som svarade på enkäten. Det vanligaste bekymret rörde locket. Hela 62% hade så dålig passform på locket att det sprack eller att gångjärnen gick av. Vid flödesmätningarna noterades även att många lock slog i spolknappen när de öppnades.

*Fråga 23. Har Ni något ytterligare att tillägga när det gäller urinsorterande toaletter?*

Urinsorterande avloppssystem har både för- och nackdelar, speciellt när det rör sig om tidiga modeller i en utvecklingsserie. De boende var nöjda med utseendet på toalettstolen bl.a. att den hade träsits och var vägghängd.

Många av de boende kunde se fördelarna med urinsorterande system, men en förutsättning är att systemet utvecklas och förbättras framförallt utifrån brukarens sida. En hyresgäst ansåg även att det "borde bli lag på vid nybyggnationer + renoveringar för att ta tillvara på näringen och därmed minska konstgödningen".

Det var ingen av de boende som reflekterade på systemet efter den egna toaletten d.v.s. ledningssystemet samt tank. Fastighetsskötarna var dock oroliga för att även ledningarna efter urinvattenlåset skulle sätta igen.

## **Diskussion**

### *Enkäten*

Den generella åsikten hos de boende på Miljöhuset om urinsorterande toaletter var att de inte fungerar bra. Den främsta orsaken till detta var troligen problem med spolfunktion samt stoppen i vattenlåsen. Samtliga lägenheter hade haft stopp sedan systemet installerades. För vissa hyresgäster uppkom problem redan första dagen. Detta har gjort att de boende har dåligt överseende med det mesta som rör toaletterna, t.ex. har flera hyresgäster endast motvilligt svarat på enkäterna, ett fåtal har helt vägrat. Av de som har svarat var det endast några få som nyttjat chansen att uttrycka problemen med egna ord, d.v.s. de flesta svarade endast på de frågor som hade fördefinierade svarsalternativ. Det låga medeltalet på frågorna sex till och med tio, framförallt de rörande lukt och urinspolningen, visar att de boende är missnöjda med systemet. Flera av hyresgästerna kan

se fördelarna med att sluta kretsloppet men att det måste ske med hänsyn även till brukarna, de som använder toaletterna.

Åsikterna från Understenshöjden är i stora drag samma som från Miljöhuset. Den största skillnaden är att de boende i Understenshöjden verkar ha en större förståelse för systemet samt fler idéer och kommentarer om systemet och dess brister.

Att det finns brister i toaletternas design och funktion är dock inte konstigt. Tekniken är relativt ny. Den introducerades första gången runt 1990, och först efter flera års drift uppdagades problemen. Det har skett en viss produktutveckling av Dubbletten sedan de första modellerna, dock har det inte skett något övergripande byte eller uppgradering av de toaletter som installerades på Miljöhuset eller Understenshöjden, vilka fortfarande har mycket dåligt spolfunktion, ett relativt stort vattenlås av koppar samt ett tungt och fuktkänsligt trälock.

Av det totala antalet lägenheter vid Miljöhuset stod 45% tomma eller hade nyligen, inom sex månader, blivit uthyrda. Detta gjorde det svårt att från alla få riktiga och beskrivande svar gällande hela driftstiden. Eftersom den genomsnittliga boendetiden var knappt två år borde dock de inkomna svaren ge en rättvis bild av det urinsorterande avloppssystemet.

### *Fastighetsskötarens åsikter*

Miljöhuset sköts i stort sett helt av två fastighetsskötare. De har skött fastighetens löpande underhåll sedan reoveringen 1995-1996, då de urinsorterande toaletterna monterades in. Enligt fastighetsskötarna förekommer det stora problem med systemet. Det största problemet är att vattenlåsen ofta behöver rensas, minst ett vattenlås per vecka åtgärdas. De metoder som används, rensvajer på bormaskin eller starka kemikalier (koncentrerad fosforsyra), är dock inte långsiktigt hållbara. Rensvajern nöter på sikt ut kopparrören och skulle endast fungera några enstaka gånger i ett plaströr. Vid rensning med kemikalier byttes det dåliga vattenlåset ut mot ett rent, det gamla lades i en kemikalielösning vilken löste stoppen men även kopparn och kromet på rörets utsida. Kemikaliemetoden innebar även en försämrad arbetsmiljö för fastighetsskötarna. Andra problem som uppkommit är att infästningen av toalettsitsarna ofta lossnar och kan då skava bort emaljen och skada själva toalettstolen. Det har även varit stora problem med att få systemet tätt, speciellt infästningen av vattenlåsen. I de fall läckage har skett vid vattenlåsets infästning i väggen har urin runnit ner och ansamlats i plåtskåpet bakom toalettsitsen, se figur 6, vilket kan vara en orsak till

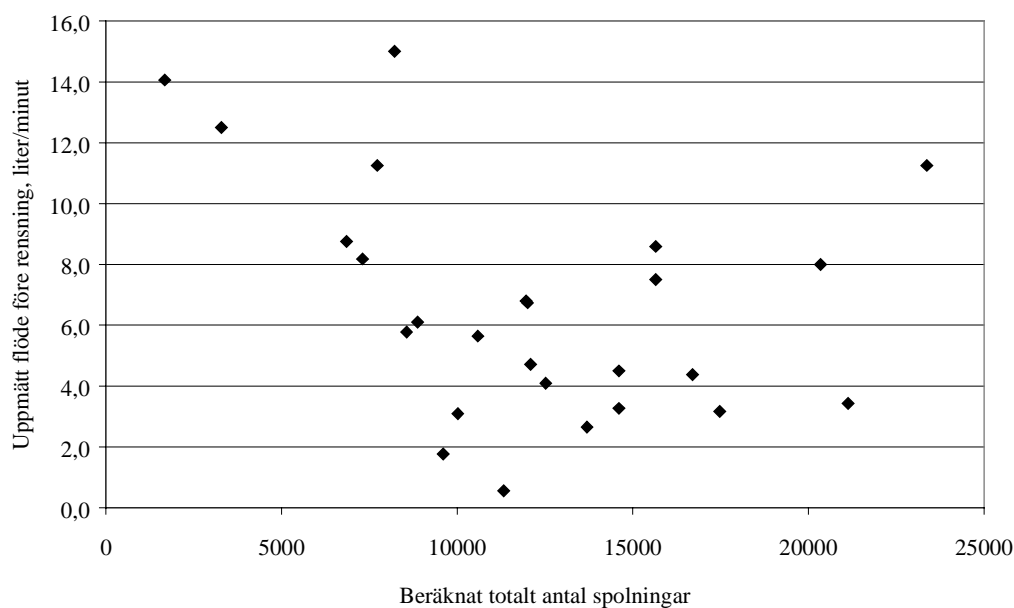


Figur 6. Nedmonterad toalettstol från Miljöhuset.

de rapporterade luktproblemen.

### *Samband mellan flöde och användningsfrekvens*

Sambandet mellan flöde och användningsfrekvens innehåller många stora felkällor i form av de boendes uppskattning av familjens sammanlagda toalettanvändning per dag och tid sen senaste rensning av vattenlåset. Det är även svårt att uppskatta hur bra flödet genom vattenlåset blev efter den senaste rensningen. P.g.a. dessa anledningar har ingen korrigering kunnat göras med hänsyn till senaste rensning. Flödet verkar dock ha något samband med toalettanvändningen, se figur 7. Det finns en trend att flöde genom vattenlåset blir sämre fram till ca 15 000 beräknade toalettbesök för att därefter bli mycket varierande.



Figur 7. Samband mellan uppmätt flöde genom vattenlåset och beräknat totalt antal toalettbesök för 58 undersökta toaletter från Understenshöjden.

### *Jämförelse med tidigare enkätstudie*

Denna del gäller endast svaren som kom in från Understenshöjden och kan göras eftersom en liknande enkätundersökning med i stort sett samma enkät gjordes i området under 1996 av Burström & Jönsson (1998). Fördelningen mellan vuxna och barn var jämförbar i de båda undersökningarna, vilket borde göra att eventuella skillnader mellan enkätsvaren inte beror på ändrad åldersfördelning i området, förutom att alla har blivit några år äldre.

På frågorna 6 till 10, där de boende skulle besvara frågan på en skala från 1 till 6 och där 1 var sämre och 6 bättre jämfört med en konventionell toalett, var skillnaderna mellan de båda undersökningarna tydliga, se tabell 12. För att kunna säkerställa eventuella skillnader mellan de båda undersökningarna har F-test använts med 5 % signifikansnivå.

Rengöringen av toaletterna, fråga 6, verkar inte ha blivit lättare med åren utan tvärtom, svårare. Eftersom den största orsaken till rengöringsproblemet verkar vara att urinspolningen inte sköljer hela skiljeväggen mellan urin- och fekalieskålen, kan dessa svar tolkas som att toaletternas spolfunktion försämrats ytterligare under dessa år även om inte svaren på den specifika frågan, nr 10, var signifikant sämre. Det är ungefär samma anledningar som har givits till missnöjet med spolfunktionen, det är dock fler vid den senare undersökningen som anser att urinspolningen inte spolar rent samt ger avlagringar. Dessa skillnader var inte signifikanta. Att knappt hälften av de boende idag har slutat använda spolfunktionen mot en tredjedel under 1996 styrker antagandet att spolfunktionen har försämrats med tiden.

Fråga 7, om lukt tyder på att den kan vara ett större problem nu än när systemet var relativt nytt. Under undersökningen 1996 antogs det att uppkomsten av lukt främst berodde på slarv vid installation av toaletterna samt otäta skarvar i urinledningarna. Jag finner det högst osannolikt att installationen av toaletterna har blivit sämre fram till idag. Dock har den gumminippel (32/50 mm) som sitter som tätning mellan urinvattenlåset och ledningen i väggen hårdnat och ofta har den gett upphov till läckage med lukt i vissa fall. Det finns även observationer att även ledningsrörens gummipackningar hårdnar i urinsorterande system (Jönsson, pers. medd.). Enligt Burcharth & Søn (1999) påverkas gummipackningarna ringa eller inte alls av kall ammoniakgas medan påverkan från varm ammoniakgas är medelstor. I urinsorterande avloppssystem är ammoniakgasen på sin höjd rumstempererad och det är möjligt att det räcker för att packningarna skall hårdna efter en lång tids exponering.

De boende i Understenshöjden verkar ha förlorat lite av den tro de först hade på urinsorterande toalettsystem och dess framtida utbredning (fråga 8). De boende anser fortfarande att idén är god och att systemet behöver utvecklas innan det är riktigt användarvänligt. Att genomsnittsvaret har blivit mindre positivt beror troligen snarare på de boendes långvariga frustration med de urinsorterande toaletternas bristfälliga funktion.

De boende tycker fortfarande att det känns rätt/viktigt att använda urinsorterande toaletter i hemmet (fråga 9). Orsaken till att "känslan" har minskat något kan troligen förklaras i de barnsjukdomar som toaletten har och till stor del fortfarande dras med då det fortfarande är samma toalettstolar som säljs nu. På några få punkter har Dubbletten dock ändrats, t.ex. är skiljeväggen sänkt, spolfunktionen förändrad och vattenlåset av koppar utbytt mot ett av plast.



Tabell 12. Skillnader i genomsnittssvar på frågorna 6 t.o.m. 10 mellan enkätsvaren från Understenshöjden 1996 (Burström & Jönsson, 1998) och 1999

Fråga		Genomsnittssvar	
Nr	Ämne	1996	1999
6	Rengöring av urinsorterande toaletter	2,9	2,1 <sup>a</sup>
7	Lukt från urinsorterande toaletter	2,9	2,2 <sup>a</sup>
8	Framtida utbredning av urinsorterande toaletter	4,1	3,5 <sup>a</sup>
9	Känslan av att ha urinsorterande toaletter i hemmet	5,6	4,8 <sup>a</sup>
10	Urinspolning	2,2	2,0

<sup>a</sup> Skillnaderna är signifikanta med följande F-test,  $F_{0,95}(1,72)$

Torkpapper från urinering hanterades på samma sätt 1999 som 1996 med den förändringen att fler lade torkpapperet i en hink bredvid för senare kompostering.

Antalet boende som hade drabbats av stopp i vattenlåset hade ökat från 83% till 100%. Det var även vanligare vid den senare undersökningen att de boende drabbats av mer än ett stopp.

Mellan de övriga svaren från 1996 och 1999 finns inga större skillnader. De största orsakerna till förändringarna var dels att de problem som fanns när toaletterna var nya fortfarande finns kvar dels att stoppen p.g.a. avlagringar hade blivit vanligare.

## RENSSTUDIE

### Resultat

Denna delstudie syftade till att finna enkla och säkra metoder för att åtgärda uppkomna stopp i urinsorterande toaletters vattenlås.

#### *Mekaniska rensmetoder*

På samtliga 40 toaletter i Miljöhuset genomfördes mekanisk rensning av urinvattenlåsen. I 18 vattenlås var flödet redan före rensning mycket bra, 10 liter per minut eller högre (tabell 13 och bilaga 4). Dessa vattenlås hade nyligen, inom tre månader, rensats av fastighetsskötarna. Övriga 22 vattenlås (55%) hade nedsatt flöde. I tre fall (7,5%) var flödet vid mätningen så dåligt att mätningarna avbröts efter fem minuter utan att någon nämnvärd mängd vatten hade runnit igenom. I samtliga dessa tre fall bestod stoppen av mjuka avlagringar samt mycket hår.

I en lägenhet hade det monterats in ett "hemgjort" vattenlås. Istället för ett kontinuerligt rör hade vattenlåset en behållare likt de som finns på handfat. I detta vattenlås genomfördes ingen rensning med vajer, däremot berättade lägenhetsinnehavaren att det nyligen varit dåligt flöde i toaletten. Stoppet var orsakat av en gulvit geléartad massa med hög viskositet

som låg i vattenlåset. Av beskrivningen att döma är det samma sorts avlagringar som förekommer i de vanliga urinvattenlåsen av plast.

I fem fall (12,5%) var stoppen svåra att åtgärda. Ett av dessa var i en lägenhet som stått tom under en längre tid och vattenlåset hade torkat ur. Vid rensning av dessa fem stopp fastnade rensvajern någon eller några gånger och i ett vattenlås var stoppet alltför hårt för att med rimlig insats av tid, ca 30 minuter, helt avlägsnas med en manuellt driven rensvajer.

Samtliga 58 undersökta toaletter i Understenshöjden hade nedsatt flöde, sämre än maxflödet på 22,5 liter per minut (tabell 13 och bilaga 5). I majoriteten (60%) av vattenlåsen var stoppen lätta att åtgärda. De hårda stoppen kategoriserades i tre grupper efter subjektiv bestämning av svårigheten att rensa dem. Sammanlagt var det 16 vattenlås som bedömdes ha hårda stopp. Av dessa var det fyra som bedömdes enkla, åtta medelhårda och fyra som mycket hårda. De vattenlås som innehöll mycket hårda och medel hårda stopp byttes för att senare användas i rensstudien. I 10% av de undersökta toaletterna var flödet genom vattenlåset nedsatt p.g.a. av hår långt (3 till 5 meter) in i ledningssystemet.

Tabell 13. Uppmätta flöden genom vattenlåsen i Miljöhuset och Understenshöjden före och efter mekanisk rensning

Flöde liter/minut	Miljöhuset		Understenshöjden	
	Före rensning Antal	Efter rensning Antal	Före rensning Antal	Efter rensning Antal
<0,5	3		3	
0,5-2,0	3		4	
2,0-5,0	9		19	2
5,0-10,0	7	1	24	5
10,0-15,0	8	1	4	2
15,0≤	10	38	4	49

### ***Kemiska rensmetoder***

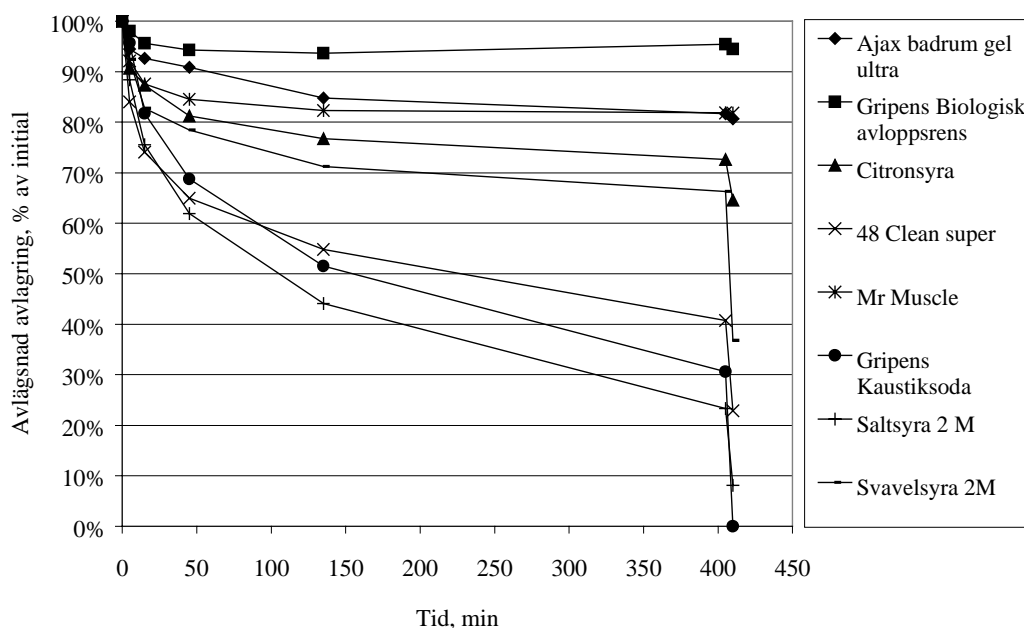
#### Studie av delade vattenlås

Resultaten från undersökningen med samtliga åtta kemikalier redovisas i figur 8. Den procentuella reduceringen av beläggningen varierade från 100 procent med kaustiksoda ned till 5 procent med den biologiska avloppsrensningen. Rörsektionerna hade olika mycket beläggning beroende på vilket vattenlås och vilken del av vattenlåset de kom från. Vad gäller massan på den avlägsnade beläggningen var saltsyra den kemikalie som fungerade bäst medan kaustiksoda var den som reducerade den största andelen av beläggningen (tabell 14).

Tabell 14. *Genomsnittsvikt av avlagring i behandlade delar av vattenlås samt genomsnittlig reducerad massa av samma avlagring före respektive efter spolning*

Kemikalie	Total avlagring	Viktreduktion före spolning	Viktreduktion efter spolning
	gram	gram	gram
Gripens Biologisk avloppsrens	4,25	0,18	0,24
Svavelsyra	4,49	1,49	2,72
Citronsyra	4,52	1,29	1,63
Mr M	4,70	0,69	0,69
48 Clean SUPER	4,79	2,73	3,56
Ajax badrum gel ultra	5,68	1,06	1,12
Kaustiksoda	5,80	4,04	5,76
Saltsyra	6,58	4,98	5,94

Ingen av de i affärer lättillgängliga propplösarna/rengöringsmedlen hade någon större effekt på avlagringen. Den biologiska avloppsrensens byggde till och med på beläggningen under den sista behandlingsperioden och reducerade totalt mindre än 10% av den totala beläggningen. Mr Muscle och Ajax badrum gel reducerade totalt knappt 20%. Citronsyran var något bättre, ca 35% avlägsnades efter spolning. De kemikalier som hade den största effekten på avlagringarna var kaustiksoda, saltsyra samt 48 Clean SUPER som samtliga avlägsnade mer än 75% av avlagringarna. Svavelsyran följde tätt därpå med en total reducering av drygt 60%.



Figur 8. *Avlagringen som reducerats under de olika behandlingsperioderna. Sista punkten motsvarar reduktionen vid spolning av rörsektionen. Punkterna utgör medel från tre uppreppningar.*

Statistisk analys av resultaten gjordes och resultaten visade att den biologiska avloppsrensningen var signifikant sämre, med 95% konfidensnivå, i genomsnitt över tiden än samtliga övriga kemikalier. Mellan Ajax badrum gel, Mr Muscle och Citronsyra fanns ingen signifikant skillnad. Svavelsyran var signifikant bättre än ovan nämnda kemikalier men sämre än 48 Clean SUPER, kaustiksoda och saltsyra mellan vilka inga skillnader kunde påvisas.

48 Clean SUPER } var { Svavelsyra } var { Ajax badrum } var { Gripens  
 Kaustiksoda } bättre { Svavelsyra } bättre { Mr Muscle } bättre { biologisk  
 Saltsyra } än { Svavelsyra } än { Citronsyra } än { avloppsrens

För statistiska skillnader se tabell 15. För vidare undersökningar valdes de tre effektivaste kemikalierna; kaustiksoda, saltsyra samt 48 Clean SUPER, som innehåller 25% fosforsyra.

Tabell 15. *Statistiskt test på 5% nivå av signifikant säkerställda skillnader mellan kemikalierna, värde under 0,05 betyder signifikant skillnad*

Kemikalie	Biologisk avloppsrens	Ajax badrum	Mr Muscle	Citron-syra	Svavel-syra	Clean SUPER	Kaustik-soda	Saltsyra
Biologisk avloppsrens		0,0288	0,0101	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Ajax badrum	0,0288		0,5247	0,0501	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Mr Muscle	0,0101	0,5247		0,1172	0,0007	0,0001	0,0001	0,0001
Citronsyra	0,0001	0,0501	0,1172		0,0409	0,0001	0,0001	0,0001
Svavelsyra	0,0001	0,0001	0,0007	0,0409		0,0004	0,0001	0,0001
Clean SUPER	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004		0,5756	0,0891
Kaustiksoda	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,5756		0,2506
Saltsyra	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0891	0,2506	

### Studier av hela vattenlås

Även vid behandling av hela vattenlås skilde sig vikten avlagring mellan de olika vattenlåsena och därav även mellan behandlingarna, tabell 16.

Tabell 16. Vikt av avlagring i de behandlade vattenlåsen samt reducerad massa av samma avlagring före respektive efter spolning.

Kemikalie	Delstudie	Total avlagring gram	Viktreduktion före spolning gram	Viktreduktion efter spolning Gram
Kaustiksoda	1	79,6	-76,4	79,6
Kaustiksoda	2	68,8	67,7	68,3
Kaustiksoda	3	145,5	-4,2	111,9
Saltsyra	1	67,6	32,2	41,9
Saltsyra	2	49,3	37,9	43,7
Saltsyra	3	186,7	60,8	77,6
48 Clean SUPER	1	55,6	6,1	12,1
48 Clean SUPER	2	94,6	39,3	40,9
48 Clean SUPER	3	49,8	22,7	28,8
Gripens propplösare	3 <sup>b</sup>	43,5	-7,5	21,5
Gripens propplösare	3 <sup>b</sup>	21,0	-7,4	20,0
Gripens propplösare	3 <sup>b</sup>	108,6	-6,3	20,5
Gripens propplösare	3 <sup>b</sup>	31,3	-20,5	30,8
Plastvattenlås <sup>a</sup>	3 <sup>b</sup>	78,5	-43,8	78,5

<sup>a</sup> Behandlat med kaustiksoda

<sup>b</sup> Genomfördes på samma sätt som i den tredje delstudien

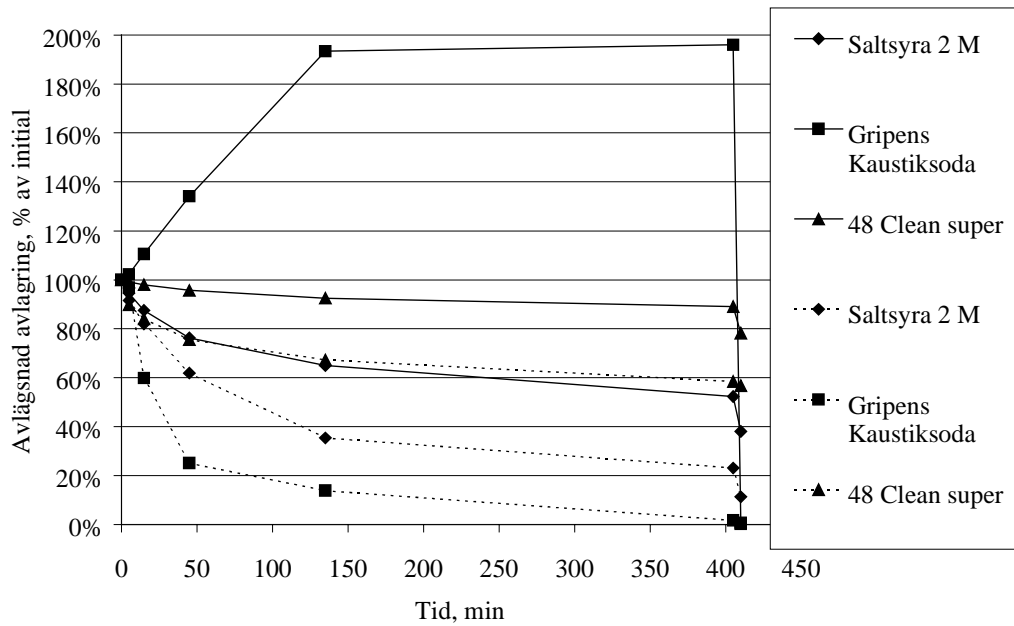
#### Första delstudien

I den första delstudien med hela vattenlås återanvändes kemikalier och ingen sköljning skedde mellan behandlingsperioderna. Resultaten av denna delstudie visas i figur 9 tillsammans med resultaten av andra delstudien, applicering av oanvända kemikalier. Slutresultatet av denna delstudie visade att kaustiksoda reducerade näst intill allt, 99,8%. Det var först efter en ordentlig genomspolning som kaustiksoda gav någon effekt, under de fyra första tidsstegen hade så pass mycket trögflytande slam bildats i röret att vikten av beläggningen nästa hade fördubblats samt att flödet genom vattenlåset var så dåligt att det kunde antas vara försumbart. Under den sista behandlingsperioden skedde ingen större förändring av vikten. Innan röret spolades skakades det ut ett prov på innehållet i vattenlåset. Provet hade samma form som röret och behöll denna med smärre deformation även efteråt. Provet var mjukt och kunde med lätthet slammas upp i vatten. Filtrering av det uppslammade provet visade att det till stor del bestod av partiklar. För saltsyra och 48 Clean SUPER var reduktionen 62 respektive 22% av den totala avlagringen.

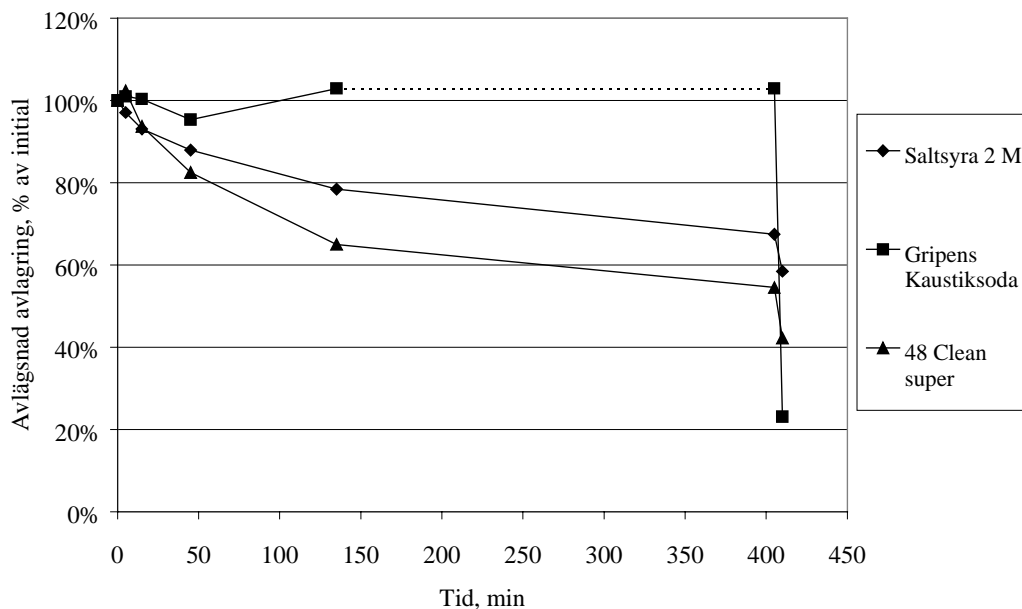
#### Andra delstudien

Vid behandling med oanvända kemikalier och sköljning mellan behandlingsperioderna förekom ingen viktökning i vattenlåset med kaustiksoda (figur 9). Slutresultatet blev detsamma som i första delstudien men den största reduktionen skedde i början av tidsserien, ca 75% reducerades inom 45 minuter. Även saltsyra och 48 Clean SUPER var effektivare med detta upplägg, de reducerade 89 respektive 43%. Den största reduktionen

skedde i början men effekten var svagare och avtog snabbare framförallt för 48 Clean SUPER.



Figur 9. Avlagring som reducerats under de olika behandlingsperioderna under första och andra delstudien då återanvända (heldragen linje) resp. oanvända (streckad linje) kemikalier användes. Sista punkten visar reduktion efter sköljning av vattenlåset.

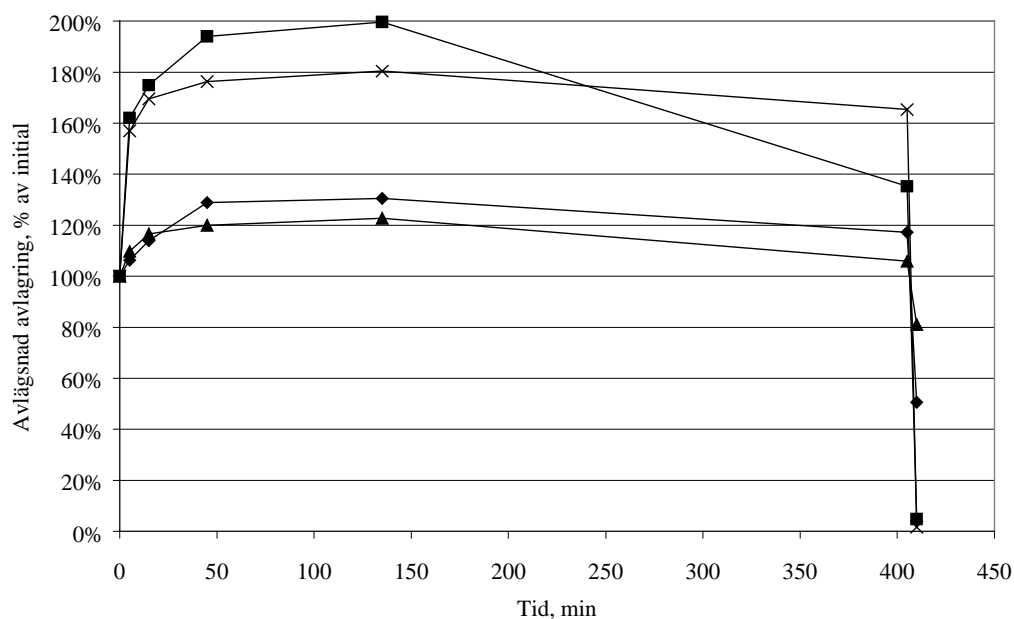


Figur 10. Avlagring som reducerades under de olika behandlingsperioderna vid användning av nya kemikalier och normal spolvattenmängd (2 dl). Sista punkten visar reduktionen efter spolning av vattenlåset.

Resultaten från den tredje delstudien, där vattenlåset monterades i samma läge som i toaletten, återfinns i figur 10. I denna delstudie användes nya kemikalier och vattenlåset sköljdes med två deciliter vatten mellan varje behandlingsperiod.

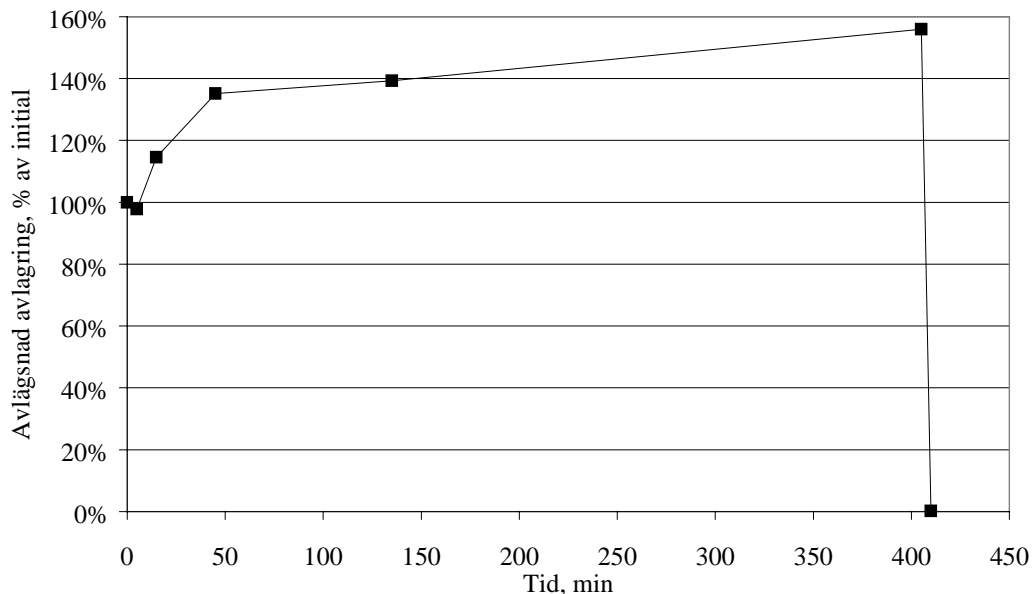
Under den sista behandlingsperioden var flödet genom vattenlåset som behandlats med kaustiksoda i princip obefintligt vilket omöjliggjorde sköljning och en riktig applicering av ny kemikalie under den sista behandlingsperioden. Detta har i figur 10 visats genom att strecka motsvarande behandlingsperiod.

Vid behandling med Gripens propplösare var förhoppningen att vattenlåset inte skulle täppa igen på samma sätt som vid behandling med kaustiksoda. Av resultatet från de fyra försöken med Gripens propplösare (figur 11) framgår att denna förhoppning inte infriades, avlagringen byggdes på precis som vid behandling med kaustiksoda.



Figur 11. Avlagringen som reducerades under de olika behandlingsperioderna vid behandling med Gripens propplösare. Sista punkten motsvarar reduktionen efter spolning av vattenlåset.

Även vid behandling med kaustiksoda av ett helt plastvattenlås byggdes avlagringen först på viktligt, precis som för kopparvattenlåsen (figur 12). Inom 45 minuter var flödet genom vattenlåset mycket lågt eftersom avlagringen svällde. Det var dock möjligt att spola ut avlagringen efter avslutad mätserie. Efter spolning var vattenlåset helt rent, 100% reduktion, förutom ett fåtal små mörka fläckar närmast anslutningen till urinskålen.



Figur 12. Avlagringen som reducerades under de olika behandlingsperioderna vid behandling med kaustiksoda av plastvattenlås. Sista punkten motsvarar reduktionen efter spolning av vattenlåset.

## Diskussion

De mjuka stoppen, som till stor del bestod av hår, pappersrester o dyl., kan troligen minskas genom att ta bort den porlinspropp som sitter i botten av urinskålen. I proppen fastnar hår som kan orsaka luktproblem och nedsatt flöde genom vattenlåset. Dessutom minskar proppen möjligheterna för män att stå ock kissa p.g.a. att det stänker på ben och golv om proppen träffas.

### Mekaniska rensmetoder

Mekaniska rensmetoder är mer effektiva på att reducera avlagringarna ju mer energi som läggs ned på arbetet. T.ex. rensvajer fäst på bormaskin är mycket effektiv men kan å andra sidan skada vattenlåset. Om vattenlåset är av koppar ökar också urinens kopparhalt. Säkerligen hade samtliga vattenlås som hade nedsatt flöde av de hårda stoppen fått bra flöde om mer tid och energi lagts ned på den mekaniska rensningen, t.ex. genom att använda motordriven rensvajer. Detta var dock ej det primära målet med studien.

I de flesta fall anmäler hyresgästerna från Miljöhuset omgående stopp eller nedsatt flöde till fastighetsskötarna. Enligt fastighetsskötarna (Sandgren, pers. medd.) anmäls och åtgärdas i snitt minst ett stopp per vecka, vilket kan förklara att knappt hälften av vattenlåsen hade flöden motsvarande 15 liter per minut eller bättre. Flertalet av de lättare stoppen förekom långt in i de kopparrör som utgör vattenlåset, närmare bestämt i slutet av röret. För att vattenlåset skulle passa med de anslutningar som fanns i fastigheten hade röret förlängts



med ett plaströr. Det var i denna horisontella del, i skarven mellan kopparröret och plaströret, som stora mängder sediment hade samlats.

I Understenshöjden åtgärdar varje hushåll sina stopp själva. Ofta genom en rensvajer som längst fram har en tyngd fastsatt, vilken skall skjuta undan stoppet. Detta har lett till att stoppen i vattenlåsen i många fall har åtgärdats genom att flytta orsaken till stoppen längre in i ledningssystemet. I ca tio procent av toaletterna satt orsaken till flödesminskningen mer än tre meter in i ledningssystemet. Dessa stopp bestod till större delen av hår och kunde, även när de satt så här långt in i ledningen, tas ut med en manuell rensvajer med öppen skruv.

En stor fördel med en öppen rensvajer är att hår ofta följer med ut och således kan avlägsnas från systemet. Dessutom kan de flesta stopp åtgärdas på mycket kort tid samt att en manuellt driven rensvajer inte skadar vattenlåset på samma sätt som en motordriven rensvajer. I och med att metoden inte kräver någon kemikalietillsats föreligger det inte heller några risker med frätning o.dyl. En nackdel är den fysiska kontakten med rensvajern och eventuella uppsamlade rester från stoppet.

### ***Kemiska rensmetoder***

Studien av delade vattenlås, med åtta olika kemikalier, visade klart vilka kemikalier som fungerade och vilka som inte fungerade. Den biologiska avloppsrensens, som gav den sämsta effekten, kan eventuellt fungera bra i förebyggande syfte. Tanken med produkten är delvis att bygga upp levande film på rörets insida som frigör enzymer vilka bryter ned beläggningarna, detta har dock inte undersökts. De båda andra kemikalierna som inte heller fungerade tillfredsställande, Ajax badrum gel och Mr Muscle, löser främst upp avlagringar av fett, tvål och hår. Av dessa ämnen är det endast hår som påträffades i urinvattenlåsen, dock var de flesta stoppen inte uppbyggda enbart av hår utan även av fosforföreningar.

Svavelsyra har potential för att reducera en större andel av avlagringen men då krävs en högre koncentration än 2 molar. Ett problem med svavelsyran är dess otillgänglighet för en "vanlig" konsument samt hälsofaran vid användandet av alltför höga koncentrationer.

De tre produkter som gav bäst effekt är samtliga lätta för en vanlig konsument att köpa. Kaustiksoda finns i de flesta mataffärer, 48 Clean SUPER finns på byggvaruhus eller VVS firmor och saltsyra finns att köpa hos de flesta färghandlare. Dessutom representerar de tre skilda typer av kemikalier, en stark bas, en stark syra samt en blandning av bl.a. syra och tensider.

Sett till slutresultat är kaustiksoda den effektivaste kemikalien. Den är dock inte helt problemfri att använda, vilket visade sig i försöken med hela vattenlås. Under försöket med återanvända kemikalier och utan någon som helst sköljning svällde avlagringarna och tärpte snabbt igen vattenlåset. När man däremot sköljde med rikligt med vatten mellan behandlingarna skedde inte någon viktökning eller igentäppning. Ingen skillnad kunde påvisas vid behandling med oanvända kemikalier jämfört med återanvändning av gamla, slutresultatet blev det samma.

Den troliga orsaken till att avlagringarna svällde vid behandling med kaustiksoda och Gripens propplösare är att natriumhydroxid främst angriper organiskt material i avlagringarna. När det organiska materialet angrips bryts fosforföreningarna sönder och bildar mer eller mindre frigjorda partiklar som eventuellt kan binda mer vätska vilket gör att avlagringen ökar i både vikt och volym. Dessutom kan även det organiska materialet hydrolyseras och binda vätska och därigenom öka i vikt. Vid försök att lösa hår och papper med kaustiksoda visade det sig att hår löstes totalt med en smärre ökning av vätskans viskositet. Papperet löstes endast delvis, däremot ökade viskositeten märkbart.

För saltsyra och framförallt för 48 Clean SUPER var det skillnad mellan första och andra delstudien, användandet av oanvända kemikalier och av använda kemikalier. Skillnaderna växte med tiden för saltsyra där de två olika behandlingarna följde varandra fram till det fjärde tidssteget, 135 minuter. De två delstudierna visade även på betydelsen av att skölja för att få bort upplösta avlagringar samt frilägga nya angreppsytor.

Den tredje delstudien, som skulle efterlikna de förhållanden som råder i hemmen, visade att två deciliter vatten inte var tillräcklig mängd spolvatten för att förhindra att flödet genom vattenlåset stoppades upp vid behandling med kaustiksoda. Den totala torrvikten av avlagringen i vattenlåset som behandlades med kaustiksoda var 145 gram vilket var ganska mycket. Vid mindre mängd avlagringar, i förebyggande syfte och rikligt med spolvatten, borde kaustiksoda fungera utan problem.

För saltsyra har inga problem med svällande avlagringar eller försämrat flöde kunnat påvisas. Saltsyra är den kemikalie som var effektivast på att reducera avlagringar innan vattenlåset spolades rent. Enligt figur 10 hade 48 Clean SUPER en procentuellt sett bättre reduceringsförmåga än saltsyra, skillnaden var dock stor i total massa avlagring mellan de båda behandlade vattenlåsen. Sett på samtliga tre delstudier med hela vattenlås var det kaustiksoda och saltsyra som reducerade den största massan avlagring

Resultaten från studien av Gripens propplösare visar dels att det sker en viktökning även vid användning av propplösare, dels att en del av den tillsatta natriumhydroxiden åtgår för att angripa aluminiummetallen, vilket ledde till att den massa som reducerades vid behandling med propplösare var mindre än den vid behandling av ren kaustiksoda (tabell 16). Någon effekt av vätgasen har inte kunnat ses, dock borde risken för lutsten minska i och med gasutvecklingen. Slutsatsen blir därför att det är bättre att använda kaustiksoda som upplösts väl i ett kärl, än Gripens propplösare.

Färgen på avlagringen i plastvattenlåset var betydligt ljusare än på de från kopparvattenlåsen. Detta beror troligen på att avlagringarna från plastvattenlåsen innehåller endast en försumbar mängd koppar jämfört med avlagringarna från kopparvattenlåsen. Koppar från vattenlåsen löses ut och bidrar till den mörka färgen. Resultaten från studierna, av både koppar- och plastvattenlås, med kaustiksoda tydde på att det inte var någon större skillnad på att reducera avlagringar oavsett om de har uppkommit i ett koppar- eller plastvattenlås, utom att det möjligen går något snabbare i ett plastvattenlås. Reaktionen verkar ske snabbare i plastvattenlåset och avlagringarna verkar inte binda lika hårt till rörets insida.

Efter tillsats av en stark bas eller en stark syra kommer mikroorganismerna att avdödas i vattenlåset. Nedbrytningen av urea höjer pH i urinblandningen vilket leder till en snabbare

avdödning av mikroorganismer. Även kaustiksoda kan höja pH i urinblandningen varför hygieniseringen inte är lika beroende av att nedbrytningen av urea startar snabbt vid behandling med en bas. Av bl.a. denna anledning är kaustiksoda den kemikalie som rekommenderas. En nackdel är att ammoniakavgången kan öka om jämvikten förskjuts. Ammoniakförlusterna blir trots detta försumbara om gasflödet genom systemet är lågt.

I dagens avloppssystem, även urinsorterande, tillverkas ofta ledningarna av PVC eller polyeten. I de fall ledningarna har skarvar, d.v.s. att de inte är helsvetsade, förekommer det en packning som oftast är tillverkad i styrenbutadiengummi, SBR. (Malmsten, pers. medd.) Enligt tabell 17 är materialet i ledningarna, PVC och polyeten, mycket beständiga mot både natriumhydroxid och saltsyra. Gummipackningarna av SBR är även de mycket beständiga mot natriumhydroxid medan de påverkas relativt mycket av saltsyra, resistensen minskar med ökande koncentration och temperatur. Resultaten från rensstudie tillsammans med ovan angivna resistensvärden för SBR tyder på att kaustiksoda är att föredra framför saltsyra dock bör risken med lutsten beaktas.

Tabell 17. *Beständigheten för olika rör- och packningsmaterial (PVC, Polyeten och styrenbutadiengummi (SBR)) mot natriumhydroxid och saltsyra vid olika temperaturer (Burcharth & Søn, 1999)*

Koncentration %	Temperatur °C	PVC	Polyeten	SBR
Natriumhydroxid				
10	100			Ingen påverkan
10	20	Ingen påverkan	Ingen påverkan	
25	100			Ingen påverkan
100	20	Ingen påverkan	Ingen påverkan	
Saltsyra				
10	100			Väsentlig påverkan
10	20	Ingen påverkan	Ingen påverkan	
21	50			Medelstor påverkan
100	20	Ingen påverkan	Ingen påverkan	

## BEHOV AV FORSKNING

Förutom att många av de urinsorterande toaletterna är av behov av teknisk utveckling finns det ett behov av fortsatt forskning av urinsorterande avloppssystem, hantering och spridning av uppsamlad urinblandning. Bl.a. bör förekomsten och betydelsen av läkemedelsrester och antibiotika i urinblandningen undersökas. Andra områden som behöver studeras är avsättning för uppsamlad urinblandning och ekonomi för installation av urinsorterande avloppssystem. Dessutom bör den, i denna rapport rekommenderade, kemiska rensmetoden undersökas i praktiskt bruk d.v.s. ute hos brukaren.

## SLUTSATSER

Mätningarna visade att den genomsnittliga mängden uppsamlad urinblandning i Miljöhuset i Hallsberg var relativt låg jämfört med många andra studerade bostadsområden, 1,19-1,25 kg/pd. Även koncentrationen av näringsämnen i urinen från Miljöhuset var relativt låg, 2,8 g kväve och 0,22 g fosfor per liter med en N/P-kvot av drygt 12. Innehållet av tungmetaller i den uppsamlade urinblandningen var lågt. Vid spridning av 150 kg kväve på åkermark blir tillförseln av samtliga tungmetaller mindre än 7% av tillåten mängd enligt Naturvårdsverkets gränsvärden för år 2000, utom för koppar för vilken den blir 88% av gränsvärdet. Den höga kopparhalten orsakades av att toaletternas vattenlås var tillverkat av koppar samt av att fastighetsskötarna använde motordriven rensvajer för rensning av stopp i urinvattenlåsen.

Av enkätstudien kan man klart utläsa att den urinsorterande toaletten Dubbletten behöver utvecklas ytterligare. Problemen ligger främst i toalettstolens spolfunktion, lock och sittring, vilka borde vara enkla att förbättra. Dessutom är förekomsten av stopp i urinvattenlåset vanlig. Stoppen uppkommer ofta efter ca 6 månaders användning och består oftast av hår, pappersludd och mjuka fosforutfällningar. I ca 20% av vattenlåsen var stoppen orsakade av en hård avlagring troligen bestående av bl.a. fosforföreningarna hydroxidapatit, struvit och vivianit. De av hår orsakade stoppen kan troligen minskas liksom eventuella luktproblem genom att ta bort den porslinspropp som finns i botten av urinskålen.

För att få ett urinsorterande avloppssystem att fungera bra krävs inte bara noggrann installation av toaletter och ledningar utan även information till de boende. Enkäten visade att de boende i ekobyn, Understenshöjden, som själva hade valt att införa urinsorterande toaletter, hade större förståelse för, och ansåg att det var viktigare, att införa urinsorterande toaletter jämfört med hyresområdet. Detta trots att ekobyn verkade ha större problem med toaletterna.

De i urinvattenlåsen uppkomna flödeshindren, stoppen, kan rensas bort med såväl mekaniska som kemiska rensmetoder. Mekanisk rensning är snabb och ger bra resultat för mjuka stopp men nackdelarna är bl.a. ett visst slitage av vattenlåset samt eventuell fysisk kontakt med materialet i vattenlåset och stoppet. Dessutom kan en manuellt driven rensvajer vara mycket tidskrävande vid rensning av hårda stopp. En fördel är att hindret, som hår och pappersludd etc, definitivt avlägsnas från systemet.

Med kemikalier kan både hårda som mjuka stopp rensas bort. För detta rekommenderas kaustiksoda, som visats vara mycket effektiv. Den kan dock bidra till att avlagringen blir mjuk, sväller och helt stoppar flödet. Om inte riklig sköljning, ca 2 liter, spolar bort den mjukgjorda avlagringen bör manuellt driven rensvajer användas varefter vattenlåset sköljs ytterligare en gång. Saltsyra (2 M) och 48 Clean SUPER kan efter applicering stå länge, upp till en dag, utan risk för igenslamning av vattenlåset. Även här rekommenderas en noggrann sköljning efteråt för att få bort frigjorda och mjuka avlagringar. Det är bra att upprepa kemikaliebehandlingen tills vattenlåset är rent. Vid förebyggande användning och vid mjuka stopp borde en behandling vara tillräckligt. Kaustiksoda bör blandas en del kaustiksoda och minst två delar vatten, gärna hett. För att undvika bildning av lutsten i

urinvattenlåset bör blandningen först beredas i ett kärl, ej av aluminium eller mjukplast, innan den hälls i urinskålen.

Svaga syror som citronsyra, och troligen även ättiksyra, och kemiska propplösare är inte att rekommendera som rensmetoder. Dessa kemikalier reducerade endast en del av avlagringen och var mycket sämre än kaustiksoda, saltsyra och 48 Clean SUPER.

## Rekommendationer hur man rensar stopp i urinvattenlås

Utifrån studier av den urinsorterande toaletten Dubbletten har följande råd för rensning av urinvattenlås tagits fram. Studien har utförts på vattenlås från denna toalettmodell men rekommendationerna fungerar troligen även för andra modeller.

För att undersöka om det förekommer någon form av flödeshinder i urinledningen kan följande test genomföras

1. Mät upp 1,5 liter vatten i en behållare.
2. Häll snabbt ner vattnet i urinskålen, dock utan att urinskålen rinner över.
3. Mät den tid det tar för vattnet att rinna undan.
4. Är flödet, på toaletter av modell Dubbletten med kopparvattenlås, bättre än 15 liter per minut ,d.v.s. mindre än 6 sekunder, förekommer inga betydande flödeshinder i urinvattenlåset. Normalflöde för övriga toaletter är inte känt.

För att åtgärda mjuka stopp är en manuellt driven rensvajer ett snabbt och bra alternativ (Se figuren av rensvajer). Rensvajern bör längst fram vara formad som en öppen skruv så att hår m.m. kan dras ut ur systemet. Rensvajern fungerar emellertid dåligt på hårda stopp.

Ett alternativ, som även fungerar på hårda stopp, är kemisk rensning med kaustiksoda. Följande förfarande rekommenderas:

1. Blanda ut en deciliter kaustiksoda i minst två deciliter vatten (gärna hett). Använd ett separat kärl (OBS! Ej av aluminium eller mjukplast). Utblandningen sker för att undvika eventuell bildning av lutsten i urinvattenlåset. Kärlet bör vara djupt och gärna försett med lock för att undvika stänk. Skyddshandskar och glasögon rekommenderas. Iakttag försiktighet med den ånga som kan bildas.
2. Tag bort porslinsproppen i botten av urinskålen och häll försiktigt lösningen i urinvattenlåset. Se upp för stänk!
3. Låt lösningen verka under flera timmar, gärna över natten.
4. Häll efter detta två liter vatten i urinskålen för att skölja bort upplöst avlagring.
5. Pröva om flödet fortfarande är dåligt (enligt ovan).
6. Om flödet är dåligt, under 15 liter per minut, bör en manuell rensvajer användas för att ta bort den mjukgjorda avlagringen. Skölj därefter urinvattenlåset med ytterligare två liter vatten.
7. Är flödet bättre än 15 liter per minut är vattenlåset ren. Om flödet är sämre bör behandlingen upprepas ytterligare en gång.
8. Sätt inte tillbaka porslinsproppen i botten av urinskålen då den egentligen inte behövs annat än av estetiska skäl.

**Observera att kaustiksoda är starkt frätande! Använd därför gummihandskar och skyddsglasögon vid eventuell mekanisk rensning efter den kemiska.**

## REFERENSER

### Litteratur

- BB Innovation & Co AB. 1995. Dubbletten framtidens toalett är här. Informationsblad.
- Berggren, J., Larsson, M. & Pétursson, L. 1998. Relativa miljövinster för urinsorteringsystem. Ej publicerad stencil, Institutionen för lantbruksteknik. SLU.
- Biörnstad, A. 1970. Offentlig renhållning. I Svensson, P. 1993. Nordiska erfarenheter av källsorterande avloppssystem. Examensarbete 1993:117E, Tekniska högskolan i Luleå. Luleå.
- Burström, A. & Jönsson, H. 1998. Dubbelspolade urinsorterande toaletter- Driftserfarenheter och problemuppföljning. Rapport 229, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.
- CRC, (red Weast, R). 1989. CRC handbook of chemistry and physics a ready-reference book of chemical and physical data. CRC Press Inc. Cleveland, Ohio, USA.
- Ganrot, P-O. 1997. Laurells klinisk kemi i praktisk medicin. Sjunde omarbetade upplagan. Lunds studentlitteratur. Lund.
- Geigy Scientific Tables. 1981. Units of Measurement, Body Fluids, Composition of Body, Nutrition. CIBA-GIEGY, Zurich, Schweiz.
- Haglund, J-E. & Olofsson, B. 1997. Utvärdering av VA-lösningar i ekobyar. VA-FORSK rapport 1997-1. VA-FORSK. Stockholm.
- Hanæus, Å. & Johansson, E. 1996. Urinsorterande avloppssystem. Inventering, utvärdering och laboratorieförsök. Examensarbete 1996:176E, Tekniska högskolan i Luleå. Luleå.
- Hägg, G. 1979. Allmän och oorganisk kemi. Almqvist & Wiksell Förlag AB. Uppsala
- Johansson, M., Ridderstolpe, P. & Sundström, M. 1998. Enskilda avlopp -funktionskrav och teknik. Rapport nr 1998:4, Miljöteknikdelegationen. Stockholm.
- Jönsson, H., Burström, A. & Svensson J. 1998. Mätningar på två urinsorterande avloppssystem -urinlösning, toalettanvändning och hemvaro i en ekoby och i ett hyreshusområde. Rapport 228, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.
- NV. 1995. Vad innehåller avlopp från hushåll? Rapport 4425, Naturvårdsverket. Stockholm
- Pettersson, S. 1993. Humanurin som växtnäringsskälla - Kemisk sammansättning och gödslingsseffekt. Examensarbete 1994 nr 93, Institutionen för markvetenskap, SLU. Uppsala.
- Rennerfeldt, J. 1991. Kommunal och industriell avloppsteknik. Biokemisk teknologi. KTH. Stockholm
- SCB. 1996. Vattenkvalitet vid svenska vattenverk 1994. Råvatten och dricksvatten. Statistiska meddelanden, Serie Na, Naturresurser och miljö- No 48.1, SCB. Stockholm.
- SCB. 1998b. Jordbruksstatistisk årsbok 1998. Statistiska centralbyrån. Halmstad.
- SFS 1985:840. Förordningen om vissa hälso- och miljöfarliga produkter m.m. Svensk författningssamling. Stockholm.
- Shin, H. S., & Lee, S. M. 1997. Nutrient removal using struvite precipitation. I: Scoop Newsletter, nr 30, januari 1999, CEEP. Bryssel.
- SNFS 1994:2. Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket. Statens naturvårdsverk författningssamling, Naturvårdsverket. Stockholm.

- SNFS 1994:2. Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket. Statens Naturvårdsverks författningssamling, Naturvårdsverket. Stockholm.
- Statens livsmedelsverks författningssamling. 1993. Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten 1993:35. Livsmedelsverket, Stockholm.
- Svensson, P. 1993. Nordiska erfarenheter av källsorterande avloppssystem. Examensarbete 1993:117E, Tekniska högskolan i Luleå. Luleå.
- Vinnerås, B. 1998. Källsorterad humanurin - skiktning och sedimentering samt uppsamlad mängd och sammansättning. Institutionsmeddelande 98:05, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

## **Internet**

- Burcharth & Søn. 1999. Materialebeskrivelser, resistenstabel for gummi materialer og resistenstabel for PVC. <http://www.burcharth.dk> (991021)
- CEEP. 1999. Phosphate removal & recovery from wastewaters <http://www.nhm.ac.uk/mineralogy/phos/P&K213.html> (990512)
- Regeringsförklaringen den 22 mars 1996. [http://www.regeringen.se/regeringen/regeringsforklaring/tidigare\\_regeringsforklaringar/960322.htm](http://www.regeringen.se/regeringen/regeringsforklaring/tidigare_regeringsforklaringar/960322.htm) (991013)
- SCB. 1998a. Folkmängd i hela riket 31 december 1998 efter ålder, kön och födelseland. <http://www.scb.se/scbswe/borhtm/folk98al.htm> (990425)
- SCDA. 1999. Scandinavian copper development association. <http://www.koppar.com/swe/material.html> (990909)
- Svenska miljömål. 1997. Svenska Miljömål. Miljöpolitik för ett hållbart Sverige. Proposition 1997/98:145. <http://www.regeringen.se/propositioner/propositioner/prop9798.htm> (991102)

## **Personliga meddelanden**

- Jönsson, H. Universitetslektor i miljöteknik, SLU, 1999 10 13. Tel. 018 - 67 18 86
- Kundtjänst, AB Tekniska Fabriken Gripen, 1999 09 07. Tel. 013 - 23 31 00
- Malmsten, H. Nordiska plaströrgruppen, Stockholm, 1999-10-20. Tel. 08 - 402 13 79
- Norsborg Vattenverk, Vattenlaboratoriet, Stockholm Vatten AB, 1999-10-20. Tel. 08 - 552 138 58
- Sandgren, Å. Fastighetsskötare HSB Hallsberg, 1999 03 29. Tel. 0582 - 815 00
- Svensson, R. Perstorp Plastic System, 1999-10-13. Tel. 08 - 59 25 10 75
- Åström, A. Tekniska förvaltningen, Hallsbergs kommun, 1999-10-20. Tel. 0586 - 611 668
- Bertilsson, G. Hydro Agri, 1999-10-28. Tel. 0418 - 761 00



## BILAGOR

### Bilaga 1 Enkäten som skickades till Miljöhuset och Understenshöjden.

Funktionsstudie på urinsorterande toaletter. utdelningsadress

Hur många bor Ni i bostaden? Vuxna och tonåringar: \_\_\_\_\_ Barn (t.o.m. 12 år): \_\_\_\_\_

Hur länge har Ni bott i bostaden? \_\_\_\_\_

Hur många toaletter ha Ni i bostaden? \_\_\_\_\_

Ungefär hur många gånger per dag använder Ni toaletten hemma (sammanlagt för alla i hushållet)?

Vardagar? \_\_\_\_\_ Helgdagar? \_\_\_\_\_

Vilken/vilka motiv anser Ni att det finns för att införa urinsorterande toaletter?

Att ta tillvara och återvinna växtnäring.

Att spara vatten.

Att minska avloppsvattnets övergödande egenskaper.

Vet ej.

Annat: \_\_\_\_\_

Frågorna 6 till och med 10 besvaras genom att ringa in en siffra på en skala 1 till 6, där 1 motsvarar det sämsta betyget och 6 det bästa.

Hur är det att rengöra er/era urinsorterande toaletter jämfört med konventionella toaletter?

Mycket svårt

Mycket lätt

1

2

3

4

5

6

Jämför med en konventionell toalett, hur mycket anser Ni att er urinsorterande toalett luktar?

Mycket mer

Mycket mindre

1

2

3

4

5

6

Hur utbrett tror Ni att urinsortering kommer att vara inom 20 år?

Ingen har sådan

Alla har sådan

1            2            3            4            5            6

Känns det viktigt att använda urinsorterande toaletter i hemmet?

Nej, bara krångligt

Ja, absolut

1            2            3            4            5            6

Hur tycker Ni att urinspolningen fungerar i er toalett/toaletter?

Dåligt

Mycket bra

1            2            3            4            5            6

Om Ni tycker att urinspolningen fungerar dåligt, vad beror det på?

Spolar inte rent, ger avlagringar

Urinspolningen stänker på golvet

Knappen trög

Knappen svåråtkomlig

Knappen för liten

Annan orsak \_\_\_\_\_

Har Ni löst urinspolningen på något annat sätt, i så fall hur?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Hamnar all urin i rätt fack?    Ja            Nej

Om nej, hur mycket uppskattar Ni kommer fel i %? \_\_\_\_\_

Kommentar: \_\_\_\_\_

Använder Ni den stora spolningen ofta, förutom vid stora behov?    Ja            Nej

Varför/varför inte? \_\_\_\_\_

Hur hanterar Ni eventuella torkpapper från urineringsrör? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Har Ni någon gång haft stopp i toalettens urinsorterande vattenlås?    Ja            Nej

Om ja, hur många gånger har detta skett under den tid Ni bott i bostaden? \_\_\_\_\_

Om Ni har haft stopp, när skedde senaste rensning? \_\_\_\_\_

Hur åtgärdar Ni problemen med stoppen i vattenlåset? \_\_\_\_\_

Om Ni har haft återkommande stopp, har det blivit lättare eller svårare att åtgärda dessa?

Lättare

Ingen förändring

Svårare

Har ”stoppet” i vattenlåset ändrat karaktär?      Ja                                      Nej

Om ja, på vilket sätt? \_\_\_\_\_

Vad tror Ni att förändringen beror på? \_\_\_\_\_

Är toalettstolen bra utformad, är det t.ex. några kroppsdelar som oavsiktligt tar i någonstans ibland? \_\_\_\_\_

Har Ni något ytterligare att tillägga när det gäller urinsorterande toaletter? \_\_\_\_\_

Tack för Er medverkan

Har Ni något Ni undrar över eller vill fråga är Ni välkommen att ringa

Magnus Larsson

Tel. 018 - 67 18 35

## Bilaga 2 Personligt brev som lämnades ut i samband med enkäten.



Institutionen för lantbruksteknik

Magnus Larsson

Jag heter Magnus Larsson och studerar till teknikagronom vid Sveriges lantbruksuniversitet. Under våren 1999 genomför jag mitt examensarbete. Arbetet skall behandla problematiken med stopp i urinsorterande toaletters vattenlås samt hur dessa kan undvikas och åtgärdas.

Anledningen till att jag vill undersöka just Miljöhuset i Hallsberg är att det är en av de fastigheter som varit utrustade med urinsorterande toaletter längst. Tyvärr förekommer det vissa problem med urinsorterande system. Det huvudsakliga problemet som uppträder är stopp i vattenlåsen. Jag kommer närmare att studera sambandet mellan användarfrekvens och förekomsten av stopp i vattenlåsen. Att jag har valt detta ämne till examensuppsats beror på att stopp i vattenlåset är det enda kvarvarande problemet med urinsorterande system.



Jag kommer att genomföra denna studie genom undersökning av en utlämnad enkät om funktionen hos toaletterna, mätning av flödet samt byte av vissa vattenlås. Det kommer även ske en bestämning av uppsamlad mängd urinblandning per boende och dag och i samband med denna kommer vi be Er fylla i en hemvaroenkät. Funktionsenkäten kommer att vara numrerad för att kunna koppla samman tidigare stopp med uppmätt flöde i vattenlåset. Enkäterna kommer att förstöras efter att Ni har skickat in dem, så att ingen koppling till någon specifik person kan göras.

Tillsammans med detta brev bifogas funktionsenkäten och ett frankerat svarskuvert. Ni kan antingen skicka den eller ge den direkt till mig i samband med flödesmätningarna som kommer att inledas i början av vecka 13.

Institutionen för lantbruksteknik

Magnus Larsson

Tel: 018 - 67 18 35

### Bilaga 3 Hemvaroenkäten som delades ut till de boende i Miljöhuset.

#### Hemvaroenkät: Vistelse i Miljöhuset under mätperiod 1

Lägenhetsnummer:

I tabellen nedan kan Ni för varje dag fylla i antalet timmar eller ungefärliga tider som ni vistas i huset. Om Ni vill kan Ni själva summera (var snälla och kontrollräkna en extra gång i så fall) tabellen och bara skicka in talongen längst ned med antalet vuxentimmar, antalet barntimmar etc, som tillbringats i huset. Observera att två personer som är i hemmet 18 timmar var ger 36 persontimmar. Var vänliga och medräkna även gäster som inte kommer från området.

Kategori/ datum	Person 1	Person 2	Person 3	Person 4	Person 5	Person 6	Anmärkning (gäster etc)
Vuxen/barn t.o.m. 12 år							
Vegetarian (V)							
Exempel	Kl 17-7	12 tim	19 tim	Kl 21-9			5 vuxentim
13-14/4							
14-15/4							
15-16/4							
16-17/4							
17-18/4							
19-20/4							
Summa timmar							

Nedanstående talong kan avskiljas och skickas in av dem som själva summerar och kontrollräknar tabellen. Jag kommer att befinna mig i fastigheten under antingen fredagen eller måndagen beroende på hur mycket urinblandning som samlas upp. Under denna tid kommer jag även att gå runt och samla upp dessa enkäter.

Magnus Larsson

Tel 018 - 67 18 35

✂.....

I lägenhetsnummer:    i Miljöhuset, tillbringades av oss under mätperiod 1 totalt  
..... Vuxentimmar och ..... barntimmar.

**Bilaga 4. Uppmätta flöden genom vattenlåsen i Miljöhuset före och efter rensning**

Toalett	Flöde (l/min)	
	Före rensning	Efter rensning
1	<0,30	15,00
2	12,86	15,00
3	<0,30	15,00
4 <sup>a</sup>	12,86	12,86
5	1,45	15,00
6	7,50	15,00
7	5,63	15,00
8	6,43	10,00
9	6,92	15,00
10	15,00	15,00
11	2,57	15,00
12	0,68	15,00
13	4,50	15,00
14	4,74	15,00
15	3,33	15,00
16	11,25	15,00
17	3,21	15,00
18	15,00	15,00
19	15,00	15,00
20	1,50	15,00
21	2,43	15,00
22	15,00	15,00
23	15,00	15,00
24	11,25	15,00
25	5,00	15,00
26	2,57	15,00
27	15,00	15,00
28	7,50	15,00
29	11,25	15,00
30	9,00	15,00
31	15,00	15,00
32	<0,30	15,00
33	15,00	15,00
34	11,25	15,00
35	9,00	15,00
36	4,50	15,00
37	15,00	15,00
38	15,00	15,00
39	11,25	15,00
40	11,25	15,00

<sup>a</sup> Vattenlåset var en hemgjord konstruktion vilken inte hade bättre flöde än 12,86 l/min.

**Bilaga 5. Uppmätta flöden genom vattenlåsen i Understenshöjden före och efter rensning**

Toalett	Flöde liter/minut	
	Före rensning	Efter rensning
1	3.75	22.50
2	3.10	22.50
3	10.00	11.25
4	6.00	6.00
5	12.86	22.50
6	8.18	22.50
7	2.50	22.50
8	6.92	22.50
9	9.00	22.50
10	6.00	22.50
11	2.73	18.00
12	3.60	22.50
13	4.50	22.50
14	1.76	18.00
15	3.60	4.50
16	6.00	22.50
17	3.10	22.50
18	8.18	8.18
19	0.30	18.00
20	0.81	22.50
21	8.18	22.50
22	5.29	18.00
23	10.00	22.50
24	15.00	22.50
25	3.00	9.00
26	2.37	10.00
27	2.73	22.50
28	3.46	18.00
29	8.18	22.50
30	0.69	22.50
31	7.50	22.50
32	1.23	3.46
33	5.29	18.00
34	15.00	22.50
35	20.24	22.50
36	5.63	22.50
37	4.29	22.50
38	5.29	22.50
39	5.63	22.50
40	3.75	22.50
41	5.00	18.00
42	10.00	22.50
43	7.50	22.50
44	11.25	22.50
45	5.00	22.50
46	0.30	22.50
47	3.60	22.50
48	10.00	22.50
49	11.25	22.50
50	0.30	11.25
51	9.00	10.00
52	8.18	22.50
53	3.21	22.50
54	9.00	22.50
55	11.25	18.00
56	9.00	15.00
57	18.00	22.50
58	4.50	22.50